

Sensur av hovedoppgaver Høgskolen i Buskerud Fakultet for Teknologi



Prosjektnummer: 2012-24

For studieåret: 2011/2012

Emnekode: [SFHO-3200](#)

Prosjektnavn:

Power Control System

(Energibalanseringssystem)

Utført i samarbeid med: Kongsberg Maritime AS

Ekstern veileder: Espen Kværnstuen

Sammendrag: Oppgaven omhandler å realisere et automasjonssystem med brukergrensesnitt, for energibalansering og regulering av energiproduksjon ved en vindturbinpark, kombinert med et pumpekraftverk. Kraftverkene er via en lukket forsyningssløyfe tilkoblet en by, som til enhver tid skal forsynes med den energimengde som etterspørres. Balanseringen av produksjon, pumpelagring av vann og forbruk er essensen i oppgaven, og dette er realisert ved bruk av Kongsberg Maritimes automasjonssoftware, AIM.

Stikkord:

- Energibalansering
- Automasjonssystem
- Miljøvennlig energiproduksjon

Tilgjengelig: DELVIS

Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Frode Kolgrov	
Christian Sandberg	
Erlend Grøterud	
Lars O. Fjelltun	
Peder Numme	

Dato: 29. Mai 2012

Frank Helgestad
Intern Veileder

Olaf Hallan Graven
Intern Sensor

Eirik Mathiesen
Ekstern Sensor



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



PROSJEKTRAPPORT

PROSJEKT	Power Control System
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime AS
UTFØRT VED	Høgskolen i Buskerud, Fakultet for teknologi
DATO	29.05.2012
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg

INNHALDSFORTEGNELSE

- Forord
- Sammendrag
- Dokumentoversikt
- Forstudierapport
- Prosjektplan
- Kravspesifikasjon
- Testspesifikasjon
- Designdokument
- Implementasjonsdokument
- Testrapport
- Brukermanual
- Økonomidokument
- Etteranalyse
- Vedlegg

FORORD

Globale klimaendringer er i dag en av de største utfordringene menneskeheten står ovenfor. Satsing på fornybar energiproduksjon er ansett som et vesentlig bidrag for å redusere virkningene av dette. EU har som mål at 20 % av Europas energibehov innen 2020 skal dekkes av fornybar energi¹. En stor del av denne produksjonen vil komme fra on- og offshore vindenergi. Sammen med denne satsingen, ser man flere utfordringer i forbindelse med uforutsigbarhet i produksjon. Lagring av energi ved bruk av pumpekraftverk er en av løsningene for å kompensere for dette.

Som en avsluttende del av bachelorstudiet innen kybernetikk og mekatronikk ved Høgskolen i Buskerud har prosjektgruppa gjennomført et omfattende hovedprosjekt for Kongsberg Maritime AS.

Prosjektgruppa har bestått av fem studenter som har gjennomført prosjektet fra august 2011 til juni 2012. Høsten 2012 gjennomførte prosjektgruppa en forstudie som dannet grunnlaget for det mer omfattende arbeidet etter jul. Dokumentet du nå leser vil gi en oversikt over de forskjellige arbeidsfasene, og vår løsning av oppgaven.

Gruppa vil benytte anledningen til å takke de involverte ved Kongsberg Maritime og Høgskolen i Buskerud, for god hjelp og veiledning gjennom arbeidet.

¹ <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1776>

SAMMENDRAG

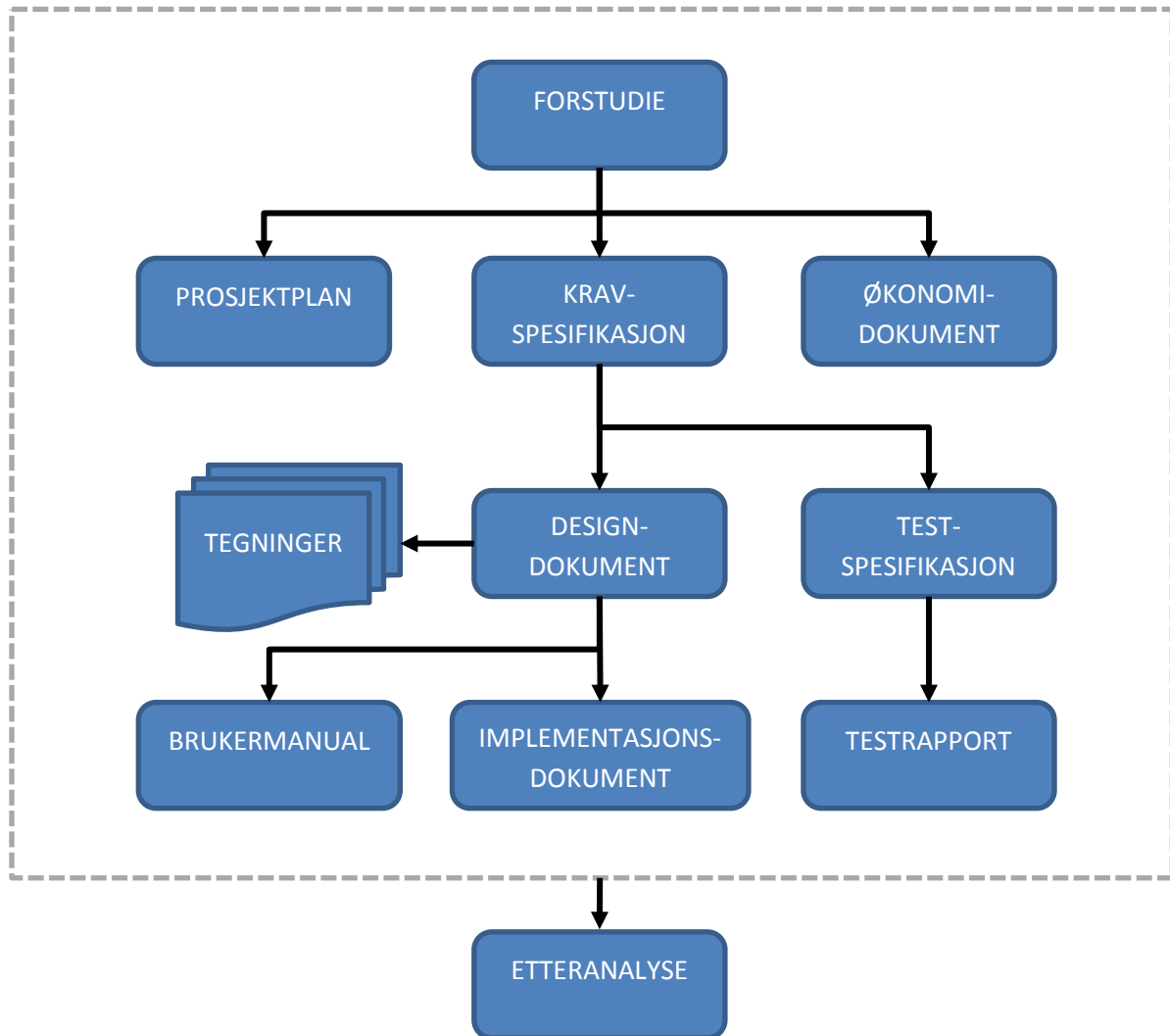
Oppdragsgiver for oppgaven har vært Kongsberg Maritime AS. Kongsberg Maritime er en anerkjent teknologibedrift som leverer tekniske løsninger til maritime fartøy og installasjoner.

Oppgaven omhandler å realisere et automasjonssystem med brukergrensesnitt, for energibalansering og regulering av energiproduksjon ved en vindturbinpark, kombinert med et pumpekraftverk. Kraftverkene er via en lukket forsyningsløyfe tilkoblet en by, som til enhver tid skal forsynes med den energimengde som etterspørres. Balanseringen av produksjon, pumpelagring av vann og forbruk er essensen i oppgaven, og dette er realisert ved bruk av Kongsberg Maritimes automasjonsprogramvare, AIM.

Prosjektrapporten med vedlagt CD er gjort *de/vis* tilgjengelig i biblioteket ved Høgskolen i Buskerud. Dette fordi prosjektets kildekode ikke er vedlagt på CD, da denne krever spesiell programvare og maskinvare fra Kongsberg Maritime for å kunne brukes.

DOKUMENTOVERSIKT

Denne prosjektrapporten inneholder flere frittstående dokumenter som er utviklet og vedlikeholdt underveis i prosjektperioden. Figur 1 viser en strukturoversikt over alle de offisielle dokumentene i prosjektet.



Figur 1 Dokumentoversikt



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



FORSTUDIERAPPORT

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen I Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	2.0		
ANTALL SIDER	22		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	22.11.2011	Første utgivelse
	2.0	29.05.2012	Andre utgivelse

INNHALDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	4
1.1	Dokumenthistorie.....	4
1.2	Definisjoner og forkortelser	4
2	INNLEDNING	5
3	PROSJEKTGRUPPA OG BEDRIFTEN	6
3.1	Prosjektgruppa	6
3.2	Bedriften.....	7
4	OPPGAVEN.....	9
4.1	Innledning.....	9
4.2	Fakta om Vindenergiparken	10
4.3	Fakta om Pumpekraftverket.....	11
4.4	Forslag til Løsning	12
4.4.1	Vindturbinparken	12
4.4.2	Pumpekraftverket.....	13
4.4.3	Engineering og systemdesign	15
4.4.4	Simuleringer	15
5	MÅL MED OPPGAVEN.....	16
6	RISIKOANALYSE.....	17
7	PROSJEKTMODELL	19
8	DOKUMENTOVERSIKT	21
9	REFERANSER	22

LISTE OVER FIGURER

Figur 1	Kongsberg Maritimes hovedkontor på Kongsberg, samt bedriftslogo	7
Figur 2	Vestas V52 (Mehuken I)	10
Figur 3	Enercon E70 (Mehuken II)	10
Figur 4	Mehuken I og II (Foto: Ragnar Myre)	10
Figur 5	Nygard kraftverk – turbinaksel og generator	11
Figur 6	Systemtopologi.....	12
Figur 7	Prinsippskisse for styring av pumpekraftverk	14
Figur 8	Evolusjonær- prototypemodell	20

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie.....	4
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	4
Tabell 3	Prosjektgruppa	6
Tabell 4	Referansegruppe	8
Tabell 5	Tekniske data, Nygard kraftverk.....	11
Tabell 6	Risikoanalyse	17
Tabell 7	Dokumentoversikt	21

1 OM DOKUMENTET

Dette dokumentet inneholder informasjon om prosjektoppgaven som ikke er oppdatert eller revidert. Dette er gjort fordi dokumentet er et resultat av en forstudie, som vi ønsker skal stå som den er. Forstudien anses som en separat, og allerede avsluttet del av prosjektperioden.

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING
1.0	22.11.2011	Første utgivelse
1.1	28.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> • Kap. 1: Lagt til informasjon om at dokumentet ikke anses som levende, og er derfor ikke revidert med oppdatert informasjon om oppgaven. • Kap. 1.2: Oppdatert tekst • Tabell 2: Oppdatert tabelltekst og innhold • Tabell 6: Oppdatert første rad i tabell med store bokstaver • Kap. 9: Fjernet kapittel om aktivitetsplan (denne er i prosjektplan)
2.0	29.05.2012	Andre utgivelse

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere ord og uttrykk som er forklart i Tabell 2:

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonssoftwareplattform.
BKK	Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap
Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime har gitt oppgaven og er oppdragsgiver/kunde.
Prosjektgruppa	Studentene som gjennomfører prosjektet.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vantturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
Vindby	Fiktiv by som har et reelt energiforbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.
Vindturbinpark	Vindparken Mehuken I og II. Vindturbinparken består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.

2 INNLEDNING

Dette dokumentet presenterer resultatet fra en forstudie gjennomført i forbindelse med et hovedprosjekt ved Høgskolen i Buskerud. Rapporten er utarbeidet av prosjektgruppen for å få en dypere og klarere forståelse av prosjektoppgaven.

Prosjektoppgaven er gitt av Kongsberg Maritime AS, og utføres som en avsluttende del av ingeniørstudier innen kybernetikk og automasjon ved Høgskolen i Buskerud, Kongsberg.

Vi presenterer hva oppgaven går ut på, samtidig som vi gir et tidlig forslag til hvordan vi vil løse problemene. Vi har analysert hvilke risikoer som prosjektet er forbundet med, og hvordan vi vil løse eventuelle uforutsette hendelser. Videre har vi satt opp ulike aktiviteter som skal drive prosjektet fremover. For å ha kontroll med de ulike delene av prosjekt, har vi fordelt ulike ansvarsområder mellom gruppe medlemmene.


Innholdet i denne rapporten skal være grunnlaget for det videre arbeidet med prosjektoppgaven. Forstudien skal være basis for en felles plattform og forståelse av oppgaven mellom prosjektgruppen, intern veileder og oppdragsgiver.

3 PROSJEKTGRUPPA OG BEDRIFTEN

I dette kapitlet presenterer vi oss selv som prosjektgruppe, vår oppdragsgiver, samt andre involverte i prosjektarbeidet.

3.1 Prosjektgruppa

Tabell 3 Prosjektgruppa

NAVN, STUDIERETNING OG KONTAKT	ANSVAR SOMRÅDE	BILDE
Frode Kolgrov Industribachlor automasjon (frodekolgrov@hotmail.com)	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektleder • Dokumenter • Krav 	
Peder Numme Industribachlor automasjon (peder.numme@hotmail.com)	<ul style="list-style-type: none"> • Utvikling/programmering 	
Christian Sandberg Industribachlor automasjon (mur_stein@hotmail.com)	<ul style="list-style-type: none"> • Test og simulering 	
Lars Fjelltun Kybernetikk (evilarz@gmail.com)	<ul style="list-style-type: none"> • HMI-design • Økonomi 	
Erlend Grøterud Kybernetikk (erlend72@hotmail.com)	<ul style="list-style-type: none"> • Engineering og systemdesign • Web 	

For å ha kontroll med de ulike delene i prosjektet, har vi fordelt ulike ansvarsområder mellom prosjektdeltakerne. Det er ikke meningen at hvert område alene skal dekkes av ansvarshavende, men vedkommende skal inneha et overblikk over aktivitetene innenfor dette området. Det er ønskelig, så langt det lar seg gjøre, at alle prosjektdeltakerne bidrar innen alle områder.

3.2 Bedriften

Vår oppdragsgiver - Kongsberg Maritime (KM) er en bedrift i teknologikonsernet Kongsberg Gruppen. Bedriften leverer teknologi og utstyr til hovedsakelig maritim- og offshoreindustrien.



KONGSBERG

Figur 1 Kongsberg Maritimes hovedkontor på Kongsberg, samt bedriftslogo

KM har sin opprinnelse i opprettelsen av Autronica (1957) og Norcontrol (1965). På midten av 70-tallet grunnla den gang Kongsberg Våpenfabrikk (KV), Kongsberg Albatross. Dette foretaket utviklet KM's første dynamiske posisjoneringssystem for maritime fartøy som i mange år har vært bedriftens mest kjente produkt. Under KV-krisen i 1987 ble all maritim virksomhet solgt ut (i tillegg til all annen sivil virksomhet), og Kongsberg Albatross havnet hos Simrad med tilnavnet Simrad Albatross. På midten av 90-tallet havnet selskapet tilbake på Kongsberg da Kongsberg Gruppen (tidligere Kongsberg Våpenfabrikk) kjøpte Simrad. Flere oppkjøp etter dette (inkludert de to førstnevnte selskaper) har gjort at Kongsberg Maritime i dag er en av verdens største leverandører av offshore- og maritime systemer med ca. 3000 ansatte (tall 2010) i 16 ulike land. Hovedkontoret ligger på Kongsberg.

I Tabell 4 har vi listet opp andre interessenter i prosjektoppgaven.

Tabell 4 Referansegruppe

NAVN	ROLLE	KONTAKT
Espen Kværnstuen	Ekstern veileder, Kongsberg Maritime	espen.kvernstuen@kongsberg.com
Frank Helgestad	Intern veileder, Høgskolen i Buskerud	frank.helgestad@gmail.com
Olaf Hallan Graven	Intern sensor, Høgskolen i Buskerud	Olaf.Hallan.Graven@hibu.no

4 OPPGAVEN

I dette kapittelet belyser vi selve oppgaven, og de ulike delene i den.

Bakgrunnen for oppgaven er at Kongsberg Maritime ønsker å kunne benytte sine systemer i flere markeder. Fornybar energi, inklusive vindenergi, er et meget aktuelt tema i dagens samfunn. Sammen med innføring av mer fornybar energi, ser man flere utfordringer i forbindelse med uforutsigbarhet i produksjon. Lagring av energi ved bruk av pumpekraftverk er en av løsningene for å kompensere for dette.

4.1 Innledning

Oppgaven vi er gitt omhandler å benytte Kongsberg Maritimes etablerte automasjonssystem for energikontroll ombord på maritime fartøy og installasjoner, til styring og regulering av energiproduksjon ved et kombinert vind- og pumpekraftverk.

Vindkraftanlegget «Mehuken» i Vågsøy kommune i Sogn og Fjordane, skal kombineres med pumpekraftverket «Nygard kraftverk» i Modalen kommune i Hordaland, til å forsyne en fiktiv by, «Vindby» med elektrisk kraft etter behov. Kraftbehovet er dynamisk og skal baseres på reelle forbruksdata fra en by, skalert til 120 GWh.

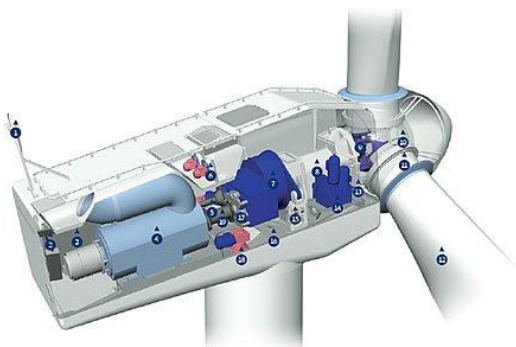
Vindkraftanlegget består av 13 vindturbiner som vil være hovedkraftkilden vi ønsker å utnytte, og det er ønskelig at det produserer energi så lenge vindforholdene tillater dette. Når det produseres mer vindenergi enn Vindby forbruker skal overskuddsenergien brukes til å pumpe vann opp i magasinet ved pumpekraftverket, og når Vindby forbruker mer energi enn vindturbinparken klarer å levere skal dette vannet slippes ned igjen i vannturbinene for å supplere vindturbinparken. Pumpekraftverket vil på denne måten fungere som et batteri hvor vi kan lagre og hente energi etter behov.

Det vil i tillegg være naturlig tilsig av vann til vannmagasinet som vi også vil nyttiggjøre oss.

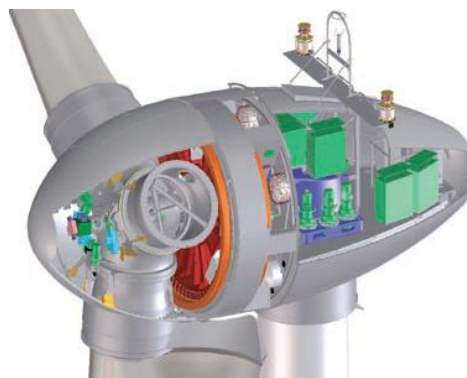
Balanseringen av produksjon, lagring og forbruk er essensen i oppgaven, og dette skal modelleres og simuleres ved bruk av KMs automasjonssoftware AIM.

4.2 Fakta om Vindenerkiparken

I oppgavebeskrivelsen fra Kongsberg Maritime lå det noen forutsetninger, blant annet at vi skulle bruke et eksisterende vindparksanlegg ved navn Mehuken. Mehuken vindparksanlegg ligger i Vågsvåg kommune i Sogn og Fjordane. Parken som eies og drives av Kvalheim kraft, ble bygget i to trinn, der den første delen bestående av 5 Vestas V52 med kapasitet på 850 kW sto klar i 2001. I 2010 ble parken utvidet med ytterligere 8 turbiner av typen Enercon E70, med en produksjonskapasitet på 2,3 MW. Til sammen har parken en maksimal produksjonskapasitet på 22,6 MW og har en årlig produksjon på ca. 65 GWh. Turbinene i parken er automatisert, og regulerer seg selv ut fra værforholdene. I tillegg har turbinene ekstern overvåking, der Vestas turbinene blir overvåket fra leverandøren i Danmark og turbinene fra Enercon blir overvåket fra deres lokaler i Tyskland.



Figur 2 Vestas V52 (Mehuken I)



Figur 3 Enercon E70 (Mehuken II)



Figur 4 Mehuken I og II (Foto: Ragnar Myre)

4.3 Fakta om Pumpekraftverket

Kraftproduksjonssystemet skal, i tillegg til vindturbinene, bestå av et pumpekraftverk. Av oppdragsgiver er det ønskelig at det tas utgangspunkt i Nygard pumpekraftverk i Modalen kommune, Hordaland. Dette er BKKs første pumpekraftverk, driftsatt i 2005, og et av få i Norge. Kraftverket har en produksjon på 74GWh per år, som tilsvarer forbruket til 3700 husstander.

Tabell 5 Tekniske data, Nygard kraftverk

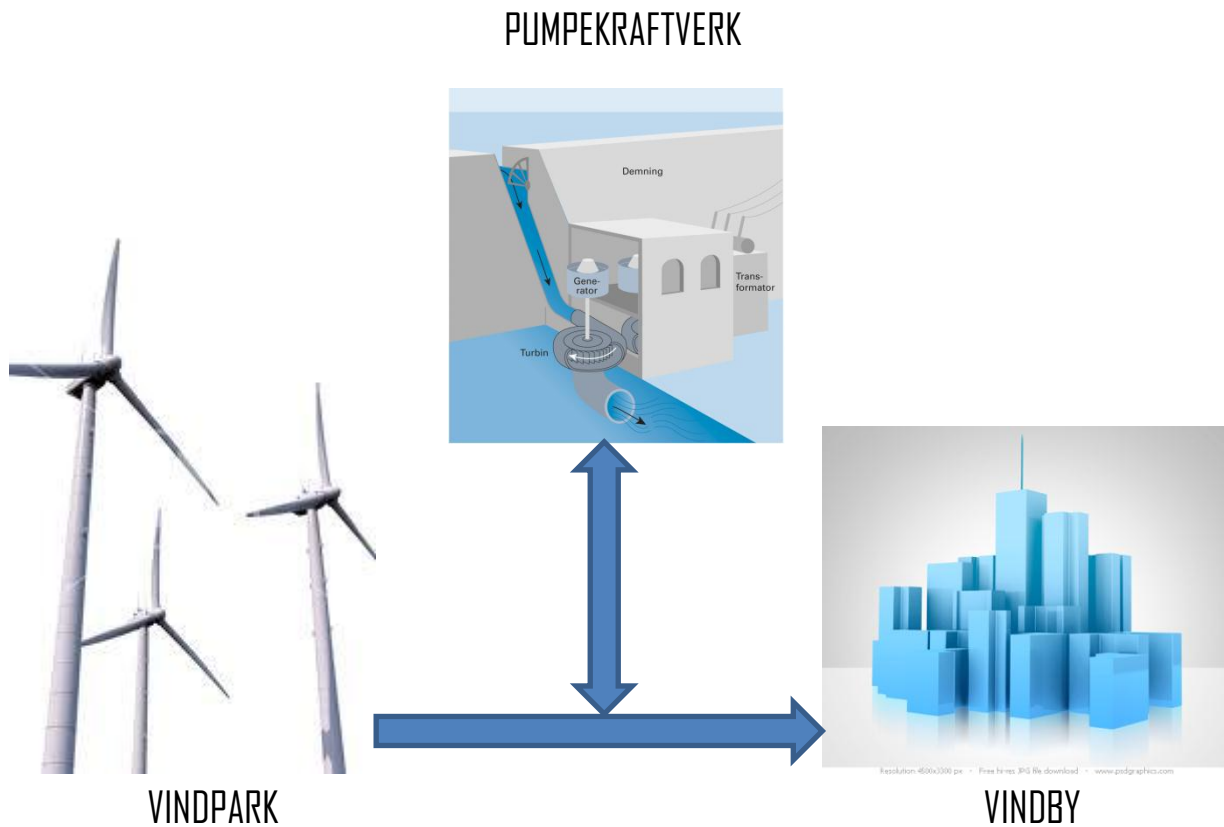
KOMMUNE:	Modalen	
NEDSLAGSFELT:	28,1km ²	
TILSIG:	110 mill. m ³	
DRIFTSTUNELL:	LENGDE:	2,5km
	TVERRSNITT:	18/22m ²
FALLHØYDE:	450 m	
YTELSE:	56MW	
TURBIN:	Francis	
MIDL. ÅRSPRODUKSJON:	74 GWh	
FERDIG UTBYGD:	2005	



Figur 5 Nygard kraftverk – turbinaksel og generator

4.4 Forslag til Løsning

I dette kapitlet vil vi legge fram hvordan vi ser for oss å designe systemet og løse oppgaven. Figur 6 viser tenkt topologi for systemet.



Figur 6 Systemtopologi

4.4.1 Vindturbinparken

Vi ser på vindturbinene som energibidrag som hver lever sitt eget liv. Med dette mener vi at energien fra hver vindturbin er ikke-regulerbar, men oppstår ut fra faktiske vindforhold. Hver enkelt turbin har sine egne mekanismer og systemer som til enhver tid optimaliserer turbinen til å levere maksimal mulig produksjon. Med andre ord vil under normale omstendigheter ikke gå inn å overstyre hver enkelt turbin.

Vårt system vil derimot innebære kontinuerlig overvåking av vindparken der vi ønsker å vise så mye som mulig av turbinenes status. Dette innebærer for eksempel:

- Turbinhastighet, vindhastighet, rotorbladenes vinkel
- Produksjonskurver og trenddata
- Generatorhastighet
- Energiproduksjon (kW, A, V, frekvens, moment)

- Info om hjelpesystemer

Disse ulike verdiene skal til en hver tid tilrettelegge for pumpekraftverkets produksjon for at Vindby skal få den energien som etterspørres.

Overvåkningssystemet skal presenteres i et grafisk brukergrensesnitt som skal oppfylle følgende:

- Være oversiktlig og vise systemet som en helhet.
- Være dynamisk (kontinuerlig oppdatering av variabler og visualiseringer).
- Til en hver tid vise hvilke deler av systemet som er spenningsbelagt.
- Vise status på utstyr. For eksempel at en pumpe skifter farge når den kjører.
- Mulighet for å kunne operere systemet ved å klikke på de forskjellige elementene i systemet. Dette er det innebygget funksjonalitet i AIM for å lage.
- Man skal kunne stenge ned/starte opp vindturbiner etter behov.

I tillegg vil vi undersøke muligheten for å sende kommandoer til turbinene om å gire ned/bremse for å tilpasse energiproduksjonen etter etterspørselen i Vindby.

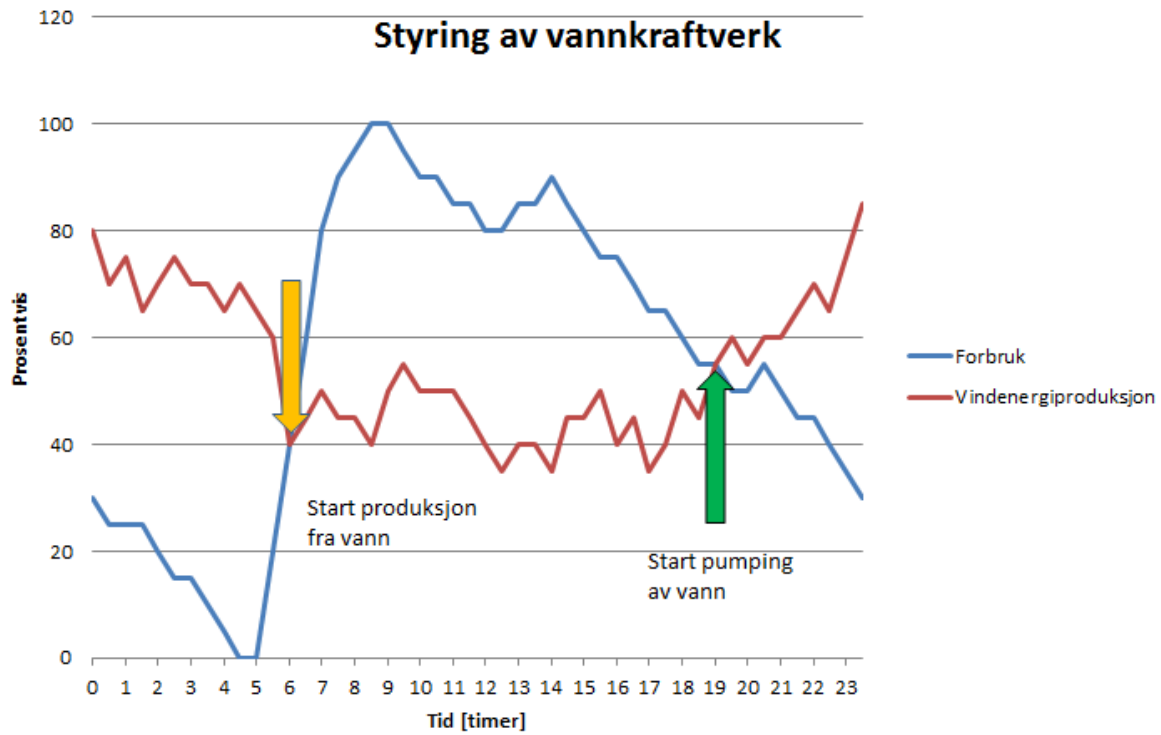
4.4.2 Pumpekraftverket

Pumpekraftverket ved navn Nygard kraftverk, skal forsyne den fiktive byen Vindby med elektrisk energi i tidsrom der vindenergien fra Mehuken ikke strekker til. Det være seg i perioder hvor forbruket fra Vindby nærmer seg grensen for hva vindturbinene kan levere, perioder med svak vind hvor produksjonen fra vindenergi faller under byens behov for energi eller hvis vindstyrken nærmer seg det nivået vindturbinene er spesifisert til å tåle. Dersom vindturbinene blir utsatt for sterkere vind enn det de er spesifisert til, kan det forekomme skader på utstyret. Derfor blir turbinrotoren i slike tilfeller stoppet og låst fast, og generatoren blir stående. Pumpekraftverket vil da fungere som eneste energikilde til Vindby.

Dersom produksjonen fra vindturbinene holder ett høyere nivå en det som blir utnyttet, skal denne energien brennes av i pumpekraftverket, som skal pumpe vann fra et nedre vannmagasin og opp i ett øvre vannmagasin. Her blir energien i vannet lagret som potensiell energi til perioder hvor energi trengs. Pumpingen skjer ved at generatoren får tilført energi, og vil dermed snu dreieretningen og bli kjørt som en elektrisk motor. Dette gjør igjen at turbinhjulet trer inn i rollen som et pumpehjul, og pumper vann fra utløpsmagasinet til innløpsmagasinet.

Vindby har en kompleksitet i forbruksmønsteret, meget lik den totale i Norge. Dette medfører at det er variasjon på timesbasis, og det kan komme perioder hvor behovet blir større enn vindenergiproduksjon – og omvendt. Dette krever et pumpekraftverk som effektivt må kompensere for denne variasjonen i produksjon og forbruk. Dette vil vi løse ved og blant annet benytte statistikk for å forutse endringer i denne balansen.

Figur 7 illustrerer i grove trekk hvordan styringen av pumpekraftverket er tenkt realisert.



Figur 7 Prinsippskisse for styring av pumpekraftverk

Oppsummering av pumpekraftverk:

- Når etterspørselen i «Vindby» er større enn produksjonen fra vindturbinparken skal pumpekraftverket produsere differansen.
- Når etterspørselen i «Vindby» er mindre enn produksjonen fra vindturbinparken skal pumpekraftverket forbruke differansen.
- Da det kan ta tid å starte en generator av denne størrelsen må det lages prognoser for etterspørselen i Vindby slik at man kan være føre-var med produksjonen.
- En konsekvens av og ikke kunne produsere nok energi er blackouts, noe som blir hovedfunksjonen til systemet å prøve å unngå.

4.4.3 Engineering og systemdesign

Systemet må først og fremst designes. Dette skal gjøres ut fra en kravspesifikasjon som også produseres av prosjektgruppa. Systemet skal konstrueres slik at det er tilnærmet likt som det ville vært i virkeligheten. Vi skal, så langt det lar seg gjøre, få hentet inn informasjon direkte fra kraftverkene slik at vi kan bruke de samme signalene som blir brukt i virkeligheten. Om vi ikke får informasjon fra leverandører/eier av kraftverkene vil vi selv finne på signaler.

En IO-liste skal utarbeides for å lette implementering av styring i AIM:

- En IO-liste er et regneark som inneholder alle signalene i systemet. Denne skal utvikles etter Kongsberg Maritimes standard slik at verktøy for behandling av listen kan brukes.
- En godt utarbeidet IO-liste forenkler det senere arbeidet i AIM.
- IO-listen er ment å gruppere signaler slik at de blir tilpasset AIM.

4.4.4 Simuleringer

For å kunne kjøre systemet med dynamikk trenger vi flere simuleringer:

- Simuleringsfunksjon for produksjon fra vindpark ut fra et reelt vindmønster fra Mehuken.
- Simuleringsfunksjoner for andre parametere fra vindpark (dette trenger vi for å overvåke/visualisere vindparken).
- Simuleringsfunksjoner for forbruk fra Vindby. Dette skaleres etter et landsgjennomsnittlig forbruksmønster til 120 GWh.

5 MÅL MED OPPGAVEN

Både vi som prosjektgruppe, samt oppdragsgiver har flere mål med gjennomføringen av prosjektoppgaven.

Mål for prosjektgruppa:

- Konstruere et styringssystem som ivaretar kravene fra oppdragsgiver.
- Oppnå kompetanse innen en aktuell problemstilling i verdenssamfunnet (styring av fornybar energi).
- Oppnå kompetanse innen Kongsberg Maritimes automasjonsprodukter. Dette inkluderer spesielt ulike utviklingsverktøy.
- Oppnå kompetanse innen dagens kraftmarked
- Øving på å jobbe i prosjekt.
- Øving på å planlegge å koordinere et prosjekt med flere aktiviteter og medlemmer.
- Øving på å omsette et ønske fra kunde (oppdragsgiver) til et godt resultat.

Mål for oppdragsgiver:

- Kartlegge hvorvidt KMs produkter kan benyttes på andre områder utenfor dagens anvendelser.
- Markedsføre Kongsberg Maritimes produkter.
- Markedsføre Kongsberg Maritime som en potensiell samarbeidspartner innen fornybar energi.
- Markedsføre Kongsberg Maritime som arbeidsgiver ved presentasjoner ved Høgskolen i Buskerud.

6 RISIKOANALYSE

Formålet med en risikoanalyse er å kartlegge farer og problemer for å få bakgrunn til å vurdere risiko, samt utarbeide planer og tiltak for å redusere risikoforholdene. En risikoanalyse kan inneholde følgende punkter:

- Hva som kan gå galt.
- Hva sannsynligheten er for at det går galt.
- Hva konsekvensen vil være.
- Tiltak for å redusere skadeomfanget.

Ved å gjøre risikoanalysen er vi bedre forberedt på hva som kan gå galt og hva vi skal gjøre dersom faren inntreffer. Gruppens risikoanalyse finnes i Tabell 6 Risikoanalyse.

Tabell 6 Risikoanalyse

NR	BESKRIVELSE	POTENSIELLE FARER	SANNSYNLIGHET	KONSEKVENNS	TILTAK
1	Lagring av informasjon	Datakrasj	Middels	Liten	Ta backup av arbeid.
2	Behov for tredjeparts programmer	Problemer ved anskaffelse av programvare-lisenser	Liten	Stor	Sørge for å ha alt av planlagte programmer i orden med lisenser
3	Få arbeid fra oppdragsgiver	Arbeidsgiver dropper prosjektet på grunn av økonomiske eller andre årsaker	Liten	Stor	Ha god kommunikasjon med bedriften under hele prosjektet
4	Bruke prosjektverktøy	Mangel på kunnskap	Stor	Middels	Sørge for å ha informasjon lett tilgjengelig for alle på gruppen
5	Prosjektgruppen	Sykdom i gruppen	Middels	Liten	Sørge for at minst to stykker på gruppen kan stoffet slik at om en blir syk kan gruppen fortsette
6	Prosjektgruppen	Det oppstår krangel og noen dropper ut	Liten	Middels	Skape et godt og demokratisk arbeidsmiljø

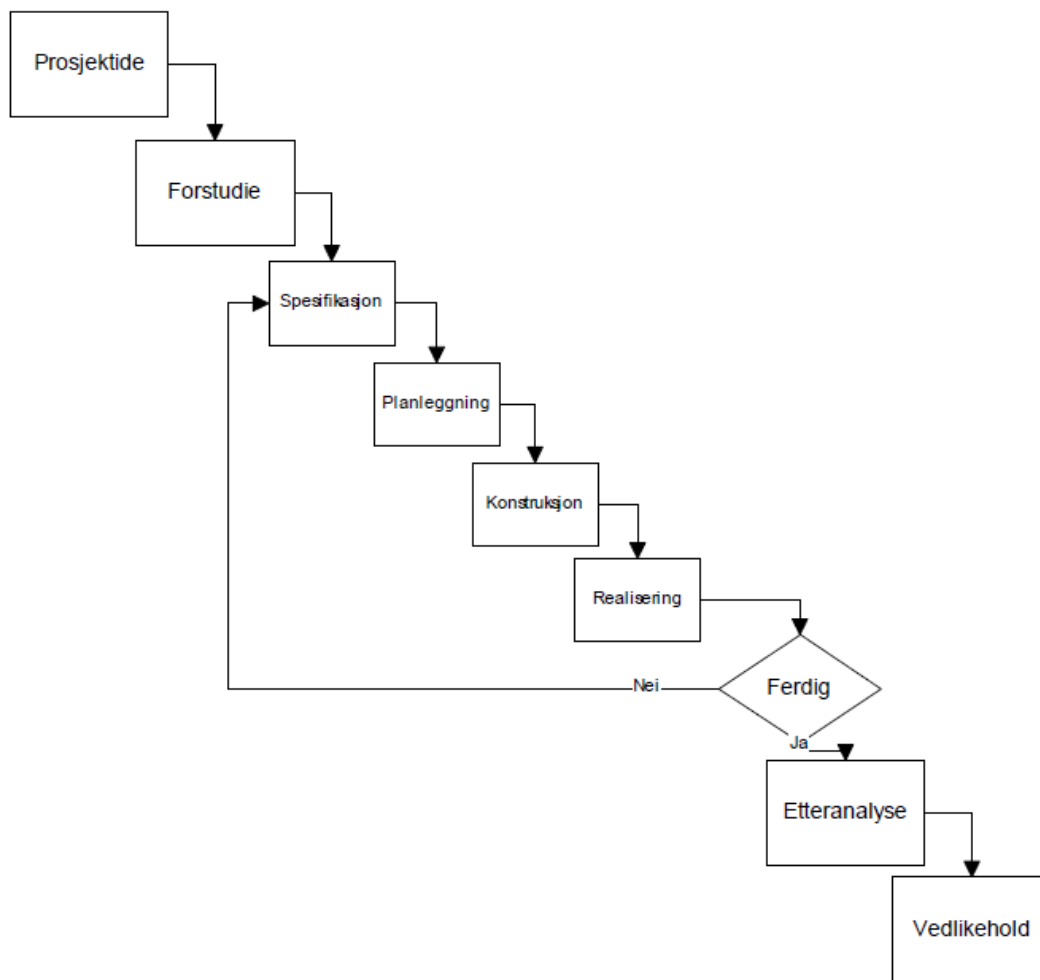
NR	BESKRIVELSE	POTENSIELLE FARER	SANNSYNLIGHET	KONSEKVENNS	TILTAK
7	Prosjektgruppen	Umotiverte gruppemedlemmer	Liten	Stor	Passe på at alle henger med ved å være nøyaktig med informasjon som blir utgitt, slik at alle får det med seg
8	Plassering av dokumenter	Ikke alle har tilgang til dokumentene som blir skrevet	Liten	Middels	Lagre alle dokumenter i en nettsky slik at alle får tilgang til alle dokumenter hvor enn personene befinner seg
9	Oppmøte	Forsinket transport	Middels	Liten	Planlegg å møte opp tidligere enn satt frist.
10	Arbeid med oppgaven	Manglende tilgang på ekstern informasjon	Liten	Stor	Ha klart med bedriften hvilke ressurser vi har tilgang på

7 PROSJEKTMODELL

Som en del av forstudiet, har vi valgt ut en prosjektmodell som vi vil bruke i det videre arbeidet. En god, og ikke minst riktig, prosjektmodell er essensielt i et hvert prosjektarbeid av noe størrelse. Prosjektmodellen legger føringer for hvordan arbeidet skal organiseres, og i hvilke rekkefølge aktiviteter skal gjennomføres i. Noe av det viktigste med en prosjektmodell at den etablerer en felles plattform og forståelse i prosjektgruppa om hvordan arbeidet skal utvikle seg. Modellen deler også opp prosjektet i faser som gir en oversiktlig struktur fra start til mål.

Vi har valgt å bruke en evolusjonær prosjektmodell. Med evolusjonær menes det at enkelte faser i prosjektet kjøres i flere runder, helt til resultatet er tilfredsstillende. Dette innebærer at hver versjon som kommer ut av en runde, blir basis for den neste runden. På denne måten forbedres hele tiden produktet.

En undermodell av evolusjonære modeller heter prototyping. Denne skiller seg ut ved at flere prototyper produseres, der også kravspesifikasjonen endres og forbedres for hver runde/prototype. Vi har valgt denne modellen nettopp fordi den gir rom til stadig endring av kravspesifikasjonen. Vi mener at nettopp spesifikasjonen kanskje er det viktigste trinnet i prosessen. Det hjelper ikke å konstruere noe kunden ikke etterspør. Å vite og forstå nøyaktig hva kunden vil ha er helt essensielt, men ofte meget krevende. Særlig fordi kunden selv ikke vet nøyaktig hva han vil ha. Kravspesifikasjonen er derfor noe vi mener hele tiden må utvikles og forbedres. I Figur 8 vises et blokkdiagram over denne prosjektmodellen.



Figur 8 Evolusjonær- prototypemodell

8 DOKUMENTOVERSIKT

Gjennom prosjektperioden skal prosjektet produsere en rekke dokumenter. Under følger en preliminær liste:

Tabell 7 Dokumentoversikt

DOKUMENT
Idédokument
Forstudierapport
Prosjektplan
Kravspesifikasjon
Testspesifikasjon
Designokument
Implementasjonsdokument
Brukermanual
Etter-analyse
Møteinnkallinger
Timelister

9 REFERANSER

www.kvalheimkraft.no

www.bkk.no

<http://www.tu.no/ons/article173135.ece>

http://fosstech.no/wsp/fosstech/frontend.cgi?func=publish.show&func_id=134&table=CONTENT&f=&m=1018&lang=no



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



PROSJEKTPLAN

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen i Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	3.0		
ANTALL SIDER	26		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	08.01.2012	Første utgivelse
	2.0	25.03.2012	Andre utgivelse
	3.0	29.05.2012	Tredje utgivelse

INNHALDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	4
1.1	Dokumenthistorie.....	4
1.2	Definisjoner og forkortelser	5
2	INNLEDNING	6
3	Mål og rammer for prosjektet.....	7
3.1	Bakgrunn	7
3.2	Målsetting.....	7
3.3	Prosjektrammer.....	8
3.3.1	Prosjektmodell.....	8
4	ORGANISERING.....	10
4.1	Beskrivelse av ansvarsområder	11
4.2	Referansegruppe	12
5	OPPFØLGING	13
5.1	Oppfølgingsdokument.....	13
5.2	Møter.....	13
5.2.1	Ukentlige prosjektmøter	13
5.2.2	Ukentlige møter med intern veileder.....	13
5.2.3	Møter med ekstern veileder.....	13
5.3	Nettside	13
5.4	Ekstern korrespondanse.....	13
5.5	Timeføring	14
6	GJENNOMFØRING	15
6.1	Overordnet tidsplan	15
6.2	Milepæler	16
6.3	Aktiviteter	17
6.4	Prosjektfaser.....	18
6.4.1	Fase 1 - Prosjektplanlegging og strukturering.....	18
6.4.2	Fase 2 - Innhenting av informasjon og opplæring.....	19
6.4.3	Fase 3 - Engineering og systemdesign.....	19
6.4.4	Fase 4 - Utvikling.....	19
6.4.5	Fase 5 - Testing.....	19
6.4.6	Fase 6 - Ferdigstilling	19
7	DOKUMENTASJON.....	20
7.1	Maler for dokumentasjon	20
7.2	Revisjonshåndtering.....	20
7.3	Dokumentliste	20
8	RISIKO	22

8.1	Risikoanalyse	22
8.2	Analyse	23
8.3	Kvalitetssikring.....	24
9	REFERANSER	25
10	VEDLEGG.....	26

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie.....	4
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	5
Tabell 3	Prosjektgruppe	10
Tabell 4	Beskrivelse av ansvarsområder	11
Tabell 5	Referansegruppe	12
Tabell 6	Tidsplan	15
Tabell 7	Milepæler	16
Tabell 8	Aktiviteter	17
Tabell 9	Dokumentliste	21
Tabell 10	Kategori for konsekvens	22
Tabell 11	Kategori for sannsynlighet.....	22
Tabell 12	Risikomatrise	22
Tabell 13	Risikoanalyse	23
Tabell 14	Referanser	25
Tabell 15	Vedlegg	26

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
1.0	08.01.2012	Første utgivelse	EG
1.1	12.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • Tabell 2: Byttet ut Nygard med pumpekraftverk, og endret forklaring. Fjernet BKK fra tabellen. • 3.3.1: Endret prosjektmodell fra «prototyping» til «DOD-2167a». Lagt til Figur 1. • 3.3.2: Fjernet Nygard som pumpekraftverk, og erstattet med «pumpekraftverket». • Tabell 6: Byttet ut Nygard med «pumpekraftverket». 	CS
1.2	19.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • 6.3 Oppdatert timeestimatene på aktiviteten basert på registrerte timer. Aktivitet 3400 utgår, teknologi vil bli beskrevet i designdokumentet. Aktivitet 4100 endret navn til System Setup. • 6.1 Overordnet tidsplan oppdatert etter reell fremdrift, og videre planlagt fremdrift. • 6.2 Milepæler er oppdatert etter reell fremdrift. Milepæl «Deploy fra OCT» utgår, da prosjektgruppa heller vil bygge systemet fra bunnen av. • 7. Dokumentliste. Oppdatert, og utgivelse av teknologidokument utgår. Innholdet vil heller bli presentert i designdokumentet. 	PN
1.3	22.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • Lukket aktivitet 3800 (IO-liste), gjenstående timer (16) er overført til aktivitet 4400 (Utvikling i AIM). • Tabell 10: Oppdatert tabellutseende iht. mal • Tabell 11: Oppdatert tabellutseende iht. mal • Tabell 13: Oppdatert tabellutseende iht. mal 	EG
2.0	25.03.2012	Andre utgivelse	FK
2.1	25.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> • 3.3.1: Gjort endringer i teksten. • Fjernet kapittel 3.4 Avgrensing, da dette blir dekket i kravspesifikasjonen. • Fjernet kapittel 3.4.1, 3.4.2 og 3.4.3 da dette blir beskrevet i designdokumentet. • Oppdatert kapittel 6.1 Overordnet tidsplan med nye datoer. • Oppdatert Kapittel 6.3 Aktiviteter og timeestimater. • Oppdatert Kapittel 7 Dokumentliste. 	PN

2.2	28.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> Lagt til kapittel 7.1 maler for dokumentasjon og 7.2 revisjonshåndtering. Lagt til kapittel 5.5, timeføring. Fjernet kapittel 3.3.2 oppgaverammer. Innholdet i dette kapitlet er også beskrevet i prosjektets designdokument [1]. Fjernet kapittel 9, Økonomi. Det er opprettet et eget økonomidokument [2] som tar for seg prosjektets budsjett og regnskap. Lagt til økonomidokument, og fjernet prosjektlogg i Tabell 9. 	PN
3.0	29.05.2012	Tredje utgivelse	PN

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere forkortelser og uttrykk for å beskrive oppgaven:

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonsprogramvareplattform.
BasisGen	Basisfiler for en AIM-leveranse. Produseres av utviklingsavdelingen på Kongsberg, tilpasset det enkelte prosjekt.
Dropbox	Nettbasert lagringsmedium. Muliggjør automatisk lagring, deling og synkronisering av filer og mapper i en nettsky.
HiBu	Høgskolen i Buskerud.
HMI	Human Machine Interface. Det visuelle brukergrensesnittet for systemet.
IO-liste	Liste over innganger og utganger tilknyttet kontrollsystemet.
KM	Kongsberg Maritime.
Mehuken	Vindturbinpark. Består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.
OCT	Offline Configuration Tool. KMs verktøy for behandling av IO-signaler.
Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime har gitt oppgaven og er oppdragsgiver/kunde.
PMS	Power Management System. Generelt navn på kontrollsystem for elektrisk kraftproduksjon.
Prosjektgruppa	Studentene som gjennomfører prosjektet.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vantturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
Vindby	Fiktiv by som har et reelt energiforbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.

2 INNLEDNING

Denne prosjektplanen er ment å gi en oversikt over hvordan prosjektgruppa ser for seg å gjennomføre avsluttende hovedprosjekt innen ingeniørfag, studieretning for elektrofag ved Høgskolen i Buskerud 2011 / 2012.

Oppgaven er gitt av Kongsberg Maritime AS og omhandler å benytte deres automasjonssystem for energikontroll ombord på maritime fartøy og installasjoner, til styring og regulering av energiproduksjon ved et kombinert vind- og pumpekraftverk.

Målsetninger, rammebetingelser, oppgavens omfang, prosjektets organisering, beslutningspunkter, milepeler, gjennomføringsplaner, kvalitetssikring, økonomi, tid og ressursplanlegging, samt administrative oppgaver er alle temaer som blir presentert i dette dokumentet.

Dokumentet tar for seg temaene i grove trekk og vil fungere som en retningslinje for prosjektet. Avvik fra planen bør unngås, og eventuelle avvik må dokumenteres med henvisning til planen.

3 MÅL OG RAMMER FOR PROSJEKTET

3.1 Bakgrunn

Hovedprosjektet er avsluttende bacheloroppgave innen ingeniørfag, studieretning for elektrofag ved Høgskolen i Buskerud. Den treårige tekniske utdanningen kulminerer i dette prosjektet som omfatter 20 av totalt 180 studiepoeng som kreves for å oppnå bachelorgraden.

Opgaven skal gjennomføres som et tverrfaglig prosjektarbeid, med prosjektgrupper bestående av 4 til 6 personer. Det er opp til studentene selv å danne grupper og skaffe oppgave.

Denne oppgaven er gitt av Kongsberg Maritime AS, som i hovedsak leverer teknologiløsninger til maritim- og offshore industrisektor. I en tid der energibesparing og miljøhensyn blir stadig viktigere faktorer, ønsker KM å se på muligheten for å tilpasse sine produkter og tjenester til disse fremtidige markedene. I denne sammenheng ønsker KM at vi ser nærmere på muligheten for å benytte deres automasjonsprodukt for energikontroll ombord på maritime fartøy og installasjoner (AIM), til å styre energiproduksjonen ved et vind- og pumpekraftverk.

3.2 Målsetting

Hovedmålet for prosjektet er å planlegge og gjennomføre et utviklingsprosjekt fra begynnelse til slutt. Resultatet av prosjektet skal være et fungerende produkt i henhold til krav fremsatt av oppdragsgiveren (KM). I tillegg til å gi konkret læringsutbytte underveis vil resultatet av oppgaven også fungere som et utstillingsvindu som beskriver gruppedeltagernes evner innen tekniske fag og prosjektkoordinering. Mer konkret kan dette brytes ned til:

Mål for prosjektgruppa:

- Levere et sluttprodukt som ivaretar kravene fra oppdragsgiver.
- Levere et sluttprodukt som både prosjektgruppa og oppdragsgiver er fornøyde med.
- Oppnå en slutt karakter alle i prosjektgruppa er fornøyde med.
- Deltakerne i prosjektgruppa ønsker å fremstå som seriøse og attraktive jobbsøkere etter endt prosjekt.
- Oppnå kompetanse innen en aktuell samfunnsutfordring, fornybar energi.
- Oppnå kompetanse innen KMs automasjonsprodukter.
- Økt kompetanse innen jobb i en prosjektgruppe.
- Økt kompetanse innen koordinering av et prosjekt med flere aktiviteter og medlemmer.
- Øke evnen til å omsette gode ideer til et godt resultat.

Mål for oppdragsgiver:

- Kartlegge hvorvidt KMs produkter kan benyttes på andre områder utenfor dagens anvendelser.

- Markedsføre Kongsberg Maritime som en potensiell leverandør og samarbeidspartner innen fornybar energi.
- Markedsføre Kongsberg Maritime som en attraktiv arbeidsgiver for deltagerne i prosjektgruppa.
- Markedsføre Kongsberg Maritime som en attraktiv arbeidsgiver for andre studenter ved Høgskolen i Buskerud.

Gjennomføring av disse målene vil stille strenge krav til kommunikasjon og samarbeidsvilje både internt i prosjektgruppa og ut mot eksterne samarbeidspartnere. I tillegg til å levere et godt sluttprodukt vil det også være vesentlig at vi leverer som forventet ved devalueringer.

3.3 Prosjektrammer

Prosjektet omfatter som nevnt 20 studiepoeng, noe som tilsvarer ca. 630 arbeidstimer per gjennomsnittlige gruppemedlem for å oppnå en gjennomsnittlig karakter. Det betyr at vi til sammen bør nedlegge minst 3150 arbeidstimer i prosjektet. Prosjektet går over høstsemesteret 2011 og vårsemesteret 2012, og skal leveres i juni 2012. 25 % av studiepoengene er satt til høstsemesteret og 75 % til vårsemesteret, dette betyr at vi vil planlegge en vesentlig høyere arbeidsbelastning i vårsemesteret 2012. Mandag, halve tirsdag, onsdag og kveldstid/helgedager er i utgangspunktet satt av til arbeid med hovedprosjektet våren 2012 og vi estimerer 24 timers arbeid per mann per uke.

Prosjektet skal presenteres for interne og eksterne sensorer ved tre fastlagte presentasjoner, to "underveis"-presentasjoner og en hovedpresentasjon hvor det endelige resultatet presenteres. I tillegg til presentasjonene skal også prosjektdokumentasjon overleveres til KM og HiBu før hver presentasjon.

Eventuelle økonomiske utgifter skal dekkes av oppdragsgiver i henhold til prosjektkontrakten.

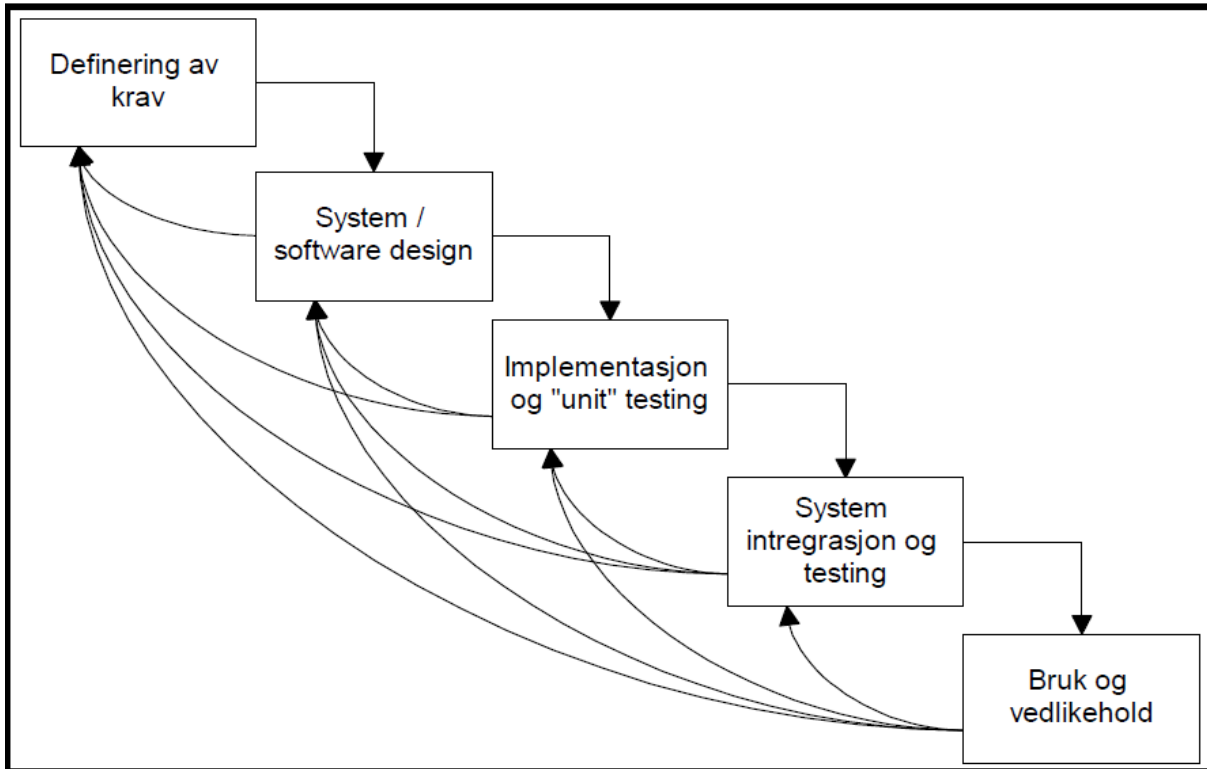
3.3.1 Prosjektmodell

En god, og ikke minst riktig, prosjektmodell er viktig i et hvert prosjektarbeid av noe størrelse. Prosjektmodellen legger føringer for hvordan arbeidet skal organiseres, og i hvilke rekkefølge aktiviteter skal gjennomføres. Noe av det viktigste med en prosjektmodell er at den etablerer en felles plattform og forståelse i prosjektgruppa om hvordan arbeidet skal utvikle seg. Modellen deler også opp prosjektet i faser som gir en oversiktlig struktur fra start til mål.

