



Energinøytralt drikkevann Eco-friendly drinkingwater

Prosjektnummer: KBG-2017-01

Prosjektgruppe: Marianne Strandeng og Lene Sandven Thomas

Innleveringsdato: 16.05.2017

Begrensning: Etter Avtale

Sammendrag:

Prosjektets formål var å utrede mulighetene for kraftproduksjon i vannledningsnettet hos Glitrevannverket IKS. Selskapets styre fremmet i 2015 en målsetting om å bli energinøytrale, noe det teoretisk sett skulle ligge til rette for. Målet er å utnytte den potensielle energien som kontinuerlig omformes i vannveiene på en hensiktsmessig og økonomisk forsvarlig måte. Dersom dette lar seg gjøre, vil det være verdifullt for bedriften og som bidrag til verdens økende behov for energieffektivisering og bedre utnyttelse av ressursene.

Gjennom grundige undersøkelser, befaringer og innhenting av råd fra fagfolk, ble problemstillingen godt belyst. Overordnet gjennom arbeidet vektlegges oppdragsgivers primære krav om kvalitet og sikkerhet for drikkevannsleveransen.

Resultatet av arbeidet viste sannsynlighet for at et fungerende system kunne designes innenfor gitte rammer og definerte krav. Løsningen som presenteres i rapporten ivaretar vannverkets ansvar, samtidig som den realiserer det fremtidsrettede ønsket om å levere energinøytralt drikkevann i Drammensregionen. Prosjektet blir med all sannsynlighet realisert.

Skjemaet skal leveres sammen med besvarelsen.

Obligatorisk erklæring

Jeg erklærer herved at min:

Eksamensbesvarelse i emnekode:	FE-BAC3000	Fakultet:	HSN
---------------------------------------	------------	------------------	-----

1. er utført av undertegnede. Dersom det er et gruppearbeid, blir alle involverte holdt ansvarlig og alle skal undertegne blanketten.
2. ikke har vært brukt til samme/en annen eksamen ved HSN eller et annet institutt/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.
3. ikke er kopi eller avskrift av andres arbeid, uten at dette er korrekt oppgitt.
4. ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at dette er oppgitt.
5. har oppgitt alle referanser/kilder som er brukt i litteraturlisten.

Jeg/vi er kjent med at brudd på disse bestemmelsene er å betrakte som fusk og behandles i hht. §18 i Forskrift om eksamen og studierett ved HSN og U-loven Kap. 4 § 4-7.

Dato:		Sted:	
-------	--	-------	--

Underskrift!:	Marianne Strandeng	Kand.nr.:	
Underskrift!:	Lene Sandven Thomas	Kand.nr.:	

Campus Vestfold
Energinøytralt drikkevann
Eco-friendly drinkingwater

Forfatterens navn: Marianne Strandeng og Lene Sandven Thomas

Veiledernes navn: intern, Helge Herheim
eksterne, Per Ringnes, Harald Bernhardsen og Ole Fjæstad

Kurs/avdeling:

Dato: _____

Rett til innsyn, kopiering og publisering av bacheloroppgave

Høgskolen ønsker å gjøre gode bacheloroppgaver tilgjengelig ved å publisere dem i papirutgave og legge dem på internett. Høgskolen trenger studentenes tillatelse til dette.

Hovedprosjektet vil fortsatt være forfatterens åndsverk med de rettigheter det gir.

Høgskolens bruk vil ikke omfatte kommersiell bruk av studenters hovedprosjekt.

Tillater du/dere at din/deres hovedprosjekt blir publisert både i papir og nettutgave?

___ ja ___ nei

Signatur av alle forfattere:

Campus Vestfold

Forord

Rapporten beskriver og dokumenterer arbeidet som er gjort gjennom vårsemesteret 2017, i prosjektet «Energinøytralt drikkevann». Prosjektarbeidet er hovedprosjekt i studiet «Bachelor ingeniørfag, Maskiningeniør» ved Høgskolen i Sørøst-Norge.

Verdens økende behov for energi fordrer fremtidsrettet initiativ og engasjement. Norge er med sin miljøvennlige vannkraft ledende på fornybar energiproduksjon, allikevel er det stadig viktigere å se på ubrukte ressurser og hvordan de best kan utnyttes.

Oppdragsgiver, Glitrevannverket IKS, har lenge ønsket å bli energinøytrale. Ved å utnytte potensiell energi i eget ledningsnett til kraftproduksjon kan dette føre dem ett skritt nærmere dette målet. Vannproduksjon er energikrevende samtidig som det er store mengder potensiell energi i vannverkets anlegg. I teorien kan hele Glitrevannverket driftes ved hjelp av egenprodusert kraft, og med overskudd som kan selges videre. Samtidig hadde prosjektgruppa ønske om en bacheloroppgave innenfor vann- og fornybar energi bransjen, noe som førte til et samarbeid som har vært over all forventning.

Arbeidet foregikk i Glitrevannverkets distribusjonsnett, i et anlegg med gode forutsetninger for kraftproduksjon. Her skaper stor vannleveranse med betydelig trykkreduksjon og gunstig infrastruktur utfordrende og lovende rammer.

Vi takker alle samarbeidspartnere for deres respektive bidrag til at dette ble et fremtidsrettet, spennende og utrolig lærerikt pilotprosjekt.

Campus Vestfold

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
Bakgrunn for prosjektet	1
Problemstilling	1
Målformuleringer	1
Strategi	2
Begrensninger og forutsetninger	3
2. Arbeidsmetoder	4
Valg av prosjektutviklings- og styringsmodell	4
Bruk av modellen i dette prosjektet	6
Standard for gjennomføring og oppfølging	7
3. Teoretisk grunnlag	8
Utgangspunkt	8
Turbin teori	9
Francis	10
Pelton	11
Kaplan	12
Difgen	13
Pump As Turbine (PAT)	13
Pumpeteori	14
Generatorteori	16
Forenklet teori og bruksområde for frekvensomformer	17
4. Konseptutredning	18
Oppdragsgiver	18
Vannkilden: Glitre	18
Vannbehandling: Landfall	19
Undersøkelsen	20
«GVK-550 Brokaret», ventilkammer	21
Systemkrav	23
Drikkevanns relaterte krav	23
Generelle krav	24
Elektrisitet	25
Økonomi	26

Campus Vestfold

Økodesign	27
Mål for gjennomføring av økodesign	27
Ansvar og roller	27
Fokusområder	28
Miljømessig vurdering av mulig leverandør	28
Referanseanlegg	29
1. The Breech plant	29
2. Svarttjern	29
3. Oslo kommune	29
5. Innledende design	30
Risiko	31
Handlingsplan for risikostyring i prosjekt: Brokaret.	32
Roller og ansvar	32
Utvikling av risikohåndteringsplanen	33
Sensitivitetsanalyse for prosjekt Brokaret	37
Sensitivitetsanalyse for bacheloroppgaven	38
Idévurdering	40
Systemoversikt	43
6. Endelig design	44
Idéutvalgelse	44
Pumpevalg:	44
Ventilvalg:	46
7. Fysisk design	50
Linje 1 og 2	50
By-pass 1 og 2	52
Flytskjema	54
Oppsett for kraftoverføring	55
8. Beregninger	56
Formler	56
Trykkendring	56
Vannhastighet	57
Strømningstilstand	57
Største tillatte belastning av by-pass	58

Campus Vestfold

9. OPPSUMMERING.....	59
Beregnete utgifter:.....	59
Diskusjon	62
Konklusjon.....	64
Anerkjennelser	65
10. Nomenklaturliste.....	66
Symboloversikt	71
Flytskjema.....	71
Beregninger.....	72
11. Litteraturliste.....	73
12. VEDLEGG.....	75
Avtaler.....	75
Lover og forskrifter som påvirker prosjektet:.....	78
Risiko	84
Datablad	101
Beregninger.....	102
Bakgrunnsinformasjon.....	104
Første utgave, systemoversikt.....	104

1. Innledning

Bakgrunn for prosjektet

I dagens verdensbilde står behovet for energieffektivisering tydelig frem. Uttrykk som «grønn energi», «bærekraft» og «energinøytral» brukes i en økende rekke sammenhenger. Selv om den norske vannkraften har gjort oss til ledende produsenter av ren energi, er det viktig å se i et bredere perspektiv. Den teknologiske utviklingen åpner for stadig nye områder hvor resurser kan unyttes effektivt. Prosjektgruppa har gjennom sine studier fått interesse for vann, miljøet og fornybar energi, og ønsket seg et hovedprosjekt som reflekterte dette. Det førte til oppdrag for Glitrevannverket IKS.

Vannverkets styre har uttrykt at de ønsker å arbeide for å bli energinøytrale. Det ble i den sammenheng gjort en utredning av vannverkets muligheter for kraftproduksjon i sine anlegg. Ved å erstatte eksempelvis trykkreduksjonsventiler med turbiner, kan energien som omformes i en slik reduksjon utnyttes til produksjon. Utredningen viser til flere anlegg hvor forholdene ligger godt til rette, samtidig som den peker på diverse utfordringer med tanke på virkningsgrad og lønnsomhet. Glitrevannverkets grunnleggende utredning ble formidlet til prosjektgruppa, og danner utgangspunkt for valg av anlegg for prosjektet.

Ventilkammeret «GVK 550 Brokaret» ble valgt for prosjektet, primært fordi det teoretiske energipotensialet var stort. Den sentrale beliggenheten var fordelaktig med tanke på infrastruktur og tilknytning til strømmettet. Videre ble det lagt vekt på at dagens løsning ikke fungerer godt, og var under vurdering for utskiftning. Anlegget bød på enkelte utfordringer, men skapte lovende og inspirerende rammer for prosjektet.

Problemstilling

Kan Glitrevannverket IKS nyttiggjøre den potensielle energien i vannledningsnettet, til bærekraftig kraftproduksjon for energinøytral drikkevannsløseleveranse?

Målformuleringer

Prosjektmål: Avgjøre mulighet og egnethet for kraftproduksjon i Brokaret.

Ved positivt utfall:

Foreslå en løsning som

- ivaretar trygg vannleveranse av høy kvalitet.
- er driftssikker.

Campus Vestfold

Ved negativt utfall:

- Analysere utslagsgivende faktorer.
- Vurdere teknologiske endringer som kunne muliggjort konseptet i fremtiden.
- Eventuelt begrunne uegnethet.

Prosessmål: Økt kunnskap og forståelse for kraftproduksjon i vannveien.
Synliggjøring av muligheter og begrensninger innen temaet.

Resultatmål:

For oppdragsgiver:

- Mulighet for å bli energinøytrale i det aktuelle anlegget, ved produksjon og salg av elektrisitet.
- Overføringsverdi, for bruk av erfaringer og resultater i tilsvarende, kommende prosjekter.

For prosjektgruppa:

- Introduksjon til arbeidslivet.
- Få erfaring og kompetanse innenfor temaet.
- Kjennskap til vannbransjen.
- Kjennskap til kraftproduksjonsbransjen.

Intensjon

Utrede muligheten og utarbeide konklusjon om hvorvidt kraftproduksjon er hensiktsmessig eller ikke, i ventilkammeret «GVK550-Brokaret».

Strategi

For å sikre kvalitet i gjennomføringen gjorde prosjektgruppa følgende:

- Satte seg inn i problemstillingen gjennom grundige undersøkelser, befaringer, gjennomgang av lignende prosjekter mm.
- Definerte og kvalitetssikret kravspesifikasjonene.
- Validerte og verifiserte kravspesifikasjoner og planer.
- Rådførte seg med fagfolk for alle berørte systemer.
- Innhentet dokumentasjon og sammenlignet kvalitet, funksjon og pris.
- Vurderte funksjon av komponenter i forhold til systemkravene.
- Vurderte funksjon av systemet som helhet.
- Beregnet og designet forslag til det endelige systemet.

Campus Vestfold

Begrensninger og forutsetninger

Avgrensning for prosjektet inne på anlegget er vist i figur 12 på side 22. Installasjoner utenfor det merkede området påvirkes i liten grad av prosjektet, og beskrives kun ved behov på grunn av sammenheng.

Sikkerhetsmessige tiltak med tanke på vannleveranse er oppdragsgivers ansvar.

Det forutsettes at prosjektet ikke detaljløser bygging av rørgatene. (rør, monteringsmateriell, arbeid)

Elektrofaglige systemer i tilknytning til prosjektet skal settes opp, og må utføres av kvalifisert og sertifisert personell. Det er forutsatt at prosjektet ikke detaljløser følgende punkter:

- Programmering av PLS.
- Kablingsskjema for elektriske komponenter.
- Beregninger for turtall til generator.
- Beregninger for mest gunstig spenning for leveranse til nettet.
- Detaljløsning av komponenter.

For tilkobling til netteier, Glitre energi nett, forutsettes at 240 mm² kabel fra Brokaret til «Nettstasjon 2289» er tilstrekkelig dimensjonert.

Pris på produsert kraft settes noe lavt, til 18 øre/kWh, for å ta opp prissvingningene i markedet og som sikkerhet mot ugunstige feil i lønnsomhetsvurderingen.

Campus Vestfold

2. Arbeidsmetoder

Valg av prosjektutviklings- og styringsmodell

Tidlig i prosjektet vurderte vi V-modellen i en variant hvor den kombineres med spiralmodellen som mulig metode for utvikling og styring av arbeidet. Vi hadde kjennskap til disse modellene fra før, gjennom faget «Systems Engineering». Dette viste seg tidlig å by på utfordringer. Vårt prosjekt problemløser et mekanisk system. Begge de nevnte modellene er i utgangspunktet for programvare utvikling, og ville kreve betydelig modifisering for å egne seg. Etter ytterligere undersøkelser rundt mer egnede modeller, falt valget på følgende modell, som deler prosjekteringen inn i faser. (Mechanical Engineering Professionals)

Hver fase innledes og avsluttes i samarbeid med kunden, gjennom styringsmøter. Den nedsatte styringsgruppa har relevante representanter fra både kunde og utviklere.

Fase 1: Teoretisk grunnlag

En ide for et nytt produkt, eller videreutvikling av et eksisterende produkt, genereres og dokumenteres i denne innledende fasen. Tanken er å vurdere idéen i utstrakt grad, for å avgjøre om den er verdt å videreføre. Ofte utføres denne fasen av kunden selv, før produktutviklere kobles inn.

Fase 2: Utredning av konseptet

Denne fasen gjennomføres i samarbeid med kunden, som presenterer sin ide for utviklerne. Ved behov signeres konfidensialitetsavtale. Kunden og utviklerne jobber sammen med å belyse oppdraget fra alle vinkler for å definere rammene for prosjektet og legge grunnlag for kravspesifikasjoner. Detaljerte enstyldige krav må utarbeides og oppfølges videre i prosessen. Foreløpig kostnadsoverslag leveres til kunden, med gjennomføringsplan for innledende fase, i tillegg til estimater for de påfølgende fasene.

Fase 3: Innledende design

Innledende design for systemet påbegynnes, basert på kravspesifikasjonene. En modell av systemet settes sammen og beregnes. Eventuelle berørte systemer skal også inkluderes i vurderingene som gjøres i denne fasen. Sannsynligheten for tilfredsstillende funksjonalitet i systemet bør være høy før prosjektet utvikles videre. Hvis det er sannsynlig at teorien bak

Campus Vestfold

systemet vil fungere i praksis, videreføres prosjektet med spesifisering av deler, utarbeidelse av tegninger, budsjetter, endelig kostnadsoverslag og generell dokumentasjon. Ved utgangen av fasen oppsummeres arbeidet i en foreløpig rapport som presenteres for kunden, gjennom ett eller flere styringsmøter.

Fase 4: Endelig design

Etter gjennomgang av innledende design i styringsmøte(ne), implementeres eventuelle endringer som kreves for å få best tilpasning i forhold til kravene og kundens ønsker. Deretter kompletteres designet, systemet tegnes og modelleres ferdig. Modellen analyseres, kontroll beregnes og arbeidet kvalitetssikres. Når tegninger og nødvendig dokumentasjon er ferdigstilt, sendes materialet til aktuelle produsenter og/eller leverandører, slik at kunden kan få et detaljert kostnadsoverslag. Igjen oppsummeres arbeidet, gjennom ett eller flere styringsmøter. En detaljert projektrapport overleveres kunden.

Fase 5: Prototype

Alle deler til sammenstillingen produseres eller bestilles, systemet testes og settes sammen. Eventuelle problemer i sammenstillingen rettes opp og elimineres. Det kan i denne fasen oppstå en rekke uforutsette situasjoner. Å løse slike hendelser der de oppstår er en vesentlig side ved produktutvikling, derfor velger de fleste større selskaper å utvikle flere versjoner av produktet før det gjøres tilgjengelig for markedet. Dette gjelder spesielt selskaper som ønsker å tilby produkter av høy kvalitet. Det bør alltid være en buffer for slik problemløsning i budsjett for prototype. Produksjonsprosedyrer og nødvendig produksjonsdokumentasjon ferdigstilles, og prototypen gjennomgås i samarbeid med kunden.

Fase 6: Testing

For enklere prosjekter inngår denne fasen ofte som en del av prototypingen. Et minimum av tester skal alltid være gjennomført og godkjent før produktet leveres videre. Det viktigste før testingen starter er å definere: «hva er det som skal testes?» «Hva er godkjent resultat, og hva er ikke godkjent?» All testing bør utføres på en slik måte at det aldri er tvil om resultatet er godkjent eller ikke. Det bør derfor testes med hensyn noe målbart. Testingen kan begrense seg til det helt enkle “virker det eller ikke, og fungerer det på en trygg måte”? For mer komplekse systemer er testingen mer omfattende, og kan eksempelvis inkludere tester som sier noe om hvor godt eller hvor lenge systemet fungerer,

Campus Vestfold

eller markedsundersøkelser. Testing varierer enormt, ut fra type produkt og kvalitetsnivå kunden eller andre interessenter krever og av sikkerhetsmessige hensyn.

I store prosjekter der eventuelle feil på produktet kan føre til skade på mennesker, miljøet eller få store økonomiske virkninger, kreves testing i testhaller hos produsenten før produktet overleveres kunden. I tillegg kreves testing av systemet som helhet i en «fullskala test» før anlegget settes i drift.

Kunden er aktiv deltager i idriftsettingsfasen på grunn av en eller flere av følgende årsaker: kunnskap om bruk av produktet, erfaring i bransjen, kompetanse og forståelse for resten av systemet og forventet resultat.

Bruk av modellen i dette prosjektet

Prosjektgruppa har i samarbeid og enighet med oppdragsgiver utført fase 1, fase 2, fase 3 og fase 4: teoretisk grunnlag, utredning av konsept, innledende design og endelig design.

Styringsgruppa bestod av Per Ringnes, Harald Bernhardsen og Ole Fjæstad fra Glitrevannverket IKS, og Marianne Strandeng og Lene Sandven Thomas for prosjektgruppa.

Gjennomføringen ble gjort i nært samarbeid med oppdragsgiver. Gjennom fasene for konseptutredning og innledende design ble det gjort flere befaringer i anleggene. Gruppen avholdt 4 styringsmøter, 2 i hver av de siste fasene.

Fasen for endelig design ble ikke tilfredsstillende fullført. Problemer som oppsto underveis, eksempelvis med leverandører, forskjøv oppgaver og tiden ble til slutt knapp. Dette har gått ut over tegninger, modellering og planlagte simuleringer av den ferdige løsningen. Oppdragsgiver ble holdt løpende orientert om fremgang og forsinkelser, og det var enighet i styringsgruppa om hvilke oppgaver som skulle prioriteres. Den prosjekterte løsningen fremstår som fullstendig ut fra det forutsatte grunnlaget og målformuleringene er i hovedsak innfridd.

Arbeidsform:

Som beskrevet i gruppe kontrakten, i hovedsak individuelt arbeid med tildelte ansvarsområder. Som kommunikasjonsmetode ble det benyttet ukentlige Skype-møter, daglige telefonsamtaler og felles lagring av dokumenter.

Campus Vestfold

Standard for gjennomføring og oppfølging

Fremdriften ble synliggjort og dokumentert ved:

Statusrapporter: To-ukers rapporter som beskrev øyeblikksbildet av prosjektet, statussammendrag av perioden og arbeidsoversikt for neste periode.

Hyppigheten økte til ukentlige rapporter i mai.

Prosjektstyringstabell: Tabell for kontroll av dokumenter. På grunn av mye individuell jobbing ble alle utførte oppgaver lagt inn i tabellen som kladd slik at samarbeidspartneren kunne sette seg inn i og eventuelt kommentere arbeidet underveis. Oppdatert kontinuerlig med dato for opplasting, dato for når dokumentet ble lest, endret, og godkjent som ferdig.

Det ble besluttet at utarbeidelse av skriftlige standarder for gjennomføringen, som beskrevet i PRH-12 og PRH-13 (Roseng, 2015), var lite hensiktsmessig. Prosjektgruppas størrelse og kommunikasjonsmønster, sammenholdt med statusrapportene og prosjektstyringstabellen sikret fremdriften tilstrekkelig.

Campus Vestfold

3. Teoretisk grunnlag

Faglig grunnlag: Kombinasjon av drikkevannsleveranse og kraftproduksjon.

Definisjonen på vannkraft: Benytte potensiell energi fra vannfall til å produsere elektrisk kraft. (Vinjar & Rosvold, 2017)

Potensiell energi beregnes ved hjelp av formelen:

$$E_p = mgh$$

Vannets masse, eller mengde, er m , g er gravitasjon og h er høyden.

I et vannforsynings system med opprinnelse i høyereliggende kilde transporteres vannet ved hjelp av selvfall. Gravitasjon påvirker vannet på grunn av vannets relativt høye tetthet, og medfører trykkøkning i vannet tilsvarende 1 bar per 10 meter vannsøyle. Videre kan vi beregne hvor stor elektrisk effekt det er mulig å oppnå på et gitt punkt.

For å beregne mulig elektrisk effekt for systemet benyttes formelen:

$$P = QHg\rho\eta_t\eta_g$$

P er elektrisk effekt, Q er vannmengden inn i systemet, H er høydeforskjellen mellom inntaket i inntaksrøret og systemet/ trykkforskjellen mellom inntak og utløp i systemet, g er gravitasjon, ρ er tettheten i vannet, η_t er virkningsgraden til turbinen og η_g er virkningsgraden til generatoren.

I Norge kommer 99% av kraften som produseres fra vannkraft. (Statkraft, 2017, dato ikke oppgitt). Det finnes mange typer vannverk og det de har til felles er at en gitt mengde kan ledes inn i turbinen der vannets potensielle energi overføres til mekanisk energi via rotasjon. Denne rotasjonen omdannes til elektrisk energi i en generator.

Utgangspunkt

Utgangspunktet for oppgaven er et av Glitrevannverkets eksisterende anlegg. Et sentralt knutepunkt i deres system. I anlegget går rørgater videre til andre bydeler og kommuner. Disse forgreningene er utenfor det avgrensede området for prosjektet, men nevnes for å gi et helhetlig inntrykk av anlegget. Tilknytningen kommer via hoved-forsyningsrør fra Klopptjern, og splittes ved T-kopling inn til prosjektarealet. Hovedfunksjonen for installasjonene gjennom prosjektarealet, er trykkreduksjon ut til forbrukerne i trykksone 80. Dagens løsning i anlegget består av 2 parallelle linjer med en trykkreduksjonsventil i hver linje. Løsningen oppleves som mindre god, ventilene er vanskelige å regulere og vedlikeholdet er krevende. Reservedeler til utstyret er vanskelig å oppdrive.

Campus Vestfold

Trykkreduksjon som enkeltstående prosess er sløsing med energipotensiale. Det er dette potensialet prosjektet ønsker å utnytte.

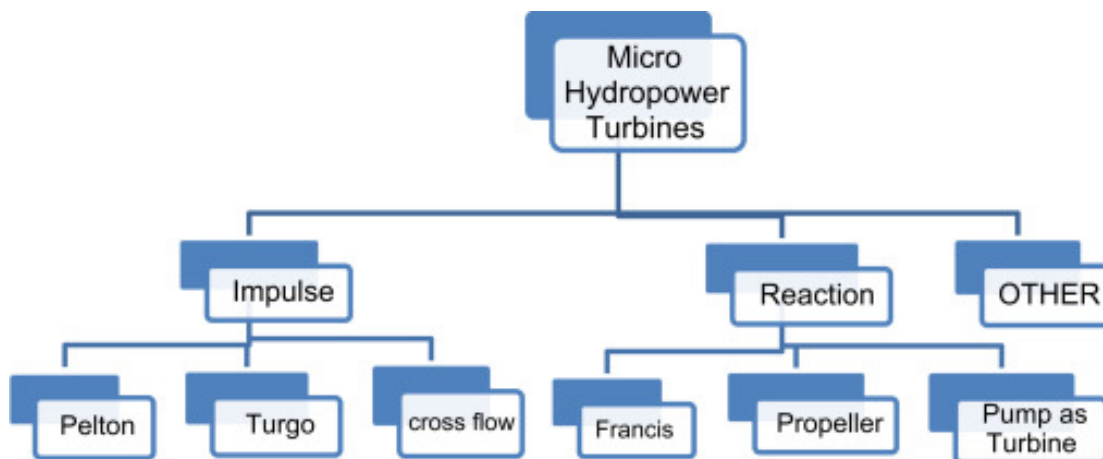
Teorien er å bytte trykkreduksjonsventilene med komponenter som genererer strøm.

Prosjektet innebærer redegjørelse av mulighet for kraftproduksjon i den aktuelle vannveien. Herunder utføre beregning av potensialet, forslag til løsning med argumentasjon for denne, og kostnader/inntekter dette kan generere.

Turbin teori

Tradisjonelt har man delt turbiner i to kategorier, reaksjonsturbin og impulsturbin.

Reaksjonsturbiner er nedsenket i vann og vannet føres inn i relativt lav hastighet. Bevegelsesenergien i vannet overføres til skovlhjulet som rotasjon. (Øgaard, 2006, dato ikke oppgitt) Impulsturbiner er luft fylte og løpehjulet står fritt. Den potensielle energien i vannet overføres som bevegelsesenergi via vannstråler med høy hastighet som treffer skovlene i løpehjulet. (Øgaard, 2006.) I senere tid har det blitt designet mange varianter av turbiner, de fleste er basert på impuls- eller reaksjonsturbin prinsippet. Figuren nedenfor viser utviklingen og opphavet til disse.



Figur 1. Utviklingen av turbiner siden sent på 1800-tallet. (Research Gate)

Pelton, Francis og Kaplan, som kalles propeller her, er mest kjent. De andre er videreutviklinger av disse. Felles for modellene er at de konstrueres etter det samme prinsippet; Hvordan utnytte så mye som mulig av energien i vannet?

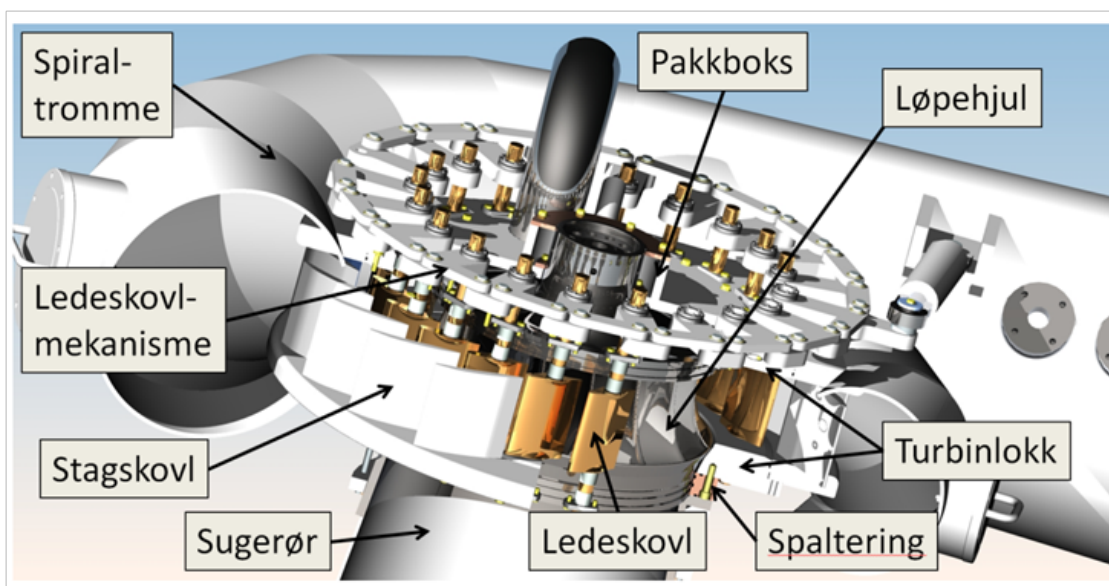
Med andre ord stilles kun ett krav til vannet etter det har vært gjennom turbinen, at det skal ha nok energi til å kunne renne ut av systemet.

Campus Vestfold

Francis

Francis er en type reaksjonsturbin, altså er den helt fylt med vann. (Øgaard, 2006) På grunn av variasjonsmulighetene i designet kan den benyttes på mange forskjellige områder med ulike kriterier, men vannet bør være fritt for partikler da dette raskt kan føre til slitasje. (Raja, Srivastava & Dwivedi, 2006, s. 366) Turbinhuset har form som et sneglehus med løpehjulet montert på en aksling i senter av spiraltrommen. Trykkenergi og hastighetsenergi overføres til rotasjon gjennom skovlene.

Figuren under viser sammenstillingen av en Francis turbin. Vannet føres inn via spiraltrommen, gjennom skovlhjulet og ut av sugerøret i senter av sneglehuset.



Figur 2. Francis turbin, illustrert med innvendige komponenter. (Spetalsverk)

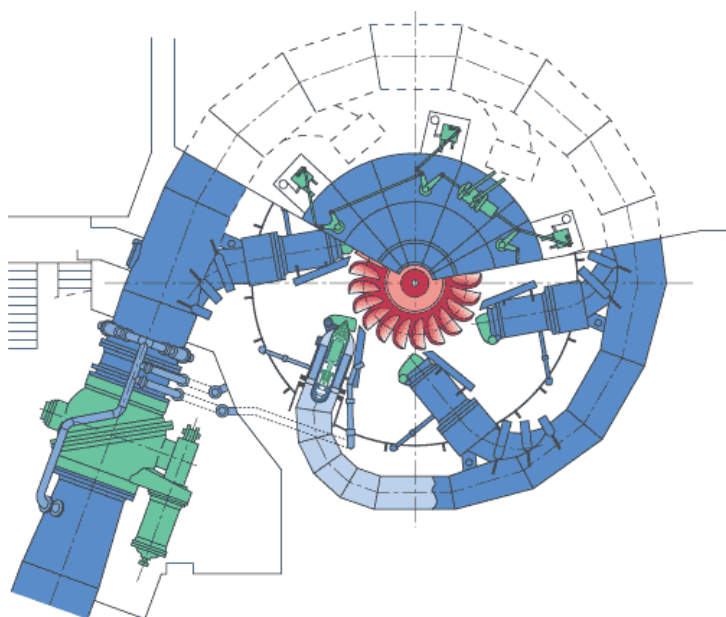
Rotasjonen fra løpehjulet overføres via aksling til en generator som produserer strøm. Francisturbinen kan ha en virkningsgrad på over 95% under optimale forhold. (Øgaard, 2006) Reaksjonsturbiner kan være utsatt for kavitasjonsproblemer. (Raja, et al., 2006, s. 367)

Campus Vestfold

Pelton

Pelton er en type impulsturbin. Impulsturbiner, også kalt fristråleturbiner er fulle av luft og skovlhjulet står fritt. Energioverføringen skjer ved hjelp av bevegelsesenergien i en eller flere vannstråler. (Øgaard, 2006.) I impulsturbiner blir den potensielle energien i vannet endret til kinetisk energi via dyser som rettes mot skovlene på løpehjulet. Rotasjonen disse strålene påfører løpehjulet benyttes til å produsere strøm med en generator. (Tester, Drake, Driscoll, Golay & Peters, 2012, s. 629)

Figuren nedenfor viser Pelton turbinens design.



Vannet føres inn via det blå tykke røret og videre ut i dysene som peker mot senter.

I midten vises det røde skovlhjulet.

Skålene på skovlhjulet er splittet på midten for å fordele strålen jevnt og slippe forbi noe av vannet til skålen bak.

Fordelingen av trykket gir best mulig virkningsgrad.

Figur 3. Pelton turbin, her illustrert med 6 dyser som fører vann under høyt trykk inn på skovlene. (Renewables first)

Dysene er justerbare i forhold til størrelsen på strålens diameter, og ved å regulere strålediameteren kan vannmengden tilpasses uten at hastigheten på vannet endres. (Heggstad & Lundby, 2010)

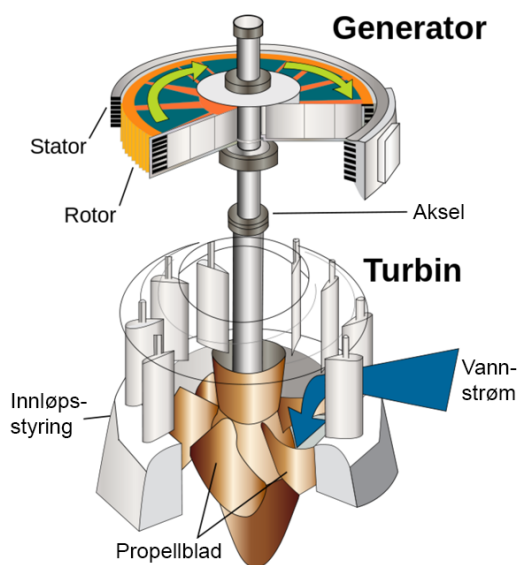
Pelton turbinen tåler godt variasjoner i gjennomstrømningsmengde, og opprettholder høy effektivitet ved redusert last. Den har en virkningsgrad på 90- 93%, og er en av de mest brukte typene i Norske kraftverk med høyt trykk i røret inn til turbinen. (Øgaard, 2006.)

Campus Vestfold

Kaplan

Kaplanturbinen er en type reaksjonsturbin, og er nedsenket i vann. Benyttes mest i elver eller steder med mye vannføring og lite trykk. (Øgaard, 2006) Vannet føres inn i radiell retning og renner aksielt gjennom turbinhuset. Vannet som strømmer gjennom turbinhuset overfører bevegelsesenergi til propellen og rotasjon til generatoren. Den har et karakteristisk utseende, med færre skovler enn de andre turbintypene og er formet som en propell. Propellbladene er justerbare både i forhold til trykk og strømningsvolum. Dette reguleres ved at vinkelen på bladene justeres for å oppnå maksimal virkningsgrad, og kan opprettholde god virkningsgrad med redusert last. (Raja et al., 2006, s. 366) Finner ingen beskrivelse av konkret virkningsgrad, men produsentene refererer til høy virkningsgrad med opptil 70% redusert last.

Figuren viser en forenklet sammenstilling av kaplanturbin med tilkobling til generator.



Figur 4. Kaplan turbin, illustrasjon av mekanisk prinsipp. Vannet føres inn fra siden og renner ut i aksial retning. (Axcomotors)

Campus Vestfold

Difgen

Er en volumetrisk turbin, det vil si at en gitt mengde væske passerer gjennom turbinhuset for hver fullført rotasjon. Minner om fortreningspumpe i design. Vannet føres inn i pumpehuset fra siden, der det treffer to skruelignende skovlhjul kalt lober, i radiell retning. Trykket og hastigheten i vannet når det kommer inn i pumpehuset overføres til lobene slik at de roterer og sender vannet ut igjen på motsatt side av turbinhuset. Vannet kan kjøres i begge retninger, den vil derfor også kunne fungere som pumpe. Rotasjonen omgjøres til elektrisk energi i en generator. Fungerer som en trykkreduksjonsventil, og kan både regulere trykk og flow, samtidig som den benytter energien fra reduseringen til å produsere kraft. Begrensningen for differansetrykk er 10 bar. Virkningsgraden er cirka 70%. (Roar Carlsen, 2007)



Vannet føres inn fra siden og roterer med lobene før det føres ut på motsatt side.

Lobene er de sorte skruelignende sylindrer inne i pumpehuset.

Trykkdifferansen mellom inntaket og utløpet benyttes til å produsere strøm.

Figur 5. Difgen - Differanse trykk generator, sett fra siden. (Roar Carlsen)

Pump As Turbine (PAT)

Kan være en av mange typer sentrifugalpumper som kjøres i revers. Pumper er mindre kompliserte enn tradisjonelle turbiner og kan brukes både som pumpe og turbin. Når vannet kjøres gjennom pumpehuset i motsatt retning, fungerer impellerbladene som skovlhjulet i en turbin fordi kreftene i vannet spinner impelleren rundt. Vannet kommer inn med høyt trykk og overfører kinetisk energi til mekanisk energi via den roterende akselen.

Campus Vestfold

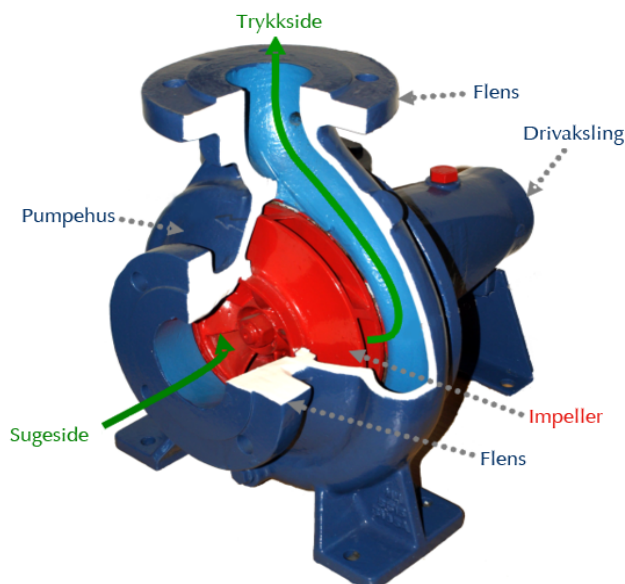
(Elbatran, Walid, Yaakob, Ahmed & Arif, 2015, s. 88) Rotasjonen omgjøres til elektrisk energi i en generator. Virkningsgraden til en PAT, når den kjøres som turbin er opp til 85 %. (Elbatran et al., 2015, s. 88) Detaljert beskrivelse av de forskjellige turbintypene og deres bruksområder finnes i vedlegget under turbinteori.

Pumpeteori

Pumper er mekaniske innretninger for forflytning av fluider. Typisk fra et lavtliggende til et høyereliggende punkt, eller fra utgangspunkt med lavt trykk til destinasjon med høyere trykk. Det finnes mange forskjellige typer, tannhjulspumper, vingepumper, fortrenningspumpe og sentrifugalpumpe, som er mest brukt i dag. (Johnson, 2009)

Sentrifugalpumper: Består av inntak, utløp og pumpe-hus med impeller. Lavtrykk siden, også kalt sugesiden, er normalt på senter av impelleren. Når impelleren roterer slenges vannet langs bladene ut mot pumpe-huset. Sentrifugalkraften fra rotasjonen fører til trykkøkning i væsken, derav navnet. (Mathiesen, 2013). Sentrifugalpumper er kjent for å være driftssikre og ha stor kapasitet i forhold til pumpestørrelsen.

Figuren under viser sammenstillingen av en typisk sentrifugalpumpe.



Vannet føres inn i senter av sugesiden med lavt trykk.

Impelleren overfører rotasjonsenergi fra motoren til vannet.

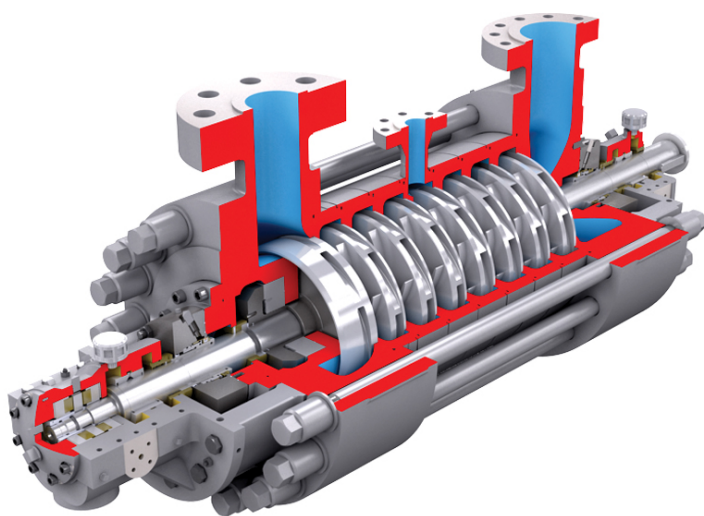
Vannet slynges ut av pumpehuset i radiell retning med høyere trykk.

Figur 6. Prinsipiell illustrasjon av sentrifugalpumpe, og hvordan kreftene vil påvirke vannet. (ndla.no)

Campus Vestfold

Ring seksjonspumpe

Sentrifugalpumpe med flere sammenkoblede impellere, for stor trykkøkning. Mer energi overføres til systemet for hver impeller. (Ødegård, 2012, s. 282) Metoden med å sette flere impellere i serie benyttes når økning av impeller diameteren eller rotasjonshastigheten ikke er mulig, eller ikke vil resultere i stor nok differanse i trykket. En økning i antall impellere, uten å endre andre parameter (størrelse og hastighet) vil resultere i en Pumpe med samme flow rate (gjennomstrømningsnivå). Trykkøkningen og strømforbruket vil øke proporsjonalt med antallet impellere. (Multistage pump, dato ikke oppgitt). En multistage ring-section Pumpe kan arrangeres på mange måter som gir frihet i design. Antall impellere, funksjonen og måten de monteres på varierer etter nødvendighet. Et eksempel på hvordan dette kan gjøres følger i bildet under.



Viser hvordan impellerne ligger etter hverandre.

Per impeller følger:

Diffuser: reduserer hastigheten, spre diameteren til flow, motvirke turbulens

Return guide vanes: styrer vannet mot senter, redusere vortex-effekt mellom impellerne

Figur 7: Viser her en trykkjele til atomkraftverk, men prinsippet er det samme. (ABS Engineering)

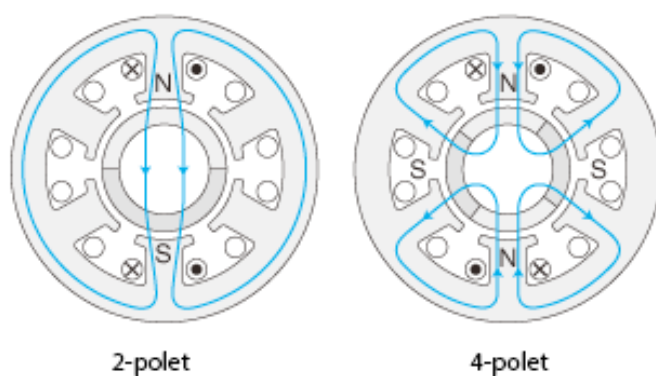
Ulempen med mange impellere er økt følsomhet mot vibrasjon i rotoren.

Campus Vestfold

Generatorteori

En generator fungerer på samme måte som en elektrisk motor og finnes både som synkron eller asynkron type. De er bygget etter samme prinsipp, med en rotor som roterer i senter av en stator som står stille. Rotoren er strømførende og fungerer som en magnet når den roterer forbi lederne i Statoren. Statoren har mange ledere i flere kretser, som er dekket av viklinger. Viklingene er koblet i parvis serie. Å føre en leder gjennom et magnetisk felt skaper induisert spenning. (M. Faraday)

Figuren under viser prinsippet i en asynkron generator.



Figur 8: Begge illustrerte asynkrone motorer har stator med en rotor i midten.

Rotoren har et gitt antall poler, hvor mange som er hensiktsmessig bestemmes av rotasjonshastigheten til akslingen og den induerte spenningen polene påfører spolene i statoren (magnetisk flux). (Saugstad & Gunvaldsen, 2015) Magnetisk fluks beregnes fra Gauss lov. Strømmen som produseres og ledes videre vil variere i takt med spenningen. (Ohms lov) Dette skaper vekselstrøm som følger en sinuskurve og måles i Hertz. Vi vil ikke gå nærmere inn på dette her, det vil bli benyttet en ferdig produsert generator.

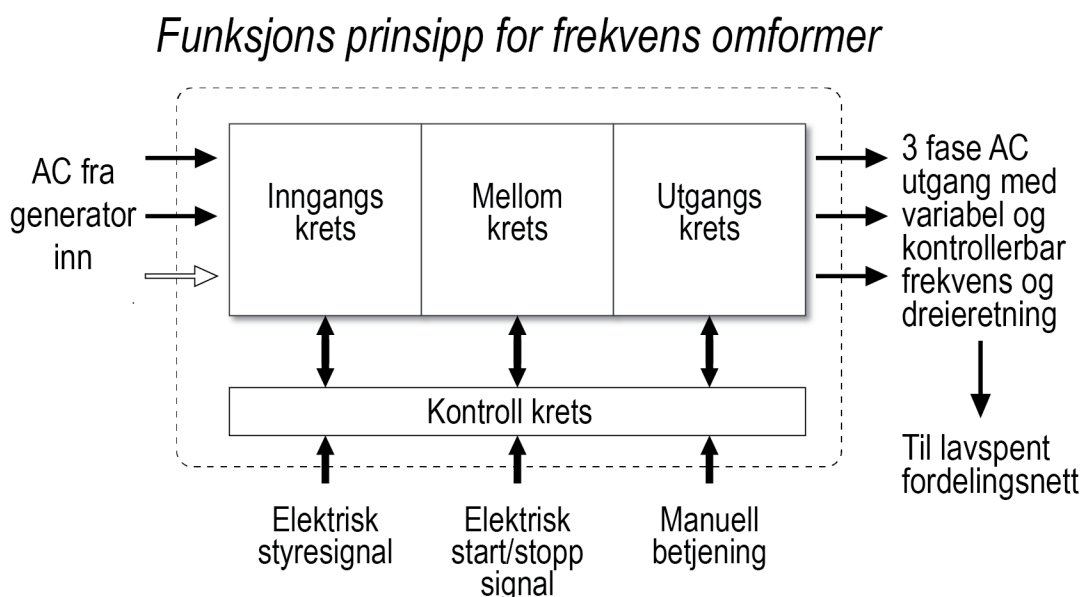
$$\eta_{\text{gen}} = \frac{\text{gen output}}{\text{gen input}} \times 100 \Rightarrow \text{gen efficiency in \%}$$

Strømmen skal videre fra generatoren, ut av systemet og inn på lavspent forsyningsnett, som eies av det lokale nettselskapet. For å koble til lokalnettet, må frekvens og spenning som sendes ut av systemet ha en nøyaktig verdi og treffsikkerhet mot sinuskurvene der. Dette kan blant annet gjøres ved hjelp av frekvensomformer/generatorvern.

Campus Vestfold

Forenklet teori og bruksområde for frekvensomformer

Fungerer som nøyaktig kontroll, styring og regulering av energi, mellom en asynkron-motor/generator og en mekanisk anretning. Prinsippet er basert på samhandlingen mellom fire separate kretser. (Elektroteknikk, frekvensomformer, dato ikke oppgitt) Figuren under viser samhandlingen mellom disse kretsene.



Figur 9: Illustrasjon av funksjonaliteten og sammenhengen i en frekvensomformer. (Elektroteknikk)

Inngangskretsen mottar spenningen som skal endres. I dette tilfellet fra generatoren i det strømproduserende systemet. Funksjon: likerette fra AC inn, til likespenning og likestrøm.

Mellomkretsen mottar fra inngangskretsen, kontrollerer og stabiliserer verdiene.

Utgangskretsen endrer tilbake fra DC til AC, i en form som er kontroller- og regulerbar i forhold til frekvens, amplitude og dreieretning. (Elektroteknikk, frekvensomformer)

Kontrollkretsen styrer og regulerer hele systemet i frekvensomformer og kan kommunisere med resten av anlegget via for eksempel PLS. (Verd at vite om frekvens omformere, 1998)

Tilkobling til det lokale strømforsyningsnettet krever godkjent kabel fra anlegget, til nærmeste tilkoblingspunkt/ trafostasjon. Med godkjent kabel menes dimensjonert etter gjeldende lover og forskrifter. Utslagsgivende faktorer for dimensjonene på ledere er, avstand fra anlegget til trafostasjonen, spenningen som skal gå i kabelen og den indre motstanden i kabelen.

Campus Vestfold

4. Konseptutredning

Oppdragsgiver

Glitrevannverket IKS

Eid av Drammen, Lier, Røyken, og Nedre Eiker kommuner.

Vedtatt opprettet 1968.

Byggestart i 1975.

Har levert vann fra 1978.

19 ansatte + 1 trainee.

Leverer vann til 145 000 mennesker, gjennom eierskap og drift av 4 vannbehandlingsanlegg; Landfall, Kleivdammen, Røysjø og Sylling, fra kildene Glitre, Røysjø og Holsfjorden.

Kapasiteten er 14 millioner m³ pr år, tilsvarende 450l/s. Det er lagt inn kapasitet for den gjensidige reservevanns forbindelse mellom Glitre og Asker og Bærum Vannverk (etablert 2006), som sikrer kontinuitet i fullverdige vannleveranser (Glitrevannverket, 2017, 15.01.)

All vannbehandling og leveranse reguleres av matloven, sammenholdt med drikkevannsforskriften oppstiller disse grunnleggende krav og retningslinjer overfor leverandører av drikkevann.

Vannkilden: Glitre

Glitrevann ligger 360 moh. i friluftsområdet Finnemarka, med en overflate på 3,6 km². (Thorsnes, 2017, 16.01) De topografiske forholdene er ideelle, vannet leveres ved selvfall med få unntak. Som drikkevannskilde har vannet i utgangspunktet svært gode egenskaper, som gir en naturlig begrensning i behovet for vannbehandling etter drikkevannsforskriften.



Her er forholdsvis lite turbiditet, gode fargetall og pH-verdiene ligger på rett under 7,0. Dette tilfredsstiller krav etter forskrift. Nedbørsfeltet regnes som godt beskyttet. Området er åpent for allmennheten, men det foreligger restriksjoner for bruken i «Forskrift om forbud mot virksomhet som kan forurene Glitre som vannforsyningssystem» av 10.10.2003. (Glitrevannverket, 2017, 02.02.)

Figur 10: Glitrevann (Glitre, Foto: Per Fjordvang, 2015)

Inntaket ligger på 30 meters dyp, her utnyttes lagdelingen som temperatursjiktet gir til å skape en hygienisk barriere i kilden. (Ødegaard, 2012, s.170) Vannet ledes herfra via tunell, til Landfall. Det er grovsiler på inntaket, med 6 mm hullåpning.

Campus Vestfold

Vannbehandling: Landfall

Vannbehandlingsanlegget på Landfall er det største av vannverkets fire anlegg. Det foretas her såkalt enkel vannbehandling, en to-trinns behandling hvor vannet siles og UV bestråles. Når råvannet kommer inn på anlegget tilsettes en relativt liten mengde klor: 0,5 gram natriumhypokloritt / m³ vann. Hensikten er å ivareta ledningsnett og installasjonene her. Vannet siles ved hjelp av moderne trykksiler, med 0,3mm åpning. Anlegget har totalt 6 siler, hvorav 3 er i drift samtidig. Deretter behandles vannet mot mikroorganismer, ved bruk av UV-bestråling. Det er her 7 parallelle linjer, til daglig opereres til 3-4 linjer samtidig. For å redusere tæring og korrosjon på rør og sanitærutstyr tilsettes til slutt vannglass, natriumsilikat. Videre går vannet gjennom overføringsledninger, via høydebassenger, pumpestasjoner og ventilkamre, til kommunens distribusjonsnett. (Glitrevannverket, 2017, 15.01.)

Figuren under viser Landfall vannbehandlings anlegg.



Figur 11: Vannbehandlingsanlegget på Landfall gjenspeiler bedriftens ønske om naturvern og energibesparing. (Landfall, 2015)

Campus Vestfold

Undersøkelsen

I løpet av prosjektperiodens første dager var gruppen på befaring på anlegget der systemet skal bygges. Fysisk opplevelse av rommet og omgivelsene rundt det avgrensede arealet, var vesentlig for forståelsen av kriteriene som måtte stilles til systemet. Rommet oppfattes som kjølig på vinterstid, det er ikke frost inne, men dette bør tas med i betraktningen. Deler av bygget befinner seg under bakkeplan i et område som i ekstreme tilfeller kan være utsatt for flom. Gruppen fikk tilgang til dokumentasjon vedrørende bygget, målere og verdiene som leses av, fikk tegninger og tok bilder. Det ble gitt grundig forklaring av alle komponentene i det eksisterende anlegget og deres funksjon. Gjentatte samtaler med oppdragsgiver, møter, per telefon og mail, dannet grunnlaget for videre relevante undersøkelser. Med relevante undersøkelser menes alt som kan ha påvirkning på prosjektet, som for eksempel lover og regler, beskrivelser av teoretiske og eksisterende anlegg, samt analyse av interessenter.

I uke nummer to ble det gjort befaring på flere tilhørende anlegg til systemet for å få bedre kjennskap til og forståelse av oppdragsgivers ansvar, arbeidsmåte, system, krav til orden og funksjonalitet. Reisen gikk først til: vannbehandlingsanlegget på Landfall, og til PAT-installasjonen i anlegget ved Svarttjern. Dette driftes av Glitrevannverket, men eies av det lokale kraftselskapet. Strøtvettunellen som er hovedforsyningen til Brokaret, var avsluttende anlegg for befaringen.

De første ukene ble dedikert til grundige bakgrunnsundersøkelser. Blant annet søk på tilgjengelig informasjon på internett. Benyttede kanaler var diverse nettsteder for: vannbransjen, kraftbransjen, og delingsplattformer for forskning. De fleste prosjektene og studiene som kunne dokumenteres tilstrekkelig viste seg å ha litt andre kriterier enn dette prosjektet, enten i form av beliggenhet, trykket inn og ut av systemet eller gjennomstrømningsmengde. Flesteparten av anleggene som kombinerer drikkevannsproduksjon og kraftproduksjon har forbindelse med utløp til et reservoar. Dette er ikke mulig i dette prosjektet, siden det ikke er noe reservoar i direkte tilknytning til anlegget, som er lokalisert midt i byens sentrum og har begrenset plass.

Hovedkriteriet til dette prosjektet er å kunne kontrollere trykket som kommer ut av anlegget, noe som skaper problemer i forhold til vanlige turbiner. Dette setter en del spesielle krav til systemet, men alle nødvendige ressurser for kraftproduksjon er til stede. De endelige kravene til systemet som helhet ble utarbeidet gjennom flere omganger og møter med oppdragsgiver i tillegg til nøye undersøkelser av lovgivning og reglement. Ut fra systemkravene ble det gjort beregninger som ga retningslinjer til hvilke krav som må stilles til komponentene i systemet.

Campus Vestfold

«GVK-550 Brokaret», ventilkammer

Vannet kommer inn via tunnelen fra Klopptjern Høydebasseng. Herfra forsynes det meste av trykksone 80, og prosjektet gjelder denne linjen. Det går også linjer til Fjell og til Lier, med reservevanns forbindelse til Asker. Disse rørgatene er ikke relevante for dette prosjektet, og beskrives ikke videre.

Vanntrykket inn på anlegget kan variere, men ligger i hovedsak på 20 bar. For å redusere vanntrykket til ønskelig styrke på 7.9 bar, benyttes det i dag 2 stk. Muesco-ventiler, som står parallelt i hver sin linje. Muesco-ventilene er elektromagnetiske nåleventiler, med elektrisk pådrag. Diameteren kan varieres fra 300 – 500 mm. Linjene går i 3-måneders intervaller, tilsyn og vedlikehold utføres på linjen som ikke er i drift.

Dagens løsning oppleves som mindre god. Ventilene er vanskelige å regulere, i tillegg er det utfordrende å få tak i reservedeler. Det vil dermed uansett være aktuelt å vurdere investering i dette punktet.

Dimensjoner i aktuell vannvei

Alle mål i mm.

Inn på anlegget	- 800
Reduksjon av diameter	800 - 700
Reduksjon av diameter	700 - 400

Splittes her til to linjer, ved bruk av flens t-rør, overgang og 90° bend gjøres disse parallelle.

Reduksjon av diameter	400 - 300
Spjeldventil	- 300
Elektrisk nåleventil	300 - 500
V.J. kobling	- 400
Spjeldventil	- 400

Aktuelle dimensjoner i anlegget

Alle mål i mm.

Det aktuelle området inne på anlegget er avmerket på figur 12 på s 22.

Aktuelt areal, l x b	6270 x 3965
Takhøyde, lav del	1700

Takhøyden for øvrig, er såpass høy at den ikke har relevans for prosjektet.

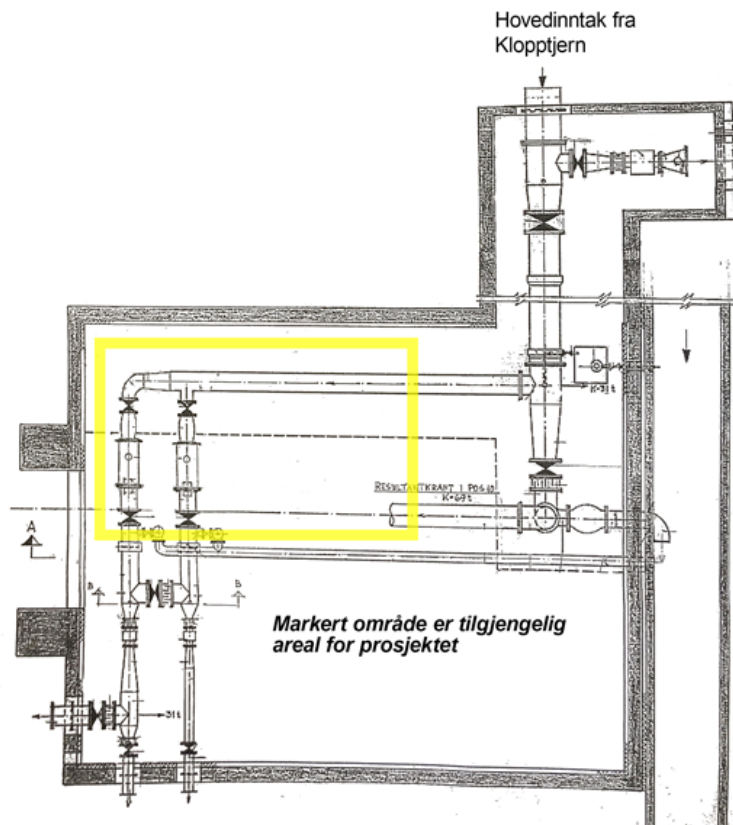
Avstand fra senter linje i bend til vegg, bredde	735
Avstand fra senter linje i bend til vegg, lengde	1346

Campus Vestfold

Høyde fra gulv til senter linje i bend	555
Avstand mellom forgreningenes senter linje	1505

Trappen kan flyttes ved behov.

Figuren under viser en forenklet plantegning av Brokaret, de aktuelle rørstrekene og det avgrensede området for prosjektet.



Figur 12: Plantegning av Brokaret. (Glitrevannverket)

Campus Vestfold

Systemkrav

Det er viktig å stille entydige krav til systemet, som dekker alle kriterier for at systemet skal fungere trygt og på en tilfredsstillende måte. Kravene er utarbeidet etter retningslinjene i PRH-7.0.2 til og med PRH-7.0.4. (Roseng, 2015, s. 162) og ISO 9001.

Kravene skal defineres i samsvar med kundens behov, gjeldende lover, forskrifter og med tanke på økonomiske rammer.

Vi prioriterer sikkerhet og pålitelighet.

I samsvar med ønske fra bedriften er hoved fokus lagt på å utrede muligheten for kraftproduksjon, og eventuelt designe et system som kan fungere i deres anlegg.

Lønnsomheten i prosjektet har lavere prioritet, men skal beskrives.

Lov om matproduksjon og mattrygghet mv. (matloven), sammenholdt med Forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften) stiller grunnleggende krav og retningslinjer overfor leverandører av drikkevann. Lover og forskrifter fra nasjonalt folkehelseinstitutt som definerer godkjente materialer og overflatebehandlinger må også følges.

I tillegg kommer lover og forskrifter for kraftproduksjon og salg.

Energilovforskriften, forskrift om kraftomsetning og nettenester, forskrift om elektriske forsyningsanlegg og kompetanseforskriften.

Utdrag fra lover og forskrifter finnes i vedlegg under lover og forskrifter.

Drikkevanns relaterte krav

Alle innvendige deler må være i et materiale som er godkjent gjennom nasjonalt folkehelseinstitutt og ellers ikke bryter med drikkevannsforskriften.

Installasjonen skal ikke påvirke vannets kvalitet.

- det skal ikke avgis stoffer som endrer smak, lukt eller farge
- det skal ikke avgis andre kjemikalier selv om disse ikke umiddelbart påvirker målbar kvalitet

Alle deler i systemet og installasjonen må være egnet til trykket, gjennomstrømningshastigheten og mengden, etter forholdene i Brokaret.

Systemet ønskes løst så enkelt som mulig.

Trykket inn i systemet kan variere mellom 20 og 25 bar.

Normale forhold er 20 bar på grunn av høydeforskjellen mellom inntaket til vannrøret og beliggenheten til Brokaret. Vannet forflyttes kun ved selvfall (gravitasjon).

Trykket inn i systemet vil neppe endres drastisk, på grunn av fysikkens lover, men det legges til en sikkerhetsmargin som tilsvarer en økning på 5 bar.

Feil i systemet på høydebassenget kan føre til trykkøkning på inntil 25 bar, derfor må installasjonen og systemet i Brokaret minst tåle dette. Denne trykkstandarden heter PN 25.

Campus Vestfold

Trykket ut av systemet må være pålitelig, stabilt og helst regulerbart.

Foretrukket trykk ut av systemet er 7,9 bar. Feilmargin som kan tillates er +/- 0,1 bar. Anlegget skal holdes innenfor disse marginene angående leveransetrykk ut.

Vannverkets kunder skal kunne forvente tilstrekkelig og stabilt trykk til enhver tid. En sikkerhets kopling må installeres, der vannet kan føres utenom installasjonen, for å forsørge konstant drikkevannstilførsel med rett trykk ut i systemet til enhver tid.

Trykkstøt skal ikke oppstå, hverken i eller etter ventilkammeret. Dette er definert krav fra oppdragsgiver som må ivaretas ved hjelp av beregninger, eventuelt også ved simuleringer i Simulink og ved FEM-analyse.

Installasjonen skal ikke føre til økt fare for eksponering av vannet, det vil si:

Eksponering som fører til forurensning av vannkvalitet eller rørledningsnett, ved:

- Kritisk rørbrudd
- Havari av installasjonen
- Lekkasje av væske eller fremmedlegemer inn i systemet
- Feilkobling/-montering av installasjon eller i forbindelse med vedlikehold.

Generelle krav

Kraftproduserende enhet må ha stor nok slukeevne til å klare å ta unna den vannmengden som strømmer igjennom systemet, dette varierer mellom 100 l/s til 40 l/s.

Målinger i Brokaret tilsier at det er flest timer med omtrent 90 l/s i døgnet, og et gjennomsnitt tilsvarende 81,1 l/s ifølge loggført utskrift fra 16.01.2017 -23.01.2017.

Hvilken flow systemet skal operere med må defineres, og om en eller to kraftproduserende komponenter skal installeres.

Beregninger for mulig produksjonskapasitet med forskjellige verdier for flow, antall driftstimer per døgn og virkningsgrad, skal vektlegges.

Beregningene og samtaler med oppdragsgiver førte til følgende valg:

Systemet skal bestå av to kraftproduserende enheter som begge jobber med en flow på 40 l/s. Begge skal kunne operere uavhengig av hverandre, både hver for seg og samtidig. Hastigheten til vannet skal ikke overskride 5 m/s ut av hvert enkelt rørstrekk.

Uavhengig by-pass med trykkregulering skal installeres, for å garantere kontinuerlig vannforsyning til kundene.

Kraftproduserende enhet må:

- Tåle trykk på minst 25 bar.
- Tåle drift med redusert mengde, med god margin mot overtrykk og tørrgang.
- Må være lett og rask å koble inn/ut av drift.
- Må kunne styres automatisk via PLS, manuelt med bryter og fra kontrollpanel.

Campus Vestfold

Installasjonen skal være driftssikker.

Bør ha god virkningsgrad, men dette er sekundær prioritering i dette prosjektet.

Trenger ikke ha mulighet for å kjøre vannet i reversert retning.

I forhold til støy stilles ingen spesielle krav til anlegget, ingen andre bygg eller lignende kan påvirkes i området. Anlegget ligger delvis under bakkeplan og har ellers tykke betong vegger som motvirker støyforurensing ut fra bygget.

Sikkerhetsmessig stilles det ikke særlige krav til systemet i forhold til vibrasjoner, annet enn å ikke overskride egen tålegrense.

Anlegg med lite vibrasjoner foretrekkes på grunn av sammenhengen med mekanisk slitasje i komponentene.

Anlegget skal monteres direkte på støpt gulv.

Installasjonen:

- Må få plass inne i det eksisterende bygget, det er ikke mulig å bygge ut, men ved behov er det mulig å foreta noen endringer innvendig.

Tilgjengelig innvendig byggeareal er i lengderetning: 6270 mm, og bredde: 3965 mm.

Takhøyde: 2400 mm av bredden har over 4000 mm høyde, resten har 1700 mm høyde.
(Referanse, plantegning fra bedriften)

Dagens løsning har en trapp fra øvre til nedre plan i anlegget i den delen som har god takhøyde. Bedriften har gitt tillatelse til å gjøre endringer i forhold til dette.

Elektrisitet

Alt elektrisk anlegg skal prosjekteres, driftes og vedlikeholdes slik at det sikkert tåler alle beregnede påkjenninger og ivaretar funksjonen uten å fremby fare for liv, helse og materielle verdier. (Forskrift om elektriske forsyningsanlegg, 2006)

Risikovurdering i tilknytning til det elektriske anlegget kreves, og denne skal legges til grunn for valg av løsninger. Dette skal dokumenteres. (FEF, 2006)

Elektriske installasjoner må beskyttes mot kontakt med vann og monteres i trygg avstand fra steder som er spesielt utsatt for lekkasje eller oversvømmelse.

Det er ikke mulig å montere alle elektriske installasjoner i en høyde som er over eventuelt vannivå ved flom, men de må plasseres så høyt som mulig.

Anlegget skal være montert slik at det hindrer utilsiktet berøring av spenningssatte deler, helst ved hjelp av isolasjon. Ved feil på anlegget skal det ikke forekomme farlige berøringsspenninger på utsatte anleggsdeler. (FEF, 2006)

Alle elektriske installasjoner må være sikret mot overspenning og jordfeil, med overspenningsvern og jordfeilbryter. Hvis det oppstår feil skal gjeldende enhet frakobles, feilen skal rapporteres og repareres før ny tilkobling.

Campus Vestfold

Anlegget skal ha nødvendig overvåking, vern, regulerings- og kontrollutstyr slik at det fungerer etter hensikten og på en sikker måte. (FEF, 2006)

Anlegg skal ha varig, tydelig og lett synlig merking og advarselskilt slik at feilbetjening unngås. (FEF, 2006)

Alt anlegg skal være slik at personell trygt kan utføre oppgaver tilknyttet drift og vedlikehold. (FEF, 2006)

Alt anlegg skal inspiseres og testes i nødvendig omfang for å verifisere at det oppfyller kravene i denne forskriften før det settes i drift. Det skal også utføres funksjonstesting så fremt det lar seg gjøre. Inspeksjoner testing og funksjonsprøving skal dokumenteres. (FEF, 2006)

Maskiner som installeres eller tas i bruk i anlegget skal være godkjent etter EN 60204-1: Maskinsikkerhet, og følge retningslinjene i PRH-7.0.4. (Roseng, 2015, s. 188)

Alt elektrisk utstyr skal være produsert, montert og merket i henhold til lovverket beskrevet i forskrift om elektronisk utstyr. (FEU, 2011)

Det forventes at produsenter av elektrisk utstyr til systemet leverer utstyr som følger EUs EMC-direktiv av 1996, og følge retningslinjene i PRH-7.0.4. (Roseng, 2015, s. 192)

Økonomi

Målet er å utnytte tilgjengelige ressurser på en konstruktiv måte, i forsøk på å bli energinøytral. Bedriften har ikke mulighet til å bruke kraften som eventuelt blir produsert i anlegget selv, den må selges.

Salgsavtalen bør ha lang varighet, med mulighet for å reforhandle prisen ved store endringer i markedet eller etter en gitt tid.

Anleggskostnader i forbindelse med nettilknytning bør ikke være så store at prosjektet blir ulønnsomt. Med anleggskostnader menes: avstand til eksisterende kraftkabel og utgifter i forbindelse med tilvirkning/nedgraving av ny kabel for å få tilgangspunkt.

Hvis utgiftene til prosjektet blir beregnet som betraktelig store bør det søkes om økonomisk støtte fra Enova eller fra Innovasjon Norge.

Campus Vestfold

Økodesign

Gjennomført etter/i henhold til dokumentstandard PRH-14. (Roseng, 2015)

Formål: Det er nødvendig å vurdere miljøpåvirkningene som oppstår i tilknytning til et prosjekt. Gjennom kartlegging og utarbeidelse av gjennomføringsplan ivaretas en best mulig håndtering av aktuelle miljøhensyn.

Mål for gjennomføring av økodesign

Identifikasjon.

- Ut fra konseptets funksjonelle enhet defineres forhold som har miljøpåvirkning. Miljømessige krav og forventninger, lovpålagte så vel som oppdragsgivers, kartlegges. Relevante råd om best miljøpraksis samles inn.

Analyse.

- Identifiserte krav, forventninger og råd analyseres slik at sjekklister for miljømessige fokusområder kan utarbeides.

Plan for gjennomføring.

- Spesifikasjon av aktuelle tiltak for miljøforbedring av konseptet formuleres.

Ansvar og roller

Prosjektleder har delegert ansvaret for gjennomføring av standarden til Lene Sandven, som dermed er prosessleder for gjennomføring av økodesign

Beslutning

Grappa kom tidlig til enighet om å gjennomføre en forenklet tilnærming til standarden og dens underliggende dokumenter. Dette fordi man så at prosjektløsningen ville bestå av ferdigproduserte komponenter, noe som innebærer at design med tanke på miljøprestasjonen i stor grad allerede er låst.

Det ble vurdert som hensiktsmessig å:

- utrede hvilke miljømessige fokusområder som allikevel kan påvirkes.
- gjøre miljømessige vurderinger av mulige leverandører til prosjektet, for å formidle resultatet til oppdragsgiver.

Prosjektets funksjonelle enhet:

Vannveien gjennom det aktuelle arealet i ventilkammeret.

Kraftproduserende enheter, ventiler, måleinstrumenter.

Det er forutsatt i begrensninger at prosjektet ikke detaljløser oppkobling til nett eller bygging av vannvei.

Campus Vestfold

Fokusområder

Det er ikke mulig å påvirke selve designprosessen for de aktuelle komponentene. Dette begrenser miljømessige fokusområder. Betraktninger vedrørende disse er som følger:

Daglig drift.

- Døgnvariasjoner, men ut over det stabile driftsforhold. Prosjektet har ingen påvirkning på driften, vannleveranse prioriteres.

Vedlikehold.

- Rutinemessig vedlikehold i henhold til produsentens anbefalinger gir komponentene lengst mulig levetid. Vannverket har gode rutiner for dette.
- Ved å velge leverandører som er godt etablert i Norge, er reservedeler og servicepersonell lett tilgjengelig.

Levetid.

- Velge produsenter og kvalitet som er kjent. Erfaring viser at godt vedlikeholdte komponenter av høy kvalitet gjerne går betydelig flere timer enn produsentens garanti.

Avhending.

- Vannverket har gode rutiner for håndtering av komponenter etter utskiftning og/eller ombygging i sine anlegg. Komponenter som har restlevetid tas vare på for senere gjenbruk.

Miljømessig vurdering av mulig leverandør

KSB

Sertifiserer sine produksjonsfasiliteter etter ISO-14001, standard for miljøstyringssystem. (pågående prosess)

Legger vekt på bruk av resirkulerbare materialer, energieffektiv produksjon, og gjør forebyggende tiltak mot forurensning. (KSB, 2017, 28.04)

Campus Vestfold

Referanseanlegg

1. The Breech plant

Tyskland innførte sin første PAT installasjon på 80-tallet. (Budris, 2011) I et av Tysklands største vannverk startet de i 1989 opp et prosjekt for å erstatte trykkreguleringsventiler med pumpeturbiner. Den første ble installert som et eksperiment. Siden har de innført 8 PAT i sine systemer. Her benyttes pumpemodellen Etanorm, levert av KSB. Disse står i drift i anlegget også i dag. Kraften som produseres her brukes av vannverket. Det er estimert at PAT'ene i vannverkets anlegg generer en energibesparelse på mellom 25 - 28% årlig. (Waterworld, pumps as turbines in the water industry. 2011)

2. Svarttjern

Glitrevannverket har en PAT installasjon stående i ett av sine anlegg, som eies av E-verket. Dette var en del av et prøveprosjekt, men det ble ikke satt i gang flere produksjonssteder, eieren av installasjonen konkluderte med at det var for dårlig lønnsomhet til å ville ekspandere. Anlegget har stått i drift siden det først ble startet i midten av 2008. Dette tilsvarende omtrent 65000 driftstimer. Glitrevannverket står for drift og vedlikehold av installasjonen og har ikke hatt problemer med systemet. Installasjonen er driftssikker og produserer strøm, men er lite fleksibel. PAT-installasjonen krever nøyaktig flow på 200 l/s for å kunne kjøres og avhenger derfor av en relativt stor tank som bidrar til å regulere rett mengde og trykk inn i systemet. Dette er løst ved by-pass for flow som overstiger ideelt nivå. Ved lavere flow kjøres alt i by-pass og pumpeturbinen stopper inntil nivået igjen er høyt nok. Denne installasjonen produserer drøyt 1000000 kWh i året.

Befaring i anlegget inngår som del av bakgrunnsarbeidet gruppen har gjort for å få et inntrykk av hvordan en PAT installasjon kan se ut og fungere.

3. Oslo kommune

Med mange av de samme tilgjengelige ressursene i sitt system har Oslo kommune satt i gang et prøve-prosjekt i sine anlegg. Gruppen og oppdragsgiver fikk komme på befaring for å se hvordan de har valgt å løse dette. Løsningen benyttet der, er en volumetrisk turbin kalt Difgen. Dette er en av de få som har promotert en løsning innen området for å benytte potensialet i trykkreduksjon til kraftproduksjon. Det har til tider oppstått problemer med Difgen turbinene, som oppfattes som lite driftssikre og har en tendens til å gå i stykker. Nylig havarerte en av turbinene etter kun 3000 timer i drift. *Difgen produseres av et*

Campus Vestfold

internasjonalt selskap, Zeropex, som hadde avdelinger i blant annet Norge og England, men begge disse avdelingene er nå nedlagt. Dette betyr at nærmeste produsent/avdeling er i Tyskland, noe som gjør det vanskeligere å få tak i servicepersonell og deler.

Anlegget går til høydebasseng i direkte tilknytning, og riktig trykk videre i ledningsnettet reguleres av bassenget. Denne forskjellen mellom anleggene har stor betydning for valgmuligheter med tanke på løsning.

5. Innledende design

Vi utfører en STØMP analyse for å bestemme hvilke områder og faktorer som har størst risiko og påvirkningskraft for bedriften og prosjektet de ønsker å gjennomføre. STØMP analysen er utført etter retningslinjene som beskrives i Forretningsforståelse, av Skjølsvik og Voldsund. En mer utfyllende forklaring av analysen kan finnes i vedlegget under risiko.

Områdene som har mest betydning for dette prosjektet er: Miljø, Teknologi og Politikk.

Faktor	Beskrivelse	Påvirkning på Glitrevannverket
Utnyttelse av ressurser og besparelse av miljøet (M)	Klimaendringer er en reel trussel og samfunnet må jobbe mot å nå klimamålene.	Ved å utnytte ressursene i rørsystemet sitt, kan vannverket bidra til å nå klima-målene. Styremaktene krever stadig bedre innsats fra det offentlige for å bli energinøytrale.
Oppgradering av utstyr til nyere teknologi (T)	Trykkreduksjonsventilene som er installert ved et anlegg trengs å skiftes ut, helst med nyere og miljøvennlig teknologi.	Hvis det er mulig å produsere strøm i tillegg til vann, vil bedriften øke inntektene på sikt. Det kan være mulig å videreføre teknologien til flere anlegg senere.
Foreløpige støtteavtaler til bedrifter som blir mer miljøvennlige og strengere lovgivning (P)	Elsertifikat-avtalen varer til 2035, og foreløpig finnes flere andre støtteordninger via Enova osv. Disse vil ta slutt. Det kan om noen år være pålagt å være energinøytral.	Ved å bli energinøytrale nå, kan bedriften spare penger i form av støtte til utbyggingen. De vil også fremstå som en moderne bedrift. Kravet til miljøvennlighet blir stadig strengere.

Campus Vestfold

Med dagens teknologi er det fullt mulig å benytte seg av de ressursene bedriften har i form av trykk og vannmengde i rørsystemet sitt, til å produsere kraft med god nok virkningsgrad til å være lønnsomt. Ønsket om å bli energinøytrale bør derfor kunne oppfylles ved hjelp av disse ressursene. På grunn av støtteanordninger fra Enova eller Innovasjon Norge, og elsertifikat avtalen kan det være mulig å få dekket deler av utgiftene.

I følge dagens lovgivning er prosjektet fullt mulig å gjennomføre. Det å bli energinøytral som bedrift er et sentralt mål for tiden fremover, da det stadig legges mer press på ressursene, og kravene til forbruk og utslipp stadig blir strengere.

Risiko som angår bachelordelen av prosjektet vil skille seg litt fra en typisk risikoanalyse for bedriften. Som studenter og forfattere av en bachelorrappport vil en større del av risikoen befinne seg i planleggingsfasen og særlig i forhold til tidsplanlegging. Det er også større risiko for å gjøre feilberegninger som gjelder komponentene i systemet og budsjettet, siden studenter mangler erfaring fra bransjen og med lignende prosjekter.

Risiko

Risikoanalysen er gjennomført i henhold til ISO 10006 slik den beskrives i boken:

Prosjektarbeid og ingeniørrollen av Lars Eric Roseng. Supplerende litteratur fra Skjølsvik og Voldsund.

Tabellen nedenfor gir et grovt overblikk over mulige risikofaktorer i prosjektet.

Område/ avdeling:	Risiko:
Rammebetingelser, lovgivning,	Endring i: lover/forskrifter, konsesjoner/lisenser, konkurranselovgivning, skatter/avgifter
Finans, budsjettering	Endring i: kundeforhold, strømpris, renter, eller elsertifikater, endring, investeringer, stats-støtte, dårligere fortjeneste enn antatt/tap av finansielle midler Feil i: tidsestimat, budsjettestimat, lønnsomhetsvurdering
Innkjøp og distribusjon	Leverings forsinkelser, leverings/distribusjons problemer, leverandører som ikke holder kontrakten,
Kvalitet	Teknologiske problemer, mangelfulle kvalitetsprosedyrer, negativ innvirkning på: drikkevannskvaliteten eller distribusjonssikkerheten
Personalutvikling og kommunikasjon	Dårlig jobbutførelse/mangel på kompetanse, mangel på ansatte, fraværs/syke-dager, streik/dårlige arbeidsforhold, dårlig kommunikasjon med interessenter

Campus Vestfold

Marked	Synkende konsum/etterspørsel, prisfall, konkurranse
Prosjektgjennomføring, operasjonell risiko	Skade på: ansatte, kontraktører, utstyr/eiendom, miljøet, omdømme, eller økonomisk tap,
Integrasjon	Mangel på organisatorisk støtte, dårlig/mangelfull kunnskap eller rådgivning ved oppstart i nytt marked, problemer med å kombinere vann- og kraftproduksjon

Ved å se på sannsynligheten for at en hendelse kan inntreffe og hvor alvorlig konsekvensen av denne hendelsen kan være, får vi god oversikt over hovedpunktene i risikoanalysen. Videre er det naturlig å definere de største truslene for prosjektet og hva som kan forårsake disse hendelsene. I mange tilfeller kan det være flere forhold som utløser problemet, derfor er det viktig å isolere de faktorene som kan motvirkes og utarbeide en handlingsplan for disse.

Vurderingene er en kombinasjon av studentenes og oppdragsgivers erfaring og vurderingsevne, statistikk fra lignende prosjekter, innsamlede data og en tolkning av generelle retningslinjer som beskrives i gjeldende lover.

Handlingsplan for risikostyring i prosjekt: Brøket.

Formål

Dette er Bachelorgruppens forslag til risikostyring av prosjektet. Formålet med denne planen for risikostyring er å utrede risikoene knyttet til prosjektet samt å foreslå rutiner for behandling av disse.

Mål for arbeidet med risikostyring

Planen for risikostyringen har følgende mål:

- Øke studentenes forståelse av risikostyring i prosjekter.
- Bidra med synspunkter i risikoutredningen som kan føre til at bedriften oppdager risikoer. Gjøre en utredning som kan benyttes som forundersøkelse for handlingsplan til risikostyring i prosjektet.
- Foreslå rutiner for risikobehandling og bidra i utviklingen av risikoreducerende tiltak for prosjektet.
- Redusere respons- og behandlingstiden for risikoer som kan oppstå underveis.

Roller og ansvar

Det er studentenes oppgave å gi en tilbakemelding på hvilke risikoer de ser for seg i prosjektet. Dette skal kun ses på som forslag som kan bidra i utredningen av risikofaktorer og eventuelle mulige løsninger. Studentene har ikke ansvar for utførelse av disse og kan ikke stilles ansvarlig hvis en risiko oppstår eller foreslått løsning ikke fungerer som

Campus Vestfold

forventet. Studentene anbefaler at det gjøres en egen risikovurdering både før oppstart av prosjektet og underveis i prosjektets varighet.

Studentene foreslår denne tilnærmingen:

Prosjektleder har overordnet ansvar for risikohåndtering og eventuelt å delegere ansvar for risikoområder til en egnet medarbeider.

Utvikling av risikohåndteringsplanen

Bør inneholde disse fire prosessene. (Skjølsvik & Voldsund, 2016. s. 346)

1. Fastsette en tilpasset og kostnadsbesparende risikostrategi
2. Definere ansvarshavende for implementering og overvåking
3. Lage formell risikohåndteringsplan med dokumenterte risikoer og valgte strategier
4. Videreformidle resultatene til alle interessentene

Etter å ha identifisert og vurdert risikofaktorene i forhold til sannsynlighet og konsekvens må det utarbeides en plan med risikoreduserende tiltak.

Uansett bør det lages en oversikt som beskriver prioriteringen for håndtering og strategien som anses som best egnet til de forskjellige risikofaktorene.

Prosess 1

Ifølge Skjølsvik og Voldsund benyttes fire hovedtyper risikostrategier for å bestemme reduserende tiltak.

1-Avdempende strategi kan defineres som forebyggende tiltak.

Hensikten er å redusere sannsynligheten for at en hendelse kan inntreffe og/eller minke konsekvensen av dette dersom den skulle oppstå. Denne formen for risikobehandling krever litt ekstra planlegging i en tidlig fase av arbeidet og en viss forkunnskap innenfor gjeldende område. Gruppen mener dette er en hensiktsmessig måte å håndtere alle risikoer relatert til sikkerhet rundt produksjon og leveranse, både i form av kvalitet, kvantitet og HMS i forhold til personell.

Et eksempel på avdempende strategi i dette prosjektet er valg av to By-pass linjer i stedet for en. Dette bidrar til å sikre vannleveransen ut til sluttkunden. Ved å redusere risikoen for å ikke kunne levere nok vann med tilstrekkelig trykk, som er oppdragsgivers hovedfokus, blir konsekvensen av et eventuelt havari i de andre rørgatene senket betraktelig. Antagelig ville det vært tilstrekkelig med en By-pass i tillegg til de to PAT installasjonene, men systemet blir fortsatt sårbart hvis en eller to av linjene må stenges. Det vurderes derfor som hensiktsmessig å investere i to sikkerhets linjer.

2-Overførings strategi er en form for forebyggende tiltak, der deler av ansvaret overføres til andre.

Campus Vestfold

Det kan for eksempel være å overflytte en allerede identifisert risiko til en gruppe som har mer erfaring med denne typen risikohåndtering. Prosessen kan minne om en forsikringsavtale.

Et eksempel på overførende strategi i dette prosjektet gjelder systemet som benyttes for å koble til, og levere strøm ut på nettet. Dette utstyret må tilpasses etter de verdiene som kan produseres internt i systemet i Brokaret, parameterne som gjelder overføringen og i forhold til de verdiene netteier opererer med. Å gjøre dette selv ville representert en utrolig høy risiko, både på grunn av sannsynligheten for at det skulle gå galt, og på grunn av konsekvensen dette kunne medføre både for systemet og ut mot netteier.

Måten dette bør håndteres på er å bestille et komplett sub-system med frekvensomformer, generatorvern og alt nødvendig utstyr som utfører dette på en trygg og hensiktsmessig måte, av en ekstern leverandør. Gjennom kontrakten definerer partene ansvarsfordeling i forhold til denne delen av systemet.

3-Unnvikende strategi går ut på å velge en alternativ løsning for å unngå risikoen i sin helhet.

Dette vil selvfølgelig ikke være gjennomførbart i forhold til alle risikofaktorene i et prosjekt, og noen steder er det en ikke anvendbar strategi i det hele tatt.

Et eksempel på denne typen strategi i dette prosjektet gjelder valget av ventiler til systemet. Både leverandøren og produsenten av disse, er velrennomerte merkenavn, kjent for god kvalitet og høy standard. Bedriften har god erfaring med disse fra tidligere prosjekter og har tillit til produktene som driftssikre.

4-Aksepterende strategi vil si det samme som at det aksepteres at det er en risiko til stede, men at det ikke er mulig å gjøre tiltak for å redusere denne faktoren.

At det ikke er mulig å redusere risikoen med noen av de andre strategiene er en beskrivelse med visse modifikasjoner. I noen tilfeller kan det finnes tiltak som kan endre den identifiserte risikoen, men at disse settes til side. Enten på bakgrunn av kostnaden det vil medføre eller at det vil føre til nye, større risikomomenter enn den identifiserte.

En annen måte å håndtere en risiko som må aksepteres, er å utarbeide en beredskapsplan som kan settes i drift umiddelbart dersom risikoen skulle inntreffe. Dette benyttes kun i forbindelse med uunngåelige risikofaktorer som kan få stor konsekvens. Beredskapsplaner av denne typen utarbeides på særstilt grunnlag og bør inkludere en ordning som beskriver rutiner for døgnvakts ordning.

Et eksempel på risikofaktor som krever beredskapsplan i dette prosjektet, gjelder tap av kommunikasjonen med anlegget. De fleste komponentene er elektrisk kontrollert, men ved behov vil en hydraulisk rørbrudds ventil kutte all vanntilførsel inn i systemet. Alle målbare verdier og endringer sendes og loggføres gjennom driftskontrollen. Hvis signalet forsvinner eller en alarm utløses iverksettes beredskapsplanen. Noen må reise til anlegget for å undersøke problemet. Hvis driftskontrollen ikke har kontakt med anlegget har de ingen mulighet til å kontrollere systemet, noe som kan få ganske alvorlige konsekvenser.

Campus Vestfold

Det er en viss risiko for oversvømmelse i anlegget dersom Drammenselven blir utsatt for ekstrem flom. Deler av anlegget befinner seg lavere enn bakkeplan og beliggenheten er forholdsvis nære elvebredden. I en slik situasjon vil ikke rørbrudd ventilen gjøre noen nytte. I slike situasjoner må vannet eventuelt pumpes ut igjen fra anlegget.

Eksempler på risikofaktorer som aksepteres i dette prosjektet er blant annet endring i strømprisen. Prisen, og dermed inntektskilden fra denne, vil endres konstant i takt med markedet, og det er lite bedriften kan gjøre for å hindre dette.

Kraftprisene avhenger blant annet av oljeprisen og nedbørsmengden. Dette er en ekstern faktor det ikke er mulig å påvirke direkte. Det er derimot mulig å prøve å begrense konsekvensen av prisfall. Det settes stadig strengere krav til økt fornybar kraftproduksjon og krafthandelen mellom landene går fritt via kraftbørsen, Nord Pool. Mange av de Europeiske landene har stor andel fossile kraftverk som etter hvert vil måtte stenge, noe som igjen fører til at disse landene må importere fornybar kraft. Det vil antagelig være mest lønnsomt og hensiktsmessig å selge kraften til den lokale kraftprodusenten, siden bedriften ikke har kjennskap til markedet.

Prosess 2

Generelt sett kan risikofaktorer organiseres på flere måter, for eksempel fordelt etter avdeling/ fagområde. Det vil si økonomi for seg, teknologi som eget område osv. Ved å definere resultatene fra risikoanalysen og strategitilnærmingen fordelt under fagfelt er det enkelt å delegere hvert ansvarsområde og tilhørende strategi til en person. Denne får da ansvaret for implementering og overvåking av de risikoreduserende tiltakene for sitt fagfelt. Ansvarshavende kan være ansatt internt eller innleid, men bør ha rapporterings plikt til prosjektleder. En naturlig inndeling av ansvarsområder for prosjektet i Brokaret er blant annet å delegere risikoen i forbindelse med tilkoblingen til strømmettet til en person fra bedriften som leverer den delen av systemet.

Hovedpoenget med alt arbeidet tilknyttet risiko er å samle mest mulig informasjon som kan knyttes til en gitt situasjon. For å kunne utarbeide en formell risikohåndteringsplan må risikofaktorene vurderes og analyseres. All risiko bør kunne dokumenteres og forklares. For å kunne utarbeide en god risikohåndteringsplan bør hver risikofaktor studeres for å bestemme om denne utløses av en bestemt hendelse, eller om det kan være flere utløsende faktorer. Alle registrerte hendelser bør rapporteres via eget skjema og loggføres for senere bruk. Det vil kunne bidra i utredninger for å finne en sammenheng mellom utløsende faktorer i hendelsesforløpet. Disse kan senere benyttes til å lage forebyggende tiltak. Risikohåndteringsplanen skal inneholde hvilke tiltak som kan gjøres, når, hvor ofte, og hvem som har ansvaret for igangsetting og overvåking alle gjenkjente risikoer. Planen må definere hvilken strategi som skal benyttes i enhver situasjon, når og hvordan det skal rapporteres og hva som eventuelt skal utløse strakstiltak. Hyppigheten for kontroll av registrerte risikoer eller ny vurdering av situasjoner som kan føre til risiko bør bestemmes på forhånd, men må revurderes dersom det oppstår endringer som kan påvirke situasjonen.

En annen metode er å fordele risikofaktorene på stadier i prosjektet. Det vil gi en analyse som beskriver hvilke risikoer som kan forventes i hver fase av prosjektet. Inndelingen kan

Campus Vestfold

da bestå av planleggingsfasen, testfasen, sammenstilling og igangsettingsfasen og drifts- og levetiden til anlegget.

Uansett fordeling og kategorisering, er det nødvendig med en risikohåndteringsplan. Denne skal videreformidles til alle interessentene. Det samme gjelder dersom det oppstår nye risikoer som krever endring i rutinene.

Det vil ikke bli foretatt noen lang utredning i forhold til alle de gjenkjente risikoene i tilknytning til prosjektet. Gruppen vil heller ikke lage detaljerte beskrivelser av forslag til håndtering av disse.

Under vises eksempel på en risikofaktor i forbindelse med prosjektet i Brokaret og eventuelle tiltak som kan gjøres. De resterende risikofaktorene og metoden som ble benyttet til gjenkjenning og kategorisering av disse, står beskrevet i vedlegget under risiko.

Eksempel på risikofaktor og forslag til håndtering:

1
Teknologiske eller tekniske problemer (intern og ekstern)
Risikofaktor
Sannsynligheten for at det oppstår tekniske problemer underveis er middels stor. Konsekvensen dette kan medføre varierer fra liten til betydelig.
Håndtering: Avdempende strategi
Benytte kvalifisert personell og velkjente forhandlere med merkevarer og garanti. Gjøre klar handlingsplan for risikohåndtering og delegere ansvar for igangsetting, drift, overvåking og rapportering til en bestemt person.
Foreslåtte tiltak

Campus Vestfold

Dette er et system som må monteres og testes «on site».

Seriøse leverandører av spesialtilpasset utstyr utfører tester på det de leverer før det blir levert til kunden, dette gir garanti for at den delen av systemet fungerer som den skal. Siden det ikke er mulig å sette sammen anlegget og utføre tester i en testhall, bør de forskjellige komponentene undersøkes nøye for skader under frakt før montering. Ved å benytte anerkjente leverandører som gir garanti på produktene de leverer fra seg er det mulig å sikre seg mot dårlige eller lite holdbare komponenter. Det bør benyttes fagfolk og montører som enten er kjent for bedriften fra tidligere eller som anbefales av leverandøren av utstyret.

Lage plan for risikohåndtering med tydelig fordelt ansvar.

Sette opp rutiner og hyppighet i planen.

Digital overvåking av målbare verdier, som kommuniserer med resten av systemet og varsler om alle uregelmessigheter.

Utføre manuell inspeksjon på alle utløste varslinger som kan gi alvorlig konsekvens.

Be leverandør eller montør av utstyr om å lage plan for service og vedlikehold av respektive deler.

Vi utfører sensitivitetsanalyse for å estimere mulige utfall for oppstart av prosjektet. I følge Skjølsvik og Voldsund er en sensitivitetsanalyse nyttig for å se prosjektet fra et realistisk ståsted. Analysen vil også kunne bidra til å oppdage eventuelle svake punkt i prosjektplanen eller i tilknytning til eventuelle samarbeidspartnere.

Sensitivitetsanalyse for prosjekt Brokaret

Beste utfall: Informasjonen fra studentene gjennom bachelor rapporten viser seg å kunne benyttes som bakgrunnsmateriale. Bedriften får mindre utgifter til dyre innleide konsulenter. Bedriften velger å investere i nytt system. Det blir gitt stats-støtte til bygging av anlegget. Produsenter, leverandører og montører utfører sin del av kontrakten innen avtalt tid. Prosjektet gjennomføres uten problemer og viser seg å være fleksibelt nok etter kravene. Det monterte anlegget fungerer som avtalt og har ingen negativ effekt på resten av systemet. Driftssikkerheten viser seg å være god. Salgsavtalen på kraften er tilfredsstillende, langvarig, og det blir gitt elsertifikat avtale. Teknologien kan videreføres til flere av bedriftens anlegg. Produksjonen i disse anleggene fører til at bedriften oppnår status som energinøytral. Oljeprisen stiger og energimarkedet blir mer stabilt, som fører til god strømpris og høy etterspørsel. Anlegget når Break-even point før antatt og bedriftens inntekter stiger. Bedriften får flere kunder og god PR på grunn av omtale og suksess.

Campus Vestfold

Verste utfall: Informasjonen fra studentene viser seg å være dårlig, det må leies inn eksterne konsulenter for å gjøre alle utredninger på nytt. Det blir ikke gitt stats-støtte til bygging av anlegget og alle kostnader må dekkes av bedriften. Det blir forsinkelser i prosjektet på grunn av feil i tidsplanlegging og forsinkelser i leveranse av deler. Det oppstår problemer under montering eller testing av det nye systemet, som viser seg å være vanskelige å rette opp i. På grunn av forsinkelsene blir ikke anlegget satt i drift innen fristen for å kunne få el sertifikater. Ugunstige komponenter og tidspress fører til skade på personer, miljøet eller utstyr. Ferdig installert anlegg fungerer dårlig og forstyrrer for drikkevannsleveransen. Strømprisen faller og det er vanskelig å få solgt kraften. Prosjektet går i tap og teknologien er ikke overførbar til andre anlegg.

Realistisk utfall: Enten Enova eller Innovasjon Norge gir et visst bidrag i form av støtte. Enten i form av finansielle midler eller som rådgiver i startfasen. Byggingen av anlegget holdes innenfor rammene, og det ferdig monterte anlegget har ingen eller ubetydelig liten innvirkning på resten av systemet. Kraften som produseres blir kjøpt opp til en pris som er akseptabel i forhold til budsjettet, og varigheten på avtalen går over flere år. Strømprisen vil variere, men på grunn av krafthandelen over landegrensene og EUs krav til mer fornybar kraft, bør salgsprisen være akseptabel og etterspørselen være ganske stabil. Den første perioden etter driften settes i gang vil antagelig nedbetalingen av lånet overskride inntektene, men på sikt vil det være lønnsomt. Produksjonen vil etter hvert overstige 1MW, og dermed gi el sertifikat som varer i 15 år. Teknologien vil kunne være overførbar til noen andre anlegg og vil etter hvert bidra til å gjøre bedriften energinøytral. Vellykket prosjekt bør gi god PR for miljøengasjement og bra utnyttelse av ressurser.

Sensitivitetsanalyse for bacheloroppgaven

Beste utfall: Gruppemedlemmene kommuniserer og samarbeider godt. Studentene og oppdragsgiver får et godt forhold og kan dra gjensidig nytte av prosjektet. Studentene får et positivt møte med bransjen og danner grunnlaget for et nettverk til senere. Planleggingen av arbeidet er konkret nok til å unngå misforståelser eller forsinkelser.

Gruppemedlemmene har lik målsetting i forhold til gjennomføring av oppgaven og jobber effektivt. Oppgaven består av et reelt problem, noe som gjør at eventuelle utfordringer som oppstår gir god yrkestrening. Det viser seg at prosjektet er gjennomførbart og studentenes forslag til løsning er nøye utført med gode argumenter for alle valg. Samarbeidspartnere og leverandører holder avtaler og bidrar med nødvendig informasjon og støtte.

Dokumentasjonen, argumentasjonen som føres for valgt løsning, sammenstillingen og

Campus Vestfold

grafiske fremstillinger i rapporten gir et profesjonelt inntrykk. HSN-Expo blir en positiv opplevelse. Prosjektet blir fremstilt på en ryddig og forståelig måte og danner grunnlag for større nettverk innen arbeidslivet. Fremføringen for sensor går etter planen. PowerPoint presentasjonen er ryddig, fremhever de rette aspektene fra rapporten og bidrar visuelt til argumenteringen i prosjektet. Medlemmene har god kontroll på temaet, opptrer som et team og fremføringen har god flyt.

Verste utfall: Gruppemedlemmene kommuniserer og samarbeider dårlig. Studentene og oppdragsgiver har dårlig kommunikasjon og samarbeidet går tungt. Planleggingen av arbeidet er dårlig gjennomført og lite spesifikk. Det oppstår misforståelser, forsinkelser og dårlig utførte oppgaver. Arbeidsfordelingen er urettferdig, og medlemmene har forskjellig målsetting i forhold til gjennomføring og krav til kvalitet. Omfanget av oppgaven viser seg å være for stort eller komplisert til at gruppen klarer å løse den. Det er vanskelig å få råd fra fagfolk fordi de har dårlig tid eller kunnskap. Prosjektet blir levert som mangelfullt og dekker ikke kravene til systemet eller i forhold til arbeidskrav fra skolen. Flere av delmålene i oppgaven blir ikke fullført. Gruppen får ikke tak i støttelitteratur eller dokumenter som kan brukes som referanser og må benytte seg av tvilsomme eller upålitelige kilder. Rapporten fremstår som rotete, uten sammenheng mellom punktene og argumentasjonen er ulogisk eller plagiat. HSN-Expo viser gruppen og prosjektet fra en dårlig side slik at bedriftene får et negativt inntrykk. Fremføringen for sensor virker dårlig planlagt, PowerPoint presentasjonen er rotete uten logisk tilknytning til rapporten og medlemmene er usikre på temaet. Det er dårlig flyt i presentasjonen, gruppen har dårlig dynamikk, avbryter hverandre eller sensor og gir mangelfulle svar på eventuelle spørsmål.

Realistisk utfall: Gruppemedlemmene kommuniserer greit, samarbeider etter beste evne og løser eventuelle uenigheter. Studentene og oppdragsgiver får et godt forhold og begge parter lærer noe av prosjektet. Studentene får et innblikk i arbeidslivet og tilegner seg noen nye kontakter i nettverket. Planleggingen av arbeidet går greit, må beregne noen endringer og litt omorganisering. Tidsplanen må antagelig tilpasses flere ganger underveis. Forhåpentligvis uten misforståelser eller forsinkelser. Gruppemedlemmene har ganske lik målsetting i forhold til oppgaven. Omfanget av oppgaven vil antagelig vise seg å være større enn først antatt, typisk på grunn av manglende erfaring. Mest sannsynlig lar dette seg løse med litt ekstra innsats fra minst en av deltagerne. Via rådføring med folk i bransjen og ved å benytte tilgjengelig litteratur eller internett bør det være mulig å få tak i nødvendig dokumentasjon og noen pålitelige kilder. Det viser seg at prosjektet er gjennomførbart og studentenes forslag til løsning dekker behovet. Det vil antagelig være enkelte avvik i noen av dokumentene og kostnadsoverslaget vil antagelig være litt unøyaktig. Totalt sett vil

Campus Vestfold

rapporten fremstå ryddig og ha en logisk sammenheng mellom kapitlene. Oppgavens mål og delmål blir fullført, den generelle standarden på arbeidet og rapporten er godkjent. HSN-Expo vil være en bra plass for nettverksbygging, gruppen får vist frem en positiv side av seg selv og prosjektet. Fremføringen for sensor vil antageligvis gå greit, kunnskapen rundt prosjektet er på plass, så selv om en av medlemmene sporer av litt underveis vil det ikke være noe problem å hente seg inn igjen. PowerPoint presentasjonen vil antagelig bli ganske bra og det er lett å se sammenhengen mellom prosjektrapporten og fremføringen. Gruppen vil fremstå som et team og ha god formidlingsevne.

Idévurdering

Løsningskriterier:

Overordnet står følgende

- Trygg og stabil vannleveranse.
- Driftssikkerhet.
- Fleksibilitet i systemet.
- Installasjoner som kan bidra til energinøytralitet for bedriften.
- Bør være selvfinansierende i utstyrets levetid.

Videre krav til systemet er beskrevet i systemkrav.

Muligheter og begrensninger:

Konseptet for kraftproduksjon i sammenheng med vannleveranse er velkjent og har pågått i årevis. I Norske anlegg sammenfaller dette som regel med et høydebasseng eller reservoar der vannet kan renne fritt ut. Anlegget i Brokaret krever en annen type løsning og det er begrenset tilgang på dokumentasjon for sammenligningsgrunnlag. Deler av problematikken rundt dette skyldes blant annet at det er få lignende systemer i Norge. Utfordringer knyttet til anlegget er høyt trykk inn, regulerbart og relativt høyt utgangstrykk, ikke høydebasseng. Noen lignende anlegg eksisterer og gruppen har besøkt to av disse. Gruppen har funnet et par lignende anlegg i Tyskland og fått tilgang til dokumentene for disse. Problemet i den forbindelse, er at Tysk fagspråk er utenfor gruppens kunnskaps område. En annen faktor er at dette er produkter under utvikling, slik at utviklerne begrenser informasjonen de gir fra seg.

Forskjellige turbintyper ble sammenlignet og vurdert. Nærmere beskrivelse av disse turbinene finnes i det teoretiske grunnlaget.

Campus Vestfold

Turbiner bygges etter prinsippet om å benytte mest mulig av energien i vannet, og anses som uegnet fordi det hverken gir reguleringsmulighet eller særlig trykk ut av turbinen. Hovedsakelig kan hydroturbiner deles i to kategorier, reaksjonsturbiner og impulsturbiner, men det har i den senere tid blitt utviklet noen andre typer.

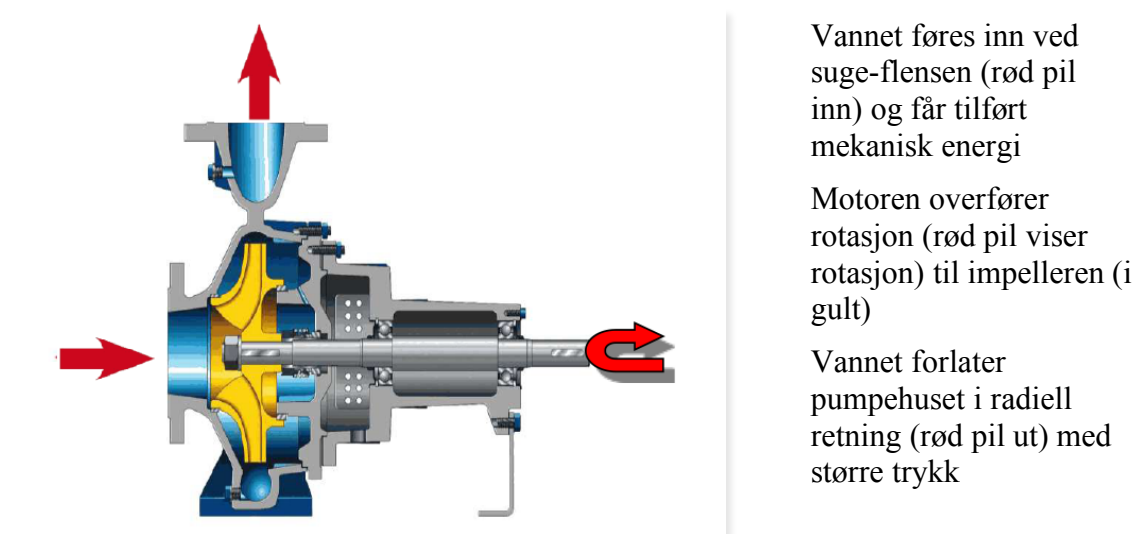
Difgen er en volumetrisk turbin som fungerer som en trykkreduksjonsventil med regulerbart trykk og flow ut. Beskrivelse står under teoretisk grunnlag. Difgen er ikke aktuell fordi spesifikasjonene ikke dekker kravene til systemet. Hovedårsak: begrensningen for differansetrykk er 10 bar.

Utelukking av disse mulighetene førte til at gruppen måtte revurdere PAT installasjonen. Ved første betraktning ble denne ansett som for lite fleksibel til å egne seg som løsning.

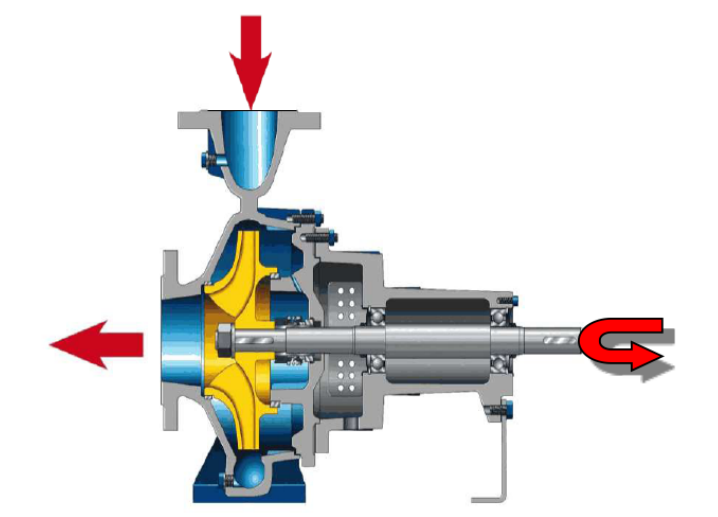
PAT: (Pump as Turbine). *Pumpe som kjøres i reversert retning, fungerer som turbin.* Turbiner og pumper har likhetstrekk i forenklet prinsipiell oppbygging. Mange av komponentene har lignende funksjon. Vannet ledes inn i et turbin- eller pumpe-hus, der det kommer i kontakt med den roterende enheten. Skovlhjulet eller impelleren er via aksling, koblet til rotoren, i en generator eller motor.

Prinsipielt er forskjellen mellom turbin og pumpe, at i turbinen er vannet energikilde og i pumpa er det vannet som får mer energi.

Figurene nedenfor illustrerer hva som skjer når vannet går i motsatt retning gjennom pumpa. Viser forskjellen på: pumpe i pumpe modus og pumpe som turbin.



Figur 13. Pumpe i pumpe modus. Normal drift. (Kilde KSB)



Vannet kommer inn i pumpehuset på høytrykksiden (rød pil inn)

Trykket påfører impelleren (i gult) rotasjonsenergi (retning i rød pil) som går til generatoren

Vannet forlater pumpehuset (rød pil ut) på lavtrykksiden, med redusert trykk

Figur 14. Pumpe i reversert retning, PAT, (Kilde KSB)

Oppdragsgiver ønsker et driftssikkert og fleksibelt system. Gruppens hovedoppgave går ut på å vurdere opplysningene fra de forskjellige systemene vi har studert, og forsøke å designe fleksibel og driftssikker løsning.

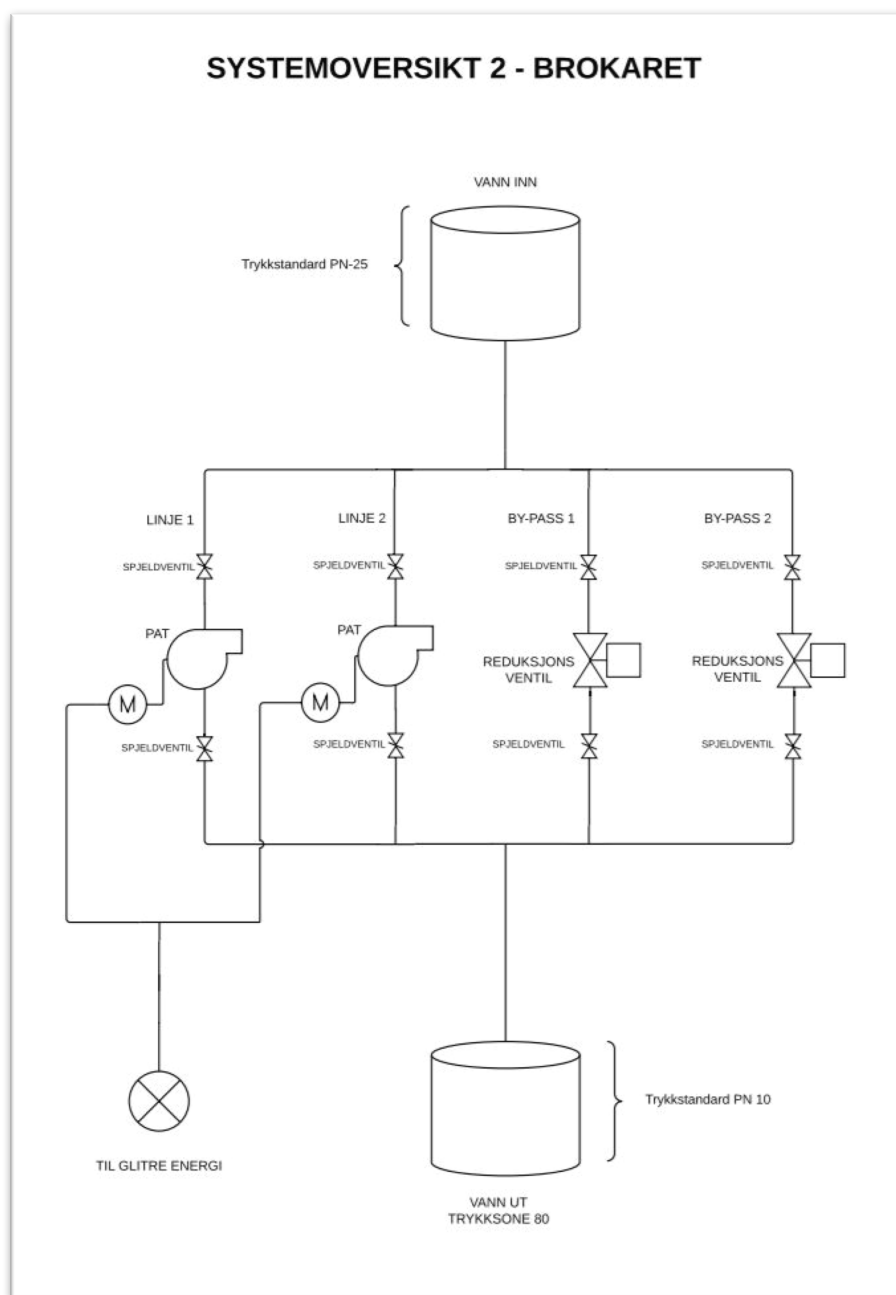
Studier av flere internasjonale forskningsrapporter om testing av forskjellige typer pumper og mulige designendringer av komponenter ga inntrykk av at det finnes forbedringspotensialer. Endringene som nevnes er avrunding av kanter på impelleren og endring av vinkling på inntak og utløps-siden. Påstanden i disse rapportene er at i noen tilfeller kan endringene øke effektiviteten og fleksibiliteten av systemet med opp til 5%.

Gruppen benyttet den innsamlede informasjonen til å lage forenklet forslag til løsning. Første utkast besto av teori og konsepter. Forslaget ble diskutert med oppdragsgiver. Forslaget besto av prinsipper og typer komponenter som burde fungere, ikke spesifiserte modeller og merker. Den foreslåtte løsningen inneholdt disse komponentene: to sentrifugalpumper med asynkronmotor, reduksjonsventiler i alle grener, bypass linje, stengeventiler og PLS til styring av systemet. Oppdragsgiver sa seg enig i at dette kunne fungere, og at de håpet på en fleksibel løsning. Fokuset ble flyttet fra mulige konsepter til hvordan utvikle fleksibilitet.

Campus Vestfold

Systemoversikt

Systemoversikten på neste side viser løsningen oppdragsgiver og prosjektgruppa kom fram til som hensiktsmessig. Dette er versjon 2, med en ekstra by-pass. Sikkerheten i vannleveransen går foran økonomiske hensyn. Begge systemoversiktene ligger i vedlegg. Det er ikke utarbeidet egen symboloversikt for «Systemoversikt 2 – Brokaret». Under «nomenklaturliste» ligger oversikt over symboler brukt i begge skjemaene.



Figur 15: Redigert systemoversikt. Viser forslag til løsning, utvidet med ekstra by-pass.

Campus Vestfold

6. Endelig design

Idéutvelgelse

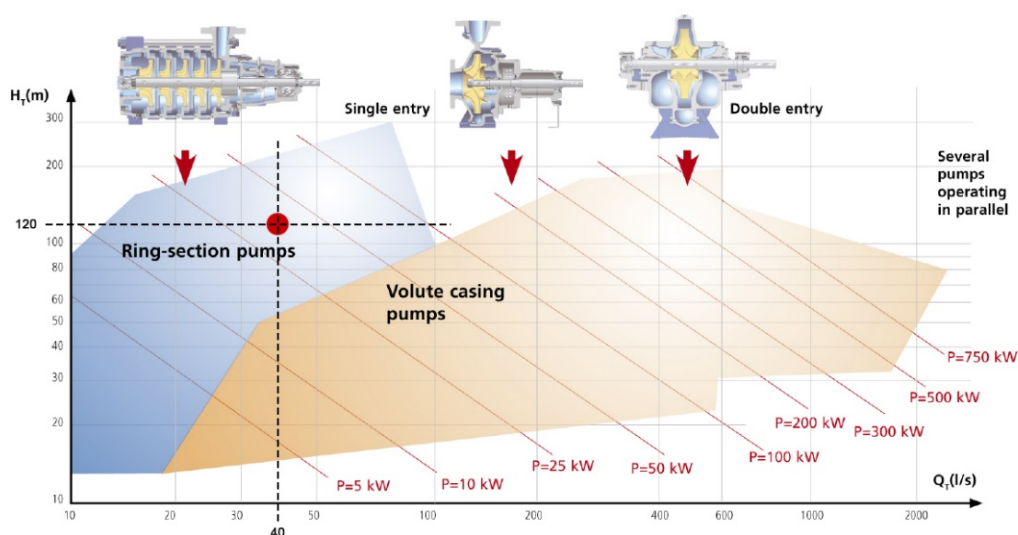
Valg av kraftproduserende enhet:

Oppdragsgiver har kjennskap til PAT fra anlegget de drifter på Svarttjern og anser dette som et pålitelig system, men opplever systemet som lite fleksibelt. Gruppen jobbet videre med PAT, og ville forsøke å finne en løsning på dette underveis.

Pumpevalg:

Valg av pumpe modell til PAT-installasjon:

Ut fra figuren under kan vi se at for å håndtere $H = 120$ m, og flow, $Q = 40$ l/s, kreves en «ring seksjon pumpe».



Figur 16. Viser at trykk og flow definerer modell. y-akse = Head (H), x-akse = Flow (Q)
(Kilde:KSB)

På grunn av parameterne i anlegget må det velges en, «ring seksjon pumpe» til PAT-installasjonen.

Grunnlag for valg av antall:

For å gi bedre fleksibilitet og kapasitet i systemet til å håndtere stor variasjon i flow gjennom døgnet anbefales to PAT installasjoner i parallell.

Målinger gjennomført i Brokaret over tid, viser at perioden som ble benyttet som grunnlag for beregningen stemmer godt med resten av året.

Campus Vestfold

Testperiode (1 uke): Benyttet som grunnlag for beregninger (16.01.-23.01/2017)

$Q_{min}=43,4$ l/s, $Q_{max}=99,8$ l/s, $Q_{avg}=81,2$ l/s

Periode 2, (over 4 år) benyttet for kontroll av testperiodens gyldighet: (25.03.2013-

23.01/2017) $Q_{min}=33,7$ l/s, $Q_{max}=125,2$ l/s, $Q_{avg}=88,4$ l/s

Konklusjonen av disse beregningene er at det kan forventes en gjennomsnittlig flow gjennom systemet på litt over 80 l/s, og at det sjelden er under 40 l/s. Valget av to installasjoner med kapasitet på 40 l/s er hensiktsmessig. En av PAT`ene vil med stor sannsynlighet kunne stå i drift 24 timer i døgnet. Begge vil med stor sannsynlighet kunne stå i drift gjennomsnittlig 12 timer i døgnet.

PAT`ene skal kunne jobbe uavhengig av hverandre og samtidig. Det skal være mulig å starte/stoppe hvilken som helst av disse pumpene til enhver tid, helt uavhengig om den andre er i drift eller ikke. Dette er et av kravene til systemet som vil bidra til den fleksibiliteten oppdragsgiver ønsker av systemet.

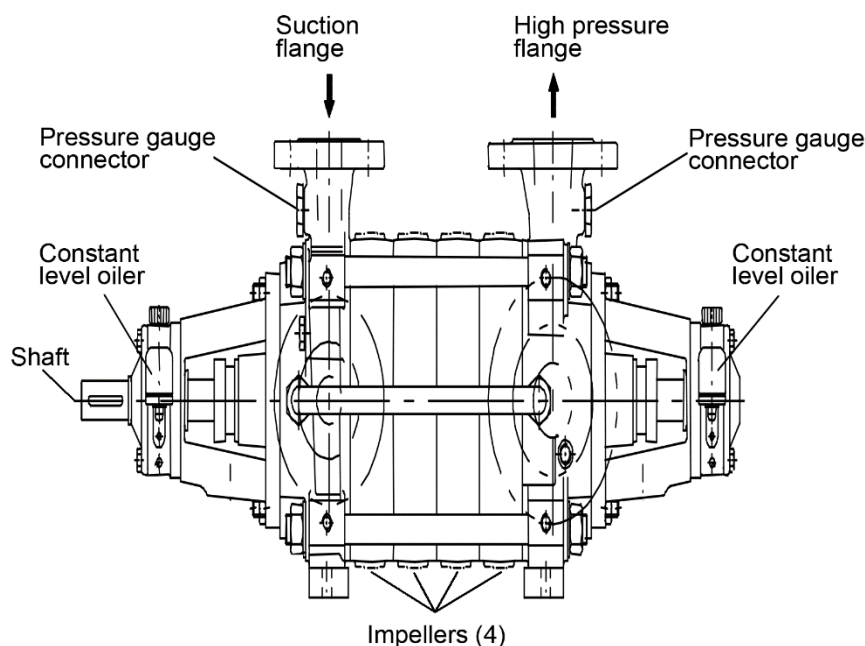
Valg av Multitec ring seksjons pumpe levert av KSB:

Modellen beskrives nærmere i rapportens teoridel. Denne skal være tilkoblet en asynkron motor med effekt $P=75$ kW. Motoren vil fungere som generator etter oppstart av PAT og synkron hastighet er oppnådd. Koblingen mellom pumpen og generatoren styres via PLS.

Detaljer som ikke vises er blant annet utformingen av impellerne og hvordan det innvendige designet i pumpehuset er oppbygget. Dette er detaljer produsentene foretrekker å ikke dele ut. I data bladet som følger med pumpen står kun diameteren på impellerne opplyst.

Skissen under viser noen av komponentene i ring seksjonspumpen som ble valgt til installasjonen.

Campus Vestfold



Figur 17. Beskrivende skisse av Multitec ring seksjons pumpe fra KSB. Her vises noen av komponentene og 4 impellerplasseringer. (Kilde KSB)

Ventilvalg:

Gruppen velger å foreslå en løsning med reguleringsventiler fra produsenter oppdragsgiver er kjent med fra tidligere. Alle forgreninger av systemet må ha reguleringsventil. Forslag: totalt 4 til anlegget. En mengdereguleringsventil foran hver PAT og en trykkreduksjonsventil i hver bypass-linje.

By-pass linjene:

Trykkreduksjon utføres av Erhard RKV nåleventil med elektrisk aktuator. Disse velges på bakgrunn av høy kvalitet og nøyaktighet, samtidig som designet er motstandsdyktig mot slitasje og anses som meget driftssikkert. Innvendig er ventilen dråpeformet med utskiftbar fasong til inntaket, og stempel som splitter og regulerer gjennomstrømningen.

Kombinasjonen av stempelets design og fasongen i inntaket definerer strømningsmønsteret for å motvirke kavitasjonsproblemer, og kan tilpasses en mengde trykk- og hastighetsforhold.

Figuren under viser en Erhard RKV uten elektrisk aktuator.

Campus Vestfold



Nøyaktig regulering fra
4% åpning av ventilen

Utskiftbart inntaks-
design beskytter mot
kavitasjon

Motvirker dannelsen av
stagnerte vannlommer

Krever minimalt
vedlikehold

Lang levetid

Figur 18. Erhard RKV nåleventil. Sett fra inntaks-siden (Kilde Erhard)

Modellen leveres med Auma aktuator, noe oppdragsgiver stiller seg svært positive til, da de har god erfaring med produkter fra denne produsenten.

Linje 1 og 2, før PAT:

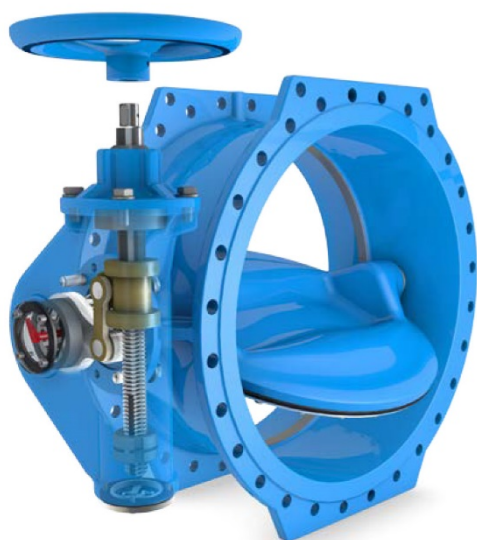
Til mengderegulering ble det vurdert to typer ventiler. Valget besto av Bopp & Reuther og Erhard. Begge kan styres ved hjelp av elektrisk aktuator fra Auma og anses som kjente kvalitetsprodukter. Erhard ble valgt blant annet fordi dette er en ren mengdereguleringsventil. Andre faktorer er: prisforskjell og for å forholde seg til samme merke, oppdragsgiver har samme tillitt til kvaliteten på de to.

Mengderegulering:

Roco wave er en dobbeleksentrisk dreiespjeldventil med mulighet for tilkobling til elektrisk aktuator. Fasongen på spjeldet er utformet for ekstra lang levetid, og vannet kan kjøres gjennom ventilen i begge retninger. Alle innvendige deler er innkapslet i drikkevannsgodkjent materiale.

Figuren viser Roco wave uten elektrisk aktuator.

Campus Vestfold



Vedlikeholdsfritt design
Motvirker vannlommer
Lukkemekanismen
motvirker trykkstøt
Spesialdesignet spjeld
for kontroll av
strømningsmønster
Korrosjonsbestandig
Lang levetid

Figur 19. Erhard Roco wave ventil med innsyns punkt som viser spjeldåpningen (Kilde Erhard)

Begge Erhard ventilene er av høy kvalitet og valget er tilpasset behovet i hver gren. Alle reguleringsventilene må være automatiserte ventiler som styrer åpning, lukking og mengde som slippes gjennom, slik at dette kan gjøres uten behov for å reise til anlegget.

Erhard benytter Auma aktuatorer som er godt kjent for kvalitet og pålitelighet. De forskjellige modellene er spesialtilpasset for kontroll og jevn styring av ventilene. Forskjellige ventiltyper har forskjellige gir-typer som er optimalisert etter bevegelsen i ventilen og med hensyn på forsinking av bevegelsen rett før total stenging.

El-aktuatoren styrer åpne-lukke funksjonen og er koblet til en PLS som sender signaler og måledata til et felles overvåkningssystem som kobler sammen alle anleggene oppdragsgiver har i drift.

Ang tilkobling til nettet:

Oppdragsgiver har ikke mulighet til å benytte kraften som produseres i anlegget selv, den må selges ut på nettet. Dette krever nettkobling til det lokale strømmettet. Undersøkelsene viste at nærmeste transformatorstasjon som tilhører nettselskapet er ca 200 meter unna. Denne trafoen har en spenning på 400V, dette anses derfor som en gunstig spenning å levere dersom det er mulig med det planlagte utstyret i anlegget.

For å kunne koble en asynkron generator til forsyningsnettet må den først bli tilført en mekanisk energi som oppstarts strøm for å starte. Strømmen som kreves for start av

Campus Vestfold

generatoren er større enn kapasiteten den produserer, noe vil gå bort i tap av mekanisk energi og varme. (Saugstad & Gunvaldsen, 2015) I følge databladet som medfølger motoren fra KSB som skal benyttes i PAT-installasjonen vil maskinen ved oppstart utsettes for 7,9 ganger så stor strøm som under normal drift. For å beskytte generatoren mot slitasje eller skade ved oppstart går det an å benytte sterkere aksel, generatorvern eller frekvensomformer for å motvirke kreftene som oppstår.

Gruppen foreslår å løse dette ved hjelp av en frekvensomformer/generatorvern. Dette subsystemet er automatisert og drives av egen lokal kontrollenhet som har masterstyring (hovedkontroll) av generatoren. Den er best egnet til daglig styring og tolkning av signalene i denne delen av systemet, og er programmert til å utføre bestemte regulerende handlinger som sikring mot negativ effekt eller skade ved gitte verdier. Disse parameterne er ferdig definerte krav fra nettselskapene. Denne lokale kontrollenheten (kalt lok op i systemoversikten) er tilkoblet hovedsystemet via PLS'en som styrer resten av anlegget og kommuniserer med kontrollsystemet hos bedriften. Hvis den lokale kontrollenheten mister kontakten med omformerer eller det oppstår strømbrudd, kan PLS'en overstyre kontrollen.

Hovedkomponenter i PAT anlegget:

Pumpe som turbin (Pump As Turbine) Multitec ring seksjons pumpe fra KSB: 2 stk

Generator/motor fra KSB: 2 stk

Frekvensomformer/ Generatorvern 2 stk

2-veis kWh måler 1 stk

Trykk reguleringsventiler 2 stk

Mengde reguleringsventiler 2 stk

El-aktuator 2*2 = 4 stk

Stengeventiler, manuelle 8 stk

Mengdemålere 2 stk

Trykk målere 6 stk

Kommunikasjon mellom komponentene:

Styresystem (PLS)

Rørdimensjoner inn før PAT 150 mm

Rørdimensjoner etter PAT 125 mm

Rørdimensjoner bypass 300 mm

Campus Vestfold

Overtrykksvern, rørdimensjon

125 mm

Sikkerhetsventilenes plassering i eksisterende anlegg er utenfor det forutsatte prosjektarealet. De ivaretar sin funksjon for to nye linjer, det er ikke nødvendig å flytte dem eller bytte dem ut. Begrunnelse: Anlegget forsynes av ett hoved forsyningsrør, og rett etter inntaket i anlegget er det montert hydraulisk stengeventil. Denne dekker hele anlegget, inkludert prosjektets område. Overtrykksvernet består av ferdig montert rør som kan benyttes i den nye installasjonen.

7. Fysisk design

Frem til prosjektavgrensning går vannet i 400 mm rør.

Dimensjonen fortsetter opprinnelig i første strekk, dette videreføres i løsningen.

Nytt oppsett gjennom arealet viderefører opprinnelig rørgate i første strekk.

To nye forgreninger, T-kobling 400/300 mm.

Fra opprinnelig rørgate brukes T-kobling 400/300mm, overgang 400/300mm og 90°/300 mm bend, samme plassering.

Totalt fire linjer.

Linje 1 og 2

Inn i systemet.

Kraftproduserende linjer:

Identiske dimensjoner og installasjoner.

Parallelle.

Trykkstandard PN25.

Fra utgang T-kobling monteres lange overganger: 300/150mm.

Spjeldventiler (til manuell stenging av rørgate for vedlikehold osv)

Rør - 150 mm.

Mengdereguleringsventiler: ERHARD ROCO wave.

Vannmåler som måler mengde og hastighet.

Trykkmåler som måler trykk og mengde.

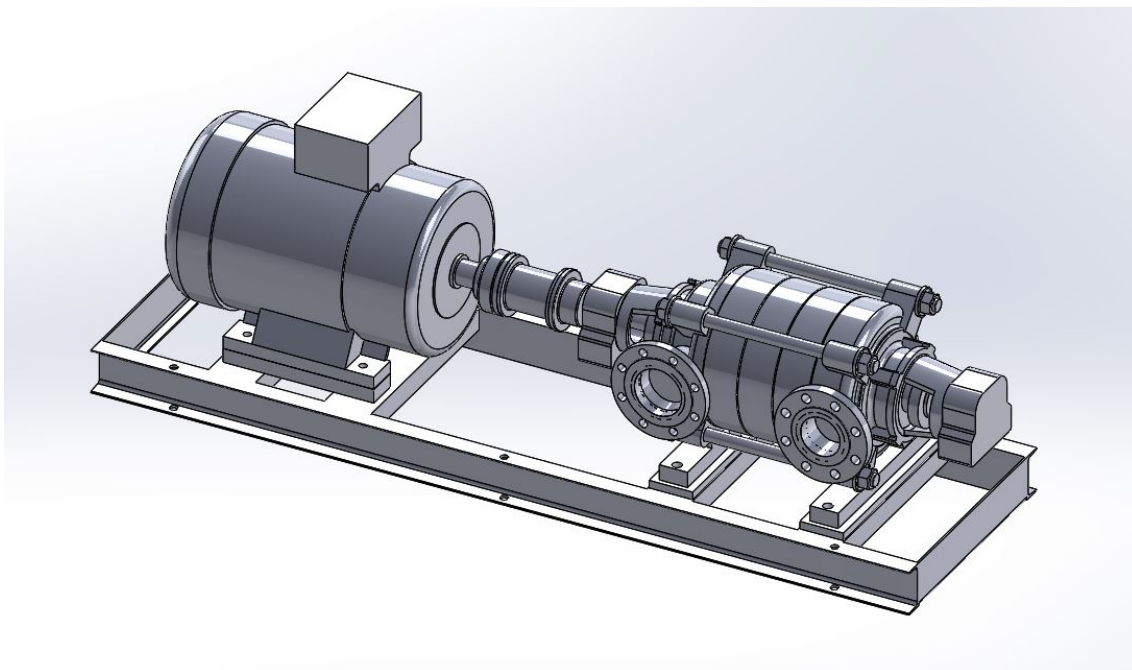
Videre frem til inntakssiden i PAT, rør - 150mm.

Kraftproduserende enheter.

PAT: KSB Multitec D-125-4.9.1

Campus Vestfold

Figuren under viser mulig sammenstilling av ring seksjons pumpe og motor/generator med tilhørende monteringsbraketter som kan skrus direkte i betonggulvet eller monteres på vibrasjonsdempende plate.



Figur 20: PAT - KSB Multitec. Skjermbilde fra egen sammenstilling i Solidworks

Modellen viser innsug og utløp parallelt. Med full fleksibilitet i disse delene av konstruksjonen, kan konstruksjonen monteres etter spesifikke fysiske og tekniske forhold i anlegget. *Muligheten bidrar til å gi den fleksibiliteten oppdragsgiver ønsker seg.*

Ut av systemet:

Identiske dimensjoner og installasjoner.

Parallele.

Trykkstandard PN10.

Rør - 125 mm.

Trykkmålere.

Spjeldventiler.

Kobles sammen med T-kobling - 125/125mm.

Til linje ut fra anlegget.

T-kobling - 125/300mm.

Campus Vestfold

By-pass 1 og 2

Inn i systemet:

Trykkreduserende linjer.

Identiske dimensjoner og installasjoner.

Parallelle.

Trykkstandard PN25.

Trykkmåler, samme type som benyttes i hele systemet.

Rør - 300 mm.

Spjeldventiler.

Rør - 300 mm.

Trykkreduksjonsventil 1 og 2

ERHARD RKV. Nåleventil.

Ved vannhastighet over 1,5 m/s, anbefaler produsenten følgende monterings tekniske hensyn: rette rørstrekk uten andre komponenter eller installasjoner før og etter ventilen.

Før: minst 3 – 5 x DN

Etter: minst 5 – 10 x DN

Vannhastigheten gjennom by-pass er beregnet til 1,27 m/s ved maks belastning, ut fra dagens vannleveranse.

Det er allikevel verdt å merke seg, eventuelle fremtidige endringer vil kunne påvirke ventilenes ytelse.

Ut av systemet:

Identiske dimensjoner og installasjoner.

Parallelle.

Trykkstandard PN 10.

Rør - 300 mm.

Spjeldventiler.

Rør - 300 mm.

Trykkmåler.

Sikkerhet

Sikkerhetsventiler til overløps rørledning står utenfor prosjektarealet. Koblingen mellom ny løsning og eksisterende anlegg gjør dem funksjonelle også for de nye linjene.

Campus Vestfold

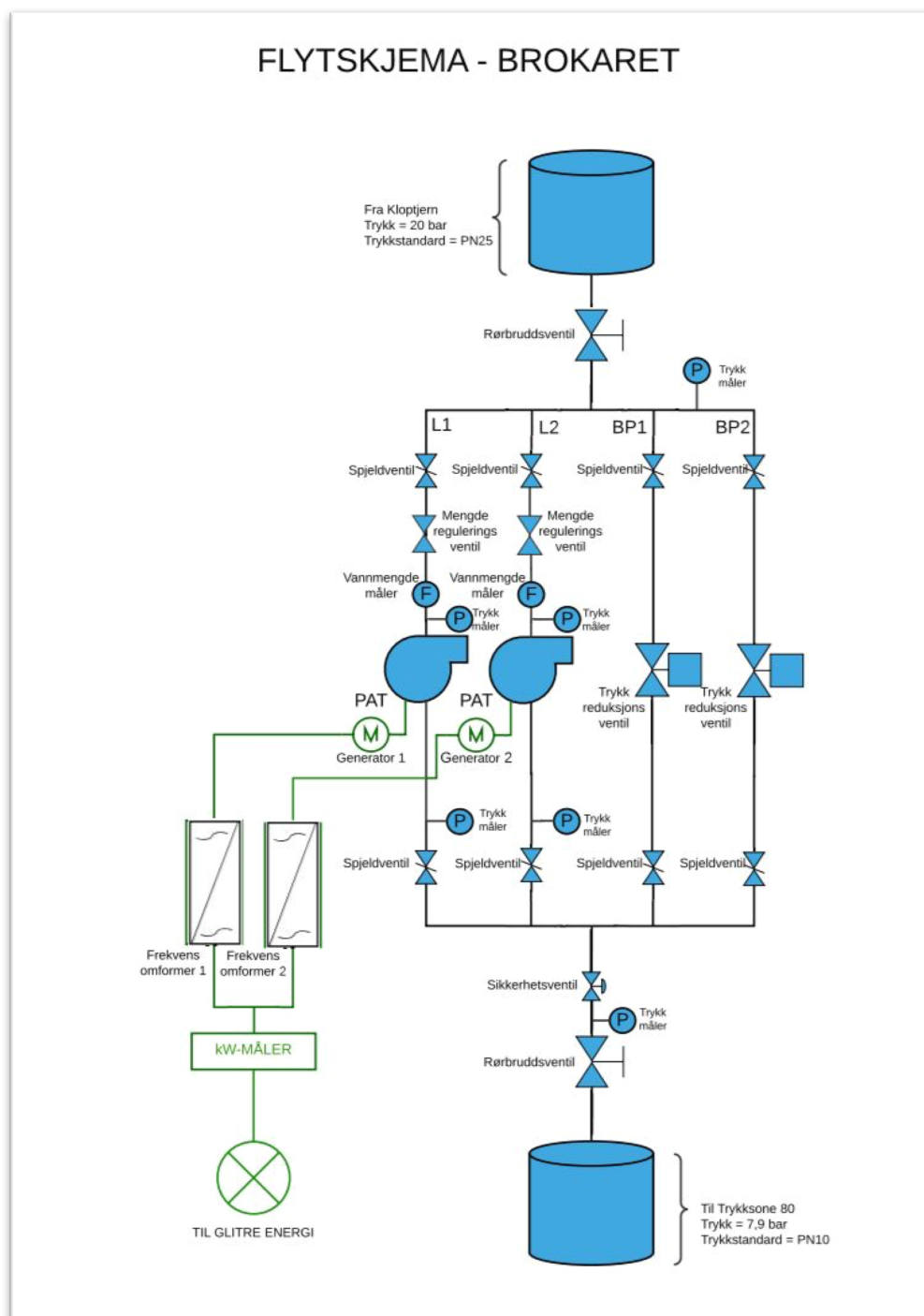
Rørbrudds ventiler står hensiktsmessig montert i anlegget, også for den nye løsningen.

Både sikkerhets- og rørbrudds ventiler er vist på flytskjema, hensikten er å illustrere helhet.

Påfølgende sider viser flytskjema for fysisk design, og illustrasjon som viser mulig oppsett for overføring av produsert kraft. (oppsettet er produsert av Tormod Kverndalen hos Malthe Winje AS)

Campus Vestfold

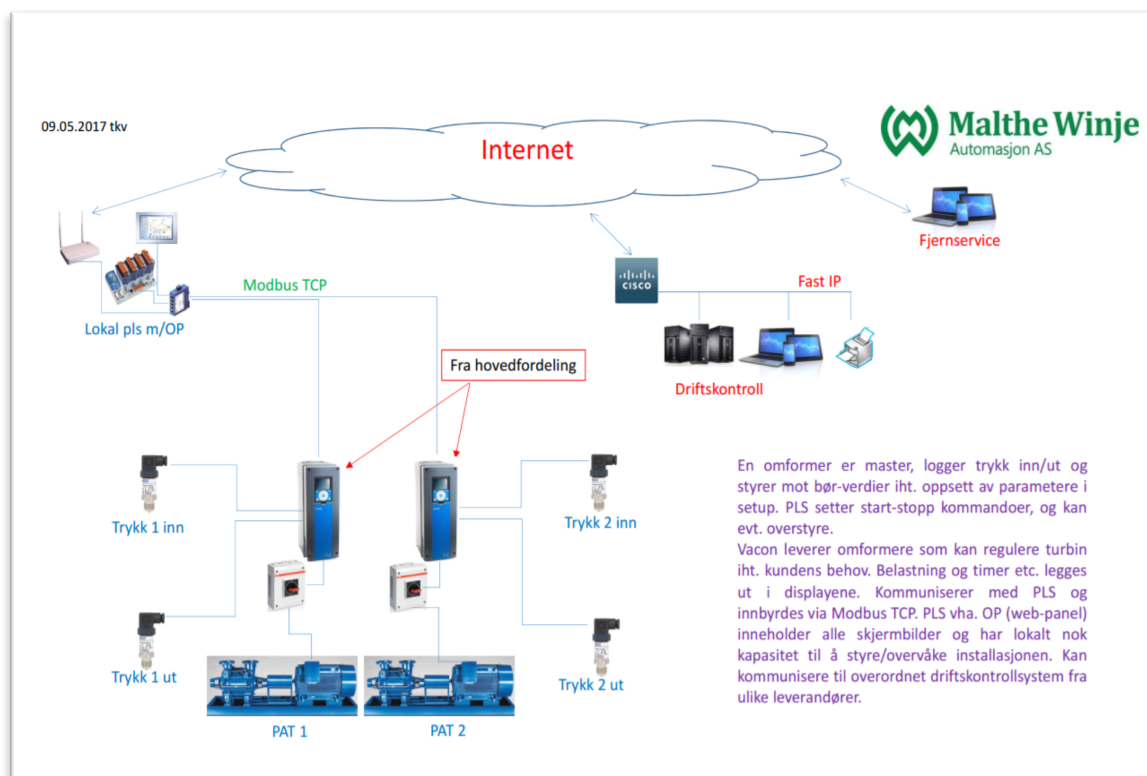
Flytskjema



Figur 21: Flytskjema, forslag til fysisk løsning

Campus Vestfold

Oppsett for kraftoverføring



Figur 22: Forslag til oppsett for overføring av produsert kraft. (Kverndalen)

Campus Vestfold

8. Beregninger

Vannverket har satt som krav til løsningen at vannets hastighet gjennom anlegget ikke må overstige 5 m/s.

Trykkstøt må ikke forekomme.

Prosjektet fører til endringer i rørdimensjonene. Døgnvariasjoner i vannmengdene gjennom anlegget må forventes og tas hensyn til.

Formler

Tabell over symbolene ligger i vedlegget

1. Volum- og massestrøm gjennom flate-element:

$$Q = S_a v_a = S_b v_b$$

2. Bernoullis likning:

$$B = p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z$$

Bernoulli konstanten uttrykker en konstant størrelse langs en strømlinje. Utledet for stasjonær, friksjonsfri strøm, men gir i praksis også god tilnærmelse til kvasi-stasjonær og turbulent strøm.

3. Reynolds tall

$$Re = \frac{\bar{U} d}{\nu} = \frac{4Q}{\pi \nu d}$$

Reynolds tall karakteriserer strømningstilstander. Det har vist seg at dersom verdien er mindre enn 2000, er strømningene laminære. Ved $Re > 2000$ vil turbulent strøm utvikles. Ved Reynolds tall høyere enn 10^5 har man fullt utviklet turbulens.

Trykkendring

Beregning av trykkendring ved innsnevring foran PAT

Formel 1

Rørdimensjon A = 400mm / Rørdimensjon B = 150mm

Trykk A = 20 bar

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$z = 0$

Campus Vestfold

Trykk B = 19,97 bar

Viser at endring av rørdimensjon i aktuelt anlegg, under de gjeldende arbeidsforhold, gir minimalt utslag på trykket. Endringen neglisjeres i følgende beregninger.

Vannhastighet

Tilkobling til PAT

Formel 2

Dimensjon A = 400mm /dimensjon B = 150mm

Q = 40 l/s

Hastighetene $v_A = 0,31 \text{ m/s}$ og $v_B = 2,26 \text{ m/s}$

Etter PAT

Formel 2

Rørdimensjon = 125 mm

Hastigheten $v = 3,25 \text{ m/s}$

By-pass

Formel 2

Forutsetter belastning 90 l/s (gjennomsnitt, dagtid)

Rørdimensjon = 300 mm

Hastigheten = $1,27 \text{ m/s}$

Størst mulige belastning av by-pass

Formel 2

Maksimal hastighet $v = 5 \text{ m/s}$

Rør dimensjon = 300 mm

$Q_{\text{max/By-pass}} = 353 \text{ l/s}$

Vannhastigheten gjennom de endrede dimensjonene i anlegget er godt innenfor kravet om maksimum 5 m/s.

Strømningstilstand

$Re_{\text{krit}} = 2000$

Tilkobling til PAT

Formel 3

Campus Vestfold

Vannmengde = 40 l/s

Rørdimensjon = 150 mm

Kinematisk viskositet, vann = $1.514 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$Re = 224,26 < Re_{krit}$ (laminær strøm)

Etter PAT

Formel 3

Vannmengde = 40 l/s

Rørdimensjon = 125 mm

Kinematisk viskositet, vann $5^\circ = 1.514 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$Re = 269,11 < Re_{krit}$ (laminær strøm)

By-pass

Formel 3

Forutsetter belastning 90 l/s (gjennomsnitt, dagtid)

Rørdimensjon = 125 mm

Kinematisk viskositet, vann $5^\circ = 1.514 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$Re = 252,29 < Re_{krit}$ (laminær strøm)

Største tillatte belastning av by-pass

Formel 3

$Q_{\max/\text{By-pass}}$ beregnet til 353 l/s

Rørdimensjon = 300 mm

Kinematisk viskositet, vann $5^\circ = 1.514 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$Re = 989,55 < Re_{krit}$ (laminær strøm)

Beregningene viser gjennomgående laminære strømningsforhold.

Campus Vestfold

9. OPPSUMMERING

Anlegget har generelt sett gunstig plassering i forhold til infrastruktur. Kostnadsoverslaget er ikke iberegnet demontering og bort kjøring av gammelt utstyr. Det er heller ikke beregnet utgifter i forbindelse med kostnader til ny kabel, da det antas at det allerede er godkjent kabel fra anlegget til trafostasjonen. Planlegging av prosjektet og eventuelle analyser eller arbeid med søknader i forkant av prosjektet er ikke med i beregningen. Overslaget omfatter ikke kostnader i forbindelse med Bacheloroppgaven eller aktiviteter knyttet til denne.

Beregnete utgifter:

Alle komponenter er beskrevet med merke og funksjon i rapportens del, endelig design.

Kostnadsoverslag prosjekt Brokaret

Ventiler og målere

Vare	Antall	Ca, Pris i Kr:
Reguleringsventil	2	250 000
Reguleringsventil	2	60 000
Sluseventil	8	18 000
Flow måler	2	
Pressure transmittor	6	20 000
Evt tillegg		
Totalt	18	784000

PAT- installasjon

Vare	Antall	Ca, Pris i Kr
Pumpe	2	652 750
Generator (motor)	2	0
Frekvensomformer	2	
Generatorvern	Inkl. programmering	2
Evt tillegg		150 000
Totalt		1455500

Campus Vestfold

Valuta kurs (28.05.17) 1€ tilsvarer 9,45 NOK
Antar middelerdi, 350 € pr/ kW

Frekvensomformer Innkjøpspris: 300-400 € pr/ kW

Ant kap pr PAT 35kW	115762,5
2 stk.	
Totalt	231525

Materiell & utstyr

Styring	Antatt pris i KR	
PLS/ styreskap		
Kabler, føringsveier	100 000	
Rør & flenser	100 000	Inkl. montering
Totalt	200000	

Lønn innleid

personell	Pris pr time	Timer
Elektriker	850	80
Lærling	400	80
Programmering osv.	0	
Totalt	100000	160

Gir en oversikt per avdeling:

Oversikt	Kostnad
Elektrisk utstyr	481 525
Vannteknisk utstyr	2189500
Lønn / montering	100000
Tillegg, div	
Totalt:	2771025

Utstyr og montering kan komme på ca: 2771025 NOK.

Dette er ikke iberegnet demontering av eksisterende utstyr, eventuelle tillegg pga frakt eller andre kostnader som ikke er spesifisert som en del av prosjektet.

Campus Vestfold

Prosjektkostnader for å skifte komponentene på de to linjene der de eksisterende trykkreguleringsventilene er montert, ville blitt:

Trykkregulering: Erhard RKV nåleventil, kr: 250 000; * 2 stk = 500 000 NOK.

+ sluseventil: kr: 18 000; * 4 stk = 72 000 Nok.

Tilsvaret kr: 572 000; NOK, uten arbeid.

Produksjons kapasitet i anlegget: Målingene og beregningene som er benyttet er beskrevet i rapportens del om utredning.

Antatt produksjonskapasitet pr PAT tilsvaret cirka 35 kW.

Minste forventede årlige inntjening fra strømproduksjon tilsvaret kr: 82 782; NOK for anlegget.

Konklusjon av beregningene:

Anlegget vil føre til store kostnader i forhold til inntjeningsmulighetene hvis målet er ren økonomisk fortjeneste. Prosjektet har ikke som hovedmål å tjene penger, men å vurdere muligheten for utskifting av gamle komponenter med energibesparende teknologi. Sett i sammenheng med kostnadene for å kun bytte reduksjonsventilene med nye, vil gruppen anbefale gjennomføring av prosjektet. På grunn av kostnadenes omfang i forhold til inntjeningsmulighetene anbefales bedriften å søke støtte til prosjektet fra Enova.

Utdrag fra søknadskriterier og mulig støtte, ligger under utdrag fra Enova.

Campus Vestfold

Diskusjon

For de fleste kraftprodusenter er høy virkningsgrad hovedpoenget, noe som antagelig er årsaken til at turbiner er mest utbredt. I dette prosjektet er ikke virkningsgrad hovedprioritet, men mulighet for regulerbart og stabilt trykk ut. Standard turbiner ble raskt utelukket fra vurderingen fordi de i hovedsak utnytter så mye som mulig av energien i vannet før det får flyte videre. I Glitrevannverkets rørsystem kreves trykk ut.

Det må nevnes at gruppen senere kom i kontakt med en turbinprodusent i Østerrike som klarer å produsere en Francis turbin som kan levere regulerbart trykk ut. Det ble gitt innsyn i dokumentasjon og tillatelse til å bruke innhold herfra i prosjektrapporten, problemet med dette er at det meste av materialet er skrevet på teknisk tysk.

Så hva med Francis turbinen fra Gugler? Er det mulig å benytte en slik turbin, siden denne kan levere trykk ut av systemet? Ja, sannsynligvis. Kanskje ville dette økt produksjonskapasiteten med et par prosent siden turbiner har høyere virkningsgrad en PAT installasjoner. Vi antar at økningen i produksjonskapasitet ville vært forholdsvis liten i forhold til økningen i pris. Denne antagelsen gjør vi på bakgrunn av at turbinen ikke vil kunne utnytte like mye av den potensielle energien i dette tilfellet som ved vanlig drift.

Hvor stor er prisforskjellen på denne typen turbin og PAT installasjonen fra KSB, vi har satt som foreslått løsning? En vanlig turbin er mange prisklasser høyere enn en pumpe. En spesialdesignet turbin kan antas å være enda dyrere ved innkjøp. Vi forventer en prisforskjell på mange hundretusen kroner, kanskje i millionklassen. En slik prisøkning på utstyr ville ført til lenger nedbetalingstid for utstyret. Med tanke på at turbiner har lavere forventet levetid eller trenger mer vedlikehold enn en pumpe styrker valget av pumpe i stedet for turbin. Allikevel bør ikke Glitrevannverket utelukke turbin fra vurderingen før de har fått konkret kostnadsoverslag fra Gugler.

Når det kommer til kraftproduksjon i vannveiene, har utfordringer som manglende lønnsomhet og dårlig virkningsgrad vært faktorer som har ført til tilbakeholdenhet og skepsis. Det er rimelig å tenke at dette er grunn for at utnyttelse av slike ressurser i denne skala ikke har vært gjort i utstrakt grad. Imidlertid har den teknologiske utviklingen innenfor pumpe- og turbinteorien gjort fremskritt som bør bidra til å snu denne tendensen. Virkningsgraden har blitt vesentlig bedre, produktene har blitt mer fleksible og mindre kostbare. Forhåpentligvis vil dette medføre økt vilje i bransjen, til å vurdere anleggene sine på nytt og igangsette lignende prosjekter.

Hvis økonomisk gevinst er drivkraft, er nok ikke denne type kraftproduksjon veien å gå. Men når produksjon av ren energi, energi effektivitet og ansvarlig ressursforvaltning blir

Campus Vestfold

like viktig som inntekter, er det totale potensialet enormt. Vannledningsnettet er vår største infrastruktur, og det utgjør en svært stabil plattform.

Uavhengig av noe som helst annet, skal kvalitetsmessig godt nok drikkevann leveres til enhver tid. Energipotensialet her er udiskuterbart og det bør utnyttes.

Gevinsten med prøveprosjekter er alltid erfaring. Det er viktig for utviklingen i fagfeltet at noen kan, og velger, å gå foran. Resultater som holder seg innenfor hypotese og målsetting er ingen selvfølge, men det er mye å lære av prosessene selv om utfallet ikke er tilfredsstillende.

Gjennom prosjektperioden har gruppa tilegnet seg kunnskap og erfaringer innenfor et spennende fagfelt. Sett i lys av behovet for energieffektivisering er temaet av stor relevans og betydning. Utbyttet er å anse som svært verdifullt for gruppemedlemmene, i sammenheng med personlig interesse så vel som ønsket om å arbeide innen vann- miljø og energirelaterte bransjer.

Campus Vestfold

Konklusjon

Prosjektarbeidet viser at kraftproduksjon i Glitrevannverkets ledningsnett er mulig og hensiktsmessig. Valg av kraftproduserende enhet har stor innvirkning på prosjektet, både på grunn av kravet om regulerbart trykk ut av systemet og på grunn av pris. Resultatene peker på samsvar mellom teori og praksis.

Oppdragsgivers planer om realisering er en positiv tilbakemelding for studentene. Det viser at arbeidet har hatt en funksjon og at bacheloroppgaven har yrkesrettet forankring og reelt potensiale. Overføringsverdien har vært fremholdt som noe av det viktigste for Glitrevannverket. De ønsker å bruke lærdommen fra prosjektet til å gjøre lignende grep i andre anlegg med energipotensiale. For å nå målet om energinøytralitet, må de installere flere slike anlegg i vannledningsnettet sitt. Hvor mange de må installere kommer an på potensialet og produksjonskapasiteten i anleggene som eventuelt blir bygget om til å drive kombinert produksjon.

En annen faktor som vil ha innvirkning er hvorvidt Glitrevannverket kan benytte kraften de produserer i de forskjellige anleggene selv eller om den må selges ut på nettet. Dette vil ikke bety noe for energinøytraliteten, altså forholdet mellom produksjon og forbruk av kraft, men det vil kunne redusere kostnadene en del. Hvis de kan benytte kraften selv unngår de kostnader i til nettleie og eventuelt i forbindelse med nedlegging av ny kabel til trafo. Bedriften vil også spare mer fordi det koster mer å kjøpe strøm enn det er mulig å tjene på salg av strøm.

Målsettingen i forbindelse med bacheloroppgaven er i hovedsak oppnådd. Gjennom arbeidet har studentene fått bedre forståelse for kraftproduksjon og verdifull innsikt i vannbransjen. Prosjektet har gitt en nyttig introduksjon til arbeidslivet.

Campus Vestfold

Anerkjennelser

Vi må først få takke Glitrevannverket IKS. Spesielt nevnes Per Ringnes, Harald Bernhardsen og Ole Fjæstad. For engasjementet i prosjektet, imøtekommenhet, særdeles inkluderende samarbeid og inspirerende tilbakemeldinger. Takk for veiledning og støtte, og for tilliten. Det har vært en stor glede å samarbeide med dere.

Trond Lund og Kjell Martin Flø fra KSB takkes for raske og konkrete tilbakemeldinger vedrørende PAT-installasjonene. Den seriøsiteten de møtte oss med i forbindelse med oppgaven har blitt utslagsgivende for resultatet vi kunne produsere.

Takk til Lars-Erik Berger fra Oslovannverket for hyggelig omvisning i deres anlegg, mye nyttig informasjon og bidrag til teknisk innsikt.

Reidar Berntsen fra Vakon takkes for bidrag med forklaringer innen elektro og videre referanse til Tormod Kverndalen.

En stor takk rettes til Tormod Kverndalen, fagsjef VA hos Malthe Winje AS, for motivasjon og støtte på faglig, teknisk og rådgivende plan i tilknytning til både vann- og elektro delen av oppgaven. Denne informasjonen har vært vanskelig å spore opp via vanlige kanaler og har bidratt til at gruppen kan levere en grundig utredning og detaljrik rapport.

Olav Stensli, avdelingsleder hos netteier, Glitre energi nett takkes for imøtekommenhet og kommunikasjon i forbindelse med spørsmål til netteier. Dette gjelder mulighet for tilknytting til deres nett via trafo-stasjon, fremgangsmåte og fagterminologi samt hvilken type kostnader som må beregnes for en eventuell ny kabeltilknytning mellom anlegget og trafoen.

Geir Andersen, hos Glitre energi strøm AS, for informasjon tilknyttet kjøp/salg av strøm.

Petter Foss, hos Sigum Fagerberg AS, for informasjon i forbindelse med ventiler og priser tilknyttet disse.

Michael Paminger, sales manager hos Gugler (turbinprodusent i Nederland), for informasjon og dokumenter tilknyttet forskjellige PAT-anlegg og henvisning til alternativ løsning med turbin.

En stor takk rettes til Rune Sørensen for bistand på IT, grafisk redigering og generell hjelp og støtte.

Det rettes spesielt stor takk til vår veileder Helge Herheim, som med stor ro og innsikt har vist oss i riktig retning gjennom utfordringene underveis.

Campus Vestfold

10. Nomenklaturliste

Asynkron generator: Virker etter samme prinsipp som en asynkron motor. Elektriske felt og polariteten til disse, overfører rotasjon mellom rotoren og statoren via magnetisme. I senter av konstruksjonen sitter rotoren. Denne er koblet til akslingen som overfører rotasjonsenergien fra turbinen til generatoren. Utenfor rotoren sitter statoren som består av flere langsgående magnetiske stenger med viklinger. Disse er koblet slik at magnetfeltet roterer rundt rotoren. Når motoren/generatoren har synkron frekvens med nettet skjer ingenting, men hvis turtallet til generatoren øker vil den levere strøm til nettet. Produserer på maks kapasitet ved cirka 10% økning i turtall.

Bar: Måleenhet for trykk. 1 bar tilsvarer 1 kg trykk pr cm^2 , 10 mVs eller 10^5 Pascal.

Bend: Bøyd rørelement, for svinger i rørgate. Disse kommer i mange varianter, men 90 grader er blant de vanligste.

Bypass: Frittstående og uavhengig rørstrekk, benyttes som sikkerhet for å kunne garantere at det alltid vil være mulig å slippe en tilstrekkelig mengde vann med nok trykk gjennom systemet.

Differansetrykk: Trykkforskjellen mellom høytrykk- og lavtrykk siden av en komponent. Denne differansen benyttes blant annet til å bestemme hvilken pumpetype og modell som er egnet.

Difgen: Er en volumetrisk turbin, det vil si at for hver omdreining akselen utfører passerer en gitt mengde væske. Denne fungerer som en slags kombinasjon av en trykk-reduksjonsventil og en turbin. Navnet er en forkortelse for differanse trykk- generator.

Driftskontroll: System som overvåker input fra alle sub-systemer og komponenter i hele anlegget. Alle målestasjonene og anleggene til Glitrevannverket sender signaler og kommuniserer via internett med en plattform der all data overvåkes og loggføres.

Elektrisk aktuator: Er en elektrisk styreenhet med motor, som kontrollerer og posisjonerer åpne/lukke mekanismen i en ventil og kan operere i et bredt spekter av trykk og flow. Aktuatorens kommuniserer med PLS'en som styrer resten av systemet, men er utstyrt med egen integrert styringsenhet og kan programmeres til å gjøre en bestemt handling ved en gitt parameter. Alle handlinger og reguleringer som skjer i ventilen lagres i systemet til aktuatoren. Det er mulig å overstyre forhåndsprogrammerte handlinger og den elektriske motoren ved behov. Dette kan gjøres ved hjelp av et manuelt ratt som er montert på aktuatoren.

Campus Vestfold

Elsertifikat: Avtale gjort mellom Norge og Sverige som skal fremme fornybar kraftproduksjon. Avtalen kan gis til kraftprodusenter av fornybar kraft som startet produksjon etter 2009 eller som settes i drift innen 2021. Ett sertifikat tildeles per produserte MW, og varer i 15 år. Disse sertifikatene kan selges videre og bidrar til fortjeneste over lang tid pga varigheten på 15 år.

Energinøytral: Genererer like mye eller mer energi enn forbruket.

Flow: Gjennomstrømningsmengde, beskriver mengden vann som passerer et hvilket som helst gitt tverrsnitts punkt i rørsystemet. Det er vanlig å oppgi flow i liter per sekund (l/s) eller kubikkmeter per time (m^3/h), mindre vanlig er kubikkmeter per sekund (m^3/s).

Forgreining: Splitting av rørgate til flere linjer. Det finnes mange varianter, blant de mest benyttede er T-kopling og Y-kopling, som splitter en gren til to grener. De to nevnt her får navn etter fasongen, da de ligner på bokstavene T og Y.

Frekvens: Måles i Hertz (Hz) og er den hastigheten som polariteten i strømmettet skifter mellom pluss og minus. I Norge har nettet 50 Hz, det vil si at polariteten skifter 50 ganger per sekund. Bevegelsen følger en sinuskurve, der polariteten skifter hver gang kurven krysser en tenkt linje gjennom Origo i sirkelen. Dette refereres også til som en fase.

Generator: Enhet som omgjør mekanisk energi fra rotasjon til elektrisk energi. Rotoren skaper magnetisk fluks når den passerer polariserte punkter i statoren, den induerte spenningen som oppstår kan benyttes i anlegget eller leveres til strømmettet.

Head: Høydeforskjellen i meter fra inntaket på røret til der turbinen skal monteres. Dette fallet skaper trykk i vannet og tilsvarer differansen mellom trykket inn til, og ut av systemet. Denne betegnelsen benyttes også i beregning av turbintyper.

Høydebasseng: Vannreservoar som befinner seg i høyere terreng enn områdene det skal forsyne.

IKS: Interkommunalt selskap. Eierkommunene går sammen om drift og ansvarsområder for å kvalitetssikre tjenesteleveranser. Representanter fra eierkommunene danner styre, ofte også noen fra selskapet. Driftes som privat selskap.

Kapillarkrefter: «sugekraft» som påvirker væske der det ikke kan komme luft til.

Kilowatt: Enhet for effekt. Brukes til å beskrive utført arbeid eller kapasitet. 1 kW tilsvarer 1000 Joule per sekund.

Campus Vestfold

Kilowatt-time: Måleenhet for elektrisk energi. Brukes til å beskrive mengden arbeid som har blitt utført i løpet av 1 time. Det er denne verdien som leses av på strømmåleren, og benyttes til å beregne inntjeningsmulighetene i prosjektet. Enhet: kWh.

Kinematisk viskositet: er forholdet mellom viskositet og tetthet i en væske. Benyttes også om motstandsdyktighet mot at lagene i en væske eller gass forskyves mot hverandre (skjærspenning). Defineres som forholdet mellom skjærspenning og hastighetsendring per lengdeenhet. Måles i millipascal * sekund, i væsker.

Kote: Angir nivåhøyde over havet, oppgis i meter.

Kvasi-stasjonær strømning: brukes om sakteflytende eller såkalt krypende strømning. Teoretisk benyttes uttrykket som en måte å beregne eller beskrive en prosess som ikke gir tilstandforandring med tid.

Laminær strøm: Væskepartiklene beveger seg i et rolig tempo og er lett forutsigbare. Denne typen strømning er ikke skadelig for rør og utstyr.

Last: Beskrivelse av gjennomstrømningsmengde (flow) i forhold til kapasitet. Full-last betyr at turbinen drives av største tillatte/beregnete mengde gjennom systemet.

Mengdereduksjonsventil: Ventil som bremser og begrenser mengden vann som strømmer gjennom. Her benyttes en type spjeldventil (Erhard Roco wave).

Multitec ring-section pumpe: Pumpe som består av flere impellere. Denne typen benyttes der en vanlig pumpe med en impeller ikke er tilstrekkelig på grunn av høyt trykk fra fall (Head) eller stort differansetrykk i pumpa.

mVs: meter Vannsøyle. Brukes om trykket i vannet. 10 mVs tilsvarer 1 bar trykkendring.

Nord Pool: Den Europeiske kraftbørsen. All krafthandel i Europa er tilknyttet denne på grunn av handelen mellom landene. Prisen pr kW følger prisene her, og disse endres kontinuerlig på lik linje med aksjer på børsen.

Nåleventil: Reduksjonsventil med god presisjon. Utformingen i denne gjør at man kan kontrollere gjennomstrømningen og trykket som passerer med stor nøyaktighet. Åpner og stenger ved konisk pasning. (Her benyttes Erhard RKV).

PAT: Pump As Turbine. Kraftproduserende enhet som består av pumpe hus og impellere. Dette er en pumpe der vannet blir ført inn i motsatt retning. Det vil si at vannet strømmer inn på utløps siden, overfører rotasjon til impelleren og spyles ut på sugesiden. Dette gjør at den får samme funksjon som en turbin.

Campus Vestfold

PLS: Programmerbar Logisk Styring. Fungerer som et helautomatisk kontroll- og kommunikasjons senter. Alle elektriske enheter som for eksempel målere, ventiler, motorer, pumper og generatorer sender og mottar signaler til og fra PLS'en.

Pressure transmittor: Trykkmåler som måler trykket i et gitt punkt i systemet og kommuniserer med PLS'en for å overvåke systemet.

Reservevann: Vannforsyningslinjer som ved omstrukturering av vannveien (åpning og stenging av strategiske ventiler) kan dirigeres dit det oppstår behov.

RoCof: Rate of Change of frequency. Beregnes ved hjelp av (df/dt) variasjonen i frekvens delt på tiden. Til dette benyttes et relé og fungerer som beskyttelse mot situasjoner med for høy eller lav frekvens, som kan føre til faseforskyvning/ skade utstyret. For installasjoner som skal kobles opp mot strømmettet i Norge benyttes verdien (4 Hz/s) 4 Hz per sekund som den grenseverdien der systemet kutter.

Selvfall: Vann i rør som transporteres kun ved hjelp av gravitasjon.

Senterlinje: Linje for konstruksjon, gjennom senter av objekt.

Spjeldventil: Ventil for åpning og stenging av rør. Opererer ved bevegelse i spjeld.

Subsystem: En liten del av systemet. For eksempel er trykkmålerne og kommunikasjonen mellom disse og PLS'en et subsystem i anlegget.

Trafo-stasjon: Tiknytnings og fordelingspunkt av strøm. Disse eies av det lokale nettselskapet, og befinner seg på strategiske steder fordelt rundt om i nærheten av blant annet boligområder. Hovedfunksjonen i en trafo er å transformere spenningen opp eller ned til hensiktsmessig styrke. Elektrisitet som skal fraktes over lange strekninger drives av høy spenning (Volt) fordi dette gir mindre tap. Når spenningen øker senkes Amperen respektivt, ifølge Ohms lov. Normal spenning i et bolighus kalles 230 V, men dette er fordi det er gjennomsnittet av hva som kan forventes eller aksepteres. I følge forskriftene skal den være mellom 220-240 V.

Trykkmåler: Måler trykket på et gitt punkt, også beskrevet som pressure transmittor.

Trykk-reduksjonsventil: Ventil som struper inn og reduserer trykket i vannet som strømmer igjennom. Her benyttes en type nåleventil (Erhard RKV).

Trykksone 80: Sone i vannforsyningen sentralt i lavereliggende strøk i Drammensområdet. Trykket her er: 7,9 bar som tilsvarer 79 meter vannsøyle.

Turbin: Kraftproduserende enhet som består av hus og løpehjul, også kalt skovlhjul. Når vannet strømmer gjennom turbinhuset fører dette til at skovlhjulet roterer og

Campus Vestfold

bevegelsesenergien i vannet overføres til en generator og omdannes til mekanisk energi på grunn av rotasjonen.

Turbulent strøm: Væskepartiklene beveger seg ukontrollert og tilfeldig. Denne typen strømning er uønsket fordi det kan føre til skade på rør og utstyr.

VA: Forkortelse og faguttrykk for Vann og Avløpsbransjen.

Vannbehandling: Samlebegrep for desinfeksjonsprosess i drikkevannsproduksjon.

Vannledningsnettet: Samlebegrep for infrastrukturen i rørsystemet.

Virkningsgrad: Angis som desimaltall eller prosent og beskriver effekten til en komponent.

Campus Vestfold


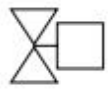







Symboloversikt

Flytskjema

Oversikten viser symboler brukt i «Flytskjema – Brokaret»

Det er ikke utarbeidet egen symboloversikt for «Systemoversikt 2»

Det er brukt identiske symboler og oversikten under benyttes for begge.

SYMBOL	BESKRIVELSE	ANTALL
	PAT – Pump As Turbine KSB - Multitec	2
	Trykkreduksjonsventil	2
	Mengdereguleringsventil	2
	Spjeldventil	8
	Gjennomstrømningsmåler	2
	Trykkindikator	6
Utenfor aktuelt område for prosjektet:		
	Sikkerhetsventil <i>Illustrerer ivaretatt sikkerhet i flytskjema, det står to stk i anlegget.</i>	1
	Rørbrudds ventil	2
	Vann inn Vann ut	

Campus Vestfold

Beregninger

Oversikten viser betydning og måleenhet for symboler brukt i «Beregninger».

SYMBOL	BESKRIVELSE	ENHET
B	Bernoullis konstant	
P	Trykk	Pascal, bar, mVs
ρ	Massetetthet	kg/m ³
G	Gravitasjon	m/s ²
Z	Nivåhøyde	M
Q	Vannmengde	m ³ /s
S	Tversnittsareal	m ²
V	Hastighet	m/s
Re	Reynolds tall	
\bar{U}	Middelstrøm	m/s
D	Diameter	m
Π	Pi	
Y	kinematisk viskositet	m ² /s

Campus Vestfold

11. Litteraturliste

- Budris, A.R. (2011, 19. 02.). Pumps as turbines in the water industry. *Waterworld*. Hentet fra nettsted for vannbransjen <http://www.waterworld.com/articles/print/volume-27/issue-2/departments/pump-tips-techniques/case-history-pumps-as-turbines-in-the-water-industry.html>
- Elbatran, A.H., Walid, A.H.M., Yaakob, O.B., Ahmed, Y.M., Arif, M.I. (2015). Hydro power and turbines systems reviews. *Jurnal teknologi*, 83-90. eISSN 2180-3722. Hentet fra https://www.researchgate.net/publication/277307265_Hydro_Power_and_Turbine_Systems_Reviews
- Glitre. Foto: Per Fjordvang. [Bilde] (2015) Hentet fra <http://www.glitre.no/om-vann/>
- Glitrevannverket (2017, 02.02). Vannkvalitet. Hentet fra <http://www.glitre.no/om-vann/vannkvalitet/>
- Glitrevannverket (2017, 15.01). Anleggene. Hentet fra <http://www.glitre.no/om-glitrevannverket/anleggene/>
- Glitrevannverket (2017, 15.01). Vannforsyning. Hentet fra <http://www.glitre.no/om-vann/vannforsyning/>
- Heggstad, R., & Lundby, L. (2010). Vannkraftmaskin. *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/vannkraftmaskin>
- Knudsen. (2008, 24.08.). Nyttige nettsider for studenter. *Tek.no*. Hentet fra https://www.tek.no/artikler/nyttige_nettsider_for_studenter/81464
- Landfall1. [Bilde] (2015) Hentet fra <http://www.glitre.no/om-glitrevannverket/anleggene/>
- Raja, A.K., Srivastava A.P., Dwivedi M. (2006). *Power Plant Engineering*. Hentet fra <http://ezproxy1.usn.no:2087/lib/ucsn/reader.action?docID=10323349&ppg=364>
- Regnskap og revisjon, avskrivinger. (2017). *Registerenheten i Brønnøysund*. Hentet fra <https://www.altinn.no/no/Starte-og-drive-bedrift/Drive/Regnskap-og-revisjon/Hva-er-bokforingsplikt/Aktivering-eller-kostnadsforing/Avskrivinger/>
- Regnskapsloven. (1977). *Lov om årsregnskap m.v.* Hentet fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1998-07-17-56/KAPITTEL_5-1#§5-3
- Skjølsvik & Voldsund. (2016). *Forretningsforståelse*. Oslo: Cappelen Damm.
- Tester, J.W., Drake, E.M., Driscoll, M.I., Golay, M.W. & Peters, W.A. (2012). *Sustainable Energy: Choosing among options*. Cambridge: MIT Press. Hentet fra <http://ezproxy1.usn.no:2087/lib/ucsn/reader.action?docID=10608196>
- Thorsnes, G. (2017) Glitre. *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/Glitre>
- Vannhjul. (2009). *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/vannhjul>
- Vannkraft, teknologi. (2016). *Fornybar.no*. Hentet fra <http://www.fornybar.no/vannkraft/teknologi#top>
- Vasanthakumar, P., Arulmurugu, A., Vinot, K.R., Gowtham, K.R., Kumaresan, S. & Prasath, V. (2014). Investigation of sentrifugal pump as turbine: a review report.

Campus Vestfold

International journal of Engineering Research & technology, 2287-2292. ISSN 2278-0181. Hentet fra <http://www.ijert.org/view-pdf/7683/investigation-of-centrifugal-pump-as-turbine--a-review-report>

Ødegaard, H. (Red.) (2012) *Vann- og avløpsteknikk*. Oslo: Idetrykk/Norsk Vann.

Øgaard, E. (2006, dato mangler). Francis-turbin. Hentet fra nettsted for vannbransjen <http://www.vasskrafta.no/turbinar/francis-turbin-article214-479.html>

Øgaard, E. (2006, dato mangler). Kaplan-turbin. Hentet fra nettsted for vannbransjen <http://www.vasskrafta.no/turbinar/kaplan-turbin-article216-479.html>

Øgaard, E. (2006, dato mangler). Pelton-turbin. Hentet fra nettsted for vannbransjen <http://www.vasskrafta.no/turbinar/pelton-turbin-article215-479.html>

Åndsverkloven. (1965). *Lov om opphavsrett til åndsverk m.v.* Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1961-05-12-2>

Campus Vestfold

12. VEDLEGG

Avtaler

PROSJEKTET: KGB-2017-01: ENERGINØYTRALT
DRIKKEVANN

AVTALE OM KONFIDENSIALITET OG EIENDOMSRETT

Denne avtalen gjelder mellom

Oppdragsgiver: Glitrevannverket IKS

og

Studentene: Marianne Strandeng og Lene Sandven

1. Taushetsplikt

Studentene gis tilgang til informasjon som av sikkerhetsmessige hensyn bes tilbakeholdt fra allmennheten. Dette gjelder blant annet beliggenhet av enkelte anlegg.

Studentene får også tilgang til utredning gjort av eksternt selskap. Det bes om at denne ikke offentliggjøres, men det gis tillatelse til å referere til enkelte deler av innholdet.

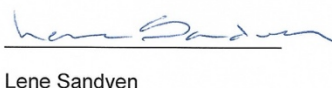
2. Eiendomsrett

Oppdragsgiver gis full eiendomsrett til besvarelsens spesifikasjoner og resultat.

S.S. 17



For Glitrevannverket IKS


Marianne Strandeng
Lene Sandven

Campus Vestfold

Bachelorgruppe: KBG-2017-01

Lene Sandven Thomas og Marianne Strandeng

Gruppireglene er utarbeidet etter retningslinjer i PRH-3.0 (Roseng, 2015)

Hovedsakelig vil vi forsøke å fordele oppgavene mellom medlemmene slik at det er mulig å jobbe mest mulig selvstendig med hver sin del av oppgaven.

Vi vil allikevel samarbeide via nett og kommunisere via Skype eller telefon daglig.

Hvis deler av oppgaven krever at medlemmene møtes eller må reise til et bestemt sted for å utføre dette, er det selvsagt å møte til avtaler. Slike avtaler gjøres i god tid i forkant.

Det oppfordres til konstruktiv kritikk og positive tilbakemeldinger.

Spørre hverandre eller studieveileder om hjelp hvis noe er uklart.

Generelt:

- Viktige avgjørelser tas i plenum. Gruppen oppfordres til å dele synspunkter og idéer. Alle har rett til å ytre sin mening, og oppdragsgiver og/eller studieveileder kan rådføres i vanskelige situasjoner eller ved uenighet.
- Gruppeleder har ansvar for mindre viktige avgjørelser, som for eksempel tidsskjemaer, planlegging og arbeidsfordeling. Hvis det oppstår uenighet rundt disse avgjørelsene skal dette tas opp til diskusjon, eventuelt rådføres med studieveileder.
- Gruppemøter/planleggingsmøter holdes ukentlig via Skype og hver tredje uke som møter.
- Framdriftsrapporter utføres ukentlig.
- Møtereferat og oppdatering av arbeidsplan etter hvert møte.
- Alle skal møte opp til avtalt tid. Eventuelt gi beskjed så tidlig som mulig i forkant, om man ikke kan komme.
- Alle skal holde avtaler i forhold til tidsfrister på arbeidsoppgaver.
- Grundig arbeid, god dokumentasjon og egne meninger er verdier som stilles høyt innad i gruppen.
- Det oppfordres til nytenking, åpenhet og frie diskusjoner.
- Være en god støttespiller.
- Nedlatende holdninger, fordommer og negativ adferd aksepteres ikke.
- Alle som har ansvar for kontakt med en ekstern samarbeidspartner, leverandør eller potensiell kunde, skal holde alle avtaler i forhold til disse, opptre høflig og vise samarbeidsvilje.
- Alle gruppemedlemmene har ansvar for at all PR er god PR. Det vil si at alle som har blitt kontaktet i forbindelse med prosjektet skal få et positivt inntrykk av gruppen, oppdragsgiver og prosjektet.
- Innsamlet data, informasjon og dokumenter lagres på felles lagringsplass, Synology DiskStation, slik at dette til enhver tid er tilgjengelig for alle. Dette benyttes også som sikkerhet mot tap av dokumenter.
- Kostnader i forbindelse med prosjektet skal deles likt mellom medlemmene.

Bacheloroppgave

Campus Vestfold

- Det er hver enkelt deltagers ansvar å føre timelister, holde orden på egne reiseutgifter og videresende denne oversikten til gruppeleder innen lørdag 13 mai for oppføring i budsjettet.
- Medlemmene forplikter seg til å minst utføre den arbeidsinnsatsen som står beskrevet i skolens krav til Bacheloroppgave, det vil si 540 timer arbeid pr deltager.
- Det er opp til hver enkelt deltager å disponere disse timene, så lenge avtalte tidsfrister holdes, utført arbeid følger skolens og oppdragsgivers krav og kan dokumenteres med timeliste.
- Ved regelbrudd eller dersom en deltager ikke melder avbud til avtalt møte, er det gruppeleders ansvar å ta opp situasjonen med den det gjelder.
- Dersom det oppstår gjentatte regelbrudd eller svik fra noen av gruppens medlemmer, vil disse kunne stå i fare for utestengelse fra gruppen. Dette kan kun skje etter at det er blitt gitt minst 1 advarsel, og i samarbeid med studieveileder.

Signatur:

Lene S. Thomas

Marianne Strandeng

Campus Vestfold

Lover og forskrifter som påvirker prosjektet:

Lover og forskrifter til elektriske installasjoner:

Forskrift om elektriske forsyningsanlegg: (FEF)

Andre del generelle bestemmelser:

§ 2-1. *Prosjektering, utførelse, drift og vedlikehold*

Elektriske anlegg skal prosjekteres, utføres, driftes og vedlikeholdes slik at de sikkert ivaretar den funksjon de er tiltenkt uten å fremby fare for liv, helse og materielle verdier.

Anlegg og utstyr skal være robust og egnet for alle påregnelige påkjenninger. Anlegg skal være fagmessig utført.

§ 2-2. *Vurdering av risiko*

Det skal gjennomføres en risikovurdering for å kartlegge risiko i og i tilknytning til det elektriske anlegget. Ved utførelsen skal risikovurderingen legges til grunn for valg av løsninger. Dette skal dokumenteres.

§ 2-3. *Grunnleggende sikkerhetskrav ved feil*

Elektriske anlegg skal være slik at sikkerheten opprettholdes ved første feil eller første feilbetjening. Alle feil skal frakoples eller rettes snarest mulig slik at sikkerheten opprettholdes

§ 2-4. *Beskyttelse mot elektrisk sjokk*

Anlegg skal være slik at det hindrer utilsiktet berøring eller farlig nærhet til spenningsatte anleggsdeler, eller være isolert slik at det er berøringssikkert.

Ved feil på anlegget skal det ikke forekomme farlige berøringsspenninger på utsatte anleggsdeler.

§ 2-5. *Beskyttelse mot termisk og mekanisk skade*

Anlegg skal være slik at det ikke kan medføre fare på grunn av høy temperatur, lysbue eller mekanisk påkjenning ved normal drift, overstrøm, feilstrømmer eller forventede klimatiske forhold.

§ 2-6. *Beskyttelse mot farlig overspenning, underspenning og jordfeil*

Anlegg skal være slik at det tåler normalt forekommende spenninger, inkludert overspenninger som normalt kan forventes.

Campus Vestfold

Overføring av høye spenninger til lavspenningsanlegg eller andre gjenstander og anlegg skal unngås.

Anlegg skal være slik at underspenninger, jordfeil eller bortfall av faser ikke medfører følgeskader så langt dette med rimelighet kan oppnås.

§ 2-11. *Overvåking og kontrollsystemer*

Anlegg skal ha nødvendig overvåking, vern, regulerings- og kontrollutstyr slik at det fungerer etter hensikten og på en sikker måte.

§ 2-12. *Advarselskilt og merking*

Anlegg skal ha advarselskilt, merking og identifikasjon slik at feilbetjening og ulykker unngås. Advarselskilt, merking og identifikasjon skal være varig, tydelig, lett synlig og med norsk tekst.

§ 2-13. *Arbeid med drift og vedlikehold av anlegg*

Anlegg skal være slik at personell trygt og rasjonelt kan utføre oppgaver tilknyttet drift og vedlikehold, ved alle forhold og på alle steder i anlegget.

Kapittel 3, Dokumentasjon

§ 3-1. *Kontroll, erklæring om samsvar og dokumentasjon*

Før nye og ombygde anlegg settes i drift, skal anlegget inspiseres og i nødvendig omfang testes for å verifisere at de oppfyller kravene i denne forskriften. Anleggene skal også funksjonsprøves i den grad det er praktisk mulig. Inspeksjon, tester og funksjonsprøver skal dokumenteres.

Enhver som er ansvarlig for prosjektering, utførelse eller endring av anlegg skal utstede en erklæring om at anlegget er i samsvar med kravene i denne forskriften. Som underlag for en slik erklæring skal det være utarbeidet en oversikt over anvendte normer, publikasjoner og spesifikasjoner og annen dokumentasjon som gjør det mulig å vurdere om anlegget er i samsvar med forskriftens krav. Det skal foreligge en detaljert beskrivelse av løsninger som er valgt for å oppfylle forskriftens krav når normer ikke er anvendt. Erklæring om samsvar skal ha vedlagt dokumentasjon av inspeksjoner, tester og funksjonsprøver i tillegg til teknisk dokumentasjon av anlegget. Erklæring om samsvar og vedlegg skal overleveres eier/driver av anlegget.

§ 3-4. *Melding av ulykker/uhell*

Eier/driver av et elektrisk anlegg skal snarest mulig melde til tilsynsmyndigheten personskader og større materielle skader som er forårsaket direkte eller indirekte av elektriske anlegg.

Campus Vestfold

Kapittel 5, Lavspenningsinstallasjoner:

§ 5-1. Virkeområde

Bestemmelsene i dette kapittel gjelder for utførelse av lavspenningsinstallasjoner med nominell spenning opp til og med 1000 V vekselspenning og 1500 V likestrømspenning.

§ 5-2. Isolasjon

Anleggets isolasjonsnivå skal være tilpasset anleggets utførelse slik at pålitelig drift sikres.

Anlegget skal ha automatisk utkopling eller feilindikasjon ved jordfeil i anlegget eller tilknyttede installasjoner. Ved jordfeil i anlegget eller tilknyttede installasjoner må jordfeilen utbedres eller utkoples snarest mulig og senest innen 4 uker.

§ 5-3. Utstyr og kabler

Utstyr og kabler skal ha elektriske, mekaniske og miljømessige egenskaper som er tilpasset bruksformålet og miljøet hvor det skal brukes. Utstyr og kabler skal være trygt plassert og forlagt.

§ 5-4. Installasjoner

Installasjoner skal være sikre for personell, allmennhet og omgivelser. Nødvendig dokumentasjon skal foreligge slik at betjening og ettersyn kan foregå på en betryggende måte.

§ 5-5. Jordingssystem

Jordingssystem skal være dimensjonert og utført slik at det ved feilsituasjoner i det elektriske anlegget ikke oppstår fare for liv, helse og materielle verdier, i eller utenfor selve anleggene.

Forskrift om elektrisk utstyr (FEU)

§ 1. Formål

Formålet med forskriften er å sikre at elektrisk utstyr ikke medfører fare og sikre en hensiktsmessig grad av elektromagnetisk kompatibilitet.

§ 4. Definisjoner

I forskriften forstås med

Campus Vestfold

- a) elektrisk utstyr: enhver artikkel eller gjenstand for produksjon, omforming, overføring, fordeling, bruk eller måling av elektrisk energi slik som bruksgjenstander, transformatorer, omformere, måleinstrumenter, vern, installasjonsmateriell, eller sammenstillinger av slike
- b) elektromagnetisk kompatibilitet (EMC): den evne et elektrisk utstyr har til å virke tilfredsstillende i sitt elektromagnetiske miljø uten å forårsake uakseptabel elektromagnetisk forstyrrelse for annet elektrisk utstyr i dette miljøet
- c) elektromagnetisk forstyrrelse: ethvert elektromagnetisk fenomen som kan redusere et elektrisk utstyrs funksjonalitet, som elektromagnetisk støy, et uønsket signal eller en endring i selve utbredelsesmediet
- d) elektromagnetisk immunitet: et elektrisk utstyrs evne til å virke som forutsatt under elektromagnetisk påvirkning
- e) harmonisert standard: en teknisk spesifikasjon utarbeidet av europeiske standardiseringsorganer på oppdrag fra Europakommisjonen. Referansene til harmoniserte standarder offentliggjøres i Den europeiske unions tidende og publiseres av nasjonale standardiseringsorganer
- f) markedsføring: Første gang et utstyr, inkludert brukt utstyr importert fra land utenfor EØS, stilles til rådighet i markedet i Norge eller annet EØS-land.

§ 5. Meldeplikt

Alvorlige hendelser med elektrisk utstyr skal meldes til Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.

Produsent, importør eller distributør som vet eller burde vite at elektrisk utstyr vedkommende har gjort tilgjengelig for bruker, utgjør en uakseptabel risiko, skal straks informere om dette i henhold til lov 11. juni 1976 nr. 79 om kontroll med produkter og forbrukertjenester (produktkontrollloven) § 6b.

§ 6. Generelle krav

Konstruksjon og produksjon av elektrisk utstyr skal være i samsvar med anerkjent teknologisk praksis, slik at utstyret ved korrekt montering, installasjon, vedlikehold og tiltenkt bruk ikke medfører fare.

Elektrisk utstyr skal, sammen med dets enkelte deler, være utført slik at det kan settes sammen og tilkoples på en korrekt og sikker måte.

Den som produserer, importerer eller markedsfører elektrisk utstyr for bruk i Norge, skal kunne fremlegge dokumentasjon som gjør det mulig å vurdere om utstyret er i samsvar med § 6 til § 10, § 11 første og tredje ledd og § 12.

§ 7. Beskyttelse mot farer som skyldes elektrisk utstyr

Det elektriske utstyret skal være konstruert og produsert slik at

Campus Vestfold

- a) det gir tilstrekkelig beskyttelse mot fare for skade som kan forårsakes av direkte eller indirekte berøring
- b) det ikke kan oppstå temperaturer, lysbuer eller strålinger som kan fremkalle fare
- c) det gir tilstrekkelig beskyttelse mot farer av ikke-elektrisk art som erfaringsmessig kan oppstå
- d) utstyrets isolasjon er tilpasset de forhold som kan forutses.

§ 8. Beskyttelse mot farer som skyldes ytre påvirkninger på elektrisk utstyr

Det elektriske utstyret skal være konstruert og produsert på en slik måte at

- a) det oppfyller de forventede mekaniske krav, slik at det ikke kan oppstå fare
- b) det kan motstå ikke-mekaniske påvirkninger som kan forutses under de miljømessige forhold utstyret forventes brukt, slik at det ikke kan oppstå fare
- c) det ikke kan medføre fare ved overbelastning og andre påregnelige feil.

§ 11. Merking

Elektrisk utstyr skal være tydelig merket med nødvendige opplysninger for sikker bruk innenfor de bruksområder det er laget for. Dersom det ikke er mulig å merke utstyret, kan opplysningene gis i en medfølgende bruksanvisning.

Opplysningene i første ledd skal være på norsk.

Elektrisk utstyr skal være tydelig merket med produsentens navn eller kjennemerke og typebetegnelse. Dersom det ikke er mulig å merke utstyret, kan opplysningene gis på emballasjen.

§ 12. Tilleggsmerking for elektrisk utstyr som kan forårsake elektromagnetisk forstyrrelse eller påvirkes av slik forstyrrelse

Elektrisk utstyr som kan forårsake elektromagnetisk forstyrrelse eller påvirkes av slik forstyrrelse i uakseptabel grad, skal i tillegg til merking etter § 11, merkes med parti eller serienummer eller annen informasjon som muliggjør identifisering. Slik merking skal foretas av produsent eller ansvarlig representant for produsenten.

Navn og adresse på produsenten skal følge slikt utstyr. Dersom produsenten ikke er etablert innen EØS, skal i tillegg navn og adresse på produsentens ansvarlige representant innen EØS eller den som er ansvarlig for å markedsføre utstyret innen EØS, vedlegges.

Det skal vedlegges nødvendig informasjon om tiltenkt bruk og eventuelle spesielle tiltak som må iverksettes for å sikre at § 9 oppfylles når utstyret settes sammen, installeres, tas i bruk eller vedlikeholdes

§ 16. Vilkår for bruk

Campus Vestfold

Elektrisk utstyr kan bare tas i bruk dersom det oppfyller § 6 til § 10, § 11 første og tredje ledd og § 12.

Den som eier eller bruker elektrisk utstyr, skal påse at det brukes og vedlikeholdes forsvarlig, slik at det ikke kan medføre fare.

§ 19. *Krav til teknisk dokumentasjon for elektrisk utstyr*

Produsenten skal utarbeide en teknisk dokumentasjon på norsk, svensk, dansk eller engelsk som gjør det mulig å vurdere om det elektriske utstyret er i samsvar med § 6 til § 10, § 11 første og tredje ledd og § 12. Dokumentasjonen skal i den grad det er nødvendig for vurderingen, dekke det elektriske utstyrets konstruksjon, produksjon og funksjon og omfatte

- a) generell beskrivelse av utstyret
- b) konstruksjons- og produksjonstegninger, komponentlister, lister over delmontasjer, strømkretsskjemaer m.m.
- c) beskrivelser og forklaringer som er nødvendige for å forstå tegninger og lister og utstyrets virkemåte
- d) oversikt over benyttede harmoniserte standarder, eventuelt beskrivelse av løsninger som er valgt for å oppfylle § 6 til § 10, § 11 første og tredje ledd og § 12 dersom slike ikke er anvendt
- e) resultatene av konstruksjonsberegninger og undersøkelser m.m.
- f) testrapporter.

Teknisk dokumentasjon for elektromagnetisk kompatibilitet skal, når fremgangsmåten beskrevet i § 21 følges, i tillegg inneholde en uttalelse fra teknisk kontrollorgan. Dette gjelder kun elektrisk utstyr som kan forårsake elektromagnetisk forstyrrelse eller bli påvirket av slik forstyrrelse.

Unntak fra denne bestemmelsen er fastsatt i § 3.

Campus Vestfold

Risiko

Risiko identifikasjon, Prosjektet:

Viser de benyttede metodene for å gjenkjenne og klassifisere risikoer i prosjektet.

Tallene i risikovurderingen er utarbeidet i henhold til retningslinjene i ISO 10006, og er vurdert ut fra en kombinasjon av studentenes og oppdragsgivers erfaring og vurdering, statistikk fra lignende prosjekter, innsamlede data og en tolkning av generelle retningslinjer som beskrives i gjeldende lover.

Risikofaktorene er bestemt etter retningslinjene av Skjølsvik og Voldsund.

Sannsynligheten for at risikoen vil inntreffe:

-Ytterst usannsynlig = 1

-Usannsynlig, men er en liten sjanse for at det kan inntreffe = 2

-Mulig, men like sannsynlig at det ikke inntreffer = 3

-Sannsynlig at det inntreffer, men en liten sjanse for at det ikke gjør det = 4

-Nesten sikkert at det vil inntreffe = 5

1- Endring i: lover/forskrifter, konsesjoner/lisenser eller konkurranselovgivning. 3

2- Endring i: skatter/avgifter 4

3- Endring i: kundeforhold, oppkjøps- vilje eller evne 2

4- Endring i: strømpris eller renter 4

5- Endring i: produksjonsvolum som følge av mindre vannforbruk hos kunder 3

6- Endring i: offentlig/privat støtte eller investeringer 2

7- Feil i: tidsestimat for prosjektgjennomføring 3

8- Feil i: budsjettestimater 2

9- Feil i: lønnsomhetsvurdering 3

10- Leverandører som ikke holder kontrakten: 1

11- Leveringsforsinkelser, distribusjonsproblemer: 3

12- Teknologiske problemer med utstyr: 3

13- Mangelfulle kvalitetsprosedyrer: 2

14- Installert utstyr har negativ effekt på vannkvaliteten: 1

15- Installert utstyr har negativ effekt på resten av systemet (vanskelig å regulere/ustabilt trykk ut): 2

16- Dårlig jobbutførelse/mangel på kompetanse, feil håndtering av utstyr: 2

17- Mangel på ansatte, fravær/sykedager, streik: 2

Campus Vestfold

- 18- Dårlig kommunikasjon med interessenter: 2
- 19- Synkende konsum/etterspørsel, prisfall: 2
- 20- Økt konkurranse: 3
- 21- Skade på ansatte, kontraktører: 2
- 22- Skade på utstyr/eiendom, miljøet: 2
- 23- Skade på omdømme og virksomhet: 2
- 24- Økonomisk tap: 2
- 25- Mangel på organisatorisk støtte, dårlig/mangelfull kunnskap eller rådgivning i forbindelse med oppstart i nytt marked: 3
- 26- Problemer med å kombinere to typer produksjon: 2

Intensitet/konsekvens av hendelsen:

- Ubetydelig (nesten ingen innflytelse) = 1
- Mindre (liten innflytelse, kan ordnes med letthet) = 2
- Moderat (medium innflytelse, kan ordnes med noe innsats) = 3
- Betydelig (seriøs innflytelse som vil være vanskelig å ordne) = 4
- Katastrofal (Skjebnesvanger innflytelse som vil være nesten umulig å ordne) = 5

- 1-Endring i: lover/forskrifter, konsesjoner/lisenser eller konkurranselovgivning. 3
- 2- Endring i: skatter/avgifter 2
- 3- Endring i: kundeforhold, oppkjøps- vilje eller evne 4
- 4- Endring i: strømpris eller renter 3
- 5- Endring i: produksjonsvolum som følge av mindre vannforbruk hos kunder 3
- 6- Endring i: offentlig/privat støtte eller investeringer 3
- 7- Feil i: tidsestimat for prosjektgjennomføring 4
- 8- Feil i: budsjettestimater 4
- 9- Feil i: lønnsomhetsvurdering 3
- 10- Leverandører som ikke holder kontrakten: 4
- 11- Leveringsforsinkelser, distribusjonsproblemer: 5
- 12- Teknologiske problemer med utstyr: 4
- 13- Mangelfulle kvalitetsprosedyrer: 4
- 14- Installert utstyr har negativ effekt på vannkvaliteten: 5

Campus Vestfold

- 15- Installert utstyr har negativ effekt på resten av systemet (vanskelig å regulere/ustabilt trykk ut): 4
- 16- Dårlig jobbutførelse/mangel på kompetanse, feil håndtering av utstyr: 4
- 17- Mangel på ansatte, fravær/sykedager, streik: 4
- 18- Dårlig kommunikasjon med interessenter: 2
- 19- Synkende konsum/etterspørsel, prisfall: 3
- 20- Økt konkurranse: 2
- 21- Skade på ansatte, kontraktører: 5
- 22- Skade på utstyr/eiendom, miljøet: 4
- 23- Skade på omdømme og virksomhet: 4
- 24- Økonomisk tap: 4
- 25- Mangel på organisatorisk støtte, dårlig/mangelfull kunnskap eller rådgivning i forbindelse med oppstart i nytt marked: 4
- 26- Problemer med å kombinere to typer produksjon: 5

Tabellen nedenfor gir et grovt overblikk over noen risikofaktorer i de forskjellige fasene av prosjektet.

(S= Sannsynlighet, K= Konsekvens, RF= sannsynlighet*konsekvens, Risiko faktor)

Nr	Suksessfaktor	S	K	RF	Tiltak	Interessent	Fase
1	Endring i lover/ forskrifter, lisenser osv	3	3	9	Søke nye lisenser/ finne alternative løsninger	Myndigheter, (Den skjulte ledelsen)	Planlegging Gjennomføring, Drift
2	Endring i skatter/avgifter	4	2	8	Ha økonomiske sikkerhetsmarginer	Myndigheter, Eiere	Gjennomføring, Drift
3	Endring i oppkjøps- vilje/evne	2	4	8	Følge med i markedet, sikre langvarige kontrakter	Eiere	Drift
4	Endring i strømpris eller renter	4	3	12	Sikre langvarige kontrakter, forsøke å forhandle frem nye avtaler	Eiere	Drift
5	Endring i produksjons- volum	3	3	9	Forsøke å øke effekten i anlegget	Eiere	Drift

Bacheloroppgave

Campus Vestfold

6	Endring i støtte eller investeringer	2	3	6	Finne nye investorer	Eiere, myndigheter	Implementering, Gjennomføring, Drift
7	Feil i tidsestimat	3	4	12	Endre strategi, leie inn flere ansatte/frita fra annet arbeid	Eiere, ledelsen	Planlegging, Gjennomføring
8	Feil i budsjettestimater	2	4	8	Ha økonomiske sikkerhetsmarginer, reforhandle dyre kontrakter	Eiere, ledelsen	Planlegging, Implementering, gjennomføring
9	Feil i lønnsomhetsvurdering	3	3	9	Reforhandle avtaler, utvide kundekrets	Eiere, ledelsen	Gjennomføring, drift
10	Leverandører som ikke holder kontrakten	1	4	4	Bytte leverandør	Leverandører	Implementering, Gjennomføring
11	Leveringsforsinkelser, Distribusjonsproblemer	3	5	15	Bytte leverandør, alternative distribusjonsmetoder, døgnvakt	Leverandører ledelsen, ansatte, kunden	Implementering, Gjennomføring Drift
12	Teknologiske problemer	3	4	12	Revurdere løsningen/designet, lete etter alternativer, leie inn rådgivere	Eiere, ledelsen, ansatte, leverandører	Implementering, Gjennomføring, Drift
13	Mangelfulle kvalitetsprosedyrer	2	4	8	Kontinuerlige og stikkprøver av kvalitet/ endre prosedyrer	Eiere, ledelsen, ansatte	Implementering, Gjennomføring, Drift
14	Negativ effekt på vannkvaliteten	1	5	5	Revurdere løsningen/designet, lete etter alternativer	Eiere, ledelsen	Implementering, Gjennomføring, Drift
15	Negativ effekt på systemet	2	4	8	Revurdere løsningen/designet, lete etter alternativer	Eiere, ledelsen	Implementering, Gjennomføring, Drift

Bacheloroppgave

Campus Vestfold

16	Dårlig jobbutførelse/ mangel på kompetanse	2	4	8	Ha klare krav til utførelse, gjennomføre kurs, ansette nye	Ledelsen, ansatte	Implementering, Gjennomføring, Drift
17	Mangel på ansatte, fravær, streik	2	4	8	Ansette flere, ha vikarer i bakhånd, ha tillitsvalgte	Eiere, ledelsen, ansatte	Implementering, Gjennomføring, Drift
18	Dårlig kommunika- sjon med interessenter	2	2	4	Oppfølging, be om bekreftelser på kommunikasjon	Ledelsen	Implementering, Gjennomføring, Drift
19	Synkende konsum, prisfall	2	3	6	Lete etter alternative kunder/market	Eiere	Drift
20	Økt konkurranse	3	2	6	Følge med i markedet	Eiere	Drift
21	Skade på ansatte/ kontraktører	2	5	10	Ha regelmessige HMS- kurs, høye krav til sikkerhet, gode forsikringer	Eiere, ledelsen, ansatte	Implementering, Gjennomføring, Drift
22	Skade på utstyr/ eiendom, miljøet	2	4	8	Ha regelmessige HMS- kurs, høye krav til sikkerhet, gode forsikringer	Eiere, ledelsen, myndigheter	Implementering, Gjennomføring, Drift
23	Skade på omdømme og virksomhet	2	4	8	Følge med i markedet, unngå offentlige eller interne faderer	Eiere	Gjennomføring, Drift
24	Økonomisk tap	2	4	8	Søke støtte/ investorer	Eiere	Drift
25	Mangelfull støtte, kunnskap/rådgi vning i oppstart	3	4	12	Søke rådgivning fra flere kilder, følge med i markedet og trender	Eiere, ledelsen	Planlegging, Implementering
26	Problemer med å kombinere 2 typer produksjon	2	5	10	Revurdere løsning, ha kurs, ansette/ leie inn spesialister	Eiere, ledelsen	Implementering, Drift

Campus Vestfold

Risiko identifikasjon for Bacheloroppgave

Sannsynlighet og konsekvens av risiko som kan inntreffe:

Sannsynlighet for at hendelsen vil inntreffe:

-Ytterst usannsynlig = 1

-Usannsynlig, men er en liten sjanse for at det kan inntreffe = 2

-Mulig, men like sannsynlig at det ikke inntreffer = 3

-Sannsynlig at det inntreffer, men en liten sjanse for at det ikke gjør det = 4

-Nesten sikkert at det vil inntreffe = 5

Prosjektering og rapportskriving

1 -Uferdig design = 4

2 -Ikke funksjonelt eller mangelfullt design = 4

3 -Uferdig eller dårlig modell = 3

4 -Feil i tidsestimat = 5

5 -Manglende eller feil i dokumentasjon = 4

6 -Dårlig kommunikasjon med interessenter = 3

7 -Ikke god nok forståelse av krav = 2

8 -Lover eller forskrifter for bransjen som blir oversett eller misforstått = 2

9 -Uerfaren leder eller dårlig styring = 3

10 -Uenighet i gruppen = 2

11 -Feil i budsjettering og økonomi = 4

Teknologi

12 -Treg kommunikasjon med samarbeidspartnere = 3

13 -Vanskelig å få tak i detaljert dokumentasjon = 3

14 -Manglende forståelse av systemet som helhet, kan føre til valg av utilstrekkelige eller feil komponenter = 3

15 -Design av for enkelt system = 3

16 -Design av for komplisert system = 3

17- Simuleringen eller analysen vil ikke fungere i SW = 3

18 -Tap av data, tegninger eller innsamlet dokumentasjon = 2

Sikkerhet (HMS)

19 -For stor arbeidsmengde for gruppemedlemmene = 4

Campus Vestfold

20 -Personskade i anlegget = 2

21 -Skade på miljø eller utstyr under besøk i anlegget = 2

Overordnede krav

22 -Ikke bli ferdige med dokumentkravene til rapporten = 3

23 -Ufullstendige krav til systemet = 2

24 -Ikke nå prosjektets hovedmål eller delmål = 4

25 -Ufullstendig argumentasjon eller dokumentasjon i rapporten = 3

26 -Levering av mangelfullt prosjekt til kunden = 4

27 -Levering av mangelfull eller dårlig rapport til skolen = 4

Intensitet/ konsekvens av at hendelsen inntreffer:

-Ubetydelig (nesten ingen innflytelse) = 1

-Liten (liten innflytelse, kan ordnes med letthet) = 2

-Moderat (medium innflytelse, kan ordnes med noe innsats) = 3

-Betydelig (seriøs innflytelse som vil være vanskelig å ordne) = 4

-Kritisk (Skjebnesvanger innflytelse som vil være nesten umulig å ordne) = 5

Prosjektering

1 -Uferdig design = 5

2 -Ikke funksjonelt eller mangelfullt design = 4

3 -Uferdig eller dårlig modell = 4

4 -Feil i tidsestimat = 3

5 -Manglende eller feil i dokumentasjon = 4

6 -Dårlig kommunikasjon med interessenter = 3

7 -Ikke god nok forståelse av krav = 4

8 -Lover eller forskrifter for bransjen som blir oversett eller misforstått = 4

9 -Uerfaren leder eller dårlig styring = 3

10 -Uenighet i gruppen = 3

11 -Feil i budsjettering og økonomi = 3

Teknologi

12 -Treg kommunikasjon med samarbeidspartnere = 3

13 -Vanskelig å få tak i detaljert dokumentasjon = 3

Campus Vestfold

14 -Manglende forståelse av systemet som helhet, kan føre til valg av utilstrekkelige eller feil komponenter = 4

15 -Design av for enkelt system = 4

16 -Design av for komplisert system = 3

17- Simuleringen eller analysen vil ikke fungere i SW = 3

18 -Tap av data, tegninger eller innsamlet dokumentasjon = 4

Sikkerhet (HMS)

19 -For stor arbeidsmengde for gruppemedlemmene = 3

20 -Personskade i anlegget = 4

21 -Skade på miljø eller utstyr under besøk i anlegget = 4

Overordnede krav

22 -Ikke bli ferdige med dokumentkravene til rapporten = 5

23 -Ufullstendige krav til systemet = 4

24 -Ikke nå prosjektets hovedmål eller delmål = 4

25 -Ufullstendig argumentasjon eller dokumentasjon i rapporten = 4

26 -Levering av dårlig prosjekt til kunden = 4

27 -Levering av dårlig rapport til skolen = 5

Tallene i risikovurderingen er utarbeidet i henhold til retningslinjene i ISO 10006, og er vurdert ut fra en kombinasjon av egen erfaring og vurdering, andre bacheloroppgaver, innsamlede data og skolens retningslinjer.

Lager også her en tabell som definerer risikofaktorer. (Sannsynlighet* Konsekvens)

Nedenfor beskrives strategien for de resterende risikofaktorene som inngikk i planen.

7
Ikke bli ferdige med dokumentkravene til rapporten: (intern)
Risikofaktor: 15
Sannsynligheten for å levere rapporten med enkelte mangler i forhold til gitte standarder er middels stor. Konsekvensen dette vil medføre er betydelig.
Håndtering og strategi: avvergende tiltak
Tett samarbeid innad i gruppen og med andre samarbeidspartnere. Prioritere dokumentasjon til rapporten før modellering og tegning.
Tiltak:

Campus Vestfold

Felles lagringsplass for alle dokumenter og bakgrunnsinformasjon. Oppfølging av dokumenter og krav til disse ukentlig.

Medlemmene leser korrektur i hverandres dokumenter, før videresending til en utenfor gruppen som leser korrektur.

Bruke boken til Lars E. Roseng aktivt som støttelitteratur til rapportskriving for å sikre kvalitet og standardisert innhold. Gjennom tett kontakt og hyppig kommunikasjon med oppdragsgiver skal gruppen få forståelse av bedriftens rutiner for rapportering og dokumentasjon.

I tvilstilfeller skal studieveileder eller annet fagpersonell kontaktes for rådgivning.

8

Manglende forståelse av systemet som helhet, kan føre til valg av utilstrekkelige eller feil komponenter:

(intern)

Risikofaktor: 12

Sannsynligheten for å velge mindre optimale komponenter er middels. Konsekvensen dette kan ha for gruppen er middels.

Håndtering og strategi: avvergende tiltak

Bruke god tid på å gjøre seg kjent med eksisterende system og oppdragsgiver. Stille entydige krav til systemet som skal utvikles.

Tiltak:

Befaring på gjeldende anlegg. Ta bilder og video i tillegg til tekniske tegninger og dokumenter.

Gruppeleder har overordnet ansvar for å dokumentere de tekniske løsningene som foreslås. Det er hvert enkelt medlem som har ansvar for å tilegne seg god nok forståelse av oppgaven.

Bruke god tid på å forstå hva som foregår i systemet med dagens løsning, hvorfor det gjøres på denne måten og hva som bør endres.

Gruppen skal tilegne seg god forståelse for oppdragsgivers ønsker og mål, hva som kreves av systemet som helhet og de forskjellige komponentene.

Befaring på anlegg med lignende funksjon, men annen løsning. Reise på messe for å bli kjent med bransjen og bedrifter fra andre land.

Campus Vestfold

10
Ufullstendig argumentasjon eller dokumentasjon i rapporten: (intern, kan påvirkes av eksterne faktorer)
Risikofaktor: 12
Sannsynligheten for å ikke kunne argumentere godt nok, eller skaffe detaljert nok dokumentasjon for valgene som gjøres i prosjektet er middels stor. Dette er et fagområde det bør forskes mer på. Noen dokumenter er hemmelighetsstemplett, eller bedriftene ønsker ikke å dele detaljert informasjon med andre blant annet fordi enkelte av utredningene er dyre å få utført. Konsekvensen dette har for gruppen er middels stor.
Håndtering: avvergende og aksepterende strategi
Finne så mye informasjon som mulig. Sette seg godt inn i bakgrunnsinformasjon.
Tiltak:
Lage avtale om å ikke dele videre sensitiv eller kostbar informasjon gruppen får tilgang til. Kun benytte materiale som er godkjent av informasjonens eier i rapporten. Referere til generelle- fremfor detaljerte, beskrivelser eller steder. Finne forskningsrapporter innenfor lignende områder Tilegne seg god nok kunnskap til å argumentere for valg som gjøres uten å måtte referere til lignende prosjekter for hvert argument. Søke hjelp hos leverandører av utstyr for råd.

11
Uferdig eller dårlig modell: (intern)
Risikofaktor: 12
Sannsynligheten for å ikke ha komplett modell av systemet innen fristen er middels stor. Kompleksiteten av enkelte komponenter kan være større enn først antatt. Konsekvensen dette vil ha for gruppen er middels.
Håndtering: avdempende og unnvikende strategi
Teoretiske beskrivelser av modeller gjøres så nøyaktige som mulig i henhold til krav, størrelse og kapabilitet.
Tiltak:
Tegninger og modeller av systemet gjøres så nøyaktige som mulig med hensyn til mindre viktige mål og utseende. Setter fokus på begrensninger i forhold til talegrense og størrelse før estetisk finesse.

Campus Vestfold

Avanserte modeller som er copyright beskyttet er vanskelig å produsere modeller av, dersom modell av komponenten er viktig, kan man be om tillatelse til å bruke bilder eller modeller fra leverandøren.

Forsøker å få tilgang til eksisterende modeller for å kunne kjøre simuleringer og analyser på disse.

Eventuelt forsøke å få innsyn i analyser og simuleringer fra produsenten av de forskjellige komponentene.

12

Feil i tidsestimat:

(intern)

Risikofaktor: 12

Sannsynligheten for å gjøre feilberegninger i tidsplanen er over middels stor. Konsekvensen dette kan få for gruppen ligger mellom betydelig og moderat. Dette avhenger av risikohåndtering og omstillingsevnen innad i gruppen.

Håndtering: avvergende strategi

Gruppeleder har ansvar for å lage tidsplan og kontrollere at den blir holdt.

Hyppig kontakt og tett oppfølging innad i gruppa.

Hver deltager har ansvar for å rapportere til gruppeleder dersom en frist ikke blir mulig å holde.

Tiltak:

Daglig telefonkontakt. Lage detaljert tidsplan, sette av ekstra tid i planen med rom for forskyvninger. Føre hyppige statusrapporter som må leses av medlemmene.

Ved avvik i tidsplanen lages ny tidsplan. Hvis en oppgave er for stor eller tidkrevende kan deler av denne delegeres videre.

13

Feil i budsjettering og økonomi:

(intern)

Risikofaktor: 12

Sannsynligheten for å feilberegne utgifter og kostnader i forbindelse med prosjektet er middels stor. Konsekvensen for gruppen er middels stor.

Håndtering: aksepterende

Campus Vestfold

Gruppeleder har hovedansvar for budsjettering og økonomi, men det er hver enkelt deltager som har ansvar for å føre egne timelister og dokumentere egne utgifter i tilknytning til prosjektet.

Tiltak:

Det føres ett budsjett for gruppens utgifter og eget kostnadsoverslag til utgifter som må påregnes for gjennomføring av prosjektet.

Dokumenterte utgifter leveres til gruppeleder som fører budsjett.

Medlemmene dekker egne reiseutgifter. Andre kostnader eller utlegg fordeles jevnt mellom deltagerne. Kostnadsoverslaget med antatt tid for break-even avhenger av tilgang på priser fra leverandører og beregninger i forhold til antatte brukte arbeidstimer. Dersom det ikke er mulig å få konkrete priser brukes antatt verdi.

14

Simuleringen eller analysen vil ikke fungere i Solid Works:

(intern)

Risikofaktor: 9

Sannsynligheten for at analysen eller simuleringen ikke fungerer som den skal i Solid Works er middels stor. Konsekvensen dette vil kunne medføre er middels.

Håndtering: avvergende og aksepterende strategi

Endring av parameter og egenskaper det testes mot, kan gjøres uten endring av design via kommandoer og innstillinger i programmet.

Tiltak:

Enkelhet i design gir enklere analyser. Unngå innviklede parter. Ved behov kan node-størrelse økes i enkelte analyser. Forsøke å endre parameter i analysen eller programmet. Eventuelt forenkle eller utelate kompliserte analyser for å fokusere på modellering av essensielle parter og analyser. Dersom intet annet fungerer må det vurderes å gjøre endringer i design.

15

Dårlig kommunikasjon med interessenter, vanskelighet for å få tak i god nok dokumentasjon:

(ekstern)

Risikofaktor: 9

Campus Vestfold

Sannsynligheten for å ha dårlig kommunikasjon med interessenter eller ha vanskeligheter med å få tak i god nok dokumentasjon er middels. Konsekvensen av dette vil være middels stor.
Håndtering: avvergende strategi
Opprette kontakt med interessentene så tidlig som mulig.
Tiltak:
Opptre på en tydelig og profesjonell måte. Ta initiativ og vise interesse. Sørg for å få kontakt med rett person og/ eller bedrift. Holde kontakten med gjeldende bedrifter. Avtale eventuell taushetsplikt eller dokumentasjon som ønskes tilbakeholdt fra offentligheten.

16
Uerfaren leder eