
KTE-notat nr. 42/03

Til: Olje og energidepartementet
Fra: NVE
Ansvarlig: Arne Olsen, KTE
Saksbehandlere: Anja Gundersen og Tormod Eggan, KTE
Dato: 1.12.2003 (revidert 16.1.2004)
Vår ref.: NVE 200302973-6
Arkiv: 513.0

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO
Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no
Org. nr.:
NO 970 205 039 MVA
Bankkonto:
7694 05 08971

Kabel som alternativ til luftledning



Bilde fra nettforbindelsen Katbjerg-Bramslev i Danmark. Bildet viser kabelgrøft for ett kabelsett med spenning 150 kV og to kabelsett med spenning 400 kV. Grøften har en total bredde på 20 m. (Foto: Tormod Eggan)



Forord

Olje- og energidepartementet har bedt NVE om en nærmere orientering om kostnadsforholdet luftledning/kabel på ulike spenningsnivå. Bakgrunn for forespørselen var i første rekke at selve kabelprisen for høyere spenninger er blitt vesentlig redusert etter 1995. Dette har medført at mange har antatt at kostnadsreduksjonene, som følge av lavere kabelpris, kan medføre økt bruk av kabelanlegg som alternativ til luftledning også for høye spenninger.

NVE oversendte sommeren 2003 en forløpig orientering (KTE-notat nr. 27/03) og la til grunn at ytterligere informasjonsinnhenting var nødvendig for å kunne presentere så sikre kostnadstall som mulig for ulike kabelanlegg og luftledninger. Høsten 2003 valgte NVE å utarbeide et helt nytt notat fordi fremstillingen ble vesentlig endret. Rapporten var ferdig 1.12.03. Etter dette er rapporten revidert. Forskjellen mellom 1. og 2. utgave er kun enkle språklige endringer og opprettinger av noen feil. Vurderingene og konklusjonene er de samme.

NVE er svært fornøyd med underlagsinformasjonen NVE har mottatt fra Nexans AS, BKK Nett AS, Statnett SF, Lyse Nett AS, Agder Nett AS, Istad Nett AS, Viken Nett AS og Eidsiva Energinett AS. NVE er dem stor takk skyldig.



Sammendrag

NVE har ikke funnet holdepunkter for at kostnadsforholdet mellom luftledninger og kabelanlegg på de høyere spenningsnivåene har endret seg vesentlig etter 1995 selv om kabelprisene har falt. Dette skyldes at etablering av luftledninger synes å ha blitt noe billigere og at den totale investeringskostnaden for kabelanlegg også påvirkes av andre kostnadskomponenter. Blant annet kan gravekostnadene bli store. Det er videre vel verd å merke seg at kabelanlegg normalt vil være vesentlig lengre enn alternativ luftledningstrasé slik at det ikke er særlig hensiktsmessig å sammenligne enhetskostnader for å belyse forskjellen i investeringskostnad.

Det er nettkundene som i stor grad må dekke utgiftene i forbindelse med økt bruk av kabel. Med den sterke fokus mange kunder allerede i dag har på nettleien, må man forvente at en fremtidig vesentlig vekst i nettleien vil vekke reaksjoner.

NVE legger til grunn at samfunnets sårbarhet knyttet til feil i kraftsystemet har økt de siste årene. Etter NVEs vurdering er det uheldig å risikere at store områder blir uten forsyning i dagevis mens man reparerer en kabel. Det bør derfor være reservemuligheter i nettet (masket nett) på de stedene hvor kabel vurderes i regionalnettet/sentralnettet.

NVE finner ikke grunnlag for å revidere eksisterende praksis for når man bør velge kabel istedenfor luftledning. Krav om kabel bør fortsatt møtes med en konkret vurdering av hvorvidt ekstrakostnadene står i et rimelig forhold til den nytte som oppnås. NVE legger til grunn at kostnadsforholdene for kabelanlegg tilsier at det er mest å oppnå i forhold til estetikk, nærmiljø og arealbruk ved at kabling prioriteres i distribusjonsnettet. NVE oppfatter at den praksis som er utviklet de siste årene er i tråd med St. prp nr 19 (2000-2001).

Oppgradering/reinvestering og konsesjonsfornyelser av eksisterende anlegg vil normalt være like konfliktfylte som etablering av nye anlegg fordi bla hus er bygd inntil eksisterende kraftledninger. Nesten hele det norske overføringssystemet vil derfor være eksponert for kabelkrav de kommende vel 20 år i forbindelse med nødvendig konsesjonsbehandling. Dette krever forutsigbarhet fra energimyndighetene.

Hensynet til likebehandling og forutsigbarhet for direkte og indirekte berørte interesser, abonnentene og energiverkene tilsier at den policy som nå gjelder, blir liggende fast i årene som kommer. NVE oppfatter ikke at tiltakende krav om kabling bør være avgjørende for de vurderinger som energimyndighetene skal gjøre. Kompromissorientering i denne type saker vil lett kunne bryte med hva som skal og bør oppfattes som god forvaltningsskikk. Det er viktig at valg av løsning i enkeltsaker ikke utfordrer verdiene knyttet til likebehandling og forutsigbarhet, og samtidig introduserer mulige presedensvirkninger, med de uheldige økonomiske effekter dette kan få på lengre sikt for abonnentene.



Innholdsliste

Forord	2
Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Overførings- og distribusjonsnett i Norge	6
2.1 Behovet for overføringsledninger	6
2.2 Overførings- og distribusjonsnettets omfang	6
3 Bruk av kabel i Norge	8
3.1 Historisk bruk av kabel i Norge	8
3.2 Dagens forvaltningspraksis	9
3.3 Nytte av kabling som avbøtende tiltak	9
3.4 Vurdering av miljø	10
3.5 Vurdering av mulige helseeffekter	11
4 Utvikling og teknologi for kabler	13
4.1 Kabelmarkedet	13
4.2 Kabeltyper og kabelanlegg	14
4.2.1 Feil på kabelanlegg	15
4.2.2 Feilstatistikk	15
4.2.3 Reparasjonstid	16
4.2.4 Oppsummering	17
4.3 VSC-anlegg (Voltage Source Converter), f.eks. HVDC Light	18
5 Kostnader for luftledninger og kabelanlegg	19
5.1 Tekniske forskjeller mellom luftledning og kabel som påvirker investeringskostnaden	19
5.1.1 Kabeltykkelse	19
5.1.2 Overføringskapasitet	19
5.1.3 Kabeltraseens lengde	20
5.2 Investeringskostnad for luftledning	20
5.3 Investeringskostnader for kabelanlegg	23
5.3.1 Nærmere om de ulike kostnadskomponentene	25
5.3.2 Oppsummering – investeringskostnad for kabelanlegg	29
5.4 Driftskostnader	30
5.5 Vurdering av kostnadsnivået for kabelanlegg og luftledninger	31
5.5.1 Sammenligning med kostnadsnivået i 1995	32
6 NVEs vurdering av kabel som alternativ til luftledning	33
6.1 Kostnader	33
6.2 Driftsmessige forhold	34
6.3 Miljøtiltak og nytteverdi av kabel	34
Referanser	36
Vedlegg 1 - Miljøkonsekvenser	37



1 Innledning

Denne rapporten er utarbeidet av NVE etter forespørsel fra Olje- og energidepartementet. Hovedhensikten med rapporten er å vurdere om kostnadsforholdet luftledning/kabel har endret seg etter at prisen på selve kabelen har blitt vesentlig redusert.

Relevansen av en slik vurdering er i første rekke knyttet til at det fra samfunnets side er økt fokus på miljørelaterte forhold ved etablering av nye overføringsanlegg, ved konsesjonspliktig oppgradering/reinvestering og ved konsesjonsfornyelser. Dette har medført stadig økende interesse for kabelanlegg som alternativ til luftledning også på de høye spenningsnivåene. NVE har erfart at de krav om kabel som fremmes i forbindelse med konsesjonsbehandlingen, kan inndeles i 3 hovedkategorier:

- 1) Mulig helsevirkninger fra luftledninger - elektromagnetiske felt
- 2) Miljøvirkninger - påvirkning av dyreliv, verneområder mv
- 3) Landskap og estetikk - påvirkning av landskapet; nær- og fjernvirkning

Hovedparten av de kabelanlegg som i dag er i drift er i overveiende grad bygget fordi luftledning ikke har vært et mulig alternativ (fjordkryssinger mv.) eller fordi arealkostnadene for fremføring av luftledninger har vært høyere enn investeringskostnadene for kabelanlegg.

Krav om kabel kommer fra mange høringsparter og hovedmotivasjonen er å få fjernet overføringsledninger i landskapet - altså en estetisk begrunnelse.

NVE ønsker i denne rapporten bl.a. å fokusere på investeringskostnadene forbundet med bruk av jordkabel som alternativ til luftledning. Vi har sett nærmere på hvilke kostnadskomponenter som gjør seg gjeldende ved etablering av kabelanlegg og luftledninger, og drøftet hvordan disse kan variere. Tallene vi har innhentet er konkrete erfaringstall fra nettselskaper.

Før vi går inn på kostnadssiden, har vi funnet det hensiktsmessig å sette spørsmålet om utforming av overføringsanlegg inn i en sammenheng. Derfor har vi kort omtalt grunnlaget for at nye anlegg etableres og gitt en sammenfatning av hvor omfattende overførings- og distribusjonssystemet faktisk er. Videre har vi omtalt nærmere hvilke miljømessige nytteeffekter som normalt vil kunne oppstå ved kabling som avbøtende tiltak. I rapportens siste del drøftes kostnadsspørsmålet for de ulike anlegg i forhold til dagens administrative praksis, St.prp. nr. 19 (2000-2001) og andre hensyn det er viktig å iakttas når det skal vurderes om kabel skal velges fremfor luftledning.

2 Overførings- og distribusjonsnett i Norge

2.1 Behovet for overføringsledninger

Hensikten med overføringsanlegg er å få frem elektrisk kraft i de mengder og til de tider kundene ønsker det. Kraftforbruket varierer betydelig over året og døgnet, og kraftledningene må ha tilstrekkelig kapasitet til å kunne overføre nødvendig energimengde også de timene hvor forbruket er størst, for eksempel i morgentimene en sprengkald vinterdag.

Kraftledningsnettene bør i tillegg ha tilstrekkelig reservekapasitet til å tåle feil og reparasjoner på enkeltkomponenter uten at dette betyr strømbrudd eller utkoplinger for store kundegrupper. Av hensyn til leveringssikkerhet og -kvalitet er kraftledningsnettene derfor mer omfattende enn om bare kapasitetshensyn skulle legges til grunn ved utforming av nettet.

De vanligste grunnene til at vi trenger nye eller større kraftledninger, er at forbruket øker og at det er behov for å fornye eldre anlegg. I tillegg har kundenes forventning til kraftsystemets leveringskvalitet økt de siste årene. I vår elektroniske hverdag, blir selv korte avbrudd og/eller spenningsvariasjoner stadig mindre akseptabelt. Nettselskapenes viktigste tiltak for å sikre samfunnets og kundenes krav om en tilstrekkelig og sikker strømforsyning er nye/oppgraderte overføringsanlegg. Det er med andre ord ikke nettselskapene selv som er drivkraften bak nye overføringsanlegg, men endringer i kundenes forbruk og økende behov for tilfredsstillende leveringskvalitet.

2.2 Overførings- og distribusjonsnettets omfang

Overførings- og distribusjonsnettene berører alle typer områder; fjellvidder, skogslier, dyrka mark, urbane strøk, verna naturområder, etc.

Den totale lengden av luftledninger med høy spenning (≥ 1 kV) er formidabel i Norge, se tabell 2.1. Ledningsnettene rekker rundt ekvator mer enn to ganger, eller førti ganger strekningen Lindesnes – Nordkapp, og beslaglegger et areal (byggeklausulert) på størrelse med Vestfold fylke. I tillegg kommer forsyningsanlegg med lav spenning (≤ 1 kV) som har en samlet lengde på 187 000 km, som tilsvarer over fire nye runder rundt ekvator.

Tabell 2.1 – Elektrisitetsnettets utstrekning fordelt på sentral-, regional- og distribusjonsnett

Nett	Spenningsnivå (kV)	Luftledning (km)	Jordkabel (km)	Andel jordkabel (%)
Distribusjonsnett	1 – 22	63 000	28 000	31
Regionalnett	33 – 132	21 500	1 000	5
Sentralnett	220 – 420	8 300	50	0,6
Totalt		92 800	29 000	24

I distribusjonsnettene er andelen kabel vesentlig høyere enn den er i regional- og sentralnettene. Dette skyldes i hovedsak at kostnadsforskjellen mellom kabel og luftledning er mindre for lavere spenningsnivåer. Videre er det i tettbebygde områder vanskeligere å komme frem med luftledninger.



Hovedparten av kablede 22 kV-ledninger finnes i byer og tettbygde strøk. I regional- og sentralnettet (kraftledninger med spenning 50 kV eller høyere) er kabling hovedsakelig brukt i forbindelse med anlegg i byer og kraftstasjoner i fjell, ved fjordkryssinger eller andre situasjoner hvor luftledning ikke er et mulig alternativ. I disse tilfellene er altså tekniske hensyn utslagsgivende. Kabling i sentralnettet og regionalnettet på grunn av miljøhensyn har til nå vært lite utbredt.