Fordi oppgaverammene gitt av KM er relativt frie og at få konkrete krav er framsatt, vil det være nødvendig for oss å kunne endre kravspesifikasjonen etter hvert som ny informasjon og opplysninger oppstår. Vi har derfor valgt å bruke DOD-2167a – vannfall med tilbakekoblingsløyper. Denne modellen tillater hver enkelt fase i prosjektet å kjøres om igjen for seg selv, eller sammen med nødvendige faser før og etter, helt til resultatet er tilfredsstillende. På denne måten kan man ta høyde for eventuelle hinder og begrensninger som dukker opp underveis. I tillegg har man mulighet til å kjøre gjennom modellen flere ganger for å forbedre produktet.

Ettersom noen begrensninger vil komme på plass under informasjonsinnhentingfasen, vil det avdekkes hvor vidt enkelte krav og tester må forandres, og spesifikasjoner revideres. Vi mener at

nettopp spesifikasjonen kanskje er det viktigste trinnet i prosessen. Det hjelper ikke å konstruere noe kunden ikke etterspør. Å vite og forstå nøyaktig hva kunden vil ha er helt essensielt, men ofte meget krevende. Særlig fordi kunden flere ganger selv ikke vet nøyaktig hva han/hun vil ha. Kravspesifikasjonen er derfor noe vi mener hele tiden må utvikles og forbedres.



Figur 1 Prosjektmodellen DOD-2167a

4 ORGANISERING

For å ha kontroll med de ulike delene i prosjektet, har vi fordelt ulike ansvarsområder mellom prosjektdeltakerne. Det er ikke meningen at hvert område alene skal dekkes av ansvarshavende, men vedkommende skal inneha et overblikk over aktivitetene innenfor dette området. Det er ønskelig, så langt det lar seg gjøre, at alle prosjektdeltakerne bidrar innen alle områder.

Tabell 3 Prosjektgruppe

NAVN, STUDIERETNING OG KONTAKT	ANSVARSMRÅDE	BILDE
Frode Kolgrov Industriebachelor automasjon frodekolgrov@hotmail.com	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektleder • Dokumentansvarlig • Ansvarlig for krav 	
Peder Numme Industriebachelor automasjon peder.numme@hotmail.com	<ul style="list-style-type: none"> • Programmeringsansvarlig • Teknologiansvarlig 	
Christian Sandberg Industriebachelor automasjon mur.stein@hotmail.com	<ul style="list-style-type: none"> • Testansvarlig • Ansvarlig for simulering 	
Lars Fjelltun Kybernetikk evilarz@gmail.com	<ul style="list-style-type: none"> • HMI-design • Økonomiansvarlig 	
Erlend Grøterud Kybernetikk erlend72@hotmail.com	<ul style="list-style-type: none"> • Systemdesign • Webansvarlig 	

4.1 Beskrivelse av ansvarsområder

Tabell 4 Beskrivelse av ansvarsområder

ANSVAROMRÅDE	BESKRIVELSE
Prosjektleder	Har det overordnede ansvaret for at prosjektet blir gjennomført i henhold til de vedtatte planene. Er også prosjektgruppens fremste kontaktpunkt.
Dokumentansvarlig	Har ansvaret for at alle nødvendige dokumenter produseres og leveres i henhold til de vedtatte planene og at vedtatte dokumentmaler følges.
Ansvarlig for krav	Har ansvaret for utarbeiding og oppdatering av prosjektkrav og kravspesifikasjon.
Programmeringsansvarlig	Har ansvaret for programutviklingen i AIM.
Teknologiansvarlig	Har ansvaret for å produsere et teknologidokument som beskriver og forklarer tekniske komponenter og software som vil bli benyttet i prosjektløsningen.
Testansvarlig	Har ansvaret for utarbeiding og oppfølging av testing og testspesifikasjon.
Ansvarlig for simulering	Har ansvaret for simuleringsoppsett og implementering av simuleringer.
HMI-Design	Ansvarlig for utvikling og implementering av HMI (Brukergrensesnitt).
Økonomi	Ansvarlig for å kartlegge eventuelle kostnader samt å dokumentere disse i et regnskap.
Systemdesign	Ansvarlig for det overordnede "bildet" av den tekniske løsningen i utviklingsfasen (Hvordan skal systemet virke og hvordan oppnår vi dette).
Webansvarlig	Har ansvaret for å produsere og vedlikeholde prosjektets nettside.

4.2 Referansegruppe

Referansegruppen består av interne (HiBu) og eksterne (KM) kontaktpersoner som skal fungere som konsulenter for prosjektlederen i saker som angår foreslåtte eller allerede utførte arbeidsoppgaver.

Tabell 5 Referansegruppe

NAVN	ROLLE	KONTAKT
Espen Kværnstuen	Ekstern veileder, Kongsberg Maritime	espen.kvernstuen@kongsberg.com
Eirik Mathiesen	Ekstern sensor, Kongsberg Maritime	eirik.mathiesen@kongsberg.com
Frank Helgestad	Intern veileder, Høgskolen i Buskerud	frank.helgestad@gmail.com
Olaf Hallan Graven	Intern sensor, Høgskolen i Buskerud	Olaf.Hallan.Graven@hibu.no

5 OPPFØLGING

5.1 Oppfølgingsdokument

Prosjektgruppen skal lage et ukentlig oppfølgingsdokument som beskriver hvilke aktiviteter de enkelte prosjektmedlemmene har jobbet med, og hvor mange timer de har brukt på hver enkelt aktivitet. I tillegg skal dokumentet inneholde en plan på hvilke aktiviteter det er planlagt at prosjektmedlemmene skal jobbe med den kommende uken. I oppfølgingsdokumentet skal det også skrives en kort oppsummering av prosjektets fremdrift i forhold til prosjektplanen.

5.2 Møter

5.2.1 Ukentlige prosjektmøter

Hver mandag i prosjektperioden møtes prosjektmedlemmene for få en oversikt over prosjektets status. Fast agenda for dette møtet vil være:

- Status på fremdrift. Aksjoner for å rette eventuelle avvik.
- Oppdatering av oppfølgingsdokument.
- Oppdatering av tidsplan og timeestimer.
- Bestemmelse av referent for uken.

5.2.2 Ukentlige møter med intern veileder

Prosjektgruppa vil ha oppfølgingsmøter med intern veileder, Frank Helgestad hver onsdag klokken 10.00. I løpet av mandag hver uke skal veileder ha mottatt gruppens ukentlige oppfølgingsdokument.

5.2.3 Møter med ekstern veileder

Møter med ekstern veileder er ikke til faste tidspunkter, men vil avtales etter ønske fra enten prosjektet eller oppdragsgiver.

5.3 Nettside

Prosjektet har laget en nettside, der det vil bli lagt ut nyheter og offisielle dokumenter fra prosjektet.

Siden har adressen: <http://powercontrolsystem.no>

5.4 Ekstern korrespondanse

All ekstern korrespondanse skal gjennomleses og godkjennes av prosjektleder før det sendes ut.

5.5 Timeføring

Prosjektgruppa har utarbeidet timeestimer for alle aktiviteter som skal utføres i prosjektet (se kapittel 6.3). For å måle fremdrift på de forskjellige aktivitetene, og for å oppdatere timeestimatene er det viktig at gruppemedlemmene er flinke til å føre timer på aktivitetene de har jobbet med. For dette formål er det utviklet en timeliste i excel der det er satt opp en kalender over prosjektperioden, per gruppemedlem. I denne kalenderen skriver hvert gruppemedlem opp hvor mange timer de har jobbet per dag, og man får muligheten til å velge en aktivitet å knytte timene til.

Excel dokumentet inneholder et eget ark som summerer alle timene alle gruppemedlemmene har jobbet per aktivitet. Dette gjør det enkelt og oversiktelig å se hvor mange timer som er akkumulert per aktivitet, og hvor mange timer som står igjen.

6 GJENNOMFØRING

6.1 Overordnet tidsplan

Tabell 6 viser en oversikt over den faktiske og planlagte fremdriften til prosjektet, der prosjektets milepæler er merket med fet skrift. Prosjektet har også laget en mer detaljert tidsplan der vi tar for oss fremdriften på de enkelte aktivitetene, se vedlegg A.

Tabell 6 Tidsplan

UKE	BESKRIVELSE
1	<ul style="list-style-type: none"> • Forberedelse til 1. Presentasjon
2	<ul style="list-style-type: none"> • Første presentasjon (11. januar) • Bearbeide tilbakemelding fra presentasjon
3	<ul style="list-style-type: none"> • Innhenting av info fra Mehuken og pumpekraftverket (Signaler, Sekvens for å snu pumpe/turbin, systembeskrivelse) • AIM kurs (18. januar)
4 – 9	<ul style="list-style-type: none"> • PMS kurs i regi av KM (23. januar) • Arbeid med systemdesign • Start arbeid med GMS (Skjermbilder) • Starte jobb med IO-liste på bakgrunn av innhentet informasjon
10	<ul style="list-style-type: none"> • Frys IO-liste (7. Mars)
11	<ul style="list-style-type: none"> • Bestilling av BasisGen for prosjektet • System Setup • Se på simulering
11-12	<ul style="list-style-type: none"> • Start utvikling i AIM • Forberedelse til presentasjon 2 • Utsendelse av dokumentasjon ifbm. presentasjon 2
13	<ul style="list-style-type: none"> • Forberedelse til presentasjon 2 • Andre presentasjon (28. mars)
14	PÅSKE
15	EKSAMEN (12. april)
16-20	<ul style="list-style-type: none"> • Komme i gang igjen etter avbrekk • Fortsette utvikling i AIM • Fortsette arbeid i GMS • Starte programmering av simulering
21	<ul style="list-style-type: none"> • Frys program i AIM (24. mai) • Ferdigstille brukergrensesnitt • Kvalifiseringstest • Testrapport
22	<ul style="list-style-type: none"> • Ferdigstilling av dokumentasjon

UKE	BESKRIVELSE
	<ul style="list-style-type: none"> • Innlevering av prosjektoppgaven (30. mai)
23	<ul style="list-style-type: none"> • Forberedelse presentasjon 3 • Innlevering plakat 4.juni 09:30
24	<ul style="list-style-type: none"> • Tredje presentasjon 3 (6. juni) • Innlevering samme dag som presentasjon

6.2 Milepæler

Tabell 7 Milepæler

DATO	MILEPÆL
11. Januar	<p>Første presentasjon</p> <p>Prosjektgruppas første presentasjon av prosjektet. I denne presentasjonen tar vi for oss hva vi skal lage, og hvordan vi har planlagt å gjennomføre prosjektet.</p>
07. Mars	<p>Frys av IO-liste</p> <p>IO-lista legger grunnlaget for signalene som inngår i prosjektet. Når IO-lista er ferdig kan vi begynne å importere signalene til AIM, der selve utviklingen vil foregå.</p>
28. Mars	<p>Andre presentasjon</p> <p>I denne presentasjonen skal vi vise frem det vi har gjort til nå, samt fortelle om veien videre. Denne presentasjonen vil ha fokus på den tekniske løsningen.</p>
24. Mai	<p>Frys program i AIM</p> <p>Sluttproduktet skal nå være ferdig, og vi kan etter dette fokusere på avsluttende tester, samt ferdigstillelse av dokumentasjon.</p>
30. Mai	<p>Innlevering av prosjektdokumentasjon.</p>
6. Juni	<p>Tredje presentasjon</p> <p>I den siste presentasjonen skal vi vise frem vårt endelige produkt. Denne milepælen marker også avslutningen på prosjektet.</p>

6.3 Aktiviteter

Tabell 8 Aktiviteter

ID	BESKRIVELSE	ANSVARLIG	TIME-ESTIMAT	STATUS
1000	Administrativt			
1100	Møter	Frode	97	Lukket
1200	Web	Erlend	5	Åpen
1300	Prosjektplan	Peder	81,5	Lukket
1400	Timelister	Christian	30	Lukket
1600	Oppfølgingsdokument	Lars	27,5	Lukket
1700	Annet	Alle	3,5	Lukket
		Sum	244,5	

2000	Presentasjoner			
2100	Første Presentasjon	Alle	90,5	Lukket
2200	Andre Presentasjon	Alle	105	Lukket
2300	Tredje Presentasjon	Alle	270	Åpen
2400	Prosjektplakat	Erlend	30	Åpen
		Sum	495,5	

3000	Systemdesign			
3100	Kravspesifikasjon	Frode	34,5	Lukket
3200	Workshop	Erlend	223	Lukket
3300	Designdokument	Erlend	142	Lukket
3400	Teknologidokument	Peder	0	Lukket
3500	Innhenting og bearbeiding av informasjon			
3510	SSB (Forbruksmønster)	Erlend	26,5	Lukket
3520	Kvalheim (Vinddata)	Frode	48,5	Lukket
3530	BKK (Signalliste/Systembeskrivelse)	Christian	57	Lukket
3540	EB (Nettdistribusjon)	Lars	12,5	Lukket
3600	Kurs			
3610	AIM-Kurs	Peder	40	Lukket
3620	PMS-Kurs i regi av KM	Peder	20	Lukket
3700	Systemtegninger	Frode	36	Lukket
3800	IO-liste	Peder	75	Lukket
		Sum	715	

ID	BESKRIVELSE	ANSVARLIG	TIME-ESTIMAT	STATUS
4000	Utvikling			
4100	Arbeid i OCT	Peder	0	Lukket
4200	Design og utvikling av skjermbilder i GMS	Lars	245	Lukket
4300	Simulering	Christian	46,5	Lukket
4400	Utvikling i AIM	Peder	426,5	Lukket
4500	Brukermanual	Lars	25,5	Lukket
4600	Implementasjonsdokument	Frode	48,5	Lukket
4700	System Setup	Peder	9	Lukket
		Sum	801	

5000	Testing			
5100	Testspesifikasjon	Christian	121,5	Lukket
5200	Kvalifikasjonstest	Christian	56,5	Lukket
5300	Testrapport	Christian	48,5	Lukket
		Sum	226,5	

6000	Ferdigstillelse			
6100	Dokumentasjon	Alle	130	Åpen
6200	Etteranalyse	Frode	80	Åpen
6300	Prosjektlogg	Lars	0	Lukket
		Sum	210	

6.4 Prosjektfaser

6.4.1 Fase 1 - Prosjektplanlegging og strukturering

I denne fasen legger vi vekt på å få på plass rammene for hvordan vi ønsker å gjennomføre prosjektet. Mye av dette summeres i prosjektplanen som utgis i slutten av denne fasen. Dette inkluderer blant annet føringer for møter med veileder, oppfølgingsdokumenter, timeføring og rapportering.

En annen stor del av denne fasen er å etablere en tidsplan som systematiserer og beskriver hvordan prosjektet skal drives frem mot ferdigstillelse. Dette gjøres ved å dele opp prosjektet i ulike aktiviteter med bestemte tidsperioder og timeestimer. Aktivitetene bygges rundt flere milepæler som følger de ulike fasene i prosjektet.

For å lette det videre arbeidet med dokumenter i prosjektet fastsettes standardiserte maler for at disse skal ha likt oppsett og utsende. Denne fasen avsluttes ved utgivelse av dokumentene prosjektplan, kravspesifikasjon og testspesifikasjon, samt første presentasjon av prosjektet.

6.4.2 Fase 2 - Innhenting av informasjon og opplæring

Etter den første presentasjonen går vi inn i prosjektets andre fase der hovedfokus vil være på innsamling av informasjon. Ettersom vårt prosjekt dreier seg om å lage en toppapplikasjon for to allerede eksisterende kraftverk er vi avhengig av å få informasjon om virkemåte og en oversikt over hvilke signaler som er tilgjengelig for oss. Denne informasjonen vil behandles og importeres til Kongsberg Maritimes softwareplattform for automasjon, AIM, der vi kan programmere den automatiske styringen for kraftverkene.

Vi vil i denne fasen også bruke en del tid på å sette oss inn i de systemene/programmene vi skal bruke i utviklingen av prosjektet. Noe av denne opplæringen vil bli gitt i form av kurs fra KM, men mesteparten vil bestå av egenlæring.

6.4.3 Fase 3 - Engineering og systemdesign

I denne fasen går vi over til å designe hvordan systemet skal bygges, fungere og presenteres. Ved hjelp av informasjonen samlet inn i fase 2 og en "designworkshop" lages det en grundig systembeskrivelse (designdokument) og en IO-liste. Her begynner også arbeidet med å designe hvordan brukergrensesnittet skal se ut og fungere. Dersom det skulle være mangel på informasjon, eller informasjon som kraftverkene ikke vil dele, vil vi gjøre våre egne forutsetninger slik at dette ikke vil være en hindring for fremdriften til prosjektet.

Vi forventer at denne fasen vil føre til en revidering av kravspesifikasjonen, spesielt med hensyn på funksjonelle krav, da vi forventer at en del funksjonalitet vil bli avdekket i denne prosessen.

6.4.4 Fase 4 - Utvikling

Når vi er ferdig med IO-listen og designdokumentet går vi over i utviklingsfasen av prosjektet. IO-listen importeres til AIM, der vi vil begynne å lage funksjonalitet iht. systembeskrivelsen i designdokumentet. Enkeltfunksjoner vil bli testet underveis i utviklingen, mens systemet som en helhet vil bli dekket av en komplett test når systemet er ferdig utviklet.

Parallelt vil vi drive utvikling av skjermbildene til brukergrensesnittet og lage nødvendige simuleringer som for eksempel for pådrag fra vind- og vannturbiner. Fasen avsluttes med et implementasjonsdokument som beskriver hvordan vi har implementert systemdesignet bestemt i fase 3.

6.4.5 Fase 5 - Testing

Når utviklingen er ferdig begynner vi med kvalifikasjonstester av systemet. Dette er de avsluttende testene for produktet, og vil resultere i en testrapport.

6.4.6 Fase 6 - Ferdigstilling

Vi går nå over i avslutningsfasen av prosjektet. Her vil tiden gå med til å ferdigstille dokumentasjon, knytte eventuelle løse tråder og forberedelse til den avsluttende presentasjonen.

7 DOKUMENTASJON

7.1 Maler for dokumentasjon

Prosjektgruppen har under oppstarten av prosjektet utarbeidet en rekke maler for dokumentasjonen i prosjektet:

- Dokumenter
- Møteinnkallinger
- Møterefater
- Oppfølgingsdokument
- Presentasjoner
- Autocad tegninger

Hensikten med disse malene er å lette arbeidet ved opprettelse av nye dokumenter, og for å sørge for at all dokumentasjon holder samme standard.

7.2 Revisjonshåndtering

For å forbedre sporbarheten av endringer i prosjekts dokumenter har prosjektgruppa valgt å benytte seg av et revisjonshåndteringssystem. Dette fungerer slik at alle dokumentversjoner skal lagres og tildeles et versjonsnummer. Versjonsnummereringen består av to tall, for eksempel 1.0. Tallet før punktum beskriver offisielle utgivelser, mens tallet etter punktum beskriver interne versjoner.

Eksempelvis vil et dokument med versjon 2.0 være andre offisielle utgivelse av dokumentet. Et dokument med versjon 2.2 vil være andre interne revisjon etter andre offisielle utgivelse. Dersom dette dokumentet skal utgis offisielt vil neste offisielle versjon være 3.0.

Alle endringer av dokumentet skal logges i en tabell i dokumentets første kapittel med tilhørende versjonsnummer og en signatur av den i prosjektgruppa som har utført oppdateringen. Logging av dokumentendringer registreres først etter at et dokument har blitt utgitt for første gang, før dette anses dokumentet som et utkast.

7.3 Dokumentliste

I løpet av prosjektet skal det produseres dokumentasjon som beskriver både prosessen og det tekniske innholdet i prosjektet. I Tabell 9 har vi listet opp de dokumentene prosjektgruppa kommer til å utgi i løpet av prosjektet. I tabellen er det også listet opp hvem som er ansvarlig for de forskjellige dokumentene, og når de er planlagt utgitt. Vi gjør oppmerksom på at denne listen kan bli oppdatert i løpet av prosjektperioden om vi finner det nødvendig å produsere mer dokumentasjon.

Tabell 9 Dokumentliste

DOKUMENT	ANSVARLIG	PLANLAGT UTGITT	FØRST UTGITT
Idedokument	Frode	Høst 2011	29.09.2011
Forstudierapport	Frode	Høst 2011	22.11.2011
Prosjektplan	Peder	1. Presentasjon	09.01.2012
Kravspesifikasjon	Frode	1. Presentasjon	09.01.2012
Testspesifikasjon	Christian	1. Presentasjon	09.01.2012
Designdokument	Erlend	2. Presentasjon	25.03.2012
Teknologidokument (UTGÅR)			
Implementasjonsdokument	Frode	29.5.2012	29.05.2012
Brukermanual	Peder	29.5.2012	29.05.2012
Testrapport	Christian	29.5.2012	29.05.2012
Etteranalyse	Frode	29.5.2012	29.05.2012
Økonomidokument	Lars	29.5.2012	29.05.2012

8 RISIKO

Vi ønsker å identifisere risikoene i prosjektet ved å lage en risikoanalyse. Vi har også en kvalitetssikring for å være sikre på at arbeidet med prosjektet går som planlagt.

8.1 Risikoanalyse

Tabell 10 Kategori for konsekvens

KONSEKVENS	PROSJEKTETS FREMGANG
1. Svært liten konsekvens	Prosjektet går videre uten problemer
2. Liten konsekvens	Prosjektet får motgang, men går videre uten store problemer
3. Middels stor konsekvens	Prosjektet stopper opp og tiltak bør vurderes
4. Stor konsekvens	Prosjektet stopper opp, tiltak er nødvendig
5. Svært stor konsekvens	Kritisk, tiltak er nødvendig

Tabell 11 Kategori for sannsynlighet

SANNSYNLIGHET	BESKRIVELSE
1. Lite sannsynlig	Sjeldnere enn 1 per 1000 hendelser/time
2. Mindre sannsynlig	Gjennomsnitt 1 per 1000 hendelser/time
3. Sannsynlig	Gjennomsnitt 1 per 100 hendelser/time
4. Meget sannsynlig	Gjennomsnitt 1 per 10 hendelser/time
5. Svært sannsynlig	Oftere enn 1 per 10 hendelser/time

Tabell 12 Risikomatrise

Sannsynlighet	Konsekvens				
	1. Svært liten	2. Liten	3. Middels	4. Stor	5. Svært stor
5. Svært sannsynlig	5	10	15	20	25
4. Meget sannsynlig	4	8	12	16	20
3. Sannsynlig	3	6	9	12	15
2. Noe sannsynlig	2	4	6	8	10
1. Lite sannsynlig	1	2	3	4	5

Lav	Akseptabel risiko. Tiltak ikke nødvendig
Middels	Akseptabel risiko, men tiltak bør vurderes
Høy	Uakseptabel risiko, tiltak er nødvendig

8.2 Analyse

Her analyseres risikoene og eventuell avvikshåndtering.

Tabell 13 Risikoanalyse

FAKTORER SOM KAN HINDRE FREMGANG	MULIGE ÅRSAKER	S	K	R	FORSLAG TIL RISIKOREDUSERENDE TILTAK
Sykdom.	Mange.	3	3	9	Melde ifra om sykdom tidlig, og informere om arbeidsstatus til prosjektleder.
Tap av lagrede data.	Datasvikt / personsvikt.	1	1	1	Ha alle digitale dokumenter synkronisert på flere datamaskiner.
Lav arbeidsmoral.	Uenighet i prosjektgruppa.	2	3	6	Ta opp irritasjonsmomenter tidlig. Ha god takhøyde og klar kommunikasjon.
Manglende oppmøte i prosjektgruppa.	Forsinket transport/forsovelse.	3	3	9	Dra tidlig så man er ute i god tid. Ha respekt for andres tid. Melde ifra hvis avvik inntreffer.
Gruppemedlemmer trekker seg.	Alvorlig sykdom/dødsfall.	1	4	4	Sørge for at minst to personer har jobbet med det samme, slik at arbeidet ikke lammes ved frafall.
Oppdragsgiver trekker seg.	Økonomiske årsaker. Kontraktbrudd.	1	5	5	Ha jevnlig dialog med arbeidsgiver under hele prosjektet. Følge retningslinjer framsatt i prosjektkontrakten.
Står fast i prosjektet.	Mangel på kunnskap/Materiell.	4	2	8	Melde ifra til prosjektleder eller andre som kan være til hjelp.
Henger etter i prosjektet.	Jobber ikke i henhold til prosjektplanen. Uoppnåelige mål.	3	3	9	Holde tidsfrister og jevnlig oppdatere prosjektleder hvor vi befinner oss i forhold til planen.

(Forklaring: S = sannsynlighet, K = konsekvens, R = risiko. $R=S*K$)

Som vi ser så er alle punktene våre unntatt " Tap av lagrede data" i middels risiko kategorien. Vi har ingen risikoer som er så høye at sikkerhetstiltak er nødvendig, men vi må vurdere tiltakene som vi har skrevet opp for å senke risikoen på punktene med middels risiko.

Det er hver enkelt deltagers ansvar å bidra til at disse punktene blir fulgt opp, men det er viktig at prosjektleder får informasjon ved avvik slik at tiltak kan iverksettes raskt.

8.3 Kvalitetssikring

For å redusere muligheten for at avvik skal inntreffe går vi igjennom hvordan vi ligger an i forhold til prosjektplanen vår når vi har vårt ukentlige møte. Om vi henger etter gjør vi korrigerende tiltak for å komme oss til der vi skal være så fort som mulig, slik at vi ikke forskyver flere aktiviteter grunnet at den nye aktiviteten er avhengig av at den forrige er klar.

Endringer av revisjoner skal stå i dokumenthistorien, med tid, dato og hvem som har gjort endringen. Dette er for å kunne spore endringer som er gjort tidligere i prosjektet, og se hvem som har korrigert og når dette er gjort.

Backup av arbeid er ivaretatt ved bruk av Dropbox. Skulle Dropbox-serveren krasje har vi fortsatt alle filene lagret lokalt. Skulle en av maskinene vi bruker krasje har fortsatt alle de andre maskinene synkronisert filene.

9 REFERANSER

Tabell 14 Referanser

REFERANSE	DOKUMENTTITTEL	REVISJON
[1]	Designdokument	2.0
[2]	Økonomidokument	1.0

10 VEDLEGG

Tabell 15 Vedlegg

VEDLEGG	DOKUMENTTITTEL
A.	Tidsplan

ID	Activity number	Task Name	Work	Actual Work	% Work Comple	Start1	Finish1																																						
								Jan '12							Feb '12							Mar '12							Apr '12							May '12						Jun '12			
								26	02	09	16	23	30	06	13	20	27	05	12	19	26	02	09	16	23	30	07	14	21	28	04	11													
1	1100	Møter	97 hrs	97 hrs	100%	Sun 01.01.12	Tue 29.05.12																																						
2	1200	Webside	5 hrs	3,5 hrs	70%	Sun 01.01.12	Tue 29.05.12																																						
3	1300	Prosjektplan	81,5 hrs	81,5 hrs	100%	Sun 01.01.12	Tue 29.05.12																																						
4	1400	Timelister	30 hrs	30 hrs	100%	Sun 01.01.12	Tue 29.05.12																																						
5	1600	Oppfølgingsdokument	27,5 hrs	27,5 hrs	100%	Sun 01.01.12	Tue 29.05.12																																						
6	1700	Annet (slakk)	3,5 hrs	3,5 hrs	100%	Sun 01.01.12	Tue 29.05.12																																						
7																																													
8	2100	1. Presentasjon	90,5 hrs	90,5 hrs	100%	Sun 01.01.12	Wed 11.01.12																																						
9	2200	2. Presentasjon	105 hrs	105 hrs	100%	Mon 19.03.12	Wed 28.03.12																																						
10	2300	3. Presentasjon	270 hrs	35 hrs	13%	Mon 28.05.12	Wed 06.06.12																																						
11	2400	Prosjektplakat	30 hrs	0 hrs	0%	Mon 28.05.12	Mon 04.06.12																																						
12																																													
13	3100	Kravspesifikasjon	34,5 hrs	34,5 hrs	100%	Sun 01.01.12	Sun 13.05.12																																						
14	3200	Workshop	223 hrs	223 hrs	100%	Mon 23.01.12	Wed 21.03.12																																						
15	3300	Designdokument	142 hrs	142 hrs	100%	Mon 23.01.12	Sun 25.03.12																																						
16	3510	Innhente forbruksmønster	26,5 hrs	26,5 hrs	100%	Mon 16.01.12	Mon 23.01.12																																						
17	3520	Innhente vinddata	48,5 hrs	48,5 hrs	100%	Mon 16.01.12	Mon 23.01.12																																						
18	3530	Innhente info fra BKK	57 hrs	57 hrs	100%	Mon 16.01.12	Mon 23.01.12																																						
19	3540	Innhente info fra EB	12,5 hrs	12,5 hrs	100%	Mon 16.01.12	Mon 23.01.12																																						
20	3610	AIM-kurs	40 hrs	40 hrs	100%	Wed 18.01.12	Wed 18.01.12																																						
21	3620	PMS-kurs	20 hrs	20 hrs	100%	Mon 23.01.12	Mon 23.01.12																																						
22	3700	Systemtegninger	36 hrs	36 hrs	100%	Wed 08.02.12	Sun 25.03.12																																						
23	3800	I/O-liste	54 hrs	54 hrs	100%	Mon 23.01.12	Wed 07.03.12																																						
24																																													
25	4200	HMI I GMS	245 hrs	245 hrs	100%	Mon 27.02.12	Sun 13.05.12																																						
26	4300	Simulering	46,5 hrs	46,5 hrs	100%	Mon 12.03.12	Sun 13.05.12																																						
27	4400	Utvikling I AIM	426,5 ...	426,5 hrs	100%	Mon 16.04.12	Sun 13.05.12																																						
28	4500	Brukermanual	25,5 hrs	25,5 hrs	100%	Mon 16.04.12	Tue 29.05.12																																						
29	4600	Implementasjonsdokument	122,5 ...	122,5 hrs	100%	Mon 16.04.12	Tue 29.05.12																																						
30	4700	Systemoppsett	9 hrs	9 hrs	100%	Mon 16.04.12	Thu 19.04.12																																						
31																																													
32	5100	Testspesifikasjon	121,5 ...	121,5 hrs	100%	Sun 01.01.12	Mon 14.05.12																																						
33	5200	Kvalifikasjonstest	56,5 hrs	56,5 hrs	100%	Mon 14.05.12	Sun 20.05.12																																						
34	5300	Testrapport	48,5 hrs	48,5 hrs	100%	Mon 14.05.12	Sun 20.05.12																																						
35	6100	Sluttdokumentasjon	130 hrs	50,5 hrs	39%	Sun 20.05.12	Tue 29.05.12																																						
36	6200	Etteranalyse	80 hrs	25 hrs	31%	Sun 20.05.12	Tue 29.05.12																																						
37	6300	Prosjektlogg	0 hrs	0 hrs	0%	Sun 20.05.12	Tue 29.05.12																																						
38																																													
39	0	Første Presentasjon	0 hrs	0 hrs	0%	NA	NA																																						
40	0	Frys I/O-liste	0 hrs	0 hrs	0%	NA	NA																																						
41	0	Andre Presentasjon	0 hrs	0 hrs	0%	NA	NA																																						
42	0	Frys Program AIM	0 hrs	0 hrs	0%	NA	NA																																						
43	0	Innlevering av dokumentasjon	0 hrs	0 hrs	0%	NA	NA																																						
44	0	Tredje Presentasjon	0 hrs	0 hrs	0%	NA	NA																																						



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



KRAVSPESIFIKASJON

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen I Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	3.0		
ANTALL SIDER	16		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	08.01.2012	Første utgivelse
	2.0	25.03.2012	Andre utgivelse
	3.0	29.05.2012	Tredje utgivelse

INNHALDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	3
1.1	Dokumenthistorie.....	3
1.2	Definisjoner og forkortelser	4
1.3	Oppbygning av dokumentet.....	4
2	INNLEDNING	5
2.1	Oppbygning av spesifikasjonen	5
3	INTRODUKSJON TIL OPPGAVEN	6
3.1	Innledning.....	6
3.2	Energisystemet.....	7
3.2.1	Vindpark	7
3.2.2	Pumpekraftverk.....	8
3.2.3	By.....	8
4	FORUTSETNINGER	9
5	KRAV	10
5.1	Rammekrav.....	12
5.2	Funksjonelle krav.....	13
5.3	Maskin-/programvarekrav.....	15
6	VEDLIKEHOLDSINFORMASJON	16

LISTE OVER FIGURER

Figur 1	Systemtopologi.....	7
Figur 2	Styring av pumpekraftverk (grafen er kun for illustrasjon).....	8

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie.....	3
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	4
Tabell 3	Identifikasjonsoversikt.....	10
Tabell 4	Prioritetsklasser	11

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISION	DATO	ENDRINGER	SIGNATUR
1.0	08.01.2012	Første utgivelse	FK
1.1	12.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • Tabell 2: Oppdatert forkortelser. Fjernet Nygardrelaterte. • 3.1: Fjernet Nygard som pumpekraftverk. • 4: Fjernet Nygard som forutsetning for oppgaven. • 5.1: Fjernet Nygard i rammekrav R2.2 og R3.3 • 5.2: Fjernet Nygard i krav F2.3 og F4.6. Spesifisert parametere i krav F4.5 og F4.6. Lagt til «total forbruksmengde» i krav F4.8. • 5.3: Fjernet introduksjonssetning i delkapittelet. 	FK
1.2	18.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • 1.2: Lagt til definisjon for over- og underproduksjon • 4: Lagt til forutsetning om avgrenset nett • 5.1: Lagt til rammekrav R2.3 og R2.4 • 5.3: Fjernet krav M1.5 	FK
1.3	21.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • 1.2: Lagt til definisjon for «systemet» • 4: Lagt til forutsetninger om spenningsregulering. • 5.1: Fjernet rammekrav R2.3 og R2.4 (flyttet til F2.4 og F2.5). Fjernet rammekrav R3.1, R3.5 og R3.7 • 5.2: Fjernet funksjonskrav F1.3. Lagt til funksjonskrav F2.4 og F2.5 (flyttet fra R2.3 og R2.4), F2.6 og F3.3. 	FK
2.0	25.03.2012	Andre utgivelse	FK
2.1	07.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> • 5.2: Omformulert funksjonskrav F4.4 (ingen endring i innhold) og lagt til funksjonskrav F4.11. 	FK
2.2	15.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> • 5.1: Fjernet rammekrav R3.8 • 5.2: Endret funksjonskrav F4.3: Lagt til «menyer for» i kravtekst. 	FK
2.3	26.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> • Tabell 2: Oppdatert • 1.3: Lagt til kapittel. 	FK
2.4	28.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> • Tabell 2: Fjernet «BasisGen», «OCT» og «Peak-hours» fra forkortelser da det ikke brukes i dokumentet • Tabell 3: Fjernet «Nygard» framfor «pumpekraftverk» 	LF
3.0	29.05.2012	Tredje utgivelse	FK

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere ord og uttrykk for å beskrive oppgaven:

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonsprogramvareplattform.
Blackout	Strømbrudd. Alle, eller deler, av forbrukere mister tilgang til elektrisk energi.
EK	Espen Kværnstuen. Ekstern veileder/oppdragsgiver.
GMS	Graphical Modelling System. Programvare for konstruksjon av grafiske skjermbilder.
HMI	Human Machine Interface. Det visuelle brukergrensesnittet for systemet.
IO	Inputs/Outputs. Henviser til inn- og utganger på RIO-kort som knytter KMs utstyr til feltutstyr.
IO-liste	Liste over innganger og utganger tilknyttet kontrollsystemet.
KM	Kongsberg Maritime.
Mehuken	Vindturbinpark. Består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vannturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime har gitt oppgaven og er oppdragsgiver/kunde.
Overproduksjon	Produksjon fra vindturbinpark er større enn forbruk fra Vindby.
Prosjektgruppa	Studentene som gjennomfører prosjektet.
Systemet	PCS – systemet som prosjektgruppa konstruerer.
Underproduksjon	Produksjon fra vindturbinpark er lavere enn forbruk fra Vindby.
Vindby	Fiktiv by som har et reelt energiforbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.
Vindturbinpark	Vindparken Mehuken I og II. Vindturbinparken består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.

1.3 Oppbygning av dokumentet

- Kapittel 2 innleder dokumentet med generell informasjon.
- Kapittel 3 omhandler introduksjon til oppgaven.
- Kapittel 4 inneholder forutsetninger for oppgaven.
- Kapittel 5 inneholder informasjon krav og kravoppsett.
- Kapittel 6 omhandler vedlikeholdsinformasjon om systemet.

2 INNLEDNING

Dette dokumentet er en kravspesifikasjon som er utarbeidet av prosjektgruppa Power Control System. Spesifikasjonen angir hva som skal utvikles i prosjektfasen, og hva produktet skal tilfredstille innenfor gitte rammer og betingelser.

Prosjektoppgaven er gitt av Kongsberg Maritime AS, og utføres som en avsluttende del av ingeniørstudier innen kybernetikk og automasjon ved Høgskolen i Buskerud, Kongsberg.

Når industri og næringsliv ønsker nye produkter og løsninger, er det normalt å sette ut denne jobben til en leverandør som er spesialist på det aktuelle område. I dette tilfelle er det helt avgjørende at partene har en felles forståelse for hva som ønskes av kunden, hva produktet skal oppfylle og prestere. For å oppfylle dette er det normalt å utarbeide en spesifikasjon som angir rammebetingelser, krav og avgrensinger. Spesifikasjonen bygges ofte opp med flere såkalte *krav*, som hver for seg inneholder informasjon om hva produktet skal gjøre, oppfylle, forholde seg til, tåle av påkjenninger m.m. Betegnelsen *kravspesifikasjon* er derfor mye brukt. Når denne foreligger, er det opp til leverandøren å utvikle en løsning som imøtekommer kravspesifikasjonen på en mest mulig effektiv måte.

Kravspesifikasjonen er også sentral i verifikasjon av det utviklede produktet. Ved å måle eller teste de ulike kravene, kan det konkluderes med hvorvidt produktet har oppfylt kundens krav og forventninger.

2.1 Oppbygging av spesifikasjonen

Kravspesifikasjonen skal være et uavhengig dokument som skal kunne stå på egne bein. Vi har derfor, i tillegg til selve kravene, valgt å ta med en del tidligere publisert grunnleggende informasjon om oppgaven. Spesifikasjonen er utarbeidet med basis i oppgavebeskrivelse og møter med oppdragsgiver (KM).

3 INTRODUKSJON TIL OPPGAVEN

I dette kapittelet belyser vi selve oppgaven, og de ulike delene i den.

Bakgrunnen for oppgaven er at Kongsberg Maritime ønsker å kunne benytte sine systemer i flere markeder. Fornybar energi, inklusive vindenergi, er et meget aktuelt tema i dagens samfunn. Sammen med innføring av mer fornybar energi, ser man flere utfordringer i forbindelse med uforutsigbarhet i produksjon. Lagring av energi ved bruk av pumpekraftverk er en av løsningene for å kompensere for dette.

3.1 Innledning

Oppgaven vi er gitt omhandler å benytte Kongsberg Maritimes etablerte automasjonssystem for energikontroll ombord på maritime fartøy og installasjoner, til styring og regulering av energiproduksjon ved et kombinert vind- og pumpekraftverk.

Vindkraftanlegget «Mehuken» i Vågsøy kommune i Sogn og Fjordane, skal kombineres med et pumpekraftverk, til å forsyne en fiktiv by, «Vindby» med elektrisk kraft etter behov. Kraftbehovet er dynamisk og skal baseres på reelle forbruksdata fra en by, skalert til 120 GWh.

Vindkraftanlegget består av 13 vindturbiner som vil være hovedkraftkilden vi ønsker å utnytte, og det er ønskelig at det produserer energi så lenge vindforholdene tillater dette. Når det produseres mer vindenergi enn Vindby forbruker skal overskuddsenergien brukes til å pumpe vann opp i magasinet ved pumpekraftverket, og når Vindby forbruker mer energi enn vindturbinparken klarer å levere skal dette vannet slippes ned igjen i vannturbinene for å supplere vindturbinparken. Pumpekraftverket vil på denne måten fungere som et batteri hvor vi kan lagre og hente energi etter behov.

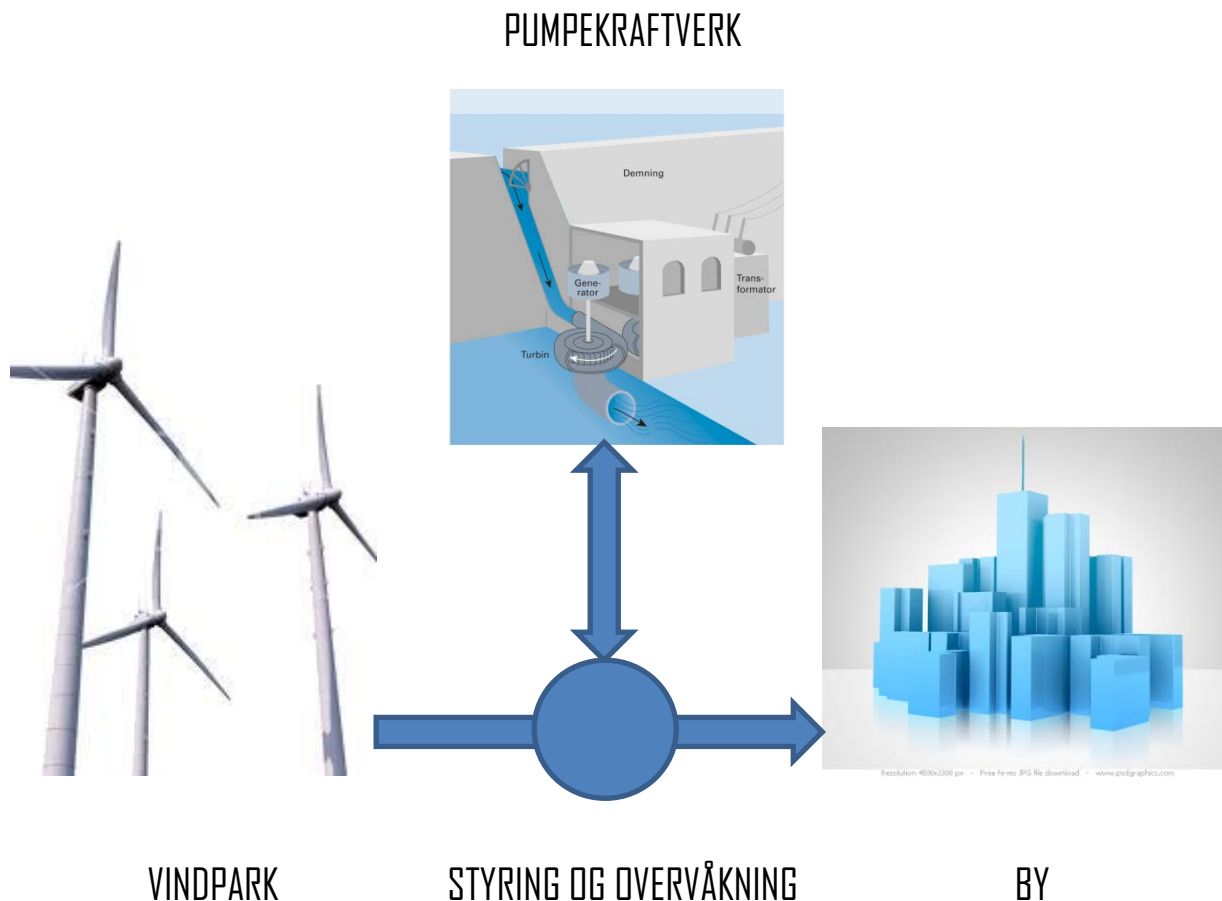
Balanseringen av produksjon, lagring og forbruk er essensen i oppgaven, og dette skal modelleres og simuleres ved bruk av KMs automasjonsprogramvare AIM. I tillegg skal prosjektgruppa utvikle et grafisk brukergrensesnitt som til enhver tid visualiserer tilstanden i systemet.

Oppgaven er noe spesiell siden vi ikke har et reelt system å forholde oss til. Selv om systemet består av reelle bidrag (Mehuken I og II), er det likevel et fiktivt system. Vår oppgave omfatter derfor primært systemarbeid i forkant, samt utvikling av software. For å kunne verifisere funksjonaliteten i systemet må vi støtte oss til modellering og simuleringer.

3.2 Energisystemet

Energisystemet består av tre ulike deler som knyttes sammen av høyspente overføringslinjer og signalkabler. Disse tre delene har ulike roller i energisystemet:

- Vindpark – Produsent
- Pumpekraftverk – Produsent/forbruker
- By – Forbruker



Figur 1 Systemtopologi

Vår oppgave blir å knytte disse tre delene sammen, og styre dynamikken disse i mellom (se Figur 1), samt presentere dette i et grafisk operatørgrensesnitt.

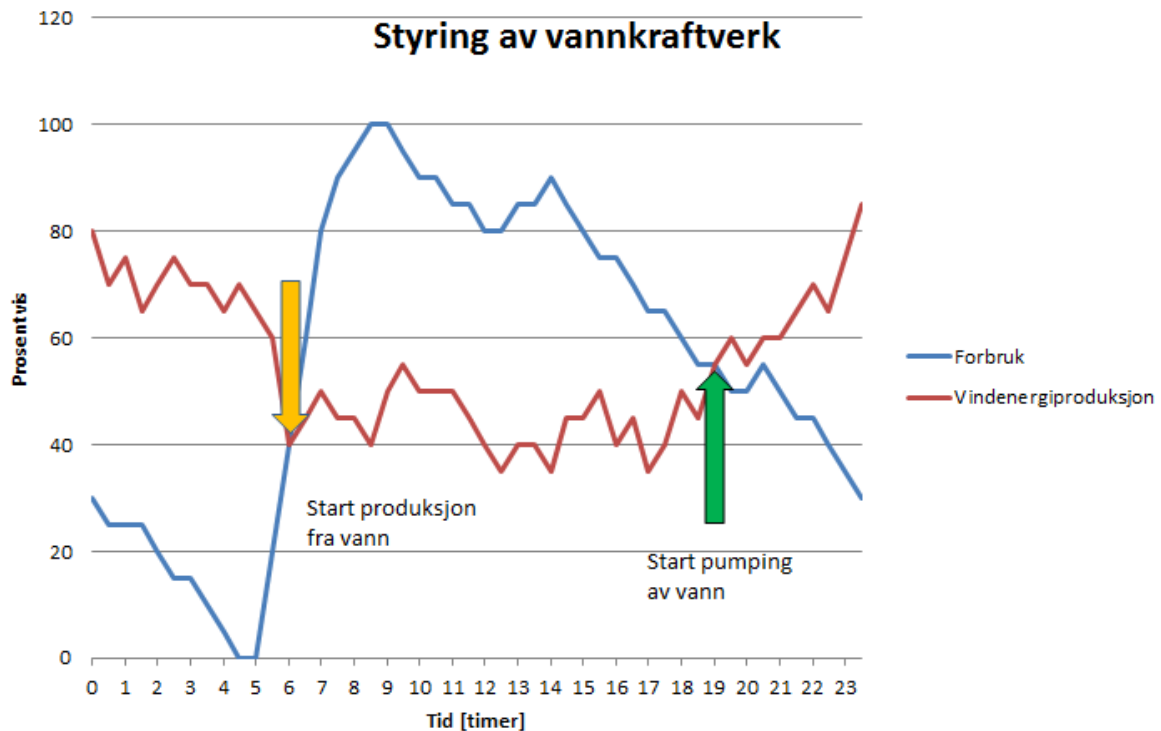
3.2.1 Vindpark

Vindparken produserer elektrisk energi av varierende mengde ved vindstyrker mellom ca. 4 – 25 m/s.

- Hver enkelt turbin har innebygde systemer som optimaliserer turbinen ved ulike vindhastigheter.
- Vår oppgave omfatter visualisering av tilstand og verdier i et HMI-grensesnitt.

3.2.2 Pumpekraftverk

Pumpekraftverket kan både produsere og forbruke elektrisk energi. Pumpekraftverket er den enheten vi kan styre og tilpasse tilstanden i energisystemet.



Figur 2 Styring av pumpekraftverk (grafene er kun for illustrasjon)

Simple modell for regulering av produksjon fra pumpekraftverk:

$$P_B = P_V + P_P$$

$$P_P = P_B - P_V$$

Hvor P_B er forbruk i by, P_V er produksjon fra vind og P_P er produksjon fra pumpekraftverk. Både forbruk og produksjon er benevnt med positive fortegn. Når produksjon fra vind er større enn forbruk fra by, blir P_P negativt (pumping). Ved omvendte tilstander produseres energi fra pumpekraftverk.

3.2.3 By

Vindby forbruker elektrisk energi.

4 FORUTSETNINGER

Flere forutsetning begrenser og definerer hva vi må ta hensyn til i oppgaven. Dette er konsekvenser av krav stilt av oppdragsgiver. Vi har valgt og ikke definere de følgende punkter som krav, da dette er mer faktainformasjon.

Vindturbinpark (Mehuken I og II):

- Mehuken I består av 5 generatorer på 0,85 MW hver. En samlet installert effekt på 4,25 MW
- Mehuken II består av 8 generatorer på 2,3 MW hver. En samlet installert effekt på 18,4 MW
- Årlig produsert energimengde for Mehuken er ca. 65 GWh
- Vindturbinenes midlere årsproduksjon er mindre enn Vindbys midlere årsforbruk.

Vindby, Mehuken og pumpekraftverket betraktes som et lukket system. Med lukket system menes at vårt lokale kraftnett ikke er tilkoblet det regionale kraftnettet.

Oppgaven tar ikke høyde for spenningsregulering i energisystemet. Vi antar at dette gjøres lokalt i vind- og vannkraftverket.

5 KRAV

I dette kapittelet presenterer vi kravene som er framsatt for å forme systemet.

Hovedmål med oppgaven: *Systemet skal konstrueres slik at Vindby til enhver tid har tilstrekkelig tilgang til elektrisk energi.*

Kravene er satt opp i tre kategorier (se Tabell 3 for detaljer):

1. Rammekrav (Krav satt som rammebetingelser til oppgaven)
2. Funksjonelle krav (Krav til funksjoner systemet skal ivareta)
3. Maskin- og programvarekrav (Krav til bruk av maskin- og programvare)

Tabell 3 Identifikasjonsoversikt

FØRSTE INDEKS	ANDRE INDEKS	TREDJE INDEKS	HOVEDKATEGORI	UNDERKATEGORI	BESKRIVELSE
R	1	Løpenummer	Rammekrav	Vindenergi	Rammekrav som er tilknyttet vindturbinparken Mehuken I og II
R	2		Rammekrav	Vannenergi	Rammekrav som er tilknyttet pumpekraftverket
R	3		Rammekrav	Forbruker	Rammekrav som er tilknyttet energiforbruker Vindby
F	1		Funksjonelle krav	Vindenergi	Funksjonelle krav som er tilknyttet vindturbinparken Mehuken I og II
F	2		Funksjonelle krav	Vannenergi	Funksjonelle krav som er tilknyttet pumpekraftverket
F	3		Funksjonelle krav	Forbruker	Funksjonelle krav som er tilknyttet energiforbruker Vindby
F	4		Funksjonelle krav	Operatørgrensesnitt	Funksjonelle krav som er tilknyttet operatørgrensesnittet (dynamiske skjermbilder)
M	1		Maskin-programvarekrav	N/A	Krav til maskin- og programvare (hardware og software) i systemet

Videre er alle krav satt opp med opprinnelsesdato samt personen som har fremsatt hvert enkelt krav.

Kravene har også ulik prioritet, ved inndeling i tre klasser. Informasjon om de ulike prioritetsklassene er å finne i Tabell 4.

Tabell 4 Prioritetsklasser

BENEVNING	PRIORITET	BESKRIVELSE
A	HØY	Dette er krav som er helt avgjørende for å imøtekomme kravene fra oppdragsgiver. Disse kravene sikter vi mot å oppfylle først.
B	MIDDELS	Dette er krav som er relativt viktige for å imøtekomme kravene fra oppdragsgiver. Samtidig er de ikke avgjørende for oppgaven, og vil bli prioritert etter A-kravene.
C	LAV	Dette er krav som er mindre viktige for å imøtekomme kravene fra oppdragsgiver. Slike krav bruker vi til å bygge ut systemet ved tilgjengelig tid.

5.1 Rammekrav

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R1.1	26.09.2011	KM (EK)	A	Primær energikilde skal være vindenergi.
R1.2	26.09.2011	KM (EK)	A	Vindenergikilden skal være anlegget Mehuken I og II med gitte forutsetninger (Kapittel 4).
R1.3	26.09.2011	KM (EK)	A	For simulering av energiproduksjon skal faktiske vinddata fra Mehuken innhentes.
R2.1	26.09.2011	KM (EK)	A	Sekundær energikilde (buffer) skal være vannenergi.
R2.2	26.09.2011	KM (EK)	A	Vannenergikilden skal være et pumpekraftverk.
R2.3				<Flyttet til 5.2>
R2.4				<Flyttet til 5.2>
R3.1				<Fjernet 20.03.2012>
R3.2	26.09.2011	KM (EK)	A	Vindby skal alltid ha tilstrekkelig tilgang til elektrisk energi.
R3.3	21.12.2011	KM (EK)	A	Vindby forsynes kun fra to energikilder – Mehuken I og II, og pumpekraftverket.
R3.4	26.09.2011	KM (EK)	A	Forbruket skal følge et reelt mønster og skaleres til 120 GWh på årsbasis.
R3.5				<Fjernet 20.03.2012>
R3.6	21.12.2011	PCS	A	Vindby deles inn i 6 fordelingssoner.
R3.7				<Fjernet 20.03.2012>
R3.8				<Fjernet 15.03.2012>

5.2 Funksjonelle krav

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F1.1	04.10.2011	PCS	A	Tilgjengelig energi fra Mehuken skal alltid benyttes fremfor energi fra pumpekraftverket.
F1.2	08.11.2011	PCS	B	Styring av Mehuken skal kun omfatte start og stopp av hver enkelt turbin.
F2.1	04.10.2011	PCS	A	Ved lavere produksjon fra vindpark enn forbruk fra by, skal dette kompenseres ved å produsere i pumpekraftverket (slipping av vann).
F2.2	04.10.2011	PCS	A	Ved høyere produksjon fra vindpark enn forbruk fra by, skal dette kompenseres ved å forbruke i pumpekraftverket (pumping av vann).
F2.3	21.12.2011	PCS	A	Systemet skal kunne koble inn og ut generatorene i pumpekraftverket.
F2.4	19.03.2012	PCS	A	Frekvensregulering i energisystemet ivaretas av vannturbinene ved vannkraftverket ved underproduksjon.
F2.5	19.03.2012	PCS	A	Frekvensregulering i energisystemet ivaretas av pumpene ved vannkraftverket ved overproduksjon.
F2.6	20.03.2012	PCS	A	Systemfrekvensen skal til enhver tid holdes på 50 ± 1 Hz.
F3.1	21.12.2011	PCS	A	Systemet skal kunne koble inn og ut hver fordelingssone i Vindby.
F3.2	21.12.2011	PCS	B	Ved en eventuell blackout skal systemet inneha funksjonalitet som ivaretar automatisk oppstart av produksjon og innkobling av laster.
F3.3	21.03.2012	PCS	B	Systemet skal koblet ut (load shedding) forbrukersoner i Vindby (etter en gitt prioritering) ved systemfrekvenser under 48 Hz.
F4.1	26.09.2011	KM (EK)	A	Det skal etableres et visuelt brukergrensesnitt som gir operatør informasjon om energisystemets tilstand.
F4.2	20.12.2011	PCS	A	Et hovedbilde skal vise systemets hoveddeler (produsenter og forbruker) som er forbundet med en bus/strømveier som viser energiflyt.

