

FAGRAPPORT:

”Nettilknytning av Hovatn Aust Vindkraftverk.
Internt 33 kV jordkabelnett og 132 kV
overføringssystem.”

Oktober 2014.



JØSOK PROSJEKT AS

Forord

Denne fagrapport omhandler nettilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk. Alle beregninger og utredninger tar utgangspunkt i følgende:

- Hovatn Aust vindkraftverk: 122,1 MW installert effekt.
- Vindturbiner: Ytelse 3,3 MW.
- Antall turbiner: 37 stk
 - Nordre delområde 19 stk
 - Søndre delområde 18 stk
- Gjennomsnittlig årsproduksjon: ca. 366 GWh

Hovatn Aust vindkraftverk har to separate planområder, et nordre delområde og et søndre delområde. I det nordre delområdet vil produksjonen fra vindturbinene blir overført mot et 33 kV koblingsanlegg plassert sentralt i delområdet. Fra koblingsanlegget i nordre delområde bygges en 33 kV luftledning ned til det søndre delområdet.

I det søndre delområdet etableres en ny 132/33 kV trafostasjon. Produksjonen fra turbinene i det søndre delområdet føres mot denne trafostasjonen. 33 kV luftledning fra nordre delområde tilknyttes denne 132/33 kV trafostasjonen.

Det er vurdert to ulike plasseringer av 132/33 kV trafostasjon i det søndre delområdet.

Nettilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk til eksisterende nett skjer ved etablering av nytt 132 kV koblingsanlegg ved Hovassdammen, sørvest for det søndre delområdet. Fra 132/33 kV trafostasjon i Hovatn Aust vindkraftverk (i søndre delområde) etableres en ny 132 kV luftledning ned til 132 kV koblingsanlegg ved Hovassdammen.

Like ved 132 kV koblingsanlegg går de to 132 kV ledningene Brokke – Senumstad. For å kunne knytte ny 132 kV ledning fra Hovatn Aust vindkraftverk til det nye 132 kV koblingsanlegget, må de to eksisterende 132 kV ledningene krysses. For å kunne krysse disse ledningene legges siste del av 132 kV ledningen fra Hovatn Aust vindkraftverk som jordkabel inn til 132 kV koblingsanlegg.

Alle løsninger forutsetter følgende:

- Ny 132/33 kV trafostasjon i det søndre delområdet i Hovatn Aust vindkraftverk. 132/33 kV trafoytelse på ca 130 MVA i trafostasjonen.
- Et utstrakt 33 kV jordkabelanlegg i vindkraftverket som forbinder vindturbinene sammen og som har som formål å overføre produksjonen til 132/33 kV trafostasjon i vindkraftverket.
- Sterk 33 kV luftledning fra det nordre til det søndre delområdet i Hovatn Aust.

Nettanleggene berører Bygland kommune.

Rapporten tar for seg følgende:

1. Omfang, layout og beskrivelse av internt 33 kV kabelnett.
2. Spesifikasjon av overføringsanlegg og tilhørende transformator- og bryteranlegg.
3. Systembeskrivelse, nettanalyser, tap og økonomi.
4. Tekniske utredninger av nødvendig nettanlegg.

Rapport utført av:



JØSOK PROSJEKT AS

Ansvarlig: Kjetil Riseth Heggli
Oktober 2014.

INNHALDSFORTEGNELSE:

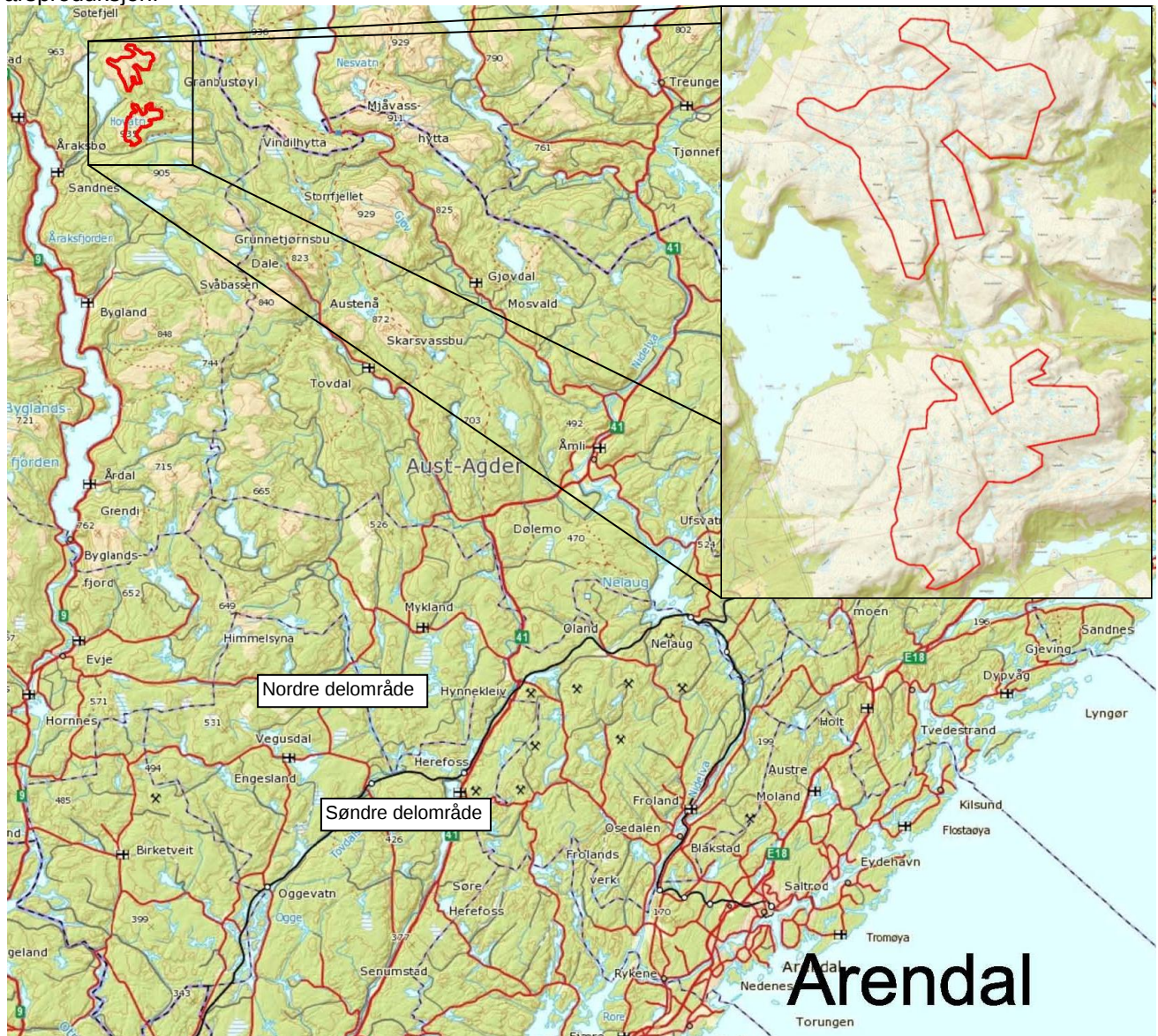
1.0 INNLEDNING	4
2.0 GRUNNLAG	5
3.0 TILKNYTNINGSPUNKT	5
4.0 SYSTEMGRUNNLAG – FORHOLDET TIL GJELDENE KRAFTSYSTEMPLAN.....	7
5.0 LASTFLYTANALYSER	8
6.0 INTERNT 33 KV KABELNETT I HOVATN AUST VINDKRAFTVERK	8
6.1 PLASSERING AV 33 KV KOBLINGSANLEGG I DET NORDRE DELOMRÅDET I HOVATN AUST	8
6.2 PLASSERING AV 132/33 KV TRAFOSTASJON I DET SØNDRE DELOMRÅDET I HOVATN AUST	9
6.3 ØKONOMISK TVERRSNITT PÅ KABEL.....	10
6.4 KABELGRØFTER	10
6.5 TERMISKE BEGRENSINGER OG OVERFØRINGSKAPASITET	10
6.6 ØKONOMISK VURDERING AV KABELSYSTEM I HOVATN AUST VINDKRAFTANLEGG.....	11
6.7 TRASEER FOR 33 KV LEDNING MELLOM NORDRE OG SØNDRE DELOMRÅDE.....	13
6.8 TRASEER FOR 132 KV LEDNING MELLOM SØNDRE DELOMRÅDE OG TILKNYTNINGSPUNKT	14
6.9 LASTFLYTANALYSER	15
7.0 NETTLØSNING FOR NETTILKNYTNING	16
8.0 TEKNISKE BESKRIVELSER	16
8.1 GENERELT OM KABEL SOM ALTERNATIV TIL LUFTLEDNING	19
8.2 TILTAK I TILKNYTNINGSPUNKTET	20
9.0 UTFØRELSE, BYGGEMETODER OG AREALBRUK	21
9.1 JORDKABELANLEGG.....	21
9.2 LUFTLEDNINGER	21
9.3 AREALFORBRUK VED BYGGING AV NY 132 KV LEDNING	21
10.0 NØDVENDIGE TILTAK I OVERLIGGENDE NETT	21
11.0 KOSTNADSOVERSLAG/ØKONOMI NETTILKNYTNING	24
11.1 KOSTNADSOVERSLAG INTERNT 33 KV KABELNETT	24
11.2 TOTALT KOSTNADSOVERSLAG	24
11.3 SAMFUNNSØKONOMISK SAMMENLIGNING	26
12.0 GRUNNERVERV FOR NETTILKNYTNING.....	26
12.1 ERSTATNINGSPRINSIPPER FOR TILHØRENDE 33 KV OG 132 KV OVERFØRINGSANLEGG.....	27
13.0 ELEKTROMAGNETISK FELT OG HELSE	27
13.1 STØY FRA KRAFTLEDNINGER OG TRANSFORMATORANLEGG.....	30

Vedlegg:

1. Kabellayout internt 33 kV jordkabelanlegg i Hovatn Aust vindkraftverk
 - Alternativ A: Tegn nr B-19353, M 1:20 000
 - Alternativ B: Tegn nr B-19354, M 1:20 000
2. Kabelskjema 33 kV jordkabelnett i Hovatn Aust vindkraftverk, alternativ A og B
3. Oversiktskart nettilknytning Hovatn Aust vindkraftverk.
 - 33 kV luftledning mellom nordre og søndre delområde: tegn nr B-19351, M 1:15 000
 - 132 kV luftledning, søndre delområde til Hovassdammen, tegn nr B-19352, M 1:10 000
4. Liste over grunneiere som berøres av 33 kV og 132 kV ledning
5. Enlinjeskjema 132/33 kV trafostasjon, to alternativer. **Unntatt offentlighet iht BFK § 6-2**
 - Alternativ A
 - Alternativ B
6. Enlinjeskjema systemløsninger, to alternativer. **Unntatt offentlighet iht BFK § 6-2**

1.0 INNLEDNING

Hovatn Aust Vindkraft AS planlegger å bygge ut Hovatn Aust vindkraftverk i Bygland kommune i Aust - Agder fylke. Vindkraftverket er meldt til NVE med en installert ytelse på inntil 198 MW og ca 575 GWh midlere årsproduksjon.



Figur 1. Plassering av Hovatn Aust vindkraftverk (merket rødt, 2 stk planområder).

Det skal i denne rapporten utredes løsninger for internt 33 kV kabelnett og 132 kV nettilknytning på bakgrunn av en installert effekt i Hovatn Aust vindkraftverk på 122,1 MW. Midlere årsproduksjon antatt til ca 366 GWh.

Jøsok Prosjekt er engasjert for å utarbeide en fagrapport vedrørende internt 33 kV kabelnett og 132 kV nettilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk. Rapporten og analysene tar for seg følgende tema:

1. Layout på 33 kV internt kabelnett
2. Utredning av mulige nettløsninger for å overføre produksjon fra vindkraftverket frem til eksisterende nett
3. Tekniske og økonomiske vurderinger
4. Kort utredning av kapasitet i eksisterende 132 kV nett
5. Grunnlag for konsesjonssøknad og KU (nett)
6. Magnetfeltberegninger
7. Liste over berørte grunneiere (nett)

I utredningen vedrørende nettilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk har det vært kontakt med Otra Kraft, Agder Energi og Statnett.