3 Bruk av kabel i Norge

3.1 Historisk bruk av kabel i Norge

Kabel som alternativ til luftledning har vært et tema helt siden elektrifiseringen av Norge for alvor startet. Ett av de tidlige forslagene om kabling var i 1914 i forbindelse med Solbergfossledningen fra Glommakraftverkene. Kabel var her ønskelig av hensyn til bebyggelse på noen delstrekninger, men forslaget ble ansett som teknisk umulig.

På begynnelsen av 50-tallet ble det satt vilkår i forbindelse med ledningen Strinda-Lilleby (Smelteverk), om at kommunene kunne kreve kabel av hensyn til bebyggelsesformål, dersom det ble teknisk og økonomisk forsvarlig i fremtiden.

Kabel på spenningsnivåene 22 kV og 66 kV ble tatt i bruk allerede på 20/30-tallet. Teknologien var umoden og levetiden kort. I perioden 1950 til 1980 ble kabel på spenningsnivåene 300 kV og 420 kV tatt i bruk noen få steder i landet bla. i Oslo sentrum, for kryssinger av fjorder og i tilknytning til kraftverksanlegg. Fra 80-tallet ble 132 kV kabler benyttet i distribusjonsnettet i de største byene.

På 80-tallet ble temaer som estetikk, fugl, arealbruk og helse tatt inn i debatten om kabling kontra luftledning. NVE og bransjens holdning var entydig; flere innskutte kabler var driftsmessig uheldig. Det ble i noen saker satt vilkår om at kabel eventuelt kunne etableres i fremtiden i forbindelse med brubygging, reinvestering, etc. Begrunnelsen for slike vilkår var oftest lite gjennomtenkt og fremsto dermed som noe usikre håndslag til lokale/regionale interesser som krevde kabelanlegg for delstrekk.

Krav om kabel som alternativ til luftledning ble dominerende i nesten alle saker fra slutten av 80-tallet og er det fremdeles. Hensynene som er anført er først og fremst estetikk, mulig helsefare i boliger nær kraftledningen og alternativ arealbruk.

Det var først på 90-tallet at ble det foretatt reelle vurderinger og avveininger mellom nytte og kostnad ved bruk av jordkabel. Med bakgrunn i økt samfunnmessig interesse, tok NVE i 1991 initiativ til et prosjekt for å vurdere nærmere den teknisk/økonomiske forskjellen mellom kabelanlegg og luftledning på de høye spenningene. Prosjektet var motivert ut fra to forhold:

- NVE hadde gjennom en årrekke påpekt at innskutte kabler var driftsmessig uheldig. En utilsiktet konsekvens av å redusere innskutt kabel til et teknisk problem, var at man samtidig maskerte den realitet at kabel i stor grad var et kostnadsproblem.
- Det var nødvendig å øke kunnskapen om emnet slik at NVE ble satt i stand til å forestå konkrete vurderinger av alle krav om kabel med faglig tyngde.

I 1993 ble prosjektrapporten utgitt og den ble oversendt til orientering til samtlige kommuner, fylkeskommuner, fylkesmenn, interesseorganisasjoner og flere. I tillegg ble de samme aktørene invitert til seminarer rundt om i landet for å bli orientert om status vedrørende kabel som alternativ til luftledning.

3.2 Dagens forvaltningspraksis

Samfunnets krav til prosess og vurdering av nye anlegg/utvidelser av eksisterende anlegg er meget omfattende. Energiloven, plan- og bygningslovens regler om konsekvensutredning, annet lovverk som berører denne type tiltak og politiske og administrative rammer for øvrig, er utgangspunktet for energimyndighetene.

Som energimyndighet med delegert myndighet til å treffe vedtak om å bygge og drive kraftledninger, legger NVE stor vekt på åpne prosesser med mange muligheter for medvirkning fra berørte interesser frem mot vedtak. I konsesjonsbehandlingen skal NVE i tillegg til miljøhensyn, også ivareta økonomiske hensyn og tekniske hensyn. NVE har de siste årene foretatt konkrete vurderinger av kabel som alternativ i nesten alle kraftledningsaker. Ulike interesser fremmer ofte krav om kabelanlegg uten at nyttevirkningene har vært vurdert i tilstrekkelig grad.

Ved bygging av 22 kV kraftledninger er NVE normalt ikke med i behandlingsprosessen fordi nettselskaper med områdekonsesjon kan bygge anlegg med spenning opp til 22 kV uten anleggskonsesjon fra NVE. En økende andel av distribusjonsnettet (22 kV) legges i dag som kabel i tettbygde strøk.

I tette bysentre er det ofte praktisk umulig å bygge luftledninger og det er vanlig at nettselskapene i de største byene har en områdekonsesjon som er utvidet til også å gjelde for kabelanlegg opp til 132 kV. Dette betyr at NVE ofte ikke er involvert i prosjekter hvor det legges kabel for 66 og 132 kV.

Dagens kablingspolicy er blitt utviklet gjennom en rekke enkeltvedtak og klagebehandling i Olje- og energidepartementet. Ikke minst er det fastsatt klare rammer gjennom NOU 1995:20 og St.prp. nr. 19 (2000-2001). Der går det klart frem at det ikke tilrådes å legge jordkabel ut fra helsehensyn, verken for nye eller eksisterende ledninger, og videre at jordkabling på de høyeste spenningsnivåene først og fremst bør vurderes på kortere strekk ved sterke miljøhensyn eller store estetiske ulemper.

3.3 Nytte av kabling som avbøtende tiltak

Alle tekniske installasjoner, enten det er luftledninger eller jordkabel, vil ha konsekvenser for omgivelsene. Det finnes ingen eksempler på etablering uten negative konsekvenser. Fra ulike interesser kreves kabel med bakgrunn i ønsker om å redusere nærføringsproblemer (magnetfelt, støy, arealbruk, estetikk) og ønsker om å redusere fjernvirkning (for viktige natur- og kulturmiljøer eller friluftsområder).

Hvilke miljømessige fordeler og ulemper en luftledning eller en kabel vil kunne medføre, vil variere mye fra sak til sak. Kabling vil ikke være en miljømessig forbedring i alle tilfeller. Dette gjelder særlig for anlegg på høyere spenningsnivå, og anlegg utenfor tettbebygde områder. For kabler på høye spenningsnivå er det behov for brede grøfter, sprengning med mer som kan lage åpne og varige sår i landskapet. Ved utlegging av ett kabelsett for 300/420 kV kreves det i anleggsperioden en trase på ca 15 meters bredde; 5 meter til vei, 8 meter til lagring av løsmasser og minst 2 meter til kabelgrøften.



Nedenfor fremgår noen av de miljømessige nyttevirksomheter som normalt vil kunne oppstå ved kabling som avbøtende tiltak (nærmere beskrivelse fremgår av vedlegg 1).

Estetikk

Estetiske nærføringsulempene vil normalt elimineres ved kabling.

Fugl

Kollisjonsfare elimineres ved kabling.

Landskap

Luftledninger synes ofte godt i terrenget, og kabel vil redusere fjernvirkningene særlig der kabelanlegget lokaliseres sammen med annen infrastruktur.

Støy

Luftledninger med høy spenning avgir koronastøy. Ved spesielle værforhold kan dette støynivået være betydelig rett ved ledningen, og kabling vil eliminere dette.

I tillegg kan det være nyttig å kable der sterke næringsinteresser er involvert. Kabling av enten nye eller eksisterende anlegg kan frigjøre verdifullt areal som i stedet kan nyttiggjøres til for eksempel boligformål eller næringsbygg. Det er derfor viktig å ha en åpen prosess som legger vekt på medvirkning, slik dagens konsesjonsprosess legger opp til, for å kunne vurdere hvorvidt tiltak som trasejustering eller kabling av et eksisterende anlegg kan utløse arealverdier som det er betalingsvillighet for. I årene som kommer vil antakelig reinvestering i eksisterende nett øke vesentlig. I denne sammenheng vil det derfor være viktig at betalingsvillighet for meget lønnsomme ”forbedringer” blir utløst.

Prisforskjellen mellom kabelanlegg og luftledninger har vært størst for de høyeste spenningsnivåene og NVE har vært av den oppfatning at man har oppnådd størst nytte pr krone investert ved i første rekke å kable kraftledninger i distribusjonsnettet (22 kV til 1 kV) og anlegg med lav spenning (under 1 kV). For den prisen det koster å kable 1 km 420 kV, som betyr at ca 3 kraftledningsmaster ikke trenger å bli bygget, har man kunnet legge svært mange km 22 kV kabel. Dette vil vi komme tilbake til i kapittel 5.3.2.

3.4 Vurdering av miljø

I kraftledningssaker vil miljøulempene kunne reduseres med avbøtende tiltak som kabling, trasejusteringer eller pålegg om fargebruk på master, liner og traverser. Når det gjelder kabel som avbøtende tiltak, sier St.prp. nr. 19 (2000-2001) at det for 300/420 kV kun er aktuelt med pålegg om kabling i helt spesielle unntakstilfeller med særdeles sterke miljøhensyn. For 66/132 kV sier man videre at luftledning normalt skal velges, men at kabling kan være aktuelt på kortere strekk i spesielle tilfeller med sterke verneinteresser eller store estetiske ulemper. I områder med spesielt viktige fuglebiotoper eller der det er registrert sjeldne fuglearter, kan spesielle tiltak vurderes – herunder kabling.

For spenningsnivåene 300 kV og 420 kV har NVE til nå ikke vedtatt kabel som avbøtende tiltak. Men NVE har vedtatt jordkabel på spenningsnivåene 132 kV og 66 kV. Hensyn til naturverdier og friluftsliv har vært avgjørende for NVEs vedtak. Totalt har NVE de siste tre



årene vedtatt ca. 12 km kabel på disse to spenningsnivåene som avbøtende tiltak (av totalt ca. 230 km på disse to spenningsnivåene).

Det har blitt etablert mer kabel med spenningsnivå 66 kV og 132 kV enn dette i denne perioden. Dette er stort sett kabler som er bygget av områdekonsesjonærer i medhold av utvidet områdekonsesjon. Noen anlegg er konsesjonssøkt på ordinært vis, og vil ofte være begrunnet ved at næringsinteresser eller offentlige interesser er villig til å ta kostnadene for miljøforbedringer eller utløse lønnsomme arealbruksendringer. I byområder bygges ofte kabelanlegg istedenfor luftledning fordi dette ofte kan være eneste aktuelle alternativ. Kablene legges da stort sett langs eksisterende veier.

NVEs konsesjonsbehandling skal sikre at miljøhensyn blir ivaretatt på en samfunnsmessig akseptabel måte. Selv om NVE ikke har gitt mange vedtak om kabel som avbøtende tiltak, mener NVE at samfunnet, gjennom energimyndighetenes konsesjonsbehandling, har oppnådd en rekke miljømessige forbedringer ved etablering av nye anlegg og ved reinvestering/oppgradering. Nesten ingen kraftledningssaker går gjennom en konsesjonsbehandling uten traséjusteringer eller andre avbøtende tiltak. F.eks. har NVE i 40 saker fattet vedtak hvor det er gitt pålegg om fargebruk på master, liner og traverser.

Videre har NVE medvirket til at en rekke forhold knyttet til miljøtiltak er blitt utredet: "Kabel vs. luftledning", "Kraftledninger og fugl", "Estetikk, landskap og kraftledninger" og "Estetiske hensyn ved valg av kraftledningsmaster". Alle disse utredningene er tilsendt samtlige kommuner, fylkesmenn, fylkeskommuner og interesseorganisasjoner til orientering. NVEs oppfatning er at dette materialet fungerer bra som kunnskapsunderlag for offentlige og private interesser som avgir høringsuttalelser i konkrete konsesjonssaker og for nettselskapene ved deres utarbeidelse av konsesjonssøknader.

3.5 Vurdering av mulige helseeffekter

I konsesjonssaker der det blir vist til mulige helseeffekter, har NVE alltid tatt utgangspunkt i uttalelser fra medisinfaglig hold. En tverrdepartemental arbeidsgruppe la i 1995 frem et forslag til forvaltningsstrategi vedrørende lavfrekvente elektriske og magnetiske felt og mulige helseskader. I dette utredningsarbeidet ble alle tilgjengelige forskningsresultater gjennomgått og behovet for tiltak ble vurdert. All ekspertise og alle relevante institusjoner var med i arbeidet som ble dokumentert i NOU 1995:20.

Når det gjelder foreslåtte tiltak knyttet til kraftledninger siterer vi fra utredningen, s. 66 og 67:

1. *Ved anlegg av nye kraftledninger bør man søke å unngå nærføring til boliger, barnehager, skoler mv. Tiltak forutsetter små kostnader og må ikke medføre andre ulemper av betydning."*
2. *Ved anlegg av nye boligområder, skoler, barnehager m.v., bør man unngå nærhet til kraftledninger...."*

Og videre om kabling og flytting av hus sies det:

"Flytting/riving av hus kan ut fra forebyggingseffekt vurdert opp mot kostnader, ikke anbefales som tiltak. Det samme gjelder for kabling - dette både ut fra kostnader, og ut fra



usikkerhet om tiltaket overhodet har noen positiv helseeffekt. Kabling må eventuelt velges ut fra andre hensyn enn hensyn til forebygging av barneleukemi."

Vi ser altså ut fra NOU 1995:20 at:

- 1) Det blir bare foreslått tiltak ved nye kraftledninger.
- 2) Det blir bare tilrådd forsiktige tiltak som traséjusteringer.
- 3) Det blir ikke tilrådd å legge jordkabel ut fra helsehensyn, verken for nye eller eksisterende ledninger.
- 4) Tiltak må vurderes i forhold til merkostnadene.

I St. prp. nr. 65 (97–98), *"Omprioriteringer og tilleggsbevilgninger på statsbudsjettet 1998"*, slutter regjeringen seg til konklusjonene i ovennevnte NOU 1995:20. Stortinget hadde ingen merknader til dette.

I 1999 satte Sosial- og helsedepartementet ned en ekspertgruppe for å evaluere de siste fem års forskning innenfor området elektromagnetiske felt og helse. Det ble da konkludert med at *"De vitenskapelige holdepunkt for at eksponering for svake elektromagnetiske felt kan ha helsemessige effekter er fortsatt svake."* På grunnlag av dette fant Sosial- og helsedepartementet¹ ikke grunn til å endre den tidligere fastlagte forvaltningsstrategien.

¹ Med virkning fra 1.1.2002 ble det gamle Sosial- og helsedepartementet nedlagt og det ble opprettet to selvstendige departementer: Sosialdepartementet og Helsedepartementet.

4 Utvikling og teknologi for kabler

4.1 Kabelmarkedet

Før 1995 kan den norske leverandørindustrien for kabel karakteriseres som følger: De var nasjonale "hoffleverandører" som leverte "full pakke" (planlegging, kabel, utlegging/montasje, skjøter, endemuffer, beskyttelsesutstyr, m.m. og det ble sluttet drifts- og vedlikeholdsavtaler). Etter 1995 er bruk av "full pakke"-løsninger betraktelig redusert. Opp til 132 kV-nivå vil nå de fleste kjøpe de ulike delene av "pakken" fra ulike leverandører. De reduserte prisene på kabel og redusert etterspørsel har resultert i omstrukturering, spesialisering og nedleggelse av kabel- og utstyrsfabrikker. Men det er fortsatt mulig å kjøpe "full pakke" hvis man ønsker det. Et moment her er at grensesnitt og garantiansvar gjør det mer aktuelt for byggherren med "full pakke" løsning på 420 kV hvor konsekvensene og kostnadene ved feil er større.

Ved feil på et anlegg må det forventes at kabelprodusentene prioriterer de som har kjøpt full pakke hos dem. Man må derfor selv kunne reparere feilen eller godta de tilbud og reparasjonstider markedet kan tilby hvis man ikke har sluttet drifts- og vedlikeholdsavtale med en hoffleverandør eller et annet selskap.

Praktisk sett betyr dette at utviklingen går mot at energiselskapene selv må ta ansvaret for grensesnitt og helhet når det skal etableres nye kabelanlegg. Nettselskaper bruker nå i økende grad egne ressurser til installasjon eller de kjøper installasjonstjenester fra andre nettselskaper som har utdannet egne montører på skjøting av PEX-kabel. Rigg tid og tilgjengelighet på ekstern bistand kan være svært lang. Bare noen få norske nettselskaper har i dag den nødvendige kompetanse for den nye tid.

Markedets egen dynamikk har altså medført at mange nettselskaper har ervervet seg et kompetanseproblem som på lengre sikt kan medføre en utilsiktet virkning som praktisk sett kan medføre økte utetider ved kabelfeil på grunn av svekket beredskap. Denne utviklingen gjelder også for luftledningsanlegg, men feil på kabelanlegg medfører større konsekvenser fordi utetiden vanligvis er betydelig lengre.

Innkjøpsprisen for kabel har som sagt blitt lavere, men medaljen har selvsagt alltid en bakside. Europa har de siste årene vært preget av lavkonjunktur. Det har vært liten etterspørsel og relativt stor kapasitet hos kabelfabrikantene. Hvis denne situasjonen vedvarer, er det sannsynlig at kapasiteten på produksjon av jordkabel vil bli redusert ytterligere.

Med bakgrunn i ovenstående kan derfor situasjonen i kabelmarkedet oppsummeres som følger:

- Kjøpers marked
- Prisbevisste innkjøpere med kortsiktig økonomisk perspektiv
- Tekniske hensyn og ansvar må vike for kommersielle
- Krevende leveringsbetingelser

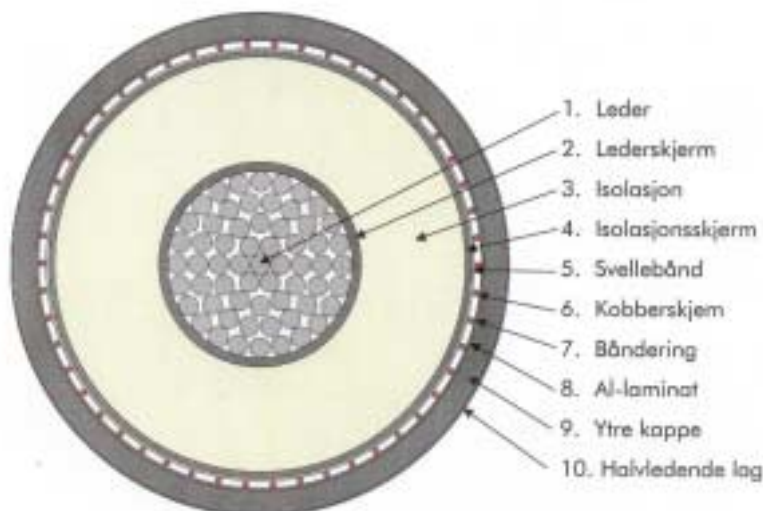
Et mer balansert marked tilsier imidlertid en økning av prisene generelt i forhold til dagens nivå. Man kan derfor vente økte priser dersom produksjonskapasiteten for kabel reduseres ytterligere og reinvestering og oppgradering i eksisterende nett om noen år medfører et kraftig oppsving i etterspørselen.

Når det gjelder markedet for kabelutstyr, er ikke situasjonen den samme. Kabelutstursprisen har vært relativt stabil fra midten av 90-tallet og frem til i dag.

NVE konstaterer at produsenter og konsumenter av kabel har den samme oppfatningen av kabel- og utstursmarkedet.

4.2 Kabeltyper og kabelanlegg

Kabelen



Figur 4.1: En PEX-kabel består av en leder av kopper eller aluminium, ekstrudert plastisolasjon, metallkappe som hindrer vann i å trenge inn i isolasjonen, svellebånd som hindrer spredning av vann på langs og en ytre beskyttelseskappe. (Kilde: BKK)

Kabelutstyr for jordkabelanlegg består foruten selve kabelen av endemuffer og skjøter, men kan også omfatte forskjellig beskyttelsesutstyr og overvåkingsutstyr. I enkleste utførelse består et kabelanlegg av én eller tre kabler forlagt og beskyttet i jordgrøft langs en valgt trase og med endemuffer ved overgang til andre komponenter i nettet. Det vanligste i dag på alle spenningsstrinn er å benytte tre enleder jordkabler forlagt i trekant eller flat forlegning i samme grøft eller i rør. Trelederkabler lages opp til 170 kV-nivå. Dette kan være spesielt rasjonelt for sjøkabel.

Kabel med ekstrudert isolasjon (PEX-kabel) er nå enerådende på alle spenningsnivåer til og med 132 kV. Mange leverandører, overkapasitet og stor konkurranse har gitt synkende priser. I løpet av de siste ti årene har PEX-kabelen stort sett erstattet oljetrykkskabelen. Det anbefales i dag PEX-kabel på alle spenningsnivåer til og med 420 kV (for sjøkabelanlegg til og med 132 kV). Det ventes at denne utviklingen fortsetter slik at PEX-kabelen overtar som sjøkabel til og med 420 kV om få år.

Anvendelsen av PEX-kabel på 300 kV og 420 kV nivået har til nå vært beskjedent. På 300 og 420 kV nivå består de fleste eksisterende installasjoner av oljeimpregnert papirisolert kabel som har vist seg meget driftsikre. Det finnes tre anlegg med 300 kV kabel i Norge; disse ble installert på midten av 80-tallet. OED vedtok primo 1994 at ca 15 km skulle utføres med

kabel for 300 kV-forbindelsen Fana-Kollsnes. Det ble for dette tilfellet benyttet 300 kV oljekabel. Internasjonalt har man sett en økende anvendelse av PEX-kabel på 300/420 kV nivå de siste 6-7 årene pga forbedrede materialer, prosessering og konstruksjoner for disse anleggene.

For større 420 kV landkabelanlegg er det de siste årene utviklet prefabrikerte skjøter som ved riktig montasje skal sikre tilfredsstillende kvalitet og funksjonsdyktighet. Flere produsenter har kvalifisert skjøter for landkabel gjennom omfattende laboratorietester og i Berlin og København er større 420 kV PEX kabelanlegg installert slik at noe driftserfaring også er oppnådd.

I forhold til oljekabler har PEX-kabler noen driftsmessige fordeler; bl.a. kan nevnes:

- Trenger ikke oljeekspansjonsanlegg; i.e kostnadsreducerende
- Reduserer behov for brann og sikrings tiltak for trykktankanlegg etc
- Gir ingen forurensning ved skade og feil på metallkappe
- Lavere dielektriske tap; dette har betydning ved de høyeste spenningene
- Betydelig lavere ladestrøm; i.e. mindre behov for kompensering ved lange kabelanlegg og redusert kost for reaktorer i nettet relatert til kabelseksjonen..
- PEX kabel har normalt 5 °C høyere tillatt driftstemperatur enn oljetrykkskabel, 90 °C.

4.2.1 Feil på kabelanlegg

Feiltypene for kabelanlegg er montasje-/produksjonsfeil, feil på grunn av alder og graveskader. En av de vanligste årsakene til feil på kabler er graveskader. I følge danske Eltra², er graveskader i dag den hyppigste feilårsaken for slike anlegg. Produksjonsfeil oppdages som regel når man tester kabelen før den legges ut og er derfor mindre sannsynlig å få under drift enn montasjefeil. Montasjefeil er en viktig årsak til feil på kabelskjøter og endeavslutninger. Kvaliteten på utføringen av skjøtene er sterkt avhengig av erfaringen til håndverkeren.

Et vanlig problem for PEX-kabler har vært vanntrær i isolasjonen (vanninntrengning). De siste tiårene har det imidlertid vært en stor forbedring i isolasjonsteknologien og produksjonsteknologien for kabler. Vanntrær er derfor ventet å ikke være en dominerende feiltype fremover. For fremtidige anlegg er det ventet at feil knyttet til aldring som regel vil oppstå på grunn av dårlige installasjonsbetingelser (hotspots) i traseen³ (f.eks ved kryssing av et fjernvarmerør). Ved slike hotspots vil man få perioder hvor kabelen over lengre tid bli drevet med en høyere temperatur enn maksimalt tillatt driftstemperatur.

4.2.2 Feilstatistikk

På grunn av de fysiske belastningene luftledninger utsettes for, kan det være naturlig å tenke seg at det sjeldnere vil oppstå feil på kabelanlegg enn på luftledninger. Dette har imidlertid vist seg ikke alltid å være tilfelle for de høyeste spenningsnivåene (særlig over 132 kV). En av grunnene til dette er at for de høyeste spenningsnivåene (132 kV og høyere) er luftledninger, i hovedsak på grunn av mer solide mastkonstruksjoner, mer driftssikre enn hva som er tilfelle for de lavere spenningsnivåene. Videre er kabelanlegg mer komplekse enn luftledninger, noe

² Eltra, jan 2003, notat ELT 2001-295d

³ Eltra, jan 2003, notat ELT 2001-295d

som betyr et større antall komponenter hvor feil kan oppstå. Denne kompleksiteten får størst betydning på de høyeste spenningsnivåene, fordi høyere driftsspenning gir økt påkjenning på isolasjonen i kablen, og da spesielt på svake punkter som endeavslutninger og skjøter.

For 132 kV anlegg regnes det med at det er omtrent like mange feil per km kabel som per km luftledning. For lavere spenningsnivåer har kabler normalt færre feil per km enn luftledninger.

4.2.3 Reparasjonstid

Når feil oppstår i et kabelanlegg, er første fase i reparasjonsarbeidet lokalisering av feilen. Ved graveskader vil normalt den som har forvoldt skaden selv melde fra. For andre feilårsaker må man ofte bruke måleutstyr for å finne feilen. Feilsøkningen kan være meget tidkrevende om man ikke har erfaring, og bruk av spesialister er ofte nødvendig for å redusere tidsbruken. Normalt bør man finne feilen i løpet av 1 døgn. Klargjøring til reparasjon bør normalt kunne skje innen 2 døgn etter at feilen er lokalisert.

Utetiden ved feil på kabelanlegg vil være avhengig av nettselskapets nivå på beredskapen, og kan typisk være som vist i tabell 4.1. Vi ser av tabellen at selv ved svært høy beredskap vil reparasjonstiden kunne være opp mot 8 dager for et 420 kV kabelanlegg. For 132 kV vil reparasjonstiden kunne være opp mot 3 dager. Ved lavere beredskap øker reparasjonstiden betraktelig.