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.3	20.12.2011	PCS	A	Det skal være mulig å gå inn et mer detaljert nivå for de ulike hoveddelene i systemet, ved å klikke på menyer for henholdsvis produsenter og forbruker i hovedbildet.
F4.4	21.12.2011	PCS	A	Hvilke deler som er spenningsbelagt skal visualiseres med fargeskift i brukergrensesnittet.
F4.5	17.12.2011	PCS	A	Tilstand og utvalgte parameter fra hver vindturbin skal visualiseres i et operatørgrensesnitt. Dette omfatter minimum per vindturbin: Aktiv- og reaktiv effekt, frekvens, strøm, spenning, turtall, vindhastighet, vindretning, pitch-verdi, yaw-verdi, generatortemperatur og transformatortemperatur.
F4.6	17.12.2011	PCS	A	Tilstand og utvalgte parameter fra pumpekraftverket skal visualiseres i et operatørgrensesnitt. Dette omfatter minimum: Aktiv- og reaktiv effekt, frekvens, strøm, spenning, turtall, ventilstillinger (ledeapparat), trykk i sjakt, slukemengde, generatortemperatur og transformatortemperatur.
F4.7	20.12.2011	PCS	A	Magasinnylling skal visualiseres i et operatørgrensesnitt.
F4.8	20.12.2011	PCS	A	Total forbruksmengde i Vindby skal visualiseres i et operatørgrensesnitt.
F4.9	17.12.2011	PCS	A	Det skal lages et alarmsystem som varsler om utvalgte parametere overskrider definerte grenser.
F4.10	17.12.2011	PCS	C	Bruker skal selv kunne lage trendkurver over ulike variable over et valgfritt tidsrom.
F4.11	07.05.2012	PCS	A	Hvilke vannveier, ventiler, pumper og turbiner som har vanngjennomstrømning skal visualiseres med fargeskift i brukergrensesnittet.

5.3 Maskin-/programvarekrav

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
M1.1	26.09.2011	KM (EK)	A	Software for styring og regulering skal utvikles med AIM.
M1.2	26.09.2011	KM (EK)	A	Grafisk brukergrensesnitt skal utvikles med GMS.
M1.3	26.09.2011	KM (EK)	A	Grafisk brukergrensesnitt skal følge gjeldende standardutforming for KM.
M1.4	26.09.2011	KM (EK)	A	IO-liste skal utvikles etter KMs standarder.
M1.6	26.09.2011	KM (EK)	A	Programmet skal kjøres på KMs standardiserte hardware.

6 VEDLIKEHOLDSINFORMASJON

Energisystemet i sin helhet med vindpark, pumpekraftverk, overføringslinjer, transformatorer med mer, trenger jevnlig teknisk vedlikehold. Dette anser vi derimot utenfor vår oppgave. Vedlikehold av prosjektgruppas produkt vil omfatte software (inkluderende styring og operatørgrensesnitt) samt hardwaren dette kjører på.

Software i seg selv blir ikke «slitt», men vedlikehold i form av oppdateringer og forbedringer er høyst nødvendig. Dette omfatter eksempelvis forbedring av algoritmer og funksjoner for å øke ytelsen til systemet, retting av oppdagende feil, og endringer grunnet endringer i kravspesifikasjon (ønsker/krav fra kunde og bruker).

Som nevnt i kapittel 0 krever oppdragsgiver at vi benytter KMs standardiserte hardware. Dette omfatter mellom annet operatørstasjon, prosesseringsenheter og IO-moduler. Dette er hylleware hos KM, godt utprøvd, og derfor tilgjengelig i et stort omfang. Hardwaren er konstruert som kompatible byggeklosser, som muliggjør fleksible utvidelser og endringer i systemet.



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



TESTSPESIFIKASJON

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen I Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	3.0		
ANTALL SIDER	55		
DOKUMENT HISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	08.01.2012	Første utgivelse
	2.0	25.03.2012	Andre utgivelse
	3.0	29.05.2012	Tredje utgivelse

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	6
1.1	Dokumenthistorie	6
1.2	Definisjoner og forkortelser	9
2	INNLEDNING.....	10
2.1	Oppbygging av spesifikasjonen.....	10
3	DYNAMIKKSEKVENSS.....	11
4	TESTPLAN.....	17
4.1	Testing ved hjelp av inspeksjon	17
4.2	Testing ved hjelp av funksjonstest	18
5	TEST AV RAMMEKRAV.....	19
5.1	Test av R1.1	19
5.2	Test av R1.2	20
5.3	Test av R1.3	21
5.4	Test av R2.1	22
5.5	Test av R2.2	23
5.6	Test av R3.2	24
5.7	Test av R3.3	25
5.8	Test av R3.4	26
5.9	Test av R3.6	27
6	TEST AV FUNKSJONELLE KRAV	28
6.1	Test av F1.1.....	28
6.2	Test av F1.2.....	29
6.3	Test av F2.1.....	30
6.4	Test av F2.2.....	31
6.5	Test av F2.3.....	32
6.6	Test av F2.4.....	33
6.7	Test av F2.5.....	34
6.8	Test av F2.6.....	35
6.9	Test av F3.1.....	36
6.10	Test av F3.2.....	37
6.11	Test av F3.3.....	38
6.12	Test av F4.1.....	39
6.13	Test av F4.2.....	40
6.14	Test av F4.3.....	41
6.15	Test av F4.4.....	42
6.16	Test av F4.5.....	43
6.17	Test av F4.6.....	44

6.18	Test av F4.7.....	45
6.19	Test av F4.8.....	46
6.20	Test av F4.9.....	47
6.21	Test av F4.10.....	48
6.22	Test av F4.11.....	49
7	TEST AV MASKIN-/PROGRAMVAREKRAV	50
7.1	Test av M1.1	50
7.2	Test av M1.2	51
7.3	Test av M1.3	52
7.4	Test av M1.4	53
7.5	Test av M1.6	54
8	REFERANSER.....	55

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie	6
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	9
Tabell 3	Testkonfigurasjon	10
Tabell 4	Dynamikksekvens	11
Tabell 5	Rammekrav	17
Tabell 6	Funksjonelle krav	17
Tabell 7	Maskinvarekrav	17
Tabell 8	Rammekrav	18
Tabell 9	Funksjonelle krav	18
Tabell 10	Rammekrav R1.1	19
Tabell 11	Rammekrav R1.2	20
Tabell 12	Rammekrav R1.3	21
Tabell 13	Rammekrav R2.1	22
Tabell 14	Rammekrav R2.2	23
Tabell 15	Rammekrav R3.2	24
Tabell 16	Rammekrav R3.3	25
Tabell 17	Rammekrav R3.4	26
Tabell 18	Rammekrav R3.6	27
Tabell 19	Funksjonelt krav F1.1	28
Tabell 20	Funksjonelt krav F1.2	29
Tabell 21	Funksjonelt krav F2.1	30
Tabell 22	Funksjonelt krav F2.2	31
Tabell 23	Funksjonelt krav F2.3	32
Tabell 24	Funksjonelt krav F2.4	33
Tabell 25	Funksjonelt krav F2.5	34
Tabell 26	Funksjonelt krav F2.6	35
Tabell 27	Funksjonelt krav F3.1	36
Tabell 28	Funksjonelt krav F3.2	37
Tabell 29	Funksjonelt krav F3.3	38
Tabell 30	Funksjonelt krav F4.1	39
Tabell 31	Funksjonelt krav F4.2	40
Tabell 32	Funksjonelt krav F4.3	41
Tabell 33	Funksjonelt krav F4.4	42
Tabell 34	Funksjonelt krav F4.5	43
Tabell 35	Funksjonelt krav F4.6	44
Tabell 36	Funksjonelt krav F4.7	45
Tabell 37	Funksjonelt krav F4.8	46
Tabell 38	Funksjonelt krav F4.9	47
Tabell 39	Funksjonelt krav F4.10	48
Tabell 40	Funksjonelt krav F4.10	49
Tabell 41	Maskin-/programvarekrav M1.1	50

Tabell 42	Maskin-/programvarekrav M1.2	51
Tabell 43	Maskin-/programvarekrav M1.3	52
Tabell 44	Maskin-/programvarekrav M1.4	53
Tabell 45	Maskin-/programvarekrav M1.6	54
Tabell 46	Referanser.....	55

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
1.0	08.01.2012	Første utgivelse	FK
1.1	12.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • 1.2. Oppdatert forkortelser. Fjernet Nygardrelaterte. • 5.5. Oppdatert krav R2.2 i henhold til Kravspesifikasjon versjon 2.0, Byttet ut «Nygard» med «pumpekraftverket» • 5.7. Oppdatert krav R3.3 i henhold til Kravspesifikasjon Version 2.0, Byttet ut «Nygard» med «pumpekraftverket» • 6.1. Byttet ut «Nygard» med «pumpekraftverket» • 6.5. Oppdatert krav F2.3 i henhold til Kravspesifikasjon Version 2.0, Byttet ut «Nygard» med «pumpekraftverket» • 6.16. Oppdatert krav F4.5 i henhold til Kravspesifikasjon Version 2.0 • 6.17. Oppdatert krav F4.6 i henhold til Kravspesifikasjon Version 2.0, Byttet ut «Nygard» med «pumpekraftverket». • 6.19. Oppdatert krav F4.8 i henhold til Kravspesifikasjon Version 2.0 	CS
1.2	19.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • 6.6. Lagt til Krav 2.3 • 6.7. Lagt til Krav 2.4 • 1.2. Lagt til Overproduksjon og Underproduksjon i begrepslista • 7. fjernet Krav M1.5 	CS

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
1.3	25.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> 6.1.1. Byttet ut »dersom forbruket er lavt nok» med «ved overproduksjon» 6.4. Byttet ut «dersom det er nok energi fra vindturbinene til dette» med «ved overproduksjon» 6.6. Byttet ut «dersom forbruket er høyt nok» med «ved underproduksjon» 6.7. Byttet ut «Ved høyere produksjon fra vindpark enn forbruk fra by» med «ved overproduksjon» Tabell 21. Byttet ut «Ved lavere produksjon fra vindpark enn forbruk fra by» med «underproduksjon». 6.8. Byttet «dersom produksjon fra vindturbinene har en lavere verdi enn forbruk fra Vindby.» med «underproduksjon». Tabell 22. Byttet ut «ved høyere produksjon fra vindpark enn forbruk fra by» med «ved overproduksjon» 5. Flyttet Kravene R2.3 til F2.4 og R2.4 til F2.5. 5. Fjernet Krav R3.1, R3.5 og R3.7. 6. Lagt inn Krav F2.4(fra R2.3), 2.5(fra R2.4), F2.6 og F3.3. 	CS
2.0	25.03.2012	Andre utgivelse	CS
2.1	07.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> 3. Lagt inn dynamikksekvens. 5, 6 og 7. Referert opp aktuelle tester til dynamikksekvensen. 5. Oppdatert krav f4.4 5. Lagt til krav 4.11 3. Oppdatert med fargeskift i Dynamikksekvens 5. Byttet ut funksjonstest med visuell inspeksjon i krav R2.2 3. Fjernet sekvens 20 3. Lagt inn tilstand i balansen i alle godkjent resultat. 	CS
2.2	15.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> 4. Fjernet test av R3.8 6. Oppdatert etter kravspesifikasjon 	CS
2.3	19.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> 3. Flere sekvenser, byttet ut raske frekvensendringer med at pumpe p1 regulerer på frekvens. 3. Sekvens 2 byttet ut «og» med «men» i tilstand 	CS
2.4	21.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> 3. Fjernet at vanngeneratorer kobles ut, i dynamikksekvensen. 3. Fjernet at én vanngenerator går i dynamikksekvensen. 3. Lagt til forhåndsinnstilling. 3. Lagt fargeskift til forhåndsinnstilling. 	CS
2.5	23.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> 6. Endret metode under test av F3.2. 	LF

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
2.6	24.05.2012	<ul style="list-style-type: none">• 6. Endret metode under test av F4.9• 6. Endret metode under test av F4.1• 7. Endret metode i krav M1.6	LF/CS
2.7	26.05.2012	<ul style="list-style-type: none">• 4. Tatt inn testplan	CS
3.0	29.05.2012	Tredje utgivelse	CS

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere ord og uttrykk som står beskrevet i Tabell 2

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonsprogramvareplattform.
BasisGen	Basisfiler for en AIM-leveranse. Produseres av utviklingsavdelingen på Kongsberg, tilpasset det enkelte prosjekt.
BKK	Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap.
Blackout	Strømbrudd. Alle, eller deler, av forbrukere mister tilgang til elektrisk energi.
BUS	Fysisk strømforsyningsgren/fordelingsnett.
Dropbox	Nettbasert lagringsmedium. Muliggjør automatisk lagring, deling og synkronisering av filer og mapper i en nettsky.
EK	Espen Kværnstuen – ekstern veileder/oppdragsgiver
Energisystemet	Det totale systemet som forsyner Vindby med elektrisitet. Dette inkluderer vindturbinpark, pumpekraftverk, overføringslinjer, koblingsutstyr, transformatorstasjoner og PCS.
GMS	Graphical Modelling System. Software for konstruksjon grafiske skjermbilder.
HiBu	Høgskolen i Buskerud.
HMI	(Human Machine Interface) Det visuelle brukergrensesnittet for systemet.
Hydrogenerator	Generator som drives av en vannturbin.
IO-liste	Inputs/Outputs. Henviser til inn- og utganger på RIO-kort som knytter KMs utstyr til feltutstyr.
KM	Kongsberg Maritime.
Mehuken	Vindturbinpark. Består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.
OCT	Offline Configuration Tool. KMs verktøy for behandling av IO-signaler.
Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime har gitt oppgaven og er oppdragsgiver/ kunde.
Overproduksjon	Produksjon fra vindturbinpark er større enn forbruk fra Vindby.
PCS	Power Control System. Navnet på prosjektoppgaven og produktet.
Peak-hours	Den tiden i løpet av et døgn med størst forbruk.
Prosjektgruppa	Studentene som gjennomfører prosjektet.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vannturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
Underproduksjon	Produksjon fra vindpark er lavere enn forbruk fra Vindby
Vindby	Vindby er en fiktiv by som innehar et reelt energiforbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.
Vindturbinpark	Vindparken Mehuken I og II. Vindturbinparken består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.

2 INNLEDNING

Dette dokumentet presenterer valgte metoder for å verifisere krav, presentert i kravspesifikasjonen ([1]). Godkjenningskriterium blir entydig presentert, for hver enkelt metode. Metodene som er valgt omfatter funksjonstesting av programkode og visuell inspeksjon.

2.1 Oppbygging av spesifikasjonen

Testspesifikasjonen skal være avhengig av [1], og revideres i takt med denne. Testspesifikasjon skal presentere metoder for å verifisere at kravene presentert i [1] oppfylles. Vi velger å liste opp den aktuelle test sammen med aktuelt krav, etterfulgt av metode. For å simulere scenarioer systemet kan bli utsatt for, er det utarbeidet en dynamikksekvens, denne står omtalt i kapittel 3. Rekkefølgen testene av de forskjellige kravene skal utføres etter er presentert i testplanen i kapittel 4.

Følgende testkonfigurasjon ligger til grunne for testene i denne spesifikasjonen:

Tabell 3 Testkonfigurasjon

NAVN	BESKRIVELSE
AIM	KM sin programvare for programmering av automasjonssystemer.
PC	Personlig datamaskin med Microsoft Windows XP, SP3.
IO-liste	Liste over «Input» og «Output»(Inngang og utgang) for styringsprogrammet
Testhardware	Nødvendig hardware for å kunne teste systemet på et reelt anlegg. Vil bli definert i designdokumentet.
Simuleringsdata	Simuleringsdata for nødvendige parameter må være tilgjengelig under testingen.

3 DYNAMIKKSEKVENNS

Dynamikksekvensen går gjennom dynamikken systemet skal balansere trinn for trinn. Den starter med lavere forbruk enn produksjon, altså overproduksjon, hvor pumpene skal bruke overskuddseffekten. Herfra tar den systemet, ned til underproduksjon og opp igjen til overproduksjon ved variasjon i forbruk. Deretter underproduksjon ved hjelp av variasjon i leveranse. Når dette er simulert og testet går sekvensen gjennom underproduksjon som forårsaker blackout, og utkobling av forbrukersoner, og til slutt overproduksjon som forårsaker utkobling av energibidrag.

For hver sekvens står det presentert en tilstand. Dette er tilstanden systemet befinner seg i etter at den aktuelle sekvensen er utført. Når man gjennomfører testene som spesifisert i dette dokumentet, og i rekkefølgen som står presentert i testplanen(), vil man gjentatte ganger bli instruert til å gå inn i forskjellige deler av dynamikksekvensen. Tilstanden er ment for å kunne se hva slags tilstand systemet skal være i før den aktuelle testen startes.

Før hvert punkt i dynamikksekvensen skal kjøres, skal alle komponenter i hovedbildet i brukergrensesnittet startes ved hjelp av venstreklikk, trykk på «reset», så «start», så hvis mulig, «Connect».

Tabell 4 Dynamikksekvens

SEKV	AKSJON	GODKJENT RESULTAT
1.	Sett inngangen for forbruk i Vindby lavere enn inngangen for produsert vindkraft.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går, og leverer den energimengden de har tilgjengelig fra vinden. Overskuddet av energi starter pumpene, og bestemmer pumpenes energiforbruk, ved hjelp av frekvensomformere. Pumpene har fått fargeskift ved innkobling. Vanngeneratorene er tilkoblet, og har fått fargeskift i detaljvisningene. Vanngeneratorene bidrar i liten grad til energiproduksjon. <p><i>Tilstand: Vindby bruker mindre energi enn Mehuken produserer, Vindby bruker etterspurt effekt og pumpe P1 går og regulerer på frekvens.</i></p>
2.	Øk inngangen for forbruk i Vindby.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går, og leverer den energien de har tilgjengelig fra vinden. Pumpene forbruker overskuddseffekt, men reduserer sitt effektbruk ved hjelp av frekvensomformere. <p><i>Tilstand: Vindby bruker mindre energi enn Mehuken produserer, Vindby bruker etterspurt effekt og pumpe P1 går og regulerer på frekvens..</i></p>

SEKV	AKSJON	GODKJENT RESULTAT
3.	Øk verdien på inngangen for forbruk i Vindby, la den overstige inngangen for produsert vindkraft.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går og levere den energien de har tilgjengelig fra vinden. Pumpene reduserer sitt effektforbruk ved hjelp av frekvensomformere. Vanngeneratoren initieres til å øke effektproduksjon. Ettersom overskuddseffekten forsvinner, og underskuddseffekten øker vil pumpene senke sin belastning helt ned til minimum. <p><i>Tilstand: Vindby bruker mer energi enn Mehuken produserer, vanngeneratorene går for å supplere Mehuken.</i></p>
4.	Øk verdien på inngangen for forbruk i Vindby til største forbruk(100 %)	<ul style="list-style-type: none"> Se godkjent resultat i sekvens 3 <p><i>Tilstand: Vindby bruker mer energi enn Mehuken produserer, vanngeneratorene går for å supplere Mehuken.</i></p>
5.	Senk verdien på inngangen for forbruk i Vindby.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går og levere den energien de har tilgjengelig fra vinden. Vanngeneratoren senker sin effektproduksjon for å utjevne Vindbys effektforbruk. <p><i>Tilstand: Vindby bruker mer energi enn Mehuken produserer, vanngeneratorene går for å supplere Mehuken.</i></p>
6.	Senk verdien på inngangen for forbruk i Vindby, la den avta til lavere verdi enn produsert vindkraft.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går og levere den energien de har tilgjengelig fra vinden. Pumpene øker sitt effektforbruk ved hjelp av frekvensomformere. <p><i>Tilstand: Vindby bruker mindre energi enn Mehuken produserer, Vindby bruker etterspurt effekt og pumpe P1 går og regulerer på frekvens.</i></p>
7.	Senk verdien på inngangen for produsert vindkraft til lavere enn verdien for forbruk i Vindby.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går og levere den energien de har tilgjengelig fra vinden. Pumpene reduserer sitt effektforbruk ved hjelp av frekvensomformere. Vanngeneratoren initieres til å øke effektproduksjon før pumpene har stoppet. <p><i>Tilstand: Mehuken produserer mindre energi enn Vindby bruker, Vindby bruker etterspurt effekt og én vanngenerator går for å supplere Mehuken.</i></p>
8.	Øk verdien på inngangen for produsert vindkraft.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går og levere den energien de har tilgjengelig fra vinden. Pumpene øker sitt effektforbruk ved hjelp av frekvensomformere. Vannturbinen reduserer sin produksjon etter at pumpene har økt sin belastning for å holde frekvensen. <p><i>Tilstand: Mehuken produserer mindre energi enn Vindby bruker, Vindby bruker etterspurt effekt og én vanngenerator går for å supplere Mehuken.</i></p>

SEKV	AKSJON	GODKJENT RESULTAT
9.	Øk verdien på inngangen for produsert vindkraft, la den passere verdien for forbruk i Vindby.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går og levere den energien de har tilgjengelig fra vinden. Pumpene øker sitt effektforbruk ved hjelp av frekvensomformere. Vannturbinen reduserer sin produksjon etter at pumpene har økt sin belastning for å holde frekvensen. Etter at verdien for produsert vindkraft har passert verdien for forbruk i Vindby, skal vanngeneratorene senke sin produksjon. <p><i>Tilstand: Mehukene produserer mer energi enn Vindby bruker, Vindby bruker etterspurt effekt og pumpe P1 går og regulerer på frekvens.</i></p>
10.	Sett verdien for vindkraft til 100 %. Sett verdien for forbruk til 100 %	<ul style="list-style-type: none"> Vindparken produserer effekt som spesifisert i [5]. Vannkraftverket kompenserer som spesifisert i [5]. <p><i>Tilstand: Vindbys forbruk er på høyeste mulige verdi(23,9MW), Mehukens produksjon er på høyeste verdi(22,7MW). Vindbys forbruk er større enn Mehukens produksjon, én vanngenerator går for å supplere Mehukene og pumpe P1 går og regulerer på frekvens.</i></p>
11.	Sett verdiene som beskrevet i sekvens 9.	<ul style="list-style-type: none"> Se godkjent resultat som i sekvens 9.
12.	Reduser verdien på inngangen for produsert vindkraft	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går og levere den energien de har tilgjengelig fra vinden. Overskuddet av energi starter pumpene, og bestemmer pumpenes energiforbruk, ved hjelp av frekvensomformere. Vindby bruker etterspurt effekt. <p><i>Tilstand: Mehukene produserer mindre energi enn Vindby forbruker, én vanngenerator går for å supplere Mehukene, og pumpe P1 går og regulerer på frekvens.</i></p>
13.	Øk Vindbys forbruk til største forbruk, reduser produsert vindkraft ned til null effekt,	<ul style="list-style-type: none"> Vannkraftverket vil overta lasten, etter som vindkraften ikke strekker til. <p><i>Tilstand: Vindbys forbruk er på høyeste verdi(23,9MW), Mehukene produserer ingen energi og er koblet ut. Vannkraftverket produserer den energien Vindby forbruker, med begge Vanngeneratorer.</i></p>
14.	Koble ut vannkraft, reduser først HG1, så HG2, overvåk forbrukere samtidig.	<ul style="list-style-type: none"> Vannkraft reduseres og indikeres etterhvert utkoblet, ved fargeskift og målt verdi, først HG1, så HG2. Ettersom forbruket øker, og energileveransen blir for lav, kobles forbrukerensone i Vindby ut, utkoblingen følger samme rekkefølge som presentert i [5] kapittel 4.3, tabell 7. <p><i>Tilstand: Vindby, Pumpekraftverket og Mehukene er utkoblet</i></p>

SEKV	AKSJON	GODKJENT RESULTAT
15.	Koble inn vannkraft, senk Vindbys forbruk ned til Mehukens største energiproduksjon, overvåk forbrukere samtidig	<ul style="list-style-type: none"> Ettersom energileveransen øker, kobles forbrukersonene i Vindby inn, i motsatt rekkefølge av resultat i sekvens 14. <p><i><u>Tilstand:</u> Vindby og pumpekraftverket er innkoblet</i></p>
16.	Koble inn vindturbiner, øk verdien for energileveransen opp til verdien for Vindbys forbruk, overvåk forbrukere.	<ul style="list-style-type: none"> Pumpekraftverket vil supplere Mehukens i starten, med vanngeneratorer og Pumper for å ta raske frekvensendringer. Systemet balanserer seg, og Vindby forbruker det vindturbinene produserer. Deler som er spenningsatt og har vanngjennomstrømning får et fargeskift. <p><i><u>Tilstand:</u> Mehukens er innkoblet, og produserer det Vindby forbruker, pumpe P1 går og regulerer på frekvens.</i></p>
17.	Koble ut fordelingszone 1 manuelt i brukergrensesnittet.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går, og leverer den energien de har tilgjengelig fra vind. HG1 og P1 er innkoblet. I tidspunktet som forbruk reduseres, øker pumpene sitt effektforbruk, og vanngeneratorene reduserer sin effektleveranse. Strømveien er indikert ikke spenningsatt med farge i brukergrensesnittet. <p><i><u>Tilstand:</u> Fordelingszone 1 er nå koblet ut, forbruket får en dipp, pumpe P1 går.</i></p>
18.	Koble inn fordelingszone 1 manuelt i brukergrensesnittet.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene går, og leverer den energien de har tilgjengelig fra vind. HG1 og P1 er innkoblet. I tidspunktet som forbruk økes, reduserer pumpene sitt effektforbruk og vanngeneratorene øker sin effektleveranse. Strømveien er indikert spenningsatt med farge i brukergrensesnittet. <p><i><u>Tilstand:</u> Fordelingszone 1 er nå koblet inn igjen, forbruket er likt som Mehukens produserer, pumpe P1 går.</i></p>
19.	Utfør først sekvens 17, så 18 for fordelingszone 2, 3, 4, 5 og 6.	<ul style="list-style-type: none"> Se godkjent resultat for sekvens 17 så 18 for fordelingszone 2, 3, 4, 5 og 6.
20.	Sett Mehukens produksjon til samlet effekt for pumpene. Senk Vindbys forbruk ned til 50 %.	<ul style="list-style-type: none"> P1 øker sitt effektforbruk Når P1 økes til over 60 % av sin merkeeffekt startes pumpe P2. <p><i><u>Tilstand:</u> Mehukens produserer for fullt, Vindby bruker 50 % av fullt forbruk, pumpe P1 og P2 går.</i></p>

SEKV	AKSJON	GODKJENT RESULTAT
21.	Senk Vindbys forbruk ned til minste forbruk(0w).	<ul style="list-style-type: none"> Etter som forbruket avtar, vil pumpene øke sitt effektforbruk til samme verdi som produsert vindkraft. <p><i>Tilstand: Vindbys forbruk er lik null, pumpekraftverket bruker all energien det har til rådighet fra vindparken – pumpenes merkeeffekt. Pumpene har overtatt energien.</i></p>
22.	Øk vindkraft (dette simulerer at vinden øker såpass mye at vindparken leverer «for mye» effekt) til høyere verdi enn pumpenes merkeeffekt.	<ul style="list-style-type: none"> Pumpene går med merkeeffekt. Når vindkraft overstiger pumpene sin merkeeffekt, skal en vindturbin kobles fra. Strømveien får et fargeskift. I øyeblikket vindturbinen kobles fra, vil vindkraft være lavere enn pumpenes merkeeffekt. Pumpene senker sitt effektforbruk ned til verdien for produsert vindkraft. <p><i>Tilstand: En vindturbin er koblet fra, pumpene går med merkeeffekt.</i></p>
23.	Utfør aksjon i sekv 22 gjentatte ganger, frem til maksimalt vindkraft er lavere enn pumpenes merkeeffekt	<ul style="list-style-type: none"> Turbinen blir koblet ut en etter en etter hvert som produsert vindkraft øker. Strømveiene får fargeskift en etter en. Når tilstrekkelig antall vindturbiner er koblet ut, vil pumpene gå, og ha effektforbruk som er likt produsert vindkraft. <p><i>Tilstand: Vindstyrken er på største verdi, fler vindturbiner er koblet ut, for ikke å skape en frekvensøkning på nettet. Pumpene regulerer frekvensen i energiintervallet mellom vindturbiner.</i></p>
24.	Senk vindkraft frem til en vindturbin er synkronisert og tilkoblet.	<ul style="list-style-type: none"> En vindturbin som har vært utkoblet, synkroniserer seg og kobler seg på nettet. Strømveien får et fargeskift. Pumpene fortsetter å gå med effekt forbruk likt produsert vindkraft. <p><i>Tilstand: En vindturbin har startet opp og er koblet inn igjen, etter å ha blitt utkoblet i sekvens 23, og leverer tilgjengelig energi.</i></p>
25.	Utfør aksjon i sekvens 24 frem til alle vindturbinene er koblet til nettet.	<ul style="list-style-type: none"> Vindturbinene vil koble seg på nettet en etter en frem til alle er tilkoblet. Strømveiene får fargeskift en etter en frem til alle er tilkoblet. <p><i>Tilstand: Alle vindturbiner går og leverer tilgjengelig energi.</i></p>
26.	Sett produsert vindkraft og Vindbys forbruk til lik effekt- 50 % av vindturbinenes kapasitet.	<ul style="list-style-type: none"> Vindbys forbruk settes til samme effekt som 50 % av vindparken sin kapasitet. Vindturbinene går, og leverer den effekten Vindby etterspør. Pumpe P1 går. Vanngenerator HG1 går <p><i>Tilstand: Hele systemet er i balanse, og flytende.</i></p>

SEKV	AKSJON	GODKJENT RESULTAT
27.	Sett produsert vindkraft til 100 %	<ul style="list-style-type: none">• Vindbys forbruk er likt 50 % av vindparkens kapasitet.• Pumpe P2 startes. <p><i>Tilstand: Vindparken produserer maksimal mengde vindenergi, Vindby forbruker 50 % av vindenergien, pumpene bruker 50 % av vindenergien.</i></p>

4 TESTPLAN

Testplanen inneholder alle tester som er spesifisert i kapittel 0, 6 og 7. Testplanen presenterer rekkefølgen testingen skal gjennomføres etter, ved hjelp av metoder presentert for hver test. Vi velger å styre rekkefølgen slik at utførelsen av visuell inspeksjon blir gjort som første ledd i kapittel 4.1, og utførelsen av funksjonelle tester blir gjort som andre ledd i kapittel 4.2.

I listen over tester, er kravnummeret på kravet som skal testes nevnt, sammen med prioritet og i hvilken del av systemet testen gjennomføres.

4.1 Testing ved hjelp av inspeksjon

Tabell 5 Rammekrav

KRAV	PRIORITET	SYSTEMDEL/PROSJEKT SPESIFIKK LOKASJON.
R1.3	A	Lagringsplass i Dropbox
R2.2	A	Brukergrensesnitt og programmeringsmiljø.
R3.3	A	Brukergrensesnitt og programmeringsmiljø.
R3.4	A	Brukergrensesnitt, programmeringsmiljø og lagringsplass i Dropbox.
R3.6	A	Brukergrensesnitt

Tabell 6 Funksjonelle krav

KRAV	PRIORITET	SYSTEMDEL/PROSJEKT SPESIFIKK LOKASJON.
F4.2	A	Brukergrensesnitt
F4.5	A	Brukergrensesnitt
F4.6	A	Brukergrensesnitt
F4.7	A	Brukergrensesnitt
F4.8	A	Brukergrensesnitt

Tabell 7 Maskinvarekrav

KRAV	PRIORITET	SYSTEMDEL/PROSJEKT SPESIFIKK LOKASJON.
M1.1	A	Programmeringsmiljø i AIM, og lagringsplass i Dropbox.
M1.2	A	Programmeringsmiljø i AIM, brukergrensesnitt i GMS og lagringsplass i Dropbox.
M1.3	A	Brukergrensesnitt
M1.4	A	IO-liste i lagringsplass i dropbox.
M1.6	A	Programmeringsmiljø i AIM

4.2 Testing ved hjelp av funksjonstest

Tabell 8 Rammekrav

KRAV	PRIORITET	SYSTEMDEL/PROSJEKT SPESIFIKK LOKASJON.
R1.1	A	Programmeringsmiljø i AIM
R1.2	A	Programmeringsmiljø i AIM
R2.1	A	Programmeringsmiljø i AIM
R3.2	A	Programmeringsmiljø i AIM

Tabell 9 Funksjonelle krav

KRAV	PRIORITET	SYSTEMDEL/PROSJEKT SPESIFIKK LOKASJON.
F1.1	A	Programmeringsmiljø i AIM
F1.2	B	Programmeringsmiljø i AIM
F2.1	A	Programmeringsmiljø i AIM
F2.2	A	Programmeringsmiljø i AIM
F2.3	A	Brukergrensesnitt
F2.4	A	Programmeringsmiljø i AIM
F2.5	A	Programmeringsmiljø i AIM
F2.6	A	Programmeringsmiljø i AIM
F3.1	A	Programmeringsmiljø i AIM
F3.2	B	Programmeringsmiljø i AIM
F3.3	B	Programmeringsmiljø i AIM
F4.1	A	Programmeringsmiljø i AIM
F4.3	A	Brukergrensesnitt
F4.4	A	Brukergrensesnitt
F4.9	A	Programmeringsmiljø i AIM
F4.10	C	Brukergrensesnitt

5 TEST AV RAMMEKRAV

5.1 Test av R1.1

Denne testen skal verifisere rammekrav R1.1.

Tabell 10 Rammekrav R1.1

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R1.1	26.9.2011	KM (EK)	A	Primær energikilde skal være vindenergi.

5.1.1 Metode

Metode for å teste krav R1.1 er funksjonstest. Primær energikilde er satt opp til å være vindenergi i AIM, og kontrolleres visuelt ved å simulere et normalt forbruksmønster over ett normalt døgn for å bekrefte at vindenergi blir prioritert fremfor vannenergi gjennomfør sekvens 1-3, deretter 5-7 i dynamikksekvensen.

5.1.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom systemet ivaretar denne prioriteringen.

5.2 Test av R1.2

Denne testen skal verifisere rammekrav R1.2.

Tabell 11 Rammekrav R1.2

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R1.2	26.9.2011	KM (EK)	A	Vindenergikilden skal være anlegget Mehuken I og II med gitte forutsetninger (Kapittel 4 i [1]).

5.2.1 Metode

Metode for å teste krav R1.2 er funksjonstest. Ved hjelp av simulering skal det gis 100 % pådrag fra alle vindturbiner utfør sekvens 10i dynamikksekvensen. Verifiser at produsert effekt fra Mehuken I og II er lik forutsetninger gitt i [1].

5.2.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom metoden avdekker at krav R1.2 er oppfylt, og alle parametere som er nevnt i forutsetninger for Mehuken I og II kommer frem i AIM.

5.3 Test av R1.3

Denne testen skal verifisere rammekrav R1.3.

Tabell 12 Rammekrav R1.3

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R1.3	26.9.2011	KM	A	For simulering av energiproduksjon skal faktiske vinddata fra Mehuken innhentes.

5.3.1 Metode

Metode for å teste krav R1.3 er visuell inspeksjon. Verifiser at vinddata fra Mehuken er innhentet og implementert.

5.3.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom vinddata fra Mehuken er innhentet og implementert.

5.4 Test av R2.1

Denne testen skal verifisere rammekrav R2.1.

Tabell 13 Rammekrav R2.1

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R2.1	26.9.2011	KM	A	Sekundær energikilde (buffer) skal være vannenergi.

5.4.1 Metode

Metode for å teste krav R2.1 er funksjonstest. Sekundær energikilde er satt opp til å være vannenergi i AIM, og kontrolleres visuelt ved å simulere et normalt forbruksmønster over ett normalt døgn for å bekrefte at vannenergi supplerer den primære vindenergien, utfør sekvens 1-3, deretter 5-7 i dynamikksekvensen..

5.4.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom systemet ivaretar denne prioriteringen.

5.5 Test av R2.2

Denne testen skal verifisere rammekrav R2.2.

Tabell 14 Rammekrav R2.2

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R2.2	26.9.2011	KM	A	Vannenergikilden skal være et pumpekraftverk.

5.5.1 Metode

Metode for å teste krav R2.2 er visuell inspeksjon. Inspiser programmet, verifiser at vannenergikilden består av maskineri som kan både forbruke energi ved å pumpe vann med pumpe, og produsere energi ved å slippe vann gjennom vannturbin. Verifiser at forbrukt og produsert effekt fra pumpekraftverket er lik forutsetninger gitt i [1].

5.5.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom metoden avdekker at krav R2.2 er oppfylt, og alle parametere som er nevnt i forutsetninger for pumpekraftverket kommer frem i AIM.

5.6 Test av R3.2

Denne testen skal verifisere rammekrav R3.2.

Tabell 15 Rammekrav R3.2

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R3.2	26.9.2011	KM	A	Vindby skal alltid ha tilstrekkelig tilgang til elektrisk energi.

5.6.1 Metode

Metode for å teste krav R3.2 er funksjonstest. Det skal verifiseres at forbrukseffekten alltid er mindre eller lik summen av effektene fra vindpark og pumpekraftverk, utfør sekvens 1- 6 i dynamikksekvensen.

5.6.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom sekvensen i godkjent resultat i 1- 6 i dynamikksekvensen er oppfylt.

5.7 Test av R3.3

Denne testen skal verifisere rammekrav R3.3.

Tabell 16 Rammekrav R3.3

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R3.3	21.12.2011	KM	A	Vindby forsynes kun fra to energikilder – Mehuken I og II, og pumpekraftverket.

5.7.1 Metode

Metode for å teste krav R3.3 er visuell verifikasjon. Vindby skal være definert og implementert som forbruker i AIM, mens Mehuken I og II, og pumpekraftverket skal være definert som to energibidrag. Mehuken I og II skal tilsammen utgjøre ett bidrag, mens pumpekraftverket skal være ett bidrag alene. Dette skal komme frem ved å inspisere programmet. Pumpekraftverket skal også kunne opptre som belastning i perioder som gjør det mulig å pumpe.

5.7.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom det kommer frem i programmet at disse tre delene er implementert i forhold til hverandre, på en måte som definerer Mehuken I og II som ett energibidrag, pumpekraftverket som ett energibidrag, og Vindby som forbruker.

5.8 Test av R3.4

Denne testen skal verifisere rammekrav R3.4.

Tabell 17 Rammekrav R3.4

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R3.4	26.9.2011	KM	A	Forbruket skal følge et reelt mønster og skaleres til 120 GWh på årsbasis.

5.8.1 Metode

Metode for å teste krav R3.4 er visuell inspeksjon. Verifiser at forbruksdata for Vindby er innhentet og implementert, og at det totale årsforbruket summeres til 120 GWh.

5.8.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom forbruksdata for Vindby er innhentet, implementert og representerer et årsforbruk på 120 GWh.

5.9 Test av R3.6

Denne testen skal verifisere rammekrav R3.6.

Tabell 18 Rammekrav R3.6

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
R3.6	21.12.2011	PCS	A	Vindby deles inn i 6 fordelingssoner.

5.9.1 Metode

Metode for å teste krav R3.6 er inspeksjon. Åpne AIM og operatørgrensesnitt, og inspiser at Vindby er delt inn i seks like belastningssoner.

5.9.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom Vindby er implementert som seks like soner, som hver for seg kan kobles inn og ut.

6 TEST AV FUNKSJONELLE KRAV

6.1 Test av F1.1

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F1.1.

Tabell 19 Funksjonelt krav F1.1

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F1.1	04.10.2011	PCS	A	Tilgjengelig energi fra Mehuken skal alltid benyttes fremfor energi fra pumpekraftverket.

6.1.1 Metode

Metode for å teste krav F1.1 er funksjonstest. Varier parameter for forbruket. Vindturbinene skal alltid følge vinddataene. Pumpekraftverket skal pumpe dersom det er nok energi fra vindturbinene til dette, i tillegg til forbruket til Vindby. Ved overproduksjon, skal vindturbinene fortsatt gå, men pumpekraftverket skal skifte fra pumping til produksjon. Pumpekraftverket skal kun produsere den energimengden som er forskjellen mellom forbruket og det vindturbinene leverer. Pumpekraftverket skal aldri gå for fullt med mindre bidraget fra vindturbinene er såpass lavt, og forbruket er såpass høyt at forskjellen er merkeeffekten til generatoren i pumpekraftverket, utfør sekvens 1- 7 i dynamikksekvensen.

6.1.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom:

- Pumpekraftverket pumper ved overproduksjon.
- Vindturbinene fortsetter å gå, og pumpekraftverket skifter fra pumping til produksjon ved underproduksjon.

6.2 Test av F1.2

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F1.2.

Tabell 20 Funksjonelt krav F1.2

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F1.2	08.11.2011	PCS	B	Styring av Mehuken skal kun omfatte start og stopp av hver enkelt turbin.

6.2.1 Metode

Metode for å teste krav F1.2 er funksjonstest. Verifiser, i brukergrensesnittet, at styring av vindparken kun omfatter start og stopp, prøv å starte og stoppe VG1 - 13. Utfør sekvens 1 - 6 i dynamikksekvensen, verifiser at vindturbinenes elektriske parametere forblir uendret.

6.2.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom systemets fjernstyring av vindparken kun omfatter start og stopp av hver enkelt turbin.

6.3 Test av F2.1

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F2.1.

Tabell 21 Funksjonelt krav F2.1

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F2.1	04.10.2011	PCS	A	Ved underproduksjon, skal dette kompenseres ved å produsere i pumpekraftverk (slipping av vann).

6.3.1 Metode

Metode for å teste krav F2.1 er funksjonstest. Sett bidraget fra vindturbinene lavere enn forbruket som forbruksmønsteret til byen angir. Programmet skal da instruere pumpekraftverket til å starte strømproduksjon. Utfør sekvens 1 - 6 i dynamikksekvensen.

6.3.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom pumpekraftverket starter energiproduksjon ved underproduksjon.

6.4 Test av F2.2

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F2.2.

Tabell 22 Funksjonelt krav F2.2

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F2.2	04.10.2011	PCS	A	Ved overproduksjon, skal dette kompenseres ved å forbruke i pumpekraftverk (pumping av vann).

6.4.1 Metode

Metode for å teste krav F2.2 er funksjonstest. Sett bidraget fra vindturbinene høyere enn forbruket som forbruksmønsteret til byen angir. Programmet skal da instruere pumpekraftverket til å starte pumping av vann. Utfør sekvens 7- 10 i dynamikksekvensen.

6.4.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom pumpekraftverket starter pumping av vann når produksjon fra vindturbinene har en høyere verdi enn forbruk fra Vindby.

6.5 Test av F2.3

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F2.3.

Tabell 23 Funksjonelt krav F2.3

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F2.3	21.12.2011	PCS	A	Systemet skal kunne koble inn og ut generatorene i pumpekraftverket.

6.5.1 Metode

Metode for å teste krav F2.3 er funksjonstest. Velg «disconnect», deretter «Connect» på HG1, så HG2 i brukergrensesnittet.

Verifiser om det kommer fargeskift, og om verdien for produsert effekt endrer seg.

6.5.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom generatorene i pumpekraftverket kan kobles ut og inn gjennom operatørgrensesnittet.

6.6 Test av F2.4

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F2.4.

Tabell 24 Funksjonelt krav F2.4

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F2.4	19.3.2012	PCS	A	Frekvensregulering i energisystemet ivaretas av vantturbine ved vannkraftverket ved underproduksjon.

6.6.1 Metode

Metode for å teste krav F2.4 er funksjonstest. Ved hjelp av simulering skal det gis pådrag til vantturbine ved frekvensreduksjon som følge av underproduksjon. Verifiser at frekvensen holder seg stabil ved underproduksjon. Monitorer frekvens, og utfør sekvens 1-7 i dynamikksekvensen. Påse at frekvensen ikke varierer utover $\pm 1\text{Hz}$, eller at: $49\text{Hz} < f < 51\text{Hz}$

6.6.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom metoden avdekker at krav F2.4 er oppfylt, og frekvensen holder seg innenfor gitte grenser ved underproduksjon.

6.7 Test av F2.5

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F2.5.

Tabell 25 Funksjonelt krav F2.5

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F2.5	19.3.2012	PCS	A	Frekvensregulering i energisystemet ivaretas av pumpene ved vannkraftverket ved overproduksjon.

6.7.1 Metode

Metode for å teste krav F2.5 er funksjonstest. Ved hjelp av simulering skal det gis pådrag til vannpumpen ved frekvensøkning som følge av overproduksjon. Verifiser at frekvensen holder seg stabil ved overproduksjon. Monitorer frekvens, og utfør sekvens 3- 6 i dynamikksekvensen. Påse at frekvensen ikke varierer utover $\pm 1\text{Hz}$, eller at: $49\text{Hz} < f < 51\text{Hz}$

6.7.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom metoden avdekker at krav F2.5 er oppfylt, og frekvensen holder seg innenfor gitte grenser ved overproduksjon

6.8 Test av F2.6

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F2.6.

Tabell 26 Funksjonelt krav F2.6

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F2.6	20.03.2012	PCS	A	Systemfrekvensen skal til enhver tid holdes på 50 ± 1 Hz.

6.8.1 Metode

Metode for å teste krav F2.6 er funksjonstest. Ved hjelp av simulering skal det gis pådrag til vannpumpen ved frekvensøkning som følge av overproduksjon og pådrag til vanngeneratoren ved underproduksjon. Verifiser at frekvensen tilfredsstillende: $49\text{Hz} < \text{frekvens} < 51\text{Hz}$. Utfør sekvens 1-6 i dynamikksekvensen.

6.8.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom metoden avdekker at krav F2.6 er oppfylt, og frekvensen holder seg innenfor gitte grenser ved over og underproduksjon

6.9 Test av F3.1

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F3.1.

Tabell 27 Funksjonelt krav F3.1

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F3.1	21.12.2011	PCS	A	Systemet skal kunne koble inn og ut hver fordelingssone i Vindby

6.9.1 Metode

Metode for å teste krav F3.1 er funksjonstest. Inspiser brukergrensesnittet, og utfør sekvens 17- 19 i dynamikksekvensen.

6.9.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom:

- Systemets utganger til Vindby er det samme antallet som antallet soner Vindby er delt inn i.
- Systemets utganger til Vindby har er av typen som sender ut et signal som er enten AV eller PÅ.

6.10 Test av F3.2

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F3.2.

Tabell 28 Funksjonelt krav F3.2

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F3.2	21.12.2011	PCS	B	Ved en eventuell blackout skal systemet inneha funksjonalitet som ivaretar automatisk oppstart av produksjon og innkobling av laster.

6.10.1 Metode

Metode for å teste krav F3.2 er funksjonstest. En blackout simuleres ved å fjerne energibidrag fra systemet slik at det produseres mindre enn det etterspørres. Etter at en blackout har inntruffet skal systemet automatisk gjeninnkoble bus1 (pumpekraftverk) og forbrukssonene. Utfør sekvens 11 - 16 i dynamikksekvensen.

6.10.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom systemet oppfyller verifiseringene gitt i Godkjent resultat i sekvens 11-16 i dynamikksekvensen.

6.11 Test av F3.3

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F3.3.

Tabell 29 Funksjonelt krav F3.3

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F3.3	21.3.2012	PCS	B	Systemet skal koblet ut (load shedding) forbrukersoner i Vindby (etter en gitt prioritering) ved systemfrekvenser under 48 Hz.

6.11.1 Metode

Metode for å teste krav F3.3 er funksjonstest. Simuler underproduksjon som resulterer i: frekvens < 48 Hz. Systemet skal koble ut forbrukere etter prioritert rekkefølge. Utfør sekvens 13 i dynamikksekvensen.

6.11.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom metoden avdekker at krav F3.3 er oppfylt, og systemet kobler ut fordelingssoner i prioritert rekkefølge dersom frekvensen < 48 Hz ved underproduksjon.

6.12 Test av F4.1

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F4.1.

Tabell 30 Funksjonelt krav F4.1

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.1	26.10.2011	KM	A	Det skal etableres et visuelt brukergrensesnitt som gir operatør informasjon om energisystemets tilstand.

6.12.1 Metode

Metode for å teste krav F4.1 er funksjonstest. Det visuelle brukergrensesnittet skal vise energibidraget fra vindkraft, vannkraft samt forbruk. Dette skal vise effekter, strømmer og spenninger. Disse skal vises i sann tid, og variere i takt med de endringene som oppstår som følge av produksjon og forbruk. Utfør sekvens 1- 6 i dynamikksekvensen, samtidig som parameterne i brukergrensesnittet monitoreres.

6.12.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom tilstanden til hvert av energibidragene med effektfaktor vises i det visuelle brukergrensesnittet i sanntidstilstand.

6.13 Test av F4.2

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F4.2.

Tabell 31 Funksjonelt krav F4.2

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.2	20.12.2011	PCS	A	Et hovedbilde skal vise systemets hoveddeler (produsenter og forbrukere) som er forbundet med en bus/strømveg som viser energiflyt.

6.13.1 Metode

Metode for å teste krav F4.2 er visuell inspeksjon. Hovedbildet som kommer opp når AIM startes skal vise systemets hoveddeler (produsenter og forbrukere), forbundet med en bus/strømveg som viser energiflyt.

6.13.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom hovedbildet i det visuelle brukergrensesnittet viser systemets hoveddeler (produsenter og forbrukere), forbundet med en bus/strømveier som viser energiflyt.

6.14 Test av F4.3

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F4.3.

Tabell 32 Funksjonelt krav F4.3

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.3	20.12.2011	PCS	A	Det skal være mulig å gå inn et mer detaljert nivå for de ulike hoveddelene i systemet, ved å klikke på menyer for henholdsvis produsenter og forbruker i hovedbildet.

6.14.1 Metode

Metode for å teste krav F4.3. er funksjonstest. Når systemet kjører, gå inn på det visuelle brukergrensesnittet og kontroller at det finnes detaljnivå på de aktuelle hoveddelene ved å klikke på de i hovedbildet.

6.14.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom det kommer et nytt, mer detaljert bilde av hver hoveddel etter man har klikket på den aktuelle hoveddel.

6.15 Test av F4.4

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F4.4.

Tabell 33 Funksjonelt krav F4.4

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.4	21.12.2011	PCS	A	Hvilke deler som er spenningsbelagt skal visualiseres med fargeskift i brukergrensesnittet.

6.15.1 Metode

Metode for å teste krav F4.4 er funksjonstest. Ved å se på det visuelle brukergrensesnittet mens man kobler ut og inn en og en bryter i systemet, skal strømveiene skifte farge etter om de er spenningsbelagte eller ikke.

6.15.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom det visuelle brukergrensesnittet viser spenningsbelagte og spenningsløse strømveier i to forskjellige farger.

6.16 Test av F4.5

Denne testen skal verifisere rammekrav F4.5.

Tabell 34 Funksjonelt krav F4.5

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.5	17.12.2011	PCS	A	Tilstand og utvalgte parameter fra hver vindturbin skal visualiseres i et operatørgrensesnitt. Dette omfatter per vindturbin: Aktiv- og reaktiv effekt, frekvens, strøm, spenning, turtall, vindhastighet, vindretning, pitch-verdi, yaw-verdi, generatortemperatur og transformortemperatur.

6.16.1 Metode

Metode for å teste krav F4.5 er visuell inspeksjon. Gå inn i detaljvisning for VG1-13. Når en velger detaljvisning for hver enkelt vindturbin i brukergrensesnittet skal det vises informasjon om elektriske parameterne i henhold til Tabell 34. Ved å holde musepekeren over hver målt verdi, skal det kontrolleres at hver enkelt verdi har en tag som korresponderer med vindturbinens navn i brukergrensesnittet kontroller opp mot IO liste([6]).

6.16.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom et det vises informasjon om elektriske parameterne i henhold til Tabell 34 når detaljnivå for hver enkelt vindturbin velges i brukergrensesnittet.

6.17 Test av F4.6

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F4.6.

Tabell 35 Funksjonelt krav F4.6

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.6	17.12.2011	PCS	A	Tilstand og utvalgte parameter fra pumpekraftverket skal visualiseres i et operatørgrensesnitt. Dette omfatter: Aktiv- og reaktiv effekt, frekvens, strøm, spenning, turtall, ventilstillinger (ledeapparat), trykk i sjakt, slukemengde, generatortemperatur og transformortemperatur.

6.17.1 Metode

Metode for å teste krav F4.6 er visuell inspeksjon. Gå inn på detaljvisning, nivå 2 for pumpekraftverket, gå så inn på nivå 3 for mer detaljer. Når en velger detaljvisning for pumpekraftverket i nivå 2 og 3 i brukergrensesnittet skal det vises informasjon om elektriske parameterne i henhold til Tabell 35. Ved å holde musepekeren over hver målt verdi, skal det kontrolleres at hver enkelt verdi har en tag som korresponderer med den aktuelle komponenten i brukergrensesnittet, kontroller opp mot IO liste ([6]).

6.17.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom et det vises informasjon om elektriske parameterne i henhold til Tabell 35 når detaljnivå for pumpekraftverket velges i brukergrensesnittet.

6.18 Test av F4.7

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F4.7.

Tabell 36 Funksjonelt krav F4.7

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.7	20.12.2011	PCS	A	Magasinfylling skal visualiseres i et operatørgrensesnitt.

6.18.1 Metode

Metode for å teste krav F4.7 er visuell inspeksjon. Gå inn i detaljvisning, nivå 2, for pumpekraftverket I det visuelle brukergrensesnittet skal det finnes et bilde som viser magasinfylling.

6.18.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom det finnes et bilde i det visuelle brukergrensesnittet som viser magasinfylling.

6.19 Test av F4.8

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F4.8.

Tabell 37 Funksjonelt krav F4.8

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.8	20.12.2011	PCS	A	Total forbruksmengde i Vindby skal visualiseres i et operatørgrensesnitt.

6.19.1 Metode

Metode for å teste krav F4.8 er visuell inspeksjon. Åpne skjermbilde i AIM, nivå 1, som viser forbruket til Vindby. Verifiser krav F4.8 i Tabell 37.

6.19.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom forbruket til Vindby er vist på et skjermbilde i AIM, og blir oppdatert etter simulert/faktisk verdi.

6.20 Test av F4.9

Denne testen skal verifisere funksjonelt krav F4.9.

Tabell 38 Funksjonelt krav F4.9

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.9	17.12.2011	PCS	A	Det skal lages et alarmsystem som varsler om utvalgte parametere overskrider definerte grenser.

6.20.1 Metode

Metode for å teste krav F4.9 er funksjonstest. Sett manuelle verdier på utvalgte parametere som overskrider arbeidsområdet til signalet. Verifiser at en alarm blir gitt i systemet.

6.20.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom alarm på utvalgte parametere er implementert og verifisert.

6.21 Test av F4.10

Test TF4.13 skal verifisere funksjonelt krav F4.10.

Tabell 39 Funksjonelt krav F4.10

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.10	17.12.2011	PCS	C	Bruker skal selv kunne lage trendkurver over ulike variable over et valgfritt tidsrom.

6.21.1 Metode

Metode for å teste krav F4.10 er funksjonstest. I AIM, velg «File», «New Image» og «Trend». Legg til parameter for:

- Simulert forbruk i Vindby.
- Simulert produksjon fra vindkraftverk.
- Simulert produksjon fra pumpekraftverk.

Etter trendene er etablert, utføres sekvens 1– 7 i dynamikksekvensen, Verifiser at trenden endrer seg over tid.

6.21.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom en trend lar seg produsere, og man ser at trenden oppdateres med verdier tilsvarende de parameterne har i et gitt øyeblikk.

6.22 Test av F4.11

Test TF4.13 skal verifisere funksjonelt krav F4.10.

Tabell 40 Funksjonelt krav F4.10

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
F4.11	07.05.2012	PCS	A	Hvilke vannveier, ventiler, pumper og turbiner som har vanninggjennomstrømning skal visualiseres med fargeskift i brukergrensesnittet.

6.22.1 Metode

Metode for å teste krav F4.11 er funksjonstest. Prøv å starte og stoppe begge pumpene, og åpne og lukke hver og en ventil i samtlige vannveger. Verifiser at vannvegen indikeres med fargeskift når pumpene startes og stoppes, og ventiler åpnes og lukkes.

6.22.2 Godkjenningskriterium

Testen godkjennes dersom alle vannveger og strømførende komponenter får fargeskift når de blir eksitert.

7 TEST AV MASKIN-/PROGRAMVAREKRAV

7.1 Test av M1.1

Denne testen skal verifisere maskin-/programvarekrav M1.1.

Tabell 41 Maskin-/programvarekrav M1.1

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
M1.1	26.9.2011	KM	A	Software for styring og regulering skal utvikles med AIM.

7.1.1 Metode

Metode for å teste krav M1.1 er visuell inspeksjon. Bekreft at softwaren er utviklet i AIM.

7.1.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom prosjektet lar seg åpne i AIM.

7.2 Test av M1.2

Denne testen skal verifisere maskin-/programvarekrav M1.2.

Tabell 42 Maskin-/programvarekrav M1.2

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
M1.2	26.9.2011	KM	A	Grafisk brukergrensesnitt skal utvikles med GMS.

7.2.1 Metode

Metode for å teste krav M1.2 er visuell inspeksjon. Bekreft at skjermbildene er laget ved hjelp av GMS, og fungerer etter intensjon i AIM.

7.2.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom skjermbildene fungerer som de skal i AIM.

7.3 Test av M1.3

Denne testen skal verifisere maskin-/programvarekrav M1.3.

Tabell 43 Maskin-/programvarekrav M1.3

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
M1.3	26.9.2011	KM	A	Grafisk brukergrensesnitt skal følge gjeldende standardutforming for KM.

7.3.1 Metode

Metode for å teste krav M1.3 er visuell inspeksjon. Kontroller at alle skjermbilder følger KMs standard for skjermbilder beskrevet i [2].

7.3.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom skjermbildene følger KMs standard.

7.4 Test av M1.4

Denne testen skal verifisere maskin-/programvarekrav M1.4.

Tabell 44 Maskin-/programvarekrav M1.4

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
M1.4	26.9.2011	KM	A	IO-liste skal utvikles etter KMs standarder.

7.4.1 Metode

Metode for å teste krav M1.4 er visuell inspeksjon. Åpne IO-listen og verifiser at IO-listen følger standard for moduloppbygging [3] og tagnummerering [4].

7.4.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom IO-listen følger krav spesifisert i refererte prosedyrer.

7.5 Test av M1.6

Denne testen skal verifisere maskin-/programvarekrav M1.6.

Tabell 45 Maskin-/programvarekrav M1.6

ID	FRAMSATT DATO	FRAMSATT AV	PRIORITET	BESKRIVELSE
M1.6	26.09.2011	KM	A	Programmet skal kjøres på KMs standardiserte hardware.

7.5.1 Metode

Metode for å teste krav M1.6 er visuell inspeksjon. Verifiser at programmet er kjørt og utviklet på en mp7900.

7.5.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent dersom RCUene laster inn programmet og starter opp som de skal.

8 REFERANSER

Tabell 46 Referanser

REFERANSE	DOKUMENTTITTEL	REVISJON
[1]	Kravspesifikasjon	3.0
[2]	PRO-2401, Instruction Manual, HMI Guideline	3
[3]	1005027, Interface Manual, Standard Module Interfaces	D
[4]	1000705, Instruction Manual, Tag Numbering Philosophy	B
[5]	Designdokument	2.0
[6]	PCS-IO-liste	2.0



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



DESIGNDOKUMENT

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen i Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	2.0		
ANTALL SIDER	36		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	25.03.2012	Første utgivelse
	2.0	29.05.2012	Andre utgivelse

INNHALDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	4
1.1	Dokumenthistorie.....	4
1.2	Definisjoner og forkortelser	5
1.3	Oppbygning av dokumentet.....	6
2	INNLEDNING	7
3	BAKGRUNN FOR OPPGAVEN	8
3.1	Oppgaverammer (case).....	8
4	SYSTEMDESIGN.....	9
4.1	Vindparken Mehuken I og II	9
4.2	Pumpekraftverket.....	12
4.3	Vindby.....	17
4.4	Produksjons- og forbruksdata	19
4.5	Beskrivelse av hovedfunksjoner	21
4.5.1	Energibalanse og tilstander	21
4.5.2	Lastavhengig start og stopp ved pumpekraftverket	22
5	BRUKERGRENSESNIFF.....	24
5.1	Navigasjon og operasjon	24
5.2	Hovedbildet	25
5.3	Mehuken	25
5.4	Pumpekraftverk.....	25
6	MASKIN- OG PROGRAMVARE.....	26
6.1	Utviklingsprogramvare - AIM	26
6.1.1	Programmering i AIM	26
6.1.2	Parameterisering.....	29
6.1.3	Grensesnitt	29
6.1.4	Fleximoduler	29
6.2	GMS	30
6.3	IO-liste	31
6.4	Maskinvare	32
6.4.1	Operatørstasjon med AIM.....	32
6.4.2	Feltstasjon (FS)	33
6.4.3	Prosesstasjon (PS).....	33
6.4.4	RCU (Remote Control Unit) / Prosesstasjon (PS).....	33
6.4.5	RIO-kort (Remote Input/output unit).....	33
7	PLAN FOR IMPLEMENTASJON	34
8	REFERANSER	36

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie.....	4
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	5
Tabell 3	Tekniske data Mehuken I og II.....	9
Tabell 4	Parametere for styring og overvåking av vindturbinene i Mehuken	10
Tabell 5	Elektriske maskiner i pumpekraftverket	14
Tabell 6	Parametere for styring og overvåking av pumpekraftverket.....	15
Tabell 7	Soneprioritering i Vindby.....	18
Tabell 8	Produksjons- og forbruksdata	20
Tabell 9	Tilstandsscenarioer.....	21
Tabell 10	Lastavhengig start og stopp ved pumpekraftverket	22
Tabell 11	Beskrivelse av IO-liste.....	31
Tabell 12	Referanser	36

LISTE OVER FIGURER

Figur 1	Tavletopologi Mehuken I og II (utsnitt fra [5])	11
Figur 2	Geografisk oversikt over Mehuken	11
Figur 3	Vannstrøm og rørtopologi i pumpekraftverket (hentet fra [7]).....	13
Figur 4	Tavletopologi pumpekraftverket (utsnitt fra [5]).....	14
Figur 5	Geografisk oversikt over pumpekraftverket	16
Figur 6	Tavletopologi Vindby (utsnitt fra [5])	17
Figur 7	Geografisk oversikt over Vindby	18
Figur 8	Illustrasjon til Tabell 10	23
Figur 9	Oversikt over skjermbilder	24
Figur 10	Modulbibliotek	26
Figur 11	Kontrollmodul i Flowview.....	27
Figur 12	IO-blokk i en PS.....	27
Figur 13	Terminaler på kontrollmodulen "sbmotor1"	28
Figur 14	Alarmoppsett for sbmotor1	28
Figur 15	Tilgjengelige parameter i sbmotor1	29
Figur 16	sbmotor1 visning i AIM og operatørmeny	29
Figur 17	Fleximodul	30
Figur 18	Maskinvare	32

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
1.0	25.03.2012	Første utgivelse	FK
1.1	30.04.2012	<ul style="list-style-type: none"> 1.3: Fikset referansefeil mot kapittel 7 6.3: Lagt til referanse mot IO-liste Tabell 12: Lagt til IO-liste som referanse 	FK
1.2	05.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> Figur 9: Nivå 2: Slått sammen Mehuken I og II til felles boks. Nivå 3: Endret figur for å fremstille flere bilder. 	FK
1.3	15.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> Tabell 4: Lagt til «Start og stopp av turbinene» i oversikt over hvilke parametere som styres. 5: Revidert tekst i kapittel med mer utfyllende informasjon: Mehuken I og II samles til et bilde (ref. endring i versjon 1.2) 	LF
1.4	24.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> 5: Tredje avsnitt: Fjernet «Bildene som blir laget skal baseres på systemtegnningene i kapittel 4.» 5.1: Flyttet eksisterende innhold til nytt kapittel «Navigasjon og operasjon». Lagt til informasjon om sidemeny. 5.2: Lagt til «Oversiktsbilde for Mehuken designes med alle 13 vindturbiner sett ovenfra.» 5.3: Første avsnitt: Endret informasjon om hvordan oversiktsbilde for Mehuken skal designes. 	FK
1.5	26.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> Tabell 2: Oppdatert tabelltekst og innhold. 	FK
1.6	28.05.2012	<ul style="list-style-type: none"> Mindre endringer av Tabell 10. Oppdatert Tabell 2. Rettet skrivefeil 	EG
2.0	29.05.2012	Andre utgivelse	EG

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere ord og uttrykk som er forklart i Tabell 2:

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonsprogramvareplattform.
BasisGen	Basisfiler for en AIM-leveranse. Produseres av utviklingsavdelingen på Kongsberg, tilpasset det enkelte prosjekt.
Dropbox	Nettbasert lagringsmedium. Muliggjør automatisk lagring, deling og synkronisering av filer og mapper i en nettsky.
FS	Feltstasjon. Skap i felt som inneholder prosesstasjoner og/eller RIO-kort og andre enheter.
GMS	Graphical Modelling System. Software for konstruksjon av grafiske skjermbilder.
HiBu	Høgskolen i Buskerud.
HMI	Human Machine Interface. Det visuelle brukergrensesnittet for systemet.
IO	Inputs/Outputs. Henviser til inn- og utganger på RIO-kort som knytter KMs utstyr til feltutstyr.
IO-liste	Liste over innganger og utganger tilknyttet kontrollsystemet.
KM	Kongsberg Maritime.
Mehuken	Vindturbinpark. Består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.
NDU	Network Distribution Unit. Skap med nettverksfordeling/switcher.
NVE	Norges Vassdrags- og Energidirektorat.
OCT	Offline Configuration Tool. Kongsberg Maritimes verktøy for behandling av I/O-signaler.
Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime har gitt oppgaven og er oppdragsgiver/ kunde.
OS	Operatørstasjon, menneskelig grensesnitt.
Overproduksjon	Produksjon fra vindturbinpark er større enn forbruk fra Vindby.
Pitch	Dreining av en vindturbins rotorblader om sin egen akse. Ved å justere pitch kan vindens pådrag på vindturbinens rotor reguleres.
PMS	Power Management System. Generelt navn på kontrollsystem for elektrisk kraftproduksjon.
Prosjektgruppa	Studentene som gjennomfører prosjektet.
PS	Prosesstasjon. KMs Programmerbare Logiske Kontrollere (PLC). Kontrolleren står som oftest plassert i en Feltstasjon (FS) nært utstyret den skal styre.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vannturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
RCU	Remote Control Unit. Er KMs programmerbare logiske kontroller for styring av automatiserte prosesser. En RCU i et system refereres til som en PS (prosesstasjon).

UTTRYKK	FORKLARING
RIO Unit	Remote Input/Output Unit. Brukes som betegnelse for IO-Kort. I vårt prosjekt er det brukt to typer RIO-kort - RMP420 og RDIOR420.
Underproduksjon	Produksjon fra vindturbinpark er lavere enn forbruk fra Vindby.
Vindby	Fiktiv by som har et reelt energiforbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.
Yaw	Dreievinkelen på en vindturbins turbinhus.

1.3 Oppbygning av dokumentet

- Kapittel 2 innleder dokumentet med generell informasjon
- Kapittel 3 omhandler bakgrunn for oppgaven
- Kapittel 4 omhandler systemdesign med detaljer for vind-, og vannkraftverk, Vindby, innhentet data og systemfunksjonalitet
- Kapittel 5 omhandler informasjon om brukergrensesnitt
- Kapittel 6 omhandler informasjon om maskin- og programvare som skal benyttes i oppgaven
- Kapittel 7 informerer om videre plan for implementasjon
- Kapittel 8 inneholder referanser til andre dokumenter

2 INNLEDNING

Dette dokumentet beskriver design og funksjonalitet for energisystemet prosjektgruppen er satt til å utvikle som avsluttende hovedprosjekt innen ingeniørfag, studieretning for elektrofag ved Høgskolen i Buskerud 2011 / 2012.

Innholdet i dokumentet beskriver hvordan systemet skal designes for å oppfylle kravene satt i den tidligere utviklet kravspesifikasjonen [1]. Innholdet skal være basis og retningslinje for senere implementasjon og realisering av systemet.

Prosjektoppgaven er gitt av Kongsberg Maritime AS og omhandler å benytte deres automasjonssystem for energikontroll ombord på maritime fartøy og installasjoner, til styring og regulering av energiproduksjon ved et kombinert vind- og pumpekraftverk.

3 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN

Denne oppgaven er gitt av Kongsberg Maritime AS, som i hovedsak leverer teknologiløsninger til maritim- og offshore industri sektor. I en tid der energibesparing og miljøhensyn blir stadig viktigere faktorer, ønsker KM å se på muligheten for å tilpasse sine produkter og tjenester til disse fremtidige markedene. I denne sammenheng ønsker KM at vi ser nærmere på muligheten for å benytte deres automasjonsprodukt for energikontroll ombord på maritime fartøy og installasjoner, til å styre energiproduksjonen ved et vind- og pumpekraftverk.

3.1 Oppgaverammer (case)

Vindenergianlegget «Mehuken» i Vågsøy kommune i Sogn og Fjordane, skal kombineres med et pumpekraftverk, til å forsyne en fiktiv by, «Vindby» med elektrisk energi etter behov. Kraftbehovet er dynamisk og skal baseres på et reelt forbruksmønster, skalert til 120 GWh/år.

Mehuken vil være hovedenergikilden vi ønsker å utnytte, og det er ønskelig at det produserer energi så lenge vindforholdene tillater dette. Når det produseres mer vindenergi enn Vindby forbruker skal overskuddsenergien kunne brukes til å pumpe vann opp i magasinet ved pumpekraftverket, og når Vindby forbruker mer energi enn vindturbinparken klarer å levere skal dette vannet slippes ned igjen i vantturbinene for å supplere vindturbinparken. Pumpekraftverket vil på denne måten fungere som et batteri hvor energi lagres og hentes etter behov. Balanseringen av produksjon, lagring og forbruk er essensen i oppgaven, og dette skal modelleres og simuleres ved bruk av AIM.

4 SYSTEMDESIGN

I dette kapittelet presenteres designet og løsningene som senere skal realiseres for energisystemet for å imøtekomme kravene satt i [1]. Kapittelet er oppbygd med et delkapittel for hver av de tre hoveddelene i systemet – vindparken, pumpekraftverket og Vindby. Videre beskrives hvordan funksjonalitet og dynamikk i energisystemet under ett skal være.

Vindby, Mehuken og pumpekraftverket betraktes som et lukket system. Med lukket system menes at vårt lokale kraftnett ikke er tilkoblet det regionale kraftnettet. En utfordring ved dette er at det lokale nettet blir sårbart for endringer i spenning og frekvens, ved varierende effekter på produksjons- og forbrukssiden. Frekvensregulering gjøres av PCS ved hjelp av pumpekraftverket ved pådragsendringer til vannturbiner ved underproduksjon, og pumper ved overproduksjon (for flere detaljer – se 4.5.1). Regulering av spenning blir gjort av lokale reguleringssystemer (ved Mehuken og pumpekraftverk), og er ikke under PCS' kontroll.

4.1 Vindparken Mehuken I og II

Oppgaven skal løses med vindenergi som primær energikilde. Til dette skal vindparken Mehuken I og II i Vågsøy i Sogn og Fjordane fylke brukes som basis i oppgaven. Vindparken ligger ytterst mot havgapet like sør for Stadt, i omgivelser godt passende for dette formålet. To utbyggingstrinn (I og II) utgjør tilsammen 13 vindturbiner med følgende spesifikasjoner:

Tabell 3 Tekniske data Mehuken I og II

DATA	MEHUKEN I	MEHUKEN II
Antall turbiner	5 (VG 1 – VG 5)	8 (VG 6 – VG 13)
Modell	Vestas V52	Enercon E70
Merkeeffekt	850 kW	2310 kW
Midlere årsproduksjon	12 GWh	53 GWh
Generatortype	Dobbelmatet asynkron	Direktedrevet synkron
Generatorspenning	690 V	400 V
Rotordiameter	52 m	71 m
Cut-in hastighet	4 m/s	2 m/s
Cut-out hastighet	22 m/s	27 – 37 m/s (lineær nedtrapping fra 27 m/s)
Hastighetsregulering	Pitch av rotorblad (intern)	Pitch av rotorblad (intern)

Begge turbintypene gjengitt i Tabell 3 har innebygde avanserte systemer for optimalisering av energiproduksjon ved varierende vindforhold. Dette gjøres ved regulering av rotorbladenes angrepvinkel mot vinden («pitch») og dreining av turbinhuset mot vinden («yaw»). Hver turbin har intern spenningsregulator, samtidig som nettparametere som spenning, strøm og frekvens måles på lavspentsiden mellom turbinen og systemtransformatoren. Disse måleverdiene overføres

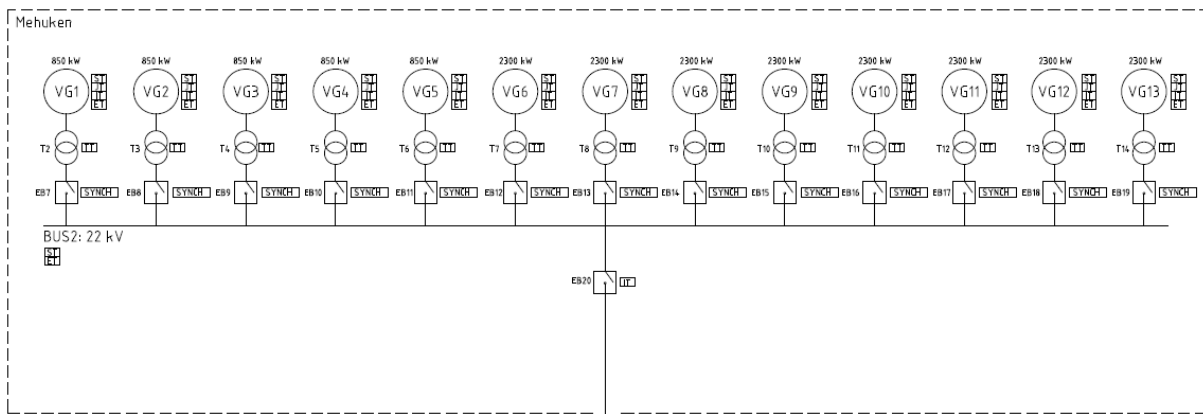
kontinuerlig til det interne styresystemet, slik at turbinen umiddelbart reagerer på endringer i nettspenning eller frekvens. Hvis de lokalt definerte grenseverdiene for system- eller nettsbeskyttelse overskrides, blir vindturbinen nedstengt og alarmer gitt. Så snart spenning og frekvens er tilbake innen tillatte toleranser blir vindturbinen automatisk startet opp igjen. Når en slik feiltilstand oppstår skal dette også vises som en alarm i PCS-systemet.

Sett i lys av forrige avsnitt, begrenses vår inngripen i styring av vindturbinparken til forespørsel om start og stopp av hver enkelt vindturbin og inn og utkobling av «BUS2» mot hovedfordelingsnett «BUS 3» (se [5] for detaljer). Vi skal likevel overvåke en rekke produksjonsparametere per turbin og presentere dette i operatørgrensesnittet. De aktuelle parameterne er vist i Tabell 4.

PCS betrakter altså energibidraget fra Mehuken som en ikke-regulerbar størrelse, som hele tiden er optimalisert av det lokale reguleringsystemet, til å levere mest mulig energi i forhold til vindforholdene. Vindturbinene vil alltid levere merkespenning og følge nettfrekvensen.

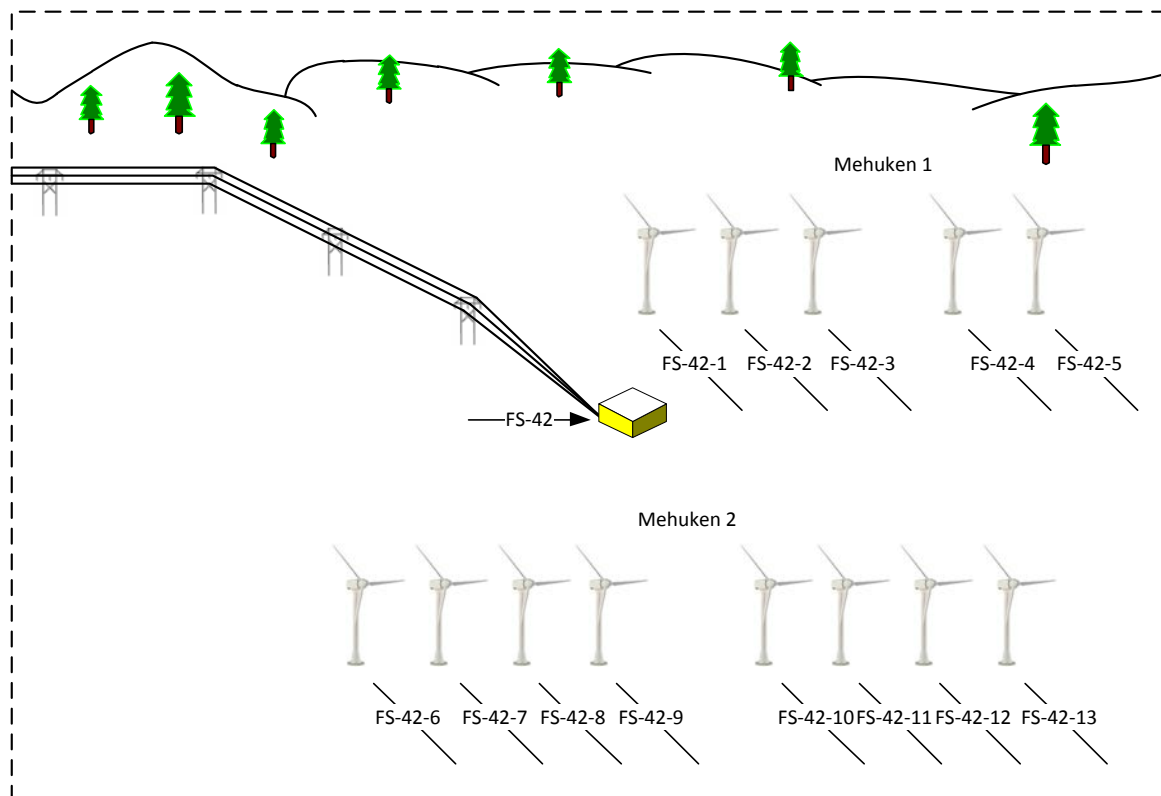
Tabell 4 Parametere for styring og overvåking av vindturbinene i Mehuken

DATA	INNGRIPEN
Inn- og utkobling av effektbrytere	Styres
Start og stopp av turbinene	Styres
Aktiv effekt	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Reaktiv effekt	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Frekvens	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Spenning	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Strøm	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Turtall	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Vindhastighet	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Vindretning	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Pitch (rotasjon av rotorblad)	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Yaw (rotasjon av turbinhus)	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Temperatur i generatorviklingene	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Transformortemperatur	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Feiltilstand som fører til utkobling av turbin	Overvåkes og alarm vises i operatørgrensesnitt



Figur 1 Tavletopologi Mehuken I og II (utsnitt fra [5])

Figur 1 viser hvordan vi forutsetter at vindturbinene er sammenkoblet. Hver enkelt vindturbin har en egen transformator plassert i masteskoen som transformerer opp spenningen fra 400/690 V til 22 kV (T2 – T14) og en lokal effektbryter for inn og utkobling av hver enkelt turbin (EB7 – EB19). Videre knyttes alle turbinene sammen til en hovedtavle som er plassert i et sentralbygg mellom Mehuken I og II (Vist i gult på Figur 2). Hovedtavlen kan kobles til og fra hovedfordelingsnettets («BUS 3») ved hjelp av en effektbryter (EB20).



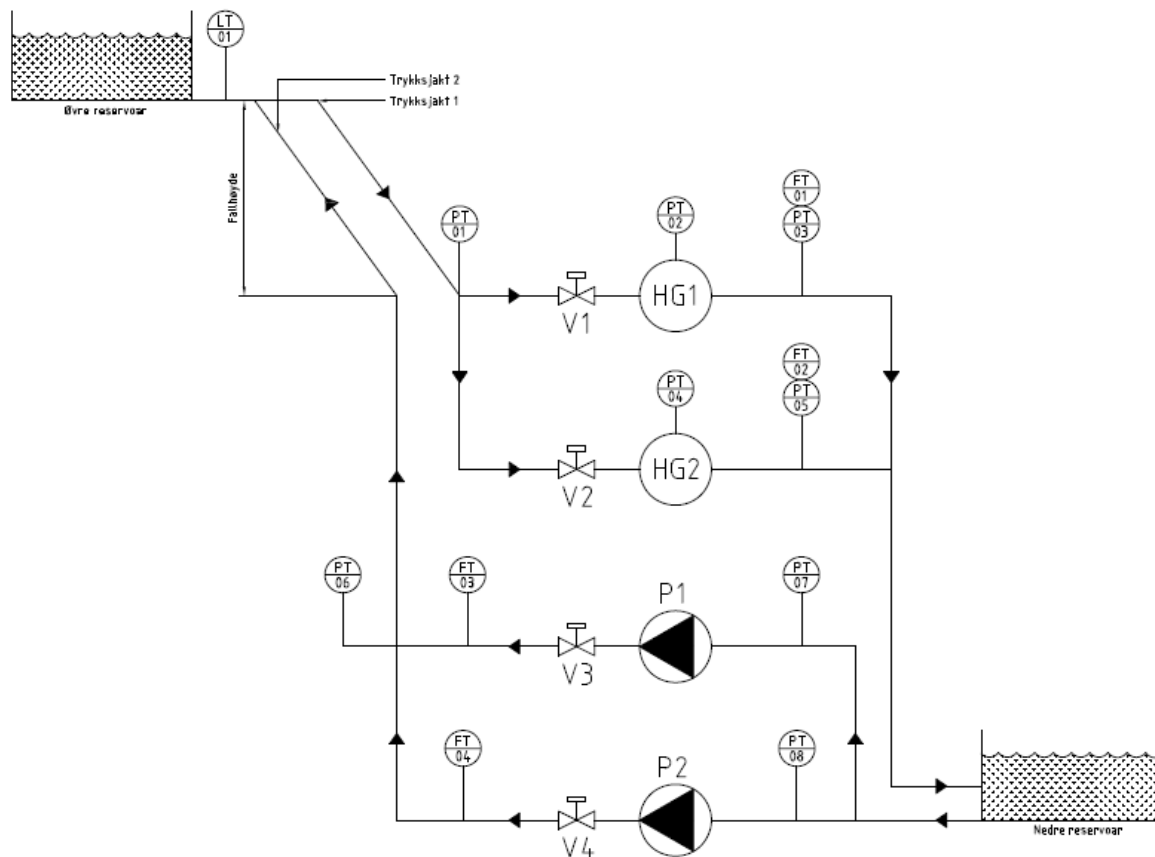
Figur 2 Geografisk oversikt over Mehuken

Figur 2 viser hvordan Mehuken ser ut geografisk, med beskrivelse av hvor PCS sine feltstasjoner (FS) er plassert (for utfyllende informasjon om hardwarekomponenter se 6.4). Det er plassert en feltstasjon med inn- og utgangskort i hver vindturbin. Alle målte signaler og styresignaler tilknyttet turbinene direkte opereres via disse kortene. Kommunikasjonen videre til kontrolleren skjer over et bus-basert nettverk. Kontrolleren som behandler all informasjon til og fra inn og utgangskortene er plassert i sentralbygget (FS42). Konfigurasjonen av feltstasjonene er vist i [6]. «BUS 3» er hovedhøyspentlinjen (22 kV) som binder sammen Mehuken, pumpekraftverket og Vindby.

4.2 Pumpekraftverket

Pumpekraftverket skal være sekundær energikilde i energisystemet. I utgangspunktet var det i oppgavebeskrivelsen fra oppdragsgiver ønskelig at pumpekraftverket skulle baseres på BKKs eksisterende Nygard kraftverk i Modalen. De tekniske spesifikasjonene og størrelsen på dette anlegget har vist seg ikke passende i kombinasjon med Mehuken og Vindby. Vi har derfor blitt enige med oppdragsgiver om å designe vårt eget pumpekraftverk som passer bedre til oppgaven. Vi har falt ned på en løsning med to generatorer på 15 MW hver, koblet til én rørgate, og to pumper på 7,5 MW hver, koblet til en annen rørgate. Ved hjelp av frekvensomformere kan pumpene kjøres med trinnløst turtall. Dette muliggjør å kunne kjøre turbiner og pumper samtidig, noe som vi mener er en nødvendighet for å oppnå kontinuerlig og stabil energileveranse i et lite og lukket nett som i dette tilfellet. Pumpekraftverket er vist i Figur 3 og [7].

Pumpekraftverket vil være den aktive komponenten i reguleringsystemet, og det er dette vi vil benytte for å balansere forholdet mellom forbrukt og produsert energi.

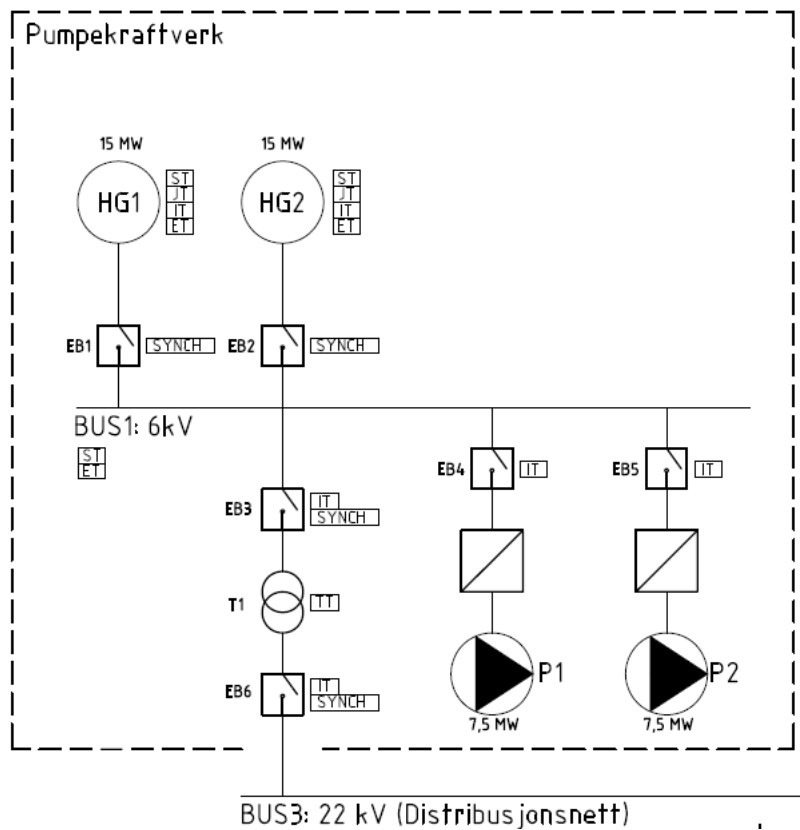


Figur 3 Vannstrøm og rørtopologi i pumpekraftverket (hentet fra [7])

Når Vindby belaster strømmnettverket med større effekt enn Mehuken produserer vil dette føre til at frekvensen på nettet synker. For å kompensere for dette frekvensfallet skal da vannturbinene ved pumpekraftverket produsere den effekten som trengs for å holde frekvensen stabil på 50 ± 1 Hz. I motsatt tilfelle hvor Vindby forbruker mindre enn Mehuken produserer, vil dette føre til at nettfrekvensen øker. For å kompensere for denne frekvensøkningen skal pumpene ved pumpekraftverket belaste nettet med den effekten som trengs for å holde frekvensen stabil på 50 ± 1 Hz. Med andre ord vil vannturbinene fungere som frekvensregulator ved underproduksjon, og vannpumpene overta denne rollen ved overproduksjon. Pådragsorganene ved pumpekraftverket som vi påvirker er ledeapparatene til francisturbinene ved underproduksjon, og frekvensomformerne til pumpene ved overproduksjon.

Figur 4 og

Tabell 5 viser tavletopologien for pumpekraftverket og spesifikasjonene for de tilhørende elektriske maskinene. Tavletopologien er et utsnitt fra [5]. De elektriske maskinene er valgt i samarbeid med ABB Norge, på bakgrunn av funnene presentert i 4.4.



Figur 4 Tavletopologi pumpekraftverket (utsnitt fra [5])

Tabell 5 Elektriske maskiner i pumpekraftverket

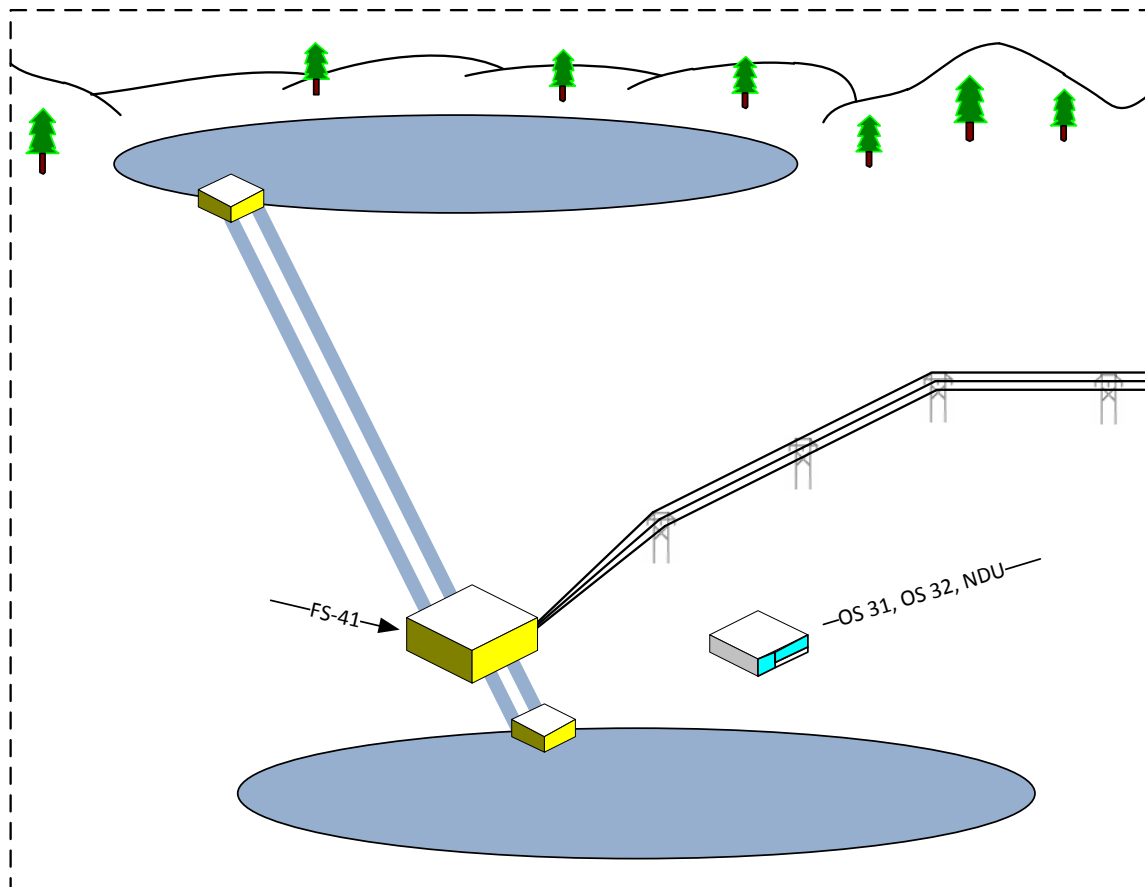
DATA	GENERATORER (VANNTURBINER)	MOTORER (VANNPUMPER)
Antall	2	2
Modell	AMS 900L 4LBS	ABB Motor
Merkeeffekt	20MVA/16MW	7,5MW
Merkespenning	6kV	6kV
Rotasjonshastighet	1500rpm	0 - 1500rpm
Virkningsgrad ved 100 % belastning	98,04	98,36
Cos(φ)	Variabel	1

Tabell 6 viser de ulike parameterne ved pumpekraftverket. Noen av parameterne bruker PCS for å påvirke energisystemet, mens andre kun brukes for overvåking og visning i operatørgrensesnittet.

Tabell 6 Parametere for styring og overvåking av pumpekraftverket

DATA	INNGRIPEN
Aktiv effekt	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Reaktiv effekt	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Frekvens	Reguleres gjennom pådragsorganet
Spenning	Overvåkes og alarm vises i operatørgrensesnitt
Strøm	Reguleres gjennom pådragsorganet
Turtall	Reguleres gjennom pådragsorganet
Start og stopp av generatoren	Styres
Magnetiseringsstrøm	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Magnetiseringsspenning	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Temperatur i kritiske opplagringer	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Temperatur i generatorviklinger	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Temperatur i magnetiseringstrafo	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Vannmengde gjennom generator	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Kjølevannstemperaturer	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Kjølevannsmengde	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Essensielle trykkmålinger i turbinen	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Vanntrykk i trykksjakt	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Trykk i sugerør	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Nivå i det øvre reservoaret	Overvåkes og vises i operatørgrensesnitt
Ventil inn til turbin	Styres, overvåkes og alarm vises i operatørgrensesnitt
Feiltilstand som fører til utkobling av turbin	Overvåkes og alarm vises i operatørgrensesnitt

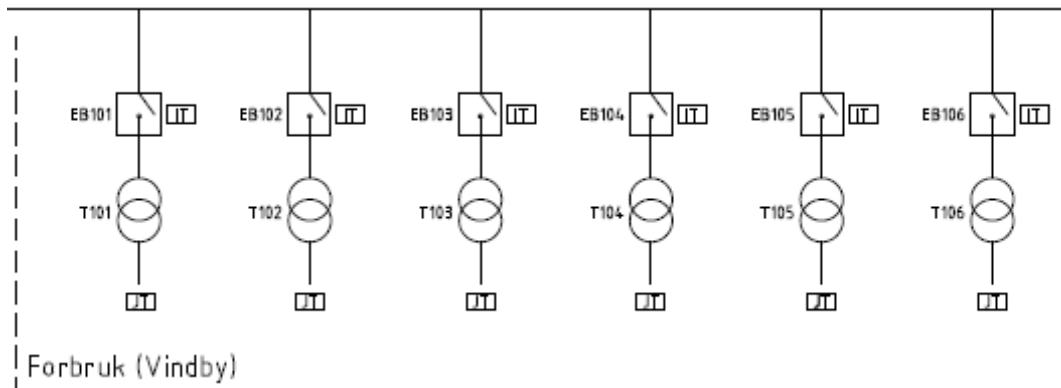
Operatørstasjonene i PCS-systemet (OS31 og OS32) er plassert i et sentralbygg plassert i forbindelse med pumpekraftverket. Det er herfra operatørene har tilgang til brukergrensesnittet. All kommunikasjon mellom alle kontrollene og operatørstasjonene i systemet skjer via redundant Ethernet-basert nettverk. I det samme sentralbygget er også nettverksfordelingen (NDU) plassert. Infrastrukturen merket med gult i Figur 5 er plassert inne i fjellet med maskinhallen som hovedenhet. I maskinhallen er pumpene og turbinene plassert og her finnes også kontrollene og inn og utgangskortene for pumpekraftverket (FS41).



Figur 5 Geografisk oversikt over pumpekraftverket

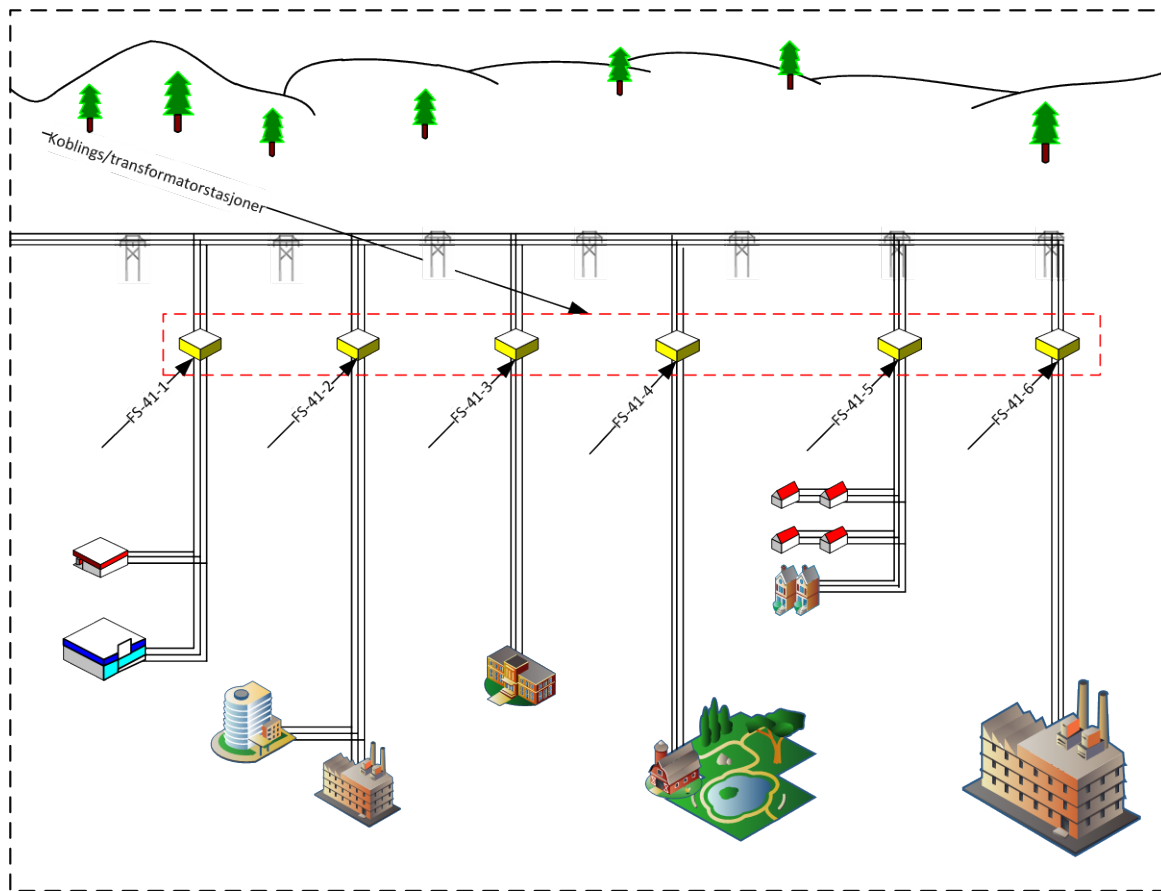
4.3 Vindby

Vindby er forbrukeren i vårt system. Byen har et gjennomsnittlig årsforbruk på 120 GWh, noe som tilsvarer en befolkning på ca. 6000 innbyggere.



Figur 6 Tavletopologi Vindby (utsnitt fra [5])

Som Figur 6 viser, deles Vindby inn i seks fordelingssoner som vi kan koble inn og ut med effektbrytere (EB101 – EB106), og transformator mot distribusjonsnettet (T101 – T106). Effektforkretet i de seks sonene måles, samt temperaturen i de seks transformatorene. Vi antar at alle seks sonene er like store i energiforbruk, men inneholder forskjellige forbrukergrupper



Figur 7 Geografisk oversikt over Vindby

Figur 7 viser den geografiske oppbygningen til Vindby. Denne korresponderer til Figur 6. Overføringslinjen fra Mehuken og pumpekraftverket kommer inn i venstre billedkant. Seks transformatorstasjoner forsyner de 6 ulike forbrukersonene i byen. I hver transformatorstasjon sitter en feltstasjon (FS-41-1 - 6) med inn- og utgangskort. Hver forbrukersone er antatt og forsyne ulike typer grupper i henhold til Tabell 7.

Tabell 7 Soneprioritering i Vindby

SONE/PRIORITERING	FORBRUKERGRUPPE
1	Handel og tjenester
2	Industri
3	Offentlig virksomhet
4	Jordbruk
5	Husholdning
6	Treforedling og kraftintensiv industri

Prioriteringen er i Tabell 7 satt opp ut fra NVE sine KILE standarder. Disse føringene er lagt i Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffier, Kapittel 9, §§9-1 og 9-2. PCS skal bruke denne prioriteringen under inn og utkobling. Laveste prioritet blir koblet først ut og sist inn, høyeste prioritet blir koblet sist ut, og først inn.

Normalt sett vil endring av systemfrekvens ivaretas av pumpekraftverket ved pådragsendring av turbiner eller pumper. Frafall av produksjonskapasitet vil likevel kunne føre til fall i systemfrekvens. Kommer denne under 48 Hz vil PCS koble ut forbrukersoner i Vindby (etter Tabell 7) til frekvensen igjen er 50 Hz. Dette for å forhindre total blackout i energisystemet.

Systemet skal designes slik at Vindby alltid har tilgang til elektrisk energi. Om likevel en blackout forekommer skal systemet inneha funksjonalitet som starter opp igjen produksjon og legger inn igjen last sekvensielt.

4.4 Produksjons- og forbruksdata

For å danne oss et bilde over dynamikken i energibalansen systemet må håndtere, har vi hentet inn statistikk/informasjon fra eksterne aktører. Data for forbruksmønster i hele Norge, og vindmålinger på Kråkenes fyr i nærheten av Mehuken vindpark, er innhentet fra henholdsvis Statistisk sentralbyrå, og Metrologisk Institutt. Begge datasettene er oppgitt med en måling i timen i ett år, som gir 8760 målinger for hver parameter.

Forbruksmønsteret er skalert slik at summen av alle målingene er 120GWh over et år, tilsvarende Vindbys årsforbruk. Dataene for forbruk er fra år 2010.

Opprinnelig var det ønskelig å hente inn produksjonsdata fra vindturbinene på Mehuken. Dette viste seg derimot å bli vanskelig da eier av vindparken, Kvalheim Kraft, ikke ønsket å gi ut slik informasjon offentlig. Løsningen ble da å kombinere lokale vindmålinger med effektkurver for de to turbintypene på Mehuken. Vinddataen er brukt til å beregne hvor mye effekt vindturbinparken bestående av Mehuken I og Mehuken II kan produsere totalt. Dataene for vind er fra år 2011.

De to datasettene er bearbeidet og satt opp mot hverandre, for å analysere dynamikken systemet må kunne håndtere. På grunnlag av dette har gruppen vært i stand til å hente ut nøkkelparametere presentert i Tabell 8. Dette har vært grunnlag for valg av maskiner og kapasiteter i pumpekraftverket og overføringssystemet.

Tabell 8 Produksjons- og forbruksdata

NØKKELPARAMETER		VERDI	ENHET
Overskuddseffekt	Maks overskudd	14259	kW
	Median	5766,8	kW
	Gjennomsnitt	5904,5	kW
	Målinger større enn 14000 kW	3	Timer/år
Underskuddseffekt	Maks underskudd	23691	kW
	Median	11157	kW
	Gjennomsnitt	11330	kW
	Målinger større enn 7500 kW	4411	Timer/år
	Målinger større enn 14000 kW	1588	Timer/år
Vind	Største vindstyrke	43,8	m/s
	Største effekt	22730	kW

Maks overskuddseffekt setter krav til pumpekapasitet ved pumpekraftverket. Tilsvarende setter underskuddseffekten krav til produksjonskapasiteten ved pumpekraftverk. På grunnlag av dette har vi valgt maskiner og utstyr som vist i Figur 4 og Tabell 5.

4.5 Beskrivelse av hovedfunksjoner

4.5.1 Energibalanse og tilstander

Energisystemet kan være i ulike tilstander. Med dette mener vi hvordan energibalansen mellom produsenter og forbrukere er, og hvilke status de ulike systemdelene har. Vi styrer primært pumpekraftverket for å tilpasse dette til tilstandene ved Mehuken og Vindby. Tabell 9 viser i grove trekk systemets ulike tilstander, og hvilke aksjoner som tas på bakgrunn av dette.

Tabell 9 Tilstandsscenarioer

TILSTAND	ENERGIBALANSE	BESKRIVELSE	RESULTAT/AKSJONER	FREKVENSRREGULERING
1.	Underskudd av vindenergi	Stort underskudd	Begge vannturbiner ved pumpekraftverket er i drift.	Begge vannturbinene
2.		Mindre underskudd	En vannturbin ved pumpekraftverket er i drift.	En vannturbin
3.		Tilnærmet likevekt	En vannturbin og en pumpe er i drift.	<ul style="list-style-type: none"> • Primært: En vannturbin • Standby: En pumpe
4.	Overskudd av vindenergi	Tilnærmet likevekt	En vannturbin og en pumpe er i drift.	<ul style="list-style-type: none"> • Primært: En pumpe • Standby: En vannturbin
5.		Mindre overskudd	En pumpe ved pumpekraftverket er i drift.	En pumpe
6.		Stort overskudd	Begge pumpene ved pumpekraftverket er i drift.	Begge pumpene

Sekvens 3 og 4 omhandler tilstandene hvor produksjon fra vindturbinene og forbruket i Vindby nærmer seg likt (likevekt). I sekvens 3 reguleres systemfrekvensen primært med den ene vannturbinen, men den ene pumpen ligger klar i standby klar til å overta når pådraget til vannturbinen kommer ned til 0 %. Tilsvarende for sekvens 4 reguleres systemfrekvensen av den ene pumpen, men en vannturbin ligger standby på nettet til å justere sitt pådrag når pumpens pådrag kommer ned til 0 %.

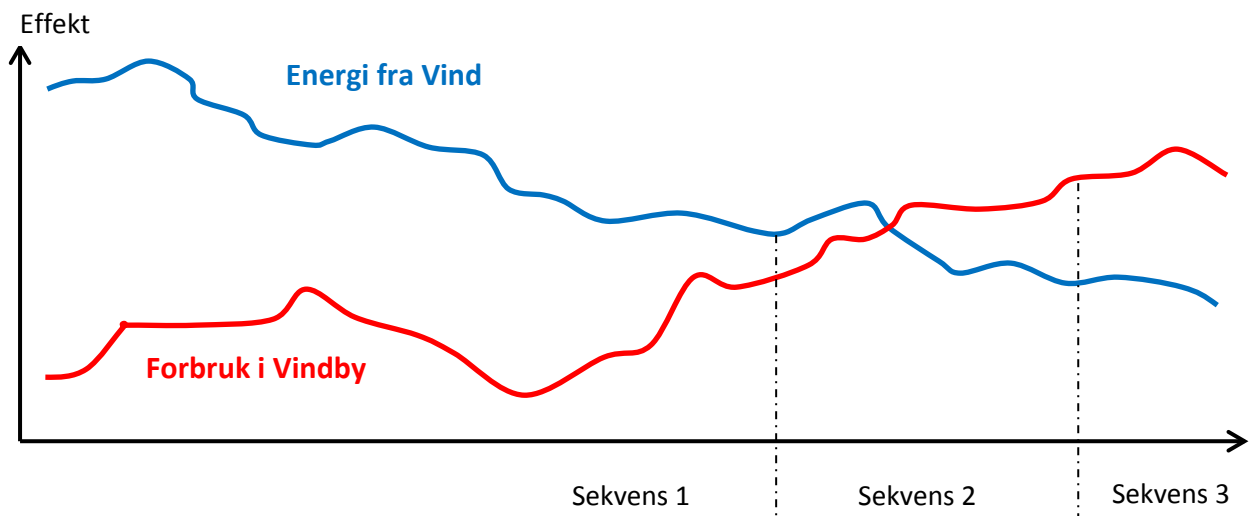
4.5.2 Lastavhengig start og stopp ved pumpekraftverket

Pumpekraftverket består som tidligere nevnt av to francisturbiner med generatorer (HG1 og HG2) og to sentrifugalpumper (P1 og P2). Disse startes, stoppes og reguleres etter hvilken energibalanse systemet er i, og hvilke belastning som ligger på de andre maskinene. Dette vises i Tabell 10.

Tabell 10 Lastavhengig start og stopp ved pumpekraftverket

SEKV.	BESKRIVELSE	PUMPEKRAFTVERK			
		HG1	HG2	P1	P2
1.	Energioverskudd fra vind	Standby	Stoppet	Drift	Drift om $P1 \geq 100\%$ Standby om $P1 < 100\%$
2.	Produksjon fra vindpark og forbruk nærmer seg likt.	Standby	Stoppet	Drift / Standby etter behov	Standby
3.	Energiunderskudd fra vind	Drift	Startes om $HG1 > 90\%$ Stoppes om $HG1 < 40\%$	Standby	Standby

Hvilken maskin som har ansvar for frekvensregulering er skiftende. Dette er forklart i kapittel 4.5.1.



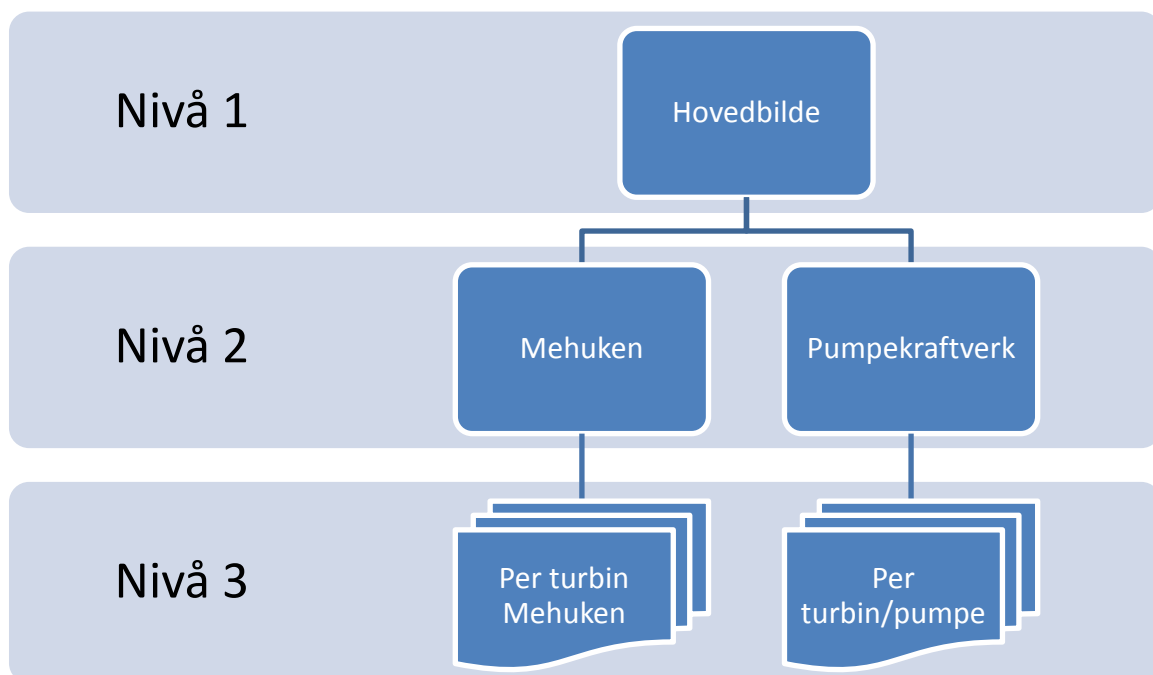
Figur 8 Illustrasjon til Tabell 10

Figur 8 er en illustrasjonsskisse til Tabell 10.

5 BRUKERGRENSESNITT

I dette kapitlet beskrives brukergrensesnitt som skal designes. Brukergrensesnittet skal realiseres med dynamiske skjermbilder som visualiserer energisystemets viktigste parametere og tilstander. Skjermbildene skal utvikles i henhold til Kongsberg Maritimes standard [2].

Figur 9 viser hvordan brukergrensesnittet skal bygges opp med ett skjermbilde per blå rute. De ulike nivåene sammenfaller med detaljene i bildene. Nivå 1 gir en total oversikt over systemet, men gir et begrenset detaljnivå. Nivå 2 gir et mer detaljert bilde av de to produsentene, mens nivå 3 gir detaljer per vindturbin, vannturbin og pumpe.



Figur 9 Oversikt over skjermbilder

5.1 Navigasjon og operasjon

Øverst på hvert bilde legges en linje med hotspots (snarveier) som gjør at brukeren av systemet enkelt kan navigere til forskjellige bilder. I tillegg skal det for Nivå 2 og 3, etableres en sidemeny som gir enkel navigasjon internt mellom bildene for Mehuken og pumpekraftverket. Brukeren vil ved å klikke på modeller kunne gå inn og endre på parametere. En bryter kan for eksempel åpnes eller lukkes av brukeren. Systemet skal designes slik at operasjon av de ulike komponentene kun skal kunne gjøres i hovedbildet. Dette gjøres for at operatør av systemet skal ha en helhetlig oversikt over energisystemet når det opereres.

5.2 Hovedbildet

Hovedbildet konstrueres med basis i linjeskjema [5] og viser hele energisystemet med overordnet tilstand og energiflyt. På Bus 1 ser vi pumpekraftverket med vannturbinene på oversiden og pumpene på undersiden. Bus 2 viser vindparken Mehuken, som går inn ovenfra til Bus 3. På nedsiden finner vi forbrukeren Vindby som er oppdelt i 6 ulike soner. Forbruket i Vindby skal vises. Hovedbildet skal vise måling av effekt, strøm, spenning og frekvens på vanngeneratorene. Vindgeneratorer og pumper vises med målt effekt. Det skal også vises måling for spenning og frekvens på alle busser. Fra hovedbildet er det mulig å navigere seg til oversiktsbildene for Mehuken og pumpekraftverket. Ved å gjøre dette vil man få et mer detaljert bilde av delsystemene.

5.3 Mehuken

Mehuken vil ha to nivåer - Nivå 2 og Nivå 3.

Oversiktsbildet (Nivå 2) for Mehuken designes med alle 13 vindturbinene sett ovenfra. Målingene vil vise vindretning, vindhastighet, effekt, strøm, frekvens og spenning for hver enkelt turbin. Vindretningen og hastigheten skal vises med dynamiske figurer.

Nivå 3 skal ha et bilde for hver enkel vindturbin sett fra siden. Disse bildene vil også inneholde mer detaljert informasjon. På Nivå 3 finnes målinger på temperaturer i viklinger, yaw og pitch posisjon.

5.4 Pumpekraftverk

Oversiktsbildet for pumpekraftverket baseres på Figur 3.

Likt som oversiktsbildet for Mehuken har også pumpekraftverket to nivåer. Nivå 2 (oversiktsbilde) viser vanngjennomstrømninger opp og ned i til vannreservoaret i de to rørgatene. Her måles trykk og hastighet på strømninger igjennom rørene, pumpene og generatorene. Nivået på vannmagasinet vil også være grafisk fremstilt.

Det vil være fire bilder på Nivå 3, ett bilde for hver pumpe og ett for hver hydrogenerator. Her skal alle målinger vi har på de forskjellige objektene måles. Hydrogeneratorene skal vises med tre måleområder; magnetisering, generator og vannturbin. Magnetisering vil vise magnetiseringsspenning, magnetiseringsstrøm og temperaturer i magnetiseringstransformatoren. Generatoren vil ha målinger på aktiv og reaktiv effekt, frekvens, spenning, strøm og temperaturer på generatorviklingene. Vannturbinen vil vise målinger av trykk og vanngjennomstrøming. Det skal også vises målinger på forskjellige lager og temperaturen på disse. Ved koblingen mellom generatoren og vannturbinen skal turtallet vises.

Nivå 3 for pumpene skal vise en enkel pumpe og måling av effekt, strøm og spenning på denne, rørene skal ha målinger av trykk på sugeside og trykkside. På generatoren skal det måles temperaturer i viklinger.

6 MASKIN- OG PROGRAMVARE

Styringen for energisystemet, samt brukergrensesnittet, skal utvikles og kjøres på Kongsberg Maritimes standardiserte maskin- og programvare. Utviklingen av programvaren skal følge retningslinjene presentert i [3] og [4].

6.1 Utviklingsprogramvare - AIM

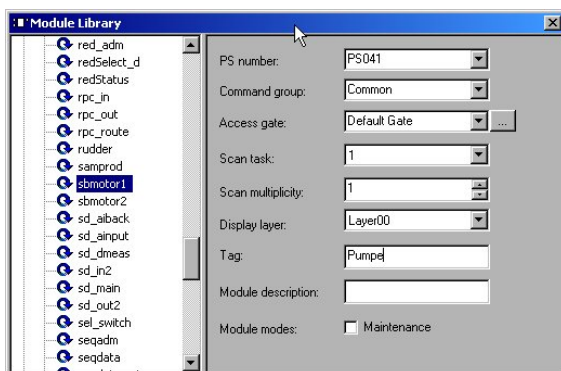
Et premiss for oppgaven er at vi skal bruke utviklingsverktøy som allerede finnes i Kongsberg Maritime. Av utviklingsverktøyene vi skal bruke i vårt prosjekt har vi AIM, som brukes til programmering og presentasjon av automasjonssystemer, samt GMS som brukes til å designe skjermbilder for operatørgrensesnittet.

6.1.1 Programmering i AIM

Programmering i AIM gjøres ved å koble sammen og parameterisere standardiserte funksjonsmoduler. I vår AIM-basis finnes alle de funksjonsmodulene vi måtte trenge for å kunne lage et PMS system.

Videre følger et eksempel på kontrollfunksjon «sbmotor1». sbmotor1 brukes blant annet til styring av pumper og motorer.

Det første vi gjør er å velge modulen fra modulbiblioteket, velge hvilken prosessstasjon modulen skal ligge på (modulen skal ligge på samme PS som IOene er tilkoblet) og gi den et passende «tagnavn» (merkelapp, i dette eksempelet bare Pumpe). Disse tagnavnene vil være definert i IO-listen til prosjektet.



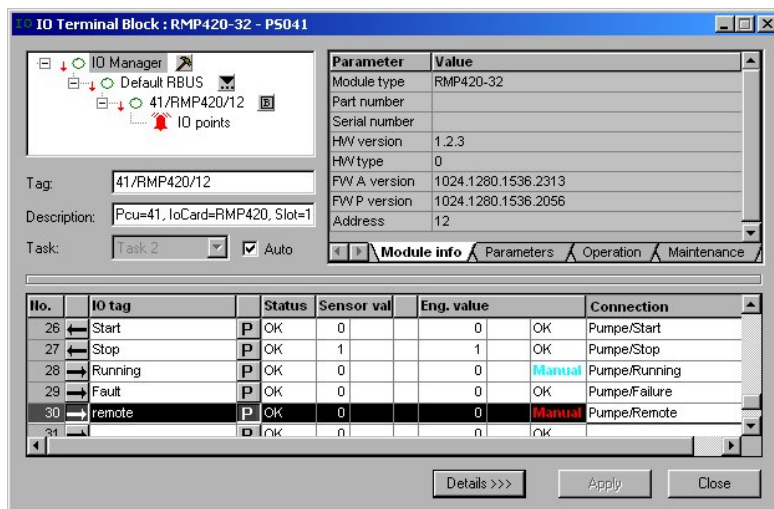
Figur 10 Modulbibliotek

Etter å ha valgt modul og gitt den ett tagnavn setter vi den inn i «flowview». Flowview er et visningslag i AIM der alle kontrollmoduler ligger. Andre avdelinger i KM bruker flowview direkte som visning, «automasjonsavdelingen» som denne oppgaven utføres for, bruker GMS som er et eksternt program for å lage skjermbilder som kobles mot modulene som ligger i flowview. Det blir i prinsippet det samme, men GMS gir større frihet til utforming av skjermbildene.



Figur 11 Kontrollmodul i Flowview

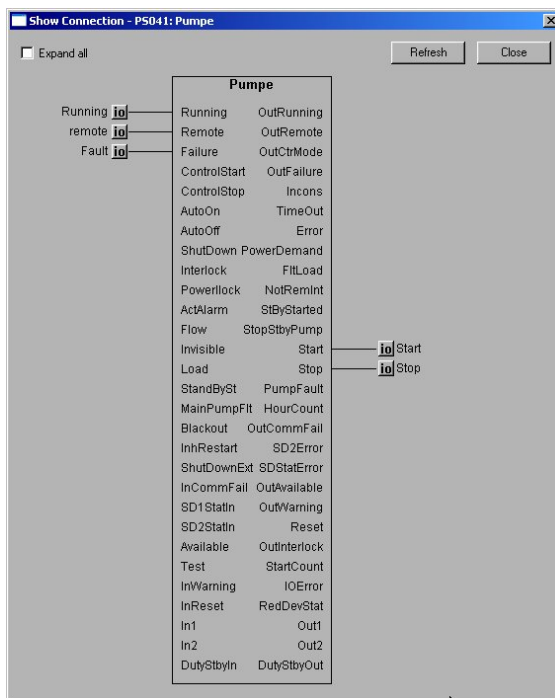
Etter modulen er satt inn i flowview, må vi koble den; enten mot IO, eller fra andre kontrollmoduler i systemet. Vi har her koblet den mot IO.



Figur 12 IO-blokk i en PS

Figur 12 viser kanal 26-30 på et av RIO kortene tilkoblet prosessstasjon 41. Til venstre i bildet ser vi koblingene som går til utstyr i felt, og til høyre ser vi koblingene til vår kontrollmodul (Pumpe).

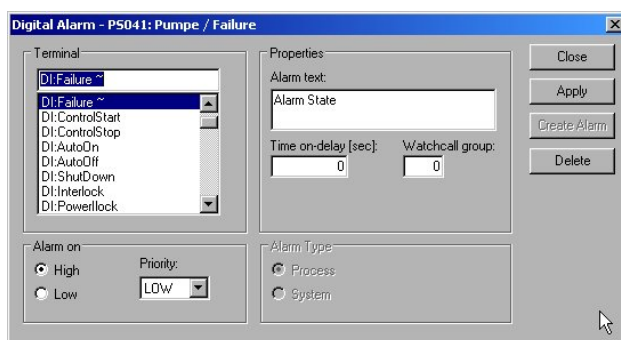
Kontrollmodulen pumpe vil nå se slik ut om vi høyreklikker på den og velger «show connection»



Figur 13 Terminaler på kontrollmodulen "sbmotor1"

Som vi ser av Figur 13 har man veldig mange inn-, og utganger, kalt terminaler. De som er brukt er de vanligste for å styre og overvåke en enkel pumpe, men som man ser er det tatt høyde for veldig mye. For eksempel integrasjon mot PMS-moduler eller å kjøre pumpen i «duty/standby» med en annen pumpe.

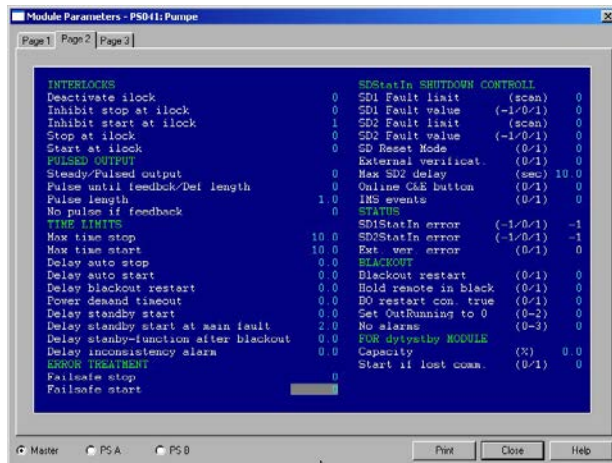
På alle terminalene på modulen har man mulighet til å definere alarmer. For digitale alarmer kan man velge å gi alarm om en terminal går høy/lav, og gi alarmer en prioritet (uprioritert, lav, høy eller emergency). For analoge signaler kan signalet skaleres fra en lav til en høy verdi, og gi alarmer om signalet beveger seg over eller under predefinerte grenser. I Figur 14 gis det en lav prioritets alarm når «failure-terminalen» går høy.



Figur 14 Alarmoppsett for sbmotor1

6.1.2 Parameterisering

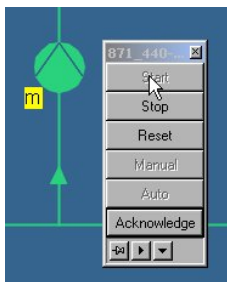
Alle kontrollmoduler har parametere som forteller hvordan modulen skal oppføre seg. For en «sbmotor1-modul» kan man for eksempel sette en parameter som forteller om pumpen automatisk skal starte opp igjen etter en blackout, eller om utgangssignalet skal være en puls eller et «steady-signal».



Figur 15 Tilgjengelige parameter i sbmotor1

6.1.3 Grensesnitt

Operatørens grensesnitt lages i GMS. Her kobles dynamiske, grafiske modeller til kontrollfunksjonene i AIM. Det er viktig at man i GMS gir de grafiske modellene samme tag som kontrollfunksjonen har i AIM. I Figur 16 ser vi hvordan kontrollmodulen «Pumpe» vil vises i det grafiske grensesnittet laget i GMS. I denne figuren ser vi også operatørmenyen man får tilgang til når man trykker på modulen.

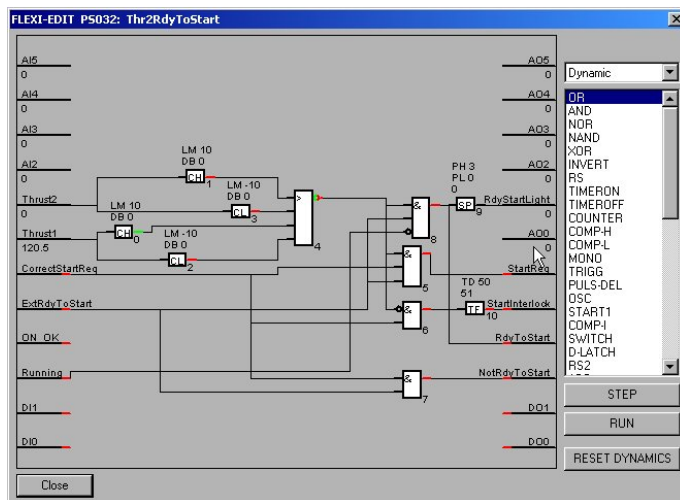


Figur 16 sbmotor1 visning i AIM og operatørmeny

6.1.4 Fleximoduler

Om tilfellet skulle oppstå at det ikke finnes en kontrollmodul til å behandle et signal på den måten du trenger, finnes det en «universell» modul som kan brukes til å lage logikk. Denne kalles «fleximodul», og har mulighet til å håndtere opp til 12 inn-, og utganger. I selve fleximodulen kan man sette sammen logikk med opp til 15 logiske elementer. Figur 17 viser en fleximodul i et «thrusterkontrollsystem». Fra listen til høyre drar man inn de logiske elementene man trenger, og

bruker musen til å lage koblinger fra utgang, til modul, og videre til inngang. De forskjellige logiske elementene er forklart i hjelpefilen til AIM.



Figur 17 Fleximodul

6.2 GMS

Graphical Modelling System (GMS) er et tegneverktøy Kongsberg Maritime har lisensiert for å lage brukergrensesnitt til automasjonsoperatørstasjoner. I GMS kan man lage dynamiske modeller som kan lese terminalene på en modul i AIM. For eksempel kan man lese utgangsterminalen «OutRunning» på en pumpe, og avhengig av verdien på denne terminalen kan man velge og for eksempel bytte farge på et pumpesymbol. På denne måten er det dynamikk i skjermbildene, og man får vist på en enkel måte at denne pumpen kjører.

Skjermbildene tegnes i GMS, og blir så importert til AIM og vist her.

6.3 IO-liste

IO-listen legger selve grunnlaget for prosjektet. En nøye utarbeidet IO-liste gjør programmeringsjobben mye enklere, da man kan bruke mindre ting på småoppgaver. Prosjektgruppa har utviklet en IO-liste for PCS som følger KMs standarder for denne. Denne er å finne i [8]. Kun de viktigste kolonnene i IO-listen beskrives i dette dokumentet:

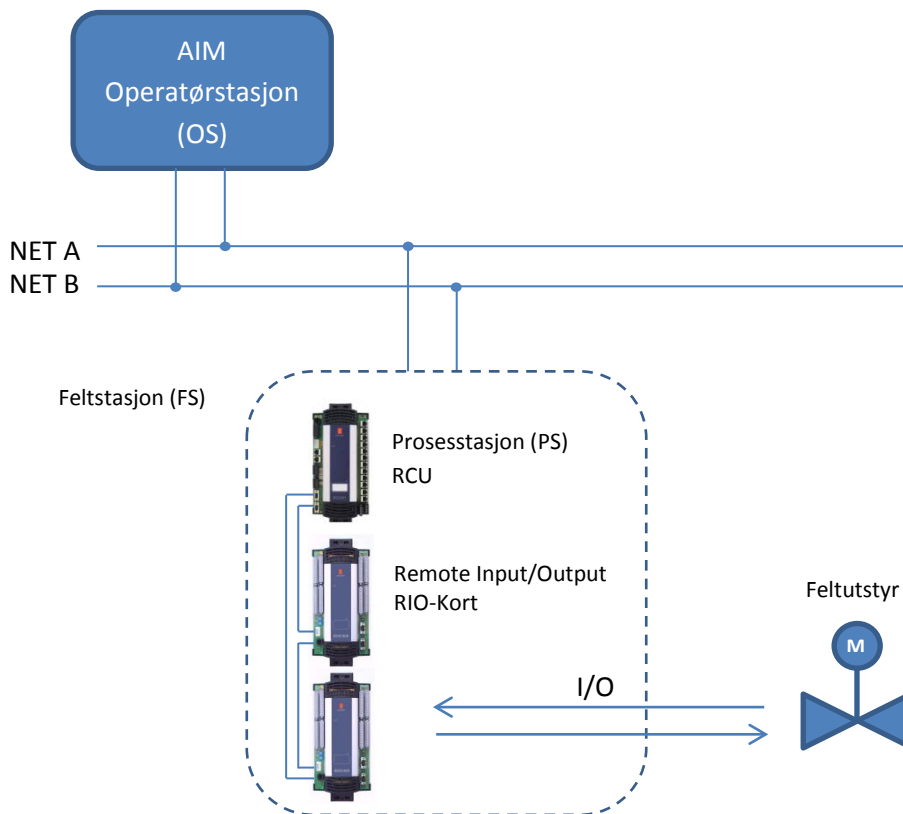
Tabell 11 Beskrivelse av IO-liste

KOLONNE	BESKRIVELSE
Signal tag	En unik tag for hvert enkelt signal.
Field device tag	Flere signal tags grupperes til en field device tag. For en pumpe vil alle signaler som har med denne pumpe å gjøre ha samme field device tag. Field device tag blir tagen til kontrollmodulen i AIM.
Field device description	En beskrivelse av field device. Dette er ment som hjelpetekst som vil bli vist om man holder musen over kontrollmodulen i AIM.
Alarm info (flere kolonner)	Flere kolonner med informasjon om alarmer man kan sette på signalet. Om alarmer er digital/analog, hva slags prioritet den skal ha osv.
Engineering low range	For analoge signaler. For eksempel et signal som måler spenning kan man her definere hva nedre grense på signalet som blir målt er. For eksempel 0V.
Engineering high range	For analoge signaler. For eksempel et signal som måler spenning kan man her definere hva øvre grense på signalet som blir målt er. For eksempel 500V.
Engineering unit	For analoge signaler. For eksempel for et signal som måler spenning vil man her sette V for volt.
Process Station	Beskriver hvilken prosesstasjon signalet er koblet til.
CardTyp	Beskriver hva slags RIO-kort signalet er koblet til.
Pos	Beskriver hvilken fysisk posisjon RIO-kortet har i skapet det står i.
IO Block	Beskriver navnet på IO blokken signalet er koblet til. Er som oftest en kombinasjon av Prosesstasjon/Cardtyp/Pos
IO Channel	Beskriver hvilken kanal på RIO-kortet signalet er koblet til.
Signal type (Interface)	Beskriver om signalet er analogt eller digitalt.
Signal direction (Interface)	Beskriver om signalet er en input eller output til systemet.
HW loop typical	Beskriver hvilken sløyfe type signalet har. Dette henviser til KM sine beskrivelser av sløyfene.
Is inverted signal	Beskriver om signalet er invertert. Digitale alarmer er veldig ofte invertert, da de er normalt høye og lager alarm om de går lave.
Signal Typical	Henger sammen med HW loop typical og beskriver hva slags sløyfe signalet har.
Cabinet name	Navnet på skapet signalet er koblet til.

KOLONNE	BESKRIVELSE
Loop Monitoring	Beskriver om sløyfen i signalet blir overvåket.
Detect Short	Analoge signaler kan overvåkes for kortslutning, ved denne grensen vil AIM gir alarm.
Detect Break	Analoge signaler kan overvåkes for kabelbrudd, ved denne grensen vil AIM gir alarm.

6.4 Maskinvare

K-Chief 700 er et modulært distribuert kontroll- og overvåkningssystem for blant annet båter og plattformer. Systemet består hovedsakelig av operatørstasjoner og prosesstasjoner som kommuniserer sammen på et lukket, redundant nettverk. Figur 18 viser en enkel prinsippskisse av et slikt system. På dette nettet kan man om ønskelig hekte på flere operatør- og prosesstasjoner.



Figur 18 Maskinvare

6.4.1 Operatørstasjon med AIM

Operatørstasjonen er operatørens innblikk i det som foregår på prosesstasjonene. Hver enkelte prosesstasjon har lagret informasjon om signalene som er tilkoblet. Fra operatørstasjonen kan man i AIM gi kommandoer til modulene som ligger på prosesstasjonen. Man vil også i sann tid kunne få

status på tilkoblede signaler og moduler som kjører på prosesstasjonen. Om man har flere OS'er vil alle OS'ene kunne overvåke alle prosesstasjonene til en hver tid.

6.4.2 Feltstasjon (FS)

I feltstasjonen sitter det en eller to RCU'er (PS'er), avhengig av om systemet er redundant, og flere RIO-kort. Feltstasjonen er gjerne plassert nært utstyret det skal styre.

6.4.3 Prosesstasjon (PS)

I et anlegg kan det være flere prosesstasjoner og hver enkelt prosesstasjon vil håndtere de signalene som er koblet til den enkelte prosesstasjonen. Informasjon om alle RIO kortene, og signalene koblet til disse lagres i en «.io- fil». For hvert enkelt signal vil .io-filen inneholde informasjon om hvilken kanal signalet er koblet til og på hvilket RIO-kort, om signalet er analogt eller digitalt, om det er en inn- eller utgang og eventuelle skaleringer.

6.4.4 RCU (Remote Control Unit) / Prosesstasjon (PS)

RCU'en er i praksis Kongsberg Maritimes PLC (Programmable Logical Controller). RCU'ene er selve hjernen i systemet. Det er på disse alle programkode ligger, og det er fra disse alt blir styrt. Ved oppstart laster RCU'en ned .io- og .ps-filer fra en OS i nettverket. .io-filen gir RCU'en informasjon om hva slags RIO-kort som er tilkoblet, signalene som er fysisk tilkoblet og hvilken kontrollmodul kanalene er koblet til i softwaren. .ps-filen inneholder informasjon om alle kontrollmoduler og logikk som skal kjøres på RCU'en. Når RCU'en er oppe og kjører er det den som er sjef for .ps- og .io-filene, og dersom man gjør endringer på systemet under operasjon er det viktig at man kjører «backup» fra en OS. Ved backup vil OS'en laste filene tilbake.

I et system vil RCU'en refereres til som en prosesstasjon, for eksempel PS41. Dette vil da være den spesifikke RCU'ens unike ID i systemet.

6.4.5 RIO-kort (Remote Input/output unit)

Et RIO-kort er det fysiske grensesnittet mot prosessen. Man får flere typer RIO-kort til å kunne behandle forskjellige typer analoge eller digital signaler. RIO-kortet er plassert i en feltstasjon og kommuniserer med en prosesstasjon over «R-Bus». Typisk har et RIO-kort opp til 32 tilkoblingskanaler og det finnes forskjellige kort avhengig av typen signaler som skal kobles til (analoge/digitale inn-, utganger).

7 PLAN FOR IMPLEMENTASJON

I dette kapitlet sies kort noe om veien videre mot implementasjon av designet beskrevet i dette dokumentet. Vi er nå ferdige med Steg 1, og vil etter presentasjon 2 fortsette arbeidet mot å implementere oppgaven ved hjelp av program- og maskinvare beskrevet i kapittel 0.

Steg 1: IO-liste og systemtegninger

I designfasen har vi designet og utformet systemet slik vi ønsker at det skal fungere. Vi har i denne prosessen laget systemtegninger samt en IO-liste som beskriver alle signaler i systemet. Denne listen er helt nødvendig, og danner grunnlaget for videre utvikling av systemet i AIM. IO-listen er svært detaljert, og skal inneholde all nødvendig informasjon om hvert enkelt signal. Detaljer om all informasjon i IO-listen finnes i kapittel 6.3.

Steg 2: Basisgen

AIM er et svært allsidig system som er under konstant utvikling. For at vi skal kunne bruke systemet må vi bestille en «BasisGen» fra produktavdelingen i KM. BasisGen er selve basisen for AIM, og inneholder informasjon om hvilken versjon av AIM som skal brukes og også nødvendige kontrollfunksjoner. Vi som skal lage et PMS system får en BasisGen som er beregnet på dette.

Steg 3: System Setup

«System setup» er prosjektspesifikk og er program som hjelper til med å sette opp systemet. Man gir programmet informasjon om systemet, som for eksempel operatørstasjoner, prosesstasjoner, kommandogrupper og OS-grupper. System setup vil da generere en rekke nødvendige systemfiler som er nødvendige for å kunne starte prosjektet i AIM.

Steg 4: Import av IO-liste. Allokering av signaler til kanaler på RIO kortene.

For å importere IO-listen til AIM er det vanlig å bruke et verktøy kalt Offline Configuration Tool (OCT). OCT er laget for å knytte signalene i IO-listen til kontrollfunksjoner. OCT inneholder funksjonalitet for å kunne kjenne igjen signaltyper basert på hvordan signalnavnene (tags) er sammensatt i IO-listen. OCT vil da automatisk prøve å finne riktige kontrollfunksjoner til signalene. Her er det viktig å ha gjort en grundig jobb med IO-listen, slik at man trenger å gjøre minst mulig manuelt i OCT. I OCT finnes det også systembasiser (klustere) for å lage PMS systemer. Disse basisene er basert på ofte brukte kombinasjoner av tavler og generatorer, og prinsippet er at man fjerner det som er overflødig for ens eget prosjekt. I vårt prosjekt vil vi ikke bruke en slik basis, men heller bygge systemet fra bunn av ved å manuelt koble sammen de kontrollmodulene vi trenger.

Når en er ferdig i OCT utfører man en «deploy», som vil si at vi får ut ferdige .io- og .ps-filer til prosessstasjonene i systemene. .io-filene vil inneholde informasjon om allokeringen av signalene, men .ps-filene vil inneholde alle kontrollmodulene.

Steg 5: Programmering

Nå er AIM og systemet satt opp, og vi har .ps/.io-filer som inneholder informasjon om alle signalene i systemet, kan vi begynne programmering i AIM. AIM inneholder et stort bibliotek med kontrollmoduler til forskjellige formål. Vår oppgave blir å finne og lære oss de kontrollmodulene som er nødvendige for å lage et PMS system som vil virke til vårt formål. Vi har blitt informert om at vår oppgave er mulig å løse med de modulene som finnes i dag. Om det skulle være at vi trenger funksjonalitet som ikke er dekket av en standardmodul, kan vi lage vår egen ved hjelp av fleximoduler.

8 REFERANSER

Tabell 12 Referanser

REFERANSE	DOKUMENTTITTEL	REVISJON
[1]	Kravspesifikasjon	1.0
[2]	PRO-2401, Instruction Manual, HMI Guideline	3
[3]	1005027, Interface Manual, Standard Module Interfaces	D
[4]	1000705, Instruction Manual, Tag Numbering Philosophy	B
[5]	En-linje skjema	1.0
[6]	Systemtopologi	1.0
[7]	Turbin-/Pumpekrets	1.0
[8]	PCS IO-liste	2.0



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



IMPLEMENTASJONSDOKUMENT

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen I Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	1.0		
ANTALL SIDER	27		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	29.05.2012	Første utgivelse

INNHALDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	4
1.1	Dokumenthistorie.....	4
1.2	Definisjoner og forkortelser	4
1.3	Oppbygning av dokumentet.....	5
2	INNLEDNING	6
3	MASKINVARE	7
3.1	K-Chief 700	7
4	PROGRAMVARE	8
4.1	BasisGen og System Setup	8
4.2	Offline Configuration Tool (OCT).....	10
4.3	AIM (kontrollsystem).....	10
4.3.1	Funksjonsmoduler	10
4.3.2	Generell informasjon om PMS-funksjonalitet.....	13
4.3.3	Mehuken vindturbinpark.....	14
4.3.4	Pumpekraftverk.....	15
4.3.5	Vindby.....	17
4.3.6	Fleximoduler (<i>plclg</i>).....	19
4.4	GMS (skjermbilder).....	20
4.4.1	Designfilosofi	20
4.4.2	Oppstartsbilde	20
4.4.3	Felles menysystem	20
4.4.4	PCS – Hovedbilde – Nivå 1.....	21
4.4.5	Vindkraftverk – Nivå 2	22
4.4.6	Vindkraftverk – Nivå 3	23
4.4.7	Pumpekraftverk – Nivå 2	24
4.4.8	Pumpekraftverk – Nivå 3	25
5	REFERANSER	27

LISTE OVER FIGURER

Figur 1	Maskinvarestruktur for kontrollsystemet	7
Figur 2	Filer fra BasisGen	8
Figur 3	Bilde fra System Setup.....	9
Figur 4	Bilde fra OCT.....	10
Figur 5	Funksjonsmodul <i>meas_av</i>	11
Figur 6	Funksjonsmodul <i>genctrl</i>	11
Figur 7	Prinsippskisse for styring/regulering av generator	13
Figur 8	Switchboard-kommunikasjon	14
Figur 9	Prinsipiell reguleringsløyfe for generatorer.....	16
Figur 10	Prinsipiell reguleringsløyfe for pumper	16
Figur 11	Prinsippskisse for pumpestyring.....	17
Figur 12	Konfigurasjon av fleximodul for pumpesimulering	19
Figur 13	Oppstartsbilde	20
Figur 14	Felles toppmeny	21
Figur 15	PCS – Hovedbilde – Nivå 1.....	21
Figur 16	Oversiktsbilde vindkraftverk – Nivå 2.....	22
Figur 17	Detaljbilde vindkraftverk – Nivå 3	23
Figur 18	Oversiktsbilde pumpekraftverk – Nivå 2	24
Figur 19	Detaljbilde vanngeneratorer – Nivå 3	25
Figur 20	Detaljbilde pumper – Nivå 3.....	26

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie.....	4
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	4
Tabell 3	Funksjonsmoduler benyttet i løsningen av oppgaven	12
Tabell 4	Automatisk utkobling av forbruk.....	18
Tabell 5	Referanser	27

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
1.0	29.05.2012	Første utgivelse	FK

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere ord og uttrykk som er forklart i Tabell 2:

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonsprogramvareplattform.
BasisGen	Basisfiler for en AIM-leveranse. Produseres av utviklingsavdelingen på Kongsberg, tilpasset det enkelte prosjekt.
Blackout	Strømbrudd. Alle, eller deler, av forbrukere mister tilgang til elektrisk energi.
BUS	Fysisk strømforsyningsgren/fordelingsnett.
Energisystemet	Det totale systemet som forsyner Vindby med elektrisitet. Dette inkluderer vindturbinpark, pumpekraftverk, overføringslinjer, koblingsutstyr, transformatorstasjoner og PCS.
FS	Feltstasjon. Skap i felt som inneholder prosessstasjoner og/eller RIO-kort og andre enheter.
GMS	Graphical Modelling System. Programvare for konstruksjon av grafiske skjermbilder.
HMI	Human Machine Interface. Det visuelle brukergrensesnittet for systemet.
Hydrogenerator	Generator som drives av en vannturbin.
IO	Inputs/Outputs. Henviser til inn- og utganger på RIO-kort som knytter KMs utstyr til feltutstyr.
IO-liste	Liste over innganger og utganger tilknyttet kontrollsystemet.
KM	Kongsberg Maritime.
Mehuken	Vindturbinpark. Består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.
OCT	Offline Configuration Tool. KMs verktøy for behandling av IO-signaler.
OS	Operatørstasjon. Menneskelig grensesnitt.
PCS	Power Control System. Navnet på prosjektoppgaven og produktet.
PMS	Power Management System. Generelt navn på kontrollsystem for elektrisk kraftproduksjon.
Prosjektgruppa	Studentene som gjennomfører prosjektet.

UTTRYKK	FORKLARING
PS	Prosesstasjon. KMs Programmerbare Logiske Kontrollere (PLC). Kontrolleren står som oftest plassert i en Feltstasjon (FS) nært utstyret den skal styre.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vannturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
RCU	Remote Control Unit. Er KMs programmerbare logiske kontroller for styring av automatiserte prosesser. En RCU i et system refereres til som en PS (prosesstasjon).
RIO-enhet	Remote Input/Output Unit. Brukes som betegnelse for IO-Kort. I vårt prosjekt er det brukt to typer RIO-kort - RMP420 og RDIOR420.
RMP	Se RIO Unit.
Spare capacity	Er i AIM restkapasiteten til alle generatorer tilkoblet et switchboard, altså den totale nominelle merkeeffekten fratrukket generatorenes nåværende belastning.
Switchboard	Fordelingstavlenes programvarebeskrivelse/navn i AIM.
Systemet	PCS – systemet som prosjektgruppa konstruerer.
Vindby	Fiktiv by som har et reelt energiforbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.
Winps	Program utviklet av KM som gjør at man kan kjøre opp en prosesstasjon (PS) uten å være tilkoblet en RCU.

1.3 Oppbygning av dokumentet

- Kapittel 1 innleder dokumentet med generell informasjon.
- Kapittel 2 omhandler innledning og kort informasjon om oppgaven.
- Kapittel 3 omhandler implementasjon av maskinvare i oppgaven.
- Kapittel 4 omhandler implementasjon av programvare i oppgaven.
- Kapittel 5 inneholder referanser til andre dokumenter.

2 INNLEDNING

Dette dokumentet beskriver implementasjonen av energistyresystemet prosjektgruppen er satt til å utvikle som avsluttende hovedprosjekt innen ingeniørfag, studieretning for elektrofag ved Høgskolen i Buskerud 2011 / 2012.

Prosjektoppgaven er gitt av Kongsberg Maritime AS og omhandler å benytte deres automasjonssystem for energikontroll ombord på maritime fartøy og installasjoner, til styring og regulering av energiproduksjon ved et kombinert vind- og pumpekraftverk.

Oppgaveløsningen er implementert som et reelt, fysisk anlegg som i utgangspunktet skal kunne settes direkte ut i felt. Dette betyr at anlegget er satt opp med mulighet for fysiske inn og utganger, og av denne grunn er klargjort for en bestemt maskinvarekonfigurasjon (se [8] og [9]).

I tillegg er det laget simuleringsfunksjonalitet for at alle vesentlige deler av systemet skal kunne vises frem uten bruk av maskinvare, da oppgaven i utgangspunktet er ment som en demonstrasjon av hvordan en slik problemstilling kan løses ved bruk av Kongsberg Maritimes automasjonssystem og ikke å implementere den fysiske.

Innholdet i dokumentet beskriver hvordan systemet er implementert for å oppfylle kravene satt i [1] og designvalg gitt i [2]. Disse dokumentene inneholder også generell informasjon om oppgaven og oppgaverammene som ikke er tatt med i dette kapittel.

Dokumentet er bygd opp med utgangspunkt i implementasjonens gang. Dette betyr at hovedkapitlene kommer i kronologisk rekkefølge etter hvor i implementasjonsprosessen de har foregått. Det refereres ellers til plan for implementasjon i designdokumentet [2].

3 MASKINVARE

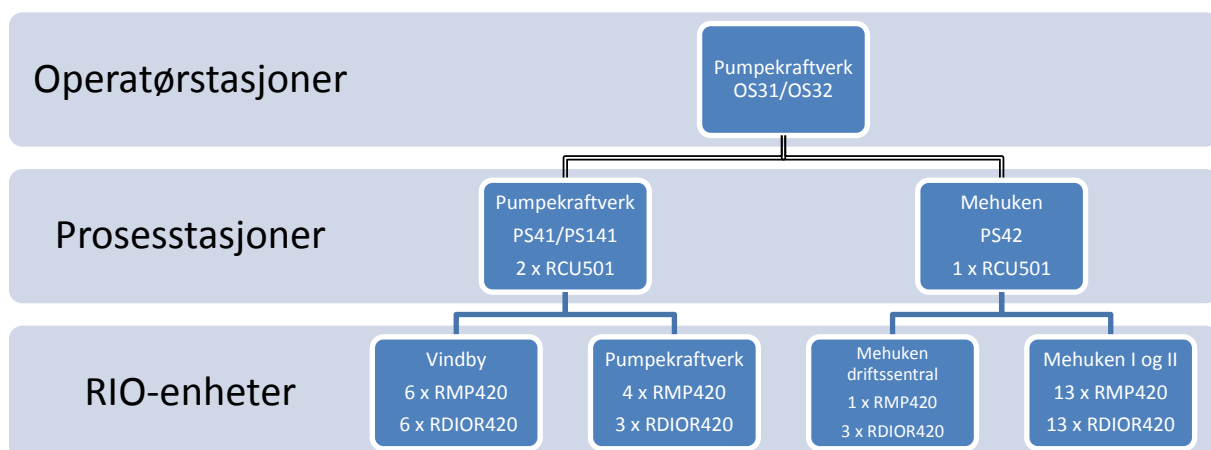
Dette kapittelet beskriver maskinvareoppsettet i oppgaven. All maskinvare i systemet er fra KMs standardiserte sortiment og konfigurert med KMs verktøy for dette.

Fra designfasen benytter vi IO-listen [7], som er en komplett beskrivelse av alle signalene i systemet, som basis for å velge ut og sette opp maskinvaren. I tillegg til denne støtter vi oss til systemtegningen i [5]. En fullstendig oversikt over maskinvaren er å finne i maskinvareoversikten [8], og en fullstendig koblingsliste finnes i prosjektets IO-Termineringsliste [9].

3.1 K-Chief 700

K-Chief 700 er et modulært distribuert kontroll- og overvåkningssystem fra Kongsberg Maritime. Systemet er bygget opp av flere maskinvarekomponenter som vi benytter i oppgaven. For utfyllende informasjon om K-Chief systemet, se designdokumentet [2].

Figur 1 viser en forenklet maskinvarestruktur for kontrollsystemet i energisystemet.



Figur 1 Maskinvarestruktur for kontrollsystemet

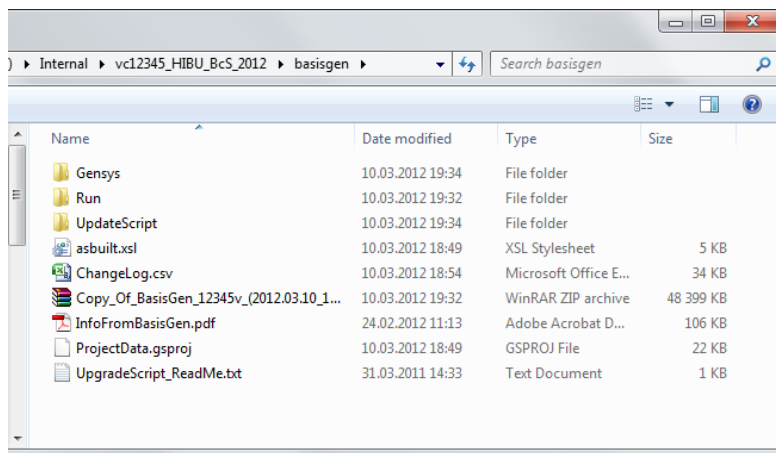
Pumpekraftverket er satt opp med to redundante kontrollere (RCU), hvor den står som «hot standby». Med dette menes det at kontrolleren ligger i «beredskap» og vil umiddelbart overta om den primære kontrolleren skulle falle ut. Dette er gjort for å bedre leveringssikkerheten av energi til Vindby. Mehuken er ikke ansett som kritisk for leveringssikkerheten, og er derfor satt opp med kun en enkel controller (pumpekraftverket er dimensjonert for alene å kunne drive Vindby). Videre er RIO-enhetene valgt etter antall signaler og signaltype.

4 PROGRAMVARE

4.1 BasisGen og System Setup

AIM er en stor og fleksibel programvare som stadig er under utvikling. Før et nytt prosjekt kan startes, kreves det tilpassing og konfigurasjon av systemoppsett i forkant.

Dette gjøres først i BasisGen hvor grunnleggende informasjon om det spesifikke prosjekt defineres. Dette inkluderer blant annet informasjon av hvilke versjon av AIM som skal brukes, og hvilke grupper av kontrollfunksjoner som inkluderes i prosjektet. BasisGen lager så et sett med filer som er nødvendig for å starte AIM. For vår oppgave inneholder basisen blant annet funksjonalitet for Power Management (PMS) siden vår oppgave omhandler nettopp dette. Filene fra BasisGen vises i Figur 2.



Figur 2 Filer fra BasisGen

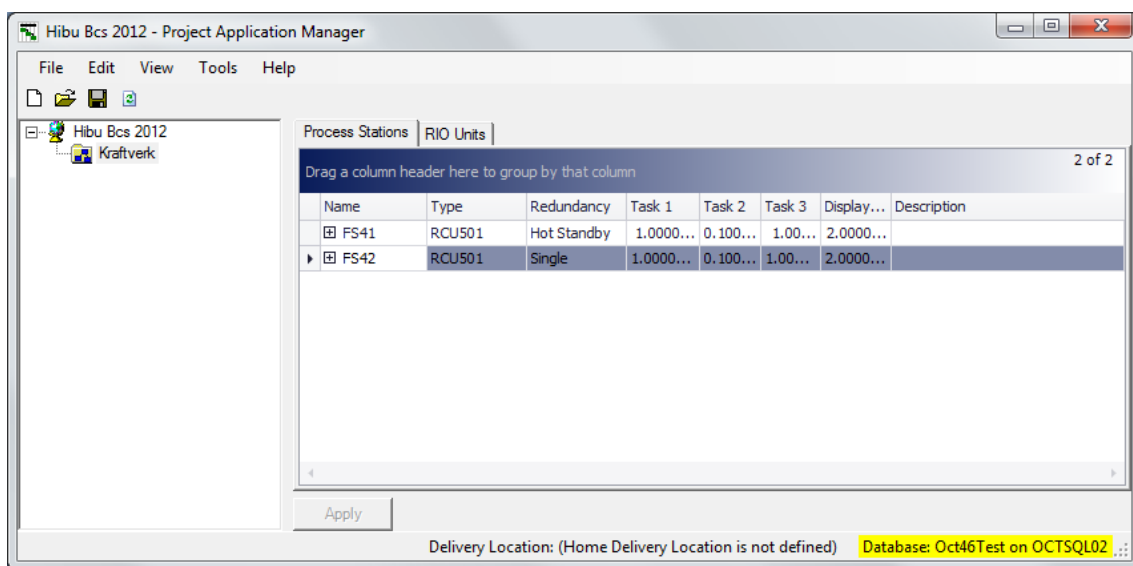
Det andre konfigurasjonsprogrammet som brukes kalles System Setup. Her legges informasjon om grunnstrukturen i systemet som skal lages inn. Dette omfatter blant annet antall operatørstasjoner, prosesstasjoner, kommandogrupper og OS-grupper. System Setup vil lagre disse opplysningene i systemfiler som er nødvendige for å starte AIM. Et utsnitt fra System Setup for vår oppgave vises i Figur 3.



Figur 3 Bilde fra System Setup

4.2 Offline Configuration Tool (OCT)

For å forenkle arbeidet med konfigurering og kobling av funksjonsblokker i AIM, har vi benyttet en ekstern programvare kalt OCT. I OCT har vi importert IO-listen [7], samt informasjon om antall skap, prosesstasjoner og RIO-enheter. Med hjelp av denne informasjonen oppretter OCT kontrollfunksjoner (programvaremoduler) og kobler disse mot signalene definert i IO-listen. Når alle signalene var ferdig behandlet i OCT eksporterte vi programfiler for anleggets to prosesstasjoner, PS41 og PS42. På et kjørende anlegg lastes disse filene inn i en RCU (prosesstasjon) og systemet konfigureres «live» over ethernet. Som alternativ til dette er det utviklet et program kalt winps, som gjør at man kan kjøre opp disse filene i et «frakoblet» AIM miljø.



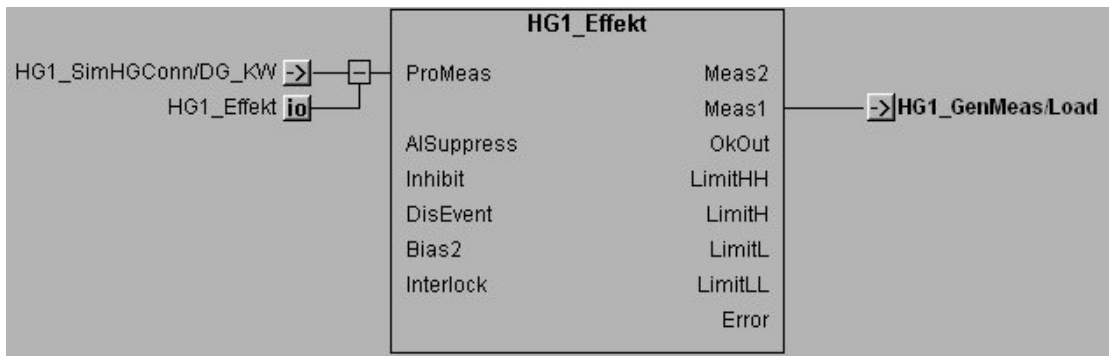
Figur 4 Bilde fra OCT

4.3 AIM (kontrollsystem)

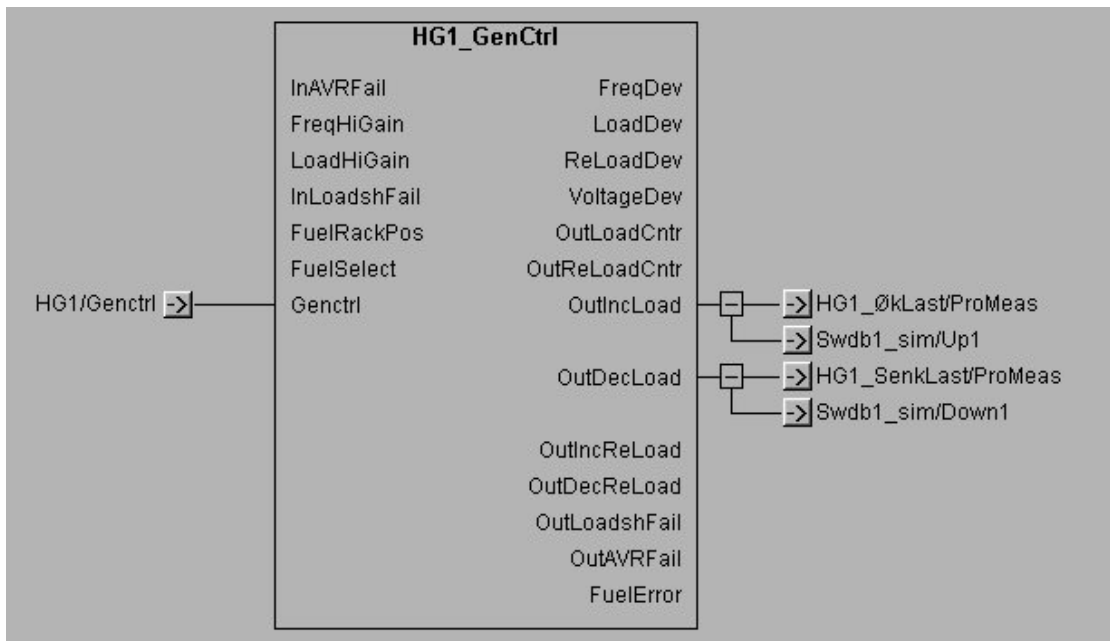
I dette kapittelet forklares hvordan designet gitt i [2] er implementert i kontrollsystemet satt opp i AIM. I vår oppgave vil ikke programvaren kjøres på maskinvare tilkoblet det totale energisystemet. Noen av løsningene vi har valgt er derfor gjort for å kunne simulere/kjøre systemet, men ville ikke blitt gjort ved en «ekte» leveranse. Disse tilfellene vil bli nevnt forløpende i dette kapittelet.

4.3.1 Funksjonsmoduler

Som nevnt i designdokument [2], inneholder AIM et stort bibliotek av forhåndsprogrammerte funksjonsmoduler som er satt opp til å gjøre en avgrenset oppgave. Ved å kombinere flere typer funksjonsmoduler og konfigurere disse, kan svært mange styresystemer realiseres. I Figur 5 og Figur 6 vises to av funksjonsmodulene vi har benyttet i oppgaven. Alle funksjonsmoduler kan visualiseres som disse, med innganger på venstre side og utganger på høyre side. Hver inngang/utgang som er i bruk, er koblet sammen med andre funksjonsmoduler (piler) eller koblet direkte mot IO-maskinvare (IO).



Figur 5 Funksjonsmodul *meas_av*



Figur 6 Funksjonsmodul *genctrl*

Tabell 3 viser alle funksjonsmoduler som er benyttet for å løse oppgaven, med en kort tilhørende beskrivelse.

Tabell 3 Funksjonsmoduler benyttet i løsningen av oppgaven

MODUL	KORT BESKRIVELSE
anacalc	Modul for å gjøre kalkulasjoner på analoge signaler (+ - * / etc.)
cb	Modul for kommunikasjon med, og styring av effektbrytere.
cons_load10	Modul for lastbegrensing og reduksjon for utvalgte forbrukere.
ddg_a	Modul for kommunikasjon med, og styring av (diesel)generatorer. I denne oppgaven mot vann- og vindgeneratorer.
genctrl	Modul for regulering av generatorpådrag mhp. last og frekvens.
genmeas	Modul for samling av målinger fra én generator.
loadshed	Modul som måler last og frekvens på <i>swbd</i> -moduler, og kobler ut forbrukere ved eventuell overbelastning. Utkoblingen baserer seg på brukerdefinerte parametre i modulen.
logic	Modul for logisk behandling av digitale signaler (OG, ELLER etc.).
manin_a	Modul for å manuelt sette analoge verdier.
manin_d	Modul for å manuelt sette digitale verdier.
meas_av	Modul for behandling av analoge signaler (Skalering, filtrering etc.)
meas_dh	Modul for behandling av digitale signaler (Skalering, filtrering etc.)
pidcon	Modul for PID-regulator.
plclg	Også kalt <i>fleximodul</i> . Dette er en programmerbar logisk styring som skiller seg fra de andre AIM-modulene ved at brukeren selv kan endre det logiske innholdet samt inn og utganger på modulen. Dette er en fullt konfigurert modul, som kun begrenses av brukerens evne til å programmere ved hjelp av logiske porter. Denne modulen brukes der det ikke finnes en forhåndsconfigurert modul som kan gjøre jobben.
sbmotor1	Modul for kommunikasjon mot motorstartere.
speedctr	Modul for kommunikasjon mot frekvensomformer.
swbd	Modul for kommunikasjon og styring av "switchboards" (tavler).
swbdco_a	Modul for kommunikasjon mellom <i>swbd</i> -moduler.
swbdsim	Modul for simulering av belastning på <i>swbd</i> . (Simulerer generatorrespons).
tabfunc	Tabellfunksjon for ulinearisering av analoge verdier. (En inngangsverdi konverteres ved hjelp av en tabell på inntil 20 elementer og resultatet presenteres på utgangen.)
valved	Modul for styring av digitale ventiler, (AV/PÅ) og tilbakemelding fra disse.
watch	Klokkemodul som kan presentere tid, dato etc. på utgangene.

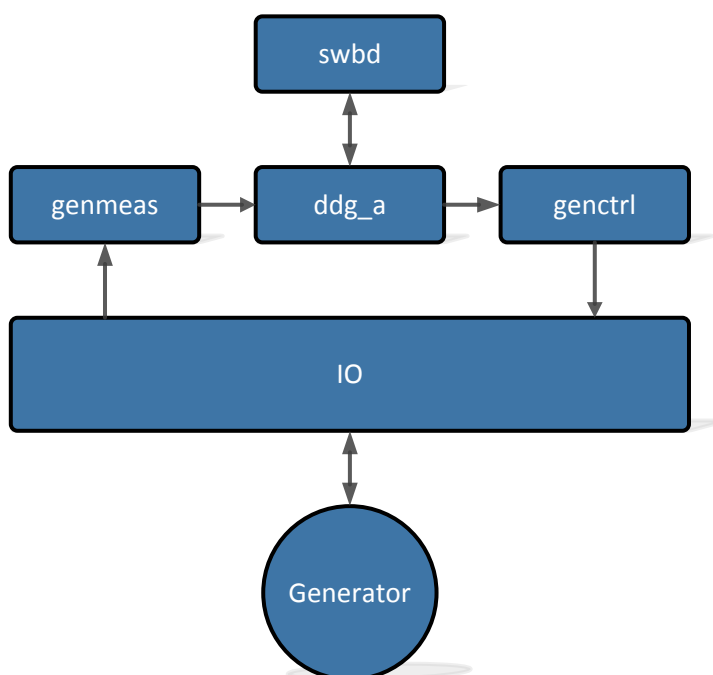
Alle tilkoblede IO må kobles videre til en funksjonsmodul for å kunne bli gjort tilgjengelig i brukergrensesnittet. For en temperaturmåling vil det opprettes en *meas_av* modul som vi tildeler en unik «tag» i systemet. Denne «tagen» kobles til brukergrensesnittet, og på denne måten kan man visualisere en analog måling. Det samme prinsippet gjelder for alle andre signaler i systemet, men de er koblet til forskjellige funksjonsmoduler avhengig av hvilken funksjon signalet har.

Større styresystemer konstrueres ved å koble flere slike avanserte funksjonsmoduler sammen, i kombinasjon med IO. Dette blir forklart grundigere i neste kapittel.

4.3.2 Generell informasjon om PMS-funksjonalitet

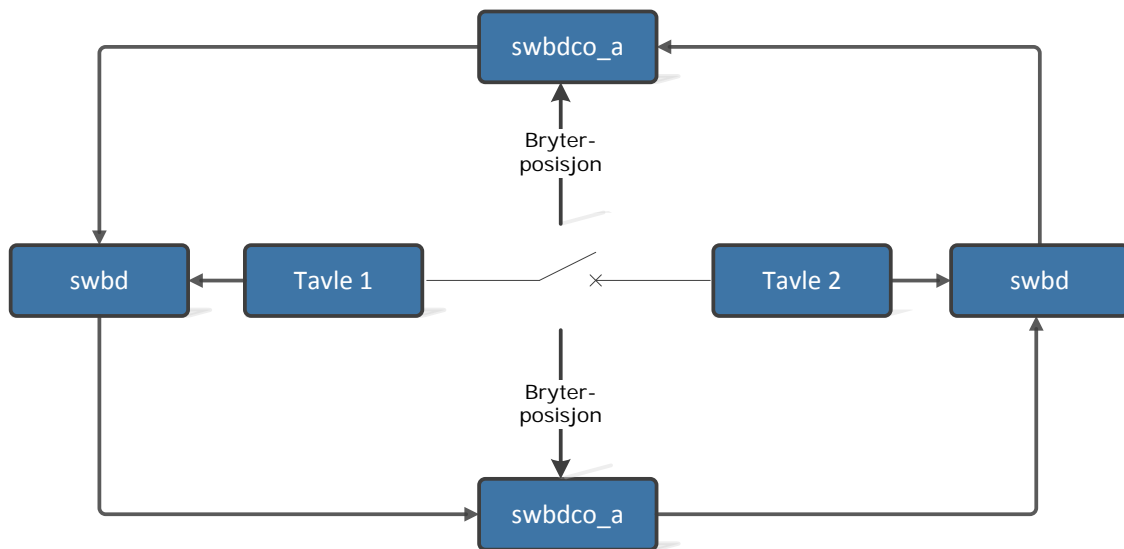
I Kongsberg Maritime er konfigurasjon av standard funksjonsmoduler i AIM en godt gjennomprøvd metode for realisering av PMS-systemer for maritime anlegg. Systemet (PMS) bygger på en fast filosofi som er implementert i de ulike funksjonsmodulene.

En meget sentral funksjonsmodul i dette systemet er *swbd* (switchboard). Denne modulen sitter på mange måter på toppen av hierarkiet og fungerer som et kommunikasjonsknutepunkt for de andre modulene. Funksjoner som lastfordeling mellom generatorene, kalkulasjon av settpunkter, forebygging- og oppstart etter blackout, samt forbrukerkontroll beregnes og styres herfra. Swbd-modulen kommuniserer blant annet med alle *ddg_a*-modulene som innehar selve kontrollfunksjonene for hver generator i systemet. Det settes altså opp en *ddg_a*-modul per generator som skal reguleres. Når *ddg_a*-modulen skal kommunisere med selve generatoren ute i felt, gjør den dette gjennom to andre moduler. *genmeas* prosesserer alle målinger fra generatoren, mens *genctrl* innehar reguleringsløyfer for frekvens og last og gir pådrag til generatoren ut i fra disse beregningene og settpunktet den mottar fra *swbd*. En skisse over kommunikasjonen mellom disse modulene er gitt i Figur 7.