2.0 GRUNNLAG

Som grunnlag og utgangspunkt til fagrapporten med tilhørende tema, legges det til grunn følgende:

- Layout Hovatn Aust vindkraftverk, 37 vindturbiner à 3,3 MW
- Produksjon 122,1 MW / ca 366 GWh

Økonomi

Analyseperiode 25 år

Rente 4,5 %

Kraftpris 0,36 kr/kWh

Investeringskostnader/byggepris 2014-nivå. Usikkerhet +/- 20 %

Brukstid mhp tap 1900 timer

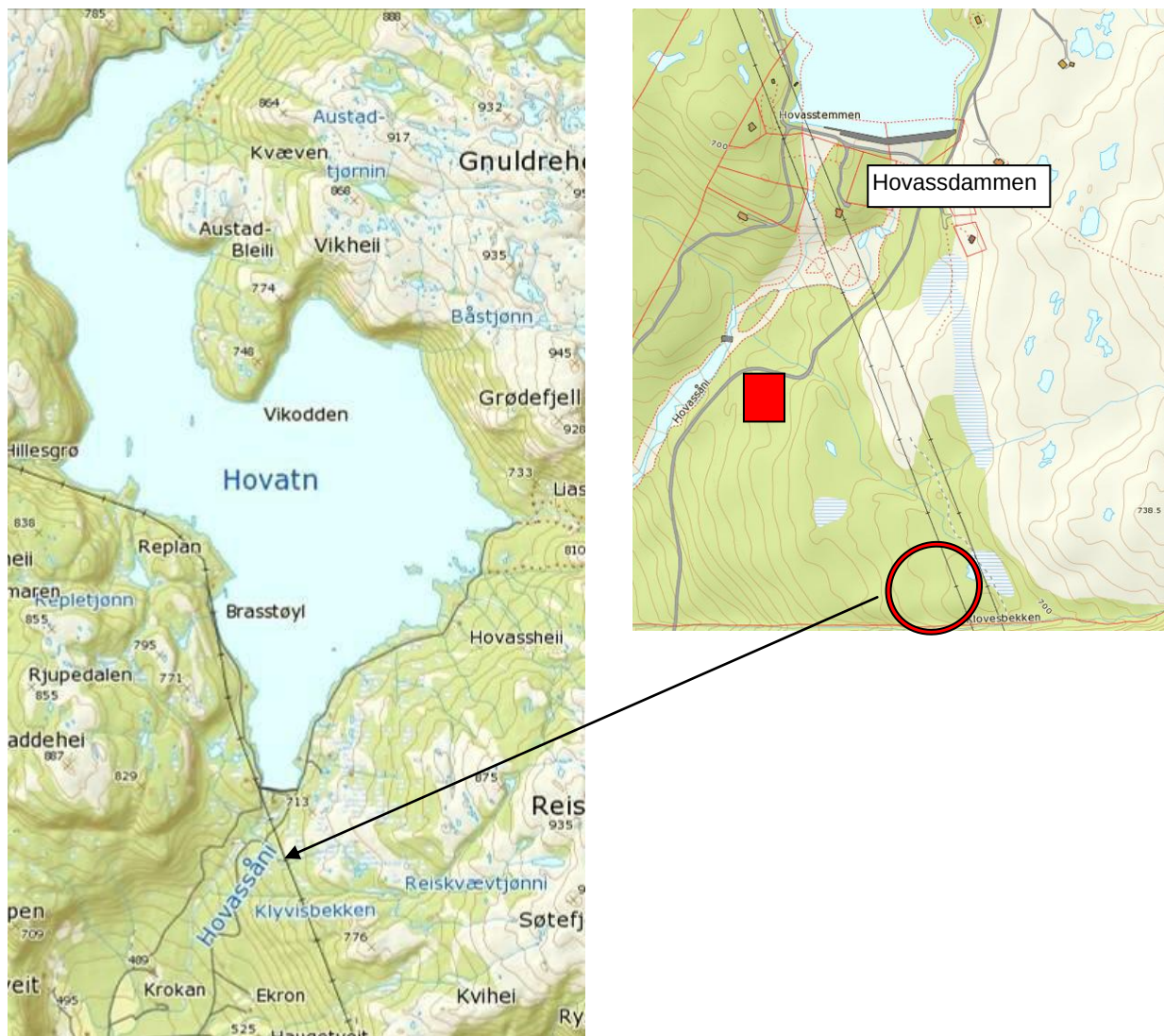
3.0 TILKNYTNINGSPUNKT

For å knytte Hovatn Aust vindkraftverk til eksisterende nett føres en 132 kV ledning fra trafostasjonen i Søndre delområde og vestover til eksisterende 132 kV ledninger Brokke – Senumstad. I selve tilknytningspunktet mellom ny 132 kV ledning fra Hovatn Aust og eksisterende 132 kV ledninger Brokke – Senumstad må det etableres 132 kV bryteranlegg.

Tidligere er det vurdert flere mulige tilknytningspunkter til eksisterende 132 kV nett for Hovatn Aust vindkraftverk:

1. Like sør for Hovassdammen. Tilknytningspunktet ligger ca 800 m rett sør for damanlegget i sørenden av Hovatn. Det er nesten vegforbindelse helt opp til området som er aktuelt for anlegging av 132 kV bryteranlegg.
2. Syrdalen, dalføre like sør for Søndre delområde i Hovatn Aust. I utløpet av Syrdalen krysser 420 kV ledning og 132 kV ledning dalføret. Her er det vegforbindelse helt opp i tillegg til flatt terreng som egner seg for anlegging av 132 kV bryteranlegg.

Det blir i denne rapporten kun utredet 132 kV nettilknytning av Hovatn Aust mot Hovassdammen (alternativ 1 i oversikt over). Se figur 2 for det aktuelle nettilknytningspunktet.



Figur 2. Oversikt over tilknytningspunktet for ny 132 kV produksjonsledning fra Hovatn Aust.

Rød sirkel angir plassering av nytt 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen. Rød firkant indikerer etablert steinbrudd.

Tiltakshaver har gjennomført befarings i forbindelse med mulig etablering av 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen. På befarings ble det avdekket et relativt nylig etablert steinbrudd, se figur 2. Ved etablering av nytt 132 kV bryteranlegg med tilhørende veganlegg må arealplanene i området kontrolleres, slik at det ikke kommer i konflikt med etablerte eller planlagte anlegg. Hovatn Aust Vindkraftverk skal ikke komme i konflikt med etablerte planer.

Krav fra Agder Energi Nett AS og forhold til beredskapsforskriften

Agder Energi Nett (AEN) har ved henvendelse godkjent at det etableres et nytt 132 kV bryteranlegg på det aktuelle stedet vist i figur 2.

Ved tilknytning til en eller begge 132 kV ledninger Brokke – Senumstad krever AEN fullverdig bryterløsning. Ved tilknytning av Hovatn Aust til en av 132 kV ledningene Brokke – Senumstad krever AEN 3 stk 132 kV bryterfelt. 2 stk bryterfelt betjener eksisterende 132 kV ledning og 1 stk bryterfelt betjener ny 132 kV ledning fra Hovatn Aust.

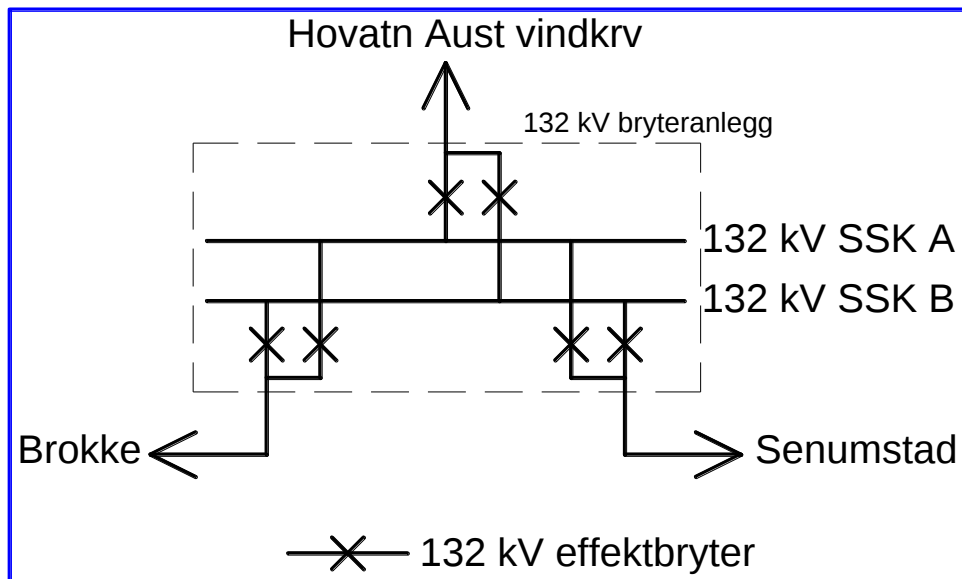
Ved tilknytning til begge 132 kV ledninger vil det være behov for 5 stk 132 kV bryterfelt; 2 stk bryterfelt til hver av de eksisterende 132 kV ledningene samt 1 stk bryterfelt for å betjene Hovatn Aust.

I følge beredskapsforskriften kapittel 5 vil en koblingsstasjon som dette klassifiseres i klasse 2. I vedlegg 2 til § 5-5 i samme forskrift står det blant annet:

”Skal som hovedregel ha dublering av de viktigste komponenter for anleggets primære funksjoner. Dette gjelder bl.a. samleskinner, skillebrytere, samt annen nødvendig utrustning”

Dette medfører at man må etablere 132 kV koblingsanlegg/bryteranlegg i tilknytningspunktet som et duplexanlegg. Dette innebærer doble effektbrytere, samleskinner etc.

Se figur 3 for prinsippskisse for nettilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk til en av 132 kV ledningene Brokke – Senumstad.



Figur 3. Tilknytning av Hovatn Aust til en av to 132 kV ledninger Brokke – Senumstad.

AEN opplyser ved henvendelse at det er mulig å føre 100 – 150 MVA ny kraftproduksjon inn på en av 132 kV ledningene Brokke – Senumstad. Dette er tall som AEN ga på direkten og det vil være noe usikkerhet ang disse tallene.

Det må imidlertid bemerkes at løsning for 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen må avklares mot AEN. Det er en del planer om flere vindkraftanlegg sør for Hovatn Aust. Om alle disse blir realisert, vil/kan det bli nødvendig å tilknytte Hovatn Aust til begge 132 kV ledninger Brokke – Senumstad. Da blir det nødvendig med 5 stk duplex bryterfelt i 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen.

4.0 SYSTEMGRUNNLAG – FORHOLDET TIL GJELDENDE KRAFTSYSTEMPLAN.

Agder Energi Nett er kraftsystemansvarlig i regionen hvor Hovatn Aust vindkraftverk er planlagt. I kraftsystemplanen til AEN for perioden 2014 – 2033 er Hovatn Aust vindkraftverk nevnt spesifikt med fire ulike tilknytningsalternativer (disse blir nærmere beskrevet senere i rapporten). Det er AEN som har kommet frem til de fire alternativ og vurdert dem:

- En tredje 420/132 kV transformator i Brokke trafostasjon. Utvider trafokapasiteten i Brokke fra 132 kV spenning til 420 kV spenning med 50 %.
- Etablere sentralnettstilknytning ved Hovatn Aust vindkraftverk.
- Overføre produksjonen fra Hovatn Aust vindkraftverk mot Telemark via 132 kV ledningene Brokke – Knardalstrand (Porsgrunn).
- Ny sentralnettstasjon i Vegusdal for å avlaste sentralnettstrafoene i Brokke.

Området hvor Hovatn Aust skal bygges ut i, er definert som overskuddsområde. Det vil si at det er mer produksjon i området enn det er lastuttak. Produksjonen overføres fra nordre Aust – Agder og sørover mot kysten som er definert som underskuddsområde.

Tiltakshaver for Hovatn Aust vindkraftverk tar sikte på å samarbeide med andre vindkraftaktører i området for å få til en optimal og teknisk akseptabel nettløsning for vindkraftverk i området.

Det tas sikte på å samarbeide med aktuelle parter avhengig av hvilken nettløsning som velges/benyttes. Ved valg av løsning må det legges til grunn driftstekniske krav fra AEN og/eller Statnett.

5.0 LASTFLYTANALYSER

Det er etablert nettmodeller for å undersøke hvilken effekt tilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk har på nettet. Det er kun gjennomført statiske lastflytanalyser for å kunne vurdere spenningsforhold og tapsforhold som følge av nettilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk.

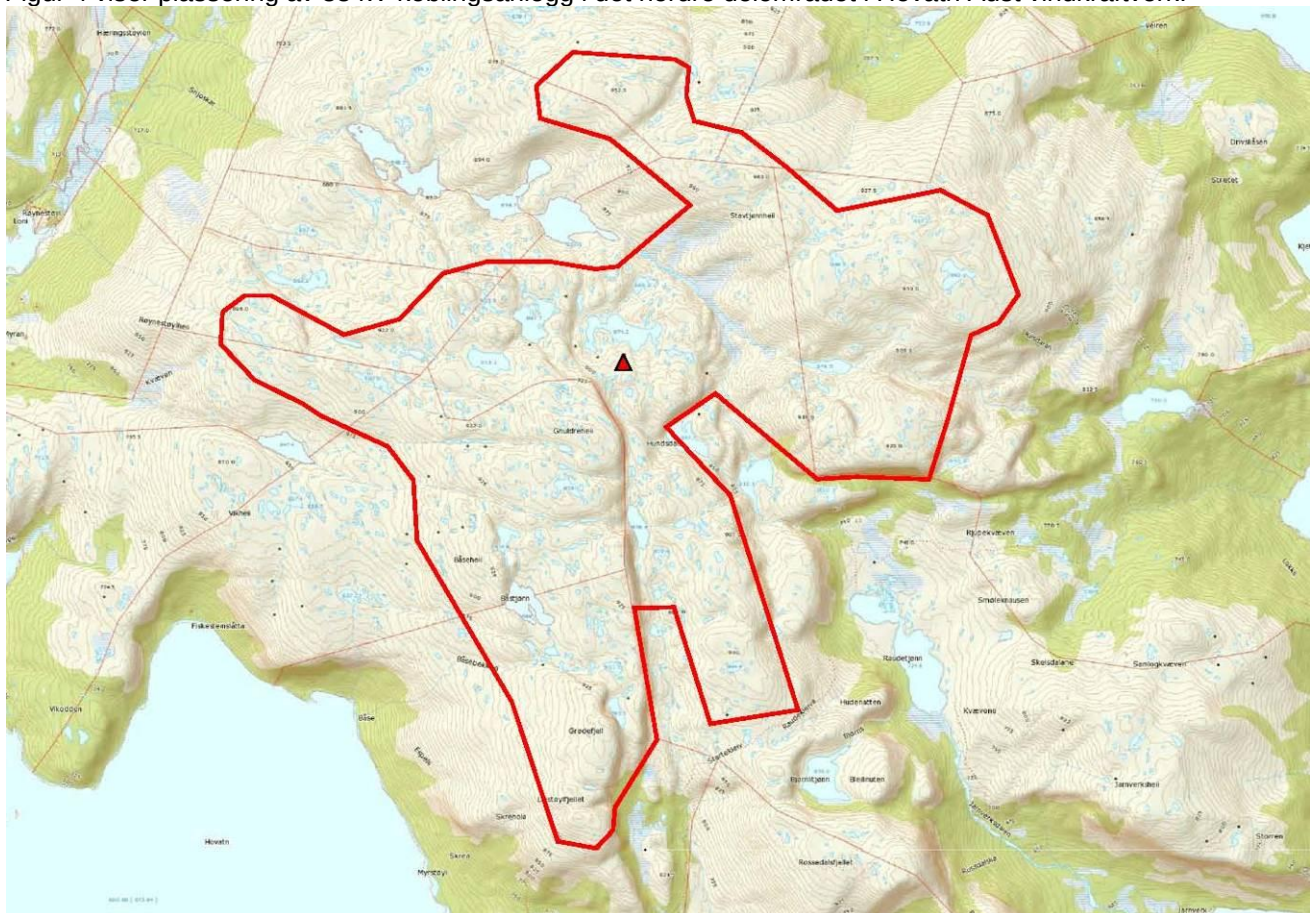
I lastflytanalysene er det forutsatt 37 stk 3,3 MW turbiner, og en total produksjon på 122,1 MW. Videre er det forutsatt at turbinene drives med $\cos \phi = 1$ og dermed ikke bidrar direkte til reaktiv effektflyt. Alternative løsninger med enten forbruk eller produksjon av reaktiv effekt kan også være aktuelle om det skulle være behov for dette.

