

BACHELOROPPGAVE

PROSJEKTAKT

Tilstandsvurdering og gjennomgang av elektrotekniske komponenter Hove kraftverk, Vikfalli



- André Gjesdal Håkonshellen
- Tormod Sanden
- Karl Martin Opseth Norbom

AVDELING FOR INGENIØR- OG NATURFAG

HOVEDPROSJEKTRAPPORT EL2-305

<http://studprosjekt.hisf.no/~15vik/#>

TITTEL Prosjekt AKT, tilstandsvurdering Hove kraftverk, Vikfalli	RAPPORTNR. 1	DATO 22.05.2015
PROSJEKTTITTEL Hovedprosjekt EL2-305	TILGJENGLIG Åpen	ANTALL SIDER 67
FORFATTERE Tormod Sanden Karl Martin Opseth Norbom André Gjesdal Håkonshellen	ANSVARLIGE RETTLEDERE Nils Westerheim (HiSF/Statkraft) – Prosjekt ansvarlig og ansvarlig rettleder Joar Sande (HiSF) – Faglig rettleder Nils Tysseland (Statkraft) – Rettleder	
OPPDRAGSGIVER Nils Westerheim, Statkraft		
SAMMENDRAG Prosjektet er et samarbeid mellom Statkraft og prosjektgruppa. Vi har fått i oppgave å lage en tilstandsvurdering av elektrotekniske komponenter. For å få en forståelse av hvordan tilstandsvurderingen fungerer, har vi satt oss inn i kraftverkets virkemåte. SUMMARY The project is a collaboration between Statkraft and the project group. We have been tasked to create a condition assessment of electrotechnical components. To get an understanding of how state assessment work , we have put ourselves into the power plant's operation .		
EMNEORD Hove kraftverk, tilstandsvurdering, Kontrollanlegg		

Innholdsfortegnelse

Forord	iv
Sammendrag	v
Forkortelser	vi
1 Innledning	1
1.1 Hove kraftverk	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Avgrensninger	2
1.4 Hovedmål	2
1.4.1 Delmål	3
2 Teori	3
2.1 Hove kraftverk	3
2.2 Dam	5
2.2.1 Luker, ventiler og rør	6
2.3 Turbin	12
2.3.1 Hovedkomponenter	14
2.4 Generator	18
2.4.1 Stator	19
2.4.2 Statorvikling	20
2.4.3 Rotor	22
2.4.4 Lager	24
2.4.5 Hvordan blir spenningen til	26
2.5 Transformator	30
2.5.1 Koblingsgrupper	31
2.5.2 Kjernen	32
2.5.3 Viklingene	33
2.5.4 Kjøling	33
2.5.5 Stasjonstransformator	34
2.6 Kontrollanlegg	34
2.6.1 Konvensjonelt anlegg	35
2.6.2 PLS	36
2.6.3 Startfase PLS i kraftverk	37

2.6.4	PLS vs. konvensjonell	38
2.6.5	Hove kraftverk, konvensjonell og PLS	39
3	Tilstandsvurdering	40
3.1	Kontrollanlegg inklusiv vern	41
3.2	Hjelpeanlegg	42
3.3	Hovedtransformator T1	43
3.4	Generator G1+G2	43
3.5	Kabelanlegg 300- og 11kv	44
3.6	Høyspenningsanlegg 300- og 11kv	44
3.7	Jordingsanlegg	45
3.8	Fellesanlegg	45
3.9	Konklusjon	46
4	Prosjektadministrasjon	47
4.1	Organisering	47
4.1.1	Styringsgruppen	47
4.1.2	Prosjektgruppen	47
4.2	SWOT-analyse	48
4.3	Gjennomføring i forhold til plan	50
4.4	Økonomi og ressurser	51
4.5	Generell prosjektevaluering	53
4.6	Arbeidsmetoder	54
4.7	Prosjektmodell	54
4.8	Nettside	55
	Figur- og tabell-liste	56
	Referanser	58
	Vedlegg	60

Forord

Dette er en bacheloroppgave i faget EL2-305 Bacheloroppgave 2015, som er en avslutning av den 3-årige utdannelsen ved Høgskulen i Sogn og Fjordane. Bacheloroppgaven gir 20 studiepoeng og teller 2/3 av siste semester.

Oppgaven er gitt av Statkraft teknisk avdeling Gaupne, ved Nils Westerheim. Statkraft har i oppgave å rehabilitere Hove kraftverk. Her skal vi være med å se på hvordan vi lager en tilstandsvurdering av elektrotekniske komponenter med spesielt vekt på kontrollanlegg og hjelpeanlegg. For å få bedre utbytte av dette, har vi som delmål å sette oss bedre inn i hvordan de forskjellige komponentene i et kraftverk fungerer.

Prosjektgruppen består av:

André Gjesdal Håkonshellen	Prosjektleder
Tormod Sanden	Student
Karl Martin Opseth Norbom	Student

Styringsgruppa består av:

Nils Westerheim	Prosjektansvarlig og ansvarlig rettleder
Joar Sande	Faglig rettleder
Nils Tysseland	Rettleder

Vi vil rette en stor takk til Nils Westerheim, Joar Sande og Nils Tysseland for god hjelp i prosjektperioden. Takk til VRI-prosjektet for økonomisk støtte til gjennomføring av oppgaven.

Førde, 22.05.2015



André Gjesdal Håkonshellen



Tormod Sanden



Karl Martin Opseth Norbom

Sammendrag

Denne bacheloroppgaven er utført av tre avgangsstudenter ved Høgskulen i Sogn og Fjordane våren 2015. Etter samtaler med Nils Westerheim i Statkraft fikk vi en relevant oppgave i forhold til elkraftstudiet. Mesteparten av oppgaven går ut på faktiske oppgaver som ingeniører utfører i kraftverket.

Hovedmålet med oppgaven har vært å lære hvordan en tilstandsvurdering lages og hvordan den utføres. En stor del av tilstandsvurderingen har vært å finne ut av hvordan de tingene som skal vurderes fungerer generelt, og spesielt hvordan de fungerer i Hove kraftverk. Mye av prosjektet har vært «research» og skiving om de viktigste komponentene, en liten del av dette var to befaringer på Hove kraftverk. Etter hvert som det vi ville ha med fra komponentene grovt sett var ferdig, ble det skrevet inn i rapporten. Ut i fra dette har vi da tilegnet oss bedre kunnskap for å lage en tilstandsvurdering på de elektrotekniske komponentene, som er levert til arbeidsgiver.

Alt av elektrotekniske komponenter som vi har vurdert, er dokumentert i rapporten, mens tilstandsvurderingen i sin helhet er lagt til som vedlegg. Det er også tatt med en beskrivelse av dam og turbin i rapporten som ikke er en del av vurderingen, men som er en viktig del av Hove kraftverk.

Resultatet av tilstandsvurderingen ble bedre enn hva vi på forhånd hadde forventet, siden anlegget var i bedre stand enn det vi antok i starten av prosjektet. Med tanke på at anlegget er relativt gammelt, hadde det ikke vært unaturlig med mer slitasje. I konklusjonen på selve tilstandsvurderingen nevner vi at både vernene og vekselretteren bør byttes. Det mest hensiktsmessige er å gjøre det samtidig som annet arbeid skal foregå på kraftverket. Siden det ikke haster å få gjort disse tingene, vil det være mulig og gjøres under revisjon eller hovedrevisjon.

Forkortelser

NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
HRV	Høyeste regulerte vannstand
LRV	Laveste regulerte vannstand
VTA	Vassdrags teknisk ansvarlig
ST	Stasjonstrafo
SSK	Samleskinne
HS	Høyspenning
LS	Lavspenning
V	Volt
GWh	Gigawatttime
MW	Megawatt
kVA	Kilovoltampere
kV	Kilovolt
HMI	Human–machine interface
PLS	Programmerbar logisk styring
CPU	Central Processing Unit
RTU	Remote terminal unit
EBL	Energibedriftenes landsforening
mVS	Meter vannsøyle

1 Innledning

Dette er en hovedrapport i forbindelse med hovedprosjektet ved Høgskulen i Sogn og Fjordane, avdeling for ingeniørfag våren 2015. Prosjektet utgjør 2/3 av siste semester, og gir 20 studiepoeng.

Vi har valgt å sette oss inn i hverdagen til en ingeniør som driver med kraftverk. Her skal vi utføre en tilstandsvurdering i samarbeid med Nils Westerheim ved Statkraft teknisk avd. Gaupne. Vi i gruppen synes dette er et spennende prosjekt. Dette bygger også videre på faget elkraft fordjuping som vi hadde høsten 2014.

Vi har fått i oppgave av Nils Westerheim ved Statkraft avd. Gaupne og være med på en tilstandsvurdering av elektroniske komponenter ved Hove kraftstasjon, Vikfalli. Dette gjelder spesielt hovedtransformator, generatorer, kabler og kontrollanlegg med hjelpeanlegg.

Dette er en reell oppgave da Statkraft i disse dager lager en tilstandsvurdering over kraftverk. Som en deloppgave for å få en forståelse av hvordan et kontrollanlegg fungerer, skal vi sette oss inn i hvordan Hove kraftverk fungerer som helhet. Her har vi satt oss inn i hva som skjer fra vannmagasinet til det er strøm i transformatoren.

1.1 Hove kraftverk

Hove kraftverk i Vik i Sogn er en del av Vikfalli, som består av tre kraftverk, Målset, Refsdal 2 og Hove.

Tabell 1 - Tekniske data Vikfalli

Kraftverk	Antall aggregat	Effekt(MW)	Middelproduksjon (GWh/år)	Statkraft eierandel (%)	Sett i drift
Målset	1	23	73	88	1967
Refsdal 2	2	92	420	88	1968
Hove	2	61	368	88	1970
Sum Vikfalli	5	176	861		

I tabell 1 ser vi en oversikt over hvor mye som produseres i Vikfalli. Hove kraftstasjon har 2 aggregat, som til sammen produserer 61 MW. Et aggregat vil i hovedsak si turbin og

generator med hjelpekomponenter. Hove har en fallhøyde på ca. 300m og har et nyttbart magasin på 217 mill.m³.

Hove kraftverk har sitt inntak i Vikja like nedenfor Refsdal. Refsdal kraftverk tilsvarer således overvannet i Hove kraftverk. For å lette driften av kraftverkene, har en for Hove bygget et inntaksbasseng på 0,2 mill.m³. Tilløpstunellen er 4,7 km lang og har et tverrsnitt på 16 m². Kraftverket har en råsprengt u-foret trykksjakt på 362m, med helning på 56° og et tverrsnitt på 13,5 m². Kraftstasjonen er plassert i fjell og har 2 vertikale Francis-aggregater koblet til felles transformator. Stasjonen ligger 400 m inne i fjellet like ovenfor Vikøyri og har sitt avløp i Vikja. Første aggregat kom i drift 1969, andre aggregat våren 1970.

1.2 Problemstilling

Hove kraftverk er satt i drift 1970. Det vil si at enkelte komponenter i anlegget er startet å bli gamle. Da vil det være naturlig med en tilstandsvurdering på enkelte komponenter. Her vil vi i hovedsak foreta tilstandsvurdering på elektrotekniske komponenter (generator, hovedtransformator, kabler og kontrollanlegg med hjelpekomponenter).

I 1999 ble deler av kontrollanlegget med hjelpekomponenter skiftet, som en del av et større rehabiliteringsprosjekt.

1.3 Avgrensninger

Vi skal foreta en tilstandsvurdering av elektrotekniske komponenter i Hove kraftverk. Vi vil gjennomføre en teoridel der vi går igjennom kraftverkets funksjon, fra vannet kommer ned i vannmagasinet, til det blir strøm ut igjennom kabelanlegget, til Statnett sitt 320kV bryteranlegg. Her vil vi gå mer i detalj spesielt med tanke på de største og viktigste komponentene i anlegget.

Grunnet utsettelse på utskifting av kontrollanlegg, som vi skulle ta del i planleggingsfasen av, falt dette punktet bort. Teknisk vurdering av kabelanlegg faller også vekk, pga. tilsig av mye smeltevann. En stopp i drift på dette tidspunktet ved teknisk vurdering, ville ført til store økonomiske tap og fare for oversvømmelse i magasinene.

1.4 Hovedmål

Vi skal utføre en tilstandsvurdering av elektrotekniske komponenter ved Hove kraftverk.

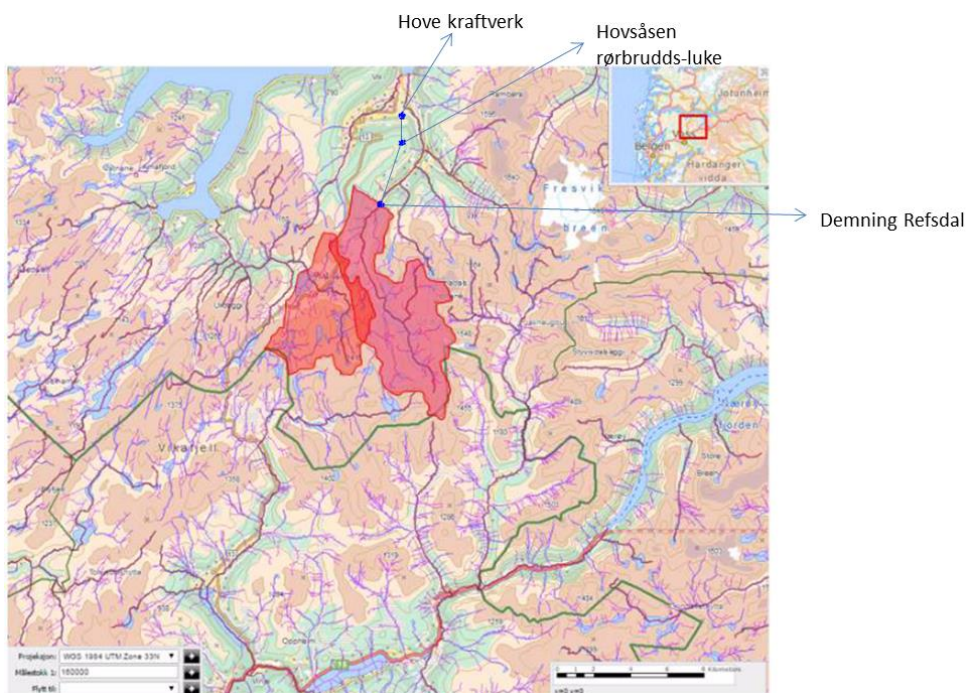
1.4.1 Delmål

- HMS-Plan/status
- Risikoanalyse
- Kartlegge teknisk tilstand på komponenter og utstyr
- Sette oss inn i hvordan et kraftverk fungerer
- Framdriftsplan
- Nettside

2 Teori

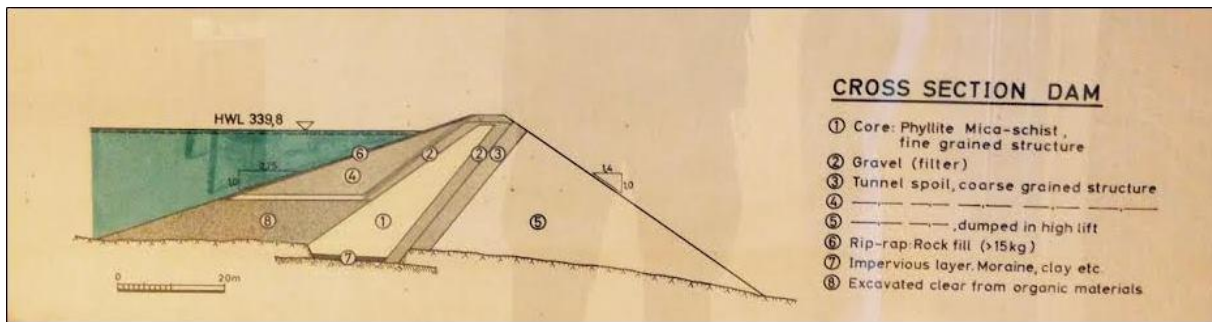
2.1 Hove kraftverk

Hove kraftverk forsynes i hovedsak fra steinfyllingsdammen ved Refsdal. Dammen fylles opp ved hjelp av utløpssvann fra kraftstasjonen ved Refsdal, og området som er merket med rødt er nedbørfeltet rundt tilsigsområde (se figur 1).



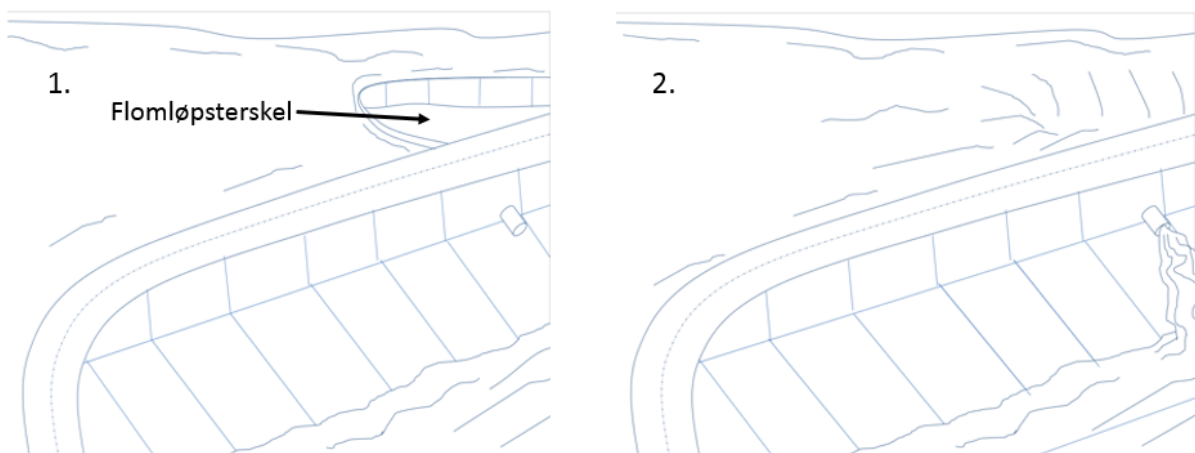
Figur 1 - Nedbørfelt og tilsigsområde til Hove Kraftverk [1]

Grunnen til at det kalles en steinfyllingsdam er at materialet som er brukt til å bygge demningen består av, asfalt- og morene-sand som tetting, med steiner utenpå (se figur 2). Den er også bygd med sterkt skrånede vegger både på luftsiden og vannsiden.



Figur 2 - Steinfyllingsdammen ved Refsdal

I selve dammen er det bygd noe som kalles flomterskel, det vil si at hvis vannet overstiger den, fører overflødig vann til gamle elveleier via flomløpstunnel (i figur 3 er det illustrert med et rør siden det er enklere å vise). Dette vannet blir tapt i forhold til energiutvinning, men flomterskelen er der for å spare trykket på demningen og dam-havari. I vanlig driftstilstand er vannet ganske høyt på flomterskelen, dette er for at trykket i driftstunnel/tilløpstunnel skal holdes oppe. NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) har gitt konsesjon til LRV (laveste regulerte vannstand) til 326 moh. og HRV (høyeste regulerte vannstand) til 339,8 moh. Dette er altså noe myndighetene bestemmer.



Figur 3 - 1 viser Flomløp. 2 viser at «overvannet» renner ned i elveleiet gjennom rør

I dammen er det to forskjellige vannstandsmålinger, trykktransmitter og boblerørsmåling. Prinsippet med trykktransmitter er at en transmitter plasseres på bunnen av magasinet sammenligner trykket hvor den er plassert, med trykket på overflaten. Med boblerørsmåling pumper man trykk inn i et trykkrør, og måler trykket på luften som blir kjørt ut i røret. Det trykket er ekvivalent med vanntrykket, og regnes om til vannstand. Det er også en måling som er direkte på demningen, nemlig 4 stykk poretrykksmålinger (vanntrykk i tetningskjernen). Det går ut på at man etablerer høye brønner i tetningen (på luftsiden) inn mot dammen. VTA (Vassdrags teknisk ansvarlig) blir kontaktet hvis målingen blir for høy, slik at de kan ta en

vurdering, men i 90 % av tilfellene blir det ikke gjort noe. Mer teoretisk bruk, enn praktisk. Det skal store forandringer i målingene, i forhold til utgangspunktet, for at demningen må utbedres.

Ved demningen er inntakslukehuset plassert, der finner man en varegrind med rensker som skal stoppe humus, røtter, trær, søppel også videre. Det er plassert en inntaksluke av typen rulleuke i huset. Videre fra huset er det en driftstunnel, hvor det også kommer inn en avgreining fra inntak Hopra, ned til Hovsåsen rørbrudds-luke, hvor det også er et tverrslag med T-rør som er en sikkerhetsventil ut i det fri. Samtidig som man har en adgangsport for å hindre dyr og publikum tilgang. Hovsåsen er et lite høybrekk der det er plassert lukekammer, avslagskammer og pådragskammer, samt et sandfang(sedimentbasseng). Derfra går en u-foret trykksjakt fra 318 moh. til 15 moh. Etter trykksjakta kommer en tunnel med sandfang, en ny varegrind til å filtrere ut siste rest av rusk før bukse-røret, innløpsventiler (kuleventil), aggregatene og sugerør med luke. Selve aggregatet består av en francisturbin med senter under vannspeilet i utløpstunnel med et sugerør med luke. Utløpstunnelen med fiskesperre tar det «brukte» vannet ut i elva Vikja [2]. Vedlegg 3 illustrerer vannveien.

Et sedimentbasseng eller sandfang, blir brukt til å samle opp stein, grus og sand som vannet tar med seg. Ved å bygge et skål-lignende hull i tunnelen, blir hastigheten på vannet så lav at stein, grus og sand vil legge seg i bunnen.

Trykksjakten i Hove er u-foret, av og til i kraftverk sammenheng er man nødt til å stål-fore trykksjakten. Som oftest pga. svakheter i fjellet. I et svakt fjell vil man med u-foret trykksjakt være utsatt for risiko, som at tunnelen skal rase sammen, ved store trykkforskjeller. Som for eksempel ved ned-tapping av magasinet.

2.2 Dam

En demning, eller ofte kalt dam, blir brukt til å hindre, om dirigere eller senke strømmen til rennende vann. Alt ettersom hva dammen skal brukes til, er de delt opp i; inntaksdammer, reguleringsdammer og flomkontroll eller nivå. Ved å demme opp, danner man vannmagasin og kunstige innsjøer som blir tappet og brukt til irrigasjon og kraftproduksjon. Årsaken til man demmer opp er at de fleste elver har høy vannføring på ugunstige tidspunkt, slik som på våren når energibehovet ikke er så stort. Mens på vinteren når energibehovet er høyt, er vannføringen liten. I slike store dammer har man ofte en damluke hvor man kontrollert kan

tappe vann både fjernstyrt og lokalt. Det skal også være mulig å bruke dammer som flomavledning, derfor er det lovpålagt med flomløp hvor vannet ved flom kan renne over uten å gjøre skade på selve demningen. Vannet som renner over flomløpet blir ofte ledet i rør eller tunnel til gamle elveleier. Man kan dele opp dammene i to hovedgrupper etter byggemateriale, betongdam og fyllingsdam. Disse har også forskjellige undergrupper. Et annet ord som blir brukt er stem og stammer fra gamle bekkekvener og sagbruk. I elver med lite vann kan små dammer (terskler, grunndammer) med overløp lage vannspeil [3].

Steinfyllingsdam

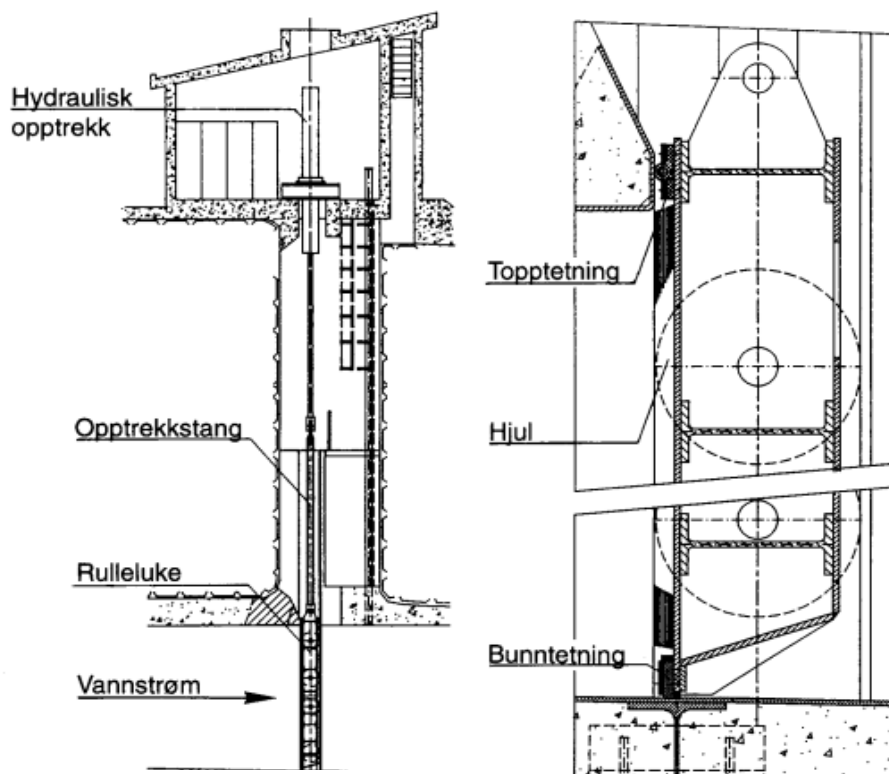
Steinfyllingsdammen er som navnet indikerer bygget av stein og er i kategorien gravitasjonsdam. Gravitasjonsdammer motstår vanntrykket med sin egenvekt. Det vil si at tykkelsen som oftest er 0,8 ganger høyden på fundamentet. Den har sterkt skrånende vegger både mot vannsiden og luftsiden. Steinfyllingsdammen er bygd opp av en kjerne som kan bestå av morenegrus og – sand eller asfaltkjerne. Man kan også bruke noe som kalles frontaltetting, det vil si at det er lagt et tettende lag over demningens vannside. Denne må også være solid for å motstå bølger og is. Tettingen lages av betong, asfalt (fin asfalt, ikke vanlig asfalt som brukes til vei) eller asfaltbetong (de demningene som ble bygd før 50-tallet hadde treplanker som tetting). Utenfor kjernen stables det relativt store stein, ofte brukes sprengt stein fra kraftanleggets vanntunneler. Prinsippet for steinfyllingsdammen er at hver stein og hvert sandkorn holdes på plass av massene rundt. Man vil aldri få en fullstendig tett morenekjerne, så det vil være en langsom transport av vann tvers gjennom, men fordi massene i midten er svært fine blir strømningsmotstanden stor og lekkasjen relativt liten [4].

2.2.1 Luker, ventiler og rør

Rulleluke

Rulleluke benyttes hovedsakelig som inntaksluke, men benyttes også i enkelte tilfeller som sugerørsluke (i Hove brukes en glideluke) for pumpeturbiner med stor dykking. Rulleluker blir stort sett brukt som avstengningsluke i inntaket eller i tilløpstunnelen til kraftverket. Rulleluken blir gjerne brukt der det er behov for at luken skal kunne gå ned av egen tyngde, uten hjelp av lukespillet, når det er full vannføring gjennom lukeløpet. Dette er en viktig funksjon som man har av sikkerhetsmessige hensyn og kalles ofte nød-stengefunksjon. Funksjonen brukes ved behov for hurtig avstengning av vannveien, når man ikke har tilgang

på ekstern krafttilførsel på grunn av strømbrydd eller andre årsaker. Luken er derfor utstyrt med hjul istedenfor glidelister slik at friksjonskraften mot lukking blir så liten at luken går ned. Fordelen med rulleluker har man først og fremst ved store lysåpninger fordi opptrekkskreftene blir mindre enn for glideluker. Dette gir mindre og rimeligere opptrekksspill og opptrekksstang. Det er enkeltvirkende sylindere, som gjør at hydraulisk dimensjonering er enkel. Rulleluken er som regel bygget opp som en plan bjelkekonstruksjon og det brukes oftest gummitetninger rundt hele luken. På eldre luker ser man ofte at det som bunntetning brukes en eikestokk som tetningsmateriale. Tetningene kan ligge både på oppstrøms- og nedstrøms side i føringene. Figur 4 viser en rulleluke. Rulleluker med relativt stor lysåpning utsatt for høye trykk må ha mange og tettsittende hjul, slik at belastningen på hvert hjul ikke skal bli for stor. Det er derfor viktig at alle hjulene ligger godt an på rullebanen slik at man får en jevnt fordelt belastning på alle hjul og på underlaget. For å sikre seg dette, deles ofte luken horisontalt opp i to eller flere boggier. Hver boggie har vanligvis fire hjul. Rulleluken bør ikke brukes som tappeluke fordi den under ugunstige forhold kan settes i bevegelse av trykkpulseringer under avløpskanten. Den kan imidlertid godt brukes til oppfylling av vannveien når denne har vært tømt, forutsatt at bunntetningen er formet for dette bruk og at baksiden er godt luftet. Luken åpnes da til meget små åpninger (2-5cm) [5].

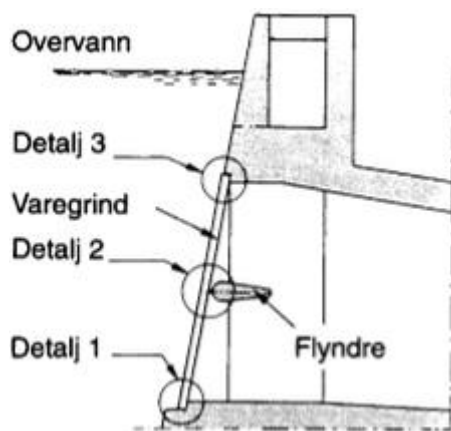


Figur 4 - Rulleluke

Varegrind og varegrind med rensker

Varegrinder skal hindre større legemer, som for eksempel tømmer, kvist og stein, i å komme inn i tunnelsystemet og gjøre skade på ventiler og turbin. Som regel dimensjoneres varegrindene for et differansetrykk på minst 10 mVS for å motstå delvis gjentetting.

Varegrinden skal ha en lysåpning mellom stavene som holder tilbake gjenstander som kan kile seg fast i løpehjul eller ladeapparat når dette står i ca. 80 % åpen stilling. Av og til er det hensiktsmessig med en grovgrind i inntaket og en finere grind på et bedre tilgjengelig sted i vannveien. I Hove står det en grovgrind i inntaket, mens en finere grind står rett etter det siste sandfanget, før bukse-røret og aggregatene. Oppbygningen av en varegrind er vist i Figur 5.



Figur 5 - Varegrind



Figur 6 - Varegrind med rensker

På varegrinder vil i hovedsak følgende skadetyper kunne oppstå:

- Normal slitasje, deformasjonen
- Løse skrueforbindelser og sprekker

Disse skadetyperne er nærmere beskrevet i nedenfor. Varegrinder kan skades av vibrasjoner på grunn av skjevstrømning eller fra utilstrekkelig avstigning i forhold til vannhastigheten.

Tømmer og is kan forårsake deformasjoner som utvikler seg til brudd eller havari. For varegrinder plassert på toppen av en trykksjakt kan løse skruer følge med inn i turbinen og gjøre skade. Enda verre er det om hele grindfelt løsner. Varegrinder beregnet for planking ved revisjon av nedenforliggende luke eller vannvei bør inspiseres med faste intervaller og alltid før planking (eventuelt av dykker).

Ved oppgraderinger av anlegg med økt effekt og vannføring må opprinnelige designkriterier sjekkes for å se om opprinnelig design tåler økt vannhastighet[5].

Tabell 2 - Varegrind - Normal slitasje, deformasjoner

Årsaker	<ul style="list-style-type: none"> - Korrosjon - Mekanisk slitasje
Mulige konsekvenser	<ul style="list-style-type: none"> - Økt falltap - Styreduksjon
Prøvemethode for påvisning [Utsagnskraft]	<ul style="list-style-type: none"> - Visuell inspeksjon [A], [B]
Påvisning	<ul style="list-style-type: none"> - Rustknuter, groptæring - Stavene er slitte eller deformert av grindrensker eller is og tømmer

Tabell 3 - Varegrind - Løse skrueforbindelser og sprekker

Årsaker	- Vibrasjon
Mulige konsekvenser	- Stavbrudd, sammenbrudd ved stor gjentetting - Løse skruer/grindstaver kan skade turbinen
Prøvemethode for påvisning [Utsagnskraft]	- Visuell inspeksjon [A], [B] - Vibrasjonsmåling med akselerometer [A] - Spenningsmåling med strekkklapper [A]/[C] - Sprekkkontroll med penetrant eller magnetpulver [A]
Påvisning	- Sprekker i eller ved sveis - Løse bolter - Deformerte staver eller felt

Kuleventil

Figur 7 viser en kuleventil og noen av dens hovedkomponenter. Kuleventiler består i korthet av et kuleformet ventilhus med et opplagret dreielegeme. Dreielegemet er også i prinsippet kuleformet med en gjennomgående boring like stor som tilslutningsflensene. Ventilhuset har enten en permanent, boltet kløv, eller det kan sveises av to halvdeler etter at dreielegemet er plassert. Avansert teknikk og konstruksjon gjør dette mulig.

I åpen stilling danner gjennomløpet og endeflensene en nesten tapsfri forbindelse mellom opp- og nedstrøms rørsystemer. Både hus og dreielegeme er velegnede for høye trykk og tillater gode pakningsarrangement. I stengt stilling er gjennomløpet dreiet 90° og tetningene trer i funksjon. Kuleventiler for kraftverksbruk har oftest nedstrøms hovedtetning av gummi, og oppstrøms revisjonstetning av rustfritt stål eller gummi. Revisjonstetningen aktiveres ved å sette vanntrykk på den slik at den presses mot et tetningssete på dreielegemet. Hovedtetningen på spesiallagde ventiler aktiviseres også ved vanntrykk, mens standardventiler, som kan være rimeligere, som regel bare forspenner en fast gummitetning.

Pakningsanslag, klemlister, akseltapper og rør for vannstyring lages av rustfritt stål.

Glidelagrene for tappene fores med blytinnbronse.

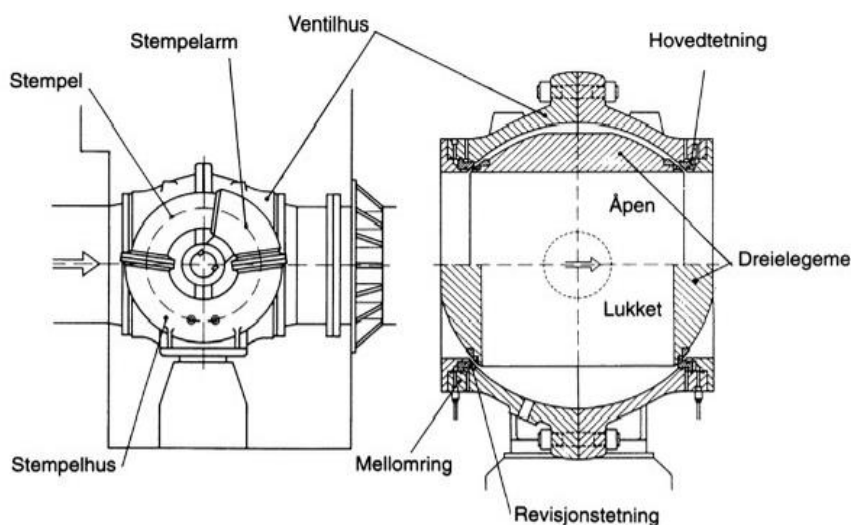
Dreielegetetnet drives av en eller to servomotorer. Det er ønskelig med en lukkemekanisme som i sin helhet er festet til ventilhuset. Da overføres det ikke krefter til omkringliggende konstruksjoner og hele lukkekraften og lukkemomentet under selve lukkingen tas opp av rør og ventil. Dette letter fundamentering og dimensjonering av flenser og tilstøtende rør. Servomotorene for denne løsningen er ofte ringformet (torusformet). Dette er den mest brukte konstruksjon i Norge.

Alternative pådragsløsninger benytter vanlige servosylindere festet til en pådragsarm. Et fallodd for å sikre selvlukking festes på armen.

I Norge benyttes ofte trykkvann fra sjakten som drivmedium for servomotorene.

Styresystemet dimensjoneres og utrustes for dette, vannet må filtreres godt og bare rustfrie materialer benyttes i styre- og stengeventiler. Det finnes lang og god erfaring med dette systemet. Alternativt brukes oljehydraulikk med eget trykkaggregat og eventuelt akkumulator. Spesielt ved sandholdig vann er et lukket system med oljehydraulikk anbefalt for å redusere vedlikeholdskostnadene.

Moderne nye styreventiler er konstruert med fallodd for lukking og hydraulikk for åpning av ventilen. Nye styreventiler med vannhydraulikk har også mindre vannforbruk, noe som forenkler filtreringen i forhold til eldre typer[5].

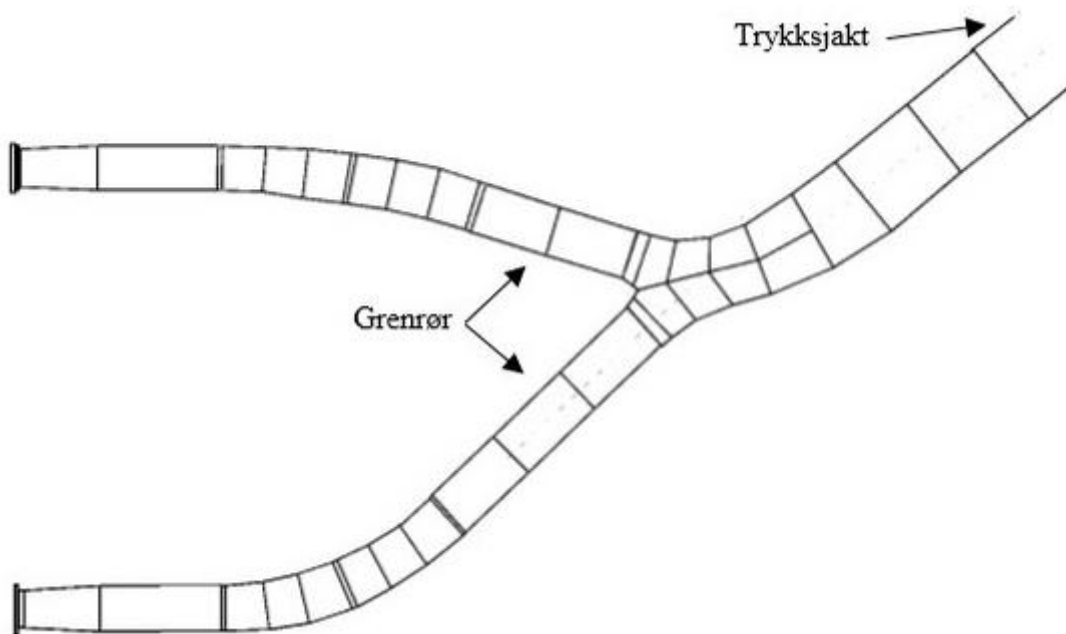


Figur 7 - Kuleventil med hjelpekomponenter

Rør

Grennrør/bukse-rør

I kraftverk som Hove som har flere enn ett aggregat for hver trykksjakt, er det vanlig med et grennrør som fordeler vannmengden til de to turbinene. Grennrøret er overgangen mellom trykksjakt og rørstuss og består ofte av både rette rørstykker, bend og bukserør som vist i Figur 8.



Figur 8 - Bukserør

2.3 Turbin

Kraftverket i Hove består av to francis-turbiner som er identiske. Det vil si konstruert på akkurat samme måte, samtidig som de produserer like mye kraft. Grunnen til at de har to turbiner er at de kan utføre vedlikehold uten at det er full stans i produksjonen. En annen grunn for å ha to små turbiner istedenfor en stor, er at du vil få en raskere turbin med høy omdreiningshastighet (rpm). Hovedsakelig har grunnen av valget med to turbiner en sammenheng med regulering, en god regulering bør ha to aggregat og dette med tanke på kjøring på halvlast. Måten du kan kjøre anlegg med to aggregat på er ved 15-60MW på halvlast istedenfor med en stor der du bare kan ha 30-60MW. En stor turbin vil også være treigere, men på en annen side oppnår du mer støy og vibrasjoner ved høye

omdreiningshastigheter på mindre turbiner. Det kan også oppstå kavitasjon hvis du stenger ledeskovlene for mye igjen, ved at det kommer turbulens i vannet. Redusert vanngjennomføring og lavere trykk kan også være resultat av dette [2].

I slike francis-turbiner omdannes trykkenergi og hastighets energi gjennom løpehjulet. Vannet får en god fart gjennom sneglehuset, også kalt spiraltrommelen, hvor vannet siver gjennom lede skovlene (se bilde 2 på figur 10), og vinkles rett på løpehjulet. Dette resulterer i en kraft i omdreiningensretningen som får løpehjulet til å rotere.

Løpehjulet vil da omforme det til roterende energi gjennom generatorakselen som igjen produserer elektrisk energi [6]. Francis-turbiner fungerer best ved fallhøyder 40 -700 meter [7]. Fallhøyden i Hove er ca 300 meter, og da kategoriseres turbinene i Hove som mellomtrykksturbiner [2].

Turbinen i Hove er dykket, det vil si at den er plassert under nivået for utløpet, som igjen fører til at elven er på et høyere nivå enn selve turbinen. Dykking blir utført for å minimere sjansen for kavitasjon [2]. I Hove kraftverk har vannet relativ høy fart i tunnel- og rørsystemene. Det vil si at det er en viss fare for at kavitasjon, fører til opptæring av metaller, på for eksempel løpehjulet til Francis-turbinen. Kavitasjon blir til ved at det statiske trykket i en væske, synker til under damptrykket, slik at det dannes dampbobler. Dampboblene imploderer når de blir ført til et område med høyere trykk, og lokale trykkøkninger skapes. Det er når dampboblene kollapser i nærheten av metaller at det blir et problem med korrosjon, ved at oksygenet som først var løst i vann og senere frigjort i dampen, presses inn i metallet. Dette er svært alvorlig og i ekstreme tilfeller vil metallbiter fra skovlebladene til løpehjulet bli slitt av. Slitasje på løpehjulet fører til dårligere virkningsgrad, og til slutt må løpehjulet byttes, noe som er svært kostbart [8].



Figur 9 - Skade påført av kavitasjon [27]

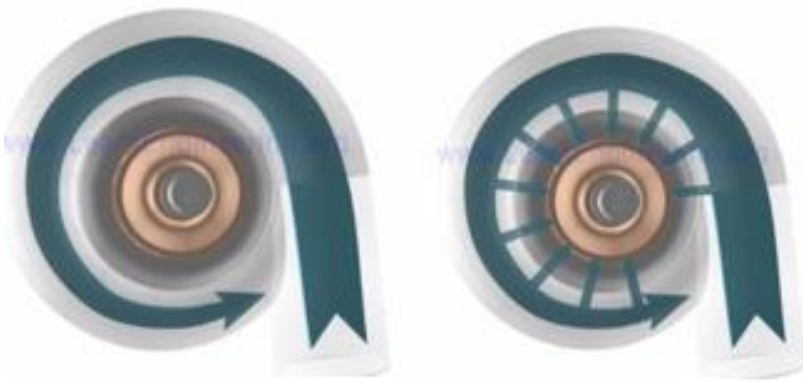
Løpehjulet er «hertet» av turbinen og er den komponenten som gjør at det skapes elektrisk kraft ved at den roterer generatoren. Selve løpehjulet blir prøvd frem i form av at de bruker tilsvarende løpehjul fra tilsvarende kraftverk, med tanke på vannføring og trykk. Det prøves med tilsvarende type løpehjul, og eventuelle justeringer på løpehjul skjer underveis for å oppnå en enda høyere virkningsgrad. Slike tilpasninger og optimaliseringer kan ta mange år ettersom det er meget dyrt å skifte løpehjul i turbin som er under drift [2].

Den maksimale virkningsgraden på francisturbiner ligger normalt på rundt 95-96% [7]. Virkningsgraden er forholdet mellom tilført energi og utnyttbar energi [9] For å oppnå best mulig virkningsgrad fra løpehjulet må du utnytte mest mulig av energien til vannet. De beste turbinene har minst mulig energi på vannet som forlater turbinen, altså best virkningsgrad og utnyttelse av vannets energi. Økning i virkningsgrad på et stort kraftverk bare opp 1%, kan utgjøre stor forskjell økonomisk. 1% mer i kraftproduksjon over et år betyr mer enda mer kraft som kan enten selges eller distribueres til kunder. De største årsakene til tap i virkningsgrad er friksjon i trykksjakt (fall-tap) og tap i turbin. Tap i turbin kan for eksempel komme av retningsforandringer og hindringer [2].

2.3.1 Hovedkomponenter

Sneglehus

Sneglehuset er designet for å distribuere vannet jevnt fordelt gjennom ledeskovlene og inn på løpehjulet. Ved at sneglehuset har størst areal i starten, for å så avta gradvis inn mot slutten, siden mindre og mindre vann er igjen mot enden av sneglehuset øker farten på vannet, fordi vannmengden skal bli likt fordelt over løpehjulet. Å fordele vannet så jevnt så mulig på løpehjulet er viktig for å hindre ujevn kraftpåkjenning som kan gå utover virkningsgraden. I tillegg kan ujevn kraftpåkjenning skape vibrasjon og støy. Sneglehuset i Hove er satt sammen som to lokk, hvor den ene halvdelen er støpt fast mens den andre er montert oppå for tilkomst senere ved vedlikehold eller reparasjoner [2].



Figur 10 - Vannmengden blir redusert ved at den siver inn til løpehjulet [10]

Ledeskovler og faste ledeskovler

Ledeskovler har som oppgave å regulere hastigheten og justere vannmengden inn på løpehjulet. Når ledeskovlene dreies blir størrelsen på åpningen regulert, samtlige av alle skovlene dreies samtidig og like mye for å holde et jevnt pådrag på løpehjulet. Ledeskovlene er plassert rett før løpehjulet, mens de faste ledeskovlene styrer vannet mot ledeskovlene, de hindrer da virvler fra innkommende vann. De fast ledeskovlene kan ikke reguleres, og er plassert før de vribare ledeskovlene inni i sneglehuset (Se figur 11). Ledeskovlene styres ved hydraulikk i Hove via turbinregulatoren, både lokalt eller fjernstyrt [2]. Hensikten med å kunne regulere åpningen med skovlene, ved forskjellige vannmengder er for å opprettholde trykk, eller for å ikke tømme vannmagasinet. Ledeskovlene regulerer altså vannmengden innpå løpehjulet [11].



Figur 11 – plassering på faste og vribare ledeskovler [10]



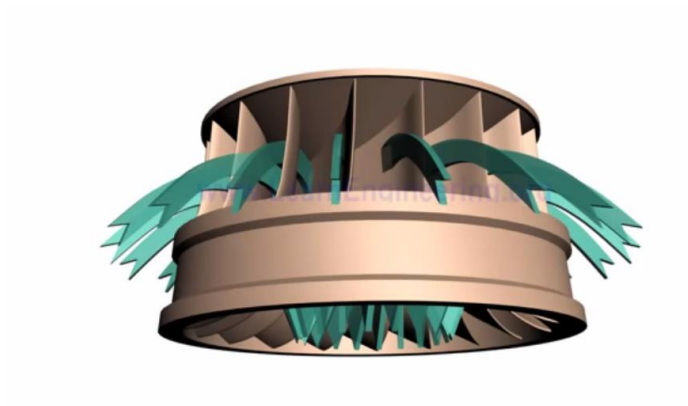
Figur 12 – ledeskovlene reguleres i forhold til vannet [10]

Løpehjul

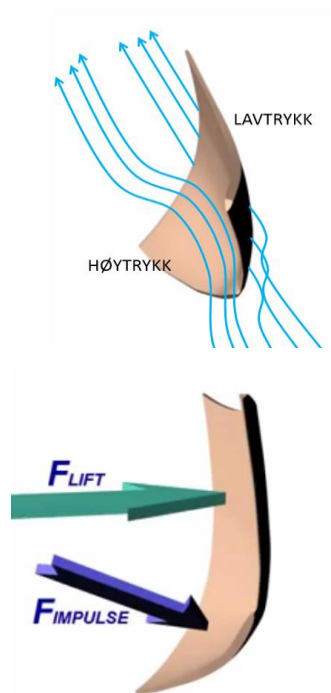
Tidligere i teksten nevnes det med valg av løpehjulet som er essensielt i utnyttelsen av den potensielle energien til vannet. Siden valget av løpehjul varierer med de ulike fallhøydene, blir da valget avgjørende for å oppnå den beste virkningsgraden til kraftverket. Løpehjulet er valgt gjennom utprøvde kraftverk som har oppnådd gode resultater i forhold til produksjon og slitasje. Å finne et kraftverk som er helt identisk er nærmest umulig siden det er så mye variabler som spiller inn. Derfor må løpehjulet først prøves ut og eventuelt endres eller byttes for optimalisering. Det er ytterst sjeldent at løpehjulet byttes underveis etter det har vært utprøvd.

Utprøving og simulering av løpehjulet kan også gjøres av leverandør ved mindre skalerte modeller i et laboratorium, men dette er både tidskrevende og dyrt.

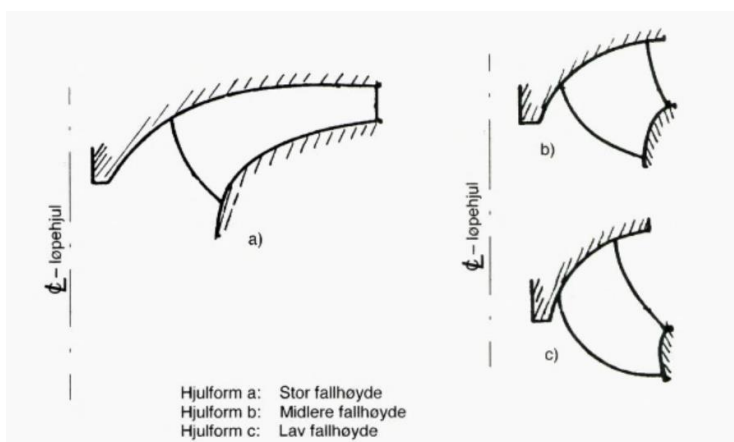
Demontering av løpehjulet i Hove er omfattende, i grove trekk må hele akslingen som er tre etasjer lang løftes opp, deretter ta opp halve sneglehuset for tilgang. Når de har åpnet sneglehuset kan de demontere løpehjulet. Dette er veldig tunge komponenter som er konstruert for høye trykk og påkjenninger. Allikevel forekommer det problemer på slike løpehjul, hvor løpehjulet faktisk kan få sprekker fra kraftpåkjenningene, eller gi mye støy og vibrasjon som fører til slitasje [2]. Selv om det blir nøye testet og simulert kan det oppstå problemer, dette er fordi det fortsatt er gåter rundt vannkraft som forskningen ikke har løst. Krefte på turbinbladet kan du se på figur 14. På figur 13 ser du hvordan vannet trenger seg inn gjennom løpehjulet og får det til å rotere.



Figur 13 – Vannvei gjennom løpehjulet. [10]



Figur 14 - Kraftene på turbinbladet. [10]



Figur 15 – forskjellige løpehjulsformer ved ulike fallhøyder [11]

Sugerør

Navnet «sugerør» kommer av at den er med på å suge ut vannet gjennom turbinen, ved at arealet øker etterhvert i sugerøret. Når vannet har gjort sin jobb med å rotere løpehjulet vil vannet falle ned i sugerøret, vannet har fortsatt litt kinetisk energi igjen. Da er jobben til sugerøret å omdanne dette til statisk trykk [11]. Det statiske trykket gjør at vannet kommer seg kjappere igjennom turbinen ved at vannet på en måte blir sugd ut, det er også med på å redusere kavitasjon. Det statiske trykket er da med på at vannet får høyere fart, som fører til at det kommer mer vann, med mer kraft innpå løpehjulet [2].



Figur 16 – Sugør [10]

2.4 Generator

Vannkraft bruker potensiell energi i vannmagasinet som er proporsjonal med produktet av utnyttbar fallhøyde og vannmengden i magasinet. I røret ned til turbinen (vannveien) brukes hastighetspotensial. Når vannet strømmer inn i turbinen, vil det bli til bevegelses-energi. Videre opp til generatoren vil den bli overført via turbinhjul og aksel, dette kaller vi mekanisk energi. I generatoren kommer det ut som elektrisk energi via elektromagnetisk induksjon.

Elektromagnetisk induksjon er et sentralt begrep for utvinningen av elektrisk strøm. Den engelske kjemikeren og fysiker Michael Faraday oppdaget at det var mulig å lage elektrisk spenning ved hjelp av å bevege en magnet. Dette prinsippet blir brukt til å lage spenning i generatoren, da det er et antall magneter som blir beveget ved hjelp av bevegelses-energi i turbinen.

En generator er bygget opp av en stator og en rotor. Synkronmaskinen er enerådende generatortype når det kommer til vannkraft. I Hove står det to ti-polet, trefase synkronmaskin på 36MVA.

2.4.1 Stator

I en generator bruker vi induksjonsloven til Faraday. Her bruker vi bevegelses energi i turbinen til å rotere rotoren rundt. Derfor kan vi bruke betegnelsen «rotasjonsindusert spenning». Rotoren er bygget opp av tre deler, statorhus, blikkpakke og pressanordning.

Statorhus

Statorhuset i moderne maskiner består av sirkulære vangeplater som omslutter blikkpakken rundt hele omkretsen. Antall vangeplater er avhengig av blikkpakkens aksielle lengde. Vangeplatene er sveist til en ytre mantelplate som sørger for innkapsling av statoren. Statorhuset har mange viktige egenskaper i konstruksjonen av en generator. Den skal tjene som en mekanisk befestigelse for blikkpakken, og holde den rund og sentrert. Statorhuset overfører krefter som er på blikkpakken og fra lager ut i fundamentet [12]

Statorblikkpakke

Statorblikkpakkens oppgave er å lede fluksen. Her brukes det segmenter av isolert elektroblikk som er mellom 0.35mm – 0.5mm tykke, dette for å få vekk så mye virvelstrømstap som mulig. Om det hadde vært en massiv blikkpakke, hadde det vært enorme virvelstrømmer i det magnetiske blikket. Segmentene legges lagvis, med overlapping for å danne en kontinuerlig ring. Segmentene er konstruert med spor med plass for statorviklingen. Blikket som ligger mellom disse sporene kalles for statortenner. Blikkpakken har både en magnetisk og en mekanisk oppgave. Den skal gi en tilbakevei til den magnetiske fluksen, og den skal bære opp statorviklingen.

Blikkpakken i en luftkjølt synkrongenerator er utført med ventilasjonsslisser/kjølekanaler som leder kjøleluften fra luftgapet radielt gjennom blikkpakken, og videre ut av generatoren gjennom statorhuset. Kjølekanalene er åpninger mellom to lag blikk, og blir dannet ved at det legges inn distanselister. Spalthøyden i disse kjølekanalene kan være 5 - 10 mm, og avstanden mellom kanalene er typisk 35 - 55 mm. På denne måten eksponeres store flater av blikkpakken mot den gjennomstrømmende kjøleluften, og sikrer derved en effektiv transport av tapseffekten. Tapene kommer delvis fra statorviklingen, og delvis fra virvelstrømstap og

hysteresetap i selve blikket. Blikkene mellom to kjølekanaler blir i det etterfølgende kalt pakker [12].

Pressanordning

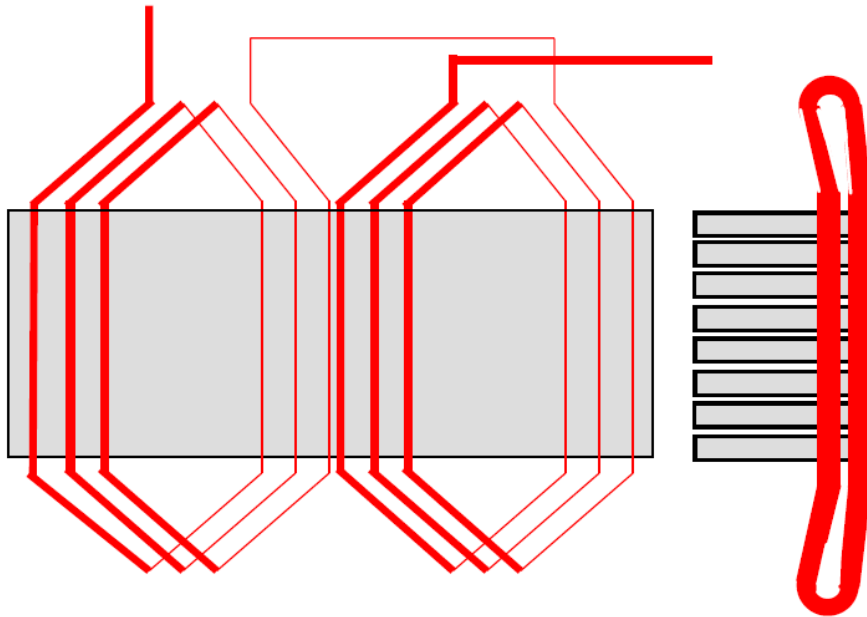
Pressanordningen er der for å sørge for at blikkpakken er tilstrekkelig sammenpresset under drift. Dette blir gjort da det skal hindre at blikket vibrerer når de blir påvirket av vekslende magnetiske krefter under drift [12]



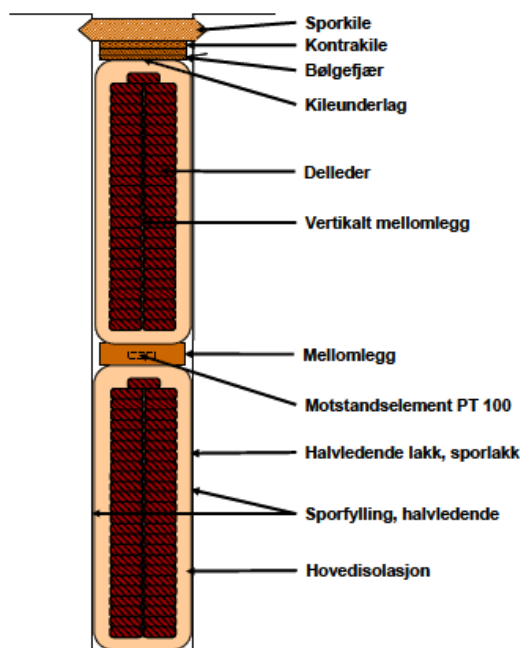
Figur 17 - Stator som senkes ned [12]

2.4.2 Statorvikling

En statorvikling består av spoler jevnt fordelt rundt hele omkretsen av statorblikkpakken. Statorspolene er koplet sammen i grupper, og for hver fase er det like mange grupper som rotorpoler. Viklingen blir holdt på plass i spor i blikkpakken (tennene) ved hjelp av kiler og sporfyllinger. Utenfor blikkpakken holdes spolene sammen av surringer og avstøtningsringer. For å redusere induert tilleggspenning består hvert viklingselement av flere delledere (figur 19). Delledere kan være revolvert i spordelen og kortsluttet i begge ender av spolen, og de kalles da reobelstaver. Viklingen i Hove er bygget opp som sløyfevikling, vist på figur 18.