Figur 7 Prinsippkisse for styring/regulering av generator

Swbd-modulene kommuniserer også med hverandre basert på om, og eventuelt hvordan de er sammenkoblet. Denne kommunikasjonen er det *swbdco_a*-modulene som tar seg av på bakgrunn av statusen til bryterne (*cb*), som fysisk kobler tavlene sammen. Når swbd-modulene er sammenkoblet opptrer de som ett switchboard. Figur 8 illustrerer dette.



Figur 8 Switchboard-kommunikasjon

4.3.2.1 Simulering

AIM har også en forhåndsconfigurert simulatormodul for simulering av generatorrespons, *swbdsim*. Det er én slik modul per *swbd* som simulerer den fysiske lasten og frekvensresponsen til hver enkelt generator ved pådragsendringer. All simuleringfunksjonalitet utover dette er løst ved bruk av *plclg*-moduler. Simulering av forbruk i Vindby og produksjon ved vindturbinparken skjer på bakgrunn av innhentet forbruks og produksjonsmønster. Utvalgte verdier for et «gjennomsnittsdøgn» er satt opp i en tabell (*tabfunc*), og en klokke (*watch*) varierer disse hvert minutt. I tillegg trekkes det fra og legges til en brøkverdi hvert sekund, for å simulere små variasjoner innenfor hvert minutt.

I de påfølgende kapitlene beskrives vesentlige funksjonsmoduler som er benyttet i de ulike delene i energisystemet.

4.3.3 Mehuken vindturbinpark

4.3.3.1 Switchboard

I AIM er det satt opp 4 *swbd*-moduler for styring av hovedtavlen ved Mehuken driftssentral. Maskinvaremessig (se [4]) er hovedtavlen tenkt realisert som en enhet, men i AIM er hver *swbd*-modul begrenset til tilknytning til maksimalt 4 generatorer. For Mehuken som har 13 turbiner/generatorer, har vi derfor satt opp 4 *swbd*-moduler. Disse modulene er derimot knyttet sammen med brytere som alltid er lukket, slik at det også programvaremessig alltid vil fungere som en enhet.

4.3.3.2 Vindgeneratorer

Ideelt sett skulle vindturbinene bli modellert som *ddg_a* moduler koblet til en *swbd*-modul som passive energibidrag. Det vil si at vindturbinen til en hver tid tilfører systemet den effekt som den kan nyttiggjøre seg fra vinden. Problemet som oppstår ved å modellere vindturbinene på denne måten er

at *swbdsim*-modulen ikke klarer å kalkulere med bidragene fra vindturbinene, og det oppstår avvik og andre problemer i simuleringen.

Vi ble derfor nødt til å velge en alternativ metode for modellering av vindturbinene. Dette innebar å sette *ddg_a*-modulene i såkalt "track mode", og med en *genctrl*-modul for hver generator. Når *ddg_a*-modulen er satt i "track mode" vil den følge et eksternt "track settpunkt" å være en del av lastfordelingen til *swbd*-modulene. "Track settpunktet" har vi brukt til å modellere effektproduksjonen for hver vindturbin.

Dersom anlegget skulle blitt realisert ville det vært tilstrekkelig å koble *ddg_a* modulene direkte til *swbd*-modulen og la generatorene tilføre effekt til systemet.

4.3.4 Pumpekraftverk

4.3.4.1 Switchboard

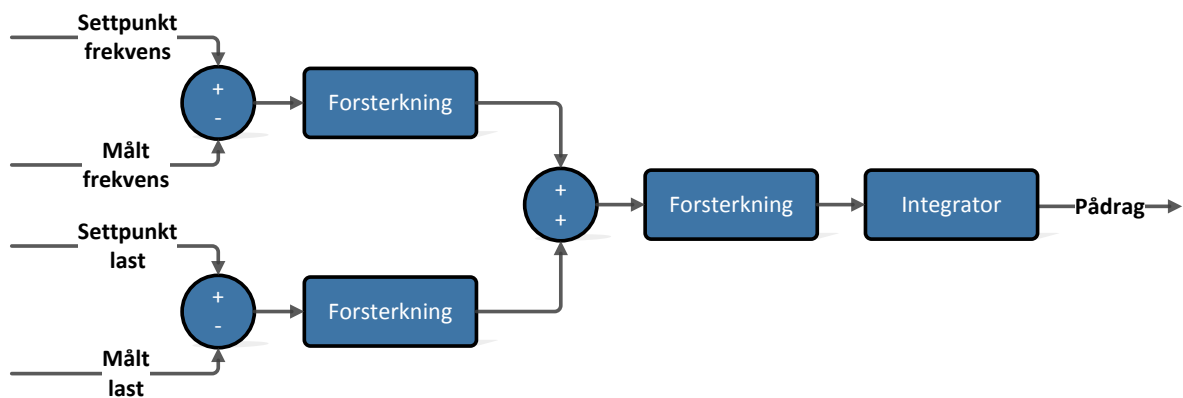
Swbd-modulen i pumpekraftverket er en sentral enhet i systemet. Begge reguleringsorganene (vanngeneratorene og pumpene) i systemet er tilkoblet denne. Av denne grunn må derfor BUS1 være tilkoblet BUS3 for at systemet skal fungere. Vindparken (BUS2) kan altså ikke alene forsyne byen med energi uten å ha BUS1 tilkoblet. Det er derfor implementert forriglinger i systemet som sørger for at disse forutsetningene er oppfylt.

4.3.4.2 Vanngeneratorer

Vanngeneratorene er koblet og satt opp på tilsvarende måte som dieselgeneratorene i et konvensjonelt PMS-anlegg som illustrert i Figur 7. Hver vanngenerator er koblet mot en *ddg_a*-modul som kommuniserer med *swbd*-modulen i pumpekraftverket. Selve pådragsreguleringen av generatorene blir gjort av modulen *genctrl* (generatorcontroller), mens målinger tilbake gjøres av *genmeas*. I et konvensjonelt anlegg med dieselgeneratorer vil pådragsorganet være dysene som sprøyter diesel inn i forbrenningsmotoren. I PCS er pådragsorganet en reguleringsventil som bestemmer vannmengde og treffpunkt inn på selve turbinhjulet til turbinen. Dette er analogt med den konvensjonelle måten å styre pådraget på, og vi benytter derfor standard moduler til dette.

genctrl-modulen sørger for last og frekvensregulering når vanngeneratorene leverer energi inn på nettet og er derfor reguleringsløyfen i systemet i "underskuddssituasjoner".

Frekvens og generatorbelastning måles og sammenlignes med settpunkt fra *swbd* via *ddg_a*. De to reguleringsparameterne gis en vektning før de kombineres og behandles av det som minner om en PI-regulator, som gir pådraget til reguleringsventilen i turbinen via pulsutganger (Øke/Senke).

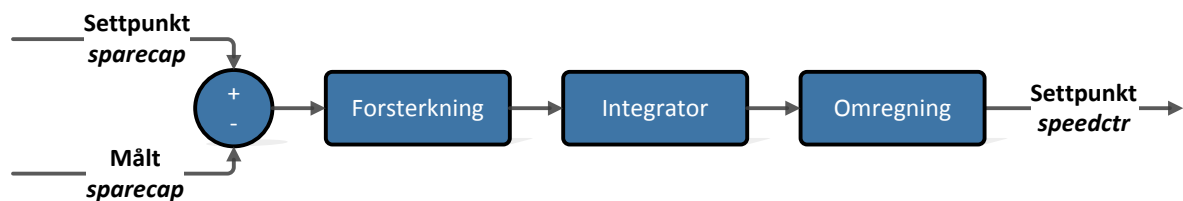


Figur 9 Prinsipiell reguleringsløyfe for generatorer

4.3.4.3 Pumper

Flere funksjonsmoduler benyttes i styringen av pumpene. Sammenkobling mellom disse er illustrert i Figur 11.

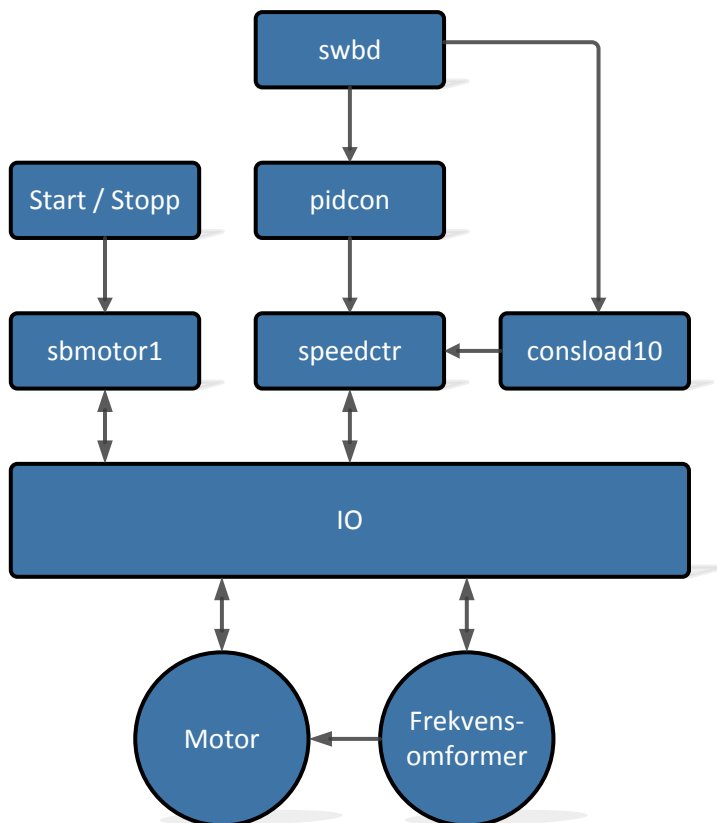
Pumpene startes, stoppes og manuell/auto – funksjonalitet settes via *sbmotor1* i brukergrensesnittet. *speedctr* er modulen som sender hastighetskommando til frekvensomformerne, basert på et settpunkt den får fra en PI-regulator (*pidcon*), illustrert i Figur 10.



Figur 10 Prinsipiell reguleringsløyfe for pumper

PI-regulatoren leser *spare capacity* på *swbd*-modulene som feedback og vil forsøke å regulere utgangen slik at *spare capacity* blir lik settpunktet, som er satt til 0 kW, slik at all "tilgjengelig" effekt fra vindparken til enhver tid brukes til å pumpe med. Denne reguleringsløyfen sørger for last og frekvensregulering ved å belaste nettet når det er "overskudd" av vindenergi er da reguleringsløyfen i systemet i "overskuddssituasjoner".

I tillegg til å motta hastighetssettpunkt fra *pidcon*, mottar også *speedcon* en effektbegrensning fra modulen *cons_load*. Denne effektbegrensningen regnes ut av *cons_load*-modulen basert på data fra *swbd*-modulen og overstyrer pådraget til pumpene ved eventuelle frekvens eller effektavvik på switchboardene. På denne måten unngås overbelastning og eventuelle "blackout".



Figur 11 Prinsippkisse for pumpestyring

4.3.5 Vindby

4.3.5.1 Forbrukskontroll

Vindby er inndelt i 6 forbrukssoner som overvåkes og styres individuelt via PCS. Spenning, strøm, frekvens og vikingstemperaturer måles i de forskjellige trafostasjonene rundt i byen, og denne informasjonen brukes i lastberegninger og visninger i systemet. PCS kontrollerer også effektbryterne for hver forbrukszone individuelt, og kan ved overbelastning på nettet automatisk koble fra hver enkelt sone etter et bestemt prioritert mønster eller ved manuell operasjon av bryterne via brukergrensesnittet.

Den automatiske "utkastingen" av forbrukere er et tiltak som kun trer i kraft i unntakstilstander, hvor dette er eneste løsning for ikke å miste total kontroll over kraftbalanseringen. Det er modulen *loadshed* som kontrollerer denne funksjonaliteten, og vil kaste forbrukere iht. Tabell 4.

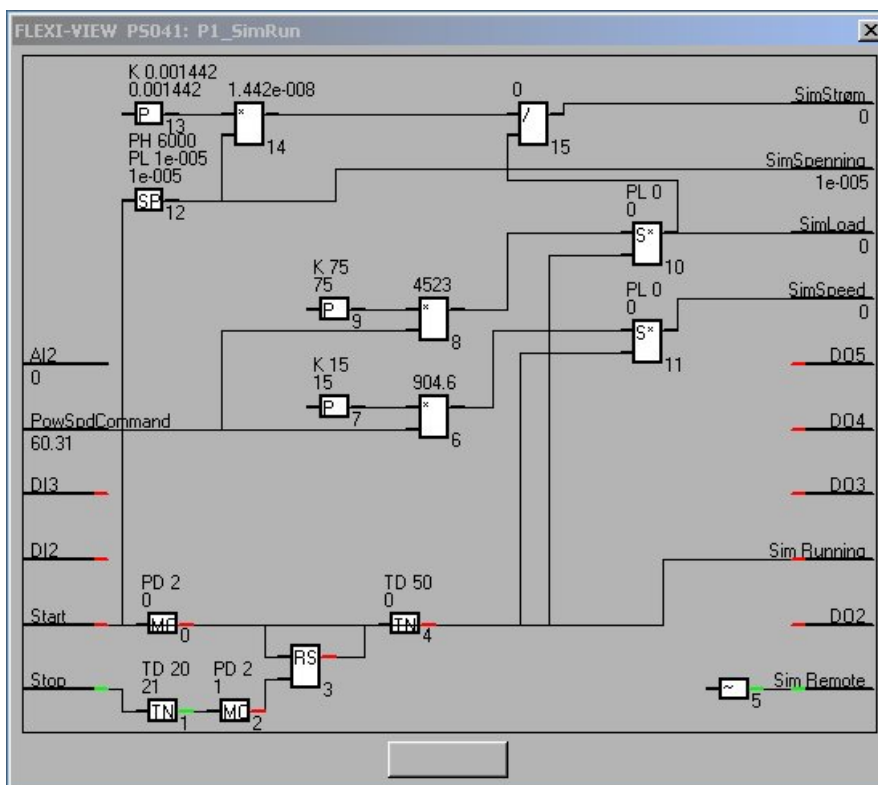
Tabell 4 Automatisk utkobling av forbruk

BRYTER	GENERATOR LASTGRENSE	FREKVENSGRENSE	FORSINKELSE
Forbrukssone 1 EB101	98 %	48Hz	30 Sekunder
Forbrukssone 2 EB102	98 %	48Hz	25 Sekunder
Forbrukssone 3 EB103	98 %	48Hz	20 Sekunder
Forbrukssone 4 EB104	98 %	48Hz	15 Sekunder
Forbrukssone 5 EB105	98 %	48Hz	10 Sekunder
Forbrukssone 6 EB106	98 %	48Hz	5 Sekunder

4.3.6 Fleximoduler (*plc*)

Fleximodulene skiller seg fra de andre AIM-modulene ved at brukeren kan endre det logiske innholdet samt antall og type inn og utganger på modulen. Vi har benyttet fleximoduler der vi ikke har funnet standardmoduler som kan utføre den ønskede oppgaven. Dette omfatter blant annet utregning av settpunkter, behandling av effektvisninger og særlig til simulering av fysiske enheter i simulatormodus.

Figur 12 viser innholdet i en slik modul som i dette tilfellet simulerer en av pumpenes fysiske respons på start og stopp, samt pådragskommando.



Figur 12 Konfigurasjon av fleximodul for pumpesimulering

Start/Stopp-kommando mottas fra *sbmotor1* og det legges til en tidsforsinkelse før det sendes en tilbakemelding om pumpen har startet eller stoppet. Hastighetskommandoen fra *speedctr* brukes for å simulere respons fra pumpen som strømtrekk, spenning, turtall og resulterende belastning på nettet. De simulerte verdiene sendes tilbake på *meas_av* modulene for de respektive målingene som vil oppfatte dette som reelle målinger så lenge systemet står i simuleringmodus.

4.4 GMS (skjermbilder)

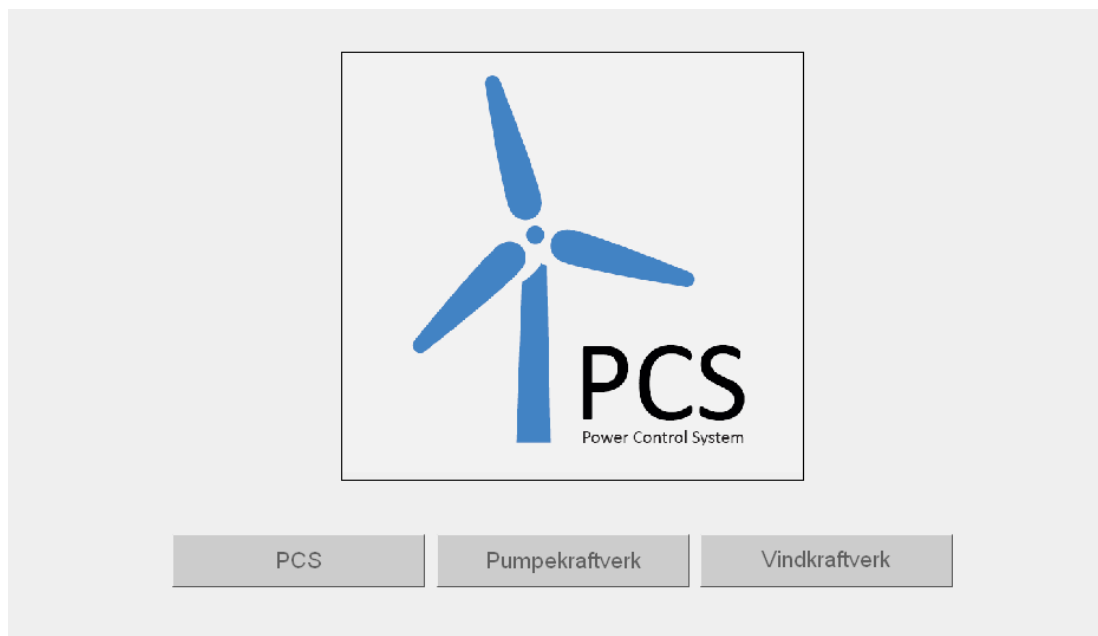
Prosjektgruppa har i tillegg til selve styresystemet (logikk/regulering) utviklet et brukergrensesnitt som skal gi operatøren innblikk i og kontroll av energisystemet. Skjermbildene er laget etter føringer gitt i kravspesifikasjon [1] og designdokument [2], og tegnet i en ekstern programvare – GMS. Prosjektgruppa har også benyttet KM HMI-standard [3] som veiledning. Etter endt design av skjermbildene i GMS, vil brukergrensesnittet kjøres som en del av AIM. Elementer og verdier i bildene er knyttet opp mot funksjonsmoduler i AIM, og vil endre seg dynamisk etter tilstanden i energisystemet.

4.4.1 Designfilosofi

Brukergrensesnittet inneholder flere skjermbilder som brukeren kan navigere seg i gjennom menyer. En gjennomgående filosofi ved bildestrukturen har vært å øke detaljgraden etter hvert som man trykker seg inn i delkomponenter i systemet. Systemet er også designet slik at operasjon av komponenter og utstyr kun er mulig fra PCS-hovedbilde. Det henvises ellers til designdokumentet [2] for flere detaljer rundt design og oppbygging av de ulike bildene.

4.4.2 Oppstartsbilde

Ved oppstart av AIM vil brukeren møte brukergrensesnittets oppstartsbilde. Bildet viser enkelt systemets (prosjektets) logo, samt navigeringsknapper til de viktigste bildene – PCS (Nivå 1), pumpekraftverk (Nivå 2) og vindkraftverk (Nivå 2).



Figur 13 Oppstartsbilde

4.4.3 Felles menysystem

For å lette navigasjonen mellom de ulike skjermbildene, er det etablert et felles gjennomgående menysystem. Dette inkluderer en menyrekke (se Figur 14) i toppen for alle bildene (foruten oppstartsbildet) samt en sidemeny for bildene på nivå 2 og 3. Sidemenyene for vindkraft- og

pumpekraftverket kan sees på figurene i de neste fire kapitlene. Hvordan bruker navigerer seg til de ulike skjermbildene er vist med skrift i *kursiv* i de respektive kapitlene.



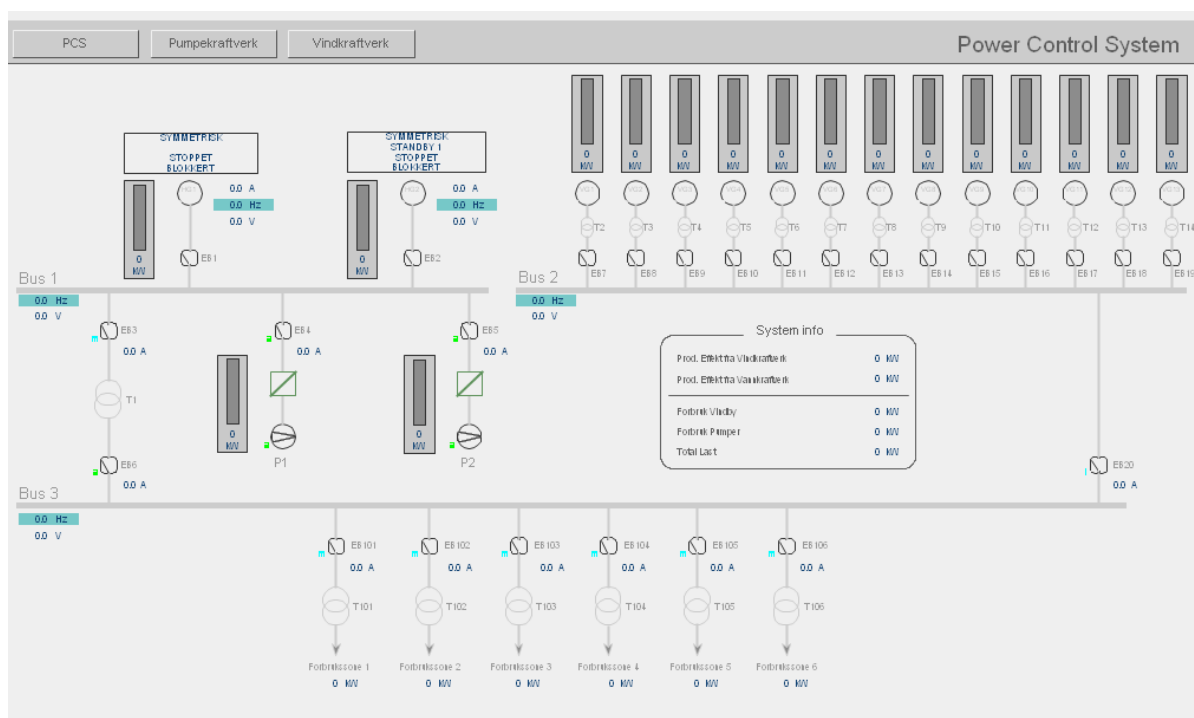
Figur 14 Felles toppmeny

4.4.4 PCS – Hovedbilde – Nivå 1

Navigasjon til hovedbilde: «PCS» i toppmeny.

PCS-bildet (Figur 15) gir en helhetlig oversikt over alle enhetene i systemet, men med begrenset detaljinformasjon. Dette for at bildet ikke skal oppfattes som rotete og uoversiktlig. Bildet består av tre hovedkomponenter; vindparken Mehuken øverst til høyre, pumpekraftverket øverst til venstre, og forbrukeren Vindby nederst. Hovedbildet er tegnet med basis i systemet en-linje skjema [4], og i de elektriske strømveiene i energisystemet med generatorer, transformatorer og effektbrytere.

Ved å klikke på symbolene for generatorer, pumper, brytere, transformatorer og buslinjer, vises en operatørmeny hvor bruker kan operere de ulike komponentene. Symbolene til disse er også dynamiske – altså de skifter form og farge etter tilstanden til komponentene de representerer.



Figur 15 PCS – Hovedbilde – Nivå 1

Bus1 viser pumpekraftverket med vanngeneratorene tilkoblet på oversiden og pumpene på undersiden. Hver generator/pumpe er koblet over en effektbryter som operatør kan operere via skjermbildet. I tillegg har hver generator/pumpe et grunnleggende sett med målinger som vises i bildet. Effekt vises som en analog viser/bar, mens frekvens, spenning og strøm vises i digitale felter. Bildet viser også transformatoren som kobler pumpekraftverket mot Bus3 og Vindby.

Bus2 viser vindkraftverket Mehuken med 13 vindturbiner koblet til på oversiden. Hver vindgenerator er koblet til bus2 gjennom en transformator og en effektbryter. Bruker kan operere generatorene og effektbryterne gjennom operatørmenyene ved å klikke på disse. Mehuken er koblet videre mot Bus3 og Vindby gjennom en effektbryter.

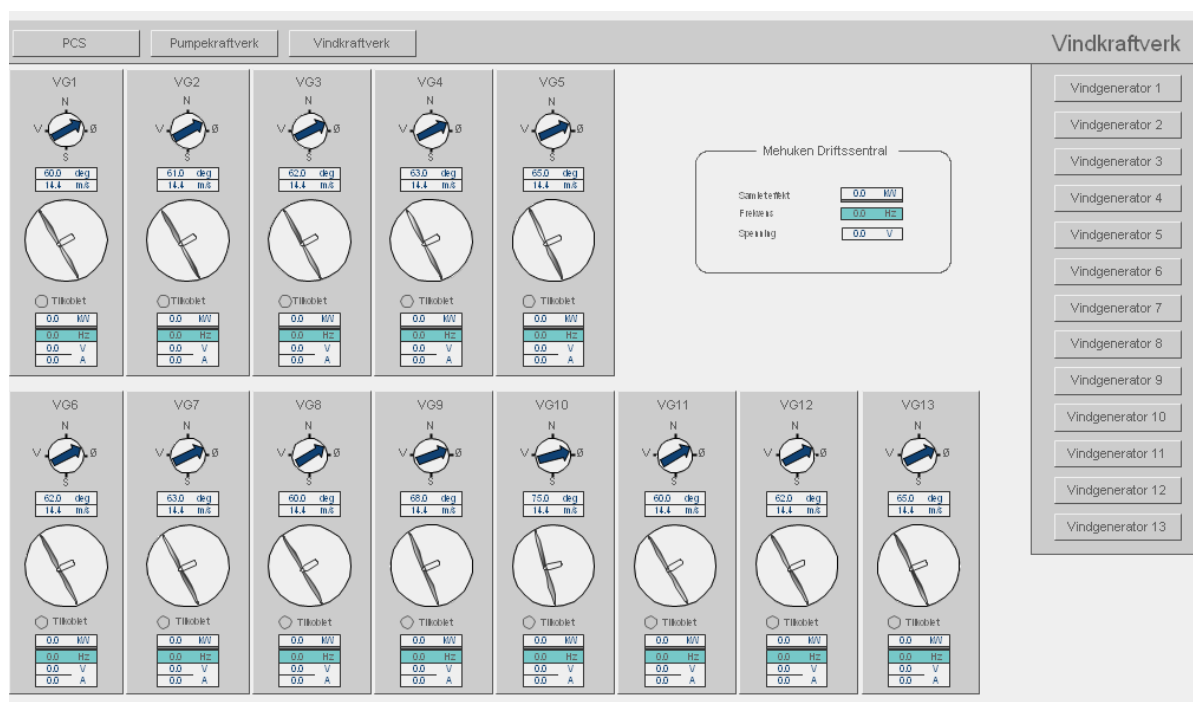
Vindby vises som seks avganger fra **Bus3** til seks effektbrytere og forsyningstransformatorer, som går ut til hver forbrukssone i Vindby. Effektforbruk, frekvens, spenning og strøm vises med digitale verdier. Ved å trykke på transformatorene T101-T106 vil det komme til syne et pop-up vindu som viser temperaturen i vinklingene til transformatorene.

4.4.5 Vindkraftverk – Nivå 2

Navigasjon til oversiktsbildet for vindkraftverk: «Vindkraftverk» i toppmeny

Som nevnt tidligere er toppmenyen i brukergrensesnittet felles for alle bildene. Denne er også på plass for oversiktsbilde over vindkraftverket Mehuken (Nivå 2). I tillegg gir en sidemeny til høyre i bildet direkte tilgang til detaljbilder for alle 13 vindturbiner (Nivå 3).

I oversiktsbildet for vindkraftverket (Figur 16), er alle de 13 vindturbinene representert med en egen ramme med informasjon. Bildet er tenkt sett ovenfra, slik at retning for vind og vindturbin er vist ved at symbolene for disse dreier seg dynamisk. Vindretning og vindhastighet er i tillegg vist som analoge målinger. I tillegg vises det for hver vindturbin målinger for aktiv effekt, frekvens, spenning og strøm. Oppe til høyre vises informasjon for Mehuken driftssentral med målinger for samlet effekt fra alle vindturbiner, samt frekvens og spenning på BUS2.

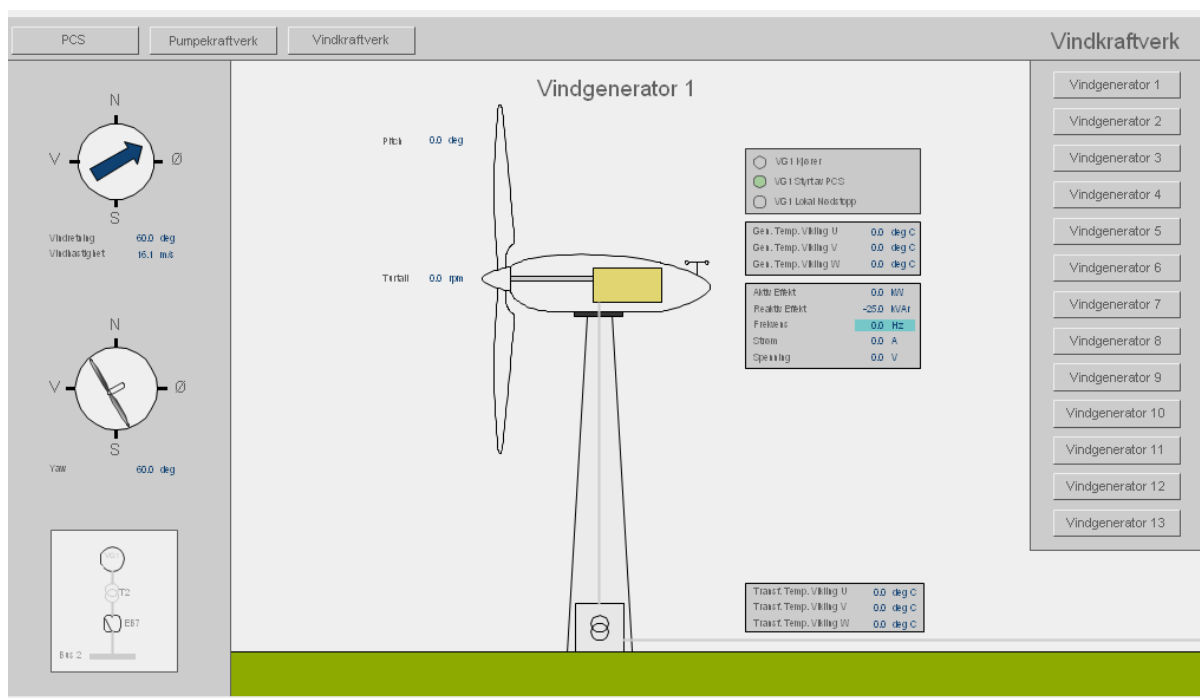


Figur 16 Oversiktsbilde vindkraftverk – Nivå 2

4.4.6 Vindkraftverk – Nivå 3

Navigasjon til detaljbilder for vindgeneratorer: «Vindgenerator1», «Vindgenerator 2» osv. i sidemeny.

Ved å benytte sidemenyen i oversiktsbilde for vindkraftverket, kan bruker navigere seg til et detaljbilde for hver enkel turbin (Figur 17). Dette bildet viser et snitt av en vindturbin sett fra siden med flere målinger som er plassert der de fysisk blir målt. Dette inkluderer temperaturmålinger i generator og transformator, rotorturtall, pitch-verdi samt elektriske parametere. En egen ramme viser informasjon om turbinens driftsstatus (signallamper). Til venstre i bildet vises en marg med tilsvarende informasjon om retning for vind og vindturbin (yaw-verdi) som i oversiktsbilde for Mehuken (nivå 2). I tillegg er det her et utsnitt av den respektive vindgeneratoren fra hovedbildet, som viser den elektriske strømveien fra bus til generator via transformator og effektbryter.



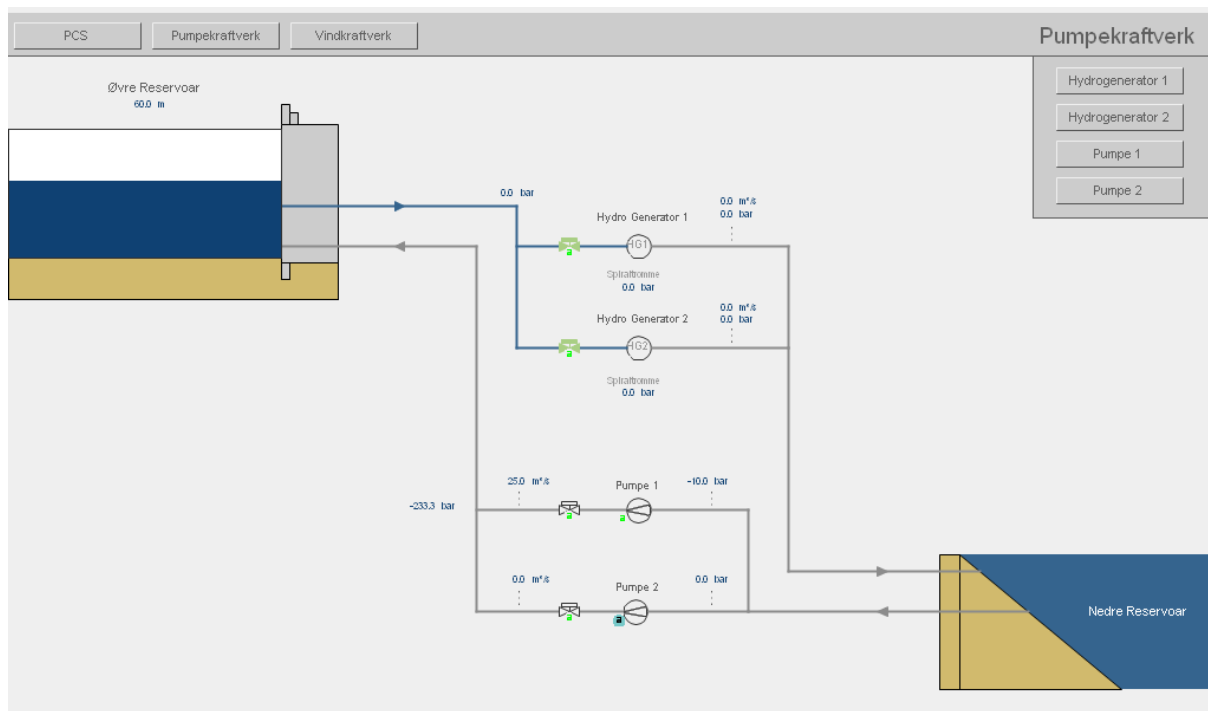
Figur 17 Detaljbilde vindkraftverk – Nivå 3

4.4.7 Pumpekraftverk – Nivå 2

Navigasjon til oversiktsbildet for pumpekraftverk: «Pumpekraftverk» i toppmeny

På samme måte som for vindkraftverket er topp- og sidemeny tilsvarende for pumpekraftverket. I sidemenyen kan bruker navigere seg til detaljbilder for de fire elektriske maskinene i pumpekraftverket (to hydrogeneratorer og to pumper). Skjermbildet er tegnet med basis i prosjektets turbin-/pumpekretstegning[6].

Oversiktsbilde over pumpekraftverket (Figur 18) viser to vannmagasiner, et øvre og et nedre, samt selve pumpekraftverket med to hydrogeneratorer og to pumper. Vanngeneratorene er forbundet til øvre- og nedre vannmagasin gjennom én rørgate. Tilsvarende gjelder for pumpene gjennom en egen rørgate. Rørgatene, som er illustrert med rette linjer, er dynamiske slik at de endrer farge om de er vannførende eller ikke. Flere trykk- og strømningsmålinger er plassert på bildet der de blir målt. I det øvre vannmagasinet vises vannstanden i prosent.



Figur 18 Oversiktsbilde pumpekraftverk – Nivå 2

4.4.8 Pumpekraftverk – Nivå 3

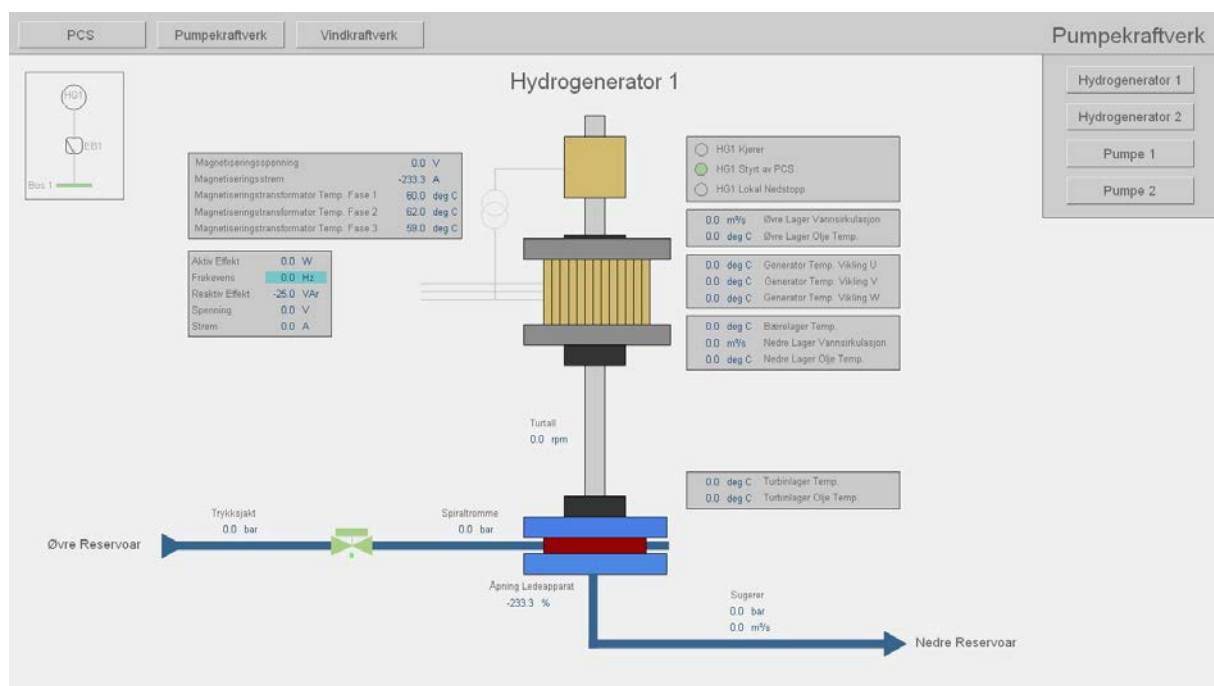
Navigasjon til detaljbilder for vanngeneratorene: «Hydrogenerator 1» og «Hydrogenerator 2» i sidemeny.

Navigasjon til detaljbilder for pumpe: «Pumpe 1» og «Pumpe 2» i sidemeny.

Nivå 3 for pumpekraftverket inneholder fire detaljerte skjermbilder – to bilder for hydrogeneratorene HG1 og HG2, og to bilder for pumpene P1 og P2. Felles for alle fire bilder er de dynamiske vannveiene som endrer farge ettersom det er vannstrømning i rørgatene. Denne dynamikken korresponderer til oversiktsbilde for pumpekraftverket (kapittel 4.4.7). Videre viser alle de fire detaljbildene et utsnitt fra PCS-bildet i øvre venstre hjørne, med den elektriske strømveien fra maskin til bus, gjennom effektbryter (og frekvensomformer for pumpene).

4.4.8.1 Pumpekraftverk – Nivå 3 - Hydrogenerator

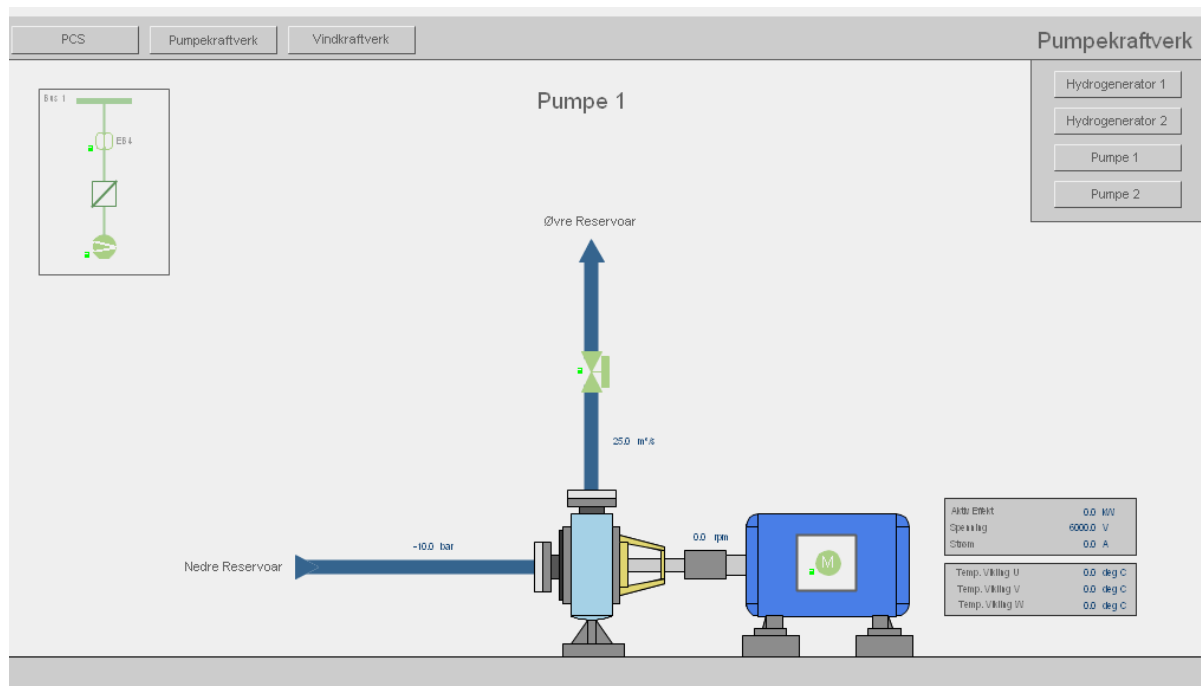
Detaljbildet for vanngeneratorene (Figur 19) viser et snitt av generator, turbin og trykksjakt fra siden. I bunnen av bildet vises francisturbinen med den tilhørende vannveien. Her vises trykk- og strømningsmålingene, i tillegg til åpningsgraden til ledeapparatet inn på turbinen. Langs maskinakslingen som forbinder turbin, generator og magnetiseringsmaskin er det satt opp turtallsmåling, samt målinger av temperatur og kjølevann av bærelager og flere styrelagre. Ved generatoren vises viklingstemperaturer, samt elektriske målinger som frekvens, spenning og effekt. En egen ramme viser informasjon om vanngeneratorens driftsstatus (signallamper). På toppen av bildet ses magnetiseringsmaskinen med tilhørende transformator og målinger.



Figur 19 Detaljbilde vanngeneratorene – Nivå 3

4.4.8.2 Pumpekraftverk – Nivå 3 - Pumper

Detaljbildet for pumpene (Figur 20) viser vannvei med ventil, samt pumpehus og pumpemotor. Målinger er som på de andre bildene plassert der de blir målt. Ved pumpemotoren vises elektriske parametere som aktiv effekt, spenning og strøm, samt viklingstemperaturer. Maskinens turtall vises ved motorakslingen.



Figur 20 Detaljbilde pumper – Nivå 3

5 REFERANSER

Tabell 5 Referanser

REFERANSE	DOKUMENTTITTEL	REVISJON
[1]	Kravspesifikasjon	3.0
[2]	Designdokument	2.0
[3]	PRO-2401, Instruction Manual, HMI Guideline (Interndokument KM)	3
[4]	En-Linje Skjema	1.0
[5]	Systemtopologi	1.0
[6]	Turbin-/Pumpekrets	1.0
[7]	PCS - IO-liste (Vedlagt på DVD)	1.4
[8]	Maskinvareoversikt (Vedlagt på DVD)	1.0
[9]	IO-Termineringsliste (Vedlagt på DVD)	1.0



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



TESTRAPPORT

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAKSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen i Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	1.0		
ANTALL SIDER	14		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	29.05.2012	Første utgivelse

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	4
1.1	Dokumenthistorie	4
1.2	Definisjoner og forkortelser	5
2	INNLEDNING.....	6
2.1	Verifikasjon ved hjelp av inspeksjon	6
2.2	Verifikasjon ved hjelp av funksjonstest	6
2.3	Validering	6
2.4	Oppsummering og konklusjon.....	7
2.4.1	Oppsummering	7
2.4.2	Konklusjon.....	7
3	UTSTYR UNDER TESTEN	8
4	TESTOPPSETT.....	9
5	RESULTATER	10
5.1	Resultat fra verifikasjon ved visuell inspeksjon	10
5.2	Resultat fra verifikasjon ved funksjonelle tester	11
5.3	Resultat fra validering.....	12
6	STATUS FOR SYSTEMET – OPPSUMMERING	13
6.1	Kommentarer.....	13
7	OPPSUMMERING AV TESTLØPET.....	14
8	REFERANSER.....	14

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie	4
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	5
Tabell 3	Utstyr	8
Tabell 4	Rammekrav	10
Tabell 5	Funksjonelle krav	10
Tabell 6	Maskinvarekrav	10
Tabell 7	Rammekrav	11
Tabell 8	Funksjonelle krav	11
Tabell 9	Status	13
Tabell 10	Referanser	14

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
0.1	27.05.2012	<ul style="list-style-type: none">Første test – utvikling–ikke passert fullstendig test. 14 av 15 krav godkjent ved inspeksjon 5 av 21 krav godkjent ved funksjonstest	CS
0.2	27.05.2012	<ul style="list-style-type: none">Andre test – utvikling–ikke passert fullstendig test. 15 av 15 rammekrav godkjent 17 av 21 funksjonelle krav godkjent	CS
0.3	27.05.2012	<ul style="list-style-type: none">Tredje test – utvikling – passert fullstendig test 36 av 36 krav godkjent	CS
0.4	28.05.2012	<ul style="list-style-type: none">Kvalifiseringstest – passert fullstendig test 36 av 36 krav godkjent Lagt til kapittel 7 – Oppsummering av testløpet	CS
1.0	29.05.2012	Første utgivelse	CS

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere ord og uttrykk som står beskrevet i Tabell 2:

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonssoftwareplattform.
BKK	Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap
Enkeltest	Bestemt enkel del av testspesifikasjon som tar for seg testing av ett enkelt krav.
KM	Kongsberg Maritime.
Kvalifisering	En siste test etter alle krav er påvist møtt gjennom utviklingstester.
Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime har gitt oppgaven og er oppdragsgiver/kunde.
Prosjektgruppa	Studentene som gjennomfører prosjektet.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vannturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
Simuleringsmodus	Funksjonalitet som modulene i AIM innehar – dette gjør at blokkene kan motta simulerte verdier for alle parametre de er designet for å behandle.
Standardkonfigurasjon	Utstyr som er standard for å simulere i AIM, det inneholder en datamaskin med Vmware Player, som har kapasitet til å kjøre AIM.
Utviklingstest	En test som kjøres for å prøve ut om systemet er i stand til å møte alle krav. Det er rom for å kjøre et flertall av utviklingstester.
Vindby	Fiktiv by som har et reelt energi forbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.
Vindturbinpark	Vindparken Mehuken I og II. Vindparken består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.

2 INNLEDNING

Dette dokumentet presenterer resultater fra fjerde gjennomføring av testing ved verifisering og validering av rammekrav, funksjonelle krav, maskin – og programvarekrav. Verifisering og validering er gjennomført ved hjelp av inspeksjon og funksjonstesting, i mai 2012. Ved Kongsberg Maritime sine lokaler i Kongsberg næringspark.

Fjerde gjennomføring av testing ved verifikasjon og validering, er kvalifiseringstest. Etter denne testen er produktet kvalifisert for tiltenkt bruk av oppdragsgiver. Dette dokumentet er første utgivelse av testrapporten.

2.1 Verifikasjon ved hjelp av inspeksjon

Det presenteres 15 krav som skal verifiseres ved hjelp av inspeksjon. Disse omfatter 5 rammekrav, 5 funksjonelle krav og 5 maskin-/programvarekrav.

2.2 Verifikasjon ved hjelp av funksjonstest

Det presenteres 21 krav som skal verifiseres ved hjelp av funksjonstest. Disse omfatter 4 rammekrav, og 17 funksjonelle krav.

Vi anser refererte dokumenter som kjent.

2.3 Validering

Validering tar utgangspunkt i oppgavebeskrivelse fra oppdragsgiver - KM, og designdokumentet([3]). Valideringsresultatet er presentert i kapittel 5.3.

2.4 Oppsummering og konklusjon

2.4.1 Oppsummering

Kvalifisering er utført den 25. mai 2012, Kongsberg næringspark, KM/Carpus. Testing er utført etter Testspesifikasjonen([2]).

Av kravene som skal verifiseres ved hjelp av inspeksjon, passerte 15 av 15 krav. Resultatene er spesifisert i kapittel 5.1

Av kravene som skal verifiseres ved hjelp av funksjonstest, passerte 21 av 21 krav. Resultatene er spesifisert i kapittel 5.2

Valideringen er gjennomført, og systemet har passert, valideringen er presentert i kapittel 5.3.

2.4.2 Konklusjon

Systemet passerte kvalifisering. Systemet møtte alle krav spesifisert i Kravspesifikasjonen([1]).

3 UTSTYR UNDER TESTEN

Under denne testen er det blitt brukt utstyr som tilhører KM, og prosjektgruppa. Utstyr kan være både programvare, maskinvare, måleinstrumenter, monitorer og signalkabler for kommunikasjon.

Poenget med å dokumentere kritisk utstyr er for å gjøre testene så like som mulig for hver gang. Dersom systemet ikke passerer med ett sett utstyr, skal det være mulig og feil søke ved å bytte ut komponenter, dersom feilen tilsier det, da dokumenteres også hvilket utstyr som ikke er i orden.

Utstyr er presentert i Tabell 3, dette er utstyr som må brukes for å kunne simulere, noe av utstyret er standard utstyr for å etablere automasjonssystem i AIM.

Tabell 3 Utstyr

UTSTYR	BETEGNELSE	PROGRAMVARE/MASKINVARE
PC	Laptop	Maskinvare
Virtuell maskin	VMware Workstation	Programvare
Programmeringsverktøy	AIM	Programvare
Lagringsplass	Dropbox nettsky	Programvare
Programrevisjon	1.168	Programvare

4 TESTOPPSETT

I test oppsettet ble det brukt standard konfigurasjon for å utføre simulering i AIM, blokkene sto i simuleringsmodus, og verdiene for forbruk og vindstyrke var simulerte verdier, som ble satt i programmet. Programmet i AIM ble kjørt på en bærbar PC, med WMware Player for å kjøre Windows XP operativsystem.

5 RESULTATER

5.1 Resultat fra verifikasjon ved visuell inspeksjon

Tabell 4 Rammekrav

KRAV	GODKJENT/IKKE GODKJENT	KOMMENTAR	UTFØRT DATO
R1.3	Godkjent	-	25.05.2012
R2.2	Godkjent	-	25.05.2012
R3.3	Godkjent	-	25.05.2012
R3.4	Godkjent	-	25.05.2012
R3.6	Godkjent	-	25.05.2012

Tabell 5 Funksjonelle krav

KRAV	GODKJENT/IKKE GODKJENT	KOMMENTAR	UTFØRT DATO
F4.2	Godkjent	-	25.05.2012
F4.5	Godkjent	-	25.05.2012
F4.6	Godkjent	-	25.05.2012
F4.7	Godkjent	-	25.05.2012
F4.8	Godkjent	-	25.05.2012

Tabell 6 Maskinvarekrav

KRAV	GODKJENT/IKKE GODKJENT	KOMMENTAR	UTFØRT DATO
M1.1	Godkjent	-	25.05.2012
M1.2	Godkjent	-	25.05.2012
M1.3	Godkjent	-	25.05.2012
M1.4	Godkjent	-	25.05.2012
M1.6	Godkjent	-	25.05.2012

5.2 Resultat fra verifikasjon ved funksjonelle tester

Tabell 7 Rammekrav

KRAV	GODKJENT/IKKE GODKJENT	KOMMENTAR	UTFØRT DATO
R1.1	Godkjent	-	25.05.2012
R1.2	Godkjent	-	25.05.2012
R2.1	Godkjent	-	25.05.2012
R3.2	Godkjent	-	25.05.2012

Tabell 8 Funksjonelle krav

KRAV	GODKJENT/IKKE GODKJENT	KOMMENTAR	UTFØRT DATO
F1.1	Godkjent	-	25.05.2012
F1.2	Godkjent	-	25.05.2012
F2.1	Godkjent	-	25.05.2012
F2.2	Godkjent	-	25.05.2012
F2.3	Godkjent	-	25.05.2012
F2.4	Godkjent	-	25.05.2012
F2.5	Godkjent	-	25.05.2012
F2.6	Godkjent	--	25.05.2012
F3.1	Godkjent	-	25.05.2012
F3.2	Godkjent	Utdypet i 6.1	25.05.2012
F3.3	Godkjent	-	25.05.2012
F4.1	Godkjent	-	25.05.2012
F4.3	Godkjent	-	25.05.2012
F4.4	Godkjent	-	25.05.2012
F4.9	Godkjent	-	25.05.2012
F4.10	Godkjent	-	25.05.2012
F4.11	Godkjent	-	25.05.2012

5.3 Resultat fra validering

Resultatet er sammenlignet med prosjektgruppa sin oppgavetekst, som er gitt av KM, og brukt som oppgavebeskrivelse.

1. Vindturbinparken er basert på Vardar sitt anlegg, bestående av Mehuken I og Mehuken II.
2. Pumpekraftverket er ikke basert på Nygård kraftverk, fordi Nygaard pumpekraftverk ikke innehar funksjonalitet, komponenter og infrastruktur vi trenger for å praktisere den hurtige kjøringen av et pumpekraftverk.

Etter samråd med oppdragsgiver har vi designet vårt eget pumpekraftverk, med to pumper, en frekvensomformer til hver pumpe, og en rørgate for hver vannretning. Dette er det oppdragsgiver forventer fra PCS.

3. De to anleggene drifter en liten by som heter Vindby og som har et totalt årsforbruk på 120 GWh.
4. Det er innhentet vind - og produksjonsdata for Mehuken vindpark.
5. Det er ikke innhentet produksjonsdata for BKK. Dette er en følge av at vi ikke brukte BKK sitt pumpekraftverk som basis.
6. Det er innhentet et reelt forbruksmønster som er skalert til 120 GWh.
7. Et Power Management System, med grunnstruktur basert på Kongsberg Maritimes standardmoduler, som sørger for at det til enhver tid er tilstrekkelig energi tilgjengelig i Vindby.

Dette viser at vi har utarbeidet produktet etter oppdragsgivers forventninger.

6 STATUS FOR SYSTEMET – OPPSUMMERING

Tabell 9 Status

STATUS			
Krav godkjent	36	av	36
Krav gjenstår	0	av	36

6.1 Kommentarer

Krav 3.2 vil ikke kunne verifiseres ved simulering, da frekvensen i systemet ved simulering ikke har lik oppførsel som i virkeligheten. Funksjonen er verifisert ved hjelp av inspeksjon, hvor prosjektgruppa har forvissnet seg om at systemet inneholder en modul som innehar funksjonalitet for å regulere etter frekvens, og at den er implementert slik at den regulerer etter frekvensen på systemet. Denne modulen er tidligere utprøvd og brukes til å regulere ut fra frekvens på fartøyer med dieselgeneratorer. Modulen ved navn «genctrl» er nevnt i kapittel 4.3 i Implementasjonsdokumentet([4]).

7 OPPSUMMERING AV TESTLØPET

Dette kapitlet oppsummerer hele testløpet, med tre utviklingstester og en kvalifiseringstest.

Utviklingstesting ble bevisst igangsatt før systemet var ferdig utviklet. Grunnen til at testingen ble gjort slik var behovet for å se hvordan prosjektarbeidet sto i forhold til kravspesifikasjonen. Dette gjorde at prosjektgruppa hadde mulighet til å se hva som trengte mest fokus, og hva som kunne legges mindre trykk på. Dersom enkelte krav har kunnet godkjennes har det vært mulighet for å avslutte utvikling av den enkelte funksjonen.

