

HØGSKOLEN  
I BERGEN

HØGSKOLEN I BERGEN

Avdeling for ingeniør- og økonomifag

Studieretning Elkraftteknikk

5063 BERGEN

## Bacheloroppgave

<b>Oppgavens tittel:</b> Vindkraftdrevet oppdrettsanlegg	<b>Gitt dato: 12.05.15</b>
	<b>Innleveringsdato: 10.12.15</b>
	<b>Antall sider/vedlegg:</b> <b>50/34</b>
<b>Gruppedeltakere:</b> Morten Wirkola Gunnar Huynh Tran Ngoc Birger Råket Træthaug	<b>Veileder</b> Pål Albert Olsen Tlf. 55 58 75 78 E-post: <a href="mailto:Pal.Albert.Olsen@hib.no">Pal.Albert.Olsen@hib.no</a>
<b>Studieretning:</b> Bachelor i ingeniørfag, Elkraftteknikk	<b>Prosjektnummer:</b> <b>BO15E-76</b>
<b>Oppdragsgiver: Nasjonalt Vindenergisenter Smøla AS</b>  <small>NASJONALT</small> <b>VINDENERGISENTER</b>	<b>Kontaktperson hos oppdragsgiver</b> Thomas Bjørdal Mobil: +47 95893289 E-post: <a href="mailto:Thomas@nves.no">Thomas@nves.no</a>

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Omfang og begrensinger</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Risikovurdering</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Teknisk del</b> .....	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Skisse over løsning</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b>Vindturbin</b> .....	<b>13</b>
<b>4.3</b>	<b>Middelvindutregninger ved Solværet</b> .....	<b>19</b>
<b>4.4</b>	<b>Transformator og Nettstasjon</b> .....	<b>20</b>
<b>4.5</b>	<b>Kontrollsystem</b> .....	<b>21</b>
<b>4.6</b>	<b>Kabler</b> .....	<b>27</b>
<b>4.7</b>	<b>Batteri</b> .....	<b>29</b>
<b>4.8</b>	<b>Jording</b> .....	<b>36</b>
<b>4.9</b>	<b>Rapporter</b> .....	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>Kostnadsanalyse</b> .....	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Nasjonalt Vindenergiserter Smøla AS</b> .....	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>SalMar ASA OSE</b> .....	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Miljø</b> .....	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>43</b>
<b>10</b>	<b>Ordlister</b> .....	<b>45</b>
<b>11</b>	<b>Referanseliste</b> .....	<b>46</b>
<b>12</b>	<b>Vedlegg</b> .....	<b>50</b>

## 1 Sammendrag

Hensikten med dette oppdraget var å se om det lot seg gjøre å bygge en alternativ strømforsyning til oppdrettsanlegg til havs. I dag forsynes oppdrettsanleggene som ligger langt fra landstrøm av fossilt brennstoff, våre undersøkelser viser at det er fullt mulig å bygge et anlegg som drives av vind og bruker batteriteknologi som lagringsmedium av elektrisk energi. Dette må da kombineres med dieseldrift siden det er varierende effektbehov og ikke alltid vind tilgjengelig. Vindturbinen og batteriet er sannsynligvis overdimensjonert. Dette antas imidlertid å ha større betydning for produksjon og lagring av elektrisiteten enn det har for prisen på anlegget.

Med de siste beregningene tatt i programmet HOMER viser det at vi er oppe i en fornybar elektrisitetsproduksjon på 88 prosent. Dette vil redusere dieselforbruket drastisk, samtidig vil CO2 utslippet bli redusert tilsvarende og arbeidsforholdene for mannskapene som arbeider og bor på flåten bli betydelig bedret, siden driften på natt vil kunne stort sett gå på batteridrift når batteriet er fulladet.

Når det gjelder vindressursene er det som alltid usikkerhet rundt dette. Vindmålingene er hentet fra Veiholmen målestasjon foregående år og vindmåleren der står på 10 meters høyde og i en annen vindsoner. For å få mer nøyaktige beregninger burde vindserien hentet fra 10-15årene og regnet om. Dette ble meget omfattende jobb der tiden ikke strakk til.

På grunn av at vår kontaktperson Frederik Rütten hos ABB i Sveits, har sluttet i stillingen og vi ikke får noen ny kontaktperson fra ABB, har vi også noe usikkerhet rundt kontroller MGC600. Dette går på hvordan den skal kobles opp mot utstyret vi har valgt. ABB skriver i brosjyren og i det andre underlaget vi har fått fra dem at MGC600 skal kunne tilkobles ethvert anlegg. Vi har valgt å bruke denne, siden den er i drift på mange lokasjoner som ABB har levert som off-grid anlegg.

## 2 Innledning

### 2.1 Forord

Dette er en bacheloroppgave for studiet Elkraftteknikk ved Høyskolen i Bergen. Oppgaven er utført som gruppearbeid.

Vi har valgt å skrive om en løsning for off-grid strømforsyning til forflåter i oppdrettsbransjen. Denne type løsning er også brukt i andre deler av verden for strømforsyning til små isolerte samfunn.

Gruppen vår består av:

- Morten Wirkola
- Gunnar Huynh Tran Ngoc
- Birger Råket Træthaug

Opgaven er gitt av Nasjonalt vindenergiserter, som i samarbeid med SalMar AS ønsker en slik løsning satt i drift på en av SalMars lokasjoner.

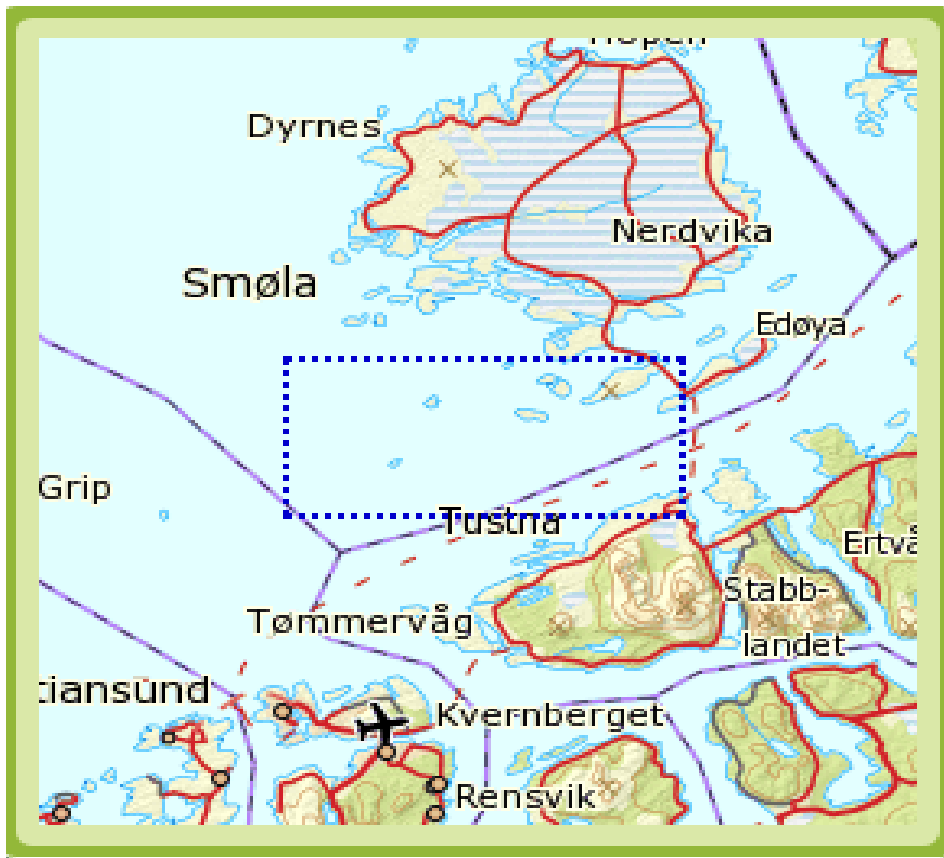
Vi har brukt våre eksisterende kontakter hos ulike leverandører for å hente inn produktinformasjon, men vi har også aktivt gått på andre leverandører for å skaffe den informasjonen vi har trengt for å fullføre oppgaven

### **Bakgrunn for oppgaven:**

Havbruksnæringa bruker fossilt brennstoff i sine oppdrettsanlegg i sjøen. Dette har flere negative sider, både ut fra klima, miljø, helse og økonomi. Både bransjen og miljømyndigheter ønsker en endring, slik at man i større grad henter sitt energibehov fra fornybare kilder. Mange oppdrettsanlegg ligger nært land, og kan slik oppnå dette ved å tilknytte seg landsstrøm. Imidlertid er det flere anlegg som er plassert slik at dette ikke er mulig på grunn av avstand/kostnad og nettkapasitet. Nasjonalt Vindenergiserter på Smøla vil utrede mulighetene for kraftforsyning av disse anleggene ved hjelp av en hybridløsning bestående av vindturbin, batteripakke og aggregat.

Vi skal utrede et slikt anlegg for SalMars oppdrettslokasjon Solværet.

Figur 1, Bilde på hvor nærmeste 22 kV høyspent er og på avstanden til anlegget.



Figur 2, Kartutsnittet slik at en kan se hvor på Smøla dette er.

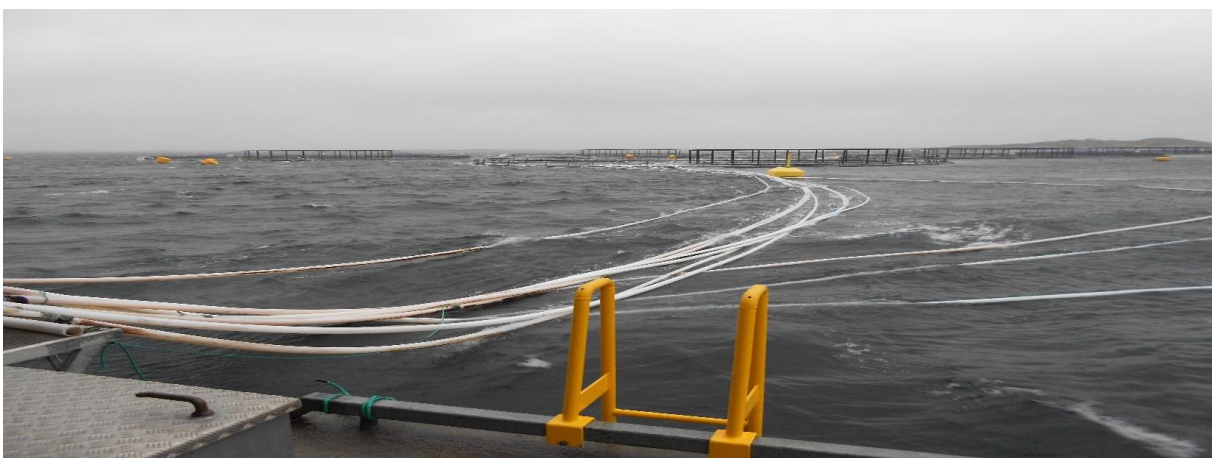


Figur 3, Solvær oppdrettsanlegg.



Oppdrettslokasjonen Solværet tilhører oppdrettsselskapet SalMar og ligger omtrent 1 times båttur utenfor øya Smøla i Møre og Romsdal fylke. Lokasjonen har 12 laksemerder, har en årsproduksjon på 4300 tonn laks og er bemannet av 3 personer til enhver tid. Normalt fores det så lenge det er dagslys.

Figur 4, Utsikt mot merdene på oppdrettsanlegget Solvær.



Flåten har et TN-S (Terra Neutral - Separate) anlegg med effektbryter innstilt på 400A og benytter seg av 2 stk. Broadcrown diesel generatorer som strømkilde. En på 200kW som brukes under foring, og en på 80kW som brukes på kveld/natt når blåser står stille.

Figur 5, Hovedbryter for oppdrettsanlegget lavspent som er innstilt på 400 A.



Figur 6, Diesel generator nummer 1 på 200kW.



Figur 7, Diesel generator nummer 2 på 80kW.



Figur 8, Blåser for forings anlegg.

**Effektbehov:**

Selve flåten har et eget-forbruk på 17kW. Til foring benyttes det 6 stk. blåserne som sender pellets gjennom rør ut til merdene. Hver av disse blåserne trekker 22kW på maks effekt. På nattestid så har hver merd belysning på 5kW.

Dette gir oss da et omtrentlig effektbehov på ca. 149kW under foring på full guffe og ca. 47kW når det ikke fores.



**Problemstilling:**

Sentralt i prosjektet er selve hybridløsningen. Foringsflåtene har et kraftbehov i størrelsesorden 250-450 kva. Eksisterende aggregater har en kapasitet på 200-350 + 80-100kW. De mest relevante vindturbiner som i dag finnes på markedet har en kapasitet på 250, 500 eller 800 kW. Det finnes også maritime batteripakker som kan settes sammen etter behov og slik kombineres med dieselaggregater og vindturbin. Hvordan kan man erstatte, helt eller delvis bruken av fossilt brennstoff samtidig som man ivaretar driftskrav, innenfor det som er økonomisk mulig.

**Mål:**

Det overordnede målet for prosjektet er å utvikle en prototyp på en løsning som erstatter en stor andel av anleggets forbruk av fossilt drivstoff, og som er bærekraftig ut fra økonomiske, miljø- og klimamessige hensyn.

### 2.2 Omfang og begrensinger

Oppgaven til vår er å beregne en løsning for mest mulig funksjonell drift av et oppdrettsanlegg. Primært den tekniske løsningen, begrenset til selve hybridsammensetningen. Sekundært skal vi også trekke inn økonomiske vurderinger i vår oppgave.

### 3 Risikovurdering

Dette prosjektet vil være nyvinning innenfor energiforsyningen til oppdrettsbransjen. Det er i denne sammenhengen ekstremt viktig at en tar HMS på alvor. Seriøse aktører og leverandører er derfor å foretrekke når det skal bygges et slikt anlegg ute i skjærgården.

Dette dokumentet vi leverer nå går overhodet ikke inn på detaljnivå men en vet i grove trekk hva som er utfordringer når det gjelder risikoer og faktorer som påvirker sikkerheten i arbeidet.

I planleggingsfasen må en se på lokaliteten og tilgjengeligheten for å komme seg trygt på land med maskiner. Det enkleste er å bygge en kai slik at tilkomsten lettes så mye som mulig. Deretter skal det landes gravemaskiner, borerigger og annet tungt utstyr.

Risikoene er da slik vi kan se på grunnarbeider:

- Velting av utstyr når det er forsering fra båt til kai.
- Personer som kommer i klem når det er sjøgang.
- Personer som faller på sjøen.
- Sprenging av fundament grop og planering av tomt for batteri og kiosk.

Når dette så er gjort er det da klart for reising av vindturbin og løfte batteripakken på plass. Disse komponentene kommer med båt og når de skal på plass må det ordnes med enten spesialskip eller lekter med kran. Under denne operasjonen er det viktig med stabilitet og seriøse aktører som ikke tar noen sjanser på sikkerheten. Det er også en fordel at de har gjort tilsvarende løfteoperasjoner tidligere.

Risikoer er her:

- Tunge løft i høyden.
- Ustabilt underlag for kran.
- Personer som faller på sjøen.
- Vindforhold.
- Bølger.
- Lyn og torden.

Når hovedkomponentene er på plass kommer kabeltrekking, oppkobling og idriftsetting. Her må en være oppmerksom på når det blir spenning på batterianlegget, koblingskiosk og vindturbin.

- Det skal være utnevnt AFA (Ansvarlig For Arbeid) på lavspenningsanlegget.
- Spenningsførende anleggsdeler skal merkes.
- Ved testkjøring skal leverandørens representant være til stede.
- Personer som faller på sjøen.
- Alle som ikke har noe å gjøre på site skal vises bort på trygg avstand til vi har kontroll på hele anlegget.

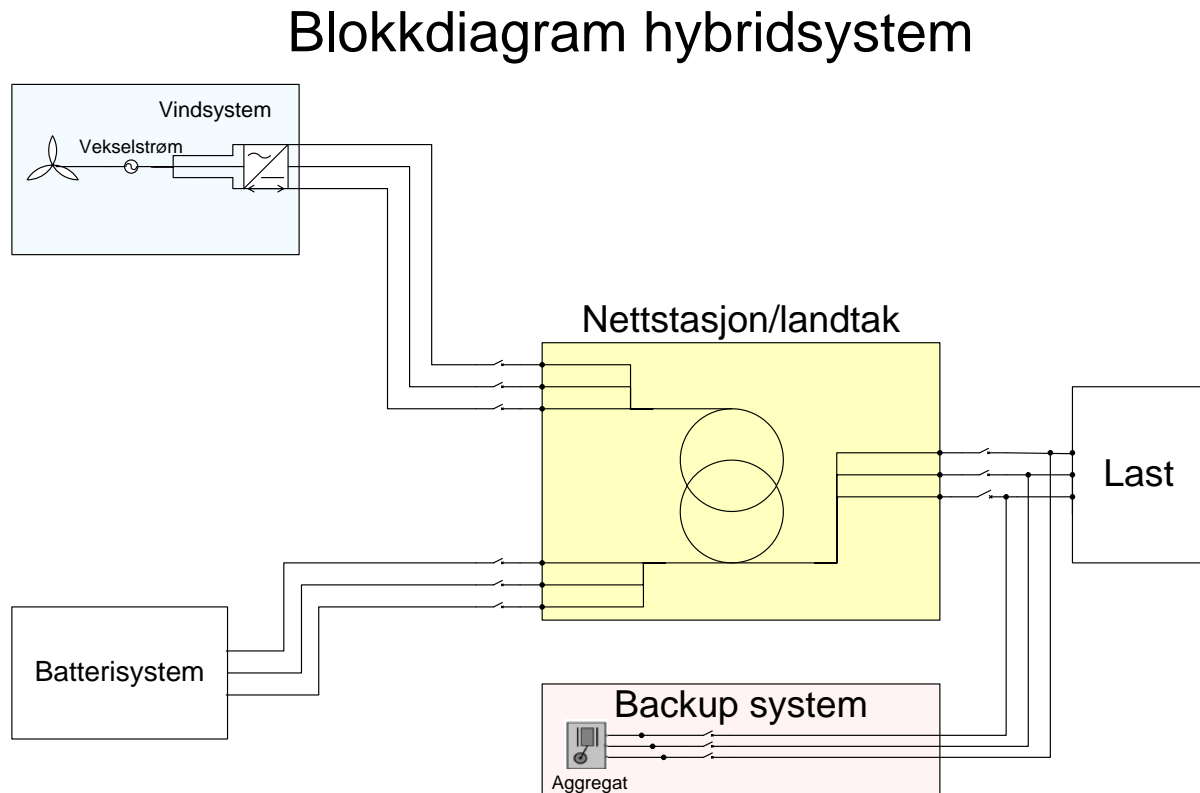
I tillegg kommer det som er en selvfølge men som vi nevner allikevel, at alle som arbeider på anlegget skal bruke personlig verneutstyr. Dette innbefatter hjelm, vernesko, fluoriserende arbeidstøy og når en jobber nære ved sjøen og ute på flåten skal flytevest brukes.

Det skal også utføres SJA (Sikker Jobb Analyse) for hver arbeidsoperasjon der alle involverte skal delta.

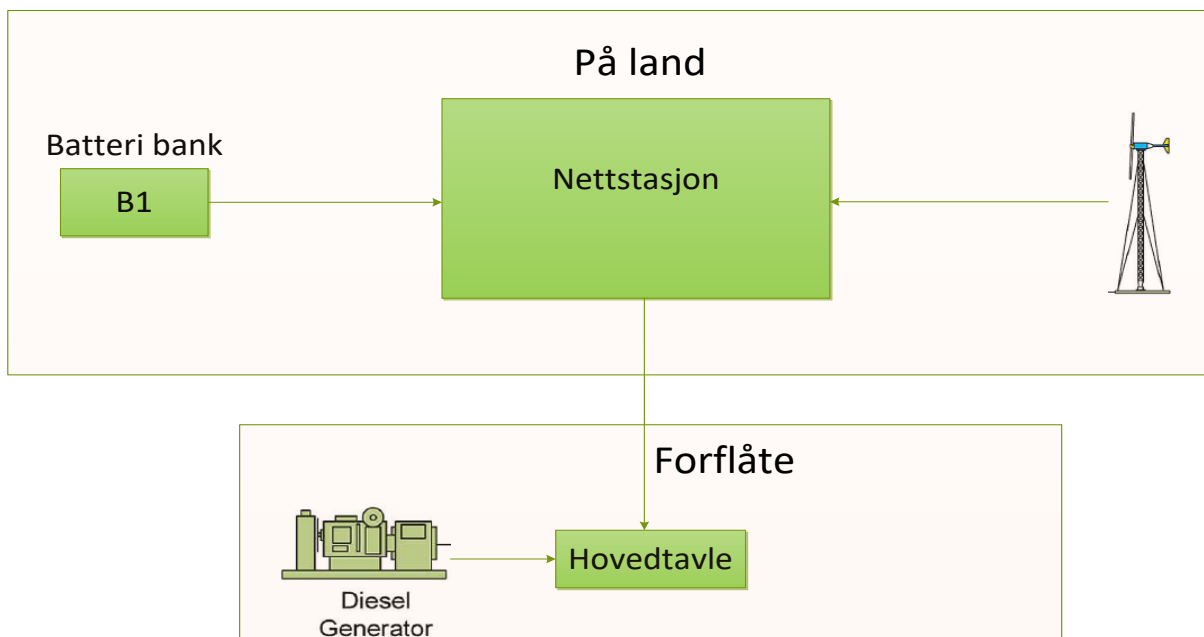
## 4 Teknisk del

### 4.1 Skisse over løsning

Figur 9, Blokkdiagram hybridssystem.



Figur 10, Flytskjema over site og eksisterende anlegget.



## 4.2 Vindturbin

Utvalget av vindturbiner i den størrelsen vi skal ha finnes det et begrenset utvalg. Det er nå et mye større fokus på store turbiner i størrelsesorden 2,3-8MW og Siemens har nå lansert en turbintype som de kaller 1X der 1 står for 10 MW og X står for at de ikke vet hvor langt opp de skal mot 20 tallet. Dermed sitter vi igjen med to aktuelle typer, det er en overhalet turbin på 500 KW opprinnelig produsert av Vestas og renoverert av Coemi Wind Turbines LTD i England. Den andre aktuelle turbinen er en 500 KW turbin produsert av EWT (Emergya Wind Technologies) i Nederland.

Ut i fra egne driftsmessige erfaringer vet vi at det å ha en girkasse medfører ekstra vedlikehold og ikke minst en større feilrate. En typisk girkasse i en vindturbin har 3 aksler og 5 lager + et planettrinn, lavhastighetstrinn, mellomhastighetstrinn og høyhastighetstrinn. Girkassen er utstyrt med trykkoljesmøring og et oljefilter. I en eldre type turbin er ikke filtreringen av oljen god nok siden det stadig blir slitepartikler som ikke fanges opp av filteret. Når generatoren produserer så går den med et turtall på 1500+ rpm (Revolutions Per Minute) siden den er utstyrt med en asynkron generator og rotoren har et nominelt turtall på 30 rpm.

Dette gir en utveksling på 1:50 og da blir det store påkjenninger på giret når det kommer kastevinder siden generatoren ikke har variabel hastighet men går med et fast turtall. Coemi turbinen har som mange leverandører hydraulikk i navet som styrer vingene. Dette er heller ingen fordel siden det hender at det blir lekkasjer i hydraulikksystemet med resulterende driftsstans og mulig utslipp av olje til naturen. Siden Coemi turbinen er av en eldre type har den ikke så effektive vinger at den klarer å starte av seg selv ved lave vindhastigheter. Den er derfor avhengig av å bruke generatoren som motor for å starte turbinen. Dette er ikke en ønsket driftssituasjon i vårt anlegg da vi har begrenset med effekt og er avhengig av at turbinen produserer og ikke forbruker strøm.

EWT turbinen er bygget opp på en annen måte enn Coemi turbinen. Den er av typen direktdrevet uten girkasse der det er en saktegående, mangepolet, med permanentmagnet generator som er koblet direkte til rotoren. I bunnen av turbinen sitter en AC-DC-AC konverter som sørger for at det blir en ren 50 Hertz utspenning fra turbinen. I konverteren

skjer også innfasingen mot nett. Pitch kontrollen på vingene er elektriske motorer. Dette er en stor fordel siden en slipper hydraulikk som erfaringsmessig og nevnt tidligere kan føre til avbrudd og uønskede utslipp til naturen.

Når en sammenligner disse to turbinene er det EWT som kommer best ut. Det gjelder de tekniske løsningene og når en ser på service og vedlikehold. Generatorene er også forskjellige, Coemi har en 500 KW asynkron generator. De må ha tilført spenning og reaktiv effekt for å kunne produsere energi og det er i utgangspunktet en dårlig løsning siden vi skal produsere mest mulig. EWT er en dyrere turbin i innkjøp men det vil lønne seg på kort sikt siden den er mer driftssikker etter vår mening og den har nyere teknologi som gjør at den vil produsere mere energi som igjen er veldig viktig i vår case, da vi skal redusere bruken av fossilt brennstoff så mye som mulig. Så da er valget ganske enkelt og det er EWT som blir valgt. [1] [2]

#### EWT vindturbin

Som nevnt tidligere har vi valgt en dirkektedrevet vindturbin av merket EWT. I prinsippet har ikke merket noe å si men en føler seg litt tryggere når en skal investere over 8 millioner kroner på en turbin at de har gode referanser og at det utprøvd teknologi. Den er klassifisert i IEC klasse IIA, det vil si at den er i en klasse der middelvinden i navhøyde er 8,5 m/s og tåler maks vind på 59,5 m/s. dette er mer enn bra nok for vår turbin der utregningene viser i 50 meters høyde en årsmiddelvind på 7-7,5 m/s.

Turbinen har elektrisk Pitch av vingene, dette er en bra teknologi med stor driftssikkerhet. Det er blant annet brukt av Enercon, som regnes som er en av de mest driftssikre turbinene på markedet i dag. Elektrisk Pitch gir god kontroll av vingene og det er ikke problemer med hydraulikklekkasjer slik det ofte er med nav som er hydraulisk styrt. Statkrafts vindparker i Norge og i Sverige er utstyrte med hydrauliske nav.

Der har vi dårlige erfaringer med hydraulikkproblemer og ikke minst løse gjenstander inne i navet. Hvert blad er utstyrt med en encoder som hele tiden leser av bladets posisjon. Pitch motorene er styrt av en konverter slik at vingene pitcher kontrollert mot nullpunktet og

tilbake igjen. Inne i navet sitter også batterier som fungerer som nødstyring i tilfelle det skulle skje nettutfall eller feil på den elektriske overføringen mellom maskinhus og nav. Da er det viktig at vingene pitcher kontrollert tilbake til 85 grader slik at turbinen ikke ruser. I et elektrisk nav er det også mye mindre vedlikehold som er viktig å få ned siden vindturbinen står stille når servicen pågår. [2]

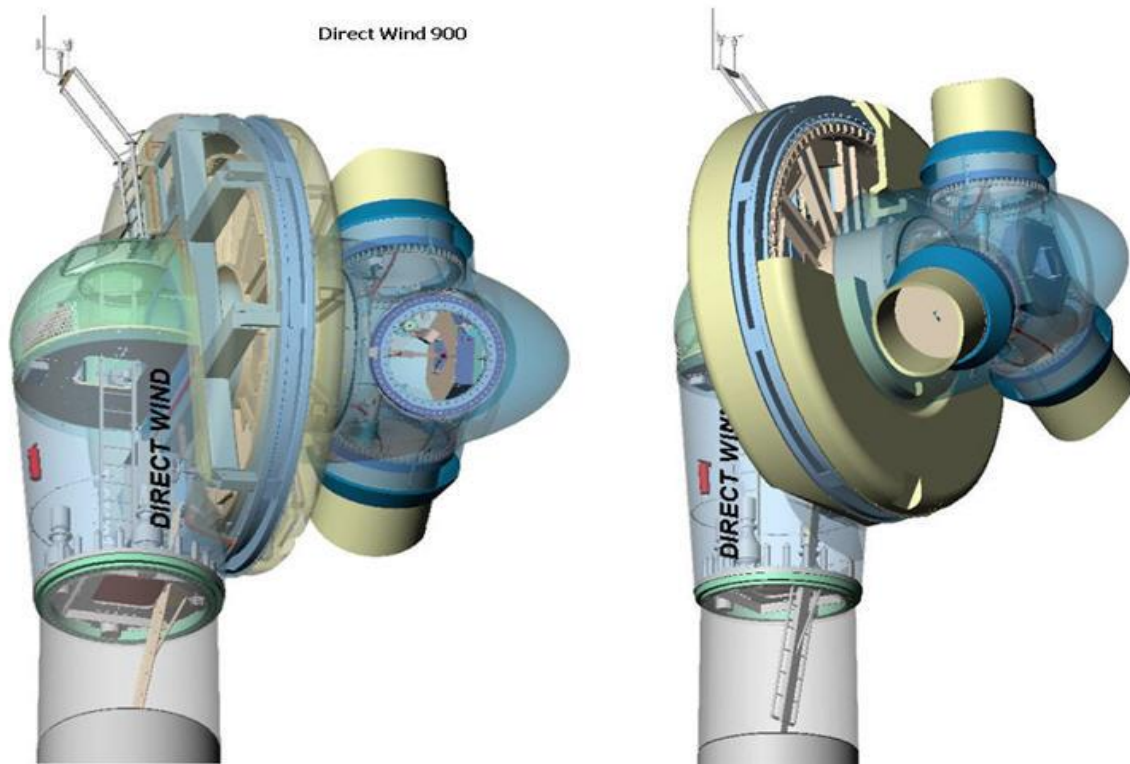
Figur 11, Skisse av elektrisk nav.



Figur 12, Nav til EWT vindturbin før det sammenkobles med vinger.



Figur 13, Splittegning av EWT nav, generator og maskinhus.



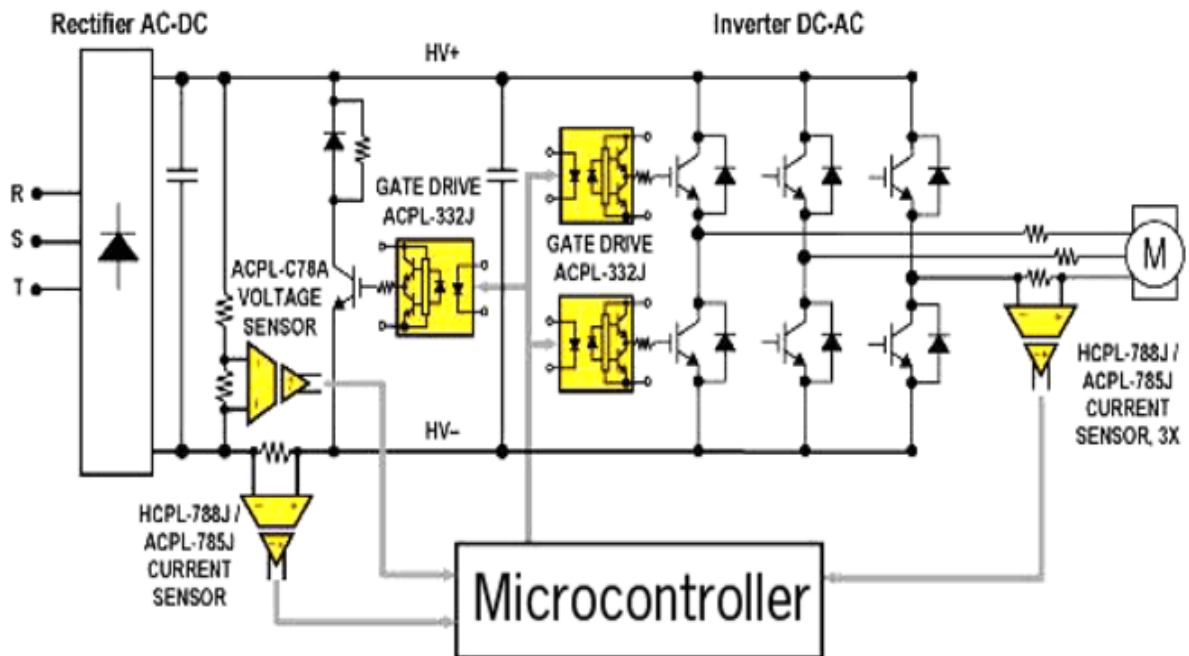
Generatoren på en slik vindturbin er en mangepolet, permanentmagnet, direkte-dreven generator. Den roterer sakte rundt i samme hastighet som navet, i dette tilfelle så roterer det 12-24 omdreininger pr minutt. Dette er en mye bedre og mer driftssikker løsning siden en slipper å bruke en girkasse. Girlossene i en vindturbin er som kjent en utsatt del med mulighet for store og dyre havarier. Frekvens og volt blir kontrollert av en AC-DC-AC, IGBT konverter i bunnen av turbinen. Under vises en skisse av hvordan denne ser ut.

Vekselspanningen fra den saktegående generatoren blir likerettet i konverteren og en ren 50 Hertz spenning blir resultatet ut fra denne.



Figur 14, Prinsippskisse av AC-DC-AC konverter.

## Typical inverter drive circuit



Figur 15, Montering av generator og hovedlager på en EWT turbin.



## **Kontrollsystem i vindturbinen**

EWT leverer sitt eget kontrollsystem som de kaller Directwind Management System (DMS). Dette systemet opererer, som Siemens og sikkert flere andre produsenter sitt system – på en Windows plattform.

Overvåkingen innbefatter kontroll av vindhastighet, vindretning, produksjon, temperaturer som er viktige å overvåke og Pitch vinkel på alle tre blader. Styringen har også mulighet for en tredjeparts tilkobling til Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) noe som gjør at det er enkelt for oss å koble til vindturbinkontroller MGC 600W.

I tillegg må det være en form for vibrasjonsovervåking på lager i generatoren, Tool Condition Monitoring (TCM). Dette har vist seg å være en nyttig tilleggsfunksjon siden slitasje og feil vil bli oppdaget på et tidlig tidspunkt og en kan planlegge en utskifting av den defekte komponenten i god tid før det resulterer i et større havari. Slik turbinen vil være plassert må det tas hensyn til været, årstiden og ikke minst hensynet på maskiner og utstyr som det kan være ventetid på å få leid inn. Det må kanskje koordineres med turbinprodusenten slik at de kan stille med personell til utskiftingen også.

Vindturbinen vil bli utsatt for kraftige vindkast og den må ha sikkerhetssystemer som kan stoppe den hvis den ruser. Der finnes det sentrifugalutløserer som sitter i bladene og de vil bryte styrestrømmen til navet slik at turbinen går i nødstopmodus og vingene pitcher i stopposisjon hvis hastigheten blir for høy.

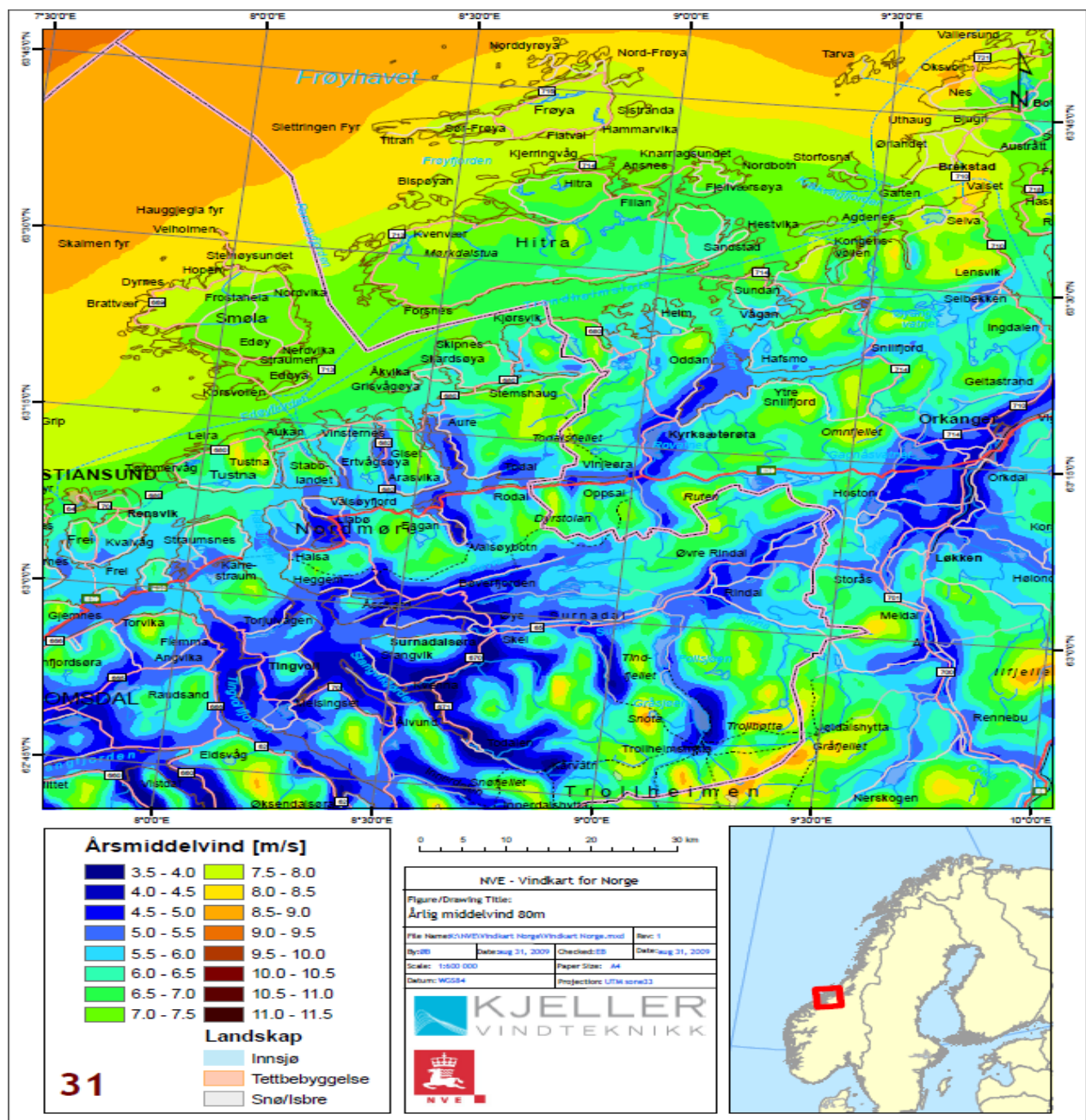
Tårnet i en vindturbin vil bli utsatt for store krefter og kraftige vindkast vil forårsake store svingninger i tårnet, derfor er det viktig å ha overvåking av disse svingningene slik at turbinen vil stoppe når det står på som verst. Det finnes svingningsvakter som monteres i maskinhusrammen og som slår ut når det er behov for det.

### 4.3 Middelvindutregninger ved Solværet

Vindmålinger utført av Kjeller Vindteknikk i 80 meters høyde skalert ned til 50 meters høyde som er aktuelt for vår turbin. Det viser at vi får en vindklasse lavere enn det som er beregnet ut i fra vindkartet som er utarbeidet for området.

Det vises på vindkartet at det er en årsmiddelvind i området på 7,5-8,0 m/s og vi får da en ny årsmiddelvind på 7,0-7,5 m/s. Vindkonstant Z0:0,03. [3]

Figur 16, Kart over årsmiddelvind.



Vi har hentet ut data fra målestasjonen på Veiholmen og den har målinger på 10 meters høyde. Der har vi tatt ut målinger fra september-14 til september-15 og de viser i 50 meters høyde, korrigert for en lavere middelvindklasse, en middelvind på 9,1 m/s. dette er da matet inn i HOMER og vi får en teoretisk fornybar energiandel på 85 %. Det er viktig å merke seg at dette er en utregning, men den er prøvd gjort så nøyaktig som mulig. Vinden er hentet fra målestasjonen hos Meteorologisk Institutt og data lastet ned fra nettstedet [www.eklima.no](http://www.eklima.no).

På et eget regneark er alle data hentet inn fra målestasjonen og regnet ut. [4]

#### 4.4 Transformator og Nettstasjon

For å få rett spenning til flåten bruker vi en Asea Brown Boveri (ABB) T3P 630kVA 690/400V tørrisolert transformator med Air Natural (AN) kjøling. Vi har vurdert at vi bruker denne type transformator fordi den er eksplosjon og brannsikker, ikke særlig plasskrevende og at det vil holde med luftkjøling på et slikt anlegg. Denne plasseres inni en nettstasjon tilpasset et maritimt miljø.

Figur 17, Tørrisolert transformator.



Som nettstasjon har vi valgt en glassfiberkiosk fra ABB som er beregnet for å stå i tøffe maritime omgivelser. Har god luftgjennomstrømning slik at den gir god kjøling til trafoen. En vanlig nettstasjon leveres med høyspent bryteranlegg, her er det byttet ut med en LS-tavle hvor vi tar inn 690V fra vindmølle/batteripakke.

Figur 18, Glassfiberkiosk fra ABB.



#### 4.5 Kontrollsystem

Dette kapittelet inneholder en oversikt over Microgrid Controller (MGC600). MGC600 er spesielt utviklet for integrering av enheter i isolerte strømforsyningssystemer (microgrids).

I det siste tiåret har MGC600 blitt installert i flere kraftverk blant disse vi finner Marble Bar, Ross Island, og Nullagine.

MGC600 er utformet for å administrere og automatisere systemer for kraftproduksjon som benytter ulike energiressurser som diesel, Heavy Fuel Oil (HFO), gass, jordvarme, vannkraft, vindkraft, solenergi og tidevann. Det gjør det mulig å opprette integrering av fornybare og konvensjonelle generatorer på en kostnads- og energieffektiv måte. Både operatør og miljø vil dra nytte av den maksimerte bruken av fornybar energi og optimalisert drift vil også gi fordeler.

Kommunikasjonen mellom de forskjellige enhetene foregår via fiberoptikk og opp imot et lokalt grensesnitt (LAN). [1]

Vi vil nå ta for oss de forskjellige MGC600:

#### Generator Kontroller MGC600G [I]

Den overvåker og kontrollerer aggregatet og gir informasjon til resten av systemet om statusen hos aggregatet. Den kan stoppe og starte aggregatet samt styre aktiv og reaktiv effekt hvis det er ønskelig. Eksisterende motorstyringer trenger ikke å bli erstattet siden MGC600G har innebygget styring for å kontrollere aggregatet. Aggregatet vil stoppe når vindturbinen produserer nok strøm og hvis det er nok strøm på batteriet. Styringen vil også starte nødaggregat hvis det blir feil på hovedgeneratoren.

FUNKSJON	BESKRIVELSE
Automatisk start/stopp av generatorer basert på programmerte konfigurasjoner.	Generatorene vil starte og stoppe slik det er programmert i SCADA systemet. Det er avhengig av hvor stor batterikapasitet og hvor mye strøm vindturbinen leverer og minimum gangtid før stopp på generatoren.
Automatisk oppstart av reservegenerator	I det det oppstår en alarm, kritisk eller ikke kritisk, vil systemet starte en reservegenerator i tilfelle hovedgeneratoren stopper.
Ideell last	Angir den ideelle lasten generatoren skal operere under. Dette stilles inn ved hjelp av parametersettinger.
Minimum gangtid	Dette er den korteste tiden generatoren kan gå før den stoppes.
Automatisk oppstart ved svart stasjon	Systemet oppdager svart kraftforsyning og kjører i gang generatorer og får de online.
Regulering ved varierende batterikapasitet	Systemet regulerer pådraget på generatoren ved varierende batterikapasitet.

Frekvens/spenning/last setpunkt	Frekvenskontroll og lastkontroll blir regulert av lokal kontroll i generatoren, MGC600G regulerer ikke setpunktet på hastigheten til generatoren. Den regulerer heller ikke spenningen. MGC600G er kun til overordnet overvåking og kommunikasjon mellom de andre MGC600 enhetene.
---------------------------------	--

### Vind turbin kontroller MGC600W [1]

Vindturbin kontrolleren kontrollerer og overvåker statusen til turbinen, kan starte og stoppe turbinen og kontrollere aktiv og reaktiv effekt.

Den kan kobles til enhver vindturbin uavhengig av fabrikat og med en batteribank tilkoblet vil styringen regulere vindturbinen slik at det ikke vil bli overlading på batteriene.

Det er to ulike kontrollinnstillinger på MGC600W:

- **Power kontrollert:** kontrollsystemet kan sette en grense på vindturbinen slik at den ikke produserer mer enn systemet sier den skal. Dette oppsettet er mer effektivt for å stabilisere energien i nettet men det er avhengig av hvor stor vindturbinen er i forhold til resten av kapasiteten i nettet.
- **Ikke Power kontrollert:** setpunkt på vindturbinen kan ikke bli satt og kontroll av vindturbinen kan bare skje ved start/stopp. Hvis denne innstillingen velges, er det viktig å ha last på nettet slik at unødvendige start/stopp sykluser unngås.

Funksjon	Beskrivelse
Automatisk start/stopp av vindturbin	Hvis vindturbinen er i auto mode kan MGC600W sende start/stopp signaler.
Kontrollbasert power begrensnig	MGC600W setter et setpunkt som muliggjør at en får en ideell powerkurve i forhold til vindgeneratoren slik at en slipper tilbakestrøm og feil på generatoren.

Setpunktbasert power begrensing	MGC600W setter et setpunkt som varierer med forbruket i nettet. Dette hjelper til med å holde produksjonen av energi nede hvis det skulle komme et vindkast eller vindturbinen skulle falle ut.
Setpunktbasert fordeling av effekt i en vindpark	Hver vindturbin har sin egen lastfaktor. MGC600W setter et setpunkt for vindparken og de forskjellige vindturbinene justerer seg etter lastfaktoren som er satt.
Ytelsesrapport	Dette inkluderer eksterne input fra effektmåling, anemometer, vindfane etc.

#### Lastkontroller MGC600L [I]

Lastkontrolleren er koblet opp imot lasten og får tildelt så mye strøm som er tilgjengelig via generatorer, vindturbin og batterier. Dette vil ikke bli noe problem i vårt tilfelle siden vi har dieselgeneratorer som har kapasitet til å drive kompressorene hvis det ikke er nok kraft tilgjengelig fra batteri og vindturbin.

#### Batterikontroller MGC600E [I]

Denne kontrolleren overvåker statusen på batterianlegget og kan regulere anlegget med å enten skru det av eller på og regulere hvor mye, enten reaktiv eller aktiv kraft, det skal levere eller lade med.



### Fjernovervåking (Remote I/O Monitoring, RIO) [I]

Denne hjelpefunksjonen gjør det mulig å overvåke forskjellige signaler og utvide funksjonaliteten til de andre MGC600 enhetene. Det kan være f.eks. overvåking på dieselpumper, tanknivåer, temperaturer, brannalarmsystemer, osv. RIO kan da utløse alarmer og signallys.

### DataRecorder [I]

Datainnsamlingen er basert på en ordinær industri pc. Den har lagringskapasitet til å kunne lagre alle overvåkede områder som MGC600 systemet kontrollerer. Den kan utstyres med en standard 2,5'' harddisk på 0,5 Terra Byte (TB), 1 TB eller 1,5 TB. DataRecorderen inneholder også SCADA web interface som tillater operatører å overvåke og kontrollere systemet.

Hvert overvåkingspunkt (MGC600) i systemet har lagret informasjonen den trenger for å kontrollere utstyret. Slik som i en Programmerbar logisk styring (PLS) kan de stilles inn etter behov.

### Historiske Data [I]

Alle data blir samlet inn i en database og de kan samles inn så ofte en selv ønsker.

Innstillingene er som følger:

- Data basert på tid.
- Data basert på forandringer i verdier.
- Periodisk innsamling i intervaller på:1s, 10s, 1min, 10min, 1time, også videre.
- Innsamling etter hvert som data blir hentet ute i systemet.
- Et visst antall innsamlinger pr. overvåkingspunkt.

Dataene blir lagret i en database som overskriver de eldste dataene. Lagringskapasiteten på en 500 GB harddisk er ca. 6-12 måneder for 1 sekunds datainnsamling og ca. 3 år for 10 min verdier. Dette vil selvsagt variere med antall målepunkter og hvor ofte innsamlingene tas. ABB tilbyr i tillegg en offsite lagring hvis det er ønskelig.

### **Automatisk rapportering [I]**

Automatisk rapportering er tilgjengelig som 2 opsjoner:

1. Onsite rapportering.
2. Offsite rapportering.

Onsite rapporten er veldig ufullstendig på grunn av liten etterspørsel etter denne løsningen, men Offsite rapporteringen er utviklet og har følgende funksjoner:

- Feil analyser.
- Optimering av parametere.
- Langsiktig overvåking av last.
- Tilgjengelighetsrapporter.
- Over/under grense rapporter.

### **SCADA/HMI (Human Machine Interface) [I]**

Til å kontrollere og overvåke MGC600 systemet er en standard nettleser nok. All overvåking skjer gjennom nettleseren og ingen programinstallasjon er nødvendig. Kommunikasjonen ut fra site skjer via 4/3G modem, Asymmetric digital subscriber line (ADSL), satellitt eller analoge modem hvis ingen annen mulighet finnes.

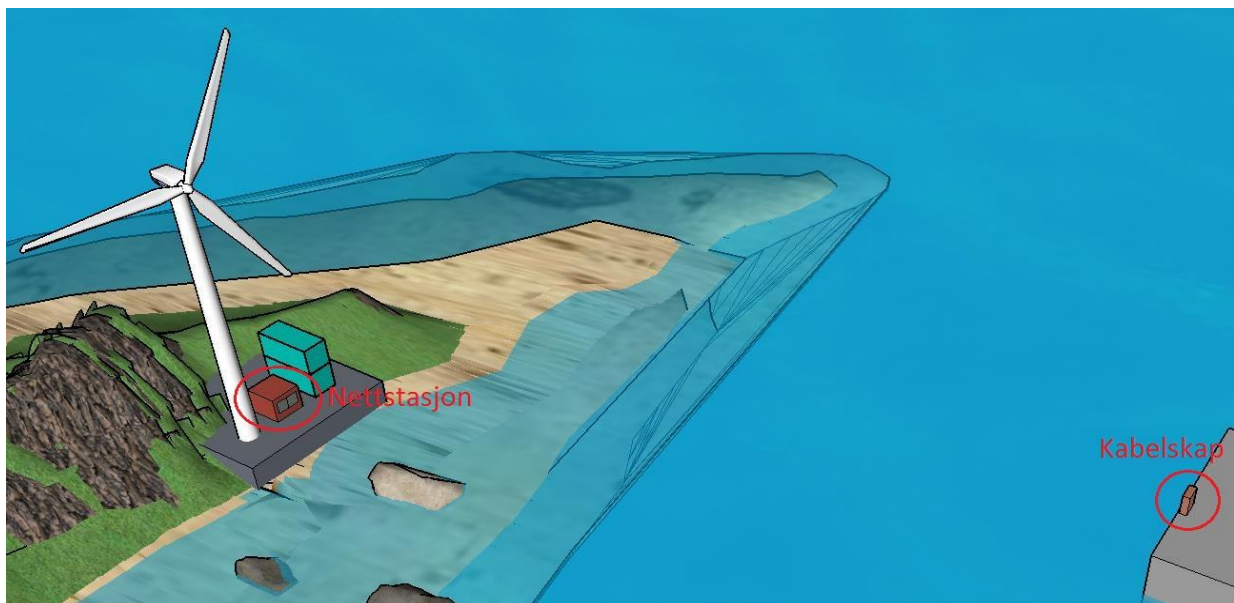
Nettilgangen tillater følgende:

- Overvåking av datapunkter.
- Forandring av parametere.
- Sende kontrollsignaler, start/stopp også videre.
- Se etter historiske data.
- Fjernstyrt support av siden.
- Oppdatering av software.
- Link til Offsite lagring av data.

#### 4.6 Kabler

Kabelløsningen som er valgt for dette anlegget må deles opp på grunn av sjøkabelen ikke kan gå rett inn til tavlen, dette har vi funnet ut etter dialog med flere produsenter som Nexans Norway og Draka norsk kabel AS. Kabelen må da legges inn til nærmeste kabelskap og deretter inn videre med en installasjonskabel.

Figur 19, Anlegg oppsatt på nærmeste skjær til oppdrettsanlegget.



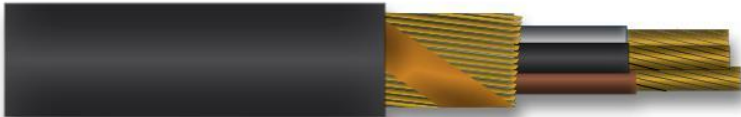
Figur 20, Ny kabelskap ved eksisterende flåte.



Figur 21, PFSP 4x240 CU sjøkabel fra NEK Kabel AS.



Figur 22, PFSP 4x240 CU installasjonskabel.



Vi har foretatt en spenningsfall beregning som sier om kabel løsningen som er valgt for dette anlegget er innenfor normer og forskrifter. [6]

Selv om vi benyttet oss av NEK 400 – 2014 som sier at vi kan ha maksimalt 4% spenningsfall så mener produsenten for disse kablene at den kan kun belastes med 445 A. [7]

Det er også viktig for oss at vi kan referere til forskriftet og ikke kun normen NEK 400 – 2014 for valgt av denne løsningen.

Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg.

### **§ 27. Beskyttelse mot spenningsfall i forbrukerens anlegg**

Anlegget skal være planlagt og utført slik at spenningsfall i anlegget ikke er til hinder for at utstyret får den spenningen det er beregnet for. [8]

Vi har også tatt kortslutningsberegning som viser fem forskjellige scenarioer der det kan oppstå kortslutninger. [9]

#### 4.7 Batteri

Her har vi valgt en løsning fra Amerikanske American Vanadium. De har en løsning de kaller for CellCube og som er modulær, brann og eksplosjonssikker, har lave vedlikeholdskostnader, lang levetid og leveres som en «turn key» løsning.

Dette passer prosjektet bra da vi kan bestille batterisystemet ferdig levert på anleggsplassen.

I den størrelsen vi trenger leveres den som 2 stk. 20 fots containere stablet oppå hverandre.

[10]

Figur 23, CellCube løsningen vi har valgt.



Figur 24, Viser at systemet har en kapasitet på 200 kW og 400 kWh.

Available power and storage capacity

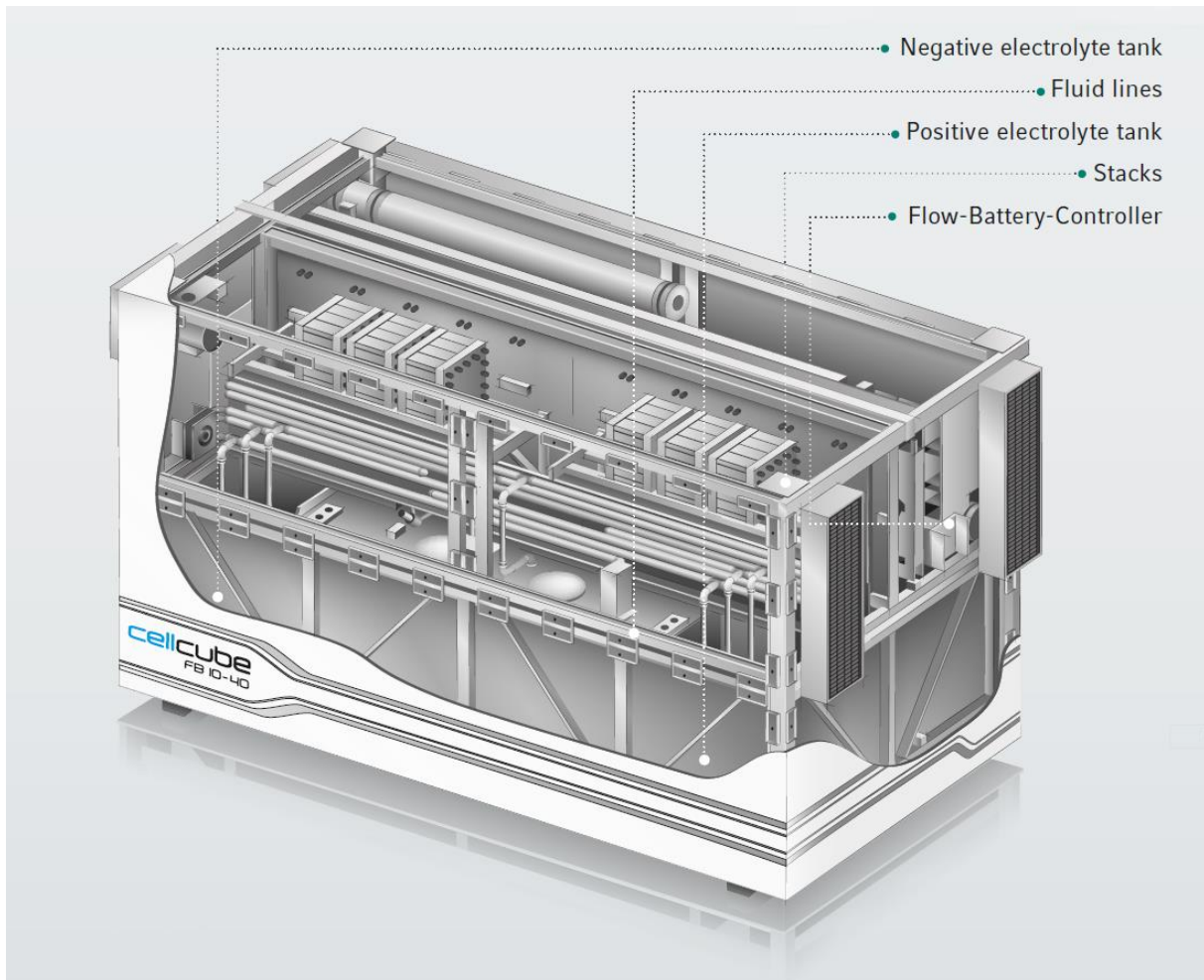
	Power output (kW)	Storage capacity (kWh)		
CellCube FB 200	200	400	800	1600

**+** Fordeler med systemet [10]:

- Leveres i værsikre og innbruddsikre containere.
- Ubegrensede antall gjenoppladninger.
- Tåler 100% utladning.
- Skalerbar til Mega Watt nivå gjennom parallell koblinger av flere CellCuber.
- Brannsikker og ingen eksplosjonsfare.
- Fjernstyrt eller online vedlikehold.
- Temperatur regulering.
- Optimale operasjons karaktereristikker gjennom smart batteristyring.
- Billig transport da systemet levers i standard containerstørrelser.
- Tilpasses for å lett kunne tilkobles vårt system.

**Om systemet [10]**

Figur 25, Skisse av CellCube innvendig.



Systemet er oppbygd av Stacker som igjen består av et antall seriekoblede celler som det flyter elektrolytt i gjennom. Elektrolytten lagres i egne tanker inni kontaineren. Batteriet lades og utlades via disse celle Stackene. Jo flere Stacker i et batteri jo mere effekt kan man hente ut fra systemet. Og jo større elektrolytt-tanker man har jo mere energi kan lagres. [10]

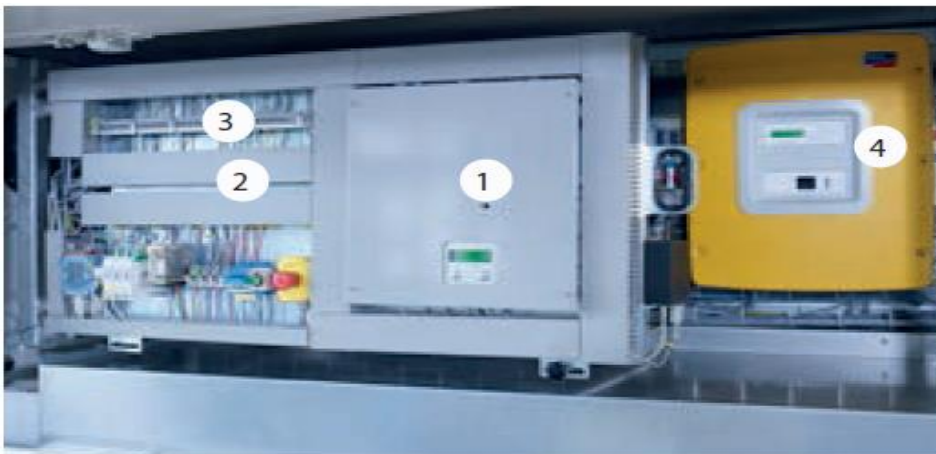
Figur 26, Stackene, her skjer den elektro-kjemiske prosessen som lader eller utlader batteriet.



Elektrolytten pumpes fra tankene til Stackene og strømmer tilbake til elektrolytt-tankene igjen. [10]

#### ✚ Elektriske komponenter [10]

Figur 27, Viser komponentene i systemet for den elektroniske delen.

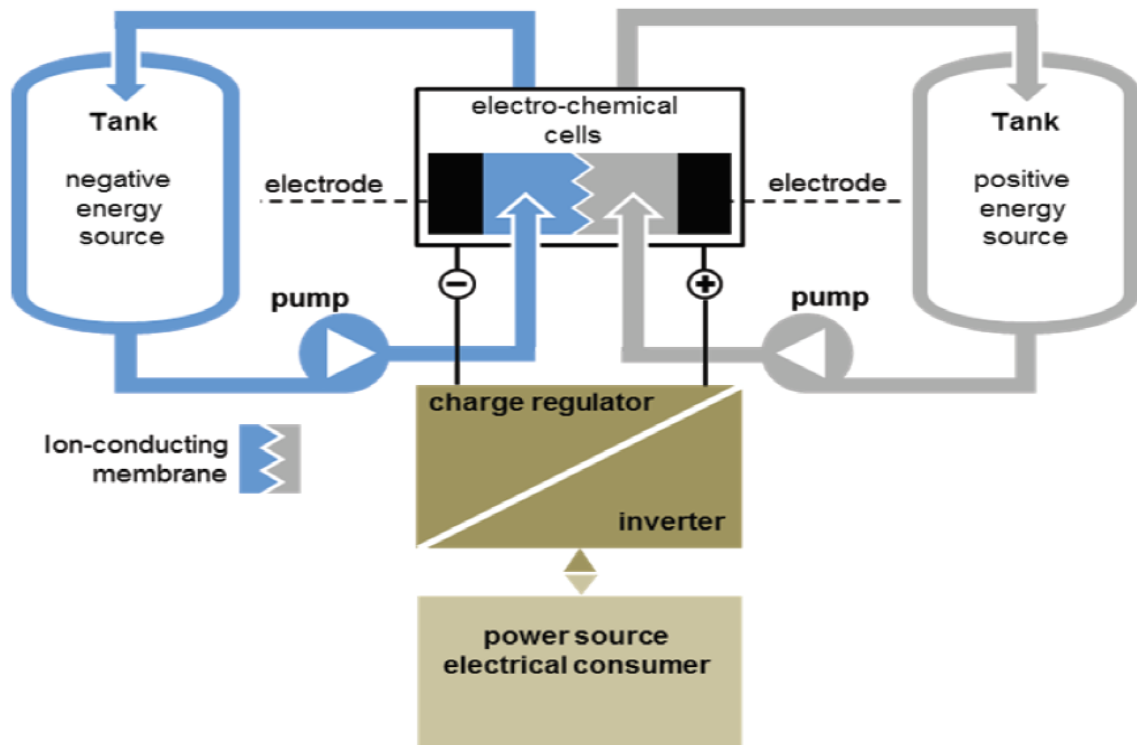


1. Flow-battery Controller (FBC) Bestemmer gjennomstrømmingen av elektrolytt.
2. DC bus.
3. Transition converter (Stackene) til DC bus.
4. Inverter med AC tilkobling.



### ✚ Flyt-teknologien [10]

Figur 28, Flytskjema over hvordan CellCube fungerer.



Denne teknologien som brukes her kalles Vanadium redox flow.

Vanadium Elektrolyttene lagres i to tanker og pumpes igjennom Stackene. Avhengig av den tilførte spenningen, lades eller utlades energi kildene elektro-kjemisk. Lade kontrolleren og inverteren er da interfacen mot vindmøllesystemet og forflåten.

Vanadium redox flow er den mest bærekraftige og varige energilagings teknologi som er tilgjengelig pr dags dato. Systemet bruker veske energikilder med oppløst vanadium salt, og er derfor ikke berørt av svekking ved gjentatte lade og utladninger. Kan derfor brukes uten begrensninger. Systemet inneholder heller ingen giftige stoffer lik som bly, kvikksølv og cadmium.

CellCube har også et integrert management system hvor all batteriparameterne kan kontrolleres online hele tiden. Her kan det også tilkobles et display slik at man kan kontrollere systemet lokalt. [10]

Figur 29, Kontrollere anlegget ved bruk av en nettbrett.



 Tekniske data [10]

Performance and energy	CellCube FB 10/20/30 kW	CellCube FB 200 kW
Nominal charge output	10/20/30 kW	200 kW
Nominal discharge output	10/20/30 kW	200 kW
Capacity of the energy storage system	40/70/100/130 kWh	400/800/1600 kWh
<b>Battery and system voltage</b>		
Output voltage option	- 48 VDC; 120 VAC; 230 VAC (1-phase); 400 VAC (3-phase)	400 VAC
Duration of connection/Reaction time	grid-independent: < 20 ms, remote converter: < 3 ms	
<b>Control system</b>		
Control via external interfaces	serial, TCP/IP, bus systems	
<b>Monitoring</b>		
Condition detection via remote monitoring by e-mail	State of charge (SOC), available energy, charge/discharge power output, and more	
<b>Efficiency</b>		
Charge/discharge cycle DC	up to 80 %	up to 80 %
Multi-stage management reduces power losses	3 independent, switchable circuits with energy-efficient pump control system	4 independent, switchable circuits with energy-efficient pump control system
<b>Self-discharge</b>		
Self-discharge in standby**	< 150 W	< 200 W
Self-discharge in tank	negligible (< 1 % per year)	negligible (< 1 % per year)
<b>Size and weight</b>		
Dimensions L x W x H	4,660 x 2,200 x 2,420 mm (15 x 7 x 8 ft)	6,060 x 2,440 x 5,800 mm* (20 x 8 x 19 ft)
Weight (empty condition)	3,8 - 4,5 t	20 t
Gross weight (filled condition)	7 - 14 t	60 t
<b>Climatic operating conditions</b>		
Climatic control	-40°C to +50°C (monthly average temperature)	
	The inside temperature is controlled between 20°C and 30°C by an intelligent temperature management system. Suitable insulation (for heating and cooling) allows deployment in any climate.	
* Base unit. ** Subject to change.		

#### 4.8 Jording

Siden vi er nærme sjø så kunne vi ha kastet jordingen uti sjøen men på grunn av vær og vind og bølgeforhold vil det være dårlig løsning på sikt. Det vil bli gnag på kopperledningene og korrosjon, dette vil medføre dårlig jording etter hvert.

Jording er en vesentlig del av det elektriske anlegget siden et godt jordingsanlegg hindrer farlige overspenninger, berøringsspenninger og potensialforskjeller. Siden en vindturbin er meget utsatt for lyn er det også viktig å tenke på impulsjord.

Jordingsystemet har fire hovedfunksjoner:

1. Lede 50 Hertz feilstrømmer til jord (50 Hertz jord).
2. Lede overspenninger til jord (impulsjord).
3. Systemjording.
4. Koble sammen utsatte og ledende deler for å unngå potensialforskjeller.

Jordresistiviteten i grunnen er ganske høy siden det er kun stein og fjellmasser på skjæret. Vi har ikke tatt resistivitetsmåling men ifølge tabell fra Rasjonelt Elektrisk Nettvirksomhet (REN) ligger den på en plass mellom 1000-10000 Ohm i grunn der det er morenegrus og fjellgrunn med vannfylte sprekker. [11]

Figur 30, Tabell av jordresistiviteten.

Tabell 1

Jordart	Spesifikk motstand
Saltholdig sjøvann	1 - 5
Fuktig myrjord	20-50
Ferskvann (Elv, innsjø, etc.)	10-150
Dyrket jord, leire (fuktig)	10-150
Dyrket jord, leire (Frossen)	2000 - 3000
Leirblandet sand	40-300
Torv, mold	50-250
Fuktig sandjord	100-300
Fuktig sand	1000
Tørr sandjord, morene	1000-3000
Tørr betong	2000-10000
Fjellgrunn med vannfylte sprekker	1000 - 10000
Granitt	10000-50000
Morene grus	1000 - 10000

Figur 31, Viser hva skjæret består av visuelt i forhold til jording.



Kravet med hensyn på berøringspenning er 20 ohm, det skal også tilfredstille kravet ved impulspenninger og lengden på jordspydene blir da i worst case:

$$L = \frac{\rho}{RE} = \frac{10000}{20 \text{ ohm}} = 500m$$

En må regne med å grave flere spyd og da blir lengden på dem:

$$500 * \frac{1,25}{3} = 208,33m \text{ på hvert spyd}$$

Vi legger 50mm<sup>2</sup> kobbertråd i grøften som vil gå inn i jordingen og den blir på ca 150 meter.

Det må også legges jording i grunnen rundt skjæret men det vil likevel ikke bli nok med hensyn på den lengden vi trenger for å få tilfredsstillende overgangsmotstand mot jord.

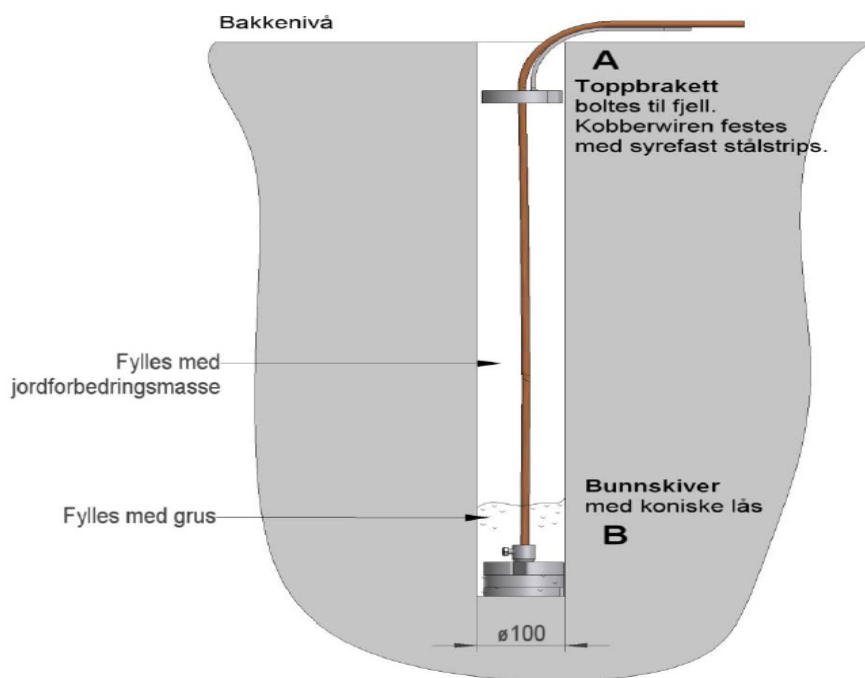
Derfor må det borres spyd ned i fjellgrunnen og kobberkablene må festes på denne måten slik bildet under viser. Maksimal avstand mellom festeklammer er 60 cm på fjellgrunn. [11]

Figur 32, Viser hvordan jordingen skal festes på fjell fra REN Blad 8011.



For å avlede farlige overspenninger så er det viktig at det ikke er krappe bøyer og lange avstander fordi impulsspenningen da vil se dette som stor motstand. Disse impulsspenningen kan komme hvor som helst i anlegget og det er derfor lurt å bygge jordingsanlegget etter disse kriteriene. Det skal da ikke være lenger utstrekning på jordingsanlegget enn 30 m og overgangsmotstanden til jord skal ikke overstige 60 Ohm men det skal tilstrebes en motstand under 30 Ohm. [11]

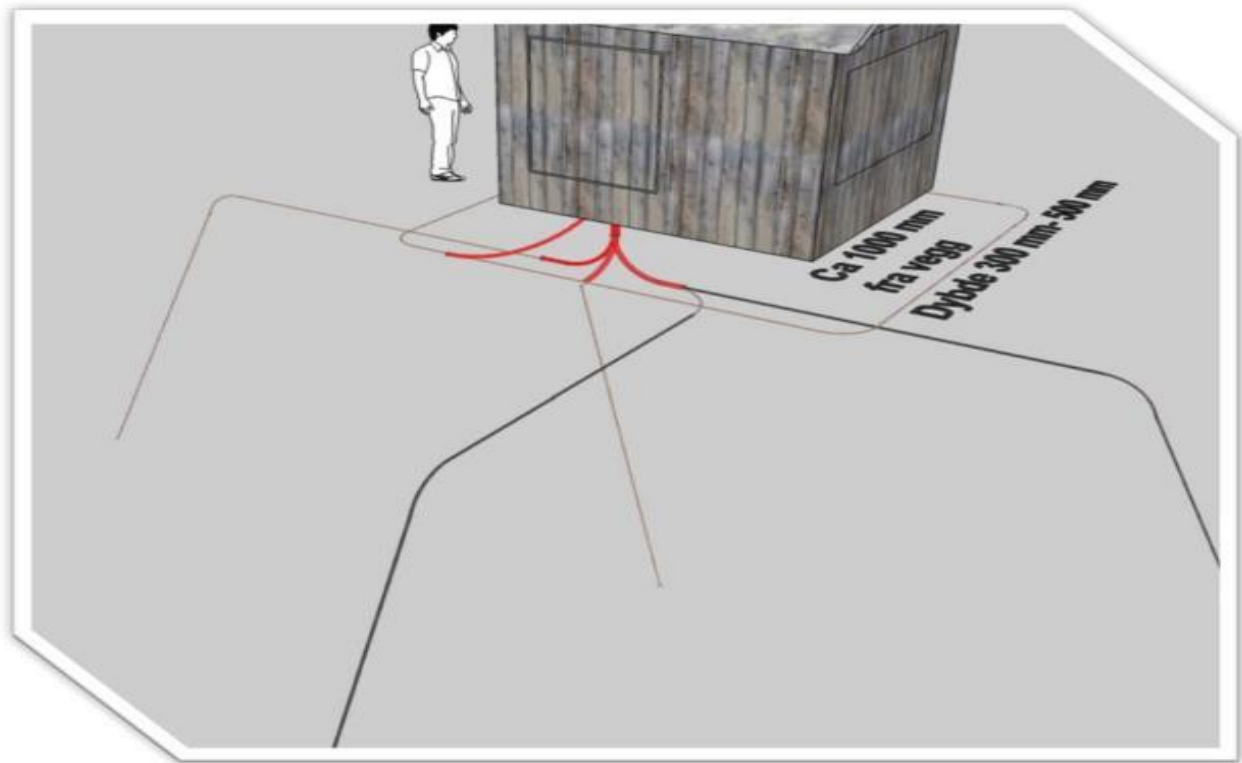
Figur 33, Som nevnt tidligere er det en fordel og borre ned spyd for å få en best mulig jording dette kan gjøres slik som skissen under viser.



Det er viktig å overholde minimumsavstanden til nærliggende kabler. Avstanden er satt til 7 cm, dette for ikke å skade kablene som ligger i samme grøft ved eventuelle overslag mot jord. [11]

Figur 34, Jording i nettstasjon.

Se figur RT8061 for eksempel på nettstasjon med potensialstyring og egen impulsjording. Det etableres en egen forbindelse fra ringen og til hovedjordskinne i nettstasjon. Eventuell blank jordtråd fra grøfter skal holdes separert inn til jordskinne og de skal isoleres med rør inn i nettstasjonen.

**Utjevningsordning:**

Rundt anlegget er det viktig å jorde alle utsatte deler mot samme jordpotensiale. Dette for å unngå farlige berøringsspenninger, krepstrømmer og potensialforskjeller. [11]

**Skjøting av jordtråd:**

Ved skjøting av jordingen i bakken skal det brukes enten C-Press eller termittsveising. Ved bruk av C-Press skjøter er det spesielt viktig at en bruker rett hylse og presstang. Det skal bli «hel ved» når det er rett utført. [11]

**4.9 Rapporter**

Rapporter fra programmet HOMER. [12]

Rapporter fra REN prosjektsystem om kostnader med landstrøm eller sjøkabel. [13]

## 5 Kostnadsanalyse

Kalkylen viser i hvilken størrelsesorden investeringen vil ligge i, vi har ikke klart å få inn reelle innkjøpspriser og har basert vårt budsjett på budsjettprisene til leverandørene.

Figur 35, Innkjøpsbudsjett Solværet fra excel ark.

<b>Innkjøpsbudsjett Solværet</b>					
Utstyr	Antall	Pris		Total pris	
		Budsjettpris	Anbudspris	Budsjettpris	Anbudspris
<b>Vindmølle</b>					
Vindmølle med tilhørende utstyr	1	9 000 000,00		9 000 000,00	0,00
Levering og montering	1	1 000 000,00		1 000 000,00	0,00
<b>Batteri</b>					
Batteripakke	1	8 000 000,00		8 000 000,00	0,00
Levering til Solværet	1	100 000,00		100 000,00	0,00
<b>Nettkomponenter</b>					
Nettstasjon	1	120 000,00		120 000,00	0,00
Trafo	1	120 000,00		120 000,00	0,00
Effektbrytere	4	4 000,00		16 000,00	0,00
<b>Kabler</b>					
Sjøkabel PFSP 4x240 CU	150	1 350,00		202 500,00	0,00
PFSP 4x240 CU	30	1 200,00		36 000,00	0,00
<b>Kontroller</b>					
Hovedenhet kontroller med kabling ferdig inst.	1	500 000,00		500 000,00	0,00
	0	0,00		0,00	0,00
<b>Fundamentering</b>					
Støp av fundament på holmen	1	1 000 000,00		1 000 000,00	0,00
<b>Arbeidstimer</b>					
Prosjektleder	30	1 500,00		45 000,00	0,00
Kabellegging	75	1 000,00		75 000,00	0,00
Montasje	75	1 000,00		75 000,00	0,00
<b>Andre kostnader</b>					
				0,00	0,00
<b>Subtotal</b>				20 289 500,00	0,00
<b>Uventede kostnader</b>					
Add 10%				2 028 950,00	0,00
<b>Total</b>				kr 22 318 450,00	\$0,00



## 6 Nasjonalt Vindenergiserter Smøla AS

Nasjonalt Vindenergiserter Smøla AS, NVES, er lokalisert i Smøla vindpark, og er ett av tre kompetansesentra for fornybar energi i Møre og Romsdal. De andre to er Kompetansesenter for havenergi på Runde og Kompetansesenter for sol- og bioenergi i Tingvoll. NVES har som målsetning å øke interessen og kompetansen om bruk av vindenergi i Norge gjennom formidling av kunnskap. Våre største brukergrupper er skoler, FoU, politikere, organisasjoner, utbyggere og kommuner. [14]

## 7 SalMar ASA OSE

SalMar er i dag en av de fremste lakseprodusentene i verden og selskapets vekst har hele tiden vært fulgt av fremragende økonomiske resultater.

Næringen er i betydelig utvikling og potensialet for videre vekst er enormt. I SalMar er vi klokkeklare på at veksten må være bærekraftig; miljømessig, samfunnsmessig og økonomisk. For å forsterke fokuset på de prestasjonene som har gjort SalMar til det selskapet det er i dag, har vi i 2014 etablert en ny visjon som skal være vår fremtidige ledestjerne; [15]

«Passion for Salmon»

SalMars uttalte målsetning om kostnadslederskap ligger fast, men selskapet beveger seg fra å fokusere på resultater til å fokusere på prestasjoner - vi skal være fremragende i alle ledd og elementer av produksjonen.

Den nye visjonen vil være overordnet all virksomhet og handling i SalMar. Alle valg i forhold til vår produksjon skal gjøres med utgangspunkt i lidenskapen vi har for laksen. Laksen skal produseres på laksens betingelser. Det er vår oppfatning at de beste biologiske resultatene vil legge grunnlaget for de beste økonomiske resultatene og slik sikre posisjonen som den mest kostnadseffektive lakseprodusenten i verden.

Den nye visjonen og ambisjonen betinger en vinnerkultur i hele organisasjonen, og det er i vår felles lidenskap for laksen at SalMar-kulturen og selskapets postulater har sitt utspring.

Postulatene underbygger visjonen og beskriver ønsket adferd og felles handlingskompetanse for alle ansatte. [15]

## 8 Miljø

Enhver utbygging i naturen har konsekvenser, det har vårt anlegg også. En vil forstyrre det visuelle inntrykket av naturen og den vil ikke lenger bli like uberørt. En vindturbin som rager 75 opp i luften vil vises ganske langt og det er alltid fare for at det vil kollideres fugler inn i tårnet og i bladene. For å minske dette problemet vil vi utstyre vindturbinen med en sort vinge. Dette er på grunn av at i Smøla vindpark har det blitt gjort et forsøk (INTACT) med å male en vinge sort på 4 vindturbiner og foreløpige resultater viser at det er 60% mindre aktivitet av fugler rundt de turbinene enn de med bare hvite vinger. I tillegg er vindturbinen uten hydraulikkolje og girolje noe som gjør at det ikke vil bli utslipp av olje i naturen ved en eventuell lekkasje. [16]

Vi har også gjort beregninger med HOMER når det gjelder utslipp av avgasser og bruk av diesel. Der viser det seg at vi får betydelige reduksjoner av skadelige avgasser til luft.

Det vil fremdeles bli utslipp til naturen men CO<sub>2</sub> er redusert fra 596816 kg i året til 62135 kg. NO<sub>x</sub> utslippene er redusert fra 13145 til 1365 kg. Samtidig vil kWh prisen bli redusert med ca 40 øre pr kWh og det viser at selv om investeringskostnadene er ganske betydelige så vil det lønne seg på sikt. [17]

Det vil også bli en bedring for de som arbeider og oppholder seg på flåten, da det på lavlastperioder vil bli kun batteridrift og aggregatene som tidligere gikk døgnet rundt vil stå stille. Dette vil bety at de vil få en roligere natt, en bedre arbeidsdag etterpå og dermed være mer uthvilt noe som igjen betyr et sikrere arbeidsmiljø.

## 9 Konklusjon

Vi har vist i denne rapporten at det finnes ferdige komponenter som kan settes sammen til et system for en off-grid strømforsyning. Vi har sett bort i fra pris når vi har valgt de forskjellige komponentene og i stedet prøvd å finne den løsningen som over tid er mest driftssikker og vil gi mest fornybar energi.

Der vi finner den største usikkerheten er vindmålingene som vi har brukt i våre beregninger. De nærmeste målingene er foretatt i et annet område en hvor flåten ligger og er i tillegg foretatt på 10m høyde for så å skaleres opp til 50m hvor vår vindmølle vil jobbe. Allikevel er disse målingene tatt i et område som kan sammenliknes med vår lokasjon.

Vi har også hatt litt vanskeligheter med å få oppgitt tekniske data fra noen av leverandørene og da spesielt kortslutningsstrømmer. Her har vi valgt å bruke erfaringstall på de komponentene hvor vi manglet slike data for å få regnet ut kortslutningsytelsene på de forskjellige stedene.

Alle komponentene vi har valgt er noe av det ypperste som er på markedet, da med tanke på kvalitet og driftssikkerhet. De er godt utprøvde på andre lokasjoner i store deler av verden med flere tusen installasjoner. Vi har derimot ikke klart å finne noen som har satt akkurat disse komponentene som vi har valgt, sammen til et fungerende system. Det finnes billigere løsninger på markedet og som da vil gi lavere investeringskostnader men samtidig vil gi høyere driftskostnader og mest sannsynlig lavere driftstid på fornybar energi.

Vi har ikke klart å få inn annet enn budsjettpriser på de forskjellige komponentene, det vi derfor være litt usikkerhet på hva et slikt anlegg egentlig vil koste. Det er først når et slikt anlegg går ut på anbud at en vil få helt reelle priser. Vi ser for oss at prisene da vil reduseres betraktelig.

Når en sammenlikner pris pr kWh direkte kommer vi omtrent på samme pris ca. 2,5 kr pr. kWh. Da er det tatt med investeringskostnader og vedlikeholdskostnader over en periode på 20 år, noe som er forventet levetid på systemet. Tar en med at et slikt anlegg vil løse ut en investeringsstøtte fra Enova på 40-45% så vil kWh prisen ramle til rundt 1,70 kr pr. kWh. Her

vil uansett den miljømessige gevinsten være så stor at den vil dekke over mye av kostnadene med å kjøpe et slikt anlegg.

Løsningen vil etter våre beregninger gi en innsparing på 82% av dieselforbruket, dette må jo sies å være en meget betydelig reduksjon når det kommer til klimagasser og som også gir en arbeidsmiljømessig gevinst for de som jobber på flåten, da støy og vibrasjoner fra generatorene vil reduseres betraktelig.

Vår endelige konklusjon er at det vil koste en del å kjøpe et slikt anlegg, men hvis man ønsker en mere miljømessig profil og ikke har mulighet for å koble seg til landstrøm så er det absolutt en god investering. Det vil også være lønnsomt hvis det må bygges linjenett eller legges sjøkabel over et gitt antall kilometer. En rask kalkyle viser at 1km. med høyspentlinje vil koste fra 1-1.5 millioner kroner i utbyggingskostnader og legging av sjøkabel ligger i samme prisklasse. Her er det ikke så mange kilometer som skal bygges før vår løsning kan være et bedre alternativ.