Figur 18 - Prinsippet for en 2-lags sløyfevikling [13]



Figur 19 - Snitt i blikkpakken, av stavene [14]

Lederne isoleres mot blikket i sporene, dellederen blir isolert med glassgarn som er impregnert med en epoksy-lakk, omspunnet for hver kobberleder. Etter at dellederne er formet til riktige mål, etterherdes epoksyharpiksen. Hovedisolasjonen består i hovedsak av glimmerbånd som er vakumimpregnert. Etter at hovedisolasjon er presset og herdet i riktige mål, påføres stavene et ledende belegg. Hensikten med dette er å overføre blikkpakkens

jordpotensial til stavenes isolasjonsoverflate slik at en unngår glimming mellom stav og statorblikk.

2.4.3 Rotor

Rotoren er bindeleddet mellom det mekaniske dreiemomentet og turtallet fra turbinen, og den elektriske effekten fra statorviklingene. Den består av både elektriske og mekaniske komponenter. De viktigste komponentene er:

- Rotornav
- Aksel
- Poler med polspole, dempevikling, overkoblinger og viklingsstøtter
- Ventilatorer (ventilatorer benyttes for fast monterte ventilasjonsanordning på rotor, mens vifter benyttes for separat drevne utvendige ventilasjonsanordninger)
- Sleperinger og feltledninger
- Rotorring
- Bremsering
- Magnetiseringsmaskin (for eldre og noen nye, mindre hurtigløpende generatorer)

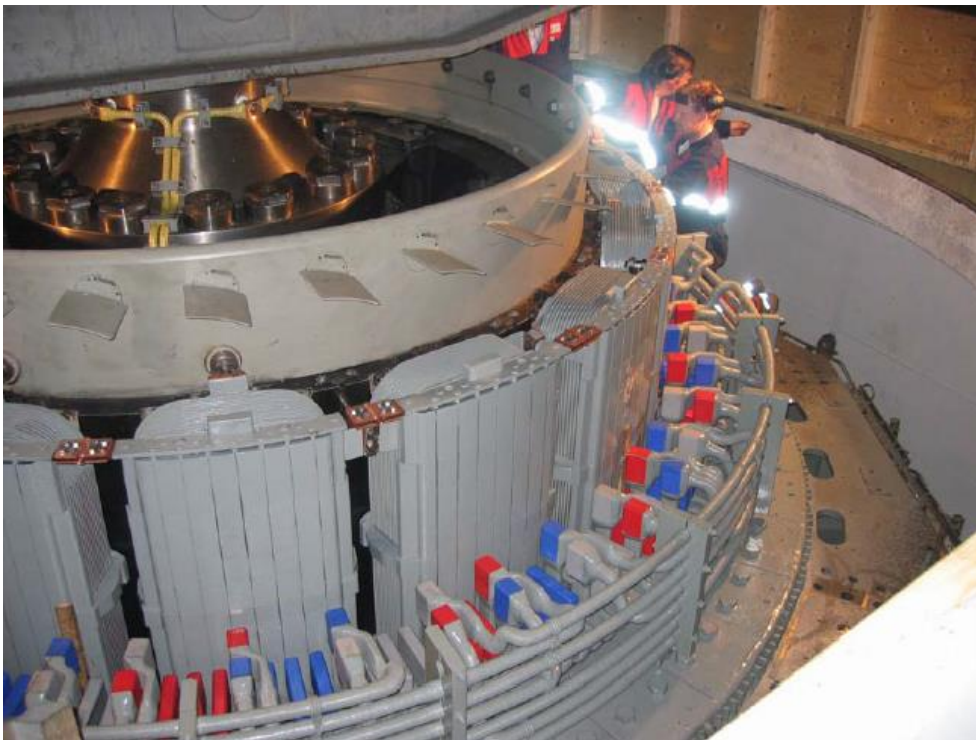
Rotorkonstruksjonen er i hvert enkelt tilfelle tilpasset generatortypen; hurtig eller langsomtløpende, store eller små ytelser, horisontale eller vertikale. For alle konstruksjoner gjelder det at dreiemomentet skal overføres til polene. Rotorringen sammen med polene danner en del av den magnetiske kretsen. Rotorringen skal mekanisk bære polene samt ha tilstrekkelig svingmasse eller treghetsmoment. Akselsystemet skal, foruten å kunne overføre dreiemomentet, ha tilstrekkelig stivhet for å holde akselvibrasjonen på et akseptabelt nivå. Rotoren skal tåle de store mekaniske påkjenningene som oppstår ved maksimalt turtall (rusing), og kritisk turtall skal ligge på et definert nivå godt over ruseturtall.

Rotornavet er bindeleddet som overfører dreiemomentet fra akselen til rotorringen. Dette er som regel en sveiset konstruksjon, men gamle nav kan være støpt. I hurtigløpende generatorer med tilstrekkelig liten diameter krympes rotorringen direkte på akselen slik at rotornav eller krymperinger blir overflødig.

Akselen har primært oppgaven å overføre dreiemomentet fra turbinen til rotoren. Det kreves at akselen er stiv, for å holde akselvibrasjonen på et akseptabelt nivå.

Polene består av polkjerne med polsko, polspole og dempevikling. Polenes oppgave er å være en del av den magnetiske ledningsveien for magnetfluksen, samt at den skal holde polspole og dempevikling på plass. Polkjernen utgjør den magnetiske kretsen, og kan ha to utførelser, blikkede poler og massive poler.

Ventilatorer er til for å kjøle ned generatoren ved hjelp av luft, og de fleste generatorer er egenventilerte. Generatoren utnytter turtallet til akselen ved hjelp av aksialvifter på hver side av rotoren. På figur 20 er aksialventilatorene en kaskade av vifteblad, som presser luften mot polene og inn i polluken (det aksielle området mellom polene).



Figur 20 - Rotor i en vertikalakslet generator [15]

Sleperinger

Som det står i EBL håndboken:

Dersom generatoren ikke er utstyrt med børsteløs magnetiseringsmaskin, er den utstyrt med sleperinger for å overføre feltstrøm til rotoren. Feltstrømmen går da gjennom kullbørster som ligger med press inn mot sleperingene. Nyere sleperinger er utført av stål, og er krympet på akselen. Under drift skal sleperingene holde seg blanke og rene uten tegn til overoppheting. Rundt sleperingene ligger et sleperingshus. I moderne generatorer er dette konstruert slik at minst mulig børstestøv slipper ut, eller det er installert et eget børstestøvavsug med eget filter.

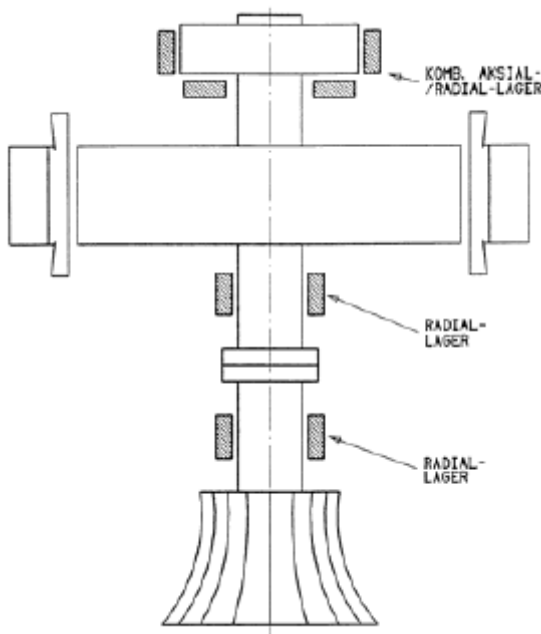
Fra sleperingene blir feltstrømmen ført i aksielle kobberskinner eller kabler til enden av rotornavet. Dersom det er lager mellom sleperingene og polene, føres feltstrømmen gjennom hull i akselen. Gjennomføringene er massive kobberbolter eller kabler. Isolasjonsmaterialet i gjennomføringene og klemmene kan være trelaminater, bakelitt, turbax, glassfiberarmerte kunstharpikser eller vanlig kabelisolasjon. Silikonholdige materialer må ikke benyttes!

Rotoringen er ringen som polene sitter på. Den har både en magnetisk og en mekanisk oppgave. Den skal gi en tilbakevei med høy magnetisk ledningsevne for fluksen fra polspolene. I tillegg skal den overføre det mekaniske dreiemomentet fra akselen til rotorpolene.

Bremseringens oppgave er å hindre at rotor beveger seg når aggregatet skal stå stille. Den skal bringe aggregatet hurtig til stopp dersom det skjer alvorlige mekaniske feil, og redusere tiden aggregatet går med redusert turtall.

2.4.4 Lager

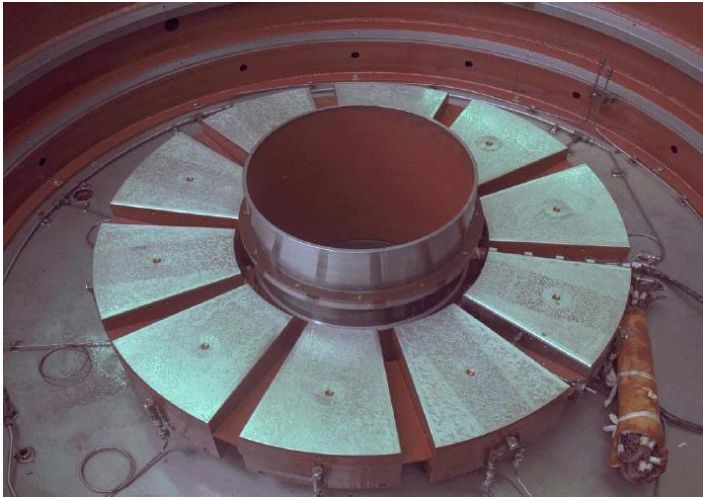
Det er flere forskjellige måter å sette sammen styrelager og bærelager på, men den vanligste måten er at det er et kombinert bære-/styrelager på toppen av aggregatet (figur 21).



Figur 21 - Overliggende Bære-/styrelager [16]

Kombinert bære- og styrelager er til for å bære aggregatet, dette blir som regel bare kalt «bærelageret» og er montert over rotoren i Hove kraftverk. Bære- og styrelager er utført med

den ene siden som hvitmetall, «Babbit». Det vil gå en tynn oljefilm mellom lager og aksel, dette for å få friksjonskoeffisienten så lav som mulig. Oljefilmtykkelsen ved normal drift vil variere med turtall og last, men er i størrelsesorden 30-80 μ m. Figur 22 viser et bærelager.



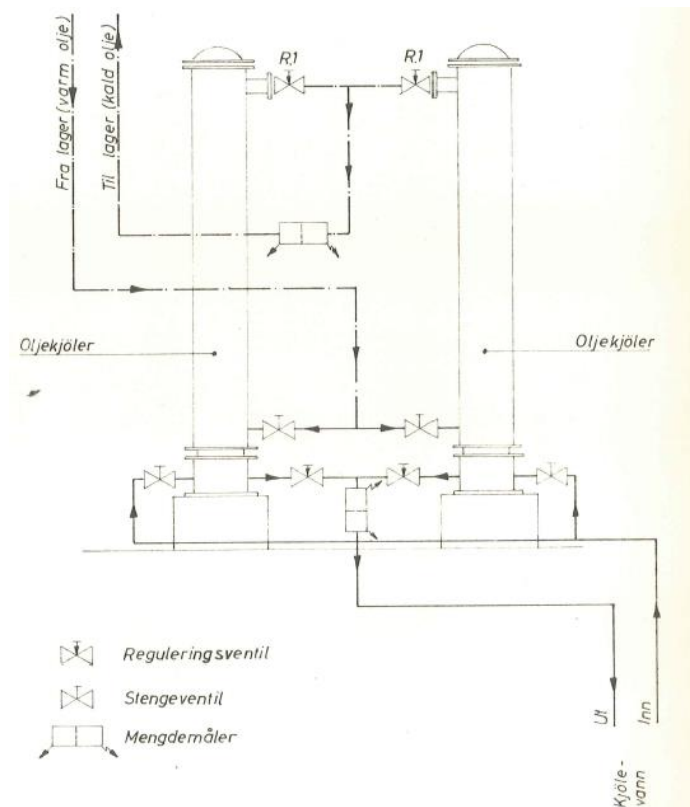
Figur 22 - Bærelager [16]

Styrelageret er til for sikre korrekt posisjon av roterende deler i forhold til de stasjonære deler, samt å sikre rolig stabilt løp, blant annet ved å oppta de krefter som kan oppstå på grunn av magnetisk og mekanisk ubalanse. Oljefilmen er som beskrevet for kombinert bærelager og styrelager. Styrelageret omslutter akselen fullstendig, og har en diameter 0.3-0.5mm større enn akselen. Figur 23 viser et styrelager.



Figur 23 - Styrelager [16]

Kjølingen av oljefilmen som ligger mellom lager og aksel, skjer ved at det går varm olje ut, og kommer kald olje inn. Oljen i Hove er vannkjølt. Som vi ser på figur 24 går den varme lageroljen inn i oljekjøleren via rør, og den kalde oljen fraktes tilbake til lageret via rør.



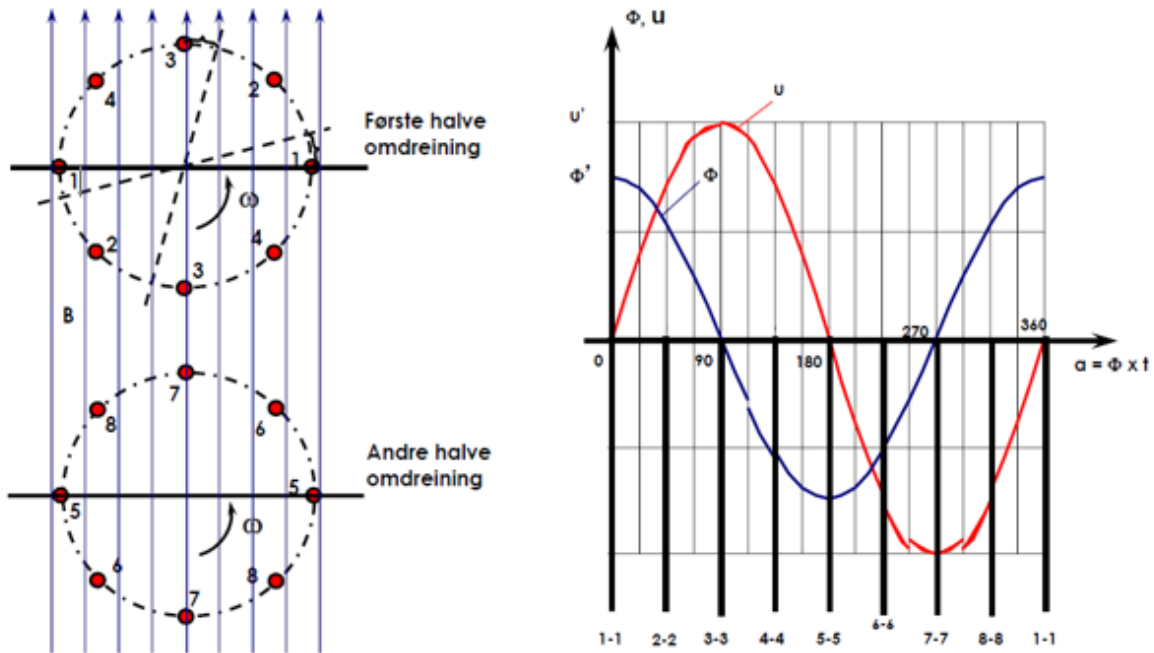
Figur 24 - Prinsippkisse, kjøling lagerolje.

2.4.5 Hvordan blir spenningen til

For å forstå hvordan spenningen blir til, må vi forstå induksjonsloven. Faradays induksjonslov sier «indusert spenning i en sløyfe er proporsjonal med fluksforandringen pr. tidsenhet i sløyfen» og uttrykkes matematisk, $U = -\frac{d\phi}{dt}$ skal man ha inn N viklinger blir formelen seende sånn ut; $U = -N \cdot \frac{d\phi}{dt}$.

For en generator finnes det mange forutsetninger for at det blir strøm. Vi vil nå se på disse, som en forklaring til hvorfor det blir indusert en spenning i generatoren. I følge Faradays lov om induksjon, vil vi ha $U = -\frac{d\phi}{dt}$ (5.1), og fører vi inn N sløyfer i serie, får vi en spole med N vindinger som vil gi oss en spenning over spolen, $U = -N \cdot \frac{d\phi}{dt}$ (5.2).

Ser vi nærmere på rotasjonsindusert spenning, kan vi tenke oss at sløyfen har ett areal $A = \text{bredden} \cdot \text{lengden}$. Som vi ser på figur 25 ser vi at fluksen har en startposisjon som vil gi maks fluks gjennom sløyfen, og minke uansett hvilken vei vi roterer sløyfen. I stilling 3-3 vil fluksen være 0, og går sløyfen mot 4-4 fluksen ha negativt fortegn til vi når stilling 7-7. Stilling 5-5 vil være maksimal negativ halvperiode.

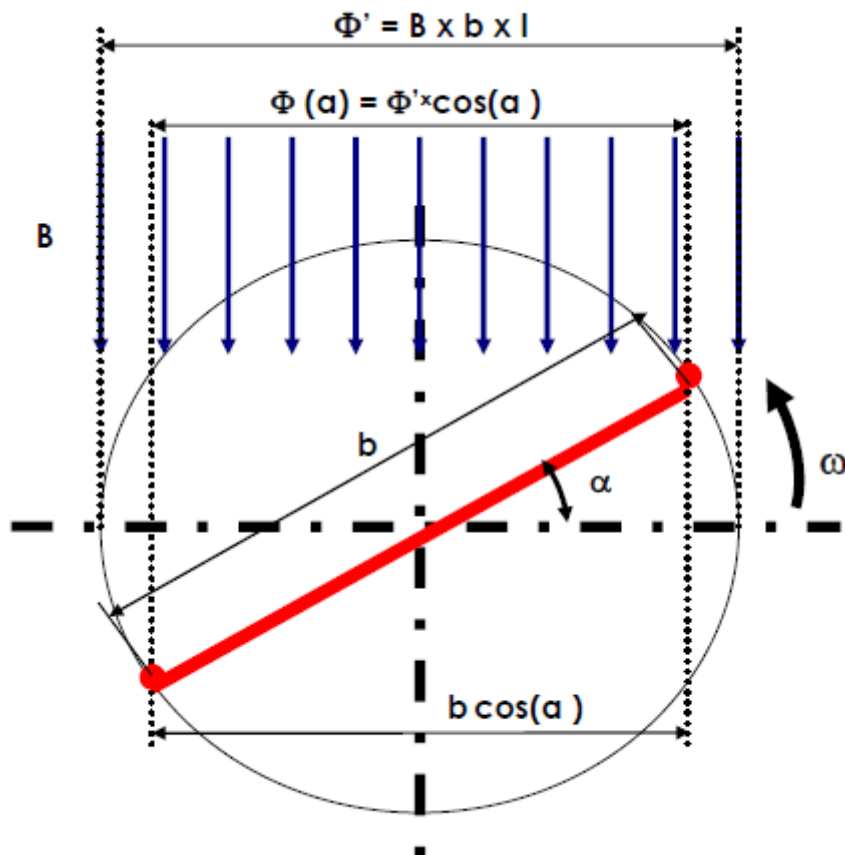


Figur 25 – Rotasjonsposisjoner [13]

Om vi ser på figur 26, fremgår det at den delen av fluksen som flyter gjennom sløyfen er proporsjonal med det projiserte sløyfearealet vinkelrett på feltet. Dette kan skrives som:

$A(\alpha) = l \cdot b \cdot \cos(\alpha)$, tilsvarende fluks gjennom sløyfen blir da: $\phi(\alpha) = B \cdot A(\alpha) = B \cdot l \cdot b \cdot \cos(\alpha)$, setter vi inn $\phi' = B \cdot b \cdot l$ får vi altså: $\phi(\alpha) = \phi' \cdot \cos(\alpha)$ (5.3)

Her ser vi at fluksen er en cosinus-kurve. Dette stemmer når $\cos(90^\circ)$ og $\cos(270^\circ)$ er 0. Og $\cos(0) = 1$ og $\cos(180) = -1$.



Figur 26 - projisert areal [13]

Skal vi finne spenningen ut av generatoren, vet vi utfra figur 26 at dette må være sinus. Dette får vi matematisk utfra å derivere lign. 5.3 og skriver dette: $\frac{d\phi}{dt} = -\phi' \cdot \sin(\alpha)$ (5.4). Om vi tenker oss en generator, så roterer denne med en konstant vinkelhastighet. Dette kan vi skrive: $\omega = 2\pi \cdot \frac{n}{60}$ (5.5). Når sløyfen roterer med konstant vinkelhastighet, vil den i løpet av t sekunder ha dreid seg en vinkel som vil være proporsjonal med $\omega \cdot t$: $\alpha = \omega \cdot t$

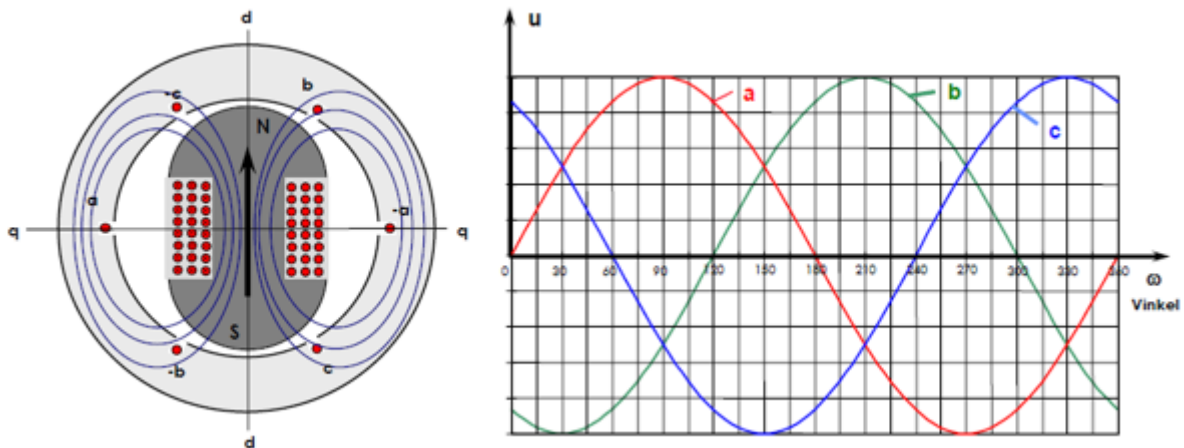
Går vi tilbake til uttrykket i lign. 5.3 vil vi nå få: $\phi(t) = \phi' \cdot \cos(\omega \cdot t)$, og deriverer vi denne med hensyn på t får vi: $\frac{d\phi}{dt} = -\omega \cdot \phi' \cdot \sin(\omega \cdot t)$. Dette kan vi også skrive:

$U(t) = -\frac{d\phi}{dt} = \omega \cdot B \cdot b \cdot l \cdot \sin(\omega \cdot t)$. Spenningen som induseres i sløyfen får en amplitudeverdi (høyeste verdi i sinus-formen, stilling 3-3 i figur 24) som er $\omega \cdot B \cdot b \cdot l$. Kaller vi den for U' , får vi: $U(t) = U' \cdot \sin(\omega \cdot t)$.

Måler vi denne spenningen, vil vi få en effektivverdi oppgitt, denne kan skrives: $U_{eff} = \frac{U}{\sqrt{2}}$, om vi innfører $U = \omega \cdot B \cdot b \cdot l$ igjen får vi: $U = \frac{\omega \cdot B \cdot b \cdot l}{\sqrt{2}}$. Om vi bytter ut sløyfen i figuren, men tenker oss en generator med N viklinger, får vi: $U = N \cdot \frac{\omega \cdot B \cdot b \cdot l}{\sqrt{2}}$.

Hvordan blir det spenning?

Når vi nå vet matematikken bak generatoren, vil vi se på funksjonen.



Figur 27 - Prinsipp to-polet, tre-fase generator [13]

Som vi ser på figur 27 vil det bli induert et magnetisk felt inne i generatoren ved hjelp av en roterende elektromagnet med en nord-pol og en sør-pol. Her har vi tre viklinger, a-b-c, som er jevnt fordelt på omfanget til blikkpakken.

Om vi tenker oss at det er 360° rundt hele blikkpakken vil hver fase være $360^\circ/3=120^\circ$ fra hverandre. Det er snakk om mekaniske- og elektriske grader. Ser vi for oss en 2-polet synkronmaskin vil det være 360 elektriske grader i en periode, og det samme for mekaniske grader. Dersom vi har en ti-polet maskin som vi har i Hove, vil en periode, 360 elektriske grader, være gjennomløpt i løpet av en femtedels omdreining. Det er en sammenheng mellom elektrisk om mekanisk vinkel og poltallet, dette får vi utfra formelen; $2p = 2f \cdot 60/n$ (lign 3), der p er poltallet, f er frekvens og n er turtallet. I Hove har vi ifølge driftsforskriften til generatorene et omdreiningstall på 6000/min. Utfra lign 3. kan vi, siden vi i alle kraftverk i Norge skal ha 50Hz, skrive formelen om til:

$$2p = \frac{2 \cdot 50 \cdot 60}{n} = \frac{6000}{n} \rightarrow p = \frac{3000}{n} \text{ (lign 4)}$$

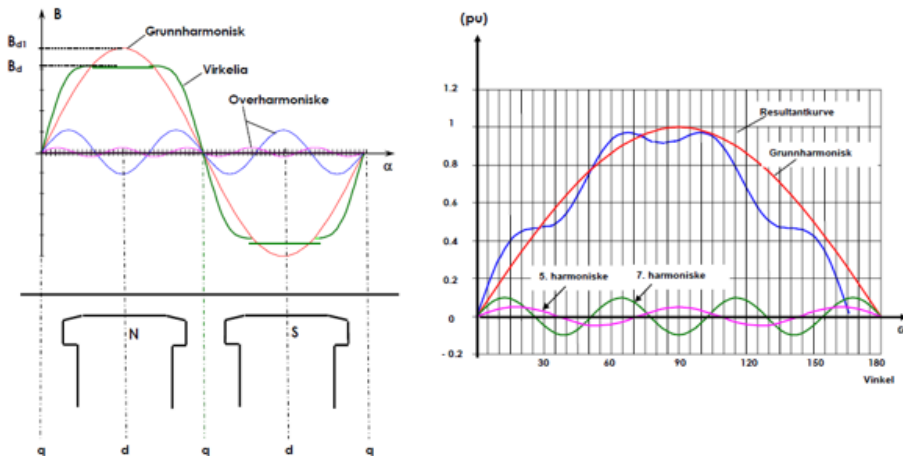
Vi får da et polpartall på $p = \frac{3000}{6000/min} = 5$ polpar siden det både er nord-pol og sør-pol må vi gange dette med to for å få antall poler i maskinen.

Polskoformer

Vi legger spesielt merke til polskoformen da denne gir utformingen på sinuskurven i luftgapet, i figur 26 ser vi at den er mest mulig sinusformet. Luftgapet er størst i d, og minst i q. Det vil ikke være sånn i virkeligheten, hver leverandør har sin egen måte å utforme polskoene på, men alle luftgapsfelt vil mer eller mindre avvike fra sinus-formen.

Som vi ser på figur 28 ser vi at en kurveform kan tenkes sammensatt av en rekke sinus-funksjoner med forskjellig frekvens. Den eneste komponenten vi er interessert i, er den grunnharmoniske komponenten, da det bare er denne som gir et nyttig bidrag til generatorspenningen. Overharmoniske komponenter er uønsket, da de skaper overtoner i spenningskurven. Ved å for korte viklingskrittet kan vi begrense virkningen av overtonene.

Vi må kjenne til størrelsen på den grunnharmoniske komponenten for å kunne beregne spenningen, dette gjøres ved hjelp av fourieranalyse.



Figur 28 - Grunnharmoniske spenninger [13]

2.5 Transformator

Det er Faradays induksjonslov som danner grunnlag bak teorien for transformatorens funksjon. I 1883 fant Faraday ut at det i en leder som omslynger en magnetisk fluks, vil oppstå elektrisk spenning når fluksen endrer størrelse med tiden, og at spenningen vil være proporsjonal med fluksendringen pr tidsenhet [17]

For å lage en magnetisk fluks trenger vi en jernkjerne, her vil det bli koblet viklinger til. I en trefasetransformator trenger vi tre høyspenningsfaser, og tre lavspenningsfaser, som sitter på samme ben.

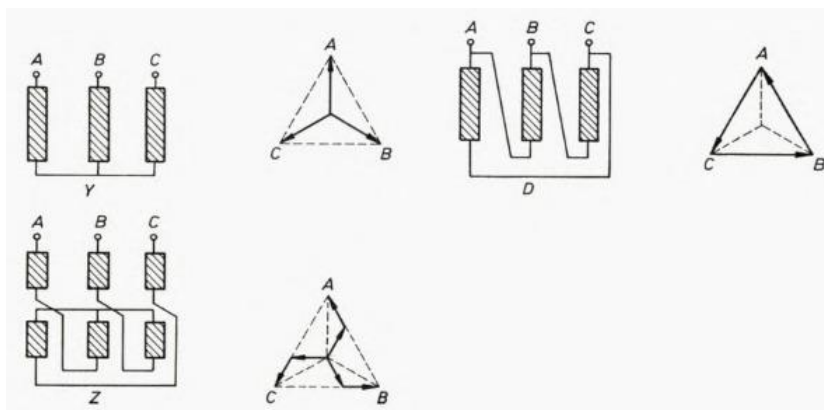
En transformator blir brukt til å transformere opp eller ned spenningen. I Hove kraftverk står det en 85000kVA transformator, som transformerer spenningen fra 11kV til 310kV.

Transformatoren har en totalvekt på 110 Tonn, og har en oljevekt på 32 Tonn.

2.5.1 Koblingsgrupper

På merkeskiltet til en transformator står det hvordan transformatoren er koblet. Her er det noen bokstaver man skal kjenne til for å forstå hvilke koblingsgruppe transformatoren tilhører.

- Y – Stjernekobling. Stor bokstav, høyspentsiden. Liten, lavspentsiden.
- D – Trekantkobling. Stor bokstav, høyspentsiden. Liten lavspentsiden.
- Z – Siksakkobling. Forekommer sjeldent. Stor bokstav, høyspentsiden. Liten, lavspentsiden.
- N – Nullpunkt.
- J – Jording.



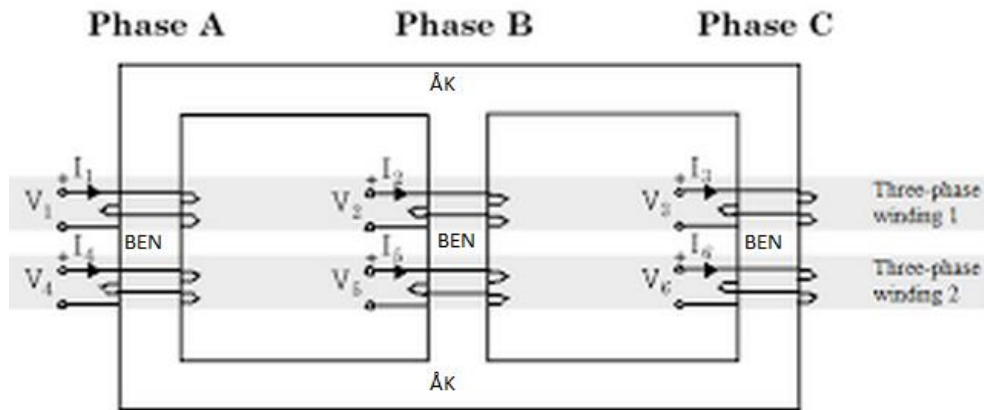
Figur 29 - Skjematisk visning av koblingene

Bokstavene A, B, C brukes til å forklare spenningsrekkefølgen. Denne spenningsrekkefølgen er den som blir brukt i Norden. I resten av verden blir det bruk U, V, W. [18]

Transformatoren i Hove er koblet i en YNjd11-kobling. Dette innebærer at den er koblet i stjerne med uttatt nullpunkt på høyspenningssiden, og i trekant på lavspenningssiden med en fasevinkel på 330° med timetall 11.

2.5.2 Kjernen

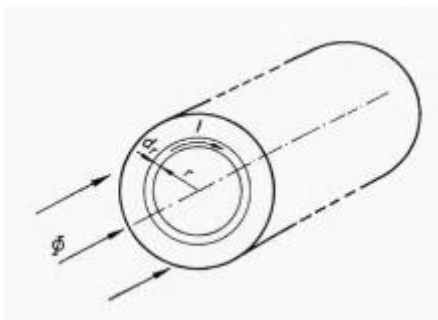
Kjernen til en transformator har primært en hovedfunksjon å være en leder for fluksen. Kjernen er bygd opp av ben og åk (figur 30). Kjernen er laget av mange lag med tynne blikkplater som er elektrisk isolert på den ene siden, dette for å få vekk *virvelstrømstapet*.



Figur 30 - Kjernens oppbygging

Virvelstrømstap: Dette oppstår når vi tenker oss at vi har en massiv sylindereformet kjerne som gjennomflytes i aksial retning av fluksen. Da vil radius r , og veggtykkelsen dr i prinsippet virke som en kortsluttet sekundærvikling i en transformator.

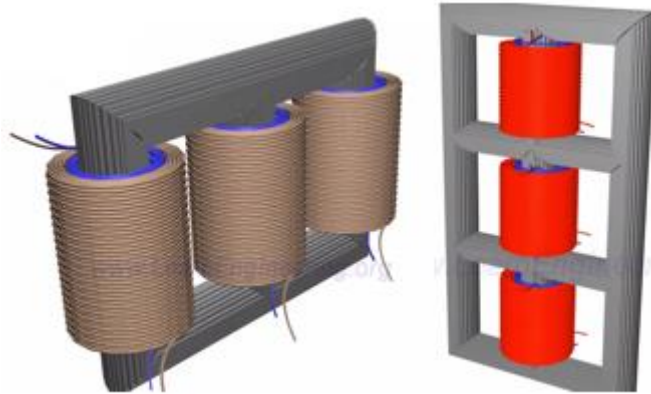
Når det induseres en spenning i vindingen vil det derfor, siden kjernen er elektrisk ledende, flyte en strøm – virvelstrøm – som vist på figur 31



Figur 31 – Virvelstrøm

Hysteresetap: Hysteresetap kommer av at fluksen skifter retning proporsjonalt med vekselspenningen. Når fluksen skifter retning forekommer det et energitap, hysteresetap [19].

Det finnes to forskjellige typer kjerner. Core-type og Shell-type. Core-type er den mest økonomiske type av kjerne, da denne er laget med mindre blikk som gjør at transformatoren får en mindre utforming.



Figur 32 – Core-type og Shell-type kjerne

2.5.3 Viklingene

I en trefasetransformator som vi har i Hove, vil HS og LS viklingene sitte på samme ben (se figur 32). Det må være et forhold mellom vindingene på HS- og LS-siden som tilsvarer

$$\frac{310}{11} \sim 28,18 \text{ flere vindinger på HS-siden.}$$

Transformatorer vikles på forskjellige måter til forskjellige formål. Kobber har vært enerådende når det skal vikles, men på grunn av høy pris brukes det i dag også aluminium.

For å isolere vindingene fra hverandre, er det flere forskjellige måter å gjøre dette på. Det brukes presspan, som er sammenpressede flak av spesialbehandlet cellulosemasse.

Dellederne kan også omspinnes med tynt cellulosepapir. Det brukes også lakkisolasjon og en kombinasjon av papir- og lakkisolasjon.

2.5.4 Kjøling

Transformator T_1 i Hove er oljefylt. Dette er den vanligste metoden for å kjøle en transformator på, siden olje fungerer som kjølemiddel og som elektrisk isolasjon. Bakdelen med olje som kjøling er at olje er antennelig, og dette er lite ideelt når det kommer til et kraftverk. Men det er forskrifter som er til for å gjøre dette trygt om det skulle skje noe, for eksempel brann. I Hove er det steingruver under transformatoren som tar i mot oljen som eventuelt renner ut av den.

Oljen vil bli varmet opp når de går igjennom viklingene til trafoen, den varme oljen vil stige til toppen av trafoen. Der vil den bli pumpet inn igjennom en varmeveksler for olje/vann. Her er det vanlig at trykket på vannsiden i varmeveksleren aldri skal overstige trykket på oljesiden.

Transformatoroljen har en volumkoeffisient på $0,7\text{dm}^3/\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C}$. Det vil si at ved temperaturendringer vil også volumet i oljen endre seg. Derfor er det montert et ekspansjonskar på transformatoren, som skal sørge for at det ikke kommer luft og kondens inn i transformatoren. Noe som kunne gi katastrofale følger, da oljen kunne startet å oksidere [20].

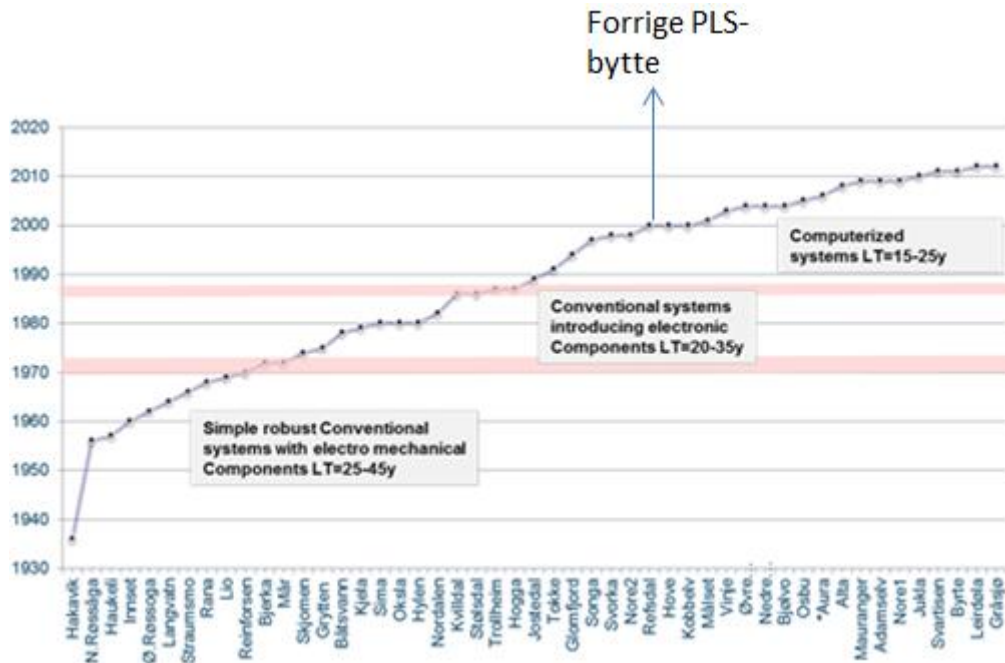
2.5.5 Stasjonstransformator

I Hove kraftverk er det egne stasjonstransformatorer(ST). Her er det flere forskjellige ST som transformerer spenningen til 230V, sånn at Hove skal få strøm. Hove har en ST som transformerer fra 11kV samleskinna i kraftverket. Den blir transformert ned til en 230V samleskinne. Her er det dublert ved at det også er en ST som kommer fra 20kV linja på e-verk siden. Ut i fra SSK 230V er det en ST som transformerer spenningen opp til 1000V til administrasjonsbygget. Det er også en ST som transformerer opp til 1000V sånn det er forbindelse til Hovsåsen [2].

2.6 Kontrollanlegg

Kontrollsystemet kan sammenlignes med menneskets hjerne, da det styrer det meste i et vannkraftanlegg. Kontrollanlegget omfatter all elektrisk utrustning som er installert for å styre, overvåke og registrere prosessen i kraftverket og i reguleringsområdet. Formålet til kontrollanlegget er å samkjøre og styre de forskjellige prosessene som inngår i kraftproduksjon. I Statkraft er det i 2015 tre «hoved generasjoner» av kontrollanlegg i drift.

Konvensjonelle kontrollanlegg var det mest utbredte systemet fra 1930 til slutten av 1970 tallet. Dette systemet baserer seg på elektromekaniske komponenter. På 80-tallet begynte introduksjonen av datamaskiner å vise seg også i kontrollanleggene til vannkraftproduksjon. I en mellomperiode fra rundt 80-tallet, til begynnelsen av 90-tallet, var derfor den mest utbredte kontrollanleggsfilosofien basert på en blanding av konvensjonell reléteknikk, og elektroniske komponenter. På 90-tallet hadde datamaskiner et massivt inntog i private hjem, i prosessindustrien og det ble også det foretrukne databehandlingsverktøyet i norske vannkraftanlegg.



Figur 33 - Oversikt over kontrollanlegg utvikling og førrige PLS bytte i Hove

Når vi her snakker om første generasjons datamaskinbaserte lokalkontrollanlegg er det snakk om de første kraftverkene med den sistnevnte teknologien [2]. Med datamaskin basert lokalkontrollanlegg menes både hardware og software. Datamaskinbaserte utrustningen er definert som HMI, PLS, CPU, kommunikasjons-moduler, med interne spenningsforsyninger [2].

2.6.1 Konvensjonelt anlegg

På 60- og 70-tallet ble det gjort mange store vannkraftutbygginger i Norge, siden dette var i tidsepoken hvor det konvensjonelle systemet var mest utbredt, ble det mange kontrollanlegg som disse. Det konvensjonelle systemet er bygd opp av brytere, lamper, instrumenter, vendere, reléer osv. Førriglinger ble basert på reléstyring eller direkte over givere i anlegget [21].

De konvensjonelle anleggene har de siste 20 årene vært modne for utskifting og mange av anleggene er byttet ut med PLS-styrte anlegg, rehabilitert eller modifisert. Selv om mange av de nye anleggene er PLS-styrt, vil det alltid være ca. 10-20% av kraftverket som er konvensjonelt styrt. Noen konvensjonelle er det igjen og Statkraft har et eksempel på hvordan man oppnår automatisk start med dette systemet:

STARTV. START AUT.	SP. REG. VENDER AUT.	STOPP V. FEIL DEBLOKK.	START-MAGN.SP. TILSTEDE	TRYKK-OLJEAVL. DRIFTSKL.	TURB. REG. PÅSLIPN. VENT. ÅPEN	TURB. REG. OLJEP. DRIFTSKL.	EL. TURB. REG. V. AUT.	KJØLEV. PUMPE DRIFTSKL.	SUGERØRS-LUKK. ÅPEN	TRANSP. KJØLING DRIFTSKL.	VENTIL.-ANL. DRIFTSKL.	JORDDR. UTE	BREMS AV
HOVED-KONT. DRIFTST.	VENTIL-SYST. 30°ÅPEN	TURB. REG. HURTIGL. DRIFTST.	G. LAGER KJØLEV. PÅ	SLAGBEGR. START-ÅPEN	TURTALL 90%	SIGNAL-FORS. UTLØPT	FELTBR. INNE	START MAGN. UTE	VENTIL SYST. ÅPENT	G. LIFTKJ. KJ.V.FMP. DRIFT			
HOVED-KONT. STOPPST.	TURB. REG. HURTIGL. STOPPST.	LØDEAPP. LUKKET	FELTBR. UTE	VENTIL-SYST. LUKKET	SLAGBEGR. LUKKET	G. LAGER KJØLEV. AV							
TRYKK-OLJEAVL. DRIFT													BREMS PÅ

Figur 34 - Eksempel på enkelt start/stopp-tablå.

Tablået er inndelt slik:

Rad 1, -faste betingelser som alltid skal lyse.

Rad 2, -betingelser som skal lyse opp under start og i drift. Lampene plasseres i den rekkefølge de lyser opp under startforløpet.

Rad 3, -betingelser som lyser opp under stoppforløpet og når aggregatet står. Lampene plasseres i den rekkefølge de lyser opp under stoppforløpet.

Rad 4, -betingelser som lyser opp under start- eller stoppforløpet, men er mørke under drift.

Når alle startbetingelsene er utført, får startknappen et fast lys. Startkommando kan da gis og lyset i startknappen vil gå over til blinkende lys, for deretter å bli mørk når valgt posisjon er nådd.

I løpet av startfasen er det en rekke betingelser som må innfris for å kunne komme videre til neste fase. Dette vil gå fram av starttablået og av funksjonsplanen. Stoppkommando kan gis hvor som helst i startfasen, og starten blir da avbrutt. Alt ettersom hvilket anlegg du er på, kan det være mulig å foreta en omstart før stoppen er fullført, ved en stoppkommando. Dette avhenger av hvordan start/stopp-automatikken er bygget opp. Det er altså forskjell fra anlegg til anlegg[23].

2.6.2 PLS

PLS er en forkortelse for «programmerbar logisk styring» og er en styreenhet som kan utføre forhåndsprogrammerte oppgaver. PLS'en ble mer vanlig på midten av 80-tallet for delvis å erstatte mekaniske reléstyringer og består i hovedsak av en CPU, interne minneområder og I/O. På den tiden var forriglingene i systemet en kombinasjon av reléteknikk og PLS-program. Fordelene med en PLS kontra reléstyring er at PLS'en trekker mindre strøm og er en mer kompakt løsning. I tillegg er det enklere montasje, lite vedlikehold og lettere å utføre

modifikasjoner ved et senere tidspunkt [21]. Noen velger å ha all forrigling i datamaskinen, ulempen med dette er at ved for eksempel en feil i PLS'en er det full stopp i anlegget inntil feilen er rettet. Det vil si at aggregatet ikke kan kjøres samtidig med feilsøking- og reparasjonsprosessen, som igjen fører til store økonomiske tap for kraftverket. I nyere kraftverk er det meste av kontrollanlegget basert på datateknikk (men som nevnt tidligere er 10-20% av anlegget basert på reléteknikk). Et datamaskinbasert kontrollanlegg består av en eller flere datamaskiner som er sammenkoblet i et nettverk, med en eller flere operatørstasjoner, mens billedskjerm og tastatur brukes til betjening. Anleggets konfigurering velges ofte etter en sikkerhet- og usikkerhetsvurdering. En stor fordel med et datamaskinbasert kontrollsystem hvor operatøren betjener anlegget fra billedskjermer, er at all informasjon som er tilgjengelig i kraftanlegget er samlet på ett sted. Dette gir operatøren mulighet til å få presentert relevant informasjon på en oversiktlig måte. Betjeningen utføres med kommandosekvenser som normalt er forriglet i datamaskinsystemet, men en del anlegg har også forriglinger i primæranlegget [22].

2.6.3 Startfase PLS i kraftverk

Før det gis startkommando til aggregatet, må det foretas et startvalg. En forutsetning for start er at aggregatet er klart til start. For å oppnå dette må det gis deblokkerings-kommando og/eller rette opp/kvittere eventuelle «stående» feil som har gitt stopp. Når startbetingelsene er i samsvar med startvalget («startknappen» lyser) er aggregatet klart til start. Her må man studere funksjonsplanen for anlegget. Datamaskinbaserte kontrollanlegg har som regel også en skjermbasert operatørarbeidsplass og da vil billedskjermene inneholde all nødvendige informasjon, som startbetingelser osv. Kommandoer og reguleringer vil da skje med pc.

Startvalg «Tomgang uten spenning»:

Ved å gi den startkommandoen, vil aggregatet starte i tomgang uten spenning og bli stående der. For å komme videre må det foretas nytt startvalg og startkommando eller det kan gis kommando for magnetisering.

Startvalg «Tomgang med spenning»:

Nå vil aggregatet i tillegg til foregående også spenningssette maskinen. For å komme videre må det velges startvalg «Drift» og gis en ny startkommando eller det kan gis «synkroniseringskommando», automatisk eller manuell fasing.

Startvalg «Drift»:

Nå vil startforløpet, i tillegg til foregående, også omfatte fasing og innkobling av effektbryteren slik at aggregatet går i «Drift» klart for på-lasting.

Startvalg «Hånd»:

Hensikten med dette alternativet er å kunne foreta start av aggregatet selv om datamaskinen er stoppet eller unormal. For å få utført de nødvendige kommandoene må startvalg «Hånd» være utført. Denne starten vil foregå uten de forriglinger som ligger i datamaskinen.

Driftspersonalet overtar på dette tidspunktet kontrollen. Starten utføres ved betjening direkte på objektene (for eksempel å starte en trykkoljepumpe, åpne ventiler etc.) i den rekkefølge som funksjonsplanen tilsier. Når «tomgang uten spenning» er nådd, kan det videre startforløpet styres fra reletavlen. Magnetisering utføres ved å betjene trykknapp «Magn». Innfasing kan skje automatisk eller for hånd. Ved innfasing gis det en kommando til effektbryter, og automatisk synkronisering starter. Hvis anlegget har forriglingsvender, må denne betjenes samtidig med at trykknappen for magnetisering av effektbryter inn-kommando gis [22].

2.6.4 PLS vs. konvensjonell

Normalt er hendelse håndtering, prosessdatalogg med trendkurver og rapportfunksjoner vanlige funksjoner. Dette gjør at man lokalt får en god oversikt over hva som har hendt i kraftanlegget for eksempel det siste døgn. Styre og reguleringsfunksjoner som for eksempel start-stopp automatikk og vannstandsregulator legges inn i datamaskin-systemet i sine respektive databaser. De fleste datasystemer har interne kommunikasjonsmuligheter til andre enheter som kan plasseres i et lukehus ved inntaksmagasiner, avløp også videre.

Kommunikasjon til overordnede systemer som driftssentral er ofte også integrert. Ved bruk av datamaskinbasert lokalkontroll endres grensesnittet til overordnede systemer seg i forhold til i et konvensjonelt anlegg. Den konvensjonelle signalfordeleren eller krysskoblingstavlen blir her overflødig. All styring og overvåkning overføres nå direkte mellom de lokale datamaskiner og driftssentral, via et kommunikasjons-snitt på en eller annen protokoll.

Datamaskinen mottar og behandler alle inn- og utganger i en database. Mange av de koblingene som vi er vant med i det konvensjonelle anlegget, gjøres her i software-programmene i datamaskinen. Software'n er i dette tilfelle sammenhengen mellom de logiske

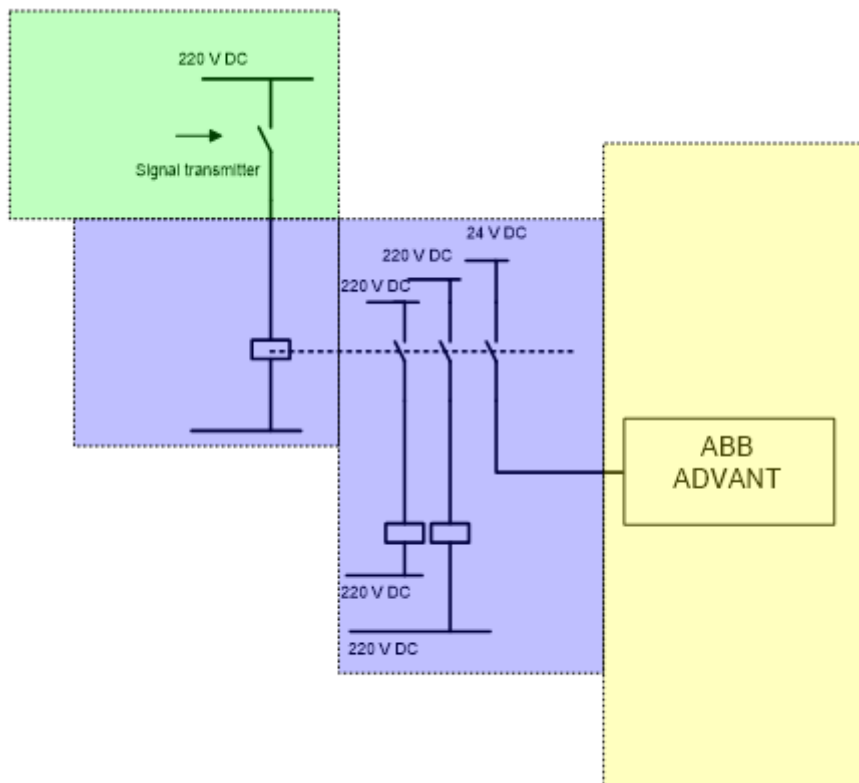
funksjonene og aktiveringen av elementene i anlegget nøye fastlagt. Denne kan endres etter behov, men det vil føre til forandret forløp til styringssekvensen [23].

I begge typer anlegg er det informasjon i form av meldinger, målinger, kommandoer og reguleringer som må tilrettelegges. I konvensjonelle anlegg gjøres dette ved at det opprettes et konvensjonelt snitt i form av egne kontakter for meldinger, spoler for kommandoer og utlegging av måleverdisløyfer fra måleverdiomformere. All denne informasjonen legges ut til en signalfordeler(krysskobling) og signalene kobles videre til en RTU (Remote Terminal Unit).

I databaserte kontrollanlegg er grensesnittet mellom kontrollanlegget og driftssentralen på protokollnivå. I prinsippet er kommunikasjon funksjonene som er i en konvensjonell RTU integrert i selve kontrollanlegget. Tilretteleggingen av signalene som skal overføres til driftssentralen foregår da ved hjelp programmering i det databaserte kontrollanlegget [22].

2.6.5 Hove kraftverk, konvensjonell og PLS

Hove har et PLS anlegg av typen ABB Advant, som er på listen over anlegg som går ut av produkt-porteføljen til ABB. Det er fortsatt muligheter å få kompetanse eksternt samt reservedeler, selv om prisen på disse øker. Fordelen med Advant-anleggene er deres store tilstedeværelse i Statkraft samt at det finnes intern kompetanse på området. Ved rehabilitering av et Advant-anlegg vil det frigi reservedeler til de resterende [2]. Hove ble rehabilitert forrige gang i 1999. I Hove er det også en konvensjonell del med relèstyrte komponenter, som vist på figuren under.



Figur 35 - Konvensjonell og PLS

Som tegningen viser er topologien til vikanleggene av typen som ikke benytter seg av mellomreleer. Reléene som inngår i prosessen har 24V DC styrespenning på en av relé-kontaktene, noe som ikke krever ytterligere nedtransformering for signalutveksling mot PLS. Det naturlige grensesnittet på Vikanleggene vil derfor være på rekkeklemmenivå på 24V DC siden av reléene, som inngår i prosessen. Siden PLS-anlegget fyller 16 år i 2015, begynner det å bli modent for utskifting. Nye kabler fra rekkeklemme mot PLS legges, og gul boks (ABB Advant PLS-system) skiftes ut [2].

3 Tilstandsvurdering

En tilstandsvurdering utføres for å kartlegge anleggets tilstand med hovedfokus på pålitelighet og tilgjengelighet i vannkraftverket. I vurderingen tas det hensyn til at gjeldende forskrifter og pålegg fra myndigheter er oppfylt. Videre kan man bruke rapporten til å lage en helhetlig og langsiktig vedlikeholdsplan av anlegget. En slik oversikt vil også gjøre koordinering av rehabiliteringsaktiviteter enklere, og kanskje det aller viktigste, redusert nede-tid på anlegget.

Siden man ikke kontrollerer eller tester funksjonene fysisk, gjøres vurderingen utfra en rekke forhold. Forholdene er delt i to, hvor det ene omhandler generelle sider for hver funksjon, mens den andre delen omhandler spesifikke sider ved funksjonen. I tilstandsvurderingen tar

man også med hvilke konsekvenser feil i funksjonene medfører og om det er reservefunksjoner for disse i anlegget.

To ting som ikke kommer under noen av underkapitlene, men som er tatt med i vurderingen, er miljø og dokumentasjon generelt på anlegget. Dokumentasjonen er det ingenting å si på, men på miljø er det noe fuktighet på turbindørk og i ventilkjeller. Noe dårlig fungerende avfukting, som kan medføre til problemer for endebrytere og annet elektroteknisk utstyr der nede. I vedlegg 6 kommer tilstandsvurderingen i sin helhet. Vurderingene er karaktergitt etter denne malen:

- 1: God tilstand 2: Tilfredsstillende tilstand
3: Redusert tilstand 4: Ikke akseptabel tilstand

3.1 Kontrollanlegg inklusiv vern

Vernene i denne stasjonen er fra rundt år 2000. Denne generasjonen forventer vi at skal ha en levetid på 25 år. Men vi ser at dette kan være et tøft krav, utskifting etter 20-25 år må forventes. Det er redundans i vernsystemet slik at anlegget tåler at et vern er ute av drift en kort periode.

Utskifting av vern bør koordineres med øvrig rehabilitering. Hva som er fornuftig koordinering må en se på som en totalløsning.

Sentral kompetanse er ok. Lokal kompetanse eksisterer ikke, derfor 2.5 på kompetanse.

	Individuelt:	Delsum:	Totalt:
6.1 Kontrollanlegg inkl. vern			
Kontrollanlegg inkl. vern: Funksjonsdyktighet	2.00		
Kontrollanlegg inkl. vern: Kompetanse	2.50		
Kontrollanlegg inkl. vern: Reparasjonstid	2.00		
Kontrollanlegg inkl. vern: Estimert restlevetid	2.00		
Kontrollanlegg inkl. vern: Miljø (temperatur)	2.00		
Kontrollanlegg inkl. vern: Personsikkerhet	2.00		
Karakter Kontrollanlegg inkl. vern	2.08	2.08	
6.1.1 Kontrollanlegg, kjernedel			
Karakter Konvensjonell, styring, PLS-er, RIO, led-er, vern, tilhørende komponenter tilknyttet kontrollanlegget.			2.08
Karakter Hjelpeanlegg, tilknyttet kontrollanlegg			2.11

3.2 Hjelpeanlegg

- AC, ingen bemerkninger.
- DC, får ikke reservedeler innen rimelige tider til likerettere og konvertere.
- UPS/vekselretter:

Funksjonsdyktighet, vært problemer med overbelastning, sikringer detter ut. Helt vanlig problem etter hvert som anlegget fornyes.

Kompetanse: Utstyr blir ikke produsert lengre, ingen kompetanse hos leverandør og lokalt.

Reparasjonstid: Må antagelig kjøpe helt ny ved feil grunnet mangel på deler, lang leveringstid.

Estimert restlevetid: Redusert pga. overbelastning over lengre tid.

	Individuelt:	Delsum:	Totalt:
6.2 Hjelpeanlegg			
6.2.1 AC-forsyning			
AC-fors: Funksjonsdyktighet	2.00		
AC-fors: Kompetanse	2.00		
AC-fors: Reparasjonstid	2.00		
AC-fors: Estimert restlevetid	2.00		
AC-fors: Personssikkerhet	2.00		
Karakter AC forsyning	2.00	2.00	
6.2.2 DC-forsyning			
DC-fors: Funksjonsdyktighet	2.00		
DC-fors: Kompetanse	2.00		
DC-fors: Reparasjonstid	3.00		
DC-fors: Estimert restlevetid	2.00		
DC-fors: Personssikkerhet	2.00		
Karakter DC forsyning	2.20	2.20	
6.2.3 Vekselretter/UPS			
Vekselretter:Funksjonsdyktighet	2.50		
Vekselretter: Kompetanse	2.50		
Vekselretter: Reparasjonstid	3.00		
Vekselretter: Estimert restlevetid	2.50		
Vekselretter: Personssikkerhet	2.00		
Karakter Vekselretter	2.50	2.23	

3.3 Hovedtransformator T1

- Ingen bemerkninger.

	Individuelt:	Delsum:	Totalt:
6.3. Hovedtransformator T1			
Hovedtrans.T1: Funksjonsdyktighet	2.00		
Hovedtrans.T1: Kompetanse	2.00		
Hovedtrans.T1: Reparasjonstid	2.00		
Hovedtrans.T1: Estimert restlevetid	2.00		
Hovedtrans.T1: Oljeanalyser	2.00		
Hovedtrans.T1: Gjennomføringer	2.00		
Hovedtrans.T1: Personssikkerhet	2.00		
Karakter Hovedtrans.T1	2.00	2.00	

3.4 Generator G1+G2

- Ingen bemerkninger.

	Individuelt:	Delsum:	Totalt:
6.4.1 Generator G1			
Generator G1: Funksjonsdyktighet	2.00		
Generator G1: Kompetanse	2.00		
Generator G1: Reparasjonstid	2.00		
Generator G1: Estimert restlevetid	2.00		
Generator G1: Generatorvern (mekanisk)	2.00		
Generator G1: Personssikkerhet	2.00		
Karakter Generator G1 øvrig	2.00	2.00	
6.4.2 Generator G2			
Generator G1: Funksjonsdyktighet	2.00		
Generator G1: Kompetanse	2.00		
Generator G1: Reparasjonstid	2.00		
Generator G1: Estimert restlevetid	2.00		
Generator G1: Generatorvern(mekanisk)	2.00		
Generator G1: Personssikkerhet	2.00		
Karakter Generator G2 øvrig	2.00	2.00	

3.5 Kabelanlegg 300- og 11kv

- Tilstandsvurdering utsatt grunnet tilsig. Den var egentlig planlagt April 2015, men som forklart i avgrensninger ble det utsatt til høsten.

	Individuelt:	Delsum:	Totalt:
6.5. Kabelanlegg 300- og 11kv			
Kabelanlegg 300- og 11kv: Funksjonsdyktighet			
Kabelanlegg 300- og 11kv: Kompetanse			
Kabelanlegg 300- og 11kv: Reparasjonstid			
Kabelanlegg 300- og 11kv: Estimert restlevetid			
Kabelanlegg 300- og 11kv: Miljø			
Kabelanlegg 300- og 11kv: Personssikkerhet			
Karakter Kabelanlegg 300- og 11kv		0.00	

3.6 Høyspenningsanlegg 300- og 11kv

- Brytere/apparatanlegg, generelt gjelder dette 300 kV brytere. 11kV brytere er nye og i meget god stand.
- Nullpunkt aggregat, ingen bemerkninger

	Individuelt:	Delsum:	Totalt:
6.6. Høyspenningsanlegg 300- og 11kv			
Høysp.anlegg 300- og 11kv: Funksjonsdyktighet	2.00		
Høysp.anlegg 300- og 11kv: Kompetanse	2.50		
Høysp.anlegg 300- og 11kv: Reparasjonstid	2.50		
Høysp.anlegg 300- og 11kv: Estimert restlevetid	2.50		
Høysp.anlegg 300- og 11kv: Miljø	2.00		
Høysp.anlegg 300- og 11kv: Personssikkerhet	2.00		
Karakter Høysp.anlegg 300- og 11kv	2.25	2.25	
6.6.1 Nullpunkt aggregat			
Nullpunkt aggregat: Funksjonsdyktighet	2.00		
Nullpunkt aggregat: Kompetanse	2.00		
Nullpunkt aggregat: Reparasjonstid	2.00		
Nullpunkt aggregat: Estimert restlevetid	2.00		
Nullpunkt aggregat: Miljø	2.00		
Nullpunkt aggregat: Personssikkerhet	2.00		
Karakter Nullpunkt aggregat	2.00	2.00	

3.7 Jordingsanlegg

Tidligere har det vært større strømmer i stålarrangementet knyttet til bryteranlegg. Det er også målt store strømmer i jordingsanlegg uten at årsaken ble funnet. Berøringsspenninger og skrittspenninger er målt og beregnet og funnet i henhold til kravene.

	Individuelt:	Delsum:	Totalt:
6.7. Jordingsanlegg			
Jordingsanlegg: Funksjonsdyktighet	2.50		
Jordingsanlegg: Kompetanse	2.50		
Jordingsanlegg: Reparasjonstid	2.00		
Jordingsanlegg: Estimert restlevetid	2.00		
Jordingsanlegg: Personsikkerhet	2.00		
Karakter Jordingsanlegg	2.20	2.20	

3.8 Fellesanlegg

- Kjølevannanlegg(elektro), ingen bemerkninger
- Lenseanlegg, ingen bemerkninger
- Energimåling/innsamling, Noe utstyr er ikke mulig å skaffe lengre. Reparasjon kan være vanskelig/umulig, kjøper nye ved havari.
- Ventilasjon, ingen bemerkninger
- Adgangskontroll, ingen bemerkninger
- Brannvarsling, ingen bemerkninger

	Individuelt:	Delsum:	Totalt:
6.8.1 Kjølevannanlegg			
Kjølevannanlegg: Funksjonsdyktighet	2.00		
Kjølevannanlegg: Kompetanse	2.00		
Kjølevannanlegg: Reparasjonstid	2.00		
Kjølevannanlegg: Estimert restlevetid	2.00		
Kjølevannanlegg: Personsikkerhet	2.00		
Karakter Kjølevannanlegg	2.00	2.00	
6.8.2 Lenseanlegg			
Lenseanlegg: Funksjonsdyktighet	2.00		
Lenseanlegg: Kompetanse	2.00		
Lenseanlegg: Reparasjonstid	2.00		
Lenseanlegg: Estimert restlevetid	2.00		
Lenseanlegg: Personsikkerhet	2.00		
Karakter Lenseanlegg	2.00	2.00	

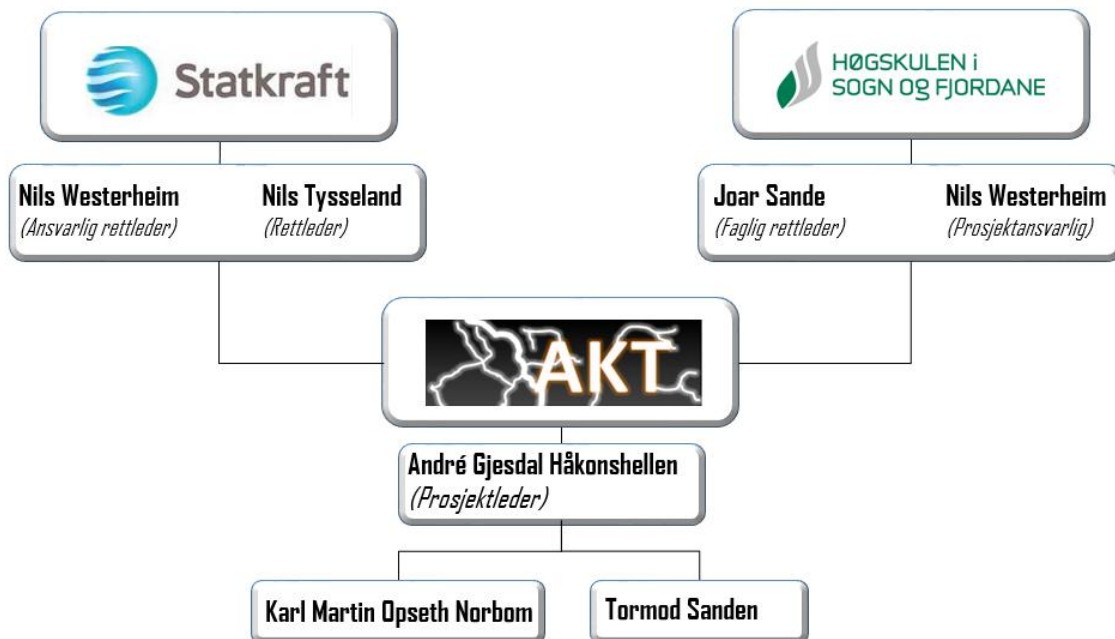
6.8.3 Energimåling/innsamling				
Energimåling: Funksjonsdyktighet		2.50		
Energimåling: Kompetanse		2.00		
Energimåling: Reparasjonstid		2.50		
Energimåling: Estimert restlevetid		2.00		
Energimåling: Personssikkerhet		2.00		
Karakter Energimåling		2.20	2.20	
6.8.4 Ventilasjon				
Ventilasjon: Funksjonsdyktighet		2.00		
Ventilasjon: Kompetanse		2.00		
Ventilasjon: Reparasjonstid		2.00		
Ventilasjon: Estimert restlevetid		2.00		
Karakter Ventilasjon		2.00	2.00	
6.8.5 Adgangskontroll				
Adgangskontroll: Funksjonsdyktighet		2.00		
Adgangskontroll: Kompetanse		2.00		
Adgangskontroll: Reparasjonstid		2.00		
Adgangskontroll: Estimert restlevetid		2.00		
Adgangskontroll: Miljø		2.00		
Adgangskontroll: Personssikkerhet		2.00		
Karakter Adgangskontroll		2.00	2.00	
6.8.6 Brannvarsling				
Brannvarsling: Funksjonsdyktighet		2.00		
Brannvarsling: Kompetanse		2.00		
Brannvarsling: Reparasjonstid		2.00		
Brannvarsling: Estimert restlevetid		2.00		
Brannvarsling: Miljø		2.00		
Brannvarsling: Personssikkerhet		2.00		
Karakter Brannvarsling		2.00	0.00	

3.9 Konklusjon

Det man kan lese ut av denne vurderingen, er at de elektrotekniske komponentene stort sett er i tilfredsstillende stand, foruten om ett par ting som er i redusert tilstand. Så i forhold til rehabilitering er det ingenting som haster å få utført. Eneste man bør se på er eventuelt en fornying av vekselretter, da i sammenheng med annet arbeid som skal gjøres i kraftverket. For eksempel når vernene fra år 2000 skal byttes.

4 Prosjektadministrasjon

4.1 Organisering



Figur 36 - Organisasjonskart

4.1.1 Styringsgruppen

Styringsgruppen består av Nils Westerheim, Joar Sande og Nils Tysseland. Nils Westerheim er prosjektansvarlig og ansvarlig rettleder, Joar Sande er Faglig rettleder og Nils Tysseland er rettleder.

4.1.2 Prosjektgruppen

Prosjektgruppen består av André Gjesdal Håkonshellen, Tormod Sanden og Karl Martin Opseth Norbom. André er prosjektleder.

Vi har møter minst hver 14.dag der vi tar opp framgang, problematikk og hva vi skal gjøre fram til neste møte. Vi har forsøkt å få tak i Lync, men dette har vist seg å være vanskelig.

Hvis det er noe i gruppen som ikke fungerer, vil vi i felleskap komme fram til en løsning på problemet.

4.2 SWOT-analyse

Formålet med en SWOT-analyse er å lokalisere trusler og muligheter i for eksempel et prosjekt, ved å utføre en slik analyse kan en oppdage prosjektets svakheter og styrker. Dette kan være med på å skape en god grunnmur som beskytter prosjektet mot ytre trusler og indre svakheter. Analysen brukes som et verktøy ved å identifisere faktorer som kan enten true eller hjelpe prosjektet for å nå sitt mål. Eksempel på relaterte forhold i prosjektet er økonomi, tekniske aspekter, miljømessige og sosialt ved disse kan da analysen bidra til å lokalisere trusler, svakheter, styrker og muligheter.

Ved begynnelsen og underveis av prosjektet satt vi oss ned å hadde en konkretisering av forholdene i og rundt prosjektet, det er en evaluering av prosjektet basert eksempelet i tabell 4.

Tabell 4 - Tabellen viser et eksempel på en SWOT analyse av et prosjekt.

Styrke: Klare målsetninger Kompetanse Motivasjon Erfaring	Muligheter: Behov Markedspotensialet Etterspørsel Politiske prioritering
Svakheter: Kostnadsnivå Interne konflikter Teknologivalg Fremdrift	Trusler: Konkurransen Miljøkonsekvenser Uforutsette virkninger Opinionens respons

Ved å summere antall forhold på styrke og muligheter, og deretter summere forholdene på svakheter og trusler kan du få en indikator på prosjektets tilstand. Er det flertall av svakheter og trusler i prosjektet kan dette være et signal om at prosjektet kan stå i fare, og mulige tiltak må utføres. Tiltak som å utnytte muligheter og fjerne synlige feil er noen av åpenbare tiltak for å få «skuta på rett kjøl».

Fokuserer man for mye på feil og styrker kan det gå ut over mulighetene og truslene som kommer. Da er man mer opptatt av hva som har skjedd, dette kan da gå utover evnen til å tenke nytt og langsiktig.

SWOT-analysen kan også bidra til nye idéer, og samtidig skape bedre samarbeid og kreativitet i gruppen. En bruk av SWOT-analyse i tidligfase av prosjektet kan være med på å gi bedre og flere strategiske valg som da kan hindre potensielle trusler seinere i prosjektet.

Samtidig som SWOT-analysen bidrar til å identifisere usikkerhet i prosjektet krever den at de involverte i analysen innehar kunnskap, innsikt og forståelse. En svakhet med analysen er at en beskriver ofte forholdene for enkelt i forhold til virkeligheten, og da vises gjerne ikke hele bildet av prosessen rundt forholdet.

Tabell 5 - Den viser SWOT-analysen av prosjektAKT [24]

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evner • Unike egenskaper i gruppen • Holdninger og arbeidsmoral • Ledelse, videreføring, • Filosofi og verdier • Takling av hindringer • Samarbeidsevne • Kreativitet • Tydelig rollefordeling • Improvisasjon • Løsningsorientert • Selvinnsikt 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teknologisk utvikling og innovasjon, ny teknologi, tjenester og idéer. Det er vanskelig å produsere dette utifra prosjektet • Mangel på praktisk arbeid å vise til. • Endringer i prosjektet • Erfaring, kunnskap, data • Avhengighet av rettleder • Utsettelse i det virkelige prosjekt • Vanskelig å komme med ny teknologi, tjenester og idéer på et slikt type prosjekt • Mangel på oversikt tidlig i prosjektperioden • Sein igangsettelse som kan føre til lange dager på slutten av prosjektperioden, som igjen kan før til mindre tilfredstillende resultat
<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informasjon og forskning • Prosesser, systemer, IT • Ny teknologi, tjenester og idéer en mulighet men også en svakhet. • En god mulighet til å lære og tilegne oss en god kunnskap rundt prosjektets innhold. 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beliggenhet og geografi • Kontinuitet, klarer vi å jobbe nok jevnt og trutt så vi unngår lange timer på slutten av prosjektperioden • Matte 3 kan komme i veien • Måloppnåelse og tidsplaner, når vi målet i tide. • Tidsskjema, deadlines og krav. • Tilstedeværelse og manglende evne til å nå tilfredstillende resultat • Fravær nøkkelpersoner i vitale prosjektperioder • Avstander til rettleder kan skape problemer med kommunikasjon • Tunnelsyn ved at vi fokuserer for mye på en ting og glemmer "the bigger picture"

I tabell 5 kan du se SWOT-analysen av prosjektAKT, denne ble utført tidlig i prosjektfasen. I tabellen er det klart overtall av trusler og svakheter. Normalt sett er dette negativt for et prosjekt, men vi ser på det litt annerledes. Ved å fremlegge potensielle trusler og svakheter i gruppen/prosjektet kan det forberedes og ta tiltak. Mange av de oppsatte truslene og

svakheterne i tabell 5 kan hjelpe til å forstå gruppens begrensning, og til å finne hvor det må dekkes opp for eventuelle mangler.

For å nevne et eksempel på tiltak tar vi for oss trusler i tabell 5, der er det nevnt «Tilstedeværelse og manglende evne til å nå tilfredsstillende resultat», dette var vi klar over tidlig at resultatet ikke alltid blir så bra som vi har sett for oss på grunn av manglende tilstedeværelse. Med tilstedeværelse tenkes det både fysisk og psykisk. Ved å utøve tiltak for å få et tilfredsstillende resultat hadde vi ofte møter med sjekk av status. Dette gjorde at vi hadde god kontroll på hverandres arbeid og hele tiden minnet hverandre på at vi ville oppnå et så godt resultat som vi kunne. Det hjalp også på motivasjonen, kontinuiteten, og er tiltak som er med på å forme sluttresultatet. Et annet eksempel på innkommende trussel er ventet fravær på nøkkelpersoner i viktige prosjektperioder. Da må vi utføre tiltak hvor vi jobber hardt før fraværet, vi vil da unngå å havne for langt bakpå med tanke på tidsfrister og måloppnåelse.

Erfaring viser at trusler vil opptre som er «umulig» å forutse, og kan det gjøre at en må ta det litt som det kommer.

Ved å liste opp styrker og muligheter blir vi mer klar over potensiale til prosjektet og gruppen. Ved at den hele tiden minner på gruppen de forskjellige mulighetene og styrkene vi kan spille på i løpet av prosjektperioden. Den fungerer nesten litt som en motivator som sier til deg hele tiden hvor god du er, og hva som skal til for at du skal bli bedre [25]

4.3 Gjennomføring i forhold til plan

Vi kom litt senere i gang med selve prosjektfasen enn vi hadde planlagt, pga. at det var flere grupper som ville ha samme prosjektoppgave som oss, vi måtte derfor ha en loddtrekning som vi tapte, og finne et nytt prosjekt. Før loddtrekningen hadde vi vært i kontakt med Nils Westerheim angående hovedprosjekt, så det gikk ikke så lang tid før vi hadde nytt prosjekt. Vi kom kjapt i gang med å lage en prosjektbeskrivelse siden fristen for innlevering nærmet seg med stormskritt. Det neste vi gjorde var å starte planlegginga av hele prosjektet, basert på prosjektbeskrivelsen, resulterte det i en forprosjektrapport. Hoveddelen i rapporten er en beskrivelse av selve prosjektet, hovedsakelig det vi skulle gjøre i løp av prosjektfasen. Etter vi hadde fått godkjent rapporten, møttes vi og fordelte oppgaver slik at vi kunne starte selve hovedprosjektet. En annen ting er prosjektbeskrivelsen, hvor det står rehabilitering av elektrotekniske komponenter. Dette ble i løp av prosjektperioden utsatt til etter år 2020. På grunn av dette falt løsninger i punkt 5 fra prosjektbeskrivelsen bort.

4.4 Økonomi og ressurser

I utgangspunktet hadde vi i forprosjektrapporten kun budsjettetert med utgifter på kr 2966,- på reising til Vik. Årsaken til vi kun har reiseutgifter er fordi de vurderingene vi kommer med i prosjektet, vil bli utført av Statkraft.

Tabell 6 - Økonomiplan

Turer	Til-fra	Distanse tur/retur(km)	Sats	Ferge(tur-retur)	Sum
1	Førde - Vik	210km	6,10	202kr	1483kr
2	Førde - Vik	210km	6,10	202kr	1483kr

I tillegg kommer utskrifter av prosjektrapporten og plakat på ca. 500,-.

Tids- og ressursplan

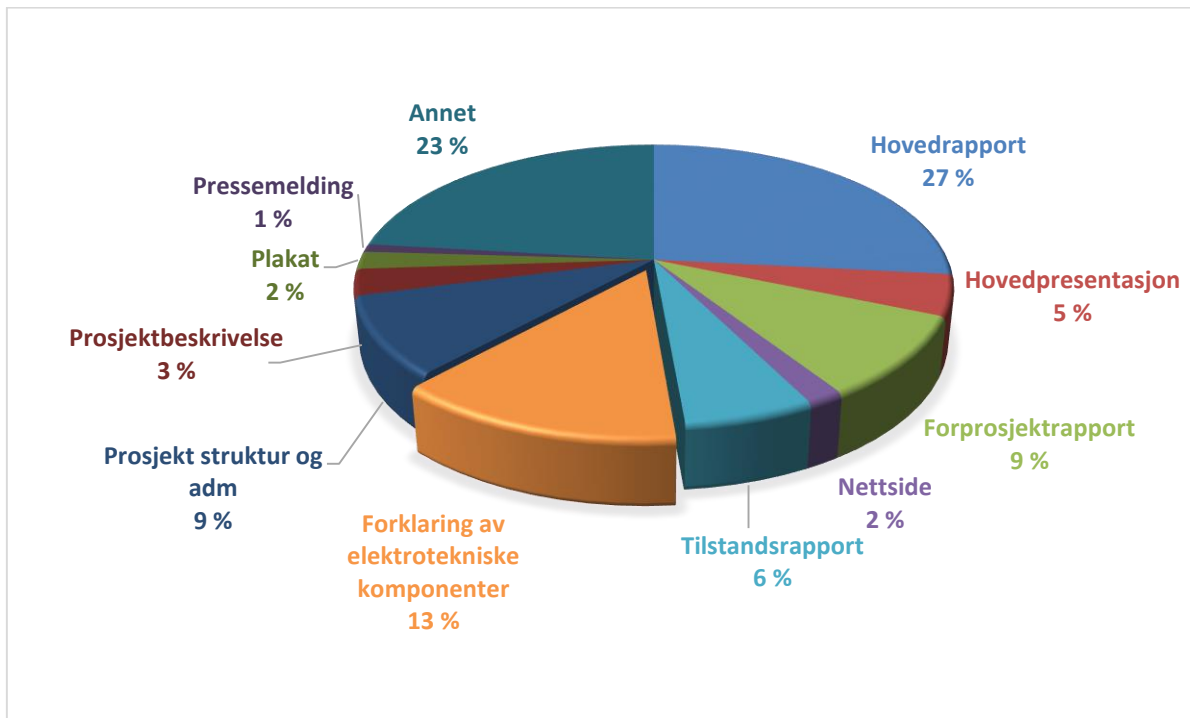
I beskrivelsen til prosjektet står det at vi skal jobbe med prosjektet 450 timer. Vi har nedlagt rundt 3-400 timer hver i prosjektet. En del timer vi hadde estimert på forhånd, som vi skulle bruke på innhenting av priser, løsninger og utskifting av kontrollanlegg, falt bort. Dette fordi den delen av prosjektet ble utsatt. Her har vi valgt å legge vekt på ferdig resultat heller enn antall timer. I vår gruppe tar alle Matematikk 3. Derfor gikk det vekk minst 6 timer til dette i løpet av en uke. Timeplanen kan dere se i tabell 2.

Tabell 7 - Timeplan vårsemesteret

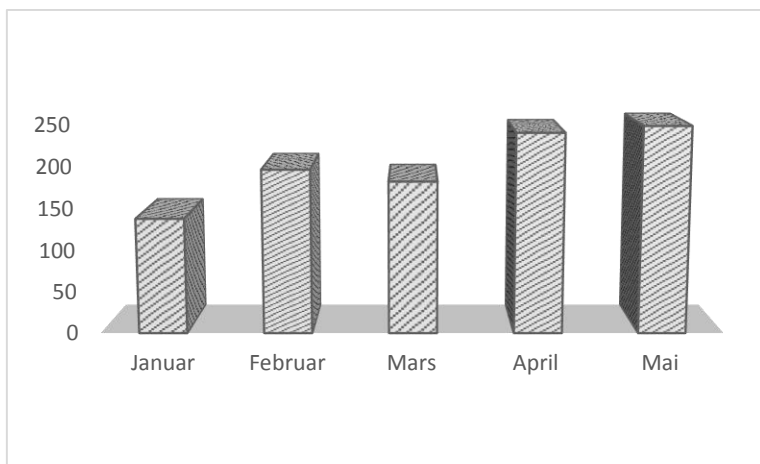
Time	Tid	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
1	08.30-09.15		Matte 3		Matte 3	
2	09.25-10.10		Matte 3		Matte 3	
3	10.20-11.05				Matte 3	
4	11.15-12.00				Matte 3	
5	12.30-13.15					
6	13.25-14.10					

Tidsbruk

Kakediagrammet på figur 37 viser tidsbruken på de forskjellige «postene» i prosjektet. Tidsbruken er i timer oppgitt i prosent basert på hvor mye tid gruppen har brukt på de forskjellige postene. Mens figur 38 viser et søyle diagram og tidsbruken per måned gjennom prosjektperioden.

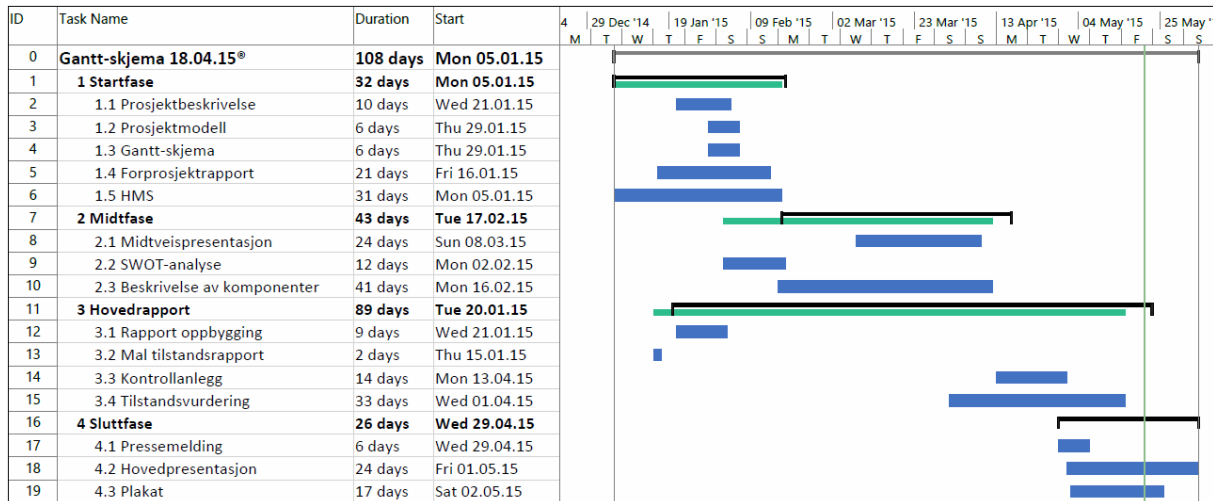


Figur 37 - Pajdiagram over tidsbruk



Figur 38 - Søylediagram som viser tidsbruk per måned i prosjektperioden

Vi har laget et Gantt-skjema for å ha oversikt over framdriften i prosjektet. Vi har brukt MS-project som verktøy. Gantt-skjemaet er et oversiktlig og godt hjelpemiddel, som vi stortsett har klart å følge gjennom prosjektperioden.



Figur 39 - Gantt-skjema

4.5 Generell prosjektevaluering

En stor del av vårt prosjekt har gått ut på å få bedre forståelse og kunnskap om vannkraft, elektrotekniske komponenter i kraftverk og prosjektarbeid som ingeniør. Ved å bygge videre på særlig fagene elkraft fordypning og elektriske maskiner, har vi tilegnet oss ny kunnskap.

Som prosjektgruppe har vi hatt lite problemer da vi går godt overens, jobber bra selvstendig og i gruppe. I utgangspunktet planla vi å ha møte hvertfall hver 14. ende dag, men enkelte perioder av prosjektet har vi hatt møter hyppigere. Vi har også hatt en del uoffiselle møter og mye av kommunikasjonen i gruppa har gått over facebook. De tre siste ukene av prosjektet hadde vi ingen offisielle møter, siden vi stortsett satt i gruppe å jobbet. Oppgaver og videre planlegging ble gjort fortløpende.

Når det kommer til styringsgruppa, har vi i hovedsak hatt møter og kontakt med Nils Westerheim, som har vært til stor hjelp med sin kunnskap og veiledning. Vi har også hatt samtaler med Nils Tysseland som er innleid konsulent for Statkraft.

4.6 Arbeidsmetoder

ProsjektAkt er som nevnt et del av et større prosjekt som omhandler blant annet å rehabilitere Hove kraftverk. Vi har jobbet tett med Nils Westerheim og Nils Tysseland. Her har vi fått observere og vært med på å lage og utføre tilstandsvurdering.

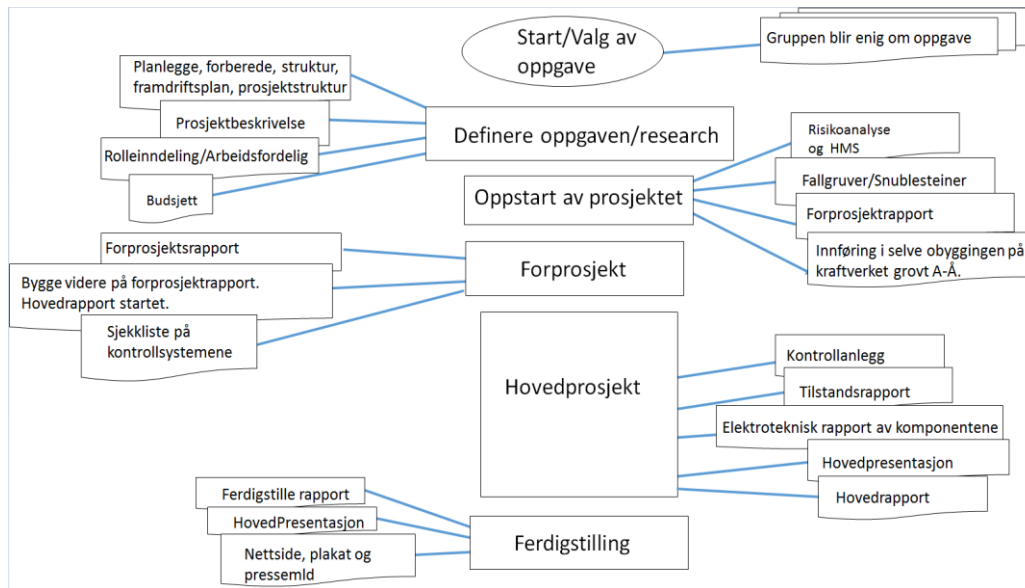
Vi har hatt hyppige møter minst annenhver uke, som oftest har vi hatt oftere ettersom ting krever diskusjon og felles avgjørelser. Møtene ble også brukt til blant annet å gå igjennom arbeid, generere og dele ut nye oppgaver. Møtereferat ble skrevet fra hvert møte for å få ned ideer og andre viktige ting som ble bestemt på møtene. Møtereferatene ble så lagt inn i dropbox, så vi enkelt kunne gå inn å se hva som ble sagt og bestemt på forrige møte. Et eksempel på innkalling og referat kan sees i vedlegg 1 og 2.

4.7 Prosjektmodell

Ideen bak å bruke en prosjektmodell er for å systematisere prosjektet, det er også en nyttig beskrivelse av hvordan prosjektet gjennomføres. Prosjektmodellen beskriver de viktigste forholdene i prosjektet som for eksempel:

- Faser i prosjektet
- Faglige og administrative oppgaver rundt oppstart, gjennomføring og avslutning.
- Milepæler.

Prosjektmodellen er nyttig ved at den gir oss veiledning i hvordan prosjektet skal gjennomføres, den øker også prosjektgruppens innsikt i det faglige og administrative, samtidig som den gir støtte i planleggingsarbeidet. Den bidrar også til en felles forståelse og hvor i prosjektførløpet vi befinner oss til enhver tid i. Samtidig sikrer den at prosjektets retning og fremdrift blir tatt i rett tid av de riktige personene. Prosjektmodellen er erfarings basert og vil oppdateres løpende etter nye erfaringer fra tidligere prosjekter, prosjektmodellen kan du se på figur 40 [26].



Figur 40 - Prosjektmodellen

4.8 Nettside

Valget falt på Wordpress som plattform for hjemmesiden. Hjemmesiden blir brukt som en besøksadresse hvor du kan se resultatet. Vi har valgt å ikke skrive hjemmesiden som en blogg men heller bruke den som en base for prosjektet.

Valget av tema på nettsiden tok vi basert på utseende og praktiske årsaker. Enigma som er navnet på temaet, gir bevegelig, levende og fin nettside med mange store bilder. Målet var å få en enkel og oversiktlig nettside som du enkelt kunne finne informasjon rundt prosjektet. Siden vi bruker store og tydelige tekster og ikoner håper vi på å oppnå det.

Nettsiden var opprettet så rettleder og bedrift kunne enkelt gå inn å se på prosjektet, men vi håper også at studenter som kommer etter oss også enkelt kan gå inn å hente ut informasjon om oppgaven og prosjektet. Forhåpentligvis kan de finne inspirasjon og tips til sitt arbeid.

Figur- og tabell-liste

Figur-liste:

Figur 1 - Nedbørfelt og tilsigsområde til Hove Kraftverk [1].....	3
Figur 2 - Steinfyllingsdammen ved Refsdal.....	4
Figur 3 - 1 viser Flomløp. 2 viser at «overvannet» renner ned i elveleiet gjennom rør.....	4
Figur 4 - Rulleluke	7
Figur 5 - Varegrind.....	8
Figur 6 - Varegrind med rensker	8
Figur 7 - Kuleventil med hjelpekomponenter	11
Figur 8 - Bukserør	12
Figur 9 - Skade påført av kavitasjon [27].....	13
Figur 10 - Vannmengden blir redusert ved at den siver inn til løpehjulet [10].....	15
Figur 11 – plassering på faste og vribare ledeskovler [10]	15
Figur 12 – ledeskovlene reguleres i forhold til vannet [10]	16
Figur 13 – Vannvei gjennom løpehjulet. [10]	17
Figur 14 - Kreftene på turbinbladet. [10]	17
Figur 15 –forskjellige løpehjulsformer ved ulike fallhøyder [11].....	17
Figur 16 – Sugerør [10].....	18
Figur 17 - Stator som senkes ned [12].....	20
Figur 18 - Prinsippet for en 2-lags sløyfevikling [13].....	21
Figur 19 - Snitt i blikkpakken, av stavene [14]	21
Figur 20 - Rotor i en vertikalakslet generator [15].....	23
Figur 21 - Overliggende Bære-/styrelager [16].....	24
Figur 22 - Bærelager [16].....	25
Figur 23 – Styrelager [16]	25
Figur 24 - Prinsippskisse, kjøling lagerolje.....	26
Figur 25 – Rotasjonsposisjoner [13]	27
Figur 26 - projisert areal [13]	28
Figur 27 - Prinsipp to-polet, tre-fase generator [13]	29
Figur 28 - Grunnharmoniske spenninger [13].....	30
Figur 29 - Skjematisk visning av koblingene.....	31
Figur 30 - Kjernens oppbygging	32
Figur 31 – Virvelstrøm.....	32

Figur 32 – Core-type og Shell-type kjerne.....	33
Figur 33 - Oversikt over kontrollanlegg utvikling og forrige PLS bytte i Hove.....	35
Figur 34 - Eksempel på enkelt start/stopp-tablå.....	36
Figur 35 - Konvensjonell og PLS.....	40
Figur 36 - Organisasjonskart.....	47
Figur 37 - Paidiagram over tidsbruk.....	52
Figur 38 - Søylediagram som viser tidsbruk per måned i prosjektperioden.....	52
Figur 39 - Gantt-skjema.....	53
Figur 40 - Prosjektmodellen.....	55

Tabell-liste:

Tabell 1 - Tekniske data Vikfalli.....	1
Tabell 2 - Varegrind - Normal slitasje, deformasjoner.....	9
Tabell 3 - Varegrind - Løse skrueforbindelser og sprekker.....	10
Tabell 4 - Tabellen viser et eksempel på en SWOT analyse av et prosjekt.....	48
Tabell 5 - Den viser SWOT-analysen av prosjektAKT [24].....	49
Tabell 6 - Økonomiplan.....	51
Tabell 7 - Timeplan vårsemesteret.....	51

Referanser

- [1] NVE. [Internett]. Available: <http://gislaugny.nve.no/Geocortex/Essentials/Web/Viewer.aspx?Site=Lavvann&ReloadKey=True>.
- [2] N. Westerheim, Interviewee, [Intervju]. 2015.
- [3] J. Eie, «Dammer og Kraftverk,» Bekkestua, NKI Forlaget, 2000.
- [4] C. Vogt-Svendsen, «Vannveien,» i *Fra dam til energiverk*, Bjørkelangen, Norges Elektroentreprenørforbund, 1998, pp. 45-46.
- [5] EBL - Håndbok, *Tilstandskontroll av vannkraftverk - Vannvei*, Energibedriftenes landsforening.
- [6] «Spedalsverk,» [Internett]. Available: <http://www.spedalsverk.no/produkter/fransisturbin>.
- [7] S. N. LEKSIKON, «Vannkraftmaskin,» [Internett]. Available: <https://snl.no/vannkraftmaskin>.
- [8] K. T. Kolsaker, «Evaluering av modulert kavitasjon i vannkraftturbiner,» Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, Trondheim, 2013.
- [9] S. N. LEKSIKON, «Virkningsgrad,» [Internett]. Available: <https://snl.no/virkningsgrad>.
- [10] Learnengineering. [Internett]. Available: <http://www.learnengineering.org/2014/01/how-does-francis-turbine-work.html>.
- [11] C. Vogt-Svendsen, «Turbiner,» Oslo, Elforlaget, 2000, pp. 51-90.
]
- [12] EBL - Håndbok, *Tilstandskontroll av vannkraftvekt - Stator*, Energibedriftenes landsforening.
]
- [13] EBL - Håndbok, *Generelt om vannkraftgeneratorer*, Energibedriftenes landsforening.
]
- [14] EBL - Håndbok, *Tilstandskontroll av vannkraftverk - Statorvikling*, Energibedriftenes landsforening.
]
- [15] EBL - Håndbok, *Tilstandskontroll av vannkraftverk - Rotor*, Energibedriftenes landsforening.
]
- [16] EBL - Håndbok, *Tilstandskontroll av vannkraftverk - Lager*, Energibedriftenes landsforening.
]

- [17 Y. A. FREEDMAN, «UNIVERSITY PHYSICS,» i *Whit Modern Physics*, Pearson
] Addison-Wesley, 2006, pp. 996-999.
- [18 Standard.no, NEK IEC/TR 60616: Terminal and tapping markings for power
] transformers, Standard.no, 1978.
- [19 O. kjølseth, *Elektromaskiner : motordrifter og elektromagnetiske apparater*, Oslo :
] Teknologisk Forlag , 1971.
- [20 M. D. o. O. V. Thorsen, «Elektriske Maskiner og Omformere,» Stavanger/Bergen,
] Gyldendal, 2013, pp. 11-53.
- [21 S. Seltveit, «Utvikling av PLS basert kontrollanlegg for småkraftverk hos Skagerak
] Energi AS,» Norges teknisk- naturvitenskaplige universitet, Trondheim, 2010.
- [22 EBL - Håndbok, *Tilstandskontroll av vannkraftverk - Kontrollanlegg*, Energibedriftenes
] landsforening, 2001.
- [23 J. T. A. M. B. R. Ackermann, «PLS - Programmerbare Logiske Styresystemer,» Esslingen,
] Yrkesopplæring is, 1989, pp. 8,16.
- [24 «SKAPE,» [Internett]. Available: [http://www.skape.no/dokumentmaler/swot-analyse-](http://www.skape.no/dokumentmaler/swot-analyse-mal)
] mal. [Funnet 13.05.15 05 2015].
- [25 O. T. J. T. M. V. H. I. J. Kjell Austeng, «Usikkerhetsanalyse - Metoder,» i *Consept*,
] Trondheim, Norges teknisk- naturvitenskaplige universitet, 2005, pp. 130-134.
- [26 H. Westhagen, «Prosjektarbeid,» i *Utviklings- og endringskompetanse*, Oslo, Gyldendal,
] 2012, pp. 24-26.
- [27 Wikipedia. [Internett]. Available: <http://no.wikipedia.org/wiki/Kavitasjon>.
]

Vedlegg

Vedlegg 1: Eksempel på møteinnkalling(Zip-fil)

Vedlegg 2: Eksempel på møtereferat(Zip-fil)

Vedlegg 3: Vannvei(Zip-fil)

Vedlegg 4: Kjøregodtgjørelse(Zip-fil)

Vedlegg 5: Timeregistrering Bacheloroppgave(Zip-fil)

Vedlegg 6: Tilstandsvurdering-kontrollanlegg Hove (Zip-fil)