Dette gjorde at det ble kjørt 3 utviklingstester, den siste utviklingstesten – test 3 kunne vise at systemet møtte alle kravene i Kravspesifikasjonen ([1]). Deretter ble kvalifiseringen kjørt som en endelig verifisering og validering av systemet.

Testene er blitt utført av to gruppe-medlemmer, som har hatt anledning til å være kritiske til testingen og testspesifikasjonen. Testspesifikasjonen har blitt utviklet etter som enkelttester er kjørt og det er kommet frem at enkelte metoder, fra tidligere revisjon av testspesifikasjonen, ikke lot seg gjennomføre. Dette genererte revisjon 3.0 ([2]), som tar for seg metodene og rekkefølgen alle testene er gjennomført etter.

Utviklingstestene er dokumentert med tidligere versjoner av testrapporten, forskjellen fra en versjon til neste er at fler krav er godkjent, fler enkelttester er utført og kommentert.

Testløpet er valgt lagt opp slik at alle testene som skulle utføres ved inspeksjon ble gjort først, deretter de testene som skulle utføres ved funksjonstest. Begrunnelsen for dette er at de enkelttestene som skulle utføres ved hjelp av funksjonstest forgikk utelukkende fra brukergrensesnittet i AIM, utførelsen var derfor langt mer gjennomførbar på denne måten, med hensyn på å holde fokus på rett sted, og å spare unødig tidsbruk.

8 REFERANSER

Tabell 10 Referanser

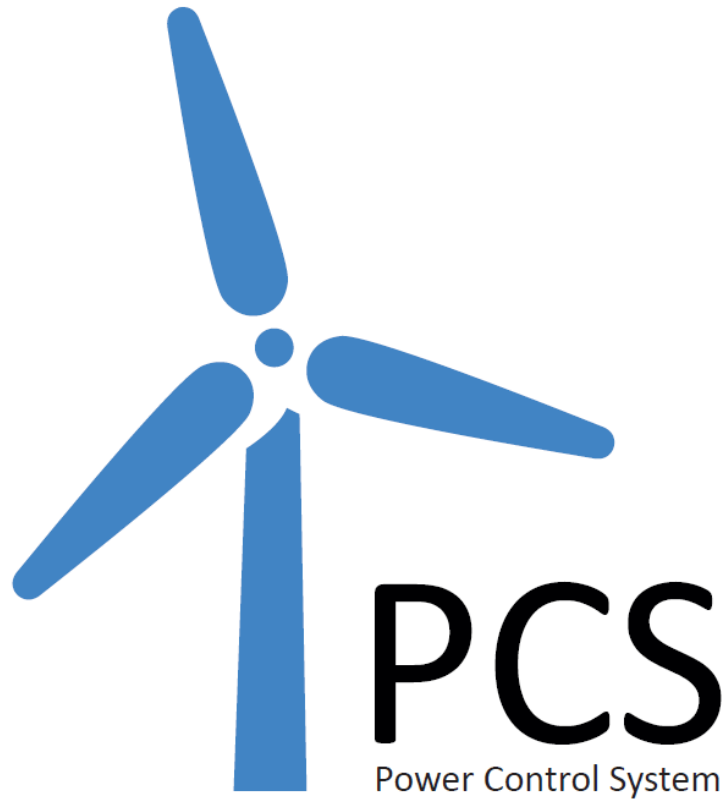
REFERANSE	DOKUMENTTITTEL	REVISJON
[1]	Kravspesifikasjon	2.0
[2]	Testspesifikasjon	3.0
[3]	Design dokument	1.0
[4]	Implementasjonsdokument	1.0



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



BRUKERMANUAL

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen i Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	1.0		
ANTALL SIDER	21		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	29.05.2012	Første utgivelse

INNHALDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	4
1.1	Dokumenthistorie.....	4
1.2	Definisjoner og forkortelser	4
2	INNLEDNING	5
3	BRUKERGRENSENITT OG NAVIGASJON	6
3.1	Oppstartsbilde	6
3.2	Felles menysystem	6
3.3	Navigator	7
3.4	PCS – Hovedbilde – Nivå 1.....	8
3.4.1	PCS – Hovedbilde – Pop-ups.....	9
3.5	Vindkraftverk – Nivå 2	10
3.6	Vindkraftverk – Nivå 3	11
3.7	Pumpekraftverk – Nivå 2	12
3.8	Pumpekraftverk – Nivå 3	13
3.8.1	Pumpekraftverk – Nivå 3 - Hydrogenerator	13
3.8.2	Pumpekraftverk – Nivå 3 - Pumper	14
4	OPERASJON	15
4.1	Oppstart av dødt system	15
4.2	Forhindring av strømbrudd	16
4.3	Automatisk gjeninnkobling etter strømbrudd	17
4.4	Hydrogenerator Moduser	17
4.4.1	Lastavhengig start/stopp.....	17
4.4.2	Symmetrisk lastfordeling.....	18
4.4.3	Fast lastfordeling	18
4.5	K-Chief 700 Operator Manual	19
5	SIMULERING	20
6	REFERANSER	21

LISTE OVER FIGURER

Figur 1	Oppstartsbilde	6
Figur 2	Felles toppmeny	6
Figur 3	Navigator	7
Figur 4	PCS – Hovedbilde – Nivå 1.....	8
Figur 5	PCS – Hovedbilde – Pop-up	9
Figur 6	Oversiktsbilde vindkraftverk – Nivå 2.....	10
Figur 7	Detaljbilde vindkraftverk – Nivå 3	11
Figur 8	Oversiktsbilde pumpekraftverk – Nivå 2	12
Figur 9	Detaljbilde vanngeneratorer – Nivå 3	13
Figur 10	Detaljbilde pumper – Nivå 3.....	14
Figur 11	Symmetrisk lastfordeling.....	18
Figur 12	Fast lastfordeling	18
Figur 13	Simuleringsgrensesnitt	20

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie.....	4
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	4
Tabell 3	Oppstarts sekvens	15
Tabell 4	Automatisk utkobling av forbruk.....	16
Tabell 5	Automatisk innkobling etter strømbrydd	17
Tabell 6	Start/Stop grenser	17
Tabell 7	Referanse K-Chief 700 Operator Manual	19
Tabell 8	Referanser	21

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
1.0	29.05.2012	Første utgivelse	PN

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere ord og uttrykk for å beskrive oppgaven:

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonsprogramvareplattform.
BUS	Fysisk strømforsyningsgren/fordelingsnett.
Hydrogenerator	Generator som drives av en vannturbin.
Mehuken	Vindturbinpark. Består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.
PCS	Power Control System. Navnet på prosjektoppgaven og produktet.
Pitch	Dreining av en vindturbins rotorblader om sin egen akse. Ved å justere pitch kan vindens pådrag på vindturbinens rotor reguleres.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vannturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
Standby	Ventemodus.
Switchboard	Fordelingstavlenes programvarebeskrivelse/navn i AIM.
Vindby	Fiktiv by som har et reelt energiforbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.
Vindkraftverk	Vindparken Mehuken I og II. Vindturbinparken består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.
Yaw	Dreievinkelen på en vindturbins turbinhus.

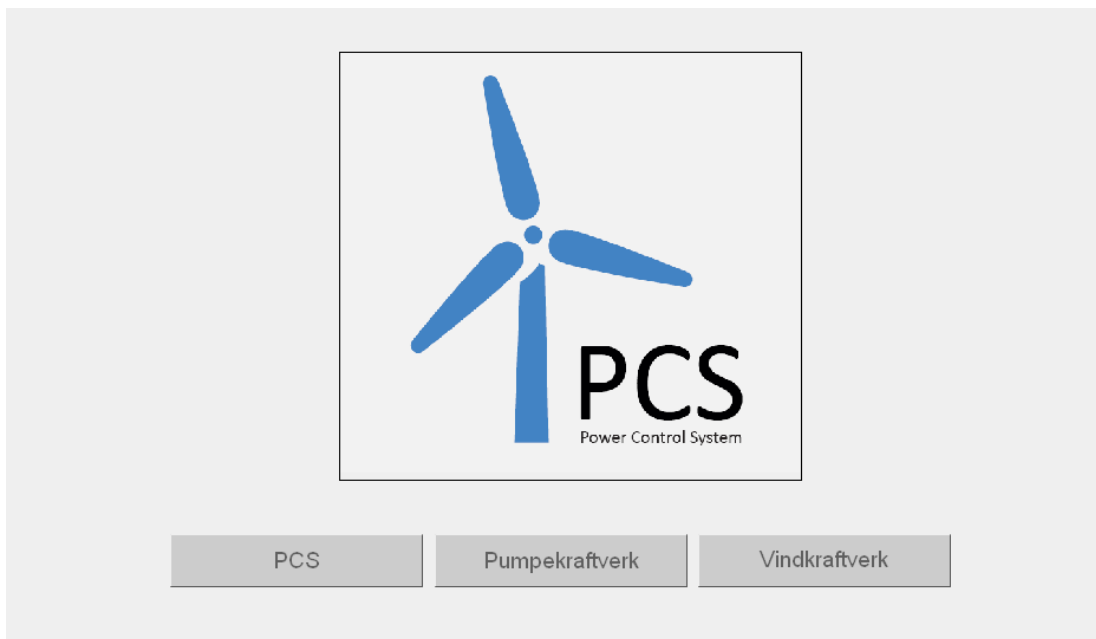
2 INNLEDNING

Dette dokumentet er ment som en brukermanual for operatører av PCS systemet. Det er viktig å merke seg at dette dokumentet kun beskriver operasjon som er spesielt for dette prosjektet. For generell operasjon og bruk av AIM henvises leseren til Kongsberg K-Chief 700 Operator Manual [1].

3 BRUKERGRENSESNITT OG NAVIGASJON

3.1 Oppstartsbilde

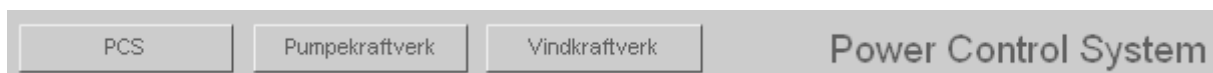
Ved oppstart av AIM vil brukeren møte brukergrensesnittets oppstartsbilde. Bildet viser enkelt systemets (prosjektets) logo, samt navigeringsknapper til de viktigste bildene – PCS (Nivå 1), pumpekraftverk (Nivå 2) og vindkraftverk (Nivå 2).



Figur 1 Oppstartsbilde

3.2 Felles menysystem

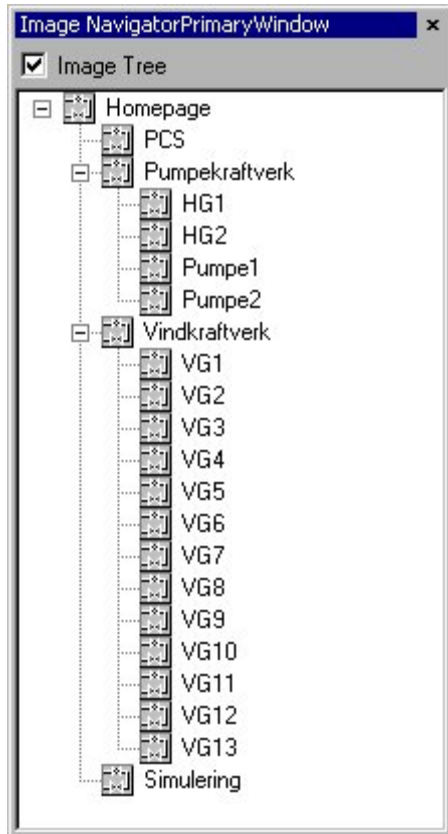
For å lette navigasjonen mellom de ulike skjermbildene har systemet et felles gjennomgående menysystem. Dette inkluderer en menyrekke (se Figur 2) i toppen for alle bildene (foruten oppstartsbildet) samt en sidemeny for bildene på nivå 2 og 3. Sidemenyene for vindkraft- og pumpekraftverket kan sees på figurene i de neste fire kapitlene. Hvordan bruker navigerer seg til de ulike skjermbildene er vist med skrift i *kursiv* i de respektive kapitlene.



Figur 2 Felles toppmeny

3.3 Navigator

I tillegg til menysystemet på skjermbildene har AIM en innebygget navigator (Figur 3) for navigasjon. Denne åpnes ved å trykke på «Navigator» knappen i toppmenyen i AIM.



Figur 3 Navigator

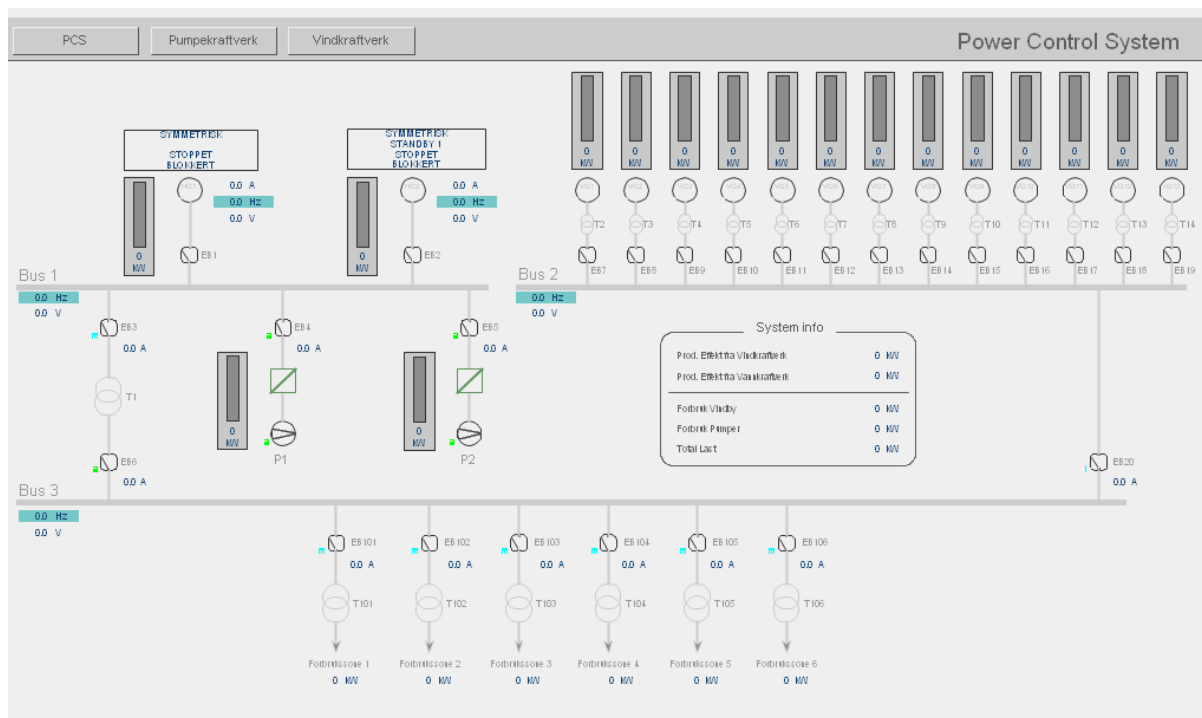
3.4 PCS – Hovedbilde – Nivå 1

Navigasjon til hovedbilde: «PCS» i toppmeny.

PCS-bildet (Figur 4) gir en helhetlig oversikt over alle enhetene i systemet, men med begrenset detaljinformasjon. Bildet består av tre hovedkomponenter – vindparken Mehuken øverst til høyre, pumpekraftverket øverst til venstre, og forbrukeren Vindby nederst.

MERK: All operasjon av systemet foregår i dette bildet. De andre bildene er kun for overvåkning av status.

Ved å klikke på symbolene for generatorer, pumper, brytere, transformatorer og buslinjer, vises en operatørmeny hvor bruker kan operere de ulike komponentene. Symbolene til disse er også dynamiske – altså de skifter form og farge etter tilstanden til komponentene de representerer.



Figur 4 PCS – Hovedbilde – Nivå 1

Bus 1 viser pumpekraftverket med vanngeneratorene tilkoblet på oversiden og pumpene med frekvensomformere på undersiden. Hver generator/pumpe er koblet over en effektbryter som operatør kan operere via skjermbildet. I tillegg har hver generator/pumpe et grunnleggende sett med målinger som vises i bildet. Effekt vises som en analog bar-graf, mens frekvens, spenning og strøm vises som analoge målinger. Disse målingene har definerte alarmgrenser, og vil skifte farge for å indikere om verdien har over-/understeget gitte grenser.

Bus 2 viser vindkraftverket Mehuken med 13 vindturbiner. Hver vindgenerator er koblet til bus 2 gjennom en transformator og en effektbryter. Bruker kan operere generatorene og effektbryterne gjennom operatørmenyene ved å klikke på disse. For hver vindgenerator er produsert effekt vist ved hjelp av en bar-graf over hver respektive turbin.

Vindby vises som seks avganger fra **Bus 3** til seks effektbrytere og forsyningstransformatorer, som går ut til hver forbrukssone i Vindby. Effektforbruk, frekvens, spenning og strøm vises med analoge målinger.

3.4.1 PCS – Hovedbilde – Pop-ups

Hovedbildet er utstyrt med pop-up bilder for å vise utvalgte transformortemperaturer. Naviger til og klikk på ønsket transformator for å åpne pop-up (Figur 5).



Figur 5 PCS – Hovedbilde – Pop-up

Følgende transformatorer på hovedbilde har pop-up med temperaturer:

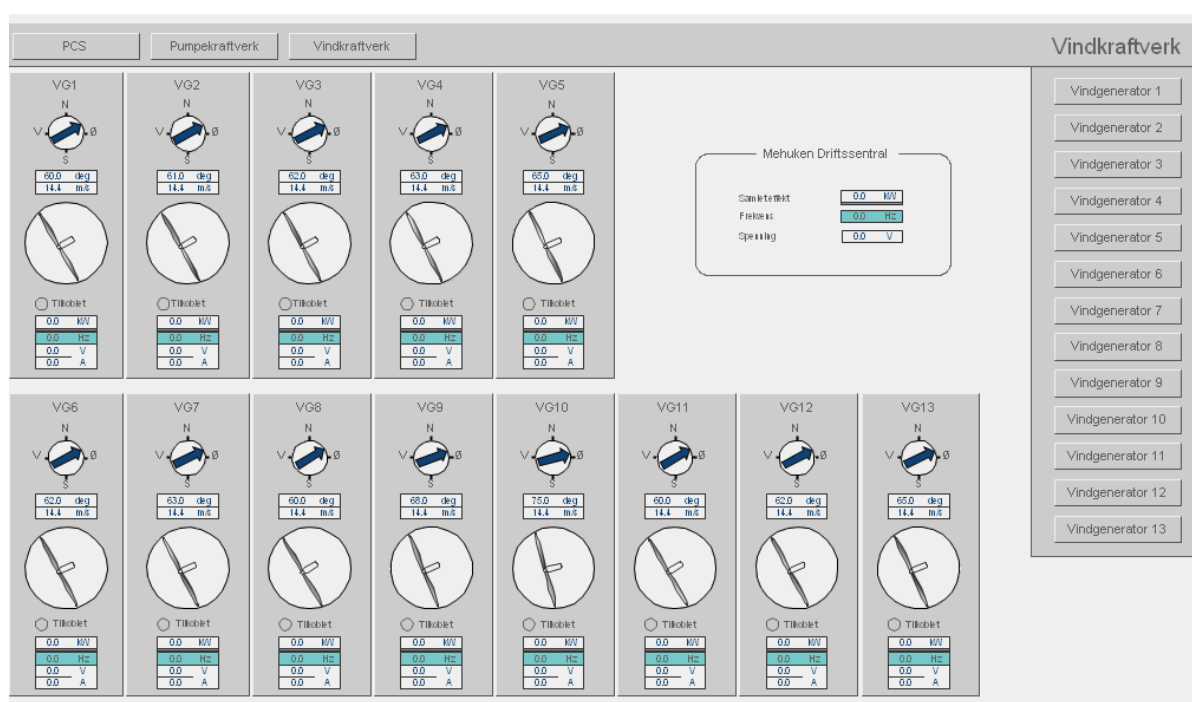
T1
T101
T102
T103
T104
T105
T106

3.5 Vindkraftverk – Nivå 2

Navigasjon til oversiktsbildet for vindkraftverk: «Vindkraftverk» i toppmeny

Som nevnt tidligere er toppmenyen i brukergrensesnittet felles for alle bildene. Denne er også på plass for oversiktsbilde over vindkraftverket Mehuken (Nivå 2). I tillegg gir en sidemeny til høyre i bildet direkte tilgang til detaljbilder for alle 13 vindturbiner (Nivå 3).

I oversiktsbildet for vindkraftverket (Figur 6), er alle de 13 vindturbinene representert med en egen ramme med informasjon. Bildet er tenkt sett ovenfra, slik at retning for vind og vindturbin er vist ved at symbolene for disse dreier seg dynamisk. Vindretning og vindhastighet er i tillegg vist som analoge målinger. I tillegg vises det for hver vindturbin målinger for aktiv effekt, frekvens, spenning og strøm. Oppe til høyre vises informasjon for Mehuken driftscentral med målinger for samlet effekt fra alle vindturbiner, samt frekvens og spenning på Bus 2.

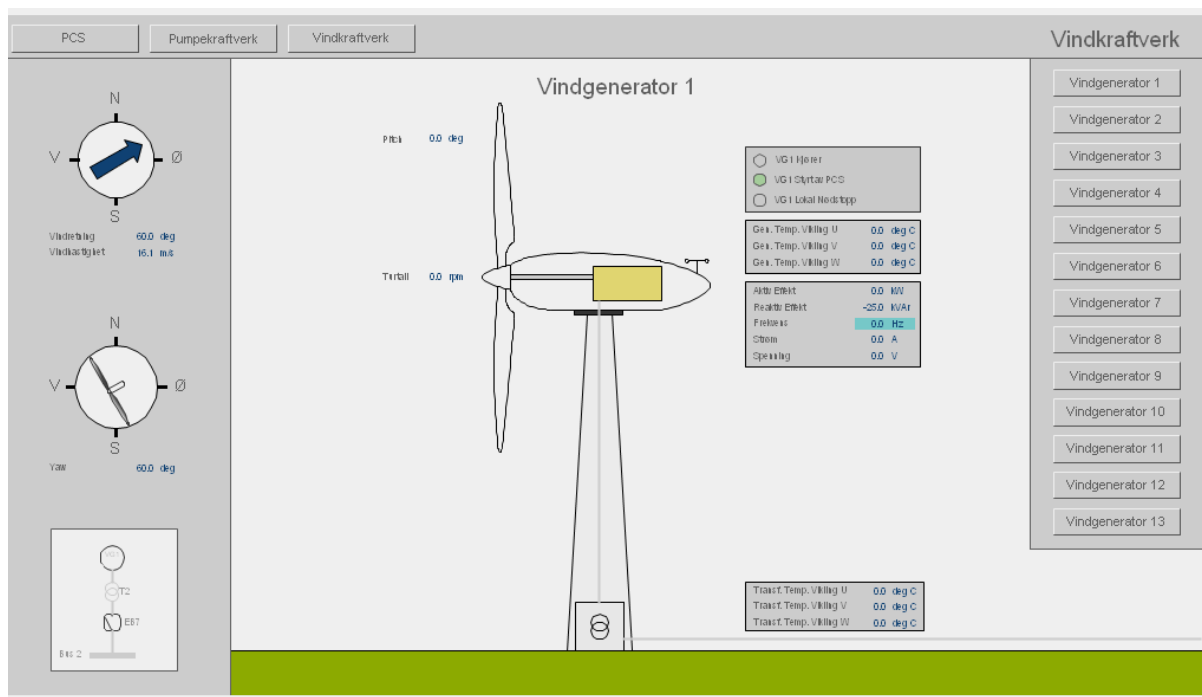


Figur 6 Oversiktsbilde vindkraftverk – Nivå 2

3.6 Vindkraftverk – Nivå 3

Navigasjon til detaljbilder for vindgeneratorer: «Vindgenerator1», «Vindgenerator 2» osv. i sidemeny.

Dette bildet viser et snitt av en vindturbin sett fra siden med flere målinger som er plassert der de fysisk blir målt. Dette inkluderer temperaturmålinger i generator og transformator, rotorturtall, pitchverdi samt elektriske parametere. En egen ramme viser informasjon om turbinens driftsstatus (signallamper). Til venstre i bildet vises en marg med tilsvarende informasjon om retning for vind og vindturbin (yaw-verdi) som i oversiktsbilde for Mehuken (nivå 2). I tillegg er det her et utsnitt av den respektive vindgeneratoren fra hovedbildet, som viser den elektriske strømveien fra bus til generator via transformator og effektbryter.



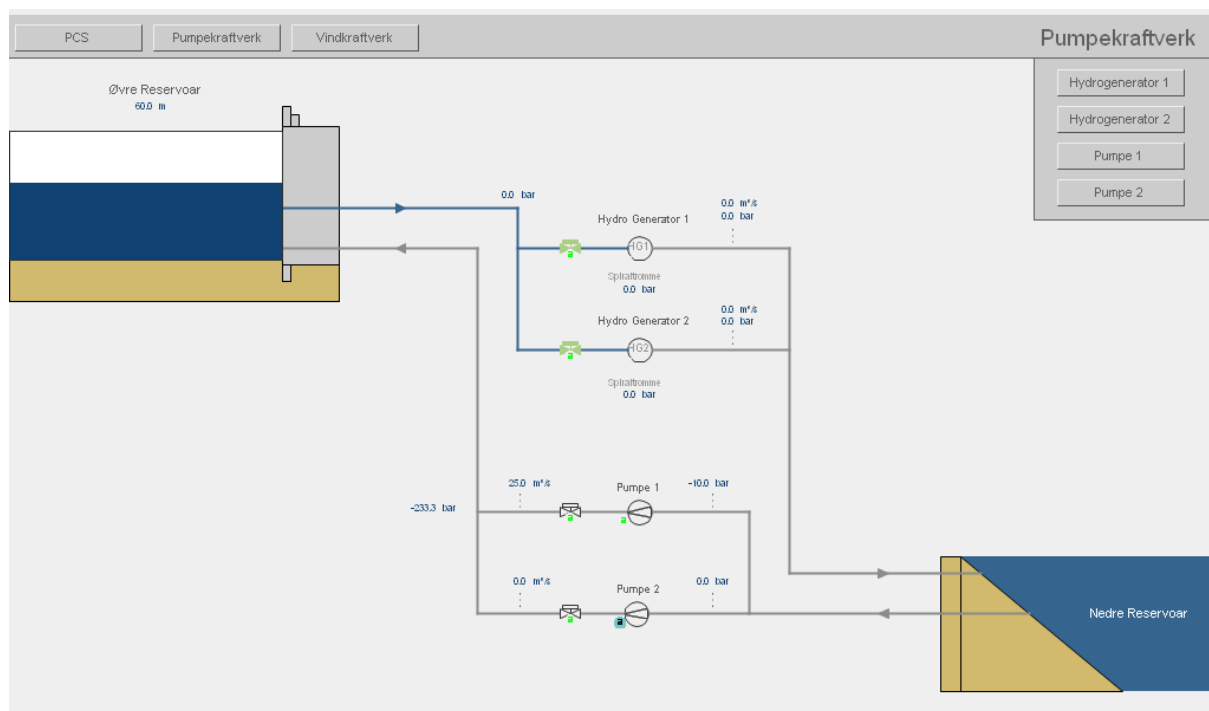
Figur 7 Detaljbilde vindkraftverk – Nivå 3

3.7 Pumpekraftverk – Nivå 2

Navigasjon til oversiktsbildet for pumpekraftverk: «Pumpekraftverk» i toppmeny

På samme måte som for vindkraftverket er topp- og sidemeny tilsvarende for pumpekraftverket. Ved hjelp av sidemeny kan operatør navigere seg til detaljbilder for de to hydrogeneratorene og pumpene (Nivå 3).

Oversiktsbilde for pumpekraftverket (Figur 8) viser to vannmagasiner, et øvre og et nedre, samt selve pumpekraftverket med to vanngeneratorene og to pumper. Det øvre vannmagasinet er dynamisk og vil vise den målte vannhøyden i magasinet. Vanngeneratorene er forbundet til øvre- og nedre vannmagasin gjennom én rørgate. Tilsvarende gjelder for pumpene gjennom en egen rørgate. Rørgatene, som er illustrert med rette linjer, er dynamiske slik at de endrer farge om de er vannførende eller ikke. Flere trykk- og strømningsmålinger er plassert på bildet der de fysisk blir målt i prosessen.



Figur 8 Oversiktsbilde pumpekraftverk – Nivå 2

3.8 Pumpekraftverk – Nivå 3

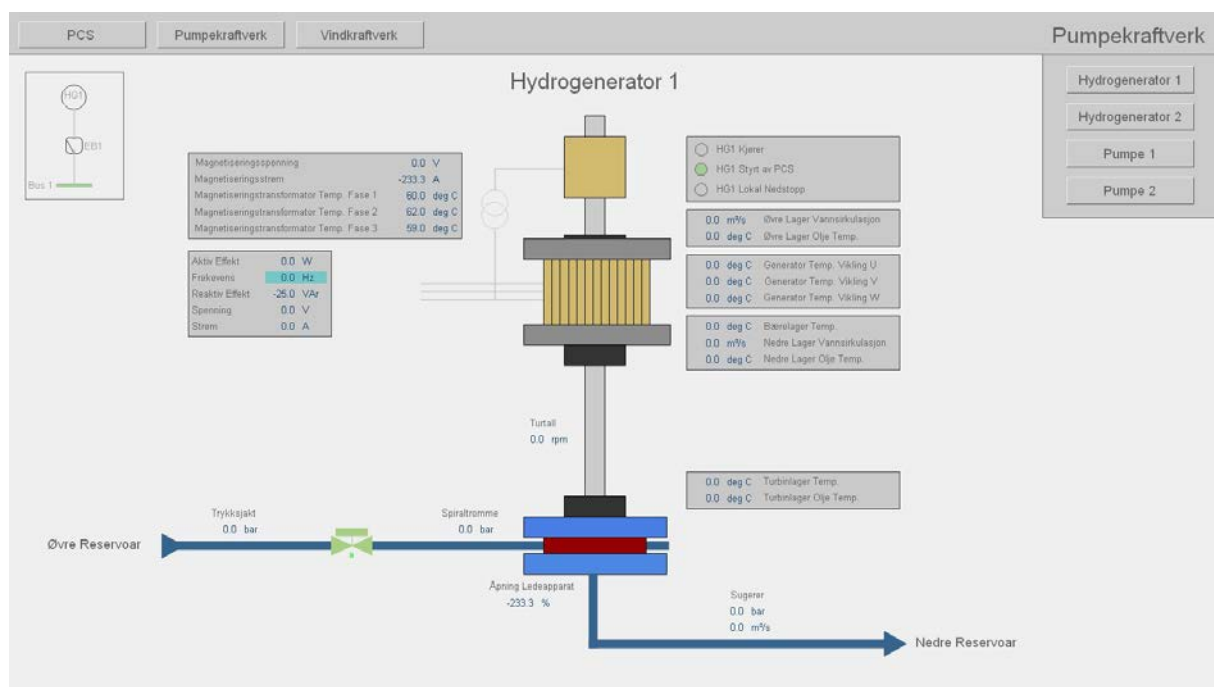
Navigasjon til detaljbilder for vanngeneratorene: «Hydrogenerator 1» og «Hydrogenerator 2» i sidemeny.

Navigasjon til detaljbilder for pumpe: «Pumpe 1» og «Pumpe 2» i sidemeny.

Nivå 3 for pumpekraftverket inneholder fire detaljerte skjermbilder – to bilder for vanngeneratorene HG1 og HG2, og to bilder for pumpene P1 og P2. Felles for alle fire bilder er de dynamiske vannveiene som endrer farge ettersom det er vannstrømning i rørgatene. Denne dynamikken korresponderer til oversiktsbilde for pumpekraftverket (kapittel 3.7). Videre viser alle de fire detaljbildene et utsnitt fra PCS-bildet i øvre venstre hjørne, med den elektriske strømveien fra maskin til bus, gjennom effektbryter (og frekvensomformer for pumpene).

3.8.1 Pumpekraftverk – Nivå 3 - Hydrogenerator

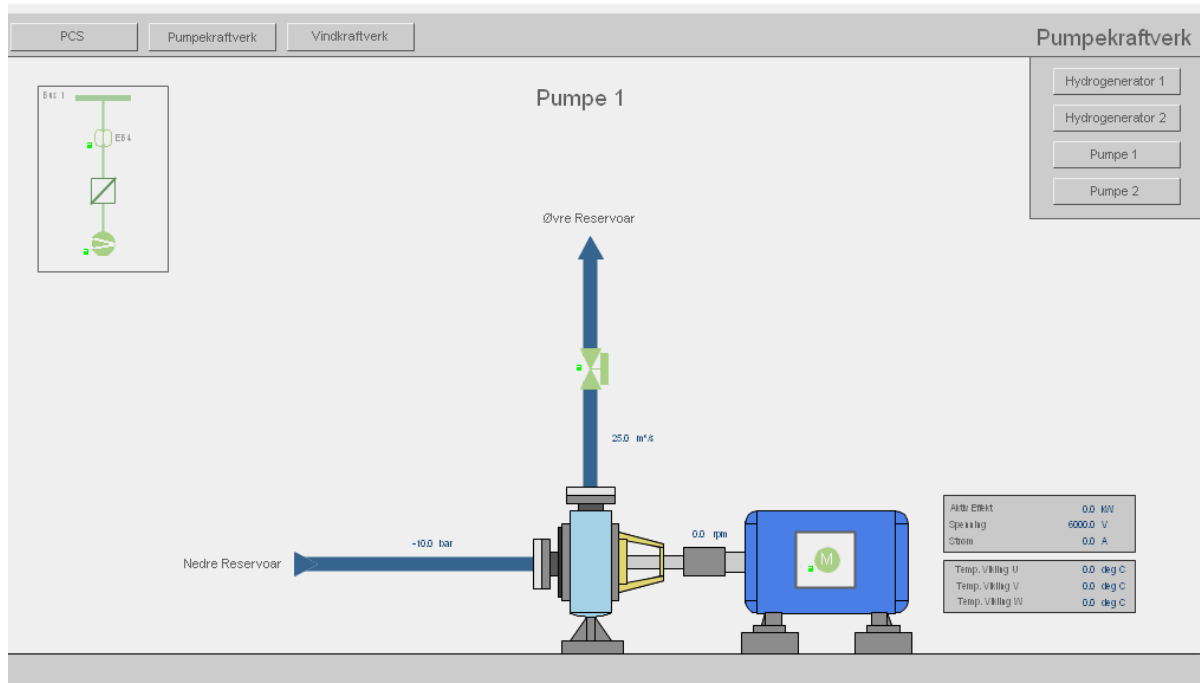
Detaljbildet for vanngeneratorene (Figur 9) viser et snitt av generator, turbin og trykksjakt fra siden. I bunnen av bildet vises turbinhjulet med den tilhørende vannveien. Her vises trykk- og strømningsmålingene, i tillegg til åpningsgraden til ledeapparatet inn på turbinen. Langs maskinakslingen som forbinder turbin, generator og magnetiseringsmaskin er det satt opp turtallsmåling, samt målinger av temperatur og kjølevann av bærelager og flere styrelagre. Ved generatoren vises viklingstemperaturer, samt elektriske målinger som frekvens, spenning og effekt. En egen ramme viser informasjon om vanngeneratorens driftsstatus (signallamper). På toppen av bildet ses magnetiseringsmaskinen med tilhørende transformator og målinger.



Figur 9 Detaljbilde vanngeneratorene – Nivå 3

3.8.2 Pumpekraftverk – Nivå 3 - Pumper

Detaljbildet for pumpene (Figur 10) viser vannvei med ventil, samt pumpehus og pumpemotor. Målinger er som på de andre bildene plassert der de blir målt. Ved pumpemotoren vises elektriske parametere som aktiv effekt, spenning og strøm, samt viklingstemperaturer. Maskinens turtall vises ved motorakslingen.



Figur 10 Detaljbilde pumper – Nivå 3

4 OPERASJON

4.1 Oppstart av dødt system

Oppstart av dødt system gjøres etter følgende sekvens.

Tabell 3 Oppstarts sekvens

STEG	HVA	KOMMENTAR
1	<p>Observer at systemet er strømløst ved å se at Bus 1, Bus 2 og Bus 3 har grå farge.</p> <ul style="list-style-type: none"> Start generator HG1 eller HG2 ved å operere på generatorsymbolet, velg «Start». 	<p>Generatoren vil blinke grønt under oppstart før den blir helt grønn. Generatoren er nå klar til å bli koblet til nettet.</p>
2	<p>Koble generatoren(e) som er startet til nettet.</p> <ul style="list-style-type: none"> Operer på generatorsymbolet «HGx», velg «Connect». 	<p>Generatoren kobles nå til nettet. Observer at det blir spenning på Bus 1 ved å se at fargen på busen endres fra grå til grønn.</p> <ul style="list-style-type: none"> Så fort det blir spenning på Bus 1 vil EB04 og EB05 lukkes og legges til nettet automatisk. Når EB04 og EB05 lukker vil P1 og P2 starte automatisk.
3	<p>Når det er spenning på Bus 1 kan bus 3 kobles til.</p> <ul style="list-style-type: none"> Lukk bryter EB03 	<p>Observer at EB03 og EB06 lukkes og at Bus 3 endrer farge fra grå til grønn. EB06 er automatisk operert, og vil følge operasjon av EB03.</p>
4	<p>Forbrukssonene kan nå legges inn i sekvens. For å ikke overbelaste nettet er det viktig at ikke alle brytere lukkes samtidig.</p> <ul style="list-style-type: none"> Lukk bryter EB101 Lukk bryter EB102 Lukk bryter EB103 Lukk bryter EB104 Lukk bryter EB105 Lukk bryter EB106 	<p>Forbruket blir nå lagt inn på nettet. Observer at hydrogeneratorene produserer ønsket effekt, og at frekvensen holder seg stabil på 50 Hz.</p> <p><i>MERK: Ikke legg inn alle forbrukssoner samtidig da dette kan «sjokke» systemet som i verste fall kan føre til ustabil regulering. Legg inn en og en forbrukssone og observer at systemet er stabilt før neste sone kobles inn.</i></p>
5	<p>Vindkraftverk kan nå kobles til bus 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> Lukk bryter EB20 	<p>MERK: Følgende kriterier må være oppfylt for å kunne lukke bryter EB20:</p> <ul style="list-style-type: none"> P1 eller P2 kjører EB03 og EB06 er lukket Minst 1 generator er koblet til Bus1.

STEG	HVA	KOMMENTAR
6	En og en vindturbin kan nå fases inn i systemet. <ul style="list-style-type: none"> Operer på generatorsymbolet og velg «start». 	Generatoren vil blinke grønt under oppstart før den blir helt grønn, som indikerer at den er klar for å bli synkronisert med nettet.
7	<ul style="list-style-type: none"> Operer på generatorsymbolet «VGx», velg «Connect» 	Vindturbinen vil nå fases inn på nettet.
8	Gjenta steg 6-7 til alle ønskede vindturbiner er lagt til nettet.	<i>MERK: Ikke legg inn alle vindturbiner samtidig da dette kan «sjokke» systemet som i verstefall kan føre til ustabil regulering. Legg inn en turbin og la systemet stabiliserer seg før neste kobles inn.</i>

4.2 Forhindring av strømbrudd

Systemet er utstyrt med funksjonalitet som vil forsøke å forhindre strømbrudd. Dette gjøres ved å løse ut bryterne til forbrukssoner dersom frekvenser synker under 48 Hz, eller tilkoblet generatorlast overstiger 98 %. Utkobling av forbrukssoner gjøres etter følgende tabell.

Tabell 4 Automatisk utkobling av forbruk

BRYTER	GENERATOR LASTGRENSE	FREKVENSGRENSE	FORSINKELSE
Forbrukssone 1 EB101	98 %	48Hz	30 Sekunder
Forbrukssone 2 EB102	98 %	48Hz	25 Sekunder
Forbrukssone 3 EB103	98 %	48Hz	20 Sekunder
Forbrukssone 4 EB104	98 %	48Hz	15 Sekunder
Forbrukssone 5 EB105	98 %	48Hz	10 Sekunder
Forbrukssone 6 EB106	98 %	48Hz	5 Sekunder

Dette fungerer slik at etter 5 sekunder med en frekvens på 48 Hz på Bus1, eller en total hydrogeneratorlast på over 98 %, vil bryter EB106 kobles ut etter 5 sekunder. Om frekvensen og/eller lasten fortsatt ikke er innenfor grensene vil bryter EB105 koble ut etter 10 sekunder. Dette forsett slik til frekvensen er stabilisert, og hydrogeneratorlast er under 98 %.

Etter utkobling må forbrukssonene kobles inn manuelt.

4.3 Automatisk gjeninnkobling etter strømbrudd

Systemet har også funksjonalitet som vil gjeninnkoble brytere som var lukket før strømbrudd. Se Tabell 5 for brytere som har denne funksjonaliteten.

Tabell 5 Automatisk innkobling etter strømbrudd

BRYTER	FORSINKELSE
EB03/EB06	-
EB101	-
EB102	10 sekunder
EB103	20 sekunder
EB104	30 sekunder
EB105	40 sekunder
EB106	50 sekunder

Etter et strømbrudd, vil bryterne i Tabell 1 automatisk lukkes når det blir strøm igjen på Bus 1. Det er lagt inn forsinkelse på bryterne EB102-EB106 for at systemet ikke skal bli overbelastet i innkoblingsøyeblikk.

4.4 Hydrogenerator Moduser

Hydrogeneratorene kan settes i ulike moduser.

4.4.1 Lastavhengig start/stopp

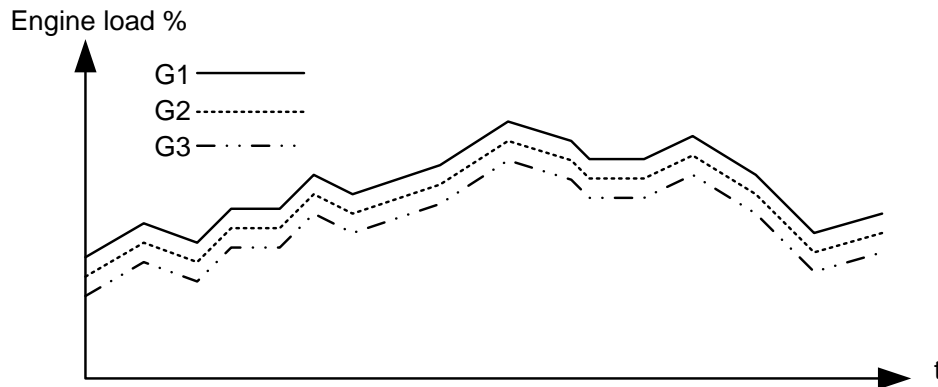
Ved å operere på switchboard-modulen på bus 1 har man mulighet til å sette «Lastavhengig Start» og «Lastavhengig Stopp» på generatorene. For at dette skal fungere må hydrogeneratorene være satt opp med et standby nummer. Dette settes ved å operere på hydrogeneratorsymbolet og velge «standby». Man får da muligheten til å sette standby nummer på generatoren. I dette prosjektet vil alltid en hydrogenerator være tilkoblet nettet, mens det er anbefalt å ha den andre generatoren i standby slik at denne kan koble seg til automatisk ved behov. Tabell 6 viser start/stopp grensene for en generator i standby.

Tabell 6 Start/Stop grenser

STARTGRENSE	FORSINKELSE	STOPPGRENSE	FORSINKELSE
80 %	1s	40 %	1s

4.4.2 Symmetrisk lastfordeling

Når de to vanngeneratorene er satt til symmetrisk lastfordeling vil de fordele lasten likt mellom seg. Et lite dødband mellom generatorlastene er forutsatt.

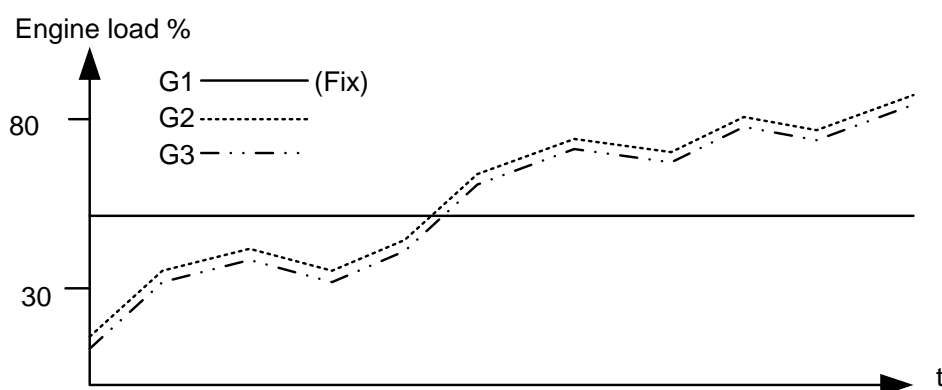


Figur 11 Symmetrisk lastfordeling

4.4.3 Fast lastfordeling

Om ønskelig kan operatøren sette en av hydrogeneratorene i fast lastfordeling. I denne modusen vil generatoren bli satt til å produsere en definerte mengde kW (bestemmes i operatørmenyen til generatoren). For å få lov til å sette en generator i fast lastfordeling må den andre hydrogeneratoren også være koblet til nettet.

PMS-systemet har innebygget sikkerhetsfunksjonalitet som vil ta en generator ut av fast lastfordeling dersom lasten på den andre tilkoblede generatoren overstiger 100 %. Dette gjøres for å forhindre overlast.



Figur 12 Fast lastfordeling

4.5 K-Chief 700 Operator Manual

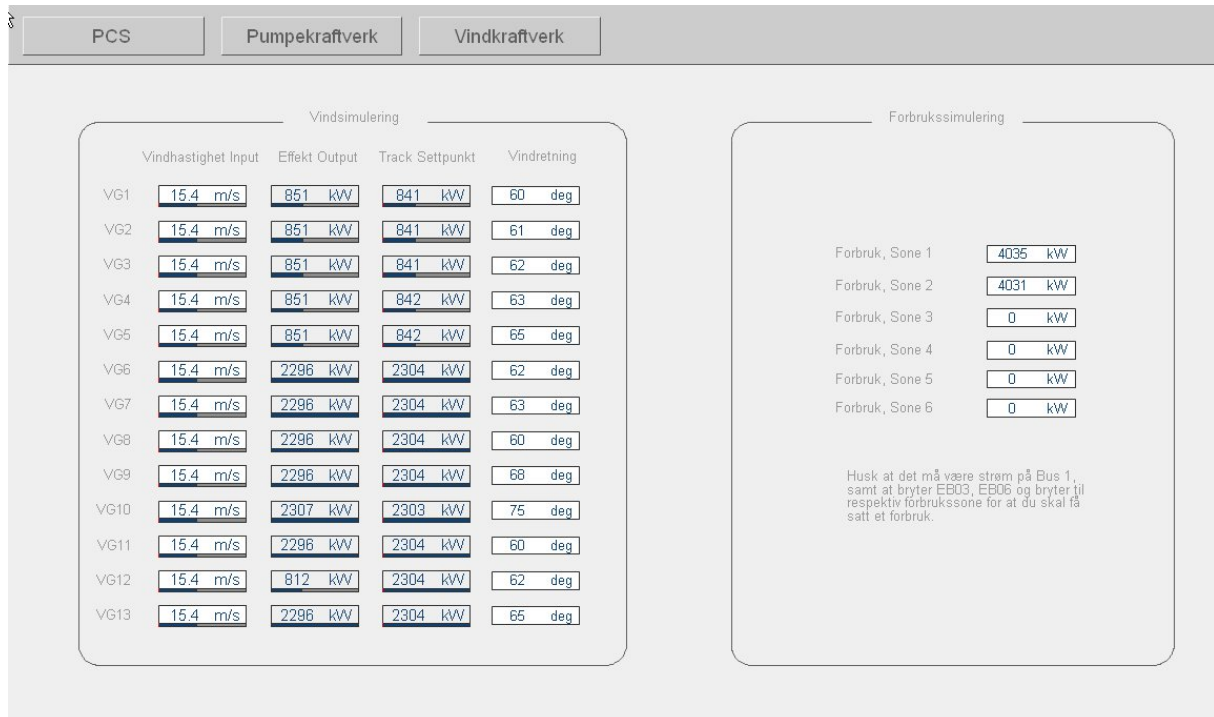
Kongsberg Maritime har laget en egen standard operatør manual for sitt K-Chief 700 system. Deler av denne manualen er relevant for vårt prosjekt. Leseren bør settes seg inn i og ha kjennskap til følgende kapitler i denne manualen:

Tabell 7 Referanse K-Chief 700 Operator Manual

KAPITTEL	SIDE
1. System Description	11
2. User Interface	17
2.1 Overview ,	17
2.2 Operator Station Images	19
3. Basic Monitoring and Control	37
3.1 Image Construction	37
3.2 Operation Menu Buttons	46
3.3 Analogue Measurements	48
3.5 Digital Measurement modules	51
3.7 Motor and pump control modules	55
3.8 Valve Control Modules	64
4. Power Management	87
4.1 User Interface	88
4.3 Generator Control Module	90
4.4 Switchboard Module	97
4.5 Circuit Breaker Module	100
4.7 Typical Procedures	103
9. System Startup and Shutdown	166

5 SIMULERING

Fordi det også er implementert simulatorfunksjonalitet i automasjonssystemet, er det laget en egen side som viser simulert vindstyrke, resulterende effekt levert fra vindkraftverket og omsatt effekt i Vindby. Denne siden er kun tilgjengelig fra navigatormenyen, vist Figur 3.



Figur 13 Simuleringsgrensesnitt

6 REFERANSER

Tabell 8 Referanser

REFERANSE	DOKUMENTTITTEL	REVISJON
[1]	Kongsberg K-Chief 700 Operator Manual, AIM Rel. 8.2	A



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



ØKONOMIDOKUMENT

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAGSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen I Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars FjellItun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	1.0		
ANTALL SIDER	6		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	29.05.2012	Første utgivelse

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	3
1.1	Dokumenthistorie	3
2	INNLEDNING.....	4
3	REGNSKAP.....	5
4	BUDSJETT	6

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie.....	3
Tabell 2	Administrative kostnader.....	5
Tabell 3	Materiell	5
Tabell 4	Presentasjoner	5
Tabell 5	Totale kostnader.....	5
Tabell 6	Materiell budsjettert.....	6
Tabell 7	Presentasjoner budsjettert.....	6
Tabell 8	Totale kostnader budsjettert.....	6

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
1.0	29.05.2012	Første utgivelse	LF

2 INNLEDNING

Dette dokumentet presenterer utgifter prosjektgruppen har hatt i løpet av prosjektet. Kostnadene til hovedpresentasjonen vil kunne avvike noe, da disse kostnadene vil komme etter at dokumentet er ferdigstilt og levert inn, og vil derfor være budsjettert for seg selv i kapittel 4.

Kongsberg Maritime dekker programvare og maskinvare som blir brukt igjennom prosjektet og vil derfor ikke bli med i regnskapet. Kongsberg Maritime vil også dekke utgifter forbundet med printing og innbinding av hovedoppgaven.

Regnskapet for gruppen er nærmere spesifisert med tabeller i kapittel 3.

3 REGNSKAP

Regnskapet viser kostnadene prosjektgruppen har hatt fra starten av prosjektet, til innleveringen av hovedoppgaven.

Tabell 2 Administrative kostnader

BESKRIVELSE	ANTALL	ENHETSPRIS	TOTALT
Web domene	1	50kr	50kr
Rekvisitter	5	20kr	100kr
		SUM	150kr

Tabell 3 Materiell

BESKRIVELSE	ANTALL	ENHETSPRIS	TOTALT
Piquet-skjorter	5	256kr	1280kr
		SUM	1280kr

Tabell 4 Presentasjoner

BESKRIVELSE	ANTALL	ENHETSPRIS	TOTALT
Kaffe 1.pres	1	120kr	120kr
Boller 1.pres	30	2kr	60kr
Kaffe 2.pres	1	30kr	30kr
Kake 2.pres	15	4kr	60kr
		SUM	270kr

Tabell 5 Totale kostnader

BESKRIVELSE	TOTALT	
Administrative kostnader	150kr	
Materiell	1280kr	
Presentasjoner	270kr	
	SUM	1700kr

4 BUDSJETT

Kostnadene gruppen har budsjettert, fra innleveringen av hovedoppgaven til siste presentasjon, er presentert i dette kapitlet. Disse kostnadene er noe usikre da vi ikke har fått en nøyaktig pris på objektene som skal kjøpes.

Tabell 6 Materiell budsjettert

BESKRIVELSE	ANTALL	ENHETSPRIS	TOTALT
DVD	14	10kr	140kr
DVD lomme med lim	14	10kr	140kr
Ringperm blå	1	50kr	50kr
Plakat	1	600kr	600kr
		SUM	930kr

Tabell 7 Presentasjoner budsjettert

BESKRIVELSE	ANTALL	ENHETSPRIS	TOTALT
Kaffe 3.pres	2	120kr	240kr
Enkel servering 3.pres	30	5kr	150kr
Frukt	20	5kr	100kr
		SUM	490kr

Tabell 8 Totale kostnader budsjettert

BESKRIVELSE	TOTALT
Materiell budsjettert	930kr
Presentasjoner budsjettert	490kr
	SUM 1420kr



KONGSBERG



HØGSKOLEN
i Buskerud



ETTERANALYSE

PROSJEKT	Power Control System		
OPPDRAKSGIVER	Kongsberg Maritime		
UTFØRT VED	Høgskolen I Buskerud		
GRUPPE	Frode Kolgrov, Erlend Grøterud, Lars Fjelltun, Peder Numme, Christian Sandberg		
REVISJON	1.0		
ANTALL SIDER	19		
DOKUMENTHISTORIE	REVISJON	UTGITT	BESKRIVELSE
	1.0	29.05.2012	Første utgivelse

INNHALDSFORTEGNELSE

1	OM DOKUMENTET	4
1.1	Dokumenthistorie.....	4
1.2	Definisjoner og forkortelser	4
2	INNLEDNING	5
3	ADMINISTRATIV VURDERING	6
3.1	Prosjektoppgaven rammer og forutsetninger.....	6
3.2	Måloppnåelse.....	6
3.3	Planlegging	8
3.4	Tidsforbruk	9
3.5	Ekstern informasjonsinnhenting	10
3.6	Dokumentasjon	10
3.7	Samarbeid og arbeidsfordeling i prosjektgruppa.....	11
3.8	Interne og eksterne veiledninger	11
4	TEKNISK VURDERING	12
4.1	Pumpekraftverket.....	12
4.2	AIM	12
4.2.1	Simulering.....	12
4.2.2	Vindkraftverk	13
4.2.3	Pumpekraftverk.....	13
4.2.4	Forslag til forbedringer	13
5	EGENVURDERING	14
5.1	Frode Kolgrov	14
5.2	Christian Sandberg	15
5.3	Erlend Grøterud.....	16
5.4	Lars Fjelltun	16
5.5	Peder Numme	17
6	REFERANSER.....	19

LISTE OVER FIGURER

Figur 1	Tidsplan. Versjon fra januar øverst, og versjon fra slutten av mai nederst.	8
---------	--	---

LISTE OVER TABELLER

Tabell 1	Dokumenthistorie.....	4
Tabell 2	Definisjoner og forkortelser	4
Tabell 3	Referanser	19

1 OM DOKUMENTET

1.1 Dokumenthistorie

Tabell 1 Dokumenthistorie

REVISJON	DATO	ENDRING	SIGNATUR
1.0	29.05.1012	Første utgivelse	FK

1.2 Definisjoner og forkortelser

I dette dokumentet bruker vi flere ord og uttrykk som er forklart i Tabell 2:

Tabell 2 Definisjoner og forkortelser

UTTRYKK	FORKLARING
AIM	Advanced Integrated Multifunction system. Kongsberg Maritimes egen automasjonsprogramvareplattform.
FAT	Factory Acceptance Test. Formell test av et system eller produkt.
GMS	Graphical Modelling System. Programvare for konstruksjon av grafiske skjermbilder.
HiBu	Høgskolen i Buskerud.
Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime har gitt oppgaven og er oppdragsgiver/kunde.
PMS	Power Management System. Generelt navn på kontrollsystem for elektrisk kraftproduksjon.
Prosjektgruppa	Studentene som gjennomfører prosjektet.
Pumpekraftverk	Kraftverk bestående av vannturbin og pumpe. Kan både produsere energi på konvensjonell måte, men også forbruke energi ved å pumpe vann til et høyere magasin for lagring til senere bruk.
Vindby	Fiktiv by som har et reelt energiforbruk som er skalert til 120 GWh etter et gjennomsnittlig mønster på landsbasis gjennom et år.
Vindturbinpark	Vindparken Mehuken I og II. Vindturbinparken består av to utbyggingstrinn (I & II), med til sammen 13 turbiner.