6.0 INTERNT 33 kV KABELNETT I HOVATN AUST VINDKRAFTVERK

6.1 Plassering av 33 kV koblingsanlegg i det nordre delområdet i Hovatn Aust

Det er, som vist i figur 1 i avsnitt 1, to separate delområder som utgjør Hovatn Aust vindkraftverk, et nordre og et søndre delområde. Produksjonen fra det nordre delområdet skal overføres på 33 kV spenningsnivå mot 132/33 kV trafostasjon i det søndre delområdet. Det må dermed etableres et 33 kV koblingsanlegg i det nordre delområde for å koble sammen 33 kV kabelnett og 33 kV luftledning som fører produksjonen sørover.

Figur 4 viser plassering av 33 kV koblingsanlegg i det nordre delområdet i Hovatn Aust vindkraftverk.



Figur 4. Plassering av 33 kV koblingsanlegg i Nordre delområde.
Rød trekant viser 33 kV koblingsanlegg.

33 kV koblingsanlegg i det nordre delområdet plasseres i en egnet nettkiosk. Styring av kiosken/anlegget styres fra trafostasjon i det søndre delområdet. Kommunikasjon mellom det nordre og det søndre delområdet etableres via fiber (OPGW) på 33 kV luftledning mellom nordre og søndre delområde.

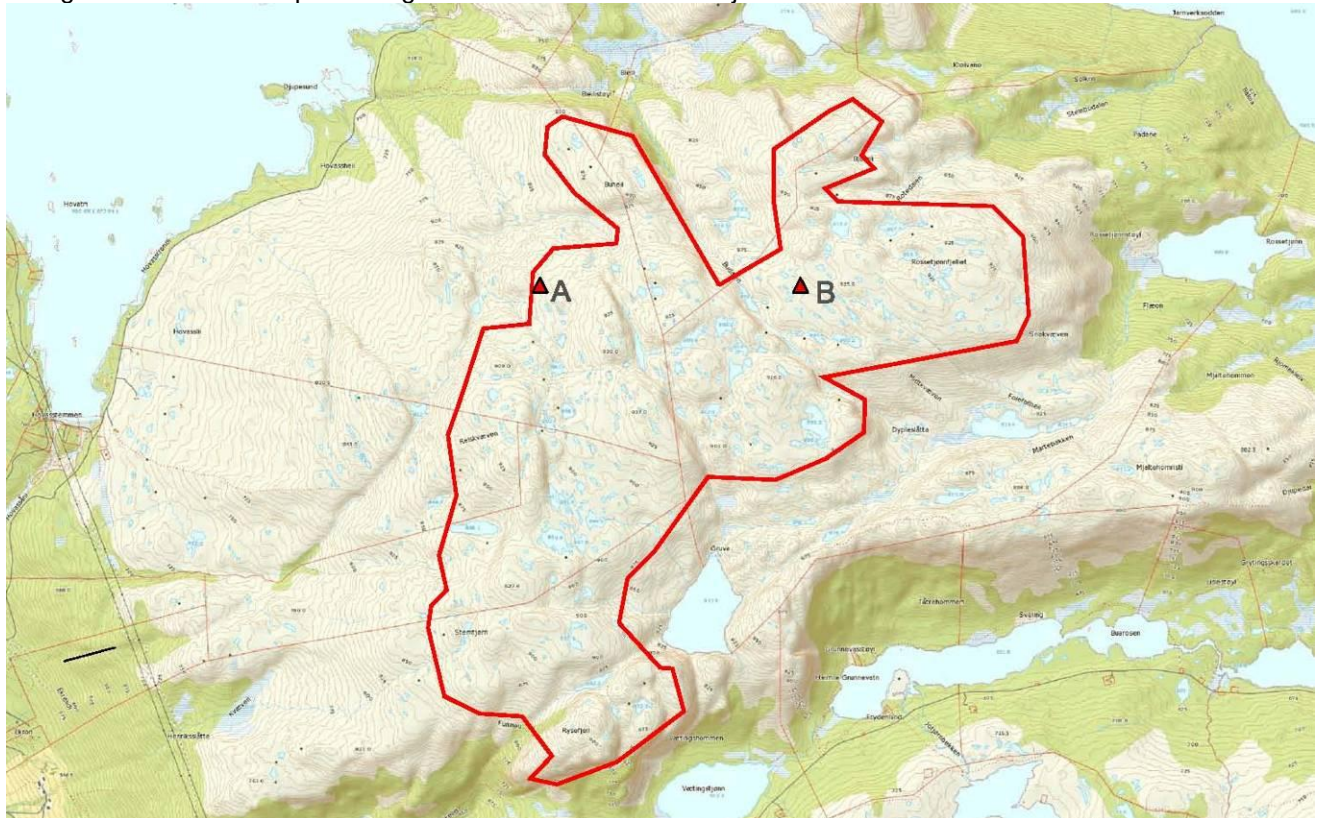
6.2 Plassering av 132/33 kV trafostasjon i det søndre delområdet i Hovatn Aust

Det er vurdert to ulike plasseringer av 132/33 kV trafostasjon:

1. Nordvestlig del av det søndre delområdet.
2. Østlig del av det søndre delområdet.

Alternativ A er primærløsning, mens alternativ B er sekundærløsning for plassering av 132/33 kV trafostasjon i søndre delområde i Hovatn Aust vindkraftverk.

Se figur 5 for de to ulike plasseringene av 132/33 kV trafostasjonene i det søndre delområdet.



Figur 5. Alternative plasseringer av 132/33 kV trafostasjon i søndre delområde.
Rød trekant viser trafostasjon.

I denne fagrapport vil det dermed bli vurdert to ulike alternativer, A og B. Plassering av 132/33 kV trafostasjon vil ikke bare ha innvirkning på lengde og overføringstap i 132 kV ledninger mellom delområder og tilknytningspunkt, men vil også ha innvirkning på 33 kV kabelnett.

132/33 kV trafostasjon i Hovatn Aust vindkraftverk skal ta mot produksjon fra 37 stk 3,3 MW turbiner. Totalt blir det en installert effekt på 122,1 MW. 132/33 kV transformator i Hovatn Aust må derfor ha en ytelse på minst 130 MVA.

I det søndre delområdet vil det også bli etablert et servicebygg/stasjonsbygg med oppholdsrom, lager, verksted, wc med mer. 132/33 kV trafo, kontrollanlegg og nødstrømsanlegg blir plassert inne i dette bygget. 132 kV bryteranlegg (3 stk bryterfelt) blir plassert på utsiden i et inngjerdet område. Parkeringsplass er også nødvendig på utsiden av servicebygget.

Se tabell 1 for spesifikasjon av trafostasjonen i vindkraftverket og vedlegg 5.1 og 5.2 for enlinjeskjema for trafostasjonen i vindkraftverket.

Tabell 1. Nødvendige primærkomponenter i transformatorstasjon (søndre delområde) ved Hovatn Aust vindkraftverk

- 1 stk krafttransformator, inntil 130 MVA, 132/33 kV, kjøling ONAN/ONAF utstyrt med berøringssikre kabeltilkoblinger både på primær og sekundærside
- 1 stk 132 kV brytefelt/koblingsfelt, utført som standard utendørsanlegg
- 5 stk 33 kV brytefelt/koblingsfelt (3 stk avganger, 1 stk trafofelt, 1 stk felt til stasjonstrafo)
- 1 stk stasjonstransformator 33/0,23 kV, 50 (– 100) kVA
- Batteribank for nødstrøm og tilhørende elektrisk utrustning
- Nødvendige 132 kV og 33 kV kabelforbindelser.
- Nødvendig kontrollanlegg

Det forutsettes montert oljeoppsamlingskum for eventuell spillolje fra transformatorer samt automatisk brannslukningsutstyr.

Avhengig av hvilke krav som stilles av regionalnettseier og Statnett, kan det også bli nødvendig å montere kondensatorbatterianlegg, samt jordslutningsspole i transformatorstasjonen.

6.3 Økonomisk tverrsnitt på kabel.

Økt tverrsnitt på kablene reduserer overføringstapene noe, men koster noe mer i innkjøp og utlegging. Fortjenesten i reduserte tap veies opp mot økt investeringskostnad. Det er lagt til grunn kostnadsoptimalt tverrsnitt på det interne kabelnettet i Hovatn Aust vindkraftverk, korrigert for termiske flaskehalser og forventet kortslutningsstrøm.

Følgende forutsetninger er benyttet for dimensjonering av det interne 33 kV kabelnettet i vindkraftverket:

- Kostnadsoptimalt 33 kV kabeltverrsnitt i vindparken
- Minste kabeltverrsnitt på 33 som er benyttet er TSLF 3x1x95 mm² Al. Største praktiske kabeltverrsnitt er 3x1x800 mm² Al.
- Lengde på kabel er beregnet ut fra oversendt underlag/kartskisser tillagt 1,5 % for terrengvariasjoner + 5 meter pr. turbin, + 2 meter pr koblingsskap og +10 m overlengde i trafostasjonen.
- Kablene legges i vegskulder i det interne vegsystemet i vindkraftverket.
- Belastning av kabler etter norsk standard. (Ingen kabel er overbelastet). Kabelsystemet er beregnet ut fra termiske forhold og belastningsevne.
- 3000 MVA kortslutningsytelse på 132 kV SSK i Hovassdammen (opplyst av AEN).
- E_k vindturbingenerator settes til 25 %
- E_k step-up-transformator settes til 6,5 %

6.4 Kabelgrøfter

Det tilstrebes at jordkablene legges i egne dedikerte kabelgrøfter i vegskulder i det interne vegsystemet i Hovatn Aust vindkraftverk. For å unngå unødvendig store kabeldimensjoner, legges maksimalt to kabler i samme grøft på enkelte seksjoner. Dette medfører et behov for å grave grøft på begge sider av vegen på en del strekninger, eventuelt utvide grøften slik at avstanden mellom to og to kabelsett blir 250 – 300 mm.

I samme grøft som 33 kV jordkabler fremføres rør med fiberoptisk kabel for kontroll og styring av turbiner. Samtlige kabelanlegg legges i sand med mekanisk beskyttelse og overdekning. Det forutsettes at det benyttes fiberduk i samtlige grøfter. For øvrig legges det også ned egen separat jordtråd i alle kabelgrøfter.

6.5 Termiske begrensinger og overføringskapasitet

Når det legges flere kabler i samme grøft varmer kablene opp hverandre og den termiske overføringsevnen reduseres etter tabell 2. Tabellen forutsetter at kablene består av enlederkabler av type TSLF 36 kV med aluminiumsleder og at de legges i tett trekantforlegning i sand med 70 mm avstand mellom kabelsettene.

Tabell 2. Belastningsgrad på jordkabler som funksjon av antall kabelsett i grøft.

Antall kabler i samme grøft	Belastningsgrad
1	100 %
2	85 %
3	75 %
4	68 %

Der flere kabler går sammen i samme grøft, kan det oppstå en termisk flaskehals. Dette vil/kan avhjelpes med å øke kabeltverrsnittet, eventuelt øke avstanden mellom jordkablene fra 70 mm til 250 - 300 mm. For samtlige kabler er det gjennomført en kontroll mot termiske flaskehalser.

Det største kabeltverrsnittet benyttet i kabelanlegget i Hovatn Aust vindkraftverk er 800 mm² Al. En 800 mm² Al jordkabel, avhengig av parallellføringer, tåler å bli belastet med følgende antall turbiner:

Tabell 3. Antall turbiner som kan tilknyttes en 800 mm² Al jordkabel avhengig av antall kabelsett i grøft.

Antall parallelle kabler	Antall turbiner / MW
1	14 turbiner / 46,2 MW
2	12 turbiner / 39,6 MW
3	10 turbiner / 33,0 MW
4	9 turbiner / 29,7 MW

6.6 Økonomisk vurdering av kabelsystem i Hovatn Aust vindkraftanlegg.

Den økonomiske totalvurderingen av kabelanlegget er komplett fra og med step-up-transformator (turbintransformator) til og med 33 kV bryterfelt i transformatorstasjonen. Som grunnlag til vurdering av et 33 kV kabelsystem er det gjennomført følgende:

1. Det er utarbeidet forprosjekt og kabeltraseer langs det interne veinettet. Grunnlag er oversendt kart fra oppdragsgiver.
2. Det er benyttet en kombinasjon av budsjettpriser og erfaringstall for alt kabelmateriell. Kostnader fremkommer som komplett inkl. graving, sandomfylling, utlegging, komprimering mm. Videre er det inkludert følgende materiell i kalkylene:
 - a. Fiberduk i alle grøfter
 - b. Sand
 - c. Kabeldekkeplater og avstandholdere
 - d. Fiberkabel og rør
 - e. Graving av grøft og komprimering/gjenfylling
3. De er benyttet en kombinasjon av budsjettpriser og erfaringstall for 33 kV bryteranlegg. Anlegget er komplett inkl. montasje og vern.
4. Det er benyttet budsjettpriser og erfaringstall for step-up-transformator i vindturbiner.
5. Tapsvurderingene er basert på lastflytanalyser av systemet.
Cos phi = 1, ref. 1000 V side av step-up-transformator.

Tverrsnittsoptimalt kabelnett

Tabell 4. Mengde 33 kV jordkabel, alternativ A og B

Kabeltverrsnitt	Alternativ A Mengde [m]	Alternativ B Mengde [m]
TSLF 3x1x95 mm ² Al	19 627	21 196
TSLF 3x1x150 mm ² Al	4 685	6 011
TSLF 3x1x240 mm ² Al	2 510	1 164
TSLF 3x1x400 mm ² Al	3 445	1 649
TSLF 3x1x630 mm ² Al	1 574	3 998
TSLF 3x1x800 mm ² Al	943	30
Sum alle tverrsnitt	32 784	34 048

Ser av tabell 4 at kabelmengden for alternativ B er større enn for alternativ A. Årsaken til dette er at en plassering av 132/33 kV trafostasjon etter alternativ B, medfører at trafostasjonen havner lengre unna turbinene enn om stasjonen plasseres etter alternativ A.

Korrigerer for kortslutningsstrømmer

Hovatn Aust vindkraftverk vil bli tilknyttet nytt 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen med en ny 132 kV ledning. For å være sikker på at 33 kV jordkablene i det interne kabelnettet i vindkraftverket tåler høyeste kortslutningsytelse som kan oppstå, er det utført en kortslutningsberegning. I tillegg til de forutsetninger gitt i avsnitt 6.3 er følgende forutsetninger benyttet i kortslutningsberegningen:

1. Utkoblingstid for 33 kV bryterfelt i Hovatn Aust vindkraftverk (ved kortslutning) 0,5 s
2. Ek krafttrafo Hovatn Aust vindkraftverk er 11 %

Når kortslutningsytelsene er gitt, avhenger maksimal kortslutningsstrøm av lengden og dimensjon på kabelstrekene. I et internt kabelnett i en vindpark er de kablene med minst kabeltverrsnitt i hver kurs mest utsatt. Tabell 5 viser hva jordkabler av typen TSLF kan tåle av kortslutningsstrøm forutsatt en utkoblingstid på 0,5 s.

Tabell 5. Oversikt over hva hvert enkelt tverrsnitt av TSLF jordkabler kan tåle av kortslutningsstrøm i 0,5 s.

Kabeltverrsnitt	Belastningsevne kortslutningsstrøm
TSLF 3x1x95 mm ² Al	12,0 kA
TSLF 3x1x150 mm ² Al	19,0 kA
TSLF 3x1x240 mm ² Al	30,5 kA
TSLF 3x1x400 mm ² Al	50,9 kA
TSLF 3x1x630 mm ² Al	80,1 kA
TSLF 3x1x800 mm ² Al	105 kA

Kortslutningsberegningen viste at noen seksjoner med 95 mm² og 150 mm² Al jordkabler må skiftes til fordel for et større tverrsnitt (henholdsvis 150 mm² Al og 240 mm²) på grunn av for høy kortslutningsytelse. Tabell 6 viser oversikt over internt 33 kV kabelnett i vindkraftverket hvor kabelnettet er dimensjonert for å tåle maksimal kortslutningsstrøm som kan oppstå. Det er som nevnt over lagt til grunn en utkoblingstid på 0,5 s.

Tabell 6. Mengde 33 kV jordkabel korrigert for kortslutningsytelse

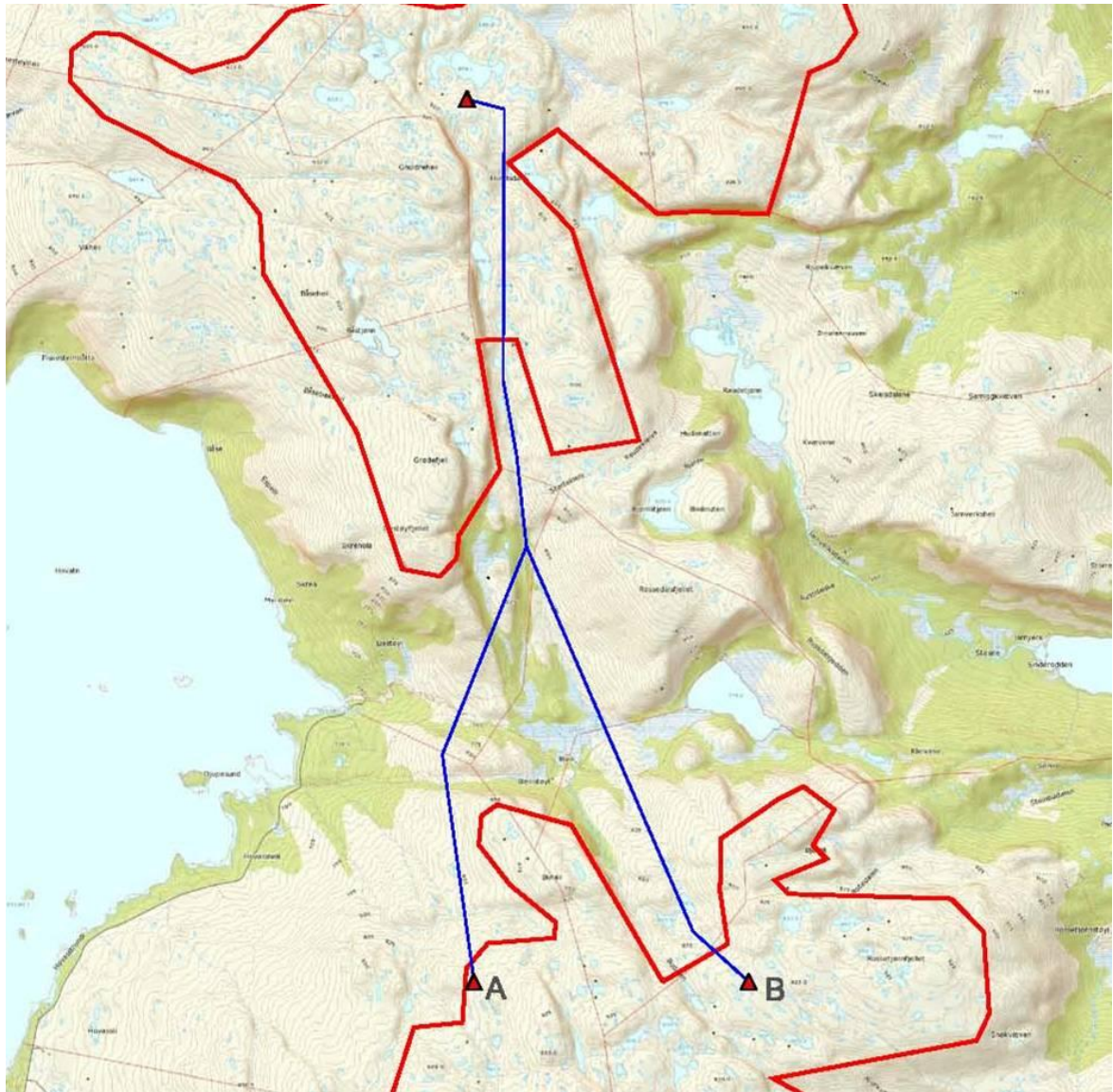
Kabeltverrsnitt	Alternativ A Mengde [m]	Alternativ B Mengde [m]
TSLF 3x1x95 mm ² Al	12 099	12 690
TSLF 3x1x150 mm ² Al	12 213	12 415
TSLF 3x1x240 mm ² Al	2 510	3 266
TSLF 3x1x400 mm ² Al	3 445	1 649
TSLF 3x1x630 mm ² Al	1 574	3 998
TSLF 3x1x800 mm ² Al	943	30
Sum alle tverrsnitt	32 784	34 048

Kortslutningsberegningene viser at det kun er i det søndre delområdet hvor det er behov for å forsterke noen av kabelseksjonene mellom vindturbiner. På "33 kV SSK" i det nordre delområdet vil kortslutningsstrømmen være < 12 kA.

6.7 Traseer for 33 kV ledning mellom nordre og søndre delområde

For å føre produksjonen fra det nordre til det søndre delområde må det etableres en ny 33 kV forbindelse mellom delområdene. I og med at det er to alternative plasseringer for 132/33 kV trafostasjoner i det søndre delområdet, må det vurderes to ulike traseer for 33 kV ledning mellom det nordre og det søndre delområdet.

Se figur 8 for en oversikt over de to traseene som er vurdert i denne fagrapporten.



Figur 8. Oversikt over vurderte traseer for 33 kV ledning fra nordre til søndre delområde.
Røde trekanter viser trafostasjoner.

Uavhengig av hvilken trase som benyttes for ny 33 kV ledning mellom nordre og søndre delområde, så vil tverrsnittet på ledningen bli 865-AI59. Ledningen bygges på H – master av trestolper og forsterkes med kryssavstivninger eller rieglar. Lengden på ledningen er avhengig av alternativ:

- Alternativ A ca 4,2 km
- Alternativ B ca 4,4 km

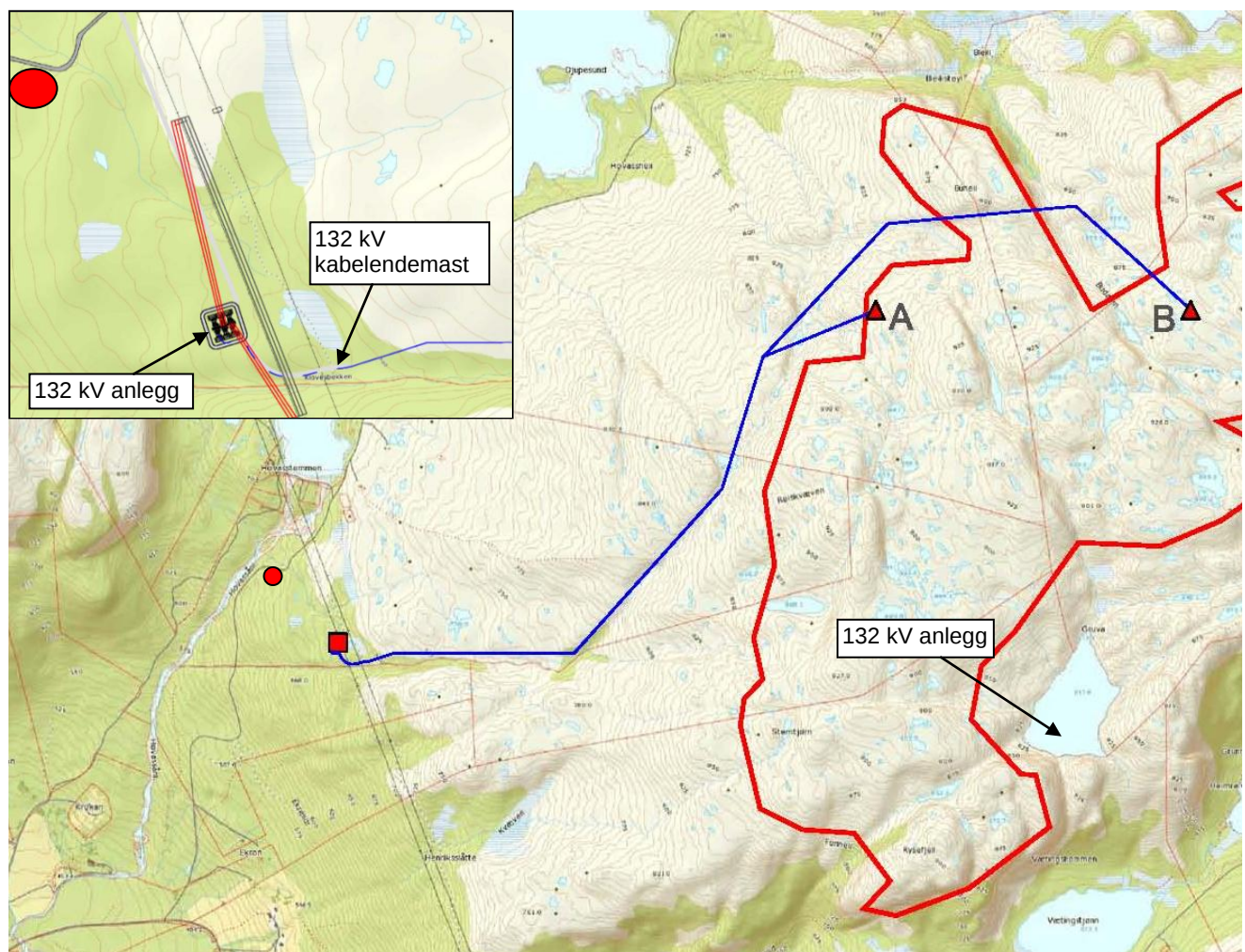
6.8 Traseer for 132 kV ledning mellom søndre delområde og tilknytningspunkt

Det er som nevnt vurdert to ulike plasseringer av 132/33 kV trafostasjon i søndre delområde. Det er dog endelig bestemt ett tilknytningspunkt, vist i figur 2. Det vil dermed være to traseer som vil bli vurdert fra det søndre delområdet i Hovatn Aust til tilknytningspunktet.

Alternativ A og B for trase mellom det søndre delområde og tilknytningspunkt vil imidlertid være identisk store deler av strekningen frem til tilknytningspunktet.

132 kV bryteranlegg må etableres på vestsiden av 132 kV ledningene Brokke – Senumstad, da det ikke er plass på østsiden av 132 kV ledningene. For å få frem en 132 kV forbindelse fra Hovatn Aust, må den siste seksjonen på 132 kV forbindelsen fra Hovatn Aust kables inn til 132 kV anlegg.

Se figur 9 for de to trasealternativene og tilknytning til 132 kV ledningene Brokke – Senumstad.



Figur 9. Oversikt over traseer for 132 kV ledning fra Hovatn Aust til tilknytningspunkt. Rød sirkel viser plassering av steinbrudd.

Merk: Det er i figuren skissert inn en anleggsveg inn til 132 kV anlegg fra eksisterende veg. Dette er kun en skisse, og ikke endelig.

Uavhengig av hvilken trase som benyttes for ny 132 kV ledning mellom søndre delområde og tilknytningspunkt, så vil tverrsnittet på ledningen bli 454 – Al59. Ledningen bygges på H – master av trestolper. Lengden på ledningen er avhengig av alternativ:

- Alternativ A ca 2,7 km
- Alternativ B ca 4,3 km

Ca 200 meter 132 kV jordkabel må legges ned den siste seksjonen inn til 132 kV bryteranlegg på vestsiden av 132 kV ledningene Brokke – Senumstad. Tverrsnittet blir 630 mm² Al.

6.9 Lastflytanalyser

Som grunnlag for lastflytanalysen er det etablert nettmodeller for systemløsningene i dataprogrammet EDSA. Kabelnettet i modellen er dimensjonert for å tåle den maksimale kortslutningsstrømmen som kan oppstå. Modellen inkluderer overføringstap i følgende komponenter:

- Lavspentkabler (1000 V) fra generator i turbin til 33/1 kV trafo
- 33/1 kV turbintrafoer
- 33 kV internt jordkabelnett
- 33 kV ledning mellom nordre og søndre delområde
- 132/33 kV transformator
- 132 kV ledning/kabel mellom søndre delområde og 132 kV anlegg ved Hovassdammen

Det er ikke gjennomført lastflytanalyser i det eksisterende 132 kV nettet til AEN. Svingmaskin i nettmodellene er derfor plassert i tilknytningspunkt.

Tabell 7 og 8 viser resultatene fra lastflytanalysen for henholdsvis alternativ A og alternativ B.

Tabell 7. Resultat fra lastflytanalyse, alternativ A

Komponent	Type tap	Tap	Tapsprosent	Kapitaliserte tap
33 kV kabelnett	Effekttap [kW]	629	0,52 %	6 379 000 kr
Nordre delområde	Energitalp [MWh]	1 195	0,33 %	
33 kV kabelnett	Effekttap [kW]	606	0,50 %	6 144 000 kr
Søndre delområde	Energitalp [MWh]	1 151	0,31 %	
33 kV luftledning mellom nordre og søndre delområde	Effekttap [kW]	593	0,49 %	6 016 000 kr
	Energitalp [MWh]	1 127	0,31 %	
132/33 kV trafo	Effekttap [kW]	397	0,33 %	4 025 000 kr
	Energitalp [MWh]	754	0,21 %	
132 kV forbindelse mellom søndre delområde og tilknytningspunkt	Effekttap [kW]	178	0,15 %	1 804 000 kr
	Energitalp [MWh]	338	0,09 %	
Sum	Effekttap [kW]	2 403	1,97 %	Ca 24 368 000 kr
	Energitalp [MWh]	4 565	1,25 %	

Tabell 8. Resultat fra lastflytanalyse, alternativ B

Komponent	Type tap	Tap	Tapsprosent	Kapitaliserte tap
33 kV kabelnett	Effekttap [kW]	630	0,52 %	6 390 000 kr
Nordre delområde	Energitalp [MWh]	1 197	0,33 %	
33 kV kabelnett	Effekttap [kW]	647	0,53 %	6 561 000 kr
Søndre delområde	Energitalp [MWh]	1 229	0,34 %	
33 kV luftledning mellom nordre og søndre delområde	Effekttap [kW]	622	0,51 %	6 310 000 kr
	Energitalp [MWh]	1 182	0,32 %	
132/33 kV trafo	Effekttap [kW]	397	0,33 %	4 025 000 kr
	Energitalp [MWh]	754	0,21 %	
132 kV forbindelse mellom søndre delområde og tilknytningspunkt	Effekttap [kW]	278	0,23 %	2 819 000 kr
	Energitalp [MWh]	528	0,14 %	
Sum	Effekttap [kW]	2 574	2,12 %	Ca 26 105 000 kr
	Energitalp [MWh]	4 890	1,34 %	

Ser av tabell 7 og 8 at alternativ A er den plassering av 132/33 kV trafostasjon i det søndre delområdet som gir minst overføringstap. Plassering A gir ca 1,7 MNOK mindre kapitaliserte overføringstap enn plassering B.

7.0 NETTLØSNING FOR NETTILKNYTNING

Fra 33 kV koblingsanlegg i nordre delområde føres produksjonen mot 132/33 kV trafostasjon i søndre delområde. Det er i denne rapporten vurdert to ulike plasseringer av 132/33 kV trafostasjon i søndre delområde. Det blir dermed også to alternative traseer for 132 kV ledning fra nordre til søndre delområde.

Videre føres en ny 132 kV ledning fra 132/33 kV trafostasjon i søndre delområde og ned til Hovassdammen. Her etableres et nytt 132 kV bryteranlegg/koblingsanlegg hvor forbindelsen fra Hovatn Aust vindkraftverk tilkobles. For å krysse eksisterende 132 kV ledninger Brokke – Senumstad (L1 og L2) må de siste 200 meter av 132 kV forbindelsen fra Hovatn Aust kables inn til 132 kV anlegget.

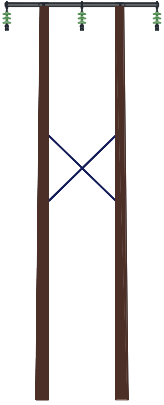
Se vedlegg 6 for enlinjeskjema for alternativ A og alternativ B.

Alle nye 132 kV ledninger bygges med H – master av trestolper.

8.0 TEKNISKE BESKRIVELSER

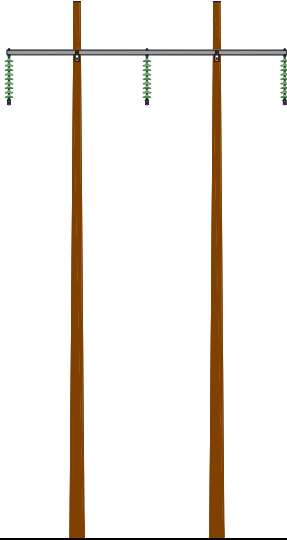
De aktuelle 33 kV mastetyperne/kraftledningene utføres med følgende tekniske spesifikasjoner, se tabell 9.

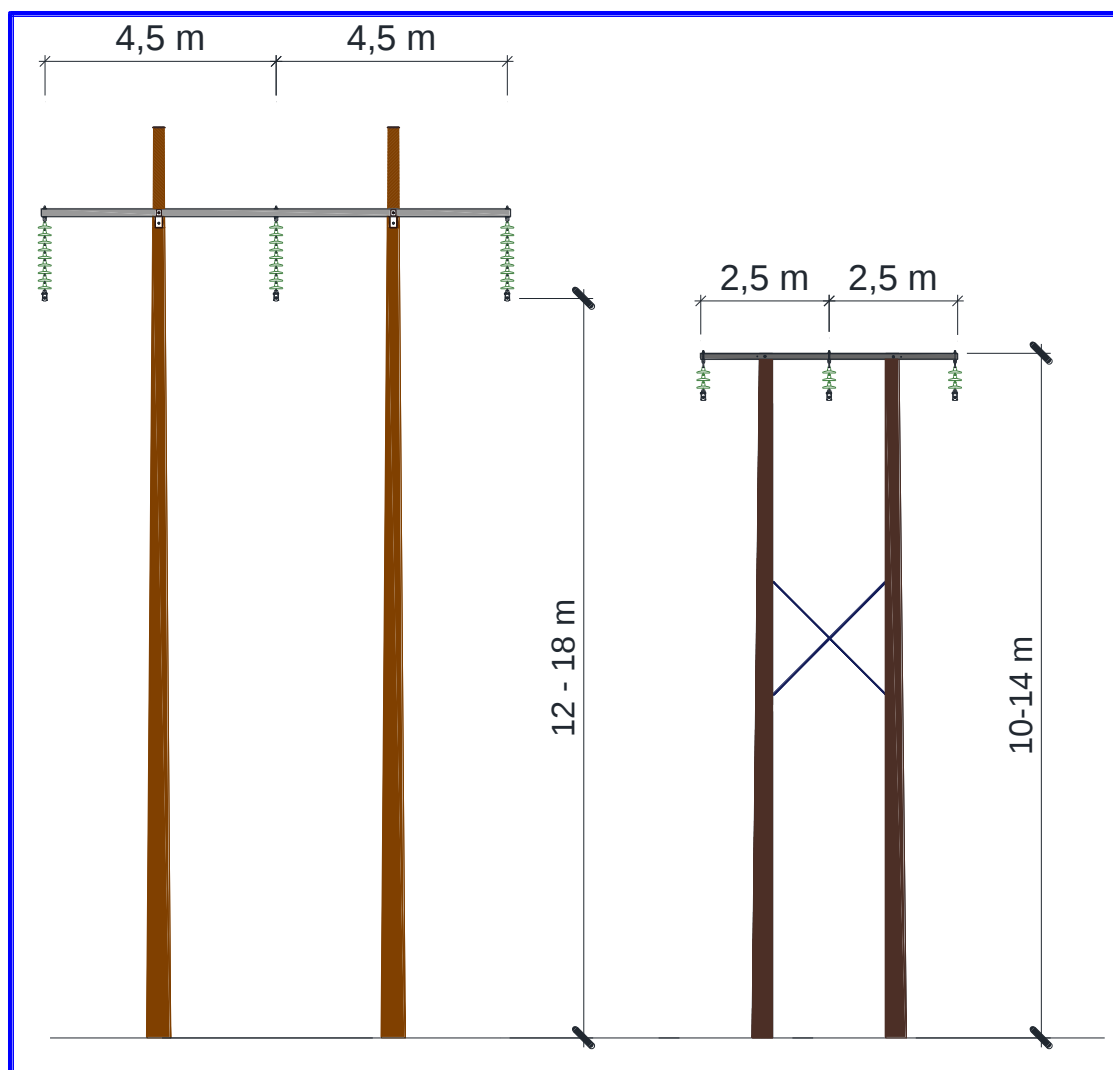
Tabell 9. Tekniske spesifikasjoner for de aktuelle luftledningsalternativene.

Spesifikasjon	
Type	Portalmaster / H-master av trestolper
Travers	Ståltravers, al-travers eller limtretravers
Systemspenning	33 kV (36 kV)
Strømførende liner	865-Al59, legert aluminium
Jordline	1 stk jordline med innlagt fiber (OPGW) I hele ledningens utstrekning
Toppliner	Bare som innføringsvern i form av to toppliner
Isolatorer	Hengeisolatorer av herdet glass
Avstand ytterfase – ytterfase	Normalt 5 meter
Rettighetsbelte	Ca 25 meter
Mastebilde	Se figur 12

De aktuelle 132 kV mastetyperne/kraftledningene utføres med følgende tekniske spesifikasjoner, se tabell 10.

Tabell 10. Tekniske spesifikasjoner for de aktuelle luftledningsalternativene.

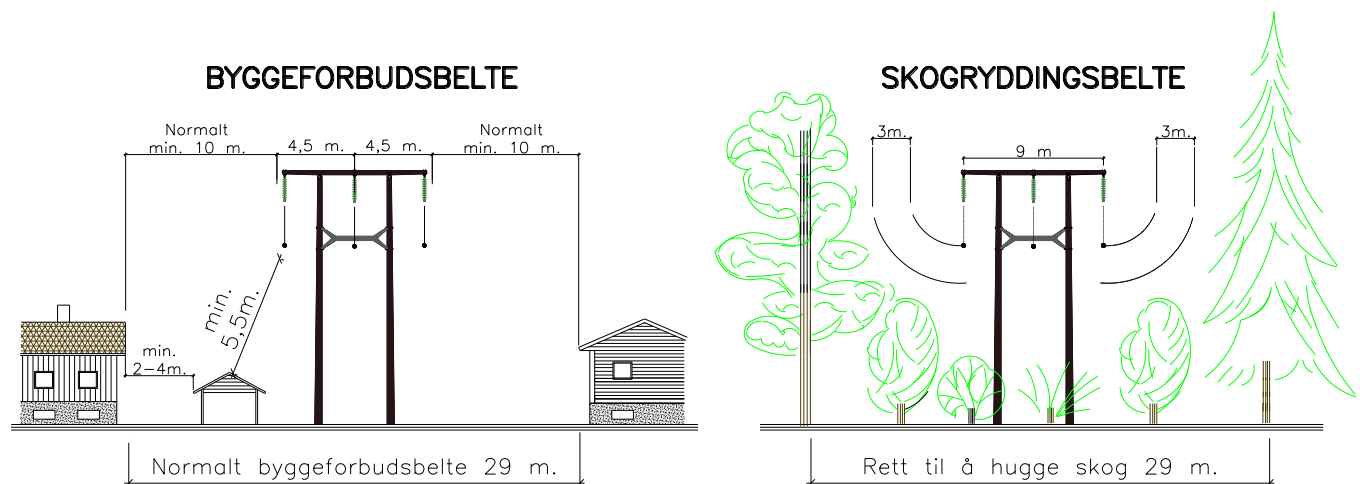
Spesifikasjon	
Type	Portalmaster / H-master av trestolper
Travers	Ståltravers, al-travers eller limtretravers
Systemspenning	132 kV (145 kV)
Strømførende liner	454-Al59, legert aluminium
Jordline	1 stk jordline med innlagt fiber (OPGW) I hele ledningens utstrekning
Toppliner	Bare som innføringsvern i form av to toppliner
Isolatorer	Hengeisolatorer av herdet glass
Avstand ytterfase – ytterfase	Normalt 9 meter
Rettighetsbelte	Ca 29 meter. Se figur 14
Mastebilde	Se figur 12 og 13



Figur 12. Mastetyper/mastebilder.



Figur 13. Eksempel på 132 kV H – mast.



Figur 14. Rettighetsbelte for H-mast/portalmast

Den nye 132 kV jordkabelen som skal benyttes som innføring mot nytt 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen omsøkes med følgende spesifikasjoner:

Tabell 11. Tekniske spesifikasjoner for 132 kV jordkabel.

Spesifikasjon	
Type	Jordkabel (TSLF) PEX isolert 1-leder kabel
Systemspenning	132 (145 kV)
Strømførende leder	3x1x630 mm ² Al
Forlegning	Nedgravd i kabelgrøft i veiskulder
Fiberforbindelse	Kan inkluderes i kabel/kabelgrøft

8.1 Generelt om kabel som alternativ til luftledning.

I 2001 vedtok Stortinget proposisjon nr. 19, som resulterte i følgende kablingspolitikk:

- Kabling av luftledninger er mest aktuelt ved lavere spenninger, 22 kV og 33 kV.
- For 132 kV og 66 kV blir normalt luftledning valgt. I spesielle tilfeller med sterke verneinteresser eller store estetiske ulemper kan man velge kabel på kortere strekk.

NVE er myndighetenes faginstans, som fatter konsesjonsvedtak på kabel eller luftledning. Følgende er et utdrag av NVE's fagrapport "Kabel som alternativ til luftledning", rev. 16.1.2004, og den stadfester følgende kablingspraksis:

"Vurdering av kabel kontra luftlinje blir som regel en vurdering av om merkostnaden ved kabling 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. Nettkundene må dekke utgiftene ved økt bruk av kabel. Med den sterke fokus mange har på nettleien, må en forvente at en fremtidig vekst i nettleien vil vekke reaksjoner.

Hensynet til likebehandling og forutsigbarhet for direkte og indirekte berørte interesser, abonnentene og e-verkene 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 effektene dette kan få på lengre sikt for abonnentene.”

Utover dette skal det påpekes følgende utfordringer med kabel:

- Kabelanlegg er betydelig dyrere enn luftledning.
- Kabelanlegg representerer ofte en flaskehals på overføringen.
- Trasélengde blir vanligvis lengre enn for luftledning.
- Luftledning er mer fleksibel til å kunne tåle kortvarig overbelastning.
- Feilsøking og reparasjonstider er mye lengre for kabel enn for luftledninger.
- Kabel bidrar mer (ca. 30-40 ganger mer) til økning av jordfeilstrøm i nettet enn luftledning.
- Basert på tilgjengelig feilstatistikk er utetid over året lengre for kabelanlegg enn for luftledninger. Dette har sammenheng med vesentlig lengre reparasjonstid for kabelanlegg. (Imidlertid vil det være store lokale variasjoner for dette, avhengig av klima og grunnforhold)

For øvrig utløser også kabel på 132 kV nivå synlige inngrep i naturen der man ikke kan følge eksisterende veganlegg, herunder:

- Etablering av veganlegg for å transportere frem kabel og omfyllingssand, spesielt i våtmarksområder/myrområder.
- Skogrydding i ca. 4- 5 meters bredde ved føring av kabel i skogområder.
- Sprenging av kabelgrøft ved føring av kabel i områder med mye berg og fjell.

Kommentar: I utmark blir konsekvensen ofte, spesielt ved kabelanlegg på høyere spenninger, at det i realiteten blir etablert en gruset tursti/veg på ca. 2-3 meter i hele kabellengdens utstrekning.

Kabel synes dermed å være mest aktuell på følgende strekninger:

- Jordkabel langs eksisterende veganlegg i vegskulder eller like utenfor veg.
- Jordkabel i utmarksområder med lite skog og/berg.
- Jordkabel i dyrka mark.
- Sjøkabel i sjø med begrenset lengde, passende dybder og gode/sikre landtak.

Vurdering av eventuelle kabelanlegg

Jordkabel er ofte benyttet ved innføring mot trafostasjoner i stedet for luftledning hvor fysiske hindringer (bygninger eller andre begrensninger) gjør det mer hensiktsmessig å benytte jordkabel. Jordkabel kan også benyttes i stedet for luftledning gjennom områder som anses som særs viktige områder til for eksempel friluftsliv.

I forbindelse med nettilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk mot Hovassdammen er det ikke vurdert å benytte 132 kV jordkabel som et alternativ til luftledning, bortsett fra ved kryssing av eksisterende ledninger.

8.2 Tiltak i tilknytningspunktet

I tilknytningspunktet må det etableres et nytt 132 kV bryteranlegg fra bunnen av. Herunder ligger sprenging og tilrettelegging av tomteareal til selve 132 kV bryteranlegget og et lite kontrollhus/servicebygg. Selve 132 kV anlegget, med vegbane rundt, vil ta opp ca 2,3 daa. Inngjerdet område vil være ca 2,5 daa.

Videre så må en av de to 132 kV ledningene Brokke – Senumstad sløyfes inn på det nye 132 kV bryteranlegget som vil bli etablert ved Hovassdammen. Det vil bli den 132 kV ledningen lengst vest som sløyfes inn på anlegget.

På begge sider av linestrekken som skal sløyfes inn på 132 kV anlegget, står det en 132 kV bæremast (plan dobbelkursmast). Det må undersøkes om disse mastene kan benyttes videre etter at linene er sløyfet inn på 132 kV anlegget. Om dette ikke lar seg gjøre, må det gjennomføres tiltak som gjør løsningen mulig.

Det må opparbeides en vegforbindelse opp til det nye 132 kV anlegget. I denne vegen forlegges ny 132 kV jordkabel.

9.0 UTFØRELSE, BYGGEMETODER OG AREALBRUK

9.1 Jordkabelanlegg

Jordkablene mellom vindturbinene og mellom vindturbiner og trafostasjon i vindpark, legges i egne kabelgrøfter, normalt med ca. 0,6 – 0,8 m overdekning, langs vegskulder i det interne vegnettet i vindparken. Hvert kabelsett legges i tett trekant med sandomfylling og overliggende mekanisk beskyttelse og markeringsbånd. For at ikke sanden skal bli utvasket antas at sandomfyllingen må innpakkes med fiberduk. I samme grøft legges optisk fiberkabel i rør. Avstanden mellom hvert kabelsett i samme grøft er minimum 70 mm.

9.2 Luftledninger

Luftledningen fra Hovatn Aust vindkraftverk og frem til tilknytningspunkt, samt mellom søndre og nordre delområde, vil bli bygget som en H-mast/portalmast med kreosotimpregnerte stolper. På det nåværende tidspunkt anslås det ca. 5-6 master pr. km, men masteplasseringer er ennå ikke bestemt. Mastehøyden vil variere noe avhengig av topografi og spennlengde, men total mastehøyde kan variere mellom 12 og 18 meter. I den grad det er mulig vil man tilstrebe en plassering av master utenom dyrket mark, og fortrinnsvis i grenselinjer eller på fjellgrunn.

I forbindelse med fundamentering vil det bli utført gravearbeid til fjell eller 2-3 meters dybde i løsmasser. På fjell i dagen festes stolpene med stag.

I forbindelse med bygging av linjen kan/vil det bli benyttet følgende utstyr:

- Helikopter for transport av nødvendig utstyr.
- Gravemaskin for reising av stolper/linjer
- ATV, 4 hjuls motorsykel med henger for transport av materiell.

9.3 Arealforbruk ved bygging av ny 132 kV ledning

Nye 132 kV ledninger i forbindelse med nettilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk vil ha et rettighetsbelte på ca 29 meter. Avhengig av hvilket alternativ for plassering av 132/33 kV trafostasjon i søndre delområde som benyttes, vil 132 kV ledninger fra Hovatn Aust vindkraftverk totalt klausulert areal bli:

- Alternativ A Ca 215 daa (ca 174 daa ligger utenfor vindkraftverkets planområder)
- Alternativ B Ca 264 daa (ca 206 daa ligger utenfor vindkraftverkets planområder)

10.0 NØDVENDIGE TILTAK I OVERLIGGENDE NETT

Som nevnt i avsnitt 4, er det fra AEN sin side vurdert ulike alternativer for forsterkning av overliggende 132 kV og 420 kV nett for å kunne ta mot produksjonen fra blant annet Hovatn Aust vindkraftverk. Dette er kun vurderinger, og praktisk gjennomførbarhet er ikke undersøkt (men som vil bli undersøkt i det videre arbeidet med Hovatn Aust vindkraftverk). Det er i disse vurderingene antatt en maks ny vindkraftproduksjon på inntil ca 370 MW. Merk at Hovatn Aust vindkraftverk da er antatt med 198 MW installert effekt.

Selv om Hovatn Aust i denne rapporten er forutsatt med en installert effekt på 122,1 MW, så må det gjennomføres tiltak i overliggende nett. Det som nevnt vurdert fire ulike nettløsninger for å kunne ta mot ny produksjon fra vindkraftverk i området Brokke og sørover, deriblant Hovatn Aust. En beskrivelse av alternativene kommer nedenfor.

Alternativ 1

Øke trafokapasiteten i Brokke trafostasjon til totalt 3 x 200 MVA og bygge en ny 132 kV ledning mellom Bjørgedalen koblingsstasjon og Brokke trafostasjon. Den nye 132 kV ledningen blir 3,7 km lang.

Videre så er det behov for følgende antall 132 kV bryterfelt:

- 2 stk 132 kV bryterfelt i Brokke trafostasjon
- 1 stk 132 kV bryterfelt i Bjørgedalen koblingsstasjon
- 5 stk 132 kV bryterfelt i tilknytningspunkt for Hovatn Aust vindkraftverk (Hovassdammen) **x)**

x) I avsnitt 3 ble det beskrevet et 132 kV koblingsanlegg med 3 stk 132 kV duplex effektbrytere. Om det blir realisert nok vindkraft, må 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen utstyres med 5 stk bryterfelt.

Videre så krever løsningen (alt 0) følgende:

- 420 kV bryterfelt i Brokke trafostasjon for å betjene ny 420/132 kV trafo
- Grunnarbeid i både Brokke trafostasjon og Hovassdammen

Antatt investeringskostnad: 145 MNOK x)

x) Her er det inkludert kostnad for 132 kV bryteranlegg i Hovassdammen

Alle tiltak i dette alternativet blir utført i såkalt masket nett. Utvidelse av trafoanlegg i Brokke dekkes av Statnett, mens kostnader for ny 132 kV ledning/utvidelse av 132 kV anlegg i Bjørgedalen vil bli dekket av Agder Energi Nett AS. Skagerak Energi Nett AS har også regionalnettsledninger tilknyttet anlegget i Bjørgedalen, så mulig skal også Skagerak Nett dekke noe av kostnadene med ny 132 kV ledning/utvidelse av Bjørgedalen.

Alternativ 2

Etablere en ny 300 MVA 420/132 kV nettilknytning ved Hovatn Aust vindkraftverk. En slik løsning krever følgende komponenter og tiltak:

- 420 kV bryteranlegg, 3 stk bryterfelt
- 132 kV bryteranlegg, 5 stk bryterfelt (begge 132 kV ledninger Brokke – Senumstad tilknyttes)
- 300 MVA 420/132 kV transformator
- Stasjonsbygg
- Grunnarbeid og tilbereding av tomt

Denne løsningen vil avbelaste lokalt regionalnett betraktelig.

Antatt investeringskostnad: 300 MNOK x)

x) Dette inkluderer da 132 kV anlegg ved Hovatn Aust som erstatning til 132 kV anlegg ved Hovassdammen.

Kostnader for dette tiltaket vil i hovedsak bli dekket av sentralnettseier (Statnett), men Agder Energi Nett vil også dekke noe av kostnaden (deler av 132 kV anlegget). Hovatn Aust vindkraftverk vil dekke kostnaden for 1 stk 132 kV felt i en slik ny sentralnettstasjon.

Alternativ 3

Tilknytning av Hovatn Aust vindkraftverk mot Telemark. Løsningen innebærer at man bygger en ny 132 kV produksjonsradial opp til Bjørgedalen koblingsstasjon og tilknytter produksjonsradialen opp mot Brokkeledningene mot Knardalstrand.

Dette krever etablering av doble samleskinner i Bjørgedalen med totalt 5 stk 132 kV bryterfelt:

- 2 stk 132 kV bryterfelt mot Knardalstrand
- 1 stk 132 kV bryterfelt mot Brokke
- 1 stk 132 kV bryterfelt mot Senumstad
- 1 stk 132 kV bryterfelt mot Hovatn Aust

I tillegg kommer byggtekniske og grunnmessige utbedringer ved Bjørgedalen.

Antatt investeringskostnad: 90 MNOK

Merk: Dette er et alternativ som må diskuteres opp mot regionalnettseier av Brokkeledningene mot Knardalstrand, Skagerak Nett AS.

Kostnaden for ny 132 kV ledning og 1 stk 132 kV bryterfelt (duplex) dekkes av Hovatn Aust vindkraftverk, mens resten av kostnaden dekkes av Agder Energi Nett AS (i samarbeid med Skagerak Energi).