Tabell 4.1 – Normtall for utetiden ved jordkabelfeil ved ulike beredskapsnivåer (i antall døgn).⁴

Beredskapsnivå	Maksimal	Forhøyet	Normal
420 kV	< 8	< 10	< 14
132 kV	< 3	< 6	< 12

Erfaringstall som NVE er kjent med er i samsvar med verdiene som er oppgitt i tabellen ovenfor. Slik beredsskapskategoriene er definert i tabellen over, vil nok den norske beredskapen måtte henføres til noe midt mellom ”forhøyet” og ”normal” beredskap. I tabell 4.1 er maksimal beredskap for et kabelanlegg karakterisert ved: 1) Feilsøking og reparasjon igangsettes umiddelbart etter at en feil har oppstått 2) Komplette reservedelslager forefinnes 3) Løpende overvåking/tilsyn av kabelanlegget 4) Periodisk diagnostisering ved kappeprøving 5) Beredskapsavtale foreligger for utførelse av kabelreparasjoner. Et slikt beredskapsnivå er det vanskelig å forestille seg at kan etableres per i dag i samtlige nettselskaper som har kabelanlegg på de høyeste spenningene. Det vises i denne sammenheng til kapittel 4.1 om kabelmarkedet.

Reparasjonstiden ved feil er med andre ord betydelig lengre for kabelanlegg enn for luftledninger. ETSO (European Transmission System Operators) har konkludert med at forskjellen i utetid mellom kabelanlegg og luftledninger øker med økende spenningsnivå.

⁴ Eltra, jan 2003, notat ELT 2001-295d

Videre har de funnet at utetiden for kabelanlegg i gjennomsnitt er 25 ganger lengre enn utetiden for luftledninger⁵.

For luftledninger kan de fleste feil repareres i løpet av svært kort tid. Selv de mest alvorligste feilene (som reising av ny mast) lar seg oftest løse innen 1-2 døgn.

Et kabelanleggs utilgjengelighet vil som regel medføre større risiko for ikke-levert energi. Normalt vil ikke forsyningssvikt inntre ved feil i sentralnettet, fordi de fleste områder har to- eller flersidig innmatning. Men overføringssystemet blir mer sårbart for driftsforstyrrelser og når en viktig komponent faller ut kan dette medføre restriksjoner i kraftmarkedet.

Lengre reparasjonstider for kabelforbindelser kan, for viktige forbindelser, medføre krav om ekstra reserve for forbindelsen, enten gjennom tosidig innmating (redundant system) eller sikring ved innebygd reserve (utlegging av en eller flere ekstra faser). Sikring ved innebygd reserve kan også kreves i tilfelle med tosidig innmating.

4.2.4 Oppsummering

På grunn av de fysiske belastningene luftledninger utsettes for, kan det være naturlig å tenke seg at det sjeldnere vil oppstå feil på kabelanlegg enn på luftledninger. Dette stemmer for de laveste spenningsnivåene, men erfaringer viser at dette ikke alltid er tilfellet for spenningsnivået 132 kV og høyere.

Kablene som lages i dag har betydelig lengre levetid enn kablene som ble laget for noen tiår siden. Isolert sett kan myten om at jordkabel teknisk sett er et dårlig og dermed uønsket alternativ til luftledning avlives, men det betinger at kabelanlegget det er tale om inngår i et masket nett.

Årsaken til feil på kabelanlegg skyldes ikke bare feil på selve kabelen. Feil oppstår også på grunn av skader ved gravearbeid og på grunn av montasjefeil. Graveskader er i dag antatt å være den vanligste årsaken til feil på kabelanlegg. Den teknologiske utviklingen hos kabelprodusentene de siste årene er med andre ord ikke ventet å føre til at fremtidige kabelanlegg får en feilfrekvens som er vesentlig lavere enn for luftledninger.

Reparasjonstiden er mye lengre for kabler enn for luftledninger og konsekvensen av feil på et kabelanlegg kan dermed bli mye større enn konsekvensen av feil på en luftledning. Samfunnets sårbarhet knyttet til feil i kraftsystemet har økt de siste årene. Etter NVEs vurdering er det uheldig å risikere at store områder blir uten forsyning i dagevis mens man reparerer en kabel. Det bør derfor være reservemuligheter i nettet (masket nett) på de stedene hvor kabel vurderes i regionalnettet/sentralnettet.

⁵ ETSO (European Transmission System Operators), "Position on use of underground cables to develop European 400 kV networks", 31 January 2003

4.3 VSC-anlegg (Voltage Source Converter), f.eks. HVDC Light

I denne rapporten er hovedfokus rettet mot vekselstrømsanlegg (AC), men VSC-anlegg er i dag tilgjengelig på markedet og har blitt valgt for noen anlegg rundt om i verden. Mest kjent er ABBs produkt HVDC Light. Vi har derfor funnet det nødvendig å skrive et lite avsnitt om denne teknologien.

Konseptet består av et spenningsstyrt omformeranlegg (Voltage Source Converter) og to HVDC-kabler, en med positiv polaritet og en med negativ polaritet. I HVDC Light benytter man ekstruderte kabler, men det er teknisk ikke noe i veien for å bruke tradisjonelle massekabler i stedet for. I hver ende av kabelen trenger man likeretterstasjon for at anlegget skal kobles til resten av strømmettet (som har vekselstrøm).

Sammenlignet med tradisjonelle HVDC-systemer, er det for HVDC Light nødvendig med færre komponenter slik at likeretterstasjonene bare tar opp 20 % av nødvendig areal for tradisjonelle likeretterstasjoner (Gunnar Asplund, ABB).

Kablene er lette og robuste og egner seg derfor ved vanskelige installeringsforhold. Antallet kabler blir færre enn for tradisjonelle vekselstrømsoverføringslinjer. I følge ABB gir likestrømsspennning også lengre levetid enn vekselstrømsspennning for kabelen.

Likestrøms kraftoverføring kan også utføres som tradisjonell luftledning, men dette har ikke vært ønskelig fra leverandørenes side fordi VSC-anleggene er sårbare for lynoverspenninger.

HVDC Light-kabelen kan benyttes for kraftoverføringer fra 10 MW til 350 MW (7 - 600 MW er mulig), med spenningsnivå opp til 150 kV.

Fordelene med denne typen anlegg:

- Mindre elektriske tap i lederne
- Likespenning gir generelt større systemteknisk handlefrihet.
- Reaktiv kompensering
- Styling av effekt, unngår at spenningen styrer lastflyten

Ulempene med denne typen anlegg:

- Store omformer tap: 4,5-5 %.
- Kostnaden for et levert og installert omformeranlegg (to stasjoner). For store anlegg er denne kostnaden estimert til 500 - 700 millioner kroner.

Kraftledninger med spenningsnivå 20-60 kV som skal transportere relativt små energimengder over en lang avstand (f.eks. fra et lite kraftverk) er en type anlegg hvor det kan være aktuelt å vurdere VSC-anlegg fordi de elektriske tapene vil bli store ved valg av et tradisjonelt vekselstrømsanlegg. For disse spenningsnivåene vil kostnaden knyttet til omformeranleggene også være betydelig lavere enn det som er oppgitt over. Imidlertid er det få steder på land i Norge hvor avstanden til eksisterende overføringsnett er så stor at et VSC-anlegg vil være et økonomisk alternativ.



5 Kostnader for luftledninger og kabelanlegg

I regional- og sentralnettet er det i dag hovedsaklig luftledninger, jf. tabell 2.1 side 5. Luftledninger har langt lavere investeringskostnader og er oftest enklere å føre frem enn kabelanlegg. Forskjellen i investeringskostnad for luftledning og kabel øker med økende spenningsnivå.

I det følgende vil vi først presentere noen avgjørende hovedforskjeller mellom kabel- og luftledningsanlegg. Deretter ser vi nærmere på investeringskostnadene for henholdsvis kabel- og luftledningsanlegg på de ulike spenningsnivåene, herunder hvilke kostnadskomponenter som er viktigst for begge typer anlegg.

5.1 Tekniske forskjeller mellom luftledning og kabel som påvirker investeringskostnaden

5.1.1 Kabeltykkelse

For kabler må varmen som produseres avledes gjennom kabelisolasjonen og videre ned i jordsmonnet som har begrenset varmeledningsevne. Den strømførende lederen i en kabel må derfor ha større tverrsnitt enn dens tilsvarende luftledning for å redusere den elektriske motstanden og dermed varmen som blir produsert. I tillegg til at selve lederen har større tverrsnitt, trenger kabelen også et tykt isolasjonslag. Samlet gjør dette at kabler er vesentlig tykkere og dyrere enn luftledningslinjer.

5.1.2 Overføringskapasitet

Et annet moment som skiller kabelanlegg fra luftledninger, er at en ganske stor økning i overføringskapasitet (f.eks. dobling) medfører relativt moderate tilleggskostnader for en luftledning. For en luftledning økes kapasiteten i trinn ved valg av leder og for eksempel doble ledere, uten vesentlig endring av mastene.

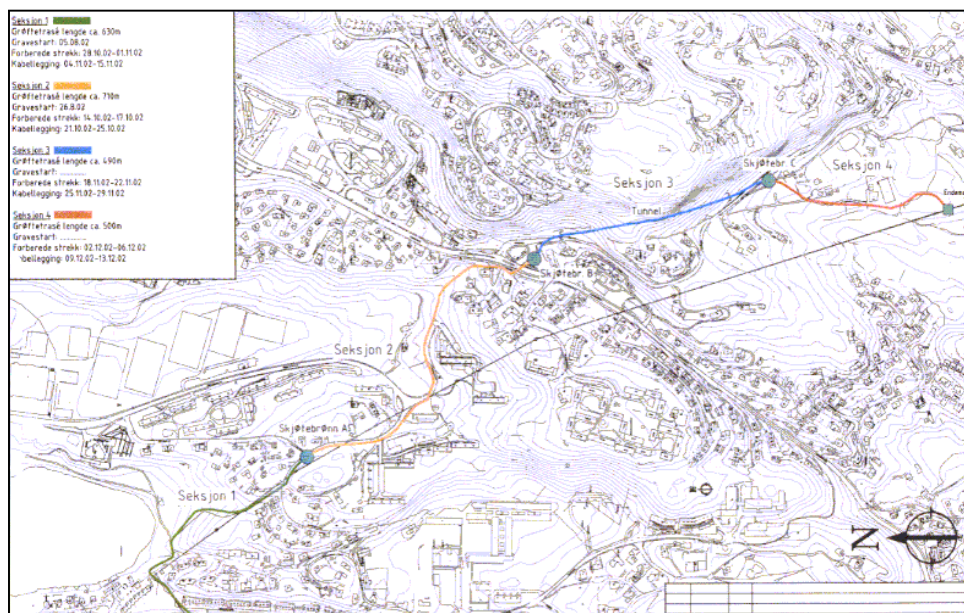
For kabler vil man derimot ved behov for stor overføringskapasitet være nødt til å legge to eller flere kabelsett. Ett ekstra kabelsett vil kunne gi en dobling av kostnadene. Dette betyr at marginalkostnaden for kapasitetsøkning er forholdsvis stor og trinnvis. Kapasiteten vil imidlertid ikke dobles ved to kabelsett på grunn av nærføring og termiske forhold.

For 420 kV kan ett kabelsett maksimalt overføre ca. 700 MVA. For 300 kV kan ett kabelsett maksimalt overføre ca. 500 MVA. Uttørring av jord og høy termisk motstand i nærmeste omgivelse vil medføre at kabelen når maks temperatur ved lavere laststrøm. En gitt kabel vil derfor ha ulik overføringsevne ved ulike forlegningsforhold og er slik sett mer avhengig av lokale variasjoner enn en luftledning. Kabler har imidlertid en høy termisk tidskonstant (størrelsesorden timer). For kortere perioder er det derfor mulig å overføre vesentlig større energimengder.

5.1.3 Kabeltraseens lengde

Kostnader knyttet til luftledninger og kabler måles ofte i kr/km fordi dette er en hensiktsmessig måte å oppgi kostnader på. Også i denne rapporten er kostnadene stort sett gitt på denne måten. Men en direkte sammenligning mellom pris pr km luftledning og pris pr km kabel kan gi et uriktig bilde av kostnadsforskjellen mellom de to valgene av løsning. Grunnen til dette er at trasevalget for en jordkabel normalt vil bli annerledes og ofte betydelig lengre enn den traseen man ville valgt for en luftledning i samme område.

Som eksempler kan det her nevnes at 300 kV kraftledningen Lille Sotra – Kollsnes ville fått ca. 6 % lengre trasé ved bruk av jordkabel langs hele strekningen, mens 132 kV kraftledningen Øystese – Ålvik ville blitt ca. 38 % lengre med jordkabel. Figur 5.1 viser et eksempel på hvordan traseen kan bli lengre med kabel enn med luftledning. Kabelen blir her ca. 26 % lengre enn eksisterende luftledning.



Figur 5.1: Eksempel på at traseen blir lengre med kabel enn med luftledning. Fra Storetveit til Sædalen skal BKK erstatte ca 1,9 km 132 kV luftledning med ca 2,4 km kabel. (Kilde: BKK)

Forskjellen i total investeringskostnad mellom et kabelanlegg og en luftledning kan dermed bli betydelig større enn det en sammenligning av kr/km viser.