2 INNLEDNING

Dette dokument er utarbeidet i slutfasen av prosjektperioden, og inneholder drøfting og vurdering av oppgavens prosess og resultat. Hovedprosjektet gjennomføres ved Høgskolen i Buskerud, studieretning elektrofag, som en avsluttende del av et treårig ingeniørstudie.

Etteranalysen er inndelt i en administrativ ikke-teknisk del, og i en teknisk del. I den administrative delen vurderes samarbeid, planlegging, estimer, tidsforbruk, arbeidsinndeling m.m. I den tekniske delen vurderes løsningene på de tekniske utfordringene vi har kommet opp med.

Prosjektoppgaven er gitt av Kongsberg Maritime AS og omhandler å benytte deres automasjonssystem for energikontroll ombord på maritime fartøy og installasjoner, til styring og regulering av energiproduksjon ved et kombinert vind- og pumpekraftverk.

3 ADMINISTRATIV VURDERING

Fra Høgskolen legges det opp til at den avsluttende prosjektoppgaven skal ha et sterkt fokus på de administrative elementene i prosessen, i tillegg til den tekniske løsningen. I dette kapittel vurderer vi flere ikke-tekniske aspekter og erfaringer vi har møtt i prosessen med å løse oppgaven.

3.1 Prosjektoppgaven rammer og forutsetninger

Opgaveteksten fra vår oppdragsgiver Kongsberg Maritime omhandlet å lage et kontrollsystem for et lukket energisystem med et vindkraftverk, pumpekraftverk og en by. Opgaveteksten var uten mange krav sett i forhold til størrelsen på energisystemet som skulle styres, slik at vi som prosjektgruppe har hatt forholdsvis løse rammer for å konstruere styresystemet. Dette har satt større krav til oss som prosjektgruppe i form av at vi har måttet selv ta stilling til mange spørsmål og valg. Dette har vært utfordrende, krevd noe mer tid, men har først og fremst vært lærerikt for prosjektgruppen i form av mer ansvar. Det har også vært utfordrende å forholde seg til at vårt produkt (kontrollsystemet) kun er en svært liten del av det totale energisystemet.

Etter hvert i prosessen viste det seg at oppgaven ikke lot seg løse med de forutsetningene opprinnelig gitt i oppgaveteksten fra oppdragsgiver. Dette gjaldt Nygard pumpekraftverk som ikke var passende for å løse essensen i oppgaven – kontrollsystemet. Merarbeid som dette resulterte i for prosjektgruppen er nærmere beskrevet i kapittel 4.1.

3.2 Måloppnåelse

I prosjektplanen [1] presenterer vi en rekke mål med oppgaven for både prosjektgruppa og oppdragsgiveroppgaven. Her vurderer vi i hvor stor grad vi har nådd de ulike målene. Vurderingene står som hvite punkter under hvert delmål.

Mål for prosjektgruppa:

- Leverer et sluttprodukt som ivaretar kravene fra oppdragsgiver.
 - Vi har konstruert et system som imøtekommer oppdragsgiver oppgavetekst, krav og forventninger.
- Leverer et sluttprodukt som både prosjektgruppa og oppdragsgiver er fornøyde med.
 - Prosjektgruppa er fornøyde med sluttproduktet som både er velfungerende og godt dokumentert.
- Oppnå en slutt karakter alle i prosjektgruppa er fornøyde med.
 - Dette målet er ikke mulig å vurdere da prosjektgruppa på dette tidspunktet ikke har mottatt vurdering.
- Deltakerne i prosjektgruppa ønsker å fremstå som seriøse og attraktive jobbsøkere etter endt prosjekt.

- Klarer prosjektgruppa å oppnå et godt resultat for prosjektoppgaven, har vi gjennom en stor og ettertraktet arbeidsgiver som Kongsberg Maritime muligheter til å fremstå som attraktive jobbsøkere.
- Oppnå kompetanse innen en aktuell samfunnsutfordring, fornybar energi.
 - Bruk av pumpekraftverk for å lagre og utjevne energibidrag fra uforutsigbar fornybar energi, deriblant vindenergi, er et tema som er meget aktuelt og ofte oppe i media. Gjennom prosjektet har prosjektgruppa erfart å se flere miljøvennlig energikilder i en total sammenheng for å oppnå en god og stabil energiforsyning.
- Oppnå kompetanse innen KMs automasjonsprodukter.
 - Dette er noe av det vi virkelig sitter i igjen med etter prosjektoppgaven. Vi har fått god erfaring med AIM som utviklingsverktøy og dens gode fleksibilitet og funksjonalitet. Vi har også oppnådd kompetanse innenfor KMs maskinvare gjennom design og oppsett av prosjektoppgavens maskinvarestruktur.
- Økt kompetanse innen jobb i en prosjektgruppe.
 - Gjennom hele prosjektperioden har alle gruppemedlemmer jobbet tett i prosjekt. Dette har gitt oss verdifull kompetanse om en arbeidsform som er svært vanlig i bedrifter innen teknologi.
- Økt kompetanse innen koordinering av et prosjekt med flere aktiviteter og medlemmer.
 - Prosjektgruppa har vært relativt stor – 5 personer. Det har til tider vært utfordrende å fordele og koordinere alle aktivitetene. Dette mener vi er en god og viktig erfaring å ta med seg videre ut i arbeidslivet.
- Øke evnen til å omsette gode ideer til et godt resultat.
 - Vi har gjennom å ha vært 5 personer i prosjektgruppa hatt gode lagspillere i å utforme og omsette gode idéer.

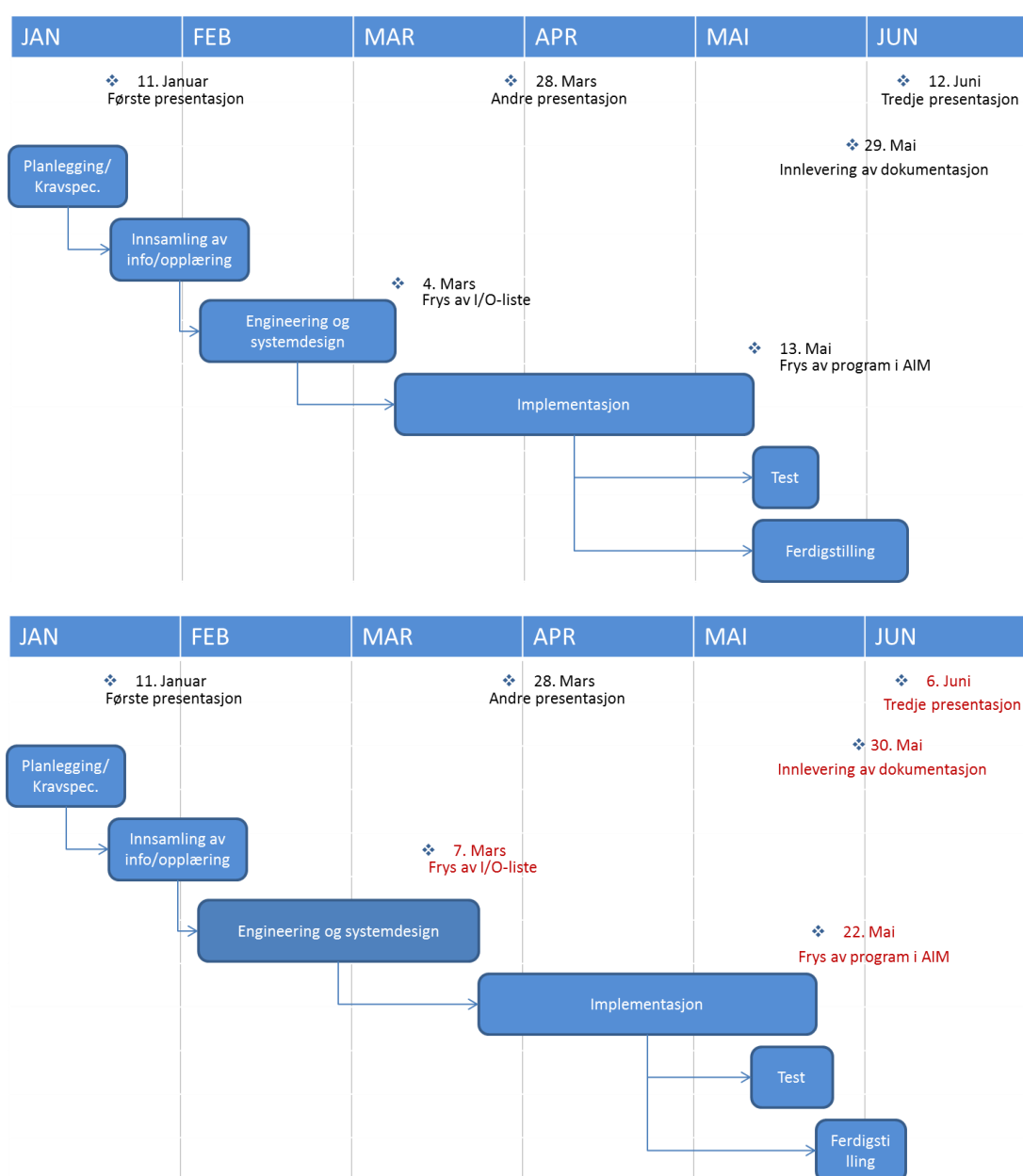
Mål for oppdragsgiver (Merk: Målene er vurdert av prosjektgruppa og ikke oppdragsgiver):

- Kartlegge hvorvidt KMs produkter kan benyttes på andre områder utenfor dagens anvendelser.
 - KMs PMS er primært designet for energikontroll på maritime installasjoner, med primært dieselgeneratorer som energikilder. Prosjektgruppa har møtt flere utfordringer med å konfigurere dette systemet for vår oppgave. Dette er videre forklart i kapittel 4.2.
- Markedsføre Kongsberg Maritime som en potensiell leverandør og samarbeidspartner innen fornybar energi.
 - Prosjektgruppa planlegger å vise frem oppgaven for andre bedrifter under «system engineering»-dagene på Høgskolen i Buskerud i midten av juni. Dette vil være en god arena for å markedsføre KM som en potensiell leverandør og samarbeidspartner innen fornybar energi.
- Markedsføre Kongsberg Maritime som en attraktiv arbeidsgiver for deltagerne i prosjektgruppa.
 - Prosjektgruppa har virkelig fått innblikk i KMs produkter og spennende satsingsområder. Dette er virkelig en attraktiv og spennende arbeidsgiver.

- Markedsføre Kongsberg Maritime som en attraktiv arbeidsgiver for andre studenter ved Høgskolen i Buskerud.
 - Gjennom presentasjonene og fremvisning av prosjektet ved Høgskolen har gruppen presentert informasjon om Kongsberg Maritime og deres produkter.

3.3 Planlegging

Ved 1. presentasjon av prosjektarbeidet i starten av januar presenterte vi en tidsplan vist øverst i Figur 1. Dette var en grov tidsplan basert på aktiviteter og Gantt-diagram levert i prosjektplanen [1]. Nederst i Figur 1 vises en oppdatert versjon av hvordan den samme planen ser ut i dag.



Figur 1 Tidsplan. Versjon fra januar øverst, og versjon fra slutten av mai nederst.

Som vi ser av figuren ble fasen for systemdesign trukket ut med ca. 2 uker i mars. Dette avviket kom primært pga. endringer i forutsetningene for oppgaven. Dette gjaldt spesielt Nygard pumpekraftverk som viste seg og ikke passe inn i resten av oppgaven. Dette temaet er nærmere beskrevet i kapittel 4.1. Som en konsekvens av at designperioden ble utvidet med 2 uker, ble implementasjonsfasen forsinket tilsvarende. Vi håpet å arbeide inn dette når vi begynte implementasjonen i AIM i starten i midten av april (etter 2 ukers eksamensperiode). Det viste seg imidlertid relativt raskt at denne perioden ble utfordrende nok i seg selv, som har resultert i at frys av programmet i AIM ble forsinket med ca. 1,5 uke sammenlignet med den opprinnelige planen. Dette skyldes mye utfordringene vi møtte i AIM, som kan leses mer om i kapittel 4.2. Denne utsettelsen i AIM ble taklet godt ved å jobbe parallelt med test og sluttokumentasjon i slutfasen. I etterpåklokskapens lys ser vi at det generelt burde vært satt av mindre tid til planlegging, og mer tid til implementasjon.

3.4 Tidsforbruk

Prosjektarbeidet har inkludert estimering av timer mot ulike aktiviteter definert av prosjektgruppa selv. Dette har vært en nyttig erfaring, da dette ofte er en del av en ingeniørs hverdag. Prosjektgruppa satt i prosjektplanen [1] opp flere aktiviteter med et estimert timeantall. Alle gruppemedlemmer har gjennom prosjektperioden (etter jul) ført arbeidstimer mot disse aktivitetene. Dette har blitt gjort i et funksjonelt excel-ark hvor timene har blitt summert og sammenlignet med estimatet i prosjektplanen [1]. Timeestimatene mot de ulike aktivitetene har, som forventet, blitt justert fortløpende i prosjektperioden. Mot slutten av prosjektarbeidet har det totale antallet estimerte timer blitt justert opp for å komme i mål.

Totalt planla prosjektgruppa å bruke 2500 timer på prosjektarbeidet etter jul. Denne summen var basert på veiledende forventede arbeidstimer pr. studiepoeng (se [2]) med noe påslag. Endelig forbrukte timer etter jul ser ut til å lande på ca. 2800. Dette gir et avvik på 300 timer i overforbruk.

Timeestimer innenfor de ulike aktivitetene har som nevnt blitt justert underveis. Aktivitetene med størst overforbruk sammenlignet med det opprinnelige estimatet har vært:

- Testspesifikasjon
 - Noe manglende kommunikasjonen i startfasen førte til at mye av arbeidet måtte tas opp igjen. Metodene for testingen ble skrevet for detaljert før vi hadde tilstrekkelig kunnskap om implementasjonsverktøyet vårt. Spesifikasjonen har også blitt justert fortløpende med endringer av krav.
- Innhenting av informasjon fra eksterne kilder.
 - Oppgaven omfattet å basere kontrollsystemet på eksisterende virkelige anlegg. Informasjonsinnhenting fra eierne av de ulike anleggene viste seg å være vanskelig og tidkrevende.
- Design av skjermbilder i GMS
 - Implementasjon av skjermbildene ble påbegynt uten en etablert designfilosofi og tilstrekkelig god plan. Dette førte til at de fleste skjermbildene måtte tegnes på nytt.
- Utvikling i AIM

- Det viste seg fort at AIM er en stor og fleksibel, med da også kompleks utviklingsplattform. Prosjektgruppa brukte derfor noe tid på å lære seg grunnleggende bruk av programvaren. Mye av funksjonaliteten vi la opp til i krav- og designdokumentet viste seg å bli utfordrende å få implementert innenfor det opprinnelige timeestimatet.

Aktivitetene med størst underforbruk sammenlignet med det opprinnelige estimat har vært:

- Møter
- Oppfølgingsdokument
 - Begge de overstående punktene er typiske administrative aktiviteter. Internt i prosjektgruppa har vi hatt ukentlige oppfølgingsmøter med gjennomgang av alle aktiviteter og skriving av oppfølgingsdokument. Begrunnelsen for avviket i timer er at prosjektgruppa ikke har vært flinke nok til å føre timer på disse aktivitetene.

3.5 Ekstern informasjonsinnhenting

I virkeligheten ville utviklingen av et slikt kontrollsystem krevd stor samhandling og informasjonsutveksling med leverandørene av de ulike undersystemene i energisystemet (komponenter i vindturbiner, tavler, pumpekraftverk m.m.). Oppgaveteksten fra oppdragsgiver la opp til å basere oppgaven på allerede eksisterende kraftanlegg i Norge (Mehuken vindturbinpark og Nygard pumpekraftverk). Dette krevde at vi måtte innhente en del informasjon fra eierne av disse anleggene. Dette viste seg å være tidkrevende og vanskelig. Mange av henvendelsene ble aldri besvart. I ettertid ser vi at denne tiden burde vært brukt til noe annet i prosjektet. Disse eksterne bedriftene kontaktet vi i løpet av designperioden:

- Kvalheim kraft (eier av Mehuken vindturbinpark)
- BKK (eier av Nygard pumpekraftverk)
- ABB (utvelgelse av elektriske maskiner for det nye pumpekraftverket)
- Grundfos (utvelgelse av pumper for det nye pumpekraftverket)
- ITT Flygt (utvelgelse av pumper for det nye pumpekraftverket)
- EB Energiproduksjon (utvelgelse av turbiner for det nye pumpekraftverket)
- EB Nett (støtte for design av fordelingsnett m.m.)

3.6 Dokumentasjon

Prosjektgruppa har siden starten av prosjektet vært bevisst på og forløpende dokumentere arbeidet underveis. Dette vil si at gjennom hele prosjektet har noen i gruppa utviklet dokumentasjon parallelt med at den aktuelle delen av prosjektet har foregått (typisk design- og implementasjonsdokument). På denne måten har vi unngått store skippertak mot slutten av en fase, i tillegg til at valg og detaljer blir dokumentert når de blir tatt (det er lett å glemme begrunnelser i ettertid). Dette mener vi har skapt en utfyllende og god dokumentasjon til oppgaven.

3.7 Samarbeid og arbeidsfordeling i prosjektgruppa

Prosjektgruppa har samarbeidet godt gjennom prosjektperioden. Vi har for det aller meste sittet sammen i arbeidet. Dette har skapt et godt og åpent sammenhold i gruppen, og en mulighet til å ta diskusjoner fortløpende i prosessen.

Med størrelsen på prosjektgruppa (5 stk.) har det vært utfordrende å fordele aktiviteter til alle gruppemedlemmene på en god måte slik at prosjektet drives effektivt fremover. Ofte avhenger en aktivitet av en annen aktivitet, noe som kan føre til noe dødtid. Ved å sitte mye samlet har vi hele tiden kunnet følge opp hverandres aktiviteter, og på denne måten for det meste unngått dette.

3.8 Interne og eksterne veiledninger

Prosjektgruppen har gjennomført ukentlige faste oppfølgingsmøter med intern veileder. Oppfølgingsdokument og møteinnkallelse med agenda har blitt sendt ut to dager i forkant av møtet. På denne måten har intern veileder hatt mulighet til å forberede seg på hvilke aktiviteter som til enhver tid har foregått i prosjektet, og hvilke spørsmål prosjektgruppa ville komme med under møtet. Disse møtene har i stor grad basert seg på oppdatering av status og fremdriften i prosjektet.

I løpet av prosjektperioden har vi hatt flere møter med ekstern veileder. Som tidligere nevnt har vi blitt gitt relativt frie rammer i arbeidet med oppgaven. Ekstern veileder har hele veien uttrykt at det er viktigere at vi leverer noe lite som fungerer, i stedet for mye som ikke fungerer. Dette har vi fulgt opp ved å implementert litt og litt av designet i AIM, og utvidet med funksjonalitet etter hvert.

Sett i lys av den lave grad av inngripen i prosjektet fra begge veiledere og andre eksterne personer, mener vi at prosjektgruppa har vært selvstendige og selvgående i arbeidet med løsningen for oppgaven.

4 TEKNISK VURDERING

I dette kapittelet følger en rekke vurderinger og refleksjoner rundt de tekniske utfordringene vi møtte i prosjektperioden og resultatene prosjektgruppa har kommet med.

4.1 Pumpekraftverket

Etter informasjonsinnhenting i januar, så vi raskt at føringene rundt pumpekraftverket gitt i oppgavebeskrivelsen ble vanskelig å implementere. Oppdragsgiver ønsket at kontrollsystemet skulle basere seg på det eksisterende pumpekraftverket Nygard i Hordaland. Følgende egenskaper ved Nygard ble problematisk:

- For stor maskinkapasitet (56 MW) i forhold til vindkraftverket og Vindby.
- Ikke regulerbar i pumpemodus. Altså alltid 56 MW belastning ved pumping.
- Lang omstillingstid fra produksjon til pumping (15 min).
- Lav driftssikkerhet med kun ett aggregat.

I samråd med ekstern og intern veileder, ble vi enige om at prosjektgruppa selv skulle designe et fiktivt pumpekraftverk som passet inn i scenarioet med Mehuken og Vindby. Vi hadde et stort fokus på at pumpekraftverket skulle designes så realistisk som mulig, noe som gjorde at vi konsumerte mye tid på dette.

I ettertid har vi sett at selve kontrollsystemets utforming og funksjonalitet ikke er så avhengig av hvilke vindkraftverk eller pumpekraftverk vi har basert oppgaven på. Vi kan da spørre oss om det var nødvendig å bruke så mye tid av prosjektet rundt disse referansesystemene (oppgaverammene) for å designe kontrollsystemet. Når det er sagt har det vært nyttig å kunne forholde seg til faste rammer som for eksempel Mehuken vindkraftverk som er et virkelig anlegg.

4.2 AIM

Implementasjonen av systemdesignet i AIM ble en stor, utfordrende og lærerik del av prosjektet. Oppgaveteksten fra oppdragsgiver la føringer for at vi helst skulle benytte KMs standardmoduler for PMS i realiseringen av oppgaven. Den største utfordringen med arbeidet i AIM har vært balansering mellom å lage et system som kan settes ut i felt, og et system som skal kunne vises frem og simuleres. Ekstern veileder har vært opptatt av at produktet skal være så realistisk som mulig, men likevel kunne presenteres for en forsamling med dynamiske endringer i produksjon og forbruk.

4.2.1 Simulering

AIM har en ferdig funksjonsmodul for belastning av switchboardene i systemet – swbd_sim. Denne modulen er utviklet med hensikt å kunne kjøre FAT på PMS-systemer før systemet installeres i felt. Ved simulering i vår oppgave støtte vi på en del problemer ved bruk av denne modulen.

Normalt vil swbd_sim fordele last til alle tilkoblede generatorer. Dette blir ikke riktig i vår oppgave da vindturbinene skal betraktes som passive energibidrag, og ikke belastes fra PCS.

4.2.2 Vindkraftverk

Opprinnelig satt vi opp alle de 13 vindturbinene i såkalt «external mode». Dette betyr at turbinene styres av et eksternt system utenfor KMs PMS. Dette ville nok fungert i praksis, men når prosjektgruppa startet simulering med `swbd_sim`-modulen, la denne likevel belastning på vindturbinene. Siden dette ikke lot seg simulere valgte prosjektgruppa å finne en ny løsning hvor produksjonen fra vindturbinene følger et dynamisk settpunkt («track mode») som kontinuerlig settes av vindhastigheten målt på vindturbinen. På denne måten modelleres en produksjonsmengde fra hver vindgenerator som mates inn i energisystemet gitt av den målte vindhastigheten. Denne metoden hadde ikke blitt benyttet i praksis, men den gjør nytten når systemet skal kjøres som en simulator.

4.2.3 Pumpekraftverk

Ved pumpekraftverket blir de to vanngeneratorene styrt av PCS på sammen måte som dieselgeneratorer gjøres på skip (de samme modulene). Dette har vist seg å være en velfungerende og direkte oversatt løsning fra maritime anlegg.

Pumpene ved pumpekraftverket har fra systemdesignet, som oppgave å forbruke restenergien i systemet. Dette har blitt implementert ved å se på restkapasiteten i systemet (produksjon minus forbruk) som reguleringsvariabel og gitt pådrag til pumpene til denne er lik 0. Med andre ord er dette en ren effektregulering. I tillegg vil en annen funksjonsmodul – *consload*, sørge for å begrense pådraget til pumpene hvis frekvensen eller effektbruken går utenfor ønskede grenser. *consload* fungerer derfor som en sikkerhetsfunksjon, utenpå pumpestyringen.

4.2.4 Forslag til forbedringer

Gjennom arbeidet med denne oppgaven har prosjektgruppa brukt mye tid i AIM, og lært dette utviklingsverktøyet å kjenne. Vårt inntrykk er at AIM er svært omfattende, fleksibelt og funksjonelt. En naturlig konsekvens av dette er at brukervennligheten kunne vært bedre. En noe høy terskel for å forstå tenkemåten i utviklingsverktøy har gjort at prosjektgruppa brukte mye tid på å sette seg inn i ting. Vi har notert oss noen aspekter vi mener kan forbedres:

- Funksjonalitet for å koble forbindelser i «show connection»-bildet. Dette hadde effektivisert arbeidet med å koble sammen moduler.
- Vise flere moduler samtidig i «show connection». Mulighet for å koble fra terminalene til terminal ved å klikke i bildet.

5 EGENVURDERING

Etteranalysen avsluttes med en individuell egenvurdering fra prosjektets frem medlemmer.

5.1 Frode Kolgrov

Hovedprosjektet nærmer seg slutten, og det er på tide å oppsummere og reflektere over hvordan denne siste viktige perioden i bachelorstudiet har vært. Det første jeg vil si er at denne oppgaven har vært meget lærerik, og det største utbyttet jeg sitter igjen med etter gjennomført bachelorgrad.

Gjennom samtaler med bekjente ved andre ingeniørhøgskoler i Norge, har jeg inntrykk av at Høgskolen i Buskerud legger større vekt på det avsluttende hovedprosjektet sammenlignet med andre høgskoler. Jeg vil gi honnør til Hibu for satsing på akkurat dette og et godt opplegg som stimulerer til engasjement og læring. For meg har den største læringen i dette prosjektet vært å følge utviklingen av et produkt fra idé og visjon, via spesifikasjon, til design og implementasjon. Dette har gitt et helhetlig overblikk av en prosess som brukes hos de fleste fremtidige arbeidsgivere.

Som prosjektleder for prosjektgruppa har jeg møtt nye og spennende utfordringer i form av å lede arbeidet og fordele arbeidsoppgaver. Sistnevnte har vært særlig utfordrende siden vi har vært en relativt «stor» gruppe på fem personer. Å koordinere alle aktiviteter og gruppedlemmer på en effektiv måte slik at alle trekker i samme retning har ikke alltid vært like enkelt, men jeg mener vi har samarbeidet godt og kommet opp med et godt resultat. Vi har gjennom hele prosjektperioden sittet for det meste sammen på Høgskolen eller på KMs lokasjoner i Teknologiparken. Dette har gjort at vi fortløpende har kunnet drøftet spørsmål og oppdatert hverandre på status og aktiviteter. Rent ikke-faglig har det også gjort at vi har blitt en sammensveiset gjeng med en god og hyggelig tone oss i mellom.

Faglig sett har jeg vært del i et prosjekt innenfor et spennende fagområde. Jeg har alltid interessert meg for vannkraftproduksjon, og fikk gjennom denne oppgaven sett dette i samspill med andre energikilder i et lukket energisystem. Mulighet til å sette seg inn i et så stort og omfattende verktøy som AIM har vært et absolutt høydepunkt i prosjektet. I ettertid ser vi at vi burde hatt mer tid til arbeidet i AIM, og brukt mindre tid på planlegging og design. Å implementere et design vi har jobbet med i flere måneder, og se at dette fungerer, er veldig moro!

Som student i industribachelorstudiet har det til tider vært utfordrende å kombinere hovedprosjektet med jobben jeg har i forbindelse med studiet. Dette har særlig vært vanskelig i sluttfasen hvor det har blitt mange sene kvelder. For å holde liv i familielivet har jeg personlig forsøkt og flyttet mine individuelle arbeidsoppgaver i prosjekt hjem på kveldstid. Dette har fungert fint for meg.

Jeg vil avslutte med å takke de andre på prosjektgruppa som jeg har hatt et godt forhold til det siste halve året. Det har vært mange faglige diskusjoner, men aldri usaklig argumentering eller større krangler. Samtidig har det vært mye moro og latter som har gjort det hele artigere å jobbe med. Jeg vil også takke veiledere og andre faglige støttespillere for nyttige samtaler underveis i prosjektet. Jeg tar med meg den nyttige erfaringen fra dette prosjektarbeidet ut i arbeidslivet.

5.2 Christian Sandberg

I prosjektarbeidet har jeg lært mye om gruppearbeid. Prosjektarbeid i gruppe har gitt meg et unikt innblikk i en situasjon hvor flere mennesker jobber sammen mot et felles mål. Denne situasjonen tydeliggjør viktigheten av et klart definert mål som alle er motivert for å oppnå, at alle tar ansvar, gjør sin del og kommuniserer klart og tydelig. Når disse tingene er ivarettatt, gjør det gruppa i stand til å ha en fremgang og hele tiden ha god oversikt over hva som er gjort, og hva som står igjen.

Ukentlige prosjektmøter har vært nyttige for å holde oversikten over hvordan prosjektet ligger an, både for oss medlemmer og forhåpentligvis også vår veileder – Frank Helgestad. Frank har kommet med kritiske spørsmål dersom han har følt at det trengtes, men også i stor grad gitt prosjektgruppa muligheten til å vise at vi har evne til å være selvgående, og selvstendige.

Videre har jeg fått en smakebit på hvordan det er å jobbe som ingeniør, med sitt eget ansvarsområde, i nærhet til det unike teknologimiljøet i Kongsberggruppen. Dette har gitt meg en følelse av tilhørighet og eierskap til prosjektet. Det har også tydeliggjort for meg, hvor interessant ingeniøryrket er for meg.

Gruppa har vært så heldige å samarbeide med Kongsberg Maritime, som er sammensatt av blant annet en stor gruppe med ressurser innenfor prosjektoppgavens fagområde, noe som har gjort at prosjektgruppa har kunnet undersøke om vi var på rett spor. Her vil jeg rette en takk til vår eksterne veileder – Espen Kværnstuen, som ved hjelp av kritiske spørsmål og et nettverk av ressurspersoner, har tatt seg tid til og veiledet oss gjennom prosjektperioden.

Mitt ansvarsområde har vært testing og simulering, og jeg føler jeg har utviklet meg i, og blitt fortrolig med, arbeid innenfor disse områdene – mest innen test. Jeg har sett at det er viktig å planlegge testene godt, og tenke nøye igjennom hvordan forskjellige krav skal kunne avdekkes, dersom man har planlagt testen grundig, går gjennomføringen lettere istedenfor å ta fokuset vekk fra det som er viktig.

For uten testing og simulering har jeg også deltatt i flere andre aktiviteter og gjøremål, som omfatter bruk av fler dataverktøy. Bruken av disse verktøyene har gjort at jeg har utviklet meg innen fler funksjoner som effektiviserer og letter prosessen med å behandle store datasett eller store dokumenter. Denne erfaringen kommer jeg til å ta med meg videre. Verktøyene omfatter i all hovedsak data og tekstbehandling ved bruk av Word, Excel og Matlab.

Fra mitt nåværende synspunkt vil jeg påstå at gruppa har håndtert problemer som har dukket opp bra, og holdt seg bra til planen. Prosjektet har blitt styrt godt av en strukturert prosjektleder, som har bidratt til at ivrige og motiverte gruppemedlemmer har jobbet med oppgaver som er passende for den enkelte, jeg føler meg privilegert som har fått muligheten til å jobbe sammen med mennesker som har så mye kunnskap og så god arbeidsmoral. Prosjektets prosess har blitt forskjøvet noe i tidsrommet før 2. presentasjon. Dette skyldes noe unødvendig tidsbruk for å konstruere pumpekraftverket, og for å lete etter løsninger som kunne brukes. Dette ser jeg i ettertid at var unødvendig å bruke så mye tid på – det er en erfaring å ta med seg. – Lesson learned: Definer tidlig hva som bør vies mye tid og oppmerksomhet, og hva som kan brukes mindre tid på.

5.3 Erlend Grøterud

Gruppen kom sammen første gang høsten 2011, og besto av mer eller mindre nye bekjenskaper for min del. Oppgaven fra Kongsberg Maritime virket interessant og utfordrende, men lite var konkret formulert og det tok derfor litt tid før jeg dannet meg et bilde av hva prosjektet skulle gå ut på. Før jul ble alle formaliteter tatt hånd om, forstudiet gjennomført, og vi bestemte oss for å legge inn den største arbeidsbelastningen etter jul. Vårsemesteret har derfor vært hektisk, da den estimerte arbeidsmengden nå skulle gjennomføres i praksis.

Gjennom året har jeg lært de andre gruppemedlemmene å kjenne, og jeg er veldig fornøyd med å ha fått muligheten til å jobbe sammen med de i dette prosjektarbeidet. De har vist engasjement og ansvar, og vi har hele tiden hatt felles oppfatning av hva vi ønsker å oppnå med oppgaven og hvordan vi skal oppnå dette. Personlig engasjement og høyt kunnskapsnivå kombinert med flere sterke personligheter har selvfølgelig skapt diskusjoner og mindre uenigheter, men vi har klart å holde dette på et profesjonelt nivå, og mye konstruktivt har kommet ut av det. Fremdriften av prosjektet har til tider også vært utfordrende, særlig i begynnelsen da mange oppgaver var avhengig av at foregående var utført, og ingen av oss egentlig visste akkurat hvordan vi skulle angripe alle utfordringene. Ettersom forutsetninger og informasjon kom på plass har arbeidsfordelingen fungert fint, og jeg har inntrykk av at alle stort sett har gjort så godt de kan for å trekke i samme retning. Gruppen har stort sett jobbet samlet, noe jeg mener har vært hensiktsmessig fordi mye av tiden har gått med til å skape en klar definisjon av oppgaven.

Den tekniske delen har absolutt vært tilstrekkelig utfordrende, og det har hele tiden vært mye å sette seg inn i. Fornybar kraftproduksjon og regulering av denne er et fagområde jeg hadde liten forkunnskap om, og mye av designfasen gikk for min del ut på å forstå prinsippene for slike systemer. Jeg likte ideen bak prosjektet da den både omhandlet relevante utfordringer for kybernetikkstudiet og samfunnsmessige utfordringer, som er relevante for tiden som kommer. Videre skulle oppgaven realiseres ved bruk av KM's AIM, som jeg heller ikke hadde forkunnskaper om. Men å sette meg inn i dette var et av mine personlige mål for prosjektet, og med god hjelp fra andre i prosjektgruppen og dyktige veiledere ved KM, har jeg lært mye, og mener jeg har kunnet bidra i den praktiske realiseringen av oppgaven. Sett i etterpåklokskapens lys, kunne vi begynt utviklingen i AIM tidligere og brukt noe mindre tid på systemdesign, dette fordi det har vist seg at noe av arbeidet i designfasen var uhenktsmessig detaljert og en enklere tilnærming hadde antagelig vært tilstrekkelig.

Totalt sett har jeg hatt mange lærerike erfaringer, både om meg selv, og om det å jobbe så tett sammen med andre over en lengre periode, og jeg er veldig fornøyd med resultatet vi har oppnådd.

5.4 Lars Fjelltun

Prosjektoppgaven vi fikk tildelt av Kongsberg Maritime har vært både interessant og lærerikt. Interessant fordi jeg har lært meg hvilke muligheter man har med Kongsberg Maritimes AIM system, og hvordan AIM-systemet fungerer. Lærerikt fordi jeg har tilegnet meg mye ny kunnskap om hvordan det er å jobbe over lang tid med et så stort prosjekt.

Kongsberg Maritime har gitt oss en spennende oppgave som har latt oss bruke det vi har lært på skolen i praktiske sammenhenger. Det har vært fint å fått lov til å benytte seg av Kongsberg Maritimes lokaler, her har jeg fått erfaring om hvordan det er å jobbe på en arbeidsplass. Dette er første gang jeg har vært med på et så stort gruppearbeid, og prosjektet har vært svært anderledes fra andre prosjekter jeg har hatt på skolen.

Prosjektgruppen har jobbet sammen veldig bra fra første stund, jeg har vært så heldig å fått en gruppe der det ikke har vært noen form for krangling internt. Alle har stort sett vært hyggelige og positive hele veien. Gruppen har også vært motiverte fra første stund, og vi har jobbet jevnt gjennom hele prosjektperioden. Denne prosjektgruppen har gjort at det har vært en morsom oppgave å jobbe med, der alle har bidratt til en hyggelig stemning og et positivt miljø.

Det jeg synes har vært mest krevende med hovedprosjektet har vært å kombinere prosjektet med jobben og familien. Det har også vært mye å sette seg inn i, i form av programvare som skulle brukes og ikke minst følge retningslinjene som er gitt av Kongsberg Maritime og HiBu. Prosjektoppgaven har også krevd at vi har ført dokumentasjon på et profesjonelt nivå, noe som har vært svært krevende å sette seg inn i, da jeg er vant med å skrive dokumenter med et mer folkelig språk.

Kort oppsummert er jeg veldig fornøyd med prosjektgruppen og arbeidet vi har lagt i prosjektet. Hele prosjektarbeidet har vært utført med innsats fra alle sammen, og jeg synes vi har fått et bra sluttprodukt. Gjennom prosjektet har jeg tilegnet meg mye ny kunnskap, og selv om vi har møtt på en del utfordringer, så synes jeg vi har kommet oss igjennom prosjektet på en bra måte.

5.5 Peder Numme

Hovedprosjektet ved HiBu har til tider vært frustrerende og slitsomt, men mest av alt har det vært morsomt, spennende og svært lærerikt. Prosjektgruppa har vært sammensatt av to jeg har kjent gjennom snart fem år med studier, og to heltidsstudenter jeg har vært så heldig å bli kjent med i løpet av prosjektet. Samarbeidet i gruppa har fungert svært bra, og jeg synes vi har utviklet oss til å bli en godt sammensveiset gjeng der ingen er redd for å ytre sin mening, og dette mener jeg er viktig for å få til et godt samarbeid. Alle i gruppa har stått på, og i perioder, jobbet svært mye for å komme i mål med oppgaven. Jeg har i løpet av prosjektet lært mye om meg selv og om det å forholde meg til andre i en gruppesammenheng. Det er flere av gruppemedlemmene, meg selv inkludert, som kan ha sterke formeninger om hvordan ting bør være og dette er noe som har ført til mange lærerike og nyttige diskusjoner.

Selve prosjektoppgaven gitt av Kongsberg Maritime synes jeg har vært veldig spennende og relevant. Jeg har selv vært ansatt i KM de tre siste årene som industribachelorstudent, og har i løpet av disse tre årene fått god kjennskap til hvordan AIM og automasjonssystemet som en helhet fungerer. Det som var nytt for meg i denne oppgaven var konstruksjon og virkemåte av Power Management systemet. Det å bygge en PMS fra bunnen av, for noe annet en det er tiltenkt, har gitt meg god innsikt i hvordan systemet fungerer. Det dukket ved flere anledninger opp utfordringer nettopp på grunn av dette, og dette fører igjen til at man må sette seg ekstra godt inn i hvordan systemet fungerer for å finne en løsning. I tillegg til å ha lært mye om PMS har jeg lært mye om generell kraftproduksjon både på land og vann.

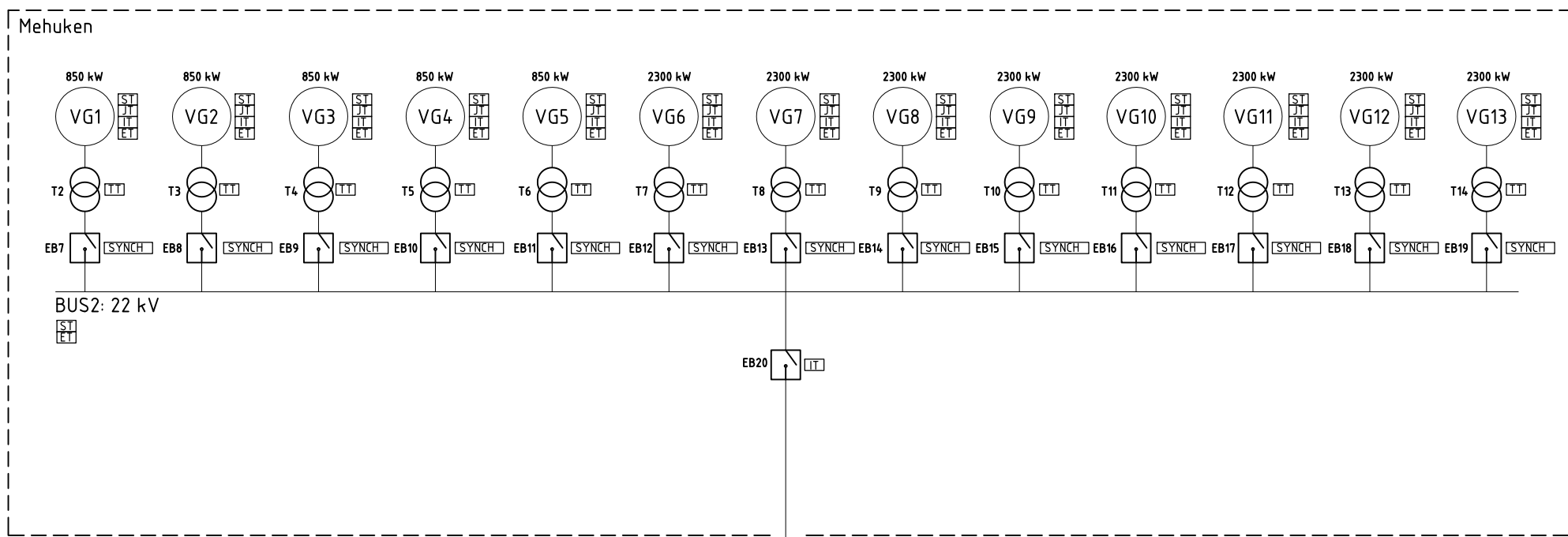
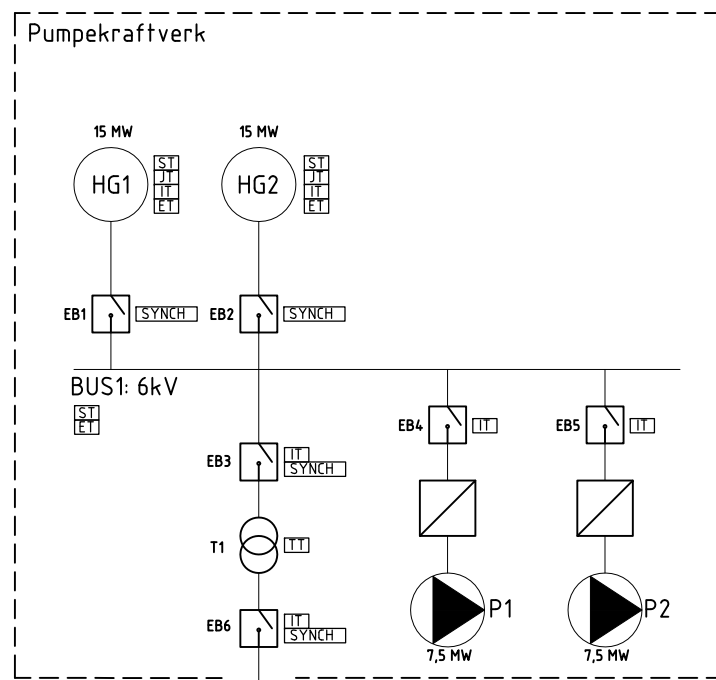
Når det gjelder opplegget rundt hovedprosjektet fra HiBu sin side ønsker jeg å gi ros for et seriøst og bra opplegg. Jeg føler jeg sitter igjen med et godt læringsutbytte fra selve oppgaven så vel som den administrative delen av prosjektet. Denne delen synes jeg prosjektgruppa har klart å håndtere veldig bra. Jeg mener vi fra første stund har vært strukturerte, og at vi alltid har hatt fokus på at dette også er en viktig del av prosjektet. Jeg synes det har vært nyttig å kunne være med på å planlegge og bestemme aktiviteter for prosjektet fra start til slutt, samt følge opp aktivitetene underveis. Vi har hele tiden vært flinke til å føre timer på aktivitetene vi har jobbet med. Dette har gjort at vi har kunnet oppdatere timeestimatene underveis, og på denne måten unngått noen store overraskelser.

Som industribachelorstudent har det til tider vært tungt å kombinere jobb og hovedprosjekt. Spesielt i tidsrommet januar – april da vi i tillegg hadde et ti studiepoengsfag ved siden av prosjektet. I denne anledning vil jeg takke min sjef, Espen Kværnstuen, som har vært forståelsesfull og gitt meg tid til å jobbe med hovedprosjektet når jeg har hatt behov for det. Jeg vil også takke de andre prosjektmedlemmene for en solid innsats. Jeg synes alle har bidratt til å lage det jeg mener har blitt et bra produkt og en bra oppgave!

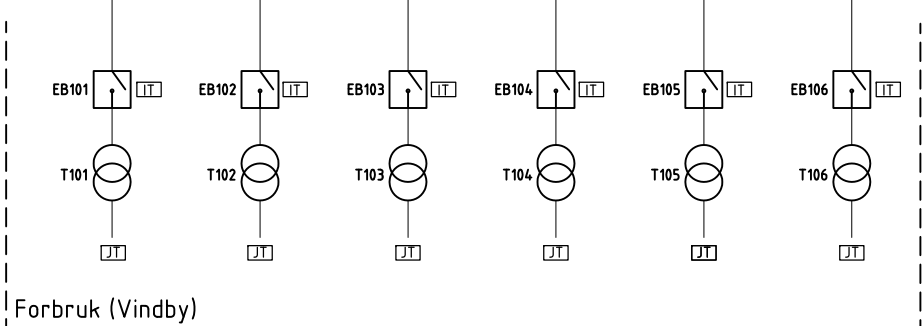
6 REFERANSER

Tabell 3 Referanser

REFERANSE	DOKUMENTTITTEL	REVISJON
[1]	Prosjektplan	3.0
[2]	Prosjekthåndbok (Olaf H. Graven og Torbjørn Strøm 2010)	




BUS3: 22 kV (Distribusjonsnett)

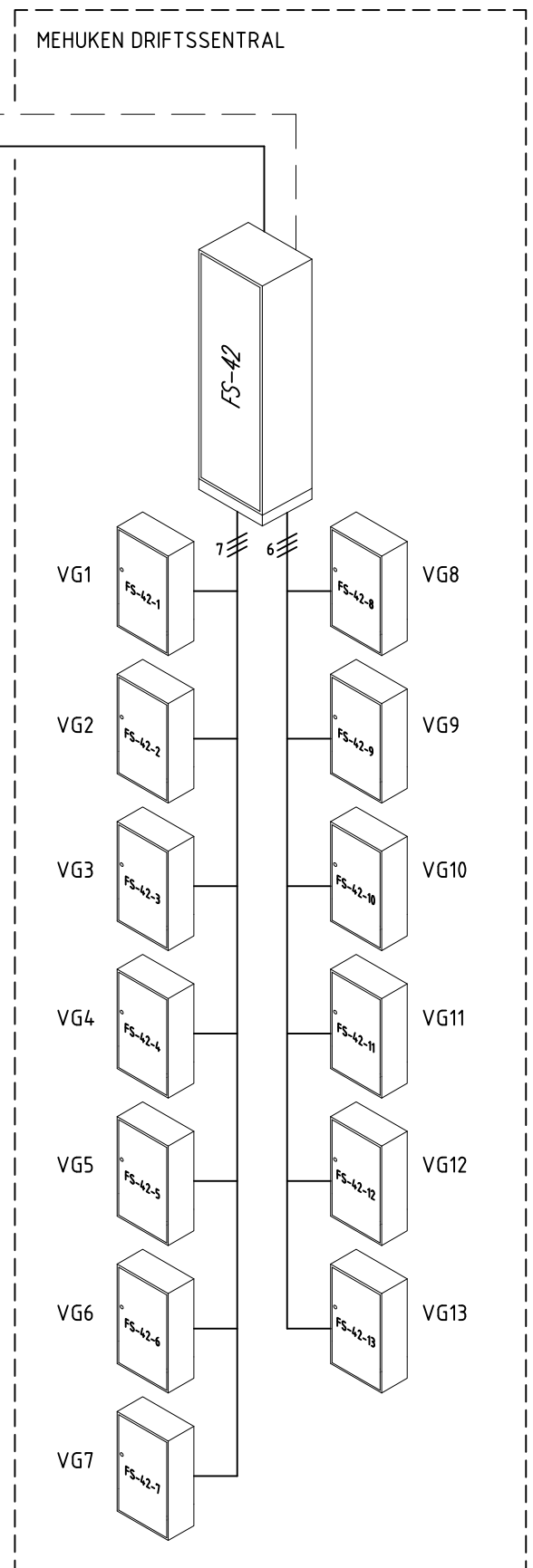
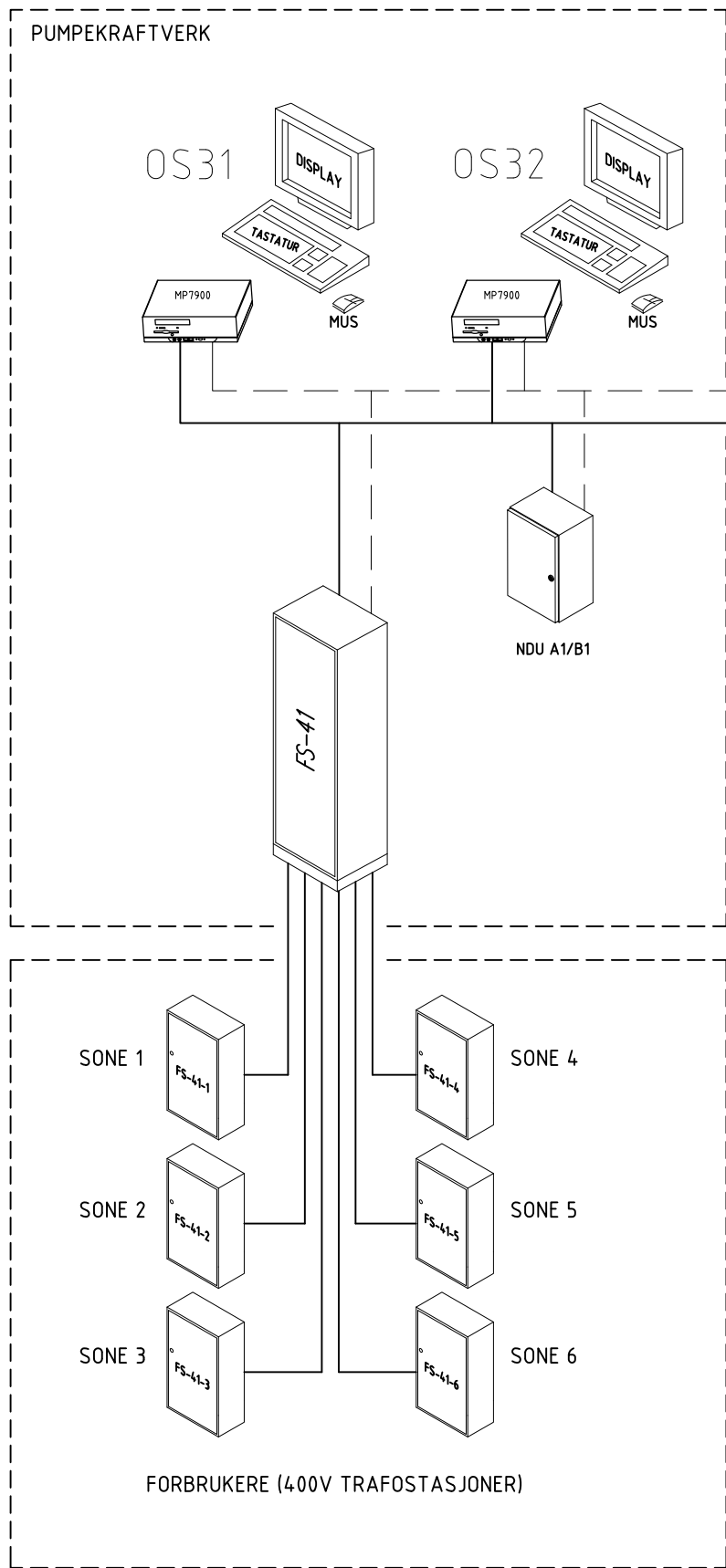


Forbruk (Vindby)

Prosesstasjoner		
Prosesstasjon	Redundant	Beskrivelse
PS41	Ja	HG1, HG2, P1, P2 og Distribusjon/Forbruk
PS42	Nei	VG1-VG13

P - Pumpe
 EB - Effektbryter
 T - Transformator
 VG - Vind Generator
 HG - Hydro Generator

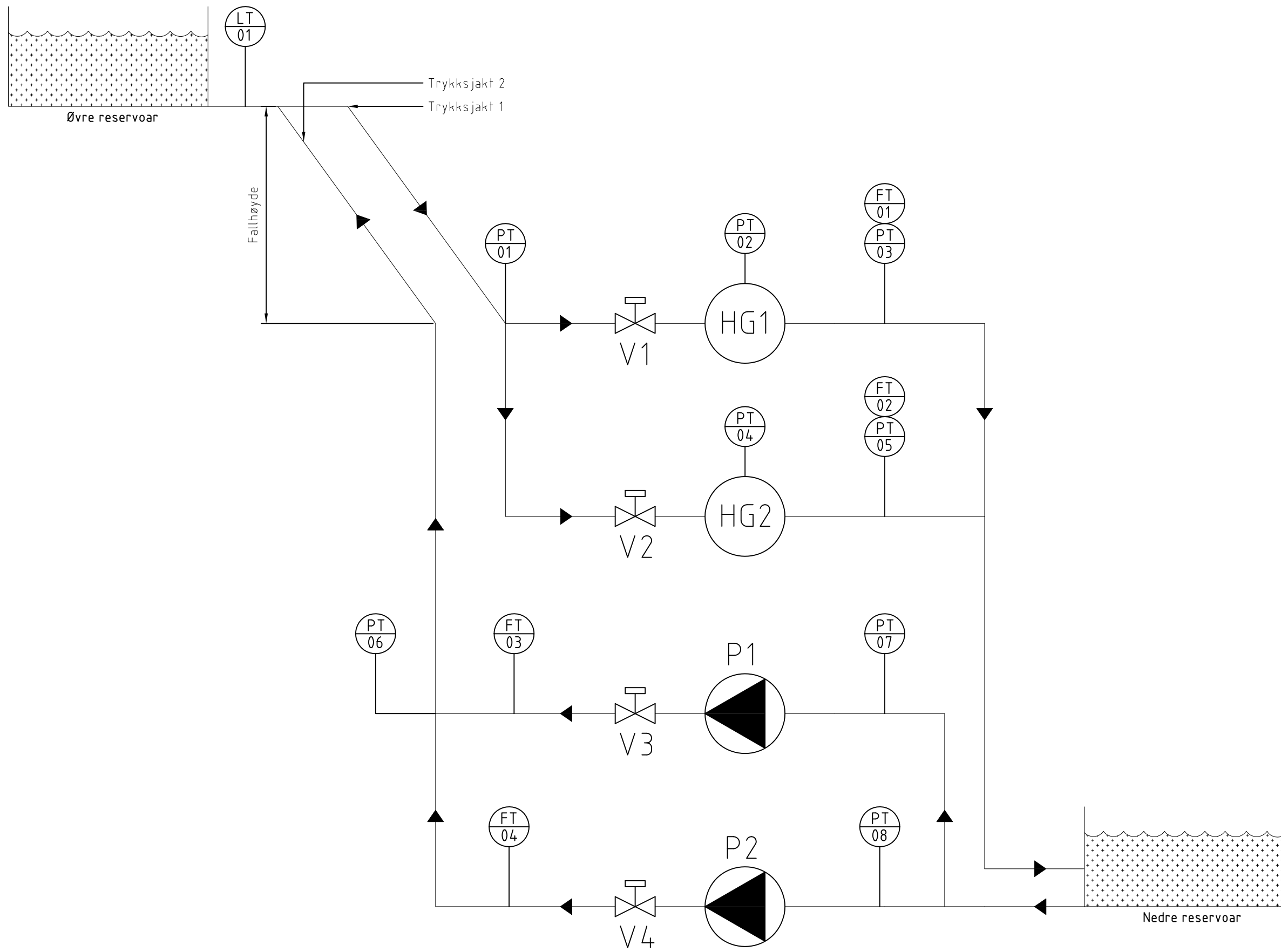
	Beskrivelse	En-Linje Skjema	Revisjon	1.0
	Prosjekt	Power Control System		
	Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime		
	Utført ved	Høgskolen i Buskerud		




— NET-A
 - - NET-B
 — RBUS

Prosesstasjoner		
Prosesstasjon	Redundant	Beskrivelse
PS41	Ja	HG1, HG2, P1, P2 og Distribusjon/Forbruk
PS42	Nei	VG1-VG13

	Beskrivelse	Revisjon
	Systemtopologi	1.0
	Prosjekt	Power Control System
	Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime
	Utført ved	Høgskolen i Buskerud



	Beskrivelse		Revisjon
	Turbin-/Pumpekrets		1.0
	Prosjekt	Power Control System	
	Oppdragsgiver	Kongsberg Maritime	
Utført ved		Høgskolen i Buskerud	