Vi har også sett litt på hvilke andre bruksområder et slikt anlegg kan brukes. Undersøkelser viser at det pr dags dato er rundt 100 millioner mennesker som ikke har strøm til sine hjem. En slik løsning kan da brukes for å forsyne for eksempel ei lita øy med strøm. Systemet kan enkelt endres slik at man for eksempel kan bruke solcellepaneler framfor vindmølle eller dieselgenerator der hvor det er hensiktsmessig.

## 10 Ordliste

- ❖ ABB (Asea Brown Boveri)
- ❖ AC (Alternating Current)
- ❖ ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)
- ❖ AFA (Ansvarlig For Arbeid)
- ❖ AN (Air Natural)
- ❖ DC (Direct Current)
- ❖ DMS (Directwind Managment System)
- ❖ EWT (Emergya Wind Technologies)
- ❖ FBC (Flow-battery Controller)
- ❖ HFO (Heavy Fuel Oil)
- ❖ HMI (Human Machine Interface)
- ❖ HOMER (Hypergeometric Optimization of Motif EnRichment)
- ❖ IGBT (Insulated-gate Bipolar Transistor)
- ❖ INTACT (Innovative Tools to reduce Avian Conflicts with wind turbines)
- ❖ kWh (Kilo Watt per Timer)
- ❖ LAN (Local Area Network)
- ❖ NEK (Norsk Elektroteknisk Komite)
- ❖ NVES (Nasjonalt Vindenergisenter Smøla AS)
- ❖ PLS (Programmerbar Logisk Styring)
- ❖ REN (Rasjonell Elektrisk Nettvirksomhet)
- ❖ RPM (Revolutions Per Minute)
- ❖ RIO (Remote I/O Monitoring)
- ❖ SJA (Sikker Jobb Analyse)
- ❖ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)
- ❖ TB (Terra Byte)
- ❖ TCM (Tool Condition Monitoring)
- ❖ TN-S (Terra Neutral - Separate)

## 11 Referanseliste

- [1] Coemi Wind Turbines LTD: Hentet 15.07.2015. <http://www.environmental-expert.com/downloads/vestas-v27-wind-turbines-specification-326586> Vedlegg [A]
- [2] Emergya Wind Technologies: Hentet 26.08.2015. <http://www.ewtdirectwind.com/wind-turbines/ewt-wind-turbines/dw5254-500kw.html> Hentet 26.08.2015.  
<http://www.ewtdirectwind.com/technology.html> Hentet 26.08.2015.  
<http://www.ewtdirectwind.com/technology/dms-control-system.html> Hentet 26.08.2015.  
<http://www.ewtdirectwind.com/technology/nacelle-design.html> Hentet 26.08.2015.  
<http://www.ewtdirectwind.com/technology/back-to-back-converter.html> Hentet 26.08.2015.  
<http://www.ewtdirectwind.com/wind-turbines/service-performance.html> Vedlegg [B]
- [3] Vindberegninger: Monin & Yaglom 1971, Statistical fluid dynamics, Mechanics of Turbulence, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA, Page 274. Dr. Pål Preede Revheim, NVES. Vedlegg [C]
- [4] Egen produsert Excel ark basert på rapport fra eKlima.  
[http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL) (Må ha brukernavn og passord) Vedlegg [E]
- [5] Renewable Microgrid Controller MGC600. Hentet 29.08.2015.  
[http://new.abb.com/docs/default-source/ewea-doc/microgrid-controller-600\\_en\\_lr\(dic2013\).pdf?sfvrsn=2](http://new.abb.com/docs/default-source/ewea-doc/microgrid-controller-600_en_lr(dic2013).pdf?sfvrsn=2) Vedlegg [I]
- [6] Egen produsert Word dokument. Vedlegg [L]
- [7] NEK Kabel AS. Hentet 27.10.2015. Vedlegg [J]
- [8] <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1998-11-06-1060>, § 27. Beskyttelse mot spenningsfall i forbrukerens anlegg.
- [9] Egen produsert Word dokument. Vedlegg [M]
- [10] <http://energy.gildemeister.com/en/store/cellcube-fb-200> Hentet 13.10.2015. Vedlegg [N]

[11] Jording fra REN Blad 8010 og REN Blad 8011. Hentet 15.10.2015.

<http://www.ren.no/web/guest/ren-blad> (Må ha brukernavn og passord) Vedlegg [Q]

[12] Hentet 27.09.2015. Hypergeometric Optimization of Motif EnRichment, program er lisensiert. Vedlegg [Q]

[13] Hentet 20.06.2015. <http://www.ren.no/Prosjektsystem/views/main/prosjektliste.jsf> (Må ha brukernavn og passord) Vedlegg [R]

[14] Nasjonalt Vindenergisenter Smøla AS. Hentet 03.11.2015. <http://nves.no/om-oss/>

[15] SalMar ASA OSE. Hentet 03.11.2015. <http://www.salmar.no/Om-SalMar/Strategi-og-visjon>

[16] Innovative Tools to reduce Avian Conflicts with wind Turbines. Hentet 18.02.2014. Mail: Brosjyre og logo – INTACT. Vedlegg [S]

[17] Rapport fra Hypergeometric Optimization of Motif EnRichment, program er lisensiert. Vedlegg [T]

Figur 1, *Bilde på hvor nærmeste 22 kV høyspent er og på avstanden til anlegget* – [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)

Figur 2, *Kartutsnittet slik at en kan se hvor på Smøla dette er* – [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)

Figur 3, *Solvær oppdrettsanlegg* – Personlig kamera, med tillatelse av SalMar ASA OSE.

Figur 4, *Utsikt mot merdene på oppdrettsanlegget Solvær* – Personlig kamera, med tillatelse av SalMar ASA OSE.

Figur 5, *Hovedbryter for oppdrettsanlegget lavspent som er innstilt på 400 A* – Personlig kamera, med tillatelse av SalMar ASA OSE.

Figur 6, *Diesel generator nummer 1 på 200kW* – Personlig kamera, med tillatelse av SalMar ASA OSE.

Figur 7, *Diesel generator nummer 2 på 80kW* – Personlig kamera, med tillatelse av SalMar ASA OSE.

Figur 8, *Blåser for forings anlegg* – Personlig kamera, med tillatelse av SalMar ASA OSE.

Figur 9, *Blokkdiagram hybridsystem* – Egen produsert i Visio 2010, microsoft program.

Figur 10, *Flytskjema over site og eksisterende anlegget* – Egen produsert i Visio 2010, microsoft program.

Figur 11, *Skisse av elektrisk nav* – [http://www.ifm.com/ifmus/web/apps-by-industry/cat\\_060\\_010\\_010.html](http://www.ifm.com/ifmus/web/apps-by-industry/cat_060_010_010.html)

Figur 12, *Nav til EWT vindturbin før det sammenkobles med vinger* – <https://www.renewablesfirst.co.uk/windpower/wind-installation/>

Figur 13, *Splittegning av EWT nav, generator og maskinhus* – <http://www.angelfire.com/biz/pcollier/MLRE-WEBSITE/emergya.htm>

Figur 14, *Prinsippskisse av AC-DC-AC konverter* – Takahashi, Y. Itoh, “*Electrolytic Capacitor-Less PWM Inverter*”, in Proceedings of the IPEC’90, Tokyo, Japan, , pp. 131 – 138, April 2 – 6, 1990 <http://powerelectronics.com/power-electronics-systems/keeping-inverters-safe>

Figur 15, *Montering av generator og hovedlager på en EWT turbin* – <http://thewindfactory.com/references/wind-grid/100-kw-1-mw/900-kw-ewt-northern-ireland/>

Figur 16, *Kart over årsmiddelvind* – Vedlegg [D]

Figur 17, *Tørrisolert transformator* – Vedlegg [F]

Figur 18, *Glassfiberkiosk fra ABB* – Vedlegg [G] [H]

Figur 19, *Anlegg oppsatt på nærmeste skjær til oppdrettsanlegget* – Egen produsert 3D tegning via Google Sketchup.

Figur 20, *Ny kabelskap ved eksisterende flåte* – Egen produsert 3D tegning via Google Sketchup.



Figur 21, *PFSP 4x240 CU sjøkabel fra NEK Kabel AS* – Hentet 27.10.2015. Mail: SV Forespørsel på kabel i forbindelse med bacheloroppgave. Vedlegg [J]

Figur 22, *PFSP 4x240 CU installasjonskabel* – Hentet 27.10.2015. [http://nek-kabel.no/norsk/produkter\\_1/installasjonskabel\\_1/standard\\_for\\_fast\\_installasjon/content/fil\\_elist\\_a10165f4-ba9d-4c73-8285-3260e623a491/1400760131096/pfsp\\_nycwy.pdf](http://nek-kabel.no/norsk/produkter_1/installasjonskabel_1/standard_for_fast_installasjon/content/fil_elist_a10165f4-ba9d-4c73-8285-3260e623a491/1400760131096/pfsp_nycwy.pdf) Vedlegg [K]

Figur 23, *CellCube løsningen vi har valgt* – Vedlegg [N]

Figur 24, *Viser at systemet har en kapasitet på 200 kW og 400 kWh* – Vedlegg [N]

Figur 25, *Skisse av CellCube innvendig* – Vedlegg [N]

Figur 26, *Stackene, her skjer den elektro-kjemiske prosessen som lader eller utlader batteriet* – Vedlegg [N]

Figur 27, *Viser komponentene i systemet for den elektroniske delen* – Vedlegg [N]

Figur 28, *Flytskjema over hvordan CellCube fungerer* – Vedlegg [N]

Figur 29, *Kontrollere anlegget ved bruk av en nettbrett* – Vedlegg [N]

Figur 30, *Tabell av jordresistiviteten* – REN Blad 8010 Versjon 3.4 / 2012 side 8.

Figur 31, *Viser hva skjæret består av visuelt i forhold til jording* – Personlig kamera, med tillatelse av SalMar ASA OSE.

Figur 32, *Viser hvordan jordingen skal festes på fjell* – REN Blad 8011 Versjon 3.2 / 2012 side 6.

Figur 33, *Som nevnt tidligere er det en fordel og borre ned spyd for å få en best mulig jording dette kan gjøres slik som skissen under viser* – El-tjeneste Jording Januar 2014 side 5. Hentet 17.11.2015 <http://www.el-tjeneste.no/files/Brosjyre-jording.pdf>

Figur 34, *Jording i nettstasjon* – REN Blad 8011 Versjon 3.2 / 2012 side 16.

Figur 35, *Innkjøpsbudsjett Solværet fra Excel ark* – Egen produsert i Excel, microsoft program. Tall basert på erfaring det som ikke er oppgitt som vedlegg. Vedlegg [B] [J] [N]

## 12 Vedlegg

[A] Coemi Wind Turbines LTD.

[B] Emergya Wind Technologies og Mail: RE DW52 54-500 KW.

[C] Middelvindutregninger ved Solværet.

[D] Vindkart for Norge utviklet av Kjeller Vindteknikk.

[E] Middelvind 1år og Vind Veiholmen.

[F] 1LES100025-ZD-Low-Voltage-Transformers.

[G] UniPack-G datasheet Rev00 EXT 20131120\_2.

[H] IMG\_0920.

[I] Microgrid Plus System.

[J] Datablad PFSP og Mail: SV Forespørsel på kabel i forbindelse med bacheloroppgave.

[K] pfsp\_nycwy.

[L] Spenningsfall beregning.

[M] Kortslutningsberegning.

[N] brochure-cellcube-download-data, flyer-microgrid-data og Mail: Fwd Cellcube

[O] REN8010 - Distribusjonsnett - Jordingsystem - Prosjektering (v3.4) og REN8011

[P] Brosjyre-jording fra El-tjeneste Januar 2014

[Q] Rapport HOMER – Orginal

[R] Prosjektrapport for blank linje, Prosjektrapport for BLX linje, Prosjektrapport for demontering linje, Prosjektrapport for EXEL linje, Prosjektrapport for kabel, Prosjektrapport for NS i bygg og Prosjektrapport for prefabrikert nettstasjon

[S] INTACT folder\_v4 og Mail: Brosjyre og logo – INTACT

[T] Diagram utslipp og Miljøgevinst