5.2 Investeringskostnad for luftledning

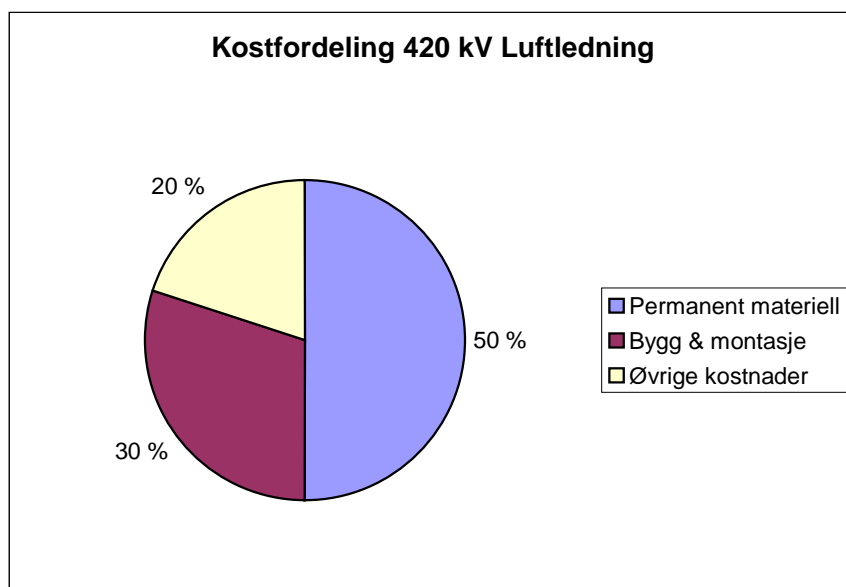
De viktigste kostnadskomponentene for bygging av luftledninger er master, fundamenter, liner og armatur, montasje/bygging og transport. I tillegg kommer kostnader knyttet til erverv av nødvendig grunn og rettigheter, planlegging/administrasjon og juridisk bistand. Behov for juridisk bistand er normalt knyttet til erverv av grunn og rettigheter.



Figur 5.2: 132 kV luftledning (Foto: Tormod Eggan)

Overføringskapasiteten er bestemt av driftsspenningen, antall liner pr fase og linenes tverrsnitt. Ekstrakostnaden for å øke tverrsnittet for linene eller antallet liner er relativt beskjeden. Marginalkostnaden for kapasitetsøkning er dermed relativt liten for luftledninger.

For luftledninger er kostnadene til materiell en relativt stor andel av den totale investeringskostnaden. Kostnadsfordelingen for en 420 kV luftledning er i størrelsesorden som vist i figur 5.3:



Figur 5.3: Kostfordeling for 420 kV luftledning. Kostnadsnivå og kostnadsfordeling vil variere noe med den aktuelle konkurransen i markedet.

Lavere investeringstakt i overførings- og distribusjonssystemet, hardere konkurranse og større prisbevissthet hos kjøperne medførte at investeringskostnadene for 66 kV, 132 kV og dels 300/420 kV ble vesentlig lavere på begynnelsen av 90-tallet enn midt på 80-tallet.

Hovedtrenden de siste årene har vært at byggekostnaden har økt mens materialkostnadene synes å ha blitt noe lavere. Mest markant nedgang har det vært i prisen på stål. For stålmaster har man oppnådd stålpriser i det internasjonale markedet som har vært inntil 50 % lavere enn det prisene i det norske markedet var på midten av 90-tallet. Kostnadene knyttet til forberedelse/konsesjonsbehandling og grunnavståelse har økt noe.

Samlet sett oppgis det at kostnaden ved bygging av luftledning i dag er omtrent på samme nivå som på midten av 90-tallet, eller noe lavere. Det er imidlertid indikasjoner som tyder på at byggekostnadene vil fortsette å øke.

Det er små forskjeller i kostnadene mellom 66 kV og 132 kV luftledninger. Det som betyr mest for kostnadsdifferansene er linedimensjoner, klimalaster, terrengtype og om det benyttes toppliner (toppliner benyttes som lynbeskyttelse og til fremføring av jording). En 66 kV luftledning med grovt linetverrsnitt og toppliner og som er bygget i vanskelig terreng med store klimalaster, kan bli dyrere enn en 132 kV med tynne strømførende liner, uten toppliner og som er bygget i lett terreng med små klimalaster. Tabell 5.1 viser forventet investeringskostnad pr km for luftledninger med normalt linetverrsnitt og enkelt terreng.

Tabell 5.1: Forventet investeringskostnad i mill. kr per km for luftledninger ved enkle byggeforhold og vanlig linetverrsnitt. Størrelsen på linetverrsnitt, klimalaster, terrengtype og om det benyttes toppliner vil ha betydning for kostnaden. 132 kV luftledninger i sentralnettet vil ofte være dimensjonert for større overføringskapasiteter og dermed få en høyere kostnad enn det som her er oppgitt.

Spenningsnivå (kV)	Kostnad i enkelt terreng (Mkr/km)
66	ca 0,8
132	ca 1,0
300	Ca 3
420	Ca 3

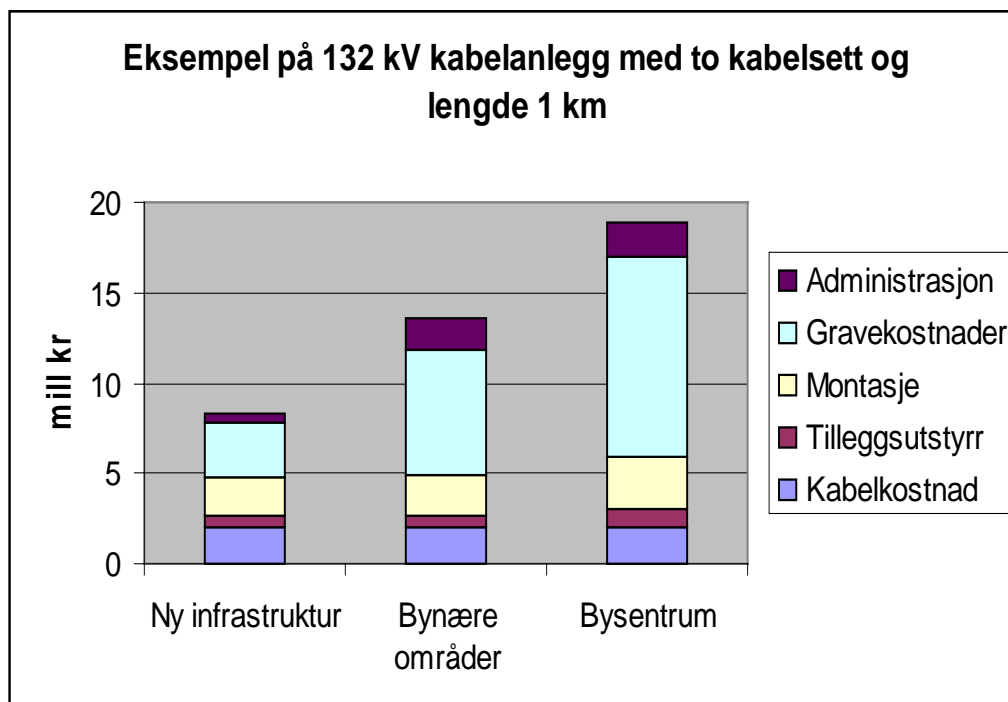
For 66/132 kV vil kostnadene kunne øke opp til i overkant av 2 Mkr/km. For 300/420 kV kan kostnadene komme opp i 4 Mkr/km.

5.3 Investeringskostnader for kabelanlegg

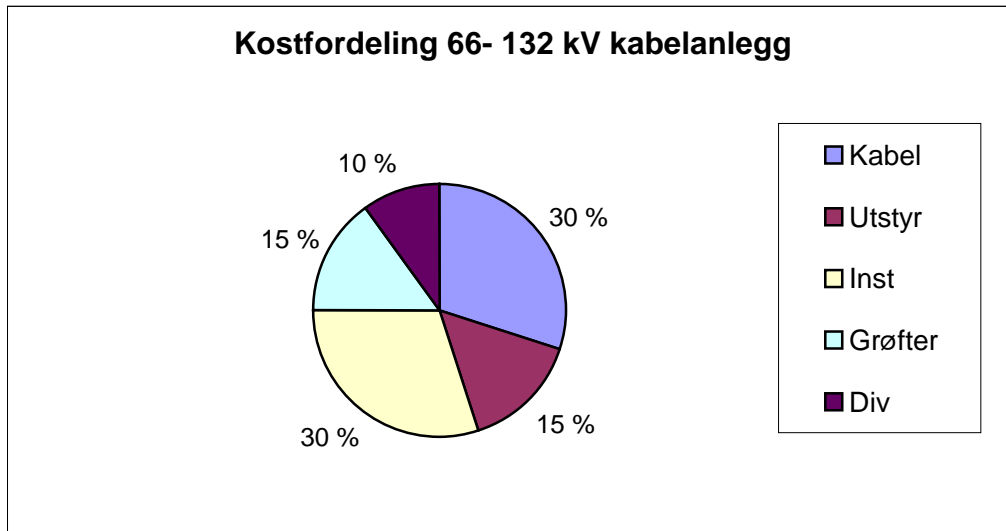
Kabelprisene har blitt redusert siden midten av 90-tallet. Et kabelanlegg har imidlertid flere kostnadskomponenter enn selve kabelen. Andre viktige kostnadskomponenter og forhold som påvirker kostnadsnivået er:

- Tilleggsutstyr (endemuffer, skjøter, stativer, klammer og lignende, men kan også omfatte forskjellig beskyttelsesutstyr og overvåkingsutstyr)
- Utlegging og montasje
- Gravekostnader
- Tilgjengelige muligheter for trasevalg kan gjøre at lengden på kabelen blir betydelig lengre enn lengden for alternativ luftledning.
- Administrasjon, juridisk bistand og prosess rundt plan- og reguleringsarbeid
- Hensyn til annen infrastruktur
- Krav til dokumentasjon og grunnundersøkelser

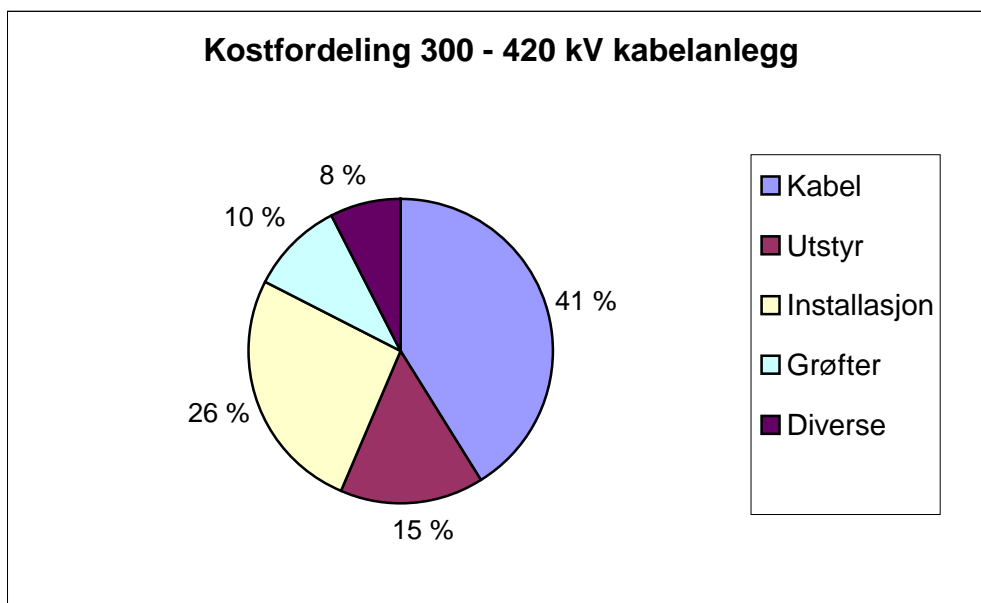
Disse ulike kostnadskomponentene vil variere svært mye fra anlegg til anlegg. Dette skyldes først og fremst kabelanleggets lengde i forhold til alternativet med luftledning, krav til overføringskapasitet og grøftkostnadenes omfang. Det er derfor ikke mulig på forhånd å fastsette nøyaktig hvor store kostnadene for et konkret anlegg vil være. Figur 5.4 viser eksempler på hvor store de enkelte kostnadskomponentene kan være ved ulike graveforhold.



Figur 5.4: Eksempel på hvor store de ulike kostnadselementene kan være for et 132 kV kabelanlegg med to kabelsett. Tallene for ny infrastruktur og bynære områder er hentet fra to reelle prosjekter, mens tallene for bysentrum er estimert. Faktiske kostnader vil variere betydelig fra anlegg til anlegg. Det billigste er å legge kabelanlegg i forbindelse med nye veier, mens det kan være svært kostbart å legge kabel i et bysentrum hvor man må ta hensyn til eksisterende infrastruktur, trafikkavvikling osv. Kabelanlegg lagt i mer landlige omgivelser er ikke tatt med i denne figuren.



Figur 5.5: Estimert kostnadsfordeling for 66-132 kV kabelanlegg med enkle grøfteforhold. Ved gjennomgåelse av nylige kabelprosjekter i Statnett SF relatert til 66 kV og 132 kV kabelanlegg synes kostnadsfordelingen å være slik. Kabelutstyr omfatter her skjøter og endemuffer.