Alternativ 4

Løsningen går ut på å etablere en ny sentralnettsstasjon i Vegusdal (300 MVA) og tilknytte begge 132 kV ledningene Brokke – Senumstad til denne stasjonen. En slik løsning vil, etter AEN sine vurderinger, bli noe rimeligere enn å etablere en ditto sentralnettsstasjon ved Hovatn Aust vindkraftverk. Dette på grunn av at 132 kV anlegg i Vegusdal allerede er etablert.

Problemet med denne løsningen er at den ikke avlastar 420/132 kV trafoene i Brokke nevneverdig. AEN vurderer det slik hen at denne nettløsningen dermed ikke er teknisk gyldig.

Tabell 12 viser en grov samfunnsøkonomisk sammenligning av de tre teknisk gyldige nettløsningene.

Tabell 12. Samfunnsøkonomisk sammenligning av nettløsninger i overliggende nett.

Alternativ	Investeringskostnad [MNOK]	Endring kapitalisert tapskostnad i forhold til alt 1 [MNOK]	Endring kapitalisert avbruddskostnad [MNOK]	Ending i kapitalisert D&V kostnad [MNOK]	Totalkostnad [MNOK]
1	145	-	Mindre endringer		145
2	300	-80	Mindre endringer	46	266
3	90	95	Mindre endringer	-16	169
4	Ikke teknisk gyldig alternativ.				

(Kilde: AEN KSU 2014 – 2033).

Tabell 12 viser at alternativ 0 er den beste nettløsningen. I den samfunnsøkonomiske sammenligningen av vurderte alternativer for nettilknytning av Hovatn Aust vil kostnad for ny 420/132 kV trafo i Brokke trafostasjon bli kalkulert inn.

11.0 KOSTNADSOVERSLAG/ØKONOMI NETTILKNYTNING

11.1 Kostnadsoverslag internt 33 kV kabelnett

Tabell 13 viser kostnadsoverslaget for 33 kV kabelnett med tilhørende komponenter og tiltak. Det er beregnet kostnader frem til 33 kV bryterfelt.

Tabell 13. Kostnadsoverslag for 33 kV kabelnett.

Type/enhet	Pris	Hovatn Aust, alternativ A. 122,1 MW		Hovatn Aust, alternativ B. 122,1 MW	
		Mengde	Sum kr,-	Mengde	Sum kr,-
Grøft i veg 33 kV løsning [Gjennomsnittlig kostnad kr/m]	600	28 172	16 903 200	27 526	16 515 600
Fiberkabel inkl. rør komplett, 33 kV løsning	110	28 172	3 098 920	27 526	3 027 860
Grøftmateriell, sekkepost 33 kV løsning [kr/m]	150	28 172	4 225 800	27 526	4 128 900
33 kV TSLF 3x95 mm ² Al jordkabel, [kr/m]	240	12 099	2 903 760	12 690	3 045 600
33 kV TSLF 3x150 mm ² Al jordkabel, [kr/m]	325	12 213	3 969 225	12 415	4 034 875
33 kV TSLF 3x240 mm ² Al jordkabel, [kr/m]	375	2 510	941 250	3 266	1 224 750
33 kV TSLF 3x400 mm ² Al jordkabel, [kr/m]	480	3 445	1 653 600	1 649	791 520
33 kV TSLF 3x630 mm ² Al jordkabel, [kr/m]	670	1 574	1 054 580	3 998	2 678 660
33 kV TSLF 3x800 mm ² Al jordkabel, [kr/m]	850	943	801 550	30	25 500
Koblingsanlegg i turbin, T+K, [kr/stk]	110 000	18	1 980 000	18	1 980 000
Koblingsanlegg i turbin, T+2K, [kr/stk]	130 000	19	2 470 000	19	2 470 000
33 kV kabelskjøt, inkl montasje [kr pr sett pr 950 m]	17 500	9	157 500	13	227 500
33 kV endeavslutninger, inkl montasje [kr pr sett]	17 500	90	1 575 000	88	1 540 000
33 kV koblingsanlegg, inkl montasje [kr/stk]	150 000	8	1 200 000	7	1 050 000
Utlekking av kabel [kr/m pr fase]	30	98 352	2 950 560	102 144	3 064 320
Sum anleggskostnader			45 884 945		45 805 085

11.2 Totalt kostnadsoverslag

Hovatn Aust vindkraftverk er omsøkt med kun en nettløsning mot Hovassdammen og et nytt 132 kV duplex bryteranlegg her. Det er imidlertid vurdert to ulike plasseringer av 132/33 kV trafostasjon i Søndre delområde. Det er beregnet kostnadsoverslag for nettløsning med to ulike plasseringer av 132/33 kV trafostasjon i Søndre delområde, Alt 1 og Alt 2 (se avsnitt 6.2).

Overføringsanleggene er kostnadsberegnet, og tar utgangspunkt i følgende:

- Prisnivå og pengeverdi: År 2014
- Usikkerhet +/- 20 %

Øvrige nettkostnader er basert på erfaringsgrunnlag supplert med kontakt mot leverandører og entreprenører. Overslaget fremkommer som komplette budsjettpriser uten at nøyaktig detaljprosjektering foreligger.

Tabell 14. Kostnadsoverslag for Hovatn Aust vindkraftverk.

KOSTNADSOVERSLAG	ALT A	ALT B
1. 33 kV koblingsanlegg i Nordre delområde		
33 kV koblingsfelt, komplett inkl montasje	1 440 000	1 440 000
Kiosk/bygning for bryterfelt, kabelendemast	200 000	200 000
Kabelforbindelser og uforutsett	60 000	60 000
Sum 33 kV koblingsanlegg i Nordre delområde	1 700 000	1 700 000
2. 33 kV luftledning, 865 - A159, mellom Nordre og Søndre delområde	7 560 000	7 920 000
3. 132/33 kV trafostasjon i Søndre delområde		
Stasjonsbygg, planering, bortkjøring av løsmasser	7 350 000	7 350 000
132/33 kV transformator innendørs, komplett inkl trafogruve	13 000 000	13 000 000
132 kV bryterfelt utendørs, komplett inkl montasje	7 500 000	7 500 000
33 kV bryterfelt innendørs, komplett inkl montasje, 5 stk	2 300 000	2 300 000
100 kVA 33/0.23 kV stasjonstrafo, inkl montasje og lavspennetavle	200 000	200 000
Kontrollanlegg, jordingsanlegg, vern og nødstrøm etc	2 300 000	2 300 000
Montasje, prøving og usikkerhet	850 000	850 000
Sum 132/33 kV trafostasjon i Søndre delområde	33 500 000	33 500 000
4. 132 kV luftledning fra Søndre delområde til Hovassdammen	5 440 000	7 990 000
5. 132 kV jordkabel for kryssing av 132 kV ledninger	1 300 000	1 300 000
6. 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen		
Planering, klargjøring av tomt, servicebygg (AEN), gjerde og port	3 350 000	3 350 000
132 kV duplex bryterfelt utendørs, komplett inkl montasje	12 000 000	12 000 000
Kontrollanlegg, jordingsanlegg, vern og nødstrøm etc	1 000 000	1 000 000
Veg og uforutsett	250 000	250 000
Sum 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen	16 600 000	16 600 000
7. Internt 33 kV nettanlegg (kabelanlegg, stepuptrafo etc)	45 884 945	45 805 085
Sum investeringskostnader	111 984 945	114 815 085

Merk: Det er i kostnadsoverslaget ikke tatt med kostnader for utvidelse av 420/132 kV trafoanlegg i Brokke. Det er vår vurdering at utvidelse av 420/132 kV trafoanlegg i Brokke er investering i masket nett, og skal dekkes av 420/132 kV trafoanleggets eier (Statnett).

Kostnadene som ligger inn under post 7 i tabell 14 er som følger:

- 36 kV TSLF enleder jordkabler
- Gravekostnader til kabelanlegg som en andel/tillegg til veg
- Terminering og utlegging av 36 kV jordkabler + evt skjøter ved behov
- Nødvendig jordingsanlegg og fiberkabler
- Koblingskiosker
- Grøftemateriell/rør, kabeldekkeplater, fiberduk, omfyllingssand mm

Kommentar: Det er i kostnadsoverslaget beregnet et nytt 132 kV bryteranlegg ved Hovassdammen med 5 stk duplex 132 kV bryterfelt. I avsnitt 3 ble det imidlertid beskrevet at dette koblingsanlegget kun ville ha 3 stk duplex – felt. Om det kun blir Hovatn Aust vindkraftverk som blir realisert, vil det ikke være behov for mer enn 3 stk bryterfelt. Om det blir realisert maks ny produksjon for vindkraftverk mellom Brokke og Vegusdal, vil det bli nødvendig med 5 stk duplex bryterfelt ved Hovassdammen. Det må dermed føres en dialog med AEN når eventuell investeringsbeslutning nærmer seg for å avklare løsning ved Hovassdammen.

11.3 Samfunnsøkonomisk sammenligning

I den samfunnsøkonomiske evalueringen inngår følgende:

1. Byggekostnader for komplette nettanlegg (avsnitt 9.1) inkl planlegging og administrasjon, 10 % av byggekostnadene.
2. Drifts – og vedlikeholdskostnader, satt til 1,5 % av byggekostnaden pr år
3. Kapitaliserte overføringstap
4. Kraftpris 0,36 kr/kWh
5. Analyseperiode 25 år
6. Kalkulasjonsrente 4,5 %
7. Brukstil for vindkraftverket 2 900 timer.
8. Brukstil for tap 1 900 timer

Tabell 15. Samfunnsøkonomisk sammenligning av alternativer.

SAMFUNNSØKONOMISK SAMMENLIGNING	ALT A	ALT B
Sum investeringskostnader	111 984 945	114 815 085
Planlegging og administrasjon, ca 10 % av investeringskostnad	11 198 495	11 481 509
Drift og vedlikeholdskostnader, 1,5 % kapitalisert over 25 år	24 908 042	25 537 531
Kapitaliserte overføringstap, 0,36 kr/kWh over 25 år	24 368 000	26 105 000
Sum samfunnsøkonomiske kostnader	172 459 482	177 939 125
<i>Differanse</i>	<i>0</i>	<i>5 479 643</i>

Merk: Det er også her utelatt kostnader for utvidelse av 420/132 kV trafoanlegg i Brokke. Denne kostnaden vil imidlertid ikke medføre endring i samfunnsøkonomisk kostnadsdifferanse i forhold til den som er vist i tabell 15.

Den samfunnsøkonomiske analysen viser at plassering av 132/33 kV trafostasjon ved alternativ A er den beste løsningen. Plassering av trafostasjonen i alternativ A er også den løsningen som tiltakshaver har som primær løsning for 132/33 kV trafostasjon i Hovatn Aust.

12.0 GRUNNERVERV FOR NETTILKNYNTING

Ledningseier må ha varige rettigheter for de elektriske overføringsanleggene som bygges i forbindelse med etablering av Hovatn Aust vindkraftverk.

Nødvendige rettigheter for luftledning:

- Det erverves rett til å anbringe master med ledninger og jordelektroder.
- Det erverves rett til transport og adkomst med materiell og personell. Herunder erverves også rett til å benytte eksisterende private veger.
- Det erverves rett til å utføre reparasjoner, ombygging og fornying av anlegget.
- Det erverves rett til skogrydding innefor et belte på 29 meter for 132 kV ledninger og 25 meter for 33 kV ledninger.
- Klausulering mot fremtidig bebyggelse innenfor rettighetsbelte, 29 m for 132 kV ledninger og 25 meter for 33 kV ledninger
- Restriksjoner på bruk av løypestrenger etc.

Det forutsettes at vederlag fastsettes ved ekspropriasjonsskjønn eller minnelig avtaleskjønn, samt at det utarbeides skjønnsforutsetninger der det i detalj fremgår hvilke rettigheter og forpliktelser partene har.

12.1 Erstatningsprinsipper for tilhørende 33 kV og 132 kV overføringsanlegg.

For kraftledninger skal det ikke erverves eiendom, dog kun rettigheter som nevnt. Oppgave over de eiendommer og rettighetshavere som blir berørt av tiltakene fremgår av vedlegg 3.

Vederlag for rettighetene og eiendommene blir fastsatt som en **engangssum** for all fremtid, enten vha minnelige avtaler eller ved offentlig skjønn. Grunneiere/rettighetshavere har rett til sakkyndig (juridisk) hjelp under dette arbeidet.

Anskaffelser av rettigheter skjer **vanligvis** på følgende måte:

1. Søknad om ekspropriasjon og forhåndstiltredelse (dette dokument)
2. Krav om skjønn sendes til skjønnsretten. Grunneier blir stevnet til skjønnsretten og får rett til sakkyndig hjelp
3. Arealoppgaver utarbeides.
 - a. Oppgaver over skog som må ryddes utarbeides av skogsakkyndig.
 - b. Oppgave over inngrep på de enkelte eiendommer utarbeides.
4. Det kan startes forhandlinger om minnelige avtaler.
5. I den grad man ikke klarer å omforenes om en minnelig avtale, vil vederlag bli fastsatt av skjønnsretten.
6. Vederlag skal utbetales med tillegg av renter.

13.0 ELEKTROMAGNETISK FELT OG HELSE

Kraftledninger og andre strømførende installasjoner omgir seg bl.a. med lavfrekvente elektromagnetiske felt. Det er fortsatt usikkerhet omkring helsemessige virkninger av slike felt. Konklusjonene fra 2 ekspertutvalg nedsatt av Sosial- og Helsedepartementet i 1994 og 2000 konkluderer med at:

"-verken epidemiologiske eller eksperimentelle data gir grunnlag for å klassifisere lavfrekvente elektromagnetiske felt som kreftfremkallende. De er heller ikke funnet sikre vitenskapelige holdepunkter for at andre sykdommer, skader eller plager kan være forårsaket av elektromagnetiske felt av art og styrke som man kan bli eksponert for i dagliglivet eller i de fleste yrker. Epidemiologiske undersøkelser taler for at leukemi forekommer oftere blant barn som bor nær kraftledninger enn hos andre barn, men de foreliggende data er ikke tilstrekkelige til å avgjøre en årsakssammenheng. Avgjørende spørsmål om eventuelle biologiske virkningsmekanismer, dosedefinisjoner og doseeffektrelasjoner er ubesvarte."

I rapport avgitt av en arbeidsgruppe 1. juni 2005 nedsatt for å vurdere:

"Forvaltningsstrategien ved anlegg av nye høyspentledninger og ved anlegg av boligområder, skole og barnehager etc. i nærheten av høyspentledninger..." sammenfatter arbeidsgruppen følgende:

"Kunnskapssituasjonen i dag er mer avklart enn tidligere og omfattende forskning kan sammenfattes med at det er en mulig økt risiko for utvikling av leukemi hos barn der magnetfeltet i boligen er over 0,4 μ T, men den absolutte risikoen vurderes fortsatt som meget lav.....Arbeidsgruppen anbefaler ikke innføring av nye grenseverdier.....Ved bygging av nye boliger eller nye høyspentanlegg anbefales det å gjennomføre et utredningsprogram som grunnlag for å vurdere tiltak som kan redusere magnetfelt. Det anbefales 0,4 μ T som utredningsnivå for mulige tiltak og beregninger som viser merkostnader og andre ulemper"

Fra 2006 er det offisiell forvaltningsstrategi i Norge at det ved bygging av nye ledninger eller ved anlegging av bygg nær kraftledninger, så skal det utredes mulige tiltak og kostnader ved disse, dersom **gjennomsnittlig** strømstyrke i ledningene gir et sterkere magnetfelt enn **0,4 microTesla [μ T]** i bygninger for varig opphold av mennesker. Eventuelle avbøtende tiltak kan være flytting av linjen eller endring av linekonfigurasjonen.

For å kartlegge hvor utredningsgrensen går er det utført magnetfeltberegninger for å utrede hvilket magnetfelt som oppstår i følgende ledninger:

- 33 kV ledning mellom nordre og søndre delområde
- 132 kV ledning og kabel mellom søndre delområde og tilknytningspunkt ved Hovassdammen

Forutsetninger for beregningene er som følger (det er tatt utgangspunkt i alternativ A):

33 kV ledning

Brutto produksjon Nordre delområde:	188 GWh
Tap i 33 kV kabelnett i Nordre delområde:	1,2 GWh
Netto innmating i 33 kV ledning:	186,8 GWh

132 kV ledning

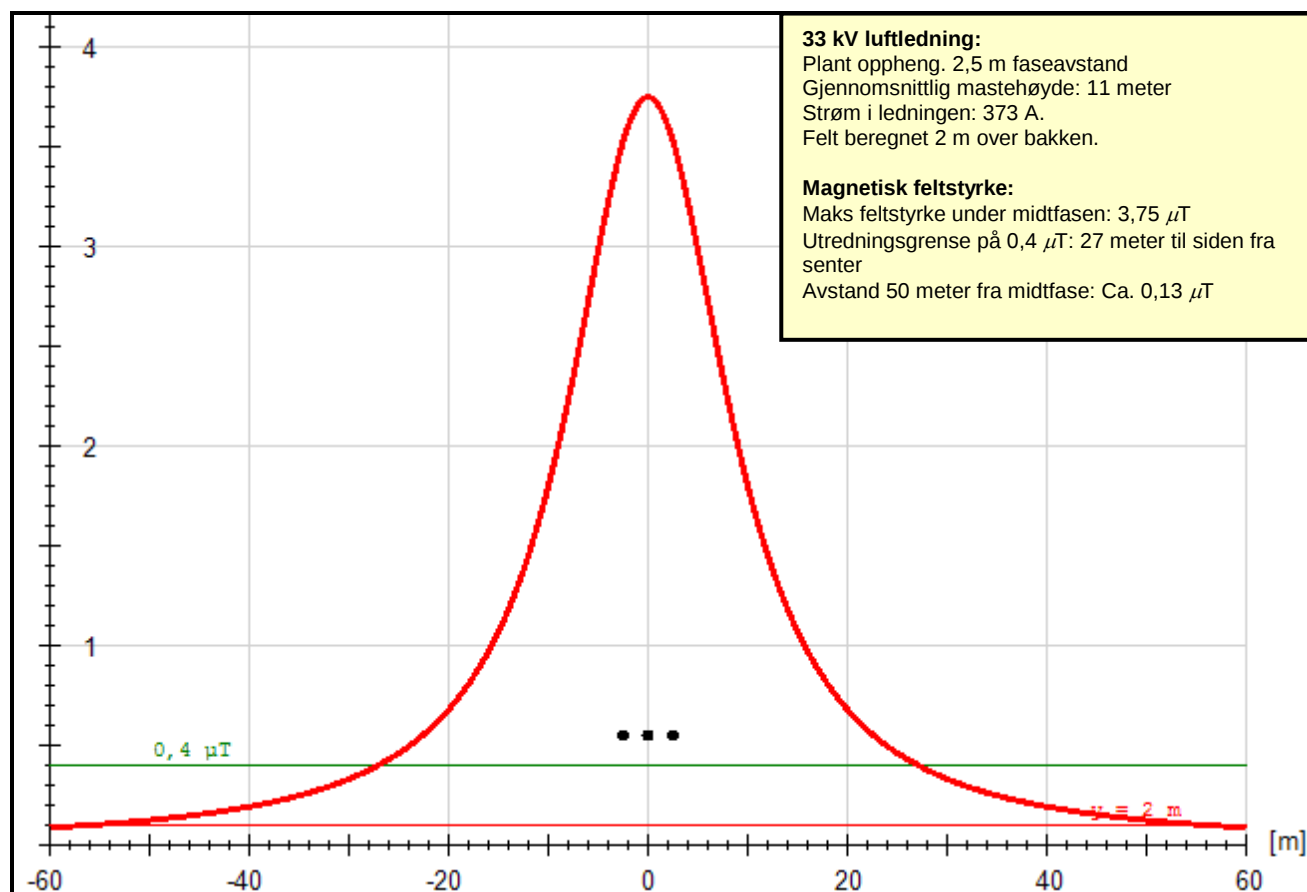
Brutto produksjon begge delområder:	366 GWh
Tap i 33 kV kabelnett begge delområder:	2,4 GWh
Tap i 33 kV ledning:	1,1 GWh
Tap i 132/33 kV trafo:	0,8 GWh
Netto innmating i 132 kV ledning:	361,7 GWh

Gjennomsnittlig strømbelastning i 33 kV ledning og 132 kV forbindelse blir dermed:

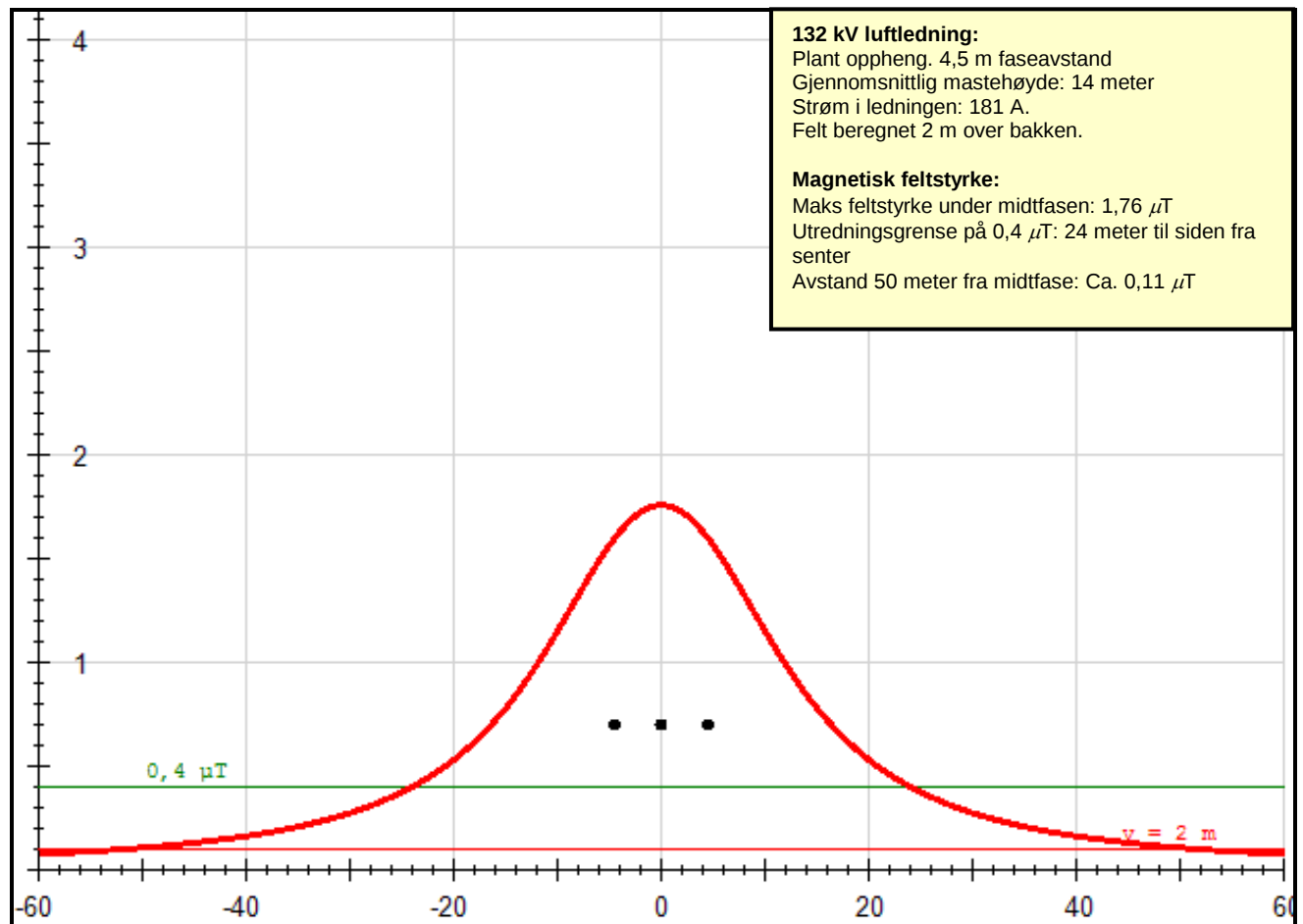
- 33 kV ledning: 186,8 GWh tilsvarer gjennomsnittlig årlig strømbelastning på 373 A
- 132 kV ledning: 361,7 GWh tilsvarer gjennomsnittlig årlig strømbelastning på 181 A

Magnetfeltberegningene vil bli beregnet ut fra mastebilder vist i figur 13, hvor magnetfeltet er beregnet 2 meter over bakkenivå.

Se figur 15 for magnetfelt fra 33 kV luftledningen og figur 16 for 132 kV ledningen.



Figur 15. Magnetfelt rundt 33 kV ledning mellom Nordre og Søndre delområde.



Figur 16. Magnetfelt rundt 132 kV ledning mellom Søndre delområde og Hovassdammen.

Konklusjon: Dersom det befinner seg hus/hytter innenfor 27 meter fra senter av 33 kV ledningen eller 24 meter fra senter av 132 kV ledningen, er man innenfor den såkalte utredningsgrensen.

Nærmeste bygning til 33 kV ledningen ligger over 300 m unna senter av ledning. Nærmeste bygning til 132 kV ledningen ligger over 150 m unna senter av ledning.

Elektromagnetisk felt er imidlertid en del av vår elektriske hverdag. Som en sammenligning kan man se det elektromagnetiske feltet fra vanlig husholdningsapparater i tabell 16.

Tabell 16. Oversikt elektromagnetisk felt fra vanlig husholdningsapparater. (Kilde WHO)

Apparat	Avstand	Elektromagnetisk felt [μT]
Elektriske ovner	30 cm	0,15 - 0,5 μT
Mikrobølgeovner	30 cm	4 - 8 μT
Oppvaskemaskiner	1 m	0,07 - 0,3 μT
Kjøleskap	1 m	< 0,01 μT
Vaskemaskiner	30 cm	0,15 - 3 μT
Kaffetraktere	30 cm	0,08 - 0,15
Strykejern	30 cm	0,12 - 0,3 μT
Støvsuger	1 m	0,13 - 2 μT
Barbermaskiner	3 cm	15 - 1 500
Varmekabler i gulv	5 cm	0,2 - 3 μT
Vannseng	10 cm	0,04 - 2,5 μT
Fotbad	10 cm	Ca 200 μT

13.1 Støy fra kraftledninger og transformatoranlegg

Støy fra denne type kraftledninger er ikke noe problem for folk flest. Kun under spesielle værforhold, med rim eller dogg på liner og isolatorer, kan det høres en svak knitrende lyd (også kalt Korona effekt). Lydnivået er imidlertid veldig svakt, og dempes fort. Lyden kan neppe høres mer enn 10-15 meter fra ledningen

Lyd fra transformatoranlegg er vanligvis noe sterkere enn lyd fra kraftledninger. I tillegg er duren uavhengig av værforhold. Lyden blir imidlertid dempet dersom transformatoren blir plassert innendørs. De transformatoranleggene som er omtalt i denne rapporten vil bli plassert innendørs, og "trafoduren" er neppe hørbar før man kommer helt inntil ytterveggen. "Trafoduren" i vindkraftverkets transformator vil imidlertid bli overgått av støyen fra vindturbinene i nærheten.