

Fred. Olsen Renewables



Mosjøen vindkraftverk i Vefsn kommune, Nordland - fagrapport nettilknytning

RAPPORT

KU Mosjøen vindkraftverk

Rapport nr.: 155652-M3	Oppdrag nr.: 155652	Dato: 23.10.2007
Kunde: Fred. Olsen Renewables AS		
FAGRAPPORT NETTILKNYTING		
Sammendrag: Se side 1.		
Rev.	Dato	Revisjonen gjelder
Utarbeidet av: Torun Hegg, Åste Bruseth, Kåre Borgund		Sign.:
Kontrollert av: Kåre Borgund		Sign.:
Oppdragsansvarlig / avd.: Per Edvard Lund/ Elektro		Oppdragsleder / avd.: Kåre Borgund/ Elektro

FORORD

På oppdrag fra Fred. Olsen Renewables AS har SWECO Grøner utarbeidet en fagrapport for temaet nettilknytning. Rapporten er utarbeidet i forbindelse med konsekvensutredningen av planene om vindkraftverk ved Mosjøen i Vefsn kommune i Nordland.

Fagansvarlig for temaet er Sivilingeniør Kåre Borgund. Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Pål Gjesdal.

Lysaker, oktober 2007

Innhold

Sammendrag.....	1
1 Innledning.....	2
1.1 Bakgrunn	2
1.2 Formål og avgrensing	2
1.3 Forutsetninger og metode	2
2 Nettanalyse.....	3
2.1 Nettilknytning av Mosjøen vindkraftverk	3
2.1.1 Overføringsbegrensninger – definisjoner	3
2.1.2 Flaskehalser i nettet	4
2.1.3 Planlagte nettførsterkninger i sentralnettet.....	5
2.1.4 Andre planer i området	5
2.2 Stasjonære analyser	6
2.2.1 Beregningsmodell.....	6
2.2.2 Lastflyt normaldrift tung og lettlast	6
2.2.3 Lastflyt ved utfall av andre 300 kV linjer og 420 kV linjer	6
2.3 Spenningsforhold	6
2.3.1 Spenningsforhold normaldrift.....	6
2.3.2 Spenningsforhold ved utfall	8
2.4 Tapsforhold	9
3 Vindkraftverk alternativ med 3 MW vindturbiner.....	10
3.1 Nettilknytning	10
3.2 Intern kabling	10
3.3 Transformatorstasjon i vindkraftverket.....	11
4 Vindkraftverk alternativ med 5 MW vindturbiner.....	12
4.1 Nettilknytning	12
4.2 Intern kabling	12
4.3 Transformatorstasjon i vindkraftverket.....	13
5 Kostnader	14
5.1 Alternativet med 3 MW vindturbiner	14
5.2 Alternativet med 5 MW vindturbiner	14
6 Referanser	15

Vedleggsliste

Vedlegg 1: Interne kabler og nettilknytning for Mosjøen vindkraftverk – 3 MW vindturbiner

Vedlegg 2: Eksempel på kabelkurser - 3 MW vindturbiner

Vedlegg 3: Eksempel på grøftesnitt

Vedlegg 4: Interne kabler og nettilknytning for Mosjøen vindkraftverk – 5 MW vindturbiner

Vedlegg 5: Eksempel på kabelkurser - 5 MW vindturbiner

Sammendrag

Ved normaldrift i sentralnettet viser lastflytanalyser at etablering av et vindkraftverk på 300 MW ved Mosjøen ikke medfører termiske overføringsbegrensninger i dette området.

Beregningene viser at tilknytning av vindkraftverket ikke medfører spenningsproblemer i området. Analysen omfatter normaldrift med tunglast og lettlast, samt utfall av utvalgte linjer i området.

Flyten i nettet i området begrenses av hensynet til stabilitet, og ved flaskehalsbegrensninger må vannkraft og vindkraft dele på kapasiteten. Når det kommer 420 kV forbindelse i området, vil trolig flaskehalsene forsvinne.

Det er gjort vurderinger på nettilknytning av to alternativer, et alternativ med 3 MW vindturbiner på 312 MW og et alternativ med 5 MW vindturbiner på 260 MW. For begge alternativene vil Statnett sin 300 kV linje mellom Trofors og Marka passere gjennom området til vindkraftverket, nært vindkraftverkets effekttyngdepunkt. Det er derfor foreslått en 300/22 kV transformatorstasjon ved 300 kV linjen til Statnett.

Det er behov for ca. 106 km 22 kV kabler ved vindkraftverkalternativet med 3 MW vindturbiner. For vindkraftverkalternativ med 5 MW vindturbiner er det behov for ca. 74 km 22 kV kabler.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Fred. Olsen Renewables sendte melding om oppstart av planlegging av Mosjøen vindkraftverk til NVE juli 2006. NVE har pt ikke tatt meldingene til behandling. Etter gjennomført høring vil NVE fastsette utredningsprogram for prosjektet.

Denne konsekvensutredningen er utarbeidet på oppdrag fra Fred. Olsen Renewables i forbindelse med planlegging av nettilknytning ved Mosjøen i Vefsn kommune. Utredningen dekker nettilknytning delen av temaet Infrastruktur.

1.2 Formål og avgrensning

Denne rapporten oppsummerer resultatene av arbeidet med nettilknytning som er utført på oppdrag fra Fred. Olsen Renewables høsten 2007. Formålet med fagrapporten var å identifisere evt. tekniske utfordringer i forbindelse med nettilknytning av vindkraftverket, samt utarbeide et tilstrekkelig plangrunnlag for å kunne tilfredsstille nettilknytningsdelen i forventet KU program fra NVE.

Denne rapporten omfatter følgende hovedpunkter:

- Forutsetninger, datagrunnlag og metoder
- Nettanalyser
- Beskrivelse av intern kabelnett og nettilknytning av vindkraftverket
- Kostnader for internt kabel og linjenett, transformatorstasjoner og tilknytning til eksisterende sentralnett.

Rapporten bygger på meldingen for vindkraftverket, datert juli 2006. Datagrunnlag for arbeidet er basert på kart i målestokk 1:50 000. For nærmere beskrivelse av datagrunnlag og metoder henvises ellers til de enkelte delkapitler i rapporten.

1.3 Forutsetninger og metode

Det er utarbeidet forslag til utforming av internt 22 kV nett i vindkraftverket. Videre er det vurdert plassering av 300 kV transformatorstasjon for nettilknytning til Statnett sin 300 kV linje som går gjennom utredningsområdet. I nettstudien er alternativene med 3 MW og 5 MW vindturbiner lagt til grunn.

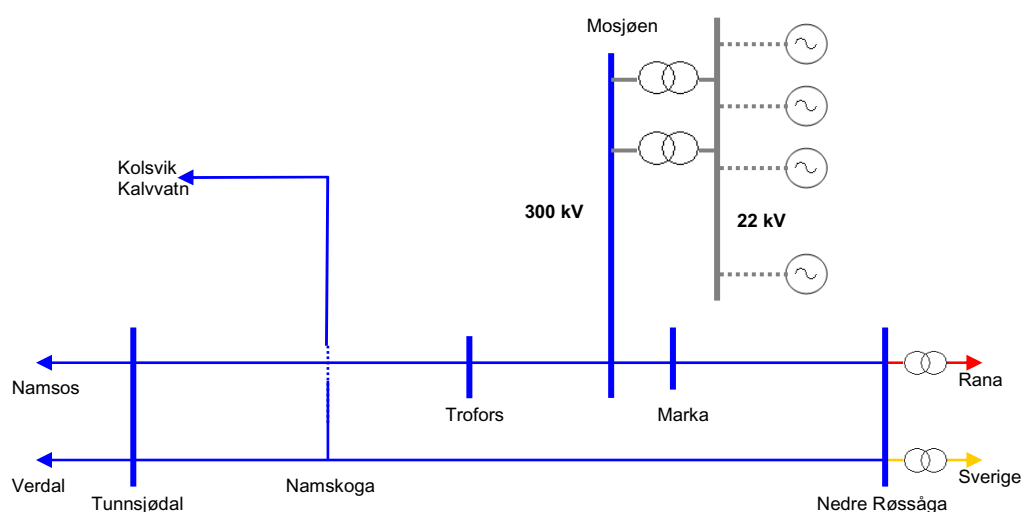
Arbeidene har også inkludert stasjonære analyser av vindkraftverkets samvirkning med sentralnettet.

2 Nettanalyse

2.1 Nettilknytning av Mosjøen vindkraftverk

Sentralnettet i Nordland består av 420 og 300 kV nett. Det avgrenses i sør på 300 kV-ledningene mot Tunnsjødal stasjon, mot øst på 220 kV-ledning N.Røssåga-Ajaure og i nord på 420 kV-ledning Salten - Kobbelv. Nord for Kobbelv går det 420 kV linje videre til Nord-Norge og øst mot Sverige (Ofoten-Ritsem). Regionalnettet består av 132 kV- og 66 kV-nett.

Mosjøen vindkraftverk tenkes tilknyttet sentralnettet via en transformatorstasjon som tilkobles eksisterende 300 kV linje mellom Marka og Trofors, se Figur 2.1.



Figur 2.1: Nettilknytning av Mosjøen vindkraftverk

2.1.1 Overføringsbegrensninger – definisjoner

Termisk overføringsgrense på linjer

Termisk grenselast for linjer er avhengig av flere faktorer. Blant de viktigste er maksimal linetemperatur for å sikre tilstrekkelig bakkeklaring. Linjer i Norge er vanligvis konstruert for en linetemperatur på 50 °C eller 80 °C.

Termisk grenselast for linjer er avhengig av vind og omgivelsestemperatur, høyere utetemperatur vil gi lavere termisk grenselast.

I tillegg til den termiske grenselasten på selve linjen kan termisk overføringsevne begrenses av overføringskapasiteten til endepunktskomponenter.

Stabilitetsbegrensninger / dynamiske begrensninger

Stabiliteten i kraftsystemet defineres av dets evne til å dempe effektpendlinger. Et kraftsystems tilstand kan forstyrres av f.eks. nettkoblinger eller kortslutninger. Dersom overføringene i nettet er for store kan det hende at systemet (nettet) ikke er sterkt nok til å

dempe pendlingene som oppstår ved forstyrrelser. Dynamiske snittgrenser settes for å sikre at det ikke oppstår stående pendlinger i nettet.

2.1.2 Flaskehalser i nettet

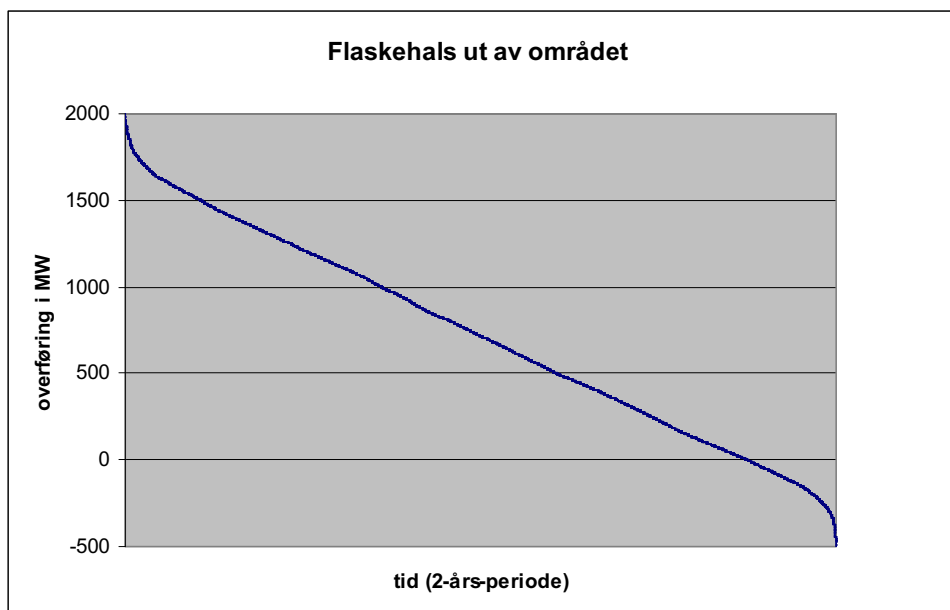
I sentralnettet nord for Tunnsjødal er flyten begrenset av dynamiske flaskehalser (snitt). Det medfører at det sjelden eller aldri vil oppstå flaskehalser på grunn av termiske overføringsbegrensninger i sentralnettet i dette området.

Når det oppstår flaskehalser avhenger av produksjon, last og hvordan produksjonsfordelingen i området er. Det er størst fare for flaskehalser i perioder med lettlast og mye produksjon i området. I perioder med flaskehalser vil vannkraft og vindkraft måtte dele tilgjengelig overføringskapasitet.

Det er flere mulige begrensende snitt i området. De vanligste områdene er:

1. flyt sørover fra Tunnsjødal + flyt mot Sverige på Nedre Røssåga-Ajaure og Ofoten-Ritsem.
2. flyt ut av området begrenset av linjene sørover fra Tunnsjødal + Nedre Røssåga-Ajaure + flyt nordover på Svartisen-Salten
3. flyt sørover fra Tunnsjødal

Statnett som systemansvarlig kan benytte systemvern (produksjonsfrakobling / nettsplitting) i området for å heve snittgrensen, slik at antall timer med flaskehals ut av området begrenses. Varighetskurven i figur 2.2 viser overføring ut av område 1 for en periode på 2 år. Snittgrensen uten systemvern er på 1000 MW, og flaskehalsen er til stede ca 1/3 av tiden.



Figur 2.2: Varighetskurve for overføring ut av snitt 1

Området mellom Tunnsjødal og Salten (2) er et overskuddsområde, dette medfører at økt produksjon her øker faren for flaskehals. Produksjonen i Mosjøen vil komme inn i dette området. Hvor ofte (eller hvor mye oftere) flaskehals vil opptre er vanskelig å prognosere, da dette er avhengig av mange forhold som kraftpris, tilgang på vann, vindforhold med mer, samt Statnetts bruk av systemvern.

2.1.3 Planlagte nettførsterkninger i sentralnettet

Statnett har startet planarbeid med 420 kV linje fra Møre/Trøndelag til Rana. Bakgrunn for dette er blant annet forventninger om økt produksjon i det aktuelle området (vann og vind). Denne linjen kan tidligst være idrift i 2015. Siden dette er etter planlagt idriftsettelsestidspunkt for Mosjøen vindkraftverk er denne linjen er ikke tatt med i beregningen. Utbygging av en 420 kV forbindelse fra Møre/Trøndelag til Rana vil føre til at eventuelle overføringsproblemer (dynamiske begrensninger og spenningsbegrensninger) antakelig kan ses bort ifra i dette området.

2.1.4 Andre planer i området

Store overføringer i nettet medfører spenningsfall. Statnett kommer til å installere betydelig reaktiv kompensering (kondensatorbatterier og SVC) i området i 2007 og 2008.

Det er konsesjonssøkt og meldt mye vindkraft i Midt og Nord-Norge til NVE. Overføringsbehovet i sentralnettet vil øke betraktelig på grunn av forventet produksjonsøkning i området. Tabell 2.1 viser oppsummert hvor mye vindkraft som kan komme inn i sentralnettet nord for Tunnsjødal. I tabellen er det summert vindkraften som har fått konsesjon, men ikke idriftsatt, og vindkraft som er konsesjonssøkt. I tillegg kommer ca 20 prosjekter som er meldt men ikke konsesjonssøkt.

Fylke	behandlingsstatus	MW
Nord-Trøndelag (nord for Tunnsjødal)	Gitt konsesjon	249
Nordland	Gitt konsesjon	200
Troms	Gitt konsesjon	260
Finnmark	Gitt konsesjon	65
Nordland	Konsesjonssøkt	244
Troms	Konsesjonssøkt	200
Finnmark	Konsesjonssøkt	1050
SUM		2268 MW

Tabell 2.1. oversikt over konsesjonssøkt vindkraft

Ingen av parkene vil medføre andre begrensninger enn de dynamiske flaskehalsene, og har dermed ingen direkte betydning for overføringskapasitet tilgjengelig for Mosjøen vindkraftverk.

2.2 Stasjonære analyser

2.2.1 Beregningsmodell

I lastflytberegningene er det tatt utgangspunkt i PSS/E-modell fra Statnett. Modellen inneholder Norge og en ekvivalentmodell av Sverige, med tunglast fra 2007. Analysen er begrenset til sentralnettet nord for Tunnsjødal og 132 kV regionalnett mellom Kolsvik og Marka.

Det er gjort beregninger for tunglast med mye produksjon og lettlast med mye produksjon.

Tunglast 2010

Det forventes ingen forbruksendring verken for alminnelig forbruk eller industri i området de nærmeste årene. Tunglast 2010 er derfor satt lik tunglast 2007.

Lettlast 2010

Alminnelig forbruk er skalert ned til 30% av alminnelig last i tunglast-casen. Industrilasten holdes konstant.

Planer tatt med i modellen:

Vindkraft Ytre Vikna med maksimal produksjon på 249 MW, tilknyttet regionalnett i Årsandøy, mot sentralnett i Kolsvik er tatt med i vår beregningsmodell. Vindkraftparken fikk konsesjon i 2004, men er ikke satt i drift per 2007.

Planlagte reaktive komponenter (spenningsstøtte) er tatt med i modellen.

2.2.2 Lastflyt normaldrift tung og lettlast

Så lenge flyten holdes innenfor de dynamiske snittbegrensningene vil det ikke oppstå termisk overlast på noen linjer i noen av de analyserte driftsituasjonene.

2.2.3 Lastflyt ved utfall av andre 300 kV linjer og 420 kV linjer

Så lenge flyten holdes innenfor den dynamiske begrensningen vil ingen utfall av 300 kV eller 420 kV linjer i området medføre termisk overlast på gjenværende linjer.

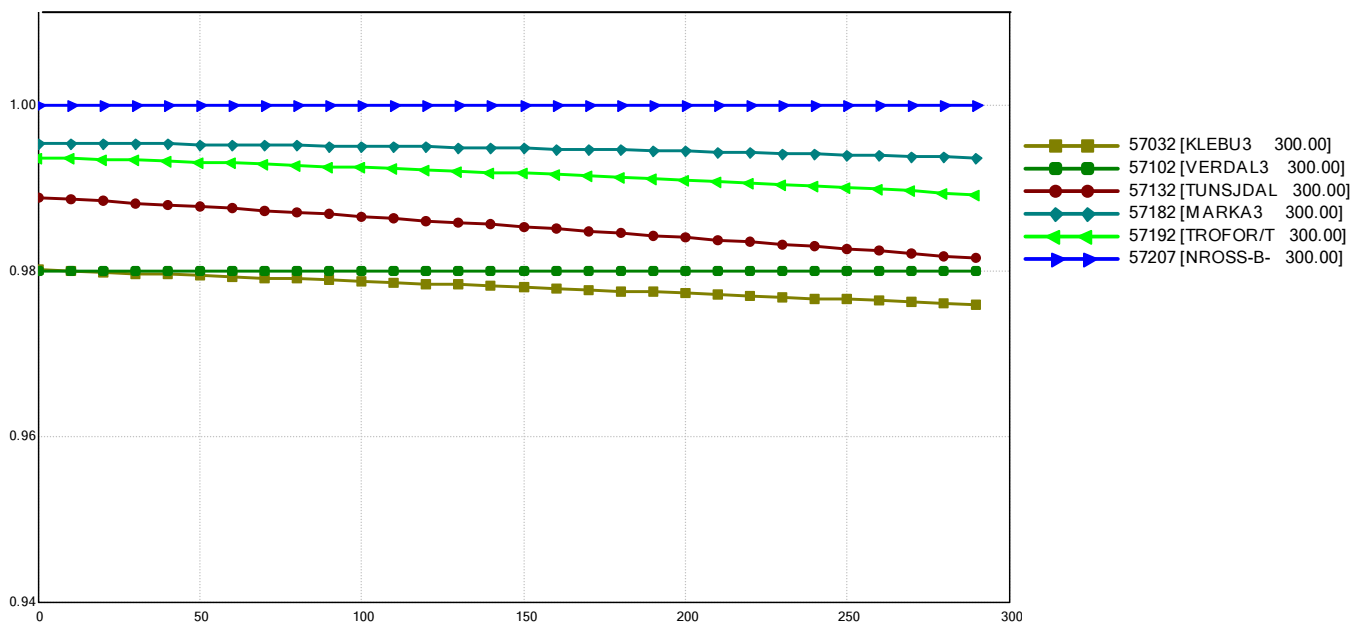
2.3 Spanningsforhold

2.3.1 Spanningsforhold normaldrift

Produksjonen av aktiv effekt i vindkraftverket er variert i trinn for å finne når begrensninger opptrer og hvordan spenningene i nettet varierer med produksjonen i vindkraftverket.

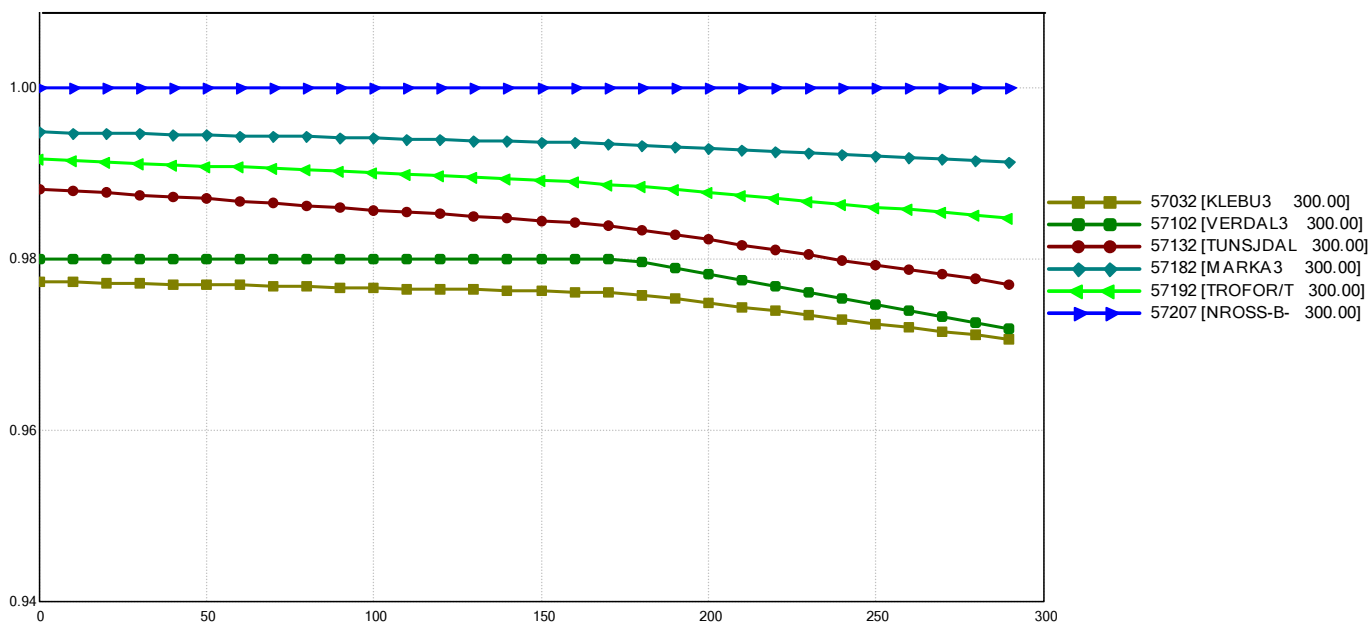
Analysen er begrenset til sentralnettet mellom Klæbu i sør og Salten i nord. Det er utarbeidet spenningskurver for tunglast med full produksjon og lettlast med full produksjon. Det er sett på spenninger i utvalgte samleskinner i området.

Beregningene viser at spenningene i området i liten grad påvirkes av den planlagte vindkraftverket.



Figur 2.3: Spenning på samleskinner som funksjon av produsert aktiv effekt i vindkraftparken, tunglastsituasjon.

Beregningene ved tunglast viser at spenningen i Tunnsjødal endres mest ved økt produksjon i vindkraftverket. Spenningen synker med 0,7% når vindkraftverket øker produksjonen fra null til maks produksjon (300 MW).



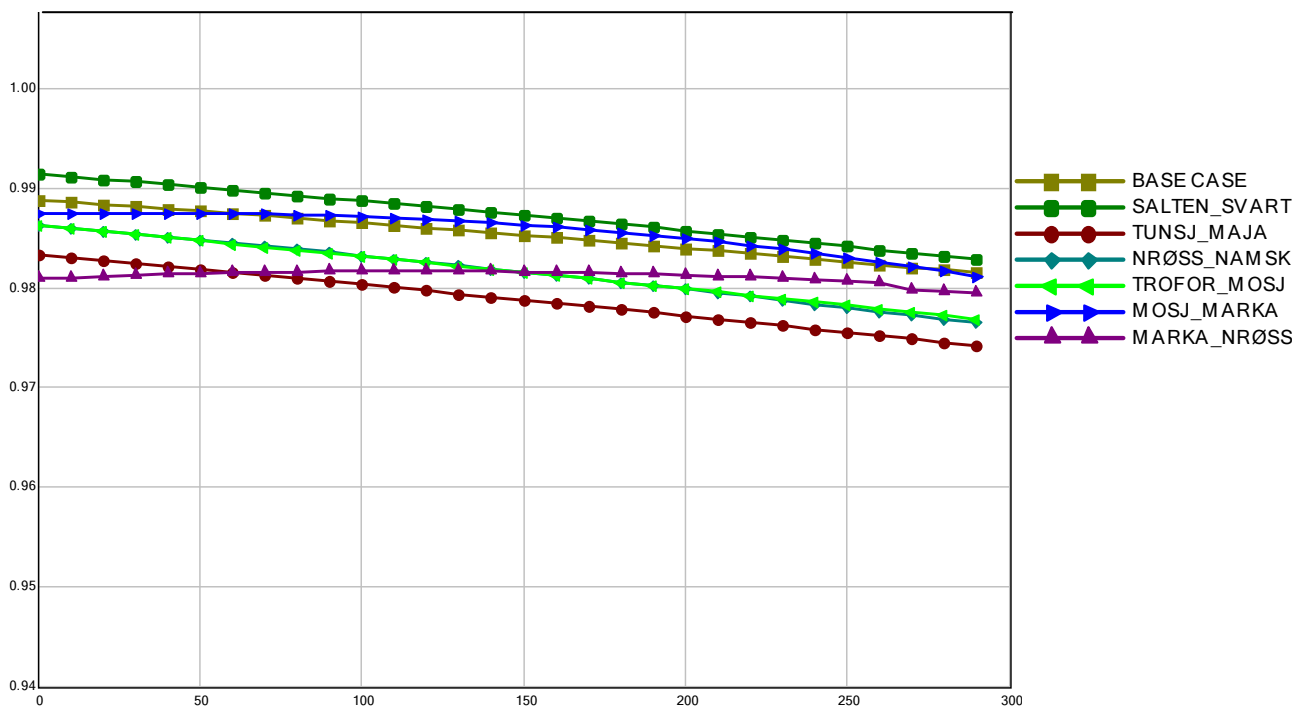
Figur 2.4: Spenning på samleskinner som funksjon av produsert aktiv effekt i vindkraftverket, lettlastsituasjon.

Beregningene ved lettlast viser at spenningen i Tunnsjødal endres mest ved økt produksjon i vindkraftverket. Spenningen synker med 1,1% når vindkraftverket øker produksjonen fra null til maks produksjon (300 MW).

2.3.2 Spenningsforhold ved utfall

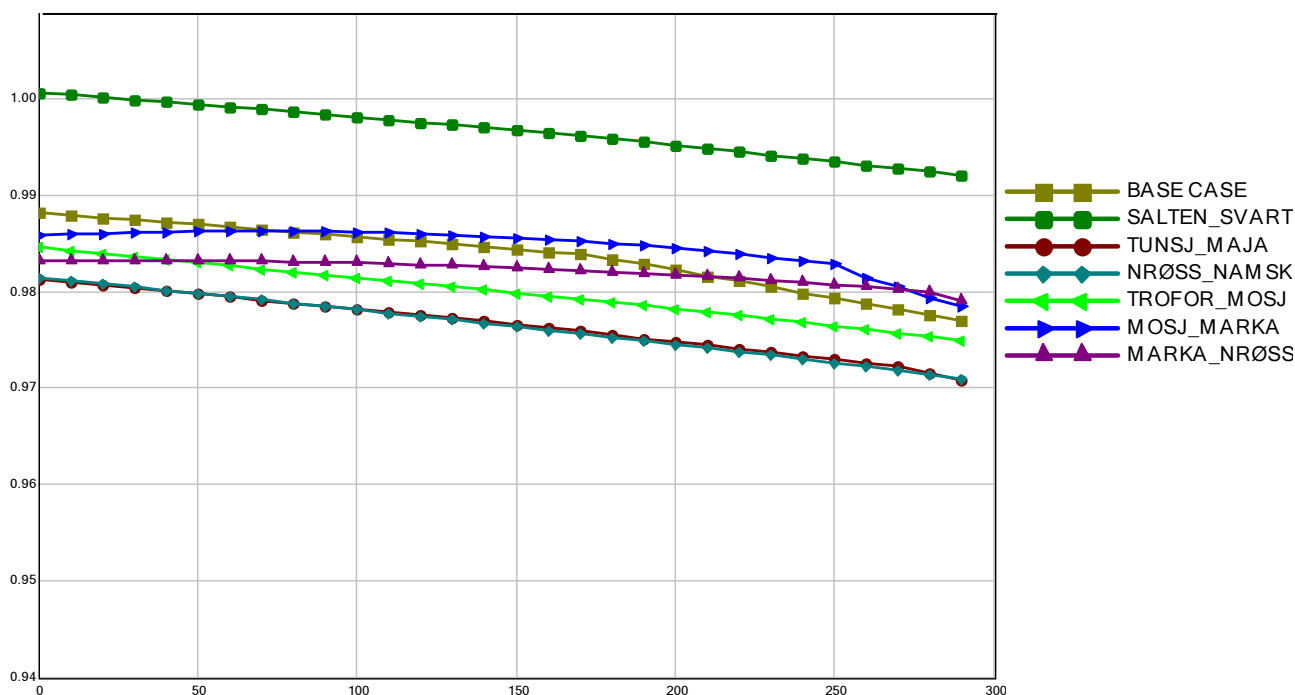
Beregningene viser at spenningene i området i liten grad påvirkes av den planlagte vindkraftverket ved utfall av utvalgte linjeseksjoner i sentralnettet.

Beregningene ved normaldrift viser at spenningen i Tunnsjødal endres mest ved oppkjøring av produksjon i vindkraftverket. Det er derfor valgt å se på spenningen i Tunnsjødal ved ulike utfall i sentralnettet. Det er valgt å se på utfall av linjeseksjoner nært vindkraftverket, samt linjer som inngår i de begrensende dynamiske snittene.



Figur 2.5: Spenning ved 300 kV samleskinne Tunnsjødal ved utfall av utvalgte linjer, tunglastsituasjon.

Utfall av 300 kV linje Marka-Mosjøen gir størst spenningsfall i Tunnsjødal ved null produksjon i vindkraftverket (0,8%). Når produksjonen i vindkraftverket økes til maks produksjon (300MW) blir spenningen i Tunnsjødal lavest ved utfall av 300 kV linje Tunnsjødal-Majavatn (0,8% lavere enn ved intakt nett og full produksjon).



Figur 2.6: Spenning ved 300 kV samleskinne Tunnsjødal ved utfall av utvalgte linjer, lettlastsituasjon.

Utfall av 300 kV linje Nedre Røssåga-Namskogan gir et spenningsfall i Tunnsjødal på 0,6%. Hvis produksjonen i vindkraftverket økes fra null til maks produksjon synker spenningen med ytterligere 1,4%.

2.4 Tapsforhold

Etablering av Mosjøen vindkraftverk vil ha innvirkning på tapsforholdene i nettet. Innvirkningen vil variere med flyten i nettet, dvs last og med produksjon i området.

I situasjoner der vindkraftparken resulterer i en økt nettotransport vil tapene i nettet kunne øke. Størst innvirkning på tapene i nettet vil vindkraftverket ha i situasjoner med stor overføring, dvs lettlast og mye produksjon. I slike situasjoner vil tapene i sentralnettet kunne øke med opp til 75 MW ved full produksjon (300 MW) i Mosjøen.

3 Vindkraftverk alternativ med 3 MW vindturbiner

3.1 Nettilknytning

Vindkraftverket vil bestå av totalt 104 vindturbiner a 3 MW som vil ha en totalt installert effekt på 312 MW.

Statnett sin 300 kV linje mellom Trofors og Marka passere gjennom området til vindkraftverket, nært tyngdepunktet til vindkraftverket og det forutsettes tilknytning av vindkraftverket til denne linjen via en 300//22 kV transformatorstasjon. Transformatorstasjonen vil bli tilknyttet 300 kV luftledning via 2 korte 300 kV jordkabler eller luftstrekk. Det vil trolig bli behov for en ny 300 kV forankringsmast. Dette arbeidet vil bli gjennomført i samarbeid med Statnett som netteier.

3.2 Intern kabling

Det interne nettet vil bestå av 22 kV kabler. Grensesnittet mot vindturbinene er 22 kV kabeltilkoblingen på transformatoren i eller ved vindturbinen.

22 kV kablene vil i hovedsak bli lagt i veien eller veiskulderen i veinettet i parken. Hver 22 kV kabel består av 3 enleder kabler som grupperes i trekant. Fra hver vindturbin vil det gå én 22 kV kabel som må ha minst 40 cm overdekning av masser. Der vindturbinene ligger på rekke og rad vil kabelforbindelsen fra "ytterste vindturbin" gå innom de neste vindturbinene og kabeldimensjonen øker etter hvert som det blir flere vindturbiner på kabelkursen. Noen steder blir også flere kabler samlet i koblingsskap langs veien for å gå videre som én større kabel.

Etter hvert som kablene nærmer seg transformatorstasjonen vil det ligge flere parallelle kabler i veien når det også kommer kabler fra andre vindturbingrupper. 22 kV nettet har ikke behov for signalkabler, men det kan være hensiktsmessig for styrings- og overvåkningsfunksjonene til vindturbinene å legge signalkabler og trekkerør i kabelgrøftene. På vegstrekninger med mye kabler kan det være aktuelt å legge kabler på begge sider av vegen for å få tilstrekkelig strømføringssevne på kablene.

Kartutsnitt med kabeltraseer er vist i vedlegg 1, eksempel på kursfordeling er vist i vedlegg 2, og eksempel på grøfteprofil er vist i vedlegg 3.

Total i vindkraftverket vil det være behov for 18 kabelkurser med 24 kV TSLF enleder kabler, med tverrsnitt fra 150 mm² til 630 mm². Total kabellengde blir ca. 106 kilometer. Tabell 3.1 nedenfor viser oversikt over kabeltyper og kabellengder.

Kabeltype og dimensjon	Lengde
TSLE 3 x 1 x 150 Al	Ca. 20 km
TSLE 3 x 1 x 240 Al	Ca. 19 km
TSLE 3 x 1 x 400 Al	Ca. 19 km
TSLE 3 x 1 x 630 Al	Ca. 48 km
	Ca. 106 km

Tabell 3.1, intern kabling i vindkraftverket – kabeltyper og lengder

3.3 Transformatorstasjon i vindkraftverket

Transformatorstasjonen foreslås å plasseres inntil eksisterende 300 kV linje mellom vindturbin 47 og 57. Dette området er nært effekttyngdepunktet i vindkraftverket, og en slipper å bygge nye 300 kV linjer inn i vindkraftverkområdet.

Ytelsen i stasjonen blir ca. 312 MVA. Avhengig av hvilke reservebehov en har kan det velges flere løsninger for transformering. På grunn av den store ytelsen i vindkraftverket bør det velges 4 stk. 22 kV transformeringer for å kunne benytte standard bryteranlegg for 22 kV og for å begrense kortslutningsstrømmene. Den rimeligste løsningen mht. investeringskostnader vil være to stk. treviklingstransformatorer med omsetningsforhold 300/22/22 kV og med ytelse 160/80/80 MVA.

Ved transformatorløsning som nevnt ovenfor vil arealbehov for transformatorstasjon med utendørs bryteranlegg for 300 kV og innendørs stasjon for 22 kV anlegg, transformatorer, kontrollanlegg og servicedel ca 3000 m². Utendørs anlegget blir nærmere 2400 m², mens bygningen med 22 kV bryteranlegg, trafoer og servicedel blir ca. 600 m².

Tabell 3.2 nedenfor viser de vesentlige data vedrørende transformatorstasjonen når det forutsettes transformatorløsningen som nevnt ovenfor.

Komponent	Beskrivelse
Krafttransformator (300/22 /22 kV)	2 stk, 160/80/80 MVA.
300 kV bryterfelt , konvensjonelt utendørsanlegg.	4 felt
22 kV koblingsanlegg	
- Vindmøller	18 felt
- Krafttransformator	4 felt
- Samleskinneseksjonering	3 felt
- Stasjonstransformator	1 felt
Stasjonstransformator 22 / 0,24 kV	1 stk
Kontrollanlegg	1 stk

Tabell 3.2: Hovedkomponenter i transformatorstasjon

I tillegg til komponentene som er beskrevet i tabell 3.2 kan det bli behov for jordslutningsspole for å begrense jordslutningsstrømmene i 22 kV nettet, men det vil bli bestemt i forbindelse med detaljprosjekteringen. Ved bruk av turbintyper med fullkompensering av reaktiv effekt, antas det at det ikke er nødvendig med kondensatorbatterier eller SVC anlegg. Nettanalyser med vindturbinene som blir valgt vil avsløre eventuelle behov.

22 kV anlegget anbefales å være av luftisolert helkapslet type plassert langs innsiden av yttervegg.

På grunn av de store transformatorene anbefales det at transformatorcellene bygges uten tak for å begrense høyden på transformatorcellene.

I forbindelse med planleggingen av transformatorstasjonen bør det vurderes om stasjonen skal forberedes for 420 kV spenning. Det foreligger ikke beslutning for spenningsoppgradering på linjen mellom Marka og Trofors, men det kan heller ikke utelukkes en slik ombygging i løpet av vindkraftverkets levetid. Det må påregnes ekstra kostnader for transformator og apparatanlegg dersom transformatorstasjonen skal forberedes for 420 kV. Valg av hvorvidt stasjonen skal forberedelse for 420 kV eller ikke, må tas i samråd med Statnett.

4 Vindkraftverk alternativ med 5 MW vindturbiner

4.1 Nettilknytning

Vindkraftverket vil bestå av totalt 52 vindturbiner a 5 MW som vil ha en totalt installert effekt på 260 MW.

Statnett sin 300 kV linje mellom Trofors og Marka passerer gjennom området til vindkraftverket, nært tyngdepunktet til vindkraftverket og det forutsettes tilknytning av vindkraftverket til denne linjen via en 300//22 kV transformatorstasjon. Transformatorstasjonen vil bli tilknyttet til 300 kV luftledning via 2 korte 300 kV jordkabel eller luftstrekk. Det vil trolig bli behov for en ny 300 kV forankringsmast. Dette arbeidet vil bli gjennomført i samarbeid med Statnett som netteier.

4.2 Intern kabling

Det interne nettet vil bestå av 22 kV kabler. Grensesnittet mot vindturbinene er 22 kV kabeltilkoblingen på transformatoren i eller ved vindturbinens tårn på bakkenivå.

22 kV kablene vil i hovedsak bli lagt i veien eller veiskulderen i veinettet i parken. Hver 22 kV kabel består av 3 enleder kabler som grupperes i trekant. Fra hver vindturbin vil det gå én 22 kV kabel som må ha minst 40 cm overdekning av masser. Der vindturbinene ligger på rekke og rad vil kabelforbindelsen fra "ytterste vindturbin" gå innom de neste vindturbinene og kabeldimensjonen øker etter hvert som det blir flere vindturbiner på kabelkursen. Noen steder blir også flere kabler samlet i koblingsskap langs veien for å gå videre som én større kabel.

Etter hvert som kablene nærmer seg transformatorstasjonen vil det ligge flere parallelle kabler i veien når det også kommer kabler fra andre vindturbingrupper. 22 kV nettet har ikke behov for signalkabler, men det kan være hensiktsmessig for styrings- og overvåkingsfunksjonene til vindturbinene å legge signalkabler og trekkerør i kabelgrøftene. På vegstrekninger med mye kabler kan det være aktuelt å legge kabler på begge sider av vegen for å få tilstrekkelig strømføringssevne på kablene.

Kartutsnitt med kabeltraseer er vist i vedlegg 4, eksempel på kursfordeling er vist i vedlegg 5, og eksempel på grøfteprofil er vist i vedlegg 3.

Total i vindkraftverket vil det være behov for 13 kabelkurser med 24 kV TSLF enleder kabler, med tverrsnitt fra 150 mm² til 630 mm². Total kabellengde blir ca. 74 kilometer. Tabell 4.1 nedenfor viser oversikt over kabeltyper og kabellengder.

Kabeltype og dimensjon	Lengde
TSLE 3 x 1 x 150 Al	Ca. 16 km
TSLE 3 x 1 x 400 Al	Ca. 17 km
TSLE 3 x 1 x 630 Al	Ca. 41 km
	Ca. 74 km

Tabell 4.1: Intern kabling i vindkraftverket – kabeltyper og lengder

4.3 Transformatorstasjon i vindkraftverket

Transformatorstasjonen foreslås plasseres inntil eksisterende 300 kV linje nord for vindturbin 27. Dette området er nært tyngdepunktet i vindkraftverket, og en slipper å bygge nye 300 kV linjer inn i vindkraftverkområdet.

Ytelsen i stasjonen blir ca. 260 MVA. Avhengig av hvilke reservebehov en har kan det velges flere løsninger for transformering. På grunn av den store ytelsen i vindkraftverket bør det velges 3 stk. 22 kV transformeringer for å kunne benytte standard bryteranlegg for 22 kV og for å begrense korslutningsstrømmene. På grunn av den store ytelsen i vindkraftverket bør det velges 4 stk. 22 kV transformeringer for å kunne benytte standard bryteranlegg for 22 kV og for å begrense korslutningsstrømmene. Den rimeligste løsningen mht. investeringskostnader vil være to stk. treviklingstransformatorer med omsetningsforhold 300/22/22 kV og med ytelse 130/65/65 MVA.

Ved transformatorløsning som nevnt ovenfor vil arealbehov for transformatorstasjon med utendørs bryteranlegg for 300 kV og innendørs stasjon for 22 kV anlegg, transformatorer, kontrollanlegg og servicedel ca. 3000 m². Utendørs anlegget blir nærmere 2400 m², mens bygningen med 22 kV bryteranlegg, trafoer og servicedel blir ca. 600 m².

Tabell 4.2 nedenfor viser vesentlige data vedrørende transformatorstasjonen når det forutsettes transformatorløsningen som nevnt ovenfor.

Komponent	Beskrivelse
Krafttransformator (300/22 /22 kV)	2 stk, 130/65/65 MVA.
300 kV bryterfelt, konvensjonelt utendørsanlegg.	4 felt
22 kV koblingsanlegg	
- Vindmøller	13 felt
- Krafttransformator	4 felt
- Samleskinneseksjonering	3 felt
- Stasjonstransformator	1 felt
Stasjonstransformator 22 / 0,24 kV	1 stk
Kontrollanlegg	1 stk

Tabell 4.2: Intern kabling i vindkraftverket – kabeltyper og lengder

I tillegg til komponentene som er beskrevet i tabell 4.2 kan det bli behov for jordslutningsspole for å begrense jordslutningsstrømmene i 22 kV nettet, men det vil bli bestemt i forbindelse med detaljprosjekteringen. Ved bruk av turbintyper med fullkompensering av reaktiv effekt, antas det at det ikke er nødvendig med kondensatorbatterier eller SVC anlegg. Nettanalyser med vindturbinene som blir valgt vil avsløre eventuelle behov.

22 kV anlegget anbefales å være av luftisolert helkapslet type plassert langs innsiden av yttervegg. På grunn av de store transformatorene anbefales det at transformatorcellene bygges uten tak for å begrense høyden på transformatorcellene.

I forbindelse med planleggingen av transformatorstasjonen bør det vurderes om stasjonen skal forberedes for 420 kV spenning. Det foreligger ikke beslutning for spenningsoppgradering på linjen mellom Marka og Trofors, men det kan heller ikke utelukkes en slik ombygging i løpet av vindkraftverkets levetid. Det må påregnes ekstra kostnader for transformator og apparatanlegg dersom transformatorstasjonen skal forberedes for 420 kV. Valg av hvorvidt stasjonen skal forberedelse for 420 kV eller ikke, må tas i samråd med Statnett.

5 Kostnader

Anslaget representerer 2007-priser. Investeringskostnadene er estimert på bakgrunn av kostnads katalogen til SINTEF for 2005 og tillagt ca 10 -25%, erfaringskostnader og leverandørkostnader. Kostnadene er eksklusive mva og renter i byggetiden.

De vesentlige økonomiske investeringskomponenter fremgår av etterfølgende tabeller:

5.1 Alternativet med 3 MW vindturbiner

Anlegg	Antall / km	kostnad (kk)
22 kV kabling i vindkraftverk eks. grøftkostnader	106	46 000
Transformatorstasjon	1	90 000
Ny 300 kV forankringsmast og tilpasninger	1	4 000
SUM ≈		140 000

Tabell 5.1: Investeringskostnader

5.2 Alternativet med 5 MW vindturbiner

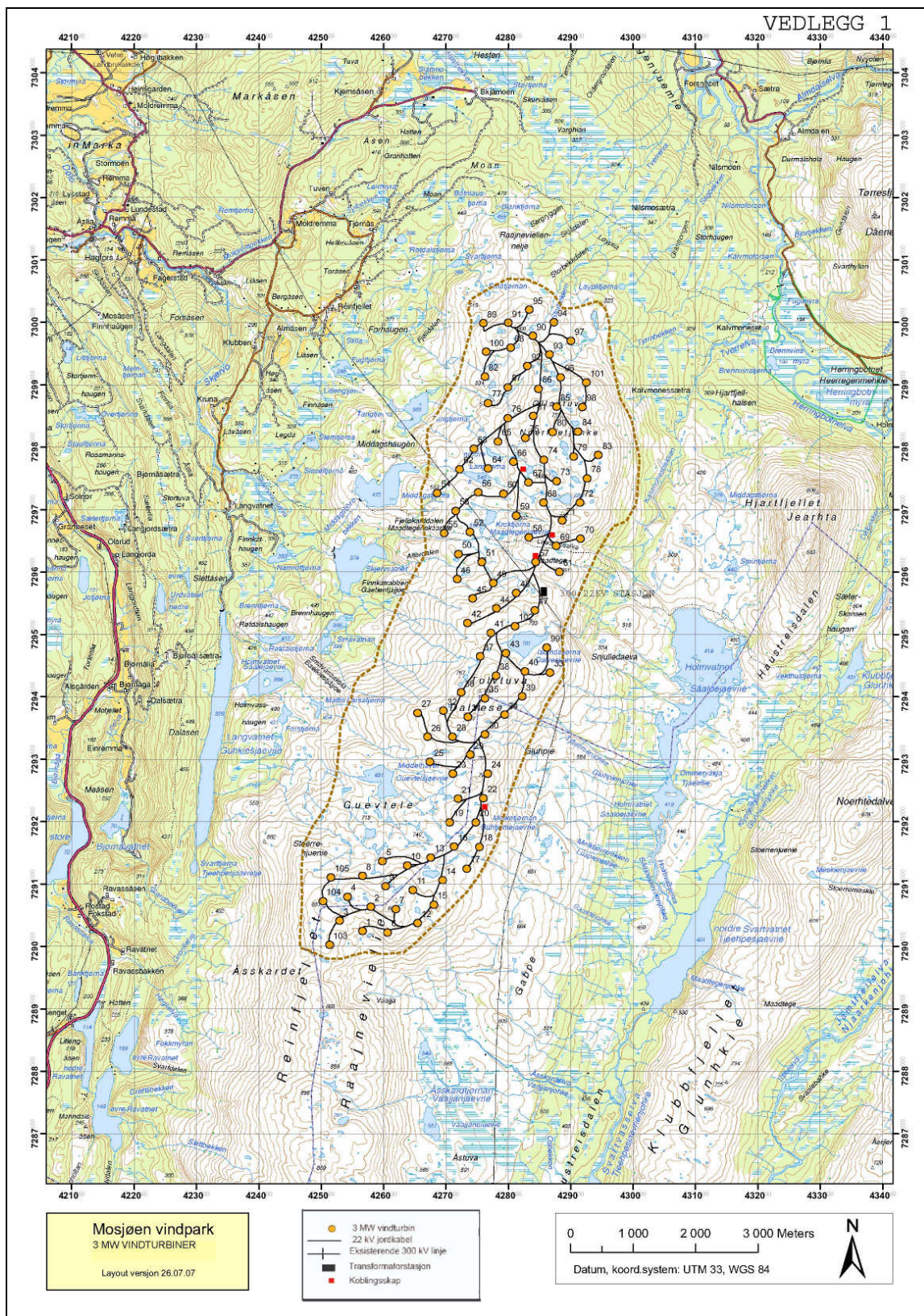
Anlegg	Antall / km	kostnad (kk)
22 kV kabling i vindkraftverk eks. grøftkostnader	74	35 000
Transformatorstasjon	1	83 000
Ny 300 kV forankringsmast og tilpasninger	1	4 000
SUM ≈		122 000

Tabell 5.2: Investeringskostnader

6 Referanser

- [1] Melding for Kalvvatnan vindkraftverk
Fred Olsen Renewables
- [2] Planleggingsbok for kraftnett.
Volum II: Kostnadskatalog og komponentdata
SINTEF Energiforskning AS
- [3] Arbeidsnotat vedr. Vindkraftverk på Reinfjellet, sørøst for Mosjøen.
Jøsok Prosjekt AS
- [4] Kraftsystemutredning for sentralnettet 2006 – 2025
Statnett
- [5] Driftskoordinering i det norske kraftsystemet 2007
Statnett

VEDLEGG



vedlegg 1, interne kabler og nettilknytning for Mosjøen vindkraftverk – 3 MW vindturbiner

VEDLEGG 2

Kurs 1		Kurs 2		Kurs 3		Kurs 4		Kurs 5	
Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon
89-91	95	95-90	95	97-94	95	54-62	95	86-81	95
91-88	240	90-92	240	94-93	240	62-68	240	81-75	240
88-100	240	92-87	240	93-101	240	68-64	95	75-74	240
100-82	95	87-77	95	93-96	400	68-76	400	74-73	400
91-Trafo	400	90-Trafo	400	101-98	95	76-65	95	73-68	400
				96-Trafo	630	76-Trafo	630	68-Trafo	630

Kurs 6		Kurs 7		Kurs 8		Kurs 9		Kurs 10	
Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon
85-80	95	66-X1	95	53-55	95	72-71	95	45-49	95
85-84	240	67-X1	95	53-52	240	71-X2	240	49-57	240
84-79	240	X1-59	95	52-51	240	X2-58	95	42-44	95
79-83	400	X1-60	240	51-50	95	X2-69	240	44-43	240
83-78	400	60-56	400	51-46	95	69-70	95	48-57	240
78-Trafo	630	56-Trafo	630	51-Trafo	630	X2-X3	400	57-Trafo	630
						X3-61	95		
						X3-Trafo	630		

Kurs 11		Kurs 12		Kurs 13		Kurs 14		Kurs 15	
Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon
47-102	400	37-36	400	34-39	95	22-24	95	17-18	95
102-41	400	36-32	400	39-40	240	24-30	240	18-X4	240
41-38	240	32-28	240	40-33	240	30-29	240	X4-21	240
38-35	240	28-28	240	33-99	95	29-23	240	21-19	95
35-31	95	26-27	95	40-43	400	23-25	95	X4-20	240
47-Trafo	630	37-Trafo	630	43-Trafo	630	30-Trafo	630	20-16	95
								X4-Trafo	630

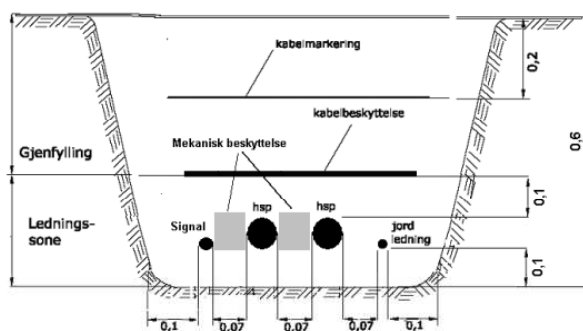
Kurs 16		Kurs 17		Kurs 18	
Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon
01.jun	95	103-3	95	105-8	95
06.des	240	104-3	95	08.sep	240
des.15	240	03.feb	400	09.okt	240
15.nov	95	02.apr	95	okt.13	400
15-14	400	02.jul	400	13.mai	95
14-Trafo	630	7-Trafo	630	13-Trafo	630

X = Koblingskap

vedlegg 2, eksempel på kabelkurser 3 MW vindturbiner

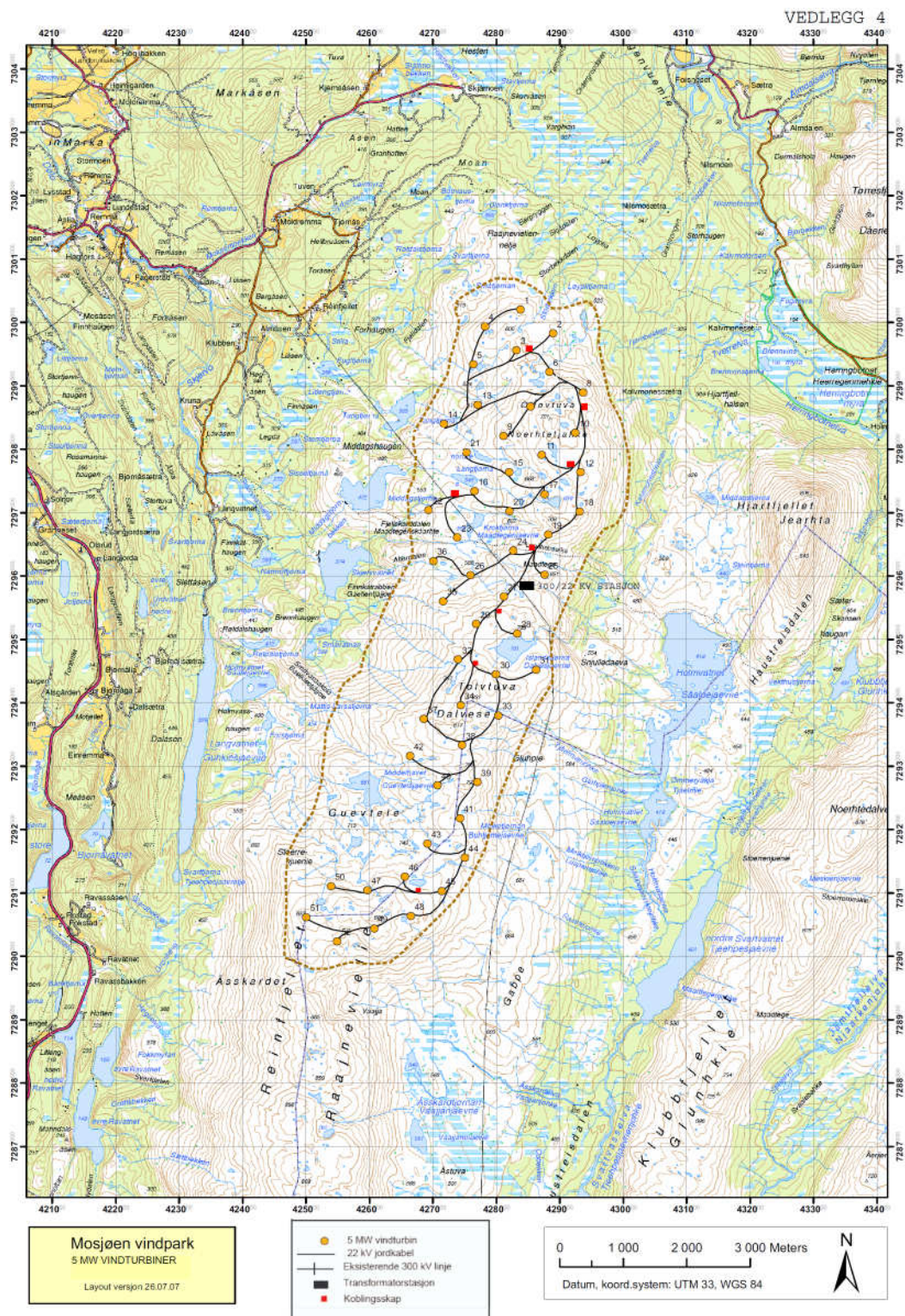
VEDLEGG 3

Snitt kabelgrøft



Maksimal grøftebredde vil trolig være ved 5 parallelle 22 kV kabler. Grøftebredde ved 5 kabler er ca 1,2 meter ved 7 cm avstand mellom kablene, og grøftebredde ved 1 kabel er ca. 0,5 meter. Det kan i enkelte grøfter være aktuelt å øke avstandene mellom kablene til 25 cm for å få tilstrekkelig strømføringssevne på kablene. Grøftebredden i de tilfellene vil være ca. 2,1 meter.

vedlegg 3, eksempel på grøftesnitt



vedlegg 4, interne kabler og nettilknytning for Mosjøen vindkraftverk – 5 MW vindturbiner

Kurs 1		Kurs 2		Kurs 3		Kurs 4		Kurs 5	
Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon
1-4	150	14-13	150	9-7	150	21-15	150	22-X4	150
4-5	400	13-6	400	7-8	400	15-17	400	X4-23	150
5-3	400	6-X1	400	8-X2	400	17-X3	400	X4-16	400
3-trafo	630	X1-3	150	X2-10	150	X3-11	150	16-20	400
		X1-2	150	X2-Trafo	630	X3-Trafo	630	20-Trafo	630
		6-Trafo	630						

Kurs 6		Kurs 7		Kurs 8		Kurs 9		Kurs 10	
Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon
35-26	150	12-18	150	32-29	150	31-30	150	42-40	150
36-26	150	18-19	400	29-X6	400	33-30	150	40-38	400
26-24	400	19-X5	400	X6-28	150	30-X7	400	38-37	400
24-Trafo	630	X5-25	150	X6-27	400	X7-34	150	37-Trafo	630
		X5-Trafo	630	27-Trafo	630	X7-Trafo	630		

Kurs 11		Kurs 12		Kurs 13	
Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon	Strekning	Dimensjon
43-44	150	50-47	150	51-52	150
44-41	400	47-X8	400	52-49	400
41-39	400	X8-46	150	49-48	400
39-Trafo	630	X8-45	400	48-Trafo	630
		45-Trafo	630		

X = Koblingskap

vedlegg 5, eksempel på kabel kurser - 5 MW vindturbiner