Figur 5.6: Estimert kostnadsfordeling for 300 og 420 kV kabelanlegg med enkle grøfteforhold. Statnett SF har ingen nylig gjennomførte kabelprosjekter på 300 og 420 kV nivå. Som del av forberedelser for mulig kommende anlegg er det innhentet budsjettpriser på kabel og en del anleggsrettede arbeider for flere potensielle kabelinstallasjoner.

Figurene 5.5 og 5.6 viser at selve kabelkostnaden er en større del av total investeringskostnad for de høyeste spenningsnivåene. Videre viser figurene at selv om kabelkostnaden er den største kostnadskomponenten, er den under 50 % av total investeringskostnad. Ved vanskelige graveforhold og behov for mange skjøter vil kostnadsforholdet endre seg.

5.3.1 Nærmere om de ulike kostnadskomponentene

Vi vil her gi en beskrivelse av de viktigste kostnadskomponentene for et kabelanlegg.

Kabelprisen

Nettselskapene har, som tidligere nevnt, opplevd et betydelig fall i kabelprisen etter 1995. Årsaken til dette prisfallet er økt internasjonal handel og stor overkapasitet hos produsentene. Fremtidig pris forventes imidlertid å stige i takt med pågående nedbygging av produksjonskapasitet hos leverandørene. Det er imidlertid ingen som tror at prisnivået igjen vil stige til nivået før 1995.

På grunn av situasjonen i markedet og variasjon i bestilt volum, vil prisen på kabel variere fra prosjekt til prosjekt. Videre produseres kabel og utstyr for spenninger over 22 kV normalt bare etter ordre. Siden det ikke er mulig å oppgi standardpris for kabler på ulike spenningsnivåer, viser tabell 5.2 kun eksempler på pris. Tabellen illustrerer hvilket nivå prisen kan ligge på for bare kabelen.

Tabell 5.2 Eksempler på pris for selve kabelen. Prisen på kabel vil variere fra prosjekt til prosjekt. Det er derfor knyttet stor usikkerhet til disse tallene.

Spenningsnivå (kV)	Mkr/km	Mkr/km for ett kabelsett	Mkr/km for to kabelsett
420 (2000 mm ² KQ)	1,5	4,5	9
132 (1200 mm ² Al)	0,35	1	2
66 (630 mm ² Al)	0,27	0,8	1,6
22 (240 mm ² Al)	0,05	0,15	0,30

Tilleggsutstyr, utlegging og montasje

Kostnader for tilleggsutstyr, utlegging og montasje er omtrent på samme nivå som for noen år siden. Prisutviklingen på utstyr for de høyeste spenningsnivåene preges ikke av den samme konkurransen som prisutviklingen på de lavere nivåene.

For jordkabelanlegg vil vekt, volum og begrensninger i transport avgjøre maksimale leveringslengder. Store trelederkabler kan derfor medføre flere skjøter enn ved installasjon av enlederkabler.

Endemuffer og skjøter for PEX-kabel vil i større grad enn for oljetrykkskabel bestå av færre og prefabrikerte komponenter som medfører mindre tids- og arbeidskrevende montasje. Montasjen krever allikevel en sekvens av arbeidsoppgaver med krav til nøyaktighet og renslighet som tar tid. Montasje er i stor grad manuelt arbeid og store kabeldimensjoner og høye spenningsnivåer tilsier at bemanningsbehovet blir større enn på lavere nivåer.

Montasjekostnadene varierer sterkt avhengig av kompleksiteten til anlegget og det er derfor vanskelig å oppgi nøyaktige tall. Tabell 5.3 viser derfor kun et eksempel på størrelsen på utleggings- og montasjekostnader.

Tabell 5.3 Eksempel på kostnader knyttet til utlegging og montasje av et 132 kV kabelanlegg. Tallene er hentet fra et vurdert alternativ om 2,6 km kabling av en 132 kV kraftledning i Orkdal kommune (Kreon Engineering AS).

	Pris	Antall	Sum
Transport på trommel	10 000 kr pr enhet	12	0,12 Mkr
Legging av kabel i grøft	0,55 Mk/km	2,6 km	1,5 Mkr
Montasje, skjøter pr. sett	0,46 Mkr	3	1,4 Mkr
Totalsum	1,1 Mkr/km		3 Mkr for 2,6 km



Figur 5.7: Utstyr for trekking av 132 kV kabel (Foto: BKK)

Endemuffer

For korte kabeltraseer, innskutt i et anlegg hvor resten av anlegget bygges som luftledning, vil endemuffene bidra til en stor andel av kostnadene, fordi det uavhengig av kabelens lengde vil være behov for en muffestasjon i begge ender. Tabell 5.4 viser eksempler på pris for endemuffer.

Tabell 5.4 Eksempler på pris på endemuffer.

Spenningsnivå (kV)	Totalpris på muffe for ett kabelsett (Mkr)	Totalpris på muffe for to kabelsett (Mkr)
420	2,5	5
132	0,7	1,5
22	0,004	0,008

Reaktoranlegg

Kabelanlegg og luftledninger har ulike elektriske egenskaper, hvilket medfører virkninger i kabelanlegg som det må kompenseres for. Kompenseringen skjer i reaktoranlegg. Dette behovet vil kun oppstå i kabelanlegg som er lengre enn 25 km. Kostnadene knyttet til et

reaktoranlegg vil være minimum 5 Mkr for 132 kV kabelanlegg og minimum 15 Mkr for 420 kV kabelanlegg.

Kabeltrasé og grøftekostnader

Entreprenørarbeidet med graving av grøfter, rørføringer ved kryssing av veier, sprengning av fjell, asfaltering o.l. vil variere avhengig av de lokale forholdene. Disse kostnadene oppleves å være relativt høye i Norge og i de fleste tilfeller overstiger dette kostnaden for selve kabelen og utstyret. For kabler med spenningsnivå opp til 132 kV vil grøftekostnaden ofte være høyere enn kostnaden for kabel med utstyr. For 300/420 kV kabelanlegg er selve kabelkostnaden så stor at denne kostnadskomponenten vanligvis vil bli den største.

For 132 kV vil entreprenørkostnadene for kabelgrøft erfaringsvis variere fra 0,3 Mkr/km (lett gravbar sand) til 4-6 Mkr/km (sprengt fjellgrøft med tilkjørt kabelsand i byer). Disse kostnadene vil med andre ord variere betydelig fra anlegg til anlegg og kan bli den største kostnadskomponenten for kabelanleggets investeringskostnader. Det er videre ikke uvanlig at uforutsette forhold oppleves under graving. Budsjettet for bygging av et kabelanlegg må derfor alltid ta høyde for mulige ekstrakostnader.



Figur 5.8: 132 kV kabelgrøft for to kabelsett lagt langs eksisterende veg. (Foto: BKK)

I tett befolkede områder kan etablering av kabelanlegg langs eksisterende veger bli svært kostbart. De mest betydningsfulle kostnadene her er knyttet til trafikkavvikling, massehåndtering, nattarbeid, eksisterende infrastruktur, brostein eller re-asfaltering osv. Å anslå typisk kostnad er vanskelig. Eksisterende infrastruktur som må hensyntas er kommunaltekniske anlegg og tele- og signalanlegg. Dette medfører i mange tilfeller betydelige omleggingstiltak med dertil økte kostnader. I tette bysentra kan det derfor være vanskelig å etablere en tradisjonell åpen grøft for rasjonelle installasjonslengder. Kabelanlegget får økte kostnader ved at traseen gjerne må legges i omveg utenom bysentrum eller i underjordiske fremføringsveier, f.eks. gjennom tunnel eller OPI-kanal.



Figur 5.9: For kabelanlegg i tett befolkede områder med mye eksisterende infrastruktur vil entreprenørarbeidene være en stor del av totalkostnaden. (Foto: BKK)

De billigste kabelanleggene får man når anlegget bygges i forbindelse med annen ny infrastruktur, f.eks. en ny veg. Man får da en enkel planprosess for netteieren mens omlegging av eksisterende infrastruktur i hovedsak utføres og bekostes av vegbygger. Man får også gode muligheter for rasjonelle installasjonslengder og hensiktsmessige skjøtesteder.

I mer uberørte områder hvor det er lite eller ingen infrastruktur å ta hensyn til kan entreprenørarbeidet bli billigere. Men også her kan gravekostnadene bli svært høye. Dette gjelder områder hvor gravearbeidene blir vanskelige, f.eks. pga. fjell, eller hvor terrenget gjør det umulig med en rettlinjeformet trasé. Fra sprengte grøfter må i tillegg all sprengstein kjøres bort fordi sprengstein ikke kan brukes som fyllmasse i grøft. For terrenggrøfter kommer ofte ekstrakostnader til drenering eller krav om opparbeidelse av gangveg over kabeltraseen.

Lokale transportbegrensninger (størrelse og vekt) for kabel på trommel eller i store kurver vil bestemme lengdene av kablene som kan trekkes ut mellom hvert skjøtested. Valg av hensiktsmessige skjøtesteder og lokale trafikkforhold vil også påvirke installasjonslengdene. Antall skjøtesteder vil ha relativt stor betydning for kostnadene.



Figur 5.10: På disse tromlene er det 750 m 132 kV kabel på hver av dem. (Foto: BKK)

Strengere krav til dokumentasjon, grunnundersøkelser, mer omfattende prosess rundt plan- og reguleringsarbeid og en tyngre juridisk og avtalemessig prosess bidrar også til økte kostnader innenfor denne type prosjekter.

5.3.2 Oppsummering – investeringskostnad for kabelanlegg

Det er større usikkerhet knyttet til total investeringskostnad for kabelanlegg enn for luftledninger. Investeringskostnaden varierer veldig fra anlegg til anlegg. I tabell 5.5 har vi satt opp det vi mener normalt vil være minimum investeringskostnad for et kabelanlegg ved de ulike spenningsnivåene. Ved spesielle situasjoner vil man kunne få til å bygge et kabelanlegg til en lavere pris enn dette, men tallene i tabellen mener vi er det nivået man kan vente seg for de billigste anleggene.

Tabell 5.5: Forventet investeringskostnad for billige kabelanlegg. Kostnaden for 66 og 132 kV er oppgitt for ett kabelsett. Kostnaden for 300 og 420 kV er oppgitt for to kabelsett fordi overføringsbehovet ved dette spenningsnivået ofte overskrider kapasiteten til ett kabelsett. For faktiske anlegg vil investeringskostnaden for et kabelanlegg ha store variasjoner.

Spenningsnivå (kV)	Mkr/km
66	2,5
132	4
300	16
420	18

De fleste anlegg vil bli dyrere enn det billigst tenkelige. For enkelte anlegg vil kostnadene være mangedoblet de tallene som er oppgitt i tabellen. De viktigste årsakene til at et anlegg blir dyrere er:

- Behov for stor overføringskapasitet vil kreve ekstra kabelsett
- Vanskelige graveforhold, f.eks. stein eller fjell, evt. behov for kjerneboring. I bynære strøk vil eksisterende infrastruktur medføre økte kostnader
- Transportforhold
- Antallet skjøter
- Muffestasjonene er en viktig kostnadskomponent for korte kabelanlegg

I tillegg vil traseen for en kabel nesten alltid være lengre enn den alternative luftledningstraseen, slik at forskjellen i total investeringskostnad mellom et kabelanlegg og en luftledning blir større enn det en sammenligning av Mkr/km viser.

For å illustrere hva en kan kable på de ulike spenningsnivåene, har vi i tabell 5.6 illustrert hvor mye man kan kable på ulike spenningsnivå for den kostnaden som går med til å kable 1

km 420 kV luftledning. Tabellen viser at kabling av kraftledninger i første rekke bør skje i distribusjonsnettet og for anlegg med lav spenning. Som i tabell 5.5 har man her sett på billige kabelanlegg. Ved dyre kabelanlegg vil forholdet bli annerledes.

Tabell 5.6: Nyttevurdering av kabling på ulike spenningsnivåer.

Spenningsnivå:	Strekning som kan kables:	Antall master på denne strekningen:
420 kV (sentralnett)	1 km	ca. 3 stk
132 kV (regionalnett)	ca. 4,5 km	ca. 30 stk
66 kV (regionalnett)	ca. 7 km	ca. 60 stk
22 kV (høyspent distribusjonsnett)	ca. 30 km	ca. 300 stk

5.4 Driftskostnader

Vedlikeholdskostnader

Oljekabler krever regelmessig kontroll og kan kreve etterfylling av kabelolje, søking etter lekkasje mv. For PEX-kabler er det ikke normalt å drive forebyggende vedlikehold. PEX-kabler er nå i ferd med å bli enerådende også på 300/420 kV og vedlikeholdskostnadene er derfor ventet å gå ned for anlegg på disse to spenningsnivåene.

For luftledninger vil forebyggende vedlikehold som befaringer og skogrydding ofte være en større utgiftspost enn nødvendige reparasjoner fordi reparasjoner i forbindelse med feil normalt vil være lite omfattende.

For begge typer anlegg utgjør vedlikeholdskostnadene en relativt liten andel av de totale kostnadene.

Avbruddskostnader

Avbruddskostnaden ved feil på et kabelanlegg kan bli svært stor sammenlignet med avbruddskostnaden ved feil på en luftledning fordi utetiden ved feil på et kabelanlegg kan bli svært lang. Kabelfeil på spenningsnivået 132 kV og høyere er svært omfattende å reparere.

Feilstatistikk og utetider er behandlet i kapittel 4.3.

Tap

Tap i kraftledninger består av *resistive tap* som avhenger av nettets elektriske motstand og *dielektriske tap*, som er avhengig av spenningsfallet over isolasjonen og motstand i isolasjonsmaterialet.

På grunn av større tverrsnitt, har kabler lav elektrisk motstand enn luftledninger og dermed mindre resistive tap. For luftledninger kan disse tapskostnadene være betydelige. Dersom de kapitaliserte tap blir like høye som investeringskostnadene, vil luftledningen normalt være galt dimensjonert. Siden ekstra kapasitet på en luftledning er rimelig, bør den kapitaliserte verdien av tapene trolig normalt ikke overstige 10-20 % av investeringskostnaden.

Dielektriske tap i kabelisolasjonen er faste tap som kommer selv om kabelen er ubelastet. For 300 og 420 kV oljekabler har dielektriske tap også en betydning. For PEX-kabler er disse tapene imidlertid svært små. En overgang til PEX-kabler også på disse spenningsnivåene vil dermed redusere de dielektriske tapene i kabelanlegg.

Selv om tapskostnadene inkluderes, blir totalkostnadene størst for kabelanlegg pga. de høye investeringskostnadene. I tillegg vil det ved valg av kabel på et anlegg med behov for stor overføringskapasitet (med tilhørende store elektriske tap i luftledninger) være nødvendig med flere kabelsett, som igjen medfører ekstra stor investeringskostnad for kabel.

Levetid for kabel/luftledning

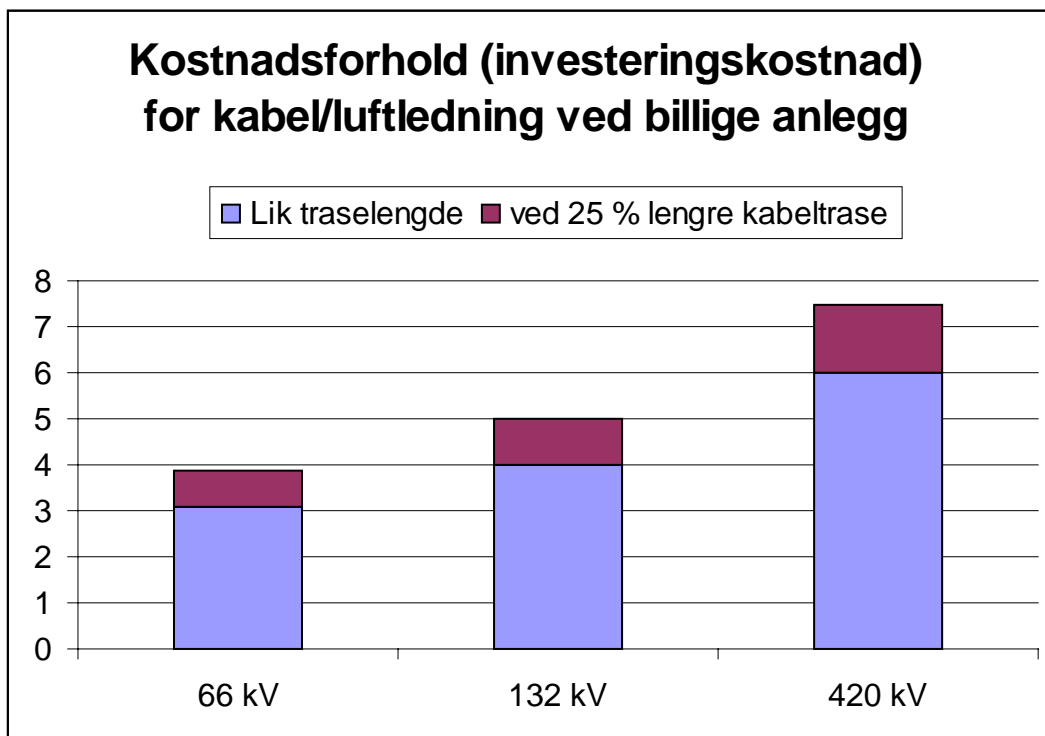
Til nå har levetiden for 132 kV kabel vært betydelig kortere enn levetiden for 132 kV luftledning. En 132 kV kabel venter man sjelden vil vare i mer enn 30 år, mens en 132 kV luftledning på stålmaster gjerne kan stå i 60 år (tremaster ca 40-50).

Kablene som lages i dag har imidlertid betydelig lengre levetid enn de kablene som ble laget for noen år siden. Forbedrede materialer, prosessering og konstruksjoner som forhindrer fuktighet i isolasjonen tilsier at levetider over 30-40 år bør forventes.

5.5 Vurdering av kostnadsnivået for kabelanlegg og luftledninger

Kabelanlegg har en mye høyere kostnad enn luftledninger. Når man ser på totalkostnadene sett over anleggenes levetid, kan differansen bli noe mindre, men reduksjonen vil for de fleste anlegg ikke være vesentlig. Kabelanlegg har vanligvis lavere tapskostnader og vedlikeholdskostnader enn luftledninger, mens avbruddskostnaden ved en eventuell feil kan bli betydelig større.

I kapitlene 5.2 og 5.3.2 ga vi tall på hva vi mener vil være investeringskostnaden for en billig luftledning og et billig kabelanlegg på de ulike spenningsnivåene. Begge anleggstyper kan bli mer kostbare enn dette. Særlig kan kabelanlegg få svært høye kostnader. Figur 5.11 viser en sammenligning av disse tallene. Fordi kabeltraseen ofte blir lengre enn den alternative luftledningstraseen, har vi tatt med et tillegg på 25 % i figuren. Figuren viser at kostnadsforholdet mellom et kabelanlegg og en luftledning minimum kan forventes å være 4 for 66 kV, 5 for 132 kV og 7,5 for 420 kV. Fordi kabelanlegg ofte vil bli dyrere enn minimumskostnaden, vil kostnadsforholdet for mange anlegg bli betydelig høyere enn det figuren viser.



Figur 5.11: Kostnadsforholdet (investeringskostnad) for kabel/luftledning ved billige anlegg.

5.5.1 Sammenligning med kostnadsnivået i 1995

Innkjøpsprisen for kabel har som sagt blitt lavere. Et mer balansert marked tilsier imidlertid en økning av prisene generelt i forhold til dagens nivå. Man kan derfor vente noe økte priser fremover, men man venter ikke at prisene igjen skal stige til nivået før 1995.

Når det gjelder markedet for kabelutstyr, har kabelutstyrprisen vært relativt stabil fra midten av 90-tallet og frem til i dag.

Selv om noen kostnadskomponenter har blitt lavere, har total investeringskostnad for kabelanlegg ikke blitt vesentlig lavere enn den var i 1995. Dette skyldes at kabelanlegg også har andre kostnadskomponenter, som f. eks grøftkostnader.

Investeringskostnaden for luftledninger synes også å ha blitt noe lavere enn i 1995.

Samlet sett mener vi derfor at kostnadsforholdet mellom luftledning og kabel ikke har endret seg vesentlig siden 1995.

6 NVEs vurdering av kabel som alternativ til luftledning

De viktigste momentene ved vurdering av kabel som alternativ til luftledning er:

- Kostnader (i hovedsak investeringskostnader)
- Driftsmessige forhold, reparasjonstid og reservekrav
- Visuelle og landskapsmessige konsekvenser
- Nyttevurderinger

6.1 Kostnader

Investeringskostnaden for luftledning synes i dag å være omtrent på samme nivå som på begynnelsen av 90-tallet, eller noe billigere. Når det gjelder kabelanlegg, har investeringskostnadene ikke blitt vesentlig redusert siden midten av 90-tallet til tross for at selve kabelkostnaden har falt. Dette skyldes at den totale investeringskostnaden for kabelanlegg også påvirkes av andre kostnadskomponenter enn selve kabelprisen. Viktige kostnadskomponenter er gravekostnader (som for mange anlegg vil være den største kostnadskomponenten), tilleggsutstyr, montasje og administrasjon. I tillegg vil kabeltraseen nesten alltid bli betydelig lengre enn alternativ luftledningstrase og krav til overføringskapasitet kan medføre behov for mer enn ett kabelsett. Behov for to kabelsett kan bety opp mot en dobling av kostnadene. For luftledninger vil en ganske stor økning i overføringskapasitet (f.eks. dobling) medføre relativt begrensede tilleggskostnader.

Dersom det er ønskelig å bruke mer kabel i overførings- og distribusjonsnettet, må det tas hensyn til at nettet langt på vei er på plass og at det har et formidabelt omfang. Større endringer i overføringssystemet vil i hovedsak være knyttet til nye industrietableringer, kapasitetsutvidelser i eksisterende anlegg og etablering av nye fornybare produksjonsformer for elektrisk energi (vindkraft). I tillegg står man overfor en betydelig reinvestering i eksisterende nett de neste 20-30 år. Skal det kables mer, kan små endringer føre til betydelige kostnader som igjen utløser sterkere krav om kabel og ytterligere store kostnadsuttellinger. NVEs erfaring er at for de tilfeller man har funnet kabelalternativ forsvarlig for enkelte delstrekninger, har dette i seg selv utløst ytterligere og sterkere krav fra andre.

På grunn av de høye investeringskostnadene, som for de aller fleste kabelanlegg vil være dominerende sammenlignet med andre parametere som påvirker inntektsrammen, vil økt innslag av kabel medføre høyere inntektsrammer og dermed høyere tariffes pga. høyere avskrivninger og avkastningsgrunnlag. For å illustrere dette forholdet har NVE gjort en del forenklete beregninger for sentralnettet. Med utgangspunkt i Statnetts eksisterende inntektsramme, viser disse beregningene at dersom investeringskostnadene for kabel antas å være 5 ganger større enn for luftledning, vil en økning i kabelandelen til 10 % for spenningsnivået 300/420 kV kunne innebære en økning av Statnetts inntektsramme med ca. 25 %. Tenker man seg en tilsvarende økt kabelandel i regionalnettet, vil man få en tilsvarende økning i inntektsrammen for disse selskapene.

NVE har ikke funnet holdepunkter for at kostnadsforholdet mellom luftledning og kabel på de høyere spenningsnivåene har endret seg vesentlig etter 1995, selv om kabelprisen har falt (66, 132 og 300/420 kV). Denne konklusjonen bekreftes av EUROPOWERCAB



(kabelindustriens bransjeorganisasjon i Europa) i brev til EU-kommisjonen våren 2003 og fra erfaringer hos det danske nettselskapet Eltra.

Det er vel verd å merke seg at kabelanlegg normalt vil være vesentlig lengre enn alternativ luftledningstrasé. På den bakgrunn er det ikke særlig hensiktsmessig å sammenligne enhetskostnader for å belyse forskjellen i investeringskostnad.

Det er nettkundene som i stor grad må dekke utgiftene i forbindelse med økt bruk av kabel. Med den sterke fokus mange kunder allerede i dag har på nettleien, må man forvente at en fremtidig vesentlig vekst i nettleien vil vekke reaksjoner.

6.2 Driftsmessige forhold

For anlegg med spenning lavere enn 132 kV har kabelanlegg vist seg å ha færre feil enn luftledninger. For de høyeste spenningsnivåene er det derimot ingen entydig forskjell i feilfrekvensene for kabel og luftledning. For alle spenningsnivåer forventes det at kabelanlegg etter hvert vil få noe lavere feilfrekvens enn hva som er tilfelle for eksisterende anlegg pga. bedring i materialkvalitet. Feil på kabelanlegg skyldes imidlertid ikke bare feil på selve kabelen. Feil oppstår også på grunn av skader ved gravearbeid og på grunn av montasjefeil. Man må derfor alltid være beredt på at en feil kan oppstå.

Ved feil på et anlegg er reparasjonstiden i gjennomsnitt betydelig lengre for kabler enn for luftledninger. Konsekvensen av feil på et kabelanlegg kan dermed bli mye større enn konsekvensen av feil på en luftledning.

NVE legger til grunn at samfunnets sårbarhet knyttet til feil i kraftsystemet har økt de siste årene. Etter NVEs vurdering er det uheldig å risikere at store områder blir uten forsyning i dagevis mens man reparerer en kabel. Det bør derfor være reservemuligheter i nettet (masket nett) på de stedene hvor kabel vurderes i regionalnettet/sentralnettet.

6.3 Miljøtiltak og nytteverdi av kabel

Både kabler og luftlinjer er betydelige arealforbrukere. Denne type anlegg får derved relativt store visuelle, landskapsmessige og andre miljøkonsekvenser. De negative konsekvensene av kabler er normalt mindre enn hva som er tilfelle for luftlinjer. Men i noen typer terreng vil en bred kabelgrøft lage åpne sår i landskapet som kan være et større inngrep enn plassering av master for luftledning, jf. vedlegg 1 – Miljøkonsekvenser.

Mer fokus på miljørelaterte forhold har bl.a. gitt seg utslag i økt krav om kabling ved etablering av nye nettanlegg, ved konsesjonspliktig oppgradering/reinvesteringer av eksisterende anlegg, og ved konsesjonsfornyelser. Oppgradering/reinvestering og konsesjonsfornyelser av eksisterende anlegg vil normalt være like konfliktfylte som etablering av nye anlegg fordi bla hus er bygd inntil eksisterende kraftledninger.

Nærføringsproblematikk blir dermed satt på dagsorden. Nesten hele det norske overføringssystemet vil derfor være eksponert for krav om kabel de kommende vel 20 år i forbindelse med nødvendig konsesjonsbehandling. Dette krever forutsigbarhet fra energimyndighetene.



Nyttehaverne ved kabling vil ofte være en mer eller mindre avgrenset krets av personer/interesser, og betalingsvilligheten hos nyttehaverne er ikke-eksisterende fordi kostnadsansvaret er pulverisert. Dette forhold tydeliggjøres spesielt ved konsesjonspliktige reinvesteringer/oppgraderinger av eksisterende anlegg ved at det er vanskelig å få utløst private eller offentlige aktørers betalingsvillighet selv for meget lønnsomme endringer i eksisterende anlegg. Prinsipielt kan det reises spørsmål om hvorvidt pålegg om miljøtiltak er samfunnsmessig fornuftig i situasjoner hvor nyttehaverne ikke har betalingsvillighet for de avbøtende tiltak/endringer som kreves. På den andre side bør samfunnets ansvar fremtre ved at både energibransjen og energimyndighetene sikrer at miljøulemper ved energianlegg er akseptable. Energimyndighetenes politiske/administrative praksis og utviklingen av denne de senere årene, har etter NVEs vurdering på en god måte sikret likebehandling, forutsigbarhet og en stadig forbedret prosess som også har sikret at alternative miljøtiltak har fått en bred anvendelse for å avbøte aktuelle miljøulemper.

I vurderingene som vedrører ressursbruk tilknyttet utforming av overføringssystemet, er det viktig at luftledningens fysiske og visuelle konsekvenser sees i sammenheng med andre anlegg som skaper endringer i våre omgivelser og som forringer estetiske verdier og kvaliteter. Skal man foreta estetikk-investeringer i stor målestokk, må målet være fornuftig avkastning i form av forbedringer som det er betalingsvillighet for i samfunnet. Alle inngrep må i så måte sees i sammenheng og antagelser om enkelte bransjers betalingsevne kan ikke gis avgjørende vekt om omgivelsenes estetiske standard ønskes forbedret. Estetikkgevinst per krone investert må være avgjørende.

NVE finner ikke grunnlag for å revidere eksisterende administrativ praksis/kablingspolicy. Etter NVEs vurdering bør krav om kabel fortsatt møtes med en konkret vurdering av hvorvidt ekstrakostnadene står i et rimelig forhold til den nytte som oppnås. NVE legger til grunn at kostnadsforholdene for kabelanlegg tilsier at det er mest å oppnå i forhold til estetikk, nærmiljø og arealbruk, ved at kabling prioriteres i distribusjonsnettet., jf. tabell 5.6 hvor det fremgår at ved å kable 1 km 420 kV kan 3 master med tilhørende liner fjernes. For samme kostnad kan man kable ca. 30 km 22 kV og fjerne ca. 300 master med tilhørende liner. NVE oppfatter at den praksis som er utviklet de siste årene er i tråd med St. prp nr 19 (2000-2001).

Hensynet til likebehandling og forutsigbarhet for direkte og indirekte berørte interesser, abonnentene og energiverkene tilsier at den policy som nå gjelder, blir liggende fast i årene som kommer. NVE oppfatter ikke at tiltakende krav om kabling bør være avgjørende for de vurderinger som energimyndighetene skal gjøre. Forvaltningens vurderinger må tuftes på faglige argumenter som konkret er avledet av de politiske rammene, administrativ praksis mv. og slik sikre at nytten ved kablingstiltak står i et forståelig forhold til de ekstrakostnadene tiltaket medfører. Kompromissorientering i denne type saker vil lett kunne bryte med hva som skal og bør oppfattes som god forvaltningsskikk. Det er viktig at valg av løsning i enkeltsaker ikke utfordrer verdiene knyttet til likebehandling og forutsigbarhet, og samtidig introduserer mulige presedensvirkninger, med de uheldige økonomiske effekter dette kan få på lengre sikt for abonnentene.



Referanser

1. NVE Publikasjon 16/93 "Jordkabel som alternativ til luftledning"
2. ELTRA januar 2003, notat ELT 2001-295-d, "150 kV- og 400 kV PEX-kabelanlæg"
3. ETSO januar 2003: "ETSO position on use of underground cables to develop European 400 kV networks"
4. ABB: www.abb.se, "HVDC Light for power transmission"
5. Statnett, Årsstatistikk 2000 og 2001

Vedlegg 1 - Miljøkonsekvenser

I dette vedlegget gis en oversikt over ulike miljøkonsekvenser av både luftledninger og jordkabler.

Estetikk – nærvirkning og fjernvirkning

Valg av kabel fremfor luftledning vil normalt redusere de negative landskapsmessige effektene. Krav om kabel som avbøtende tiltak er ofte motivert ut fra estetiske nærføringsulemper som en luftledning medfører. Dette er ofte tett befolkede områder hvor kabelgrøften blir lokalisert i tilknytning til andre infrastrukturanlegg slik at miljøulempene blir minimale.

Luftledninger synes ofte godt i terrenget. Velger man i stedet kabel reduseres fjernvirkningene ved anlegget. For kabler på høye spenningsnivå kan det imidlertid oppstå andre fjernvirkninger pga behov for brede grøfter, sprengning mm. Dette kan lage åpne sår i landskapet som kan være minst like negativt visuelt sett som kraftledningsmaster. Legges kabel i områder med gunstige grunnforhold (f.eks. langs veier og over jordbruksareal) vil kabeltraseen i liten grad være synlig etter anleggsperioden.

Kabling er med andre ord ikke uten negative virkninger for landskapet dersom kabelanlegget lokaliseres i enkelte naturområder, noe som kan redusere miljønyttene av slike tiltak vesentlig.

NVE har tatt på alvor de negative virkninger kraftledninger kan gi i forhold til estetikk og landskap. Dette er tema som drøftes nøye i hver sak, og aktuelle avbøtende tiltak som traséjustering, kamuflering av komponenter og kabling blir alltid vurdert. I den sammenheng har NVE tatt initiativ til flere utredninger innen temaet, og i 1996 ga NVE ut rapporten ”Estetikk, landskap og kraftledninger”. I 1998 ga NVE ut rapporten ”Estetiske hensyn ved valg av kraftledningsmaster”.



Figur 1: Det er vanskelig å legge kabel i uberørte områder uten at det vil lage store sår i landskapet. (Foto: Christian Færø)



Figur 2: Ved legging av kabelanlegg i områder fri for tekniske inngrep, vil man få en anleggsveg ved siden av kabelgrøften. Bildet viser kabelgrøft for en 132 kV kabel med to kabelsett. (Foto: BKK)



Figur 3: Det er mulig å få til anleggsarbeidet uten å benytte seg av en anleggsvei ved siden av kabelgrøften. Dette er aktuelt der terrenget gjør det umulig eller svært uheldig med en slik veg. Men dette medfører praktiske ulemper med dertil økte kostnader. Bildet viser kabelgrøft for en 132 kV kabel med to kabelsett. (Foto: BKK)

Vernede områder/objekter

Luftledning og kabel kan komme i konflikt med vernede områder (naturreserver, landskapsvernområder, nasjonalparker m.fl.) eller vernede objekter (kulturminner, naturminner mm.). Det er avhengig av verneformålet i hvilken grad dette vurderes som problematisk. Det kan f.eks. være fornuftig å krysse et myrreservat med et luftspenn, men ødeleggende for mikroklima og biologisk mangfold å legge kabel i samme område. Er derimot verneformålet estetisk motivert, vil kabel kunne fjerne konflikten med f.eks. et fredet kulturmiljø.

NVE har gjort en generell vurdering av elektriske anlegg i forhold til verna vassdrag og konsekvenser for biologisk mangfold. NVEs vurderinger går frem av to notater fra 2001, ”Konsekvenser for biologisk mangfold” og ”Elektriske anlegg i verna vassdrag”

Vilt

For vilt (utenom fugl), kan kabel være positivt pga. redusert barrierevirkning i driftsperioden, men vil kunne representere en større barrierevirkning og fortrenningseffekt i anleggsperioden. Inngrepene ved legging av kabel vil være mer omfattende og foregå over en lengre periode. Den negative effekten ved luftledning er i utgangspunktet sjeldent vesentlig. Nyttvirkningen av å velge kabel av hensyn til vilt, er derfor i mange tilfeller svært begrenset.



Figur 4: Bilde av en 420 kV kabelkulvert i Madrid (Foto: Statnett)

Når det gjelder enkelte arter, vil både kraftledningsgater og kabeltraseer kunne fragmentere habitater og leveområder.

Fugl

Det vil være positivt for fugl å kable fremfor å føre frem luftledning. Det vil alltid være en viss sannsynlighet for at fugl kan kolliderer med luftledninger (spesielt toppliner) eller bli utsatt for elektrokusjon. Omfanget av dette vil variere mellom arter og ulike områder og med anleggets spenningsnivå og opphengsgeometri.

Kraftledninger og fugl er ofte et tema i NVEs konsesjonsbehandling, og allerede i 1995 ga NVE ut rapporten ”Kraftledninger og fugl”. Rapporten tar opp problemstillinger knyttet til elektrokusjon og kollisjon, og beskriver tiltak for å hindre kollisjoner, herunder kabling og metoder for å merke luftledninger.

Arealbruk, jord- og skogbruk

Mastfestene berører typisk ca. 0,2-0,3 daa per km ledning, mens kabelgrøft, vei og plass til oppgravd masse normalt berører 10-15 daa per km ledning.

Kablene kan legges så dypt at jordbruksproduksjon inkludert pløying kan drives etter at kablene er lagt og arealet ført tilbake til opprinnelig tilstand. Fremføring av luftledninger, vil

imidlertid kunne medføre driftsulemper for jord- og skogbruk. Det kan også legges begrensninger i produksjon pga areal beslaglagt til master. Normalt vil imidlertid denne type ulemper være beskjedne, da masteplasseringen ofte søkes etablert i eiendomsgrense etc.



Figur 5: Kabeltrase ved Nunthorpe (Foto: Statnett)

En kabeltrasé må holdes fri for trær gjennom kabelens levetid. I en kraftledningsgate vil det ikke være så strenge krav til gjenvekst (med unntak av høyde). Inngrepet ved luftledning blir også mindre fordi man slipper å grave opp store arealer og erstatte mye masse.

Masseuttak kan ikke foregå i kabeltraseen og bygningsmessige konstruksjoner kan ikke oppføres i traseen.



Figur 6: Bilde fra nettforbindelsen Katbjerg-Bramslev i Danmark. Bildet viser kabelgrøft for ett kabelsett med spenning 150 kV og to kabelsett med spenning 400 kV. Grøften har en total bredde på 20 m. (Foto: Tormod Eggan)



Fleksibilitet

Luftledning representerer en mer fleksibel løsning for fremføring av elektrisitet enn kabel. Det er lettere å føre frem en luftledning enn kabel fordi det er få tekniske begrensninger på hvor man kan komme frem med en luftledning. En situasjon som snur dette forholdet på hodet, er fremføring i tettbygde strøk. Her kan kabel kombineres med eksisterende eller nye veianlegg, mens kraftledningsmaster krever nytt areal.

Transportbehov

Kabeltraseer krever ofte varige veier for utkjøring og utlegging av kablene, vedlikehold og reparasjoner. For eksempel vil en kabeltrommel for 132 kV ha en vekt i størrelsesorden 8-15 tonn og for 420 kV en vekt i størrelsesorden 40 tonn. Videre er det nødvendig med plass til kabelvogn og trekkemaskin. Ved utlegging av ett kabelsett for 300/420 kV kreves det i anleggsperioden en trase på ca 15 meters bredde (5 meter til vei, 8 meter til lagring av løsmasser som graves opp og minst 2 meter til kabelgrøften). Der kabel legges i vei, gir arbeidet ulemper for trafikkavviklingen. For større kabelanlegg som krever lang byggetid kan ulempene bli betydelige. Der boring eller sprengning er nødvendig ved legging av kabel, oppstår et transportbehov i forhold til overskuddsmasse.

Ved luftledning kan transport utøves skånsomt slik at kjøreskader normalt vil være beskjedne. Helikoptertransport er også vanlig, særlig for 300/420 kV luftledninger.

Varige inngrep

Ved utbygging av luftledninger begrenses terrenginngrepet stort sett til arealet ved mastefestene og rydding av skog. Inngrepet er derfor i stor grad reversibelt. I kupert og/eller løsmassefattig terreng kan kabelgrøfter gi varige sår.

Elektromagnetiske felt

For lik strømstyrke, vil det magnetiske feltet være større over og nært inntil en kabel enn rett under en luftledning. Det magnetiske feltet blir imidlertid raskere redusert med avstand fra jordkabel i forhold til en luftledning. For vurdering av helsemessige konsekvenser av elektromagnetiske felt, se kap 3.2 om forvaltningsstrategi.

Støy

Luftledninger med høy spenning avgir koronastøy. Ved spesielle værforhold kan dette støynivået være betydelig rett ved ledningen for 300/420 kV ledninger.

Hørbar støy ved byggeforbudsgrensen for en 420 kV ledning, kan komme opp mot 50 dBA ved fuktig vær. Støyen avtar fra senter av ledningen. Statnett har pålagt seg selv å ikke overstige 50 dBA for de aller fleste strekninger (unntak f eks fjordspenn og enkelte høyfjellsområder). Det er sjeldent hørbar støy ved en 132 kV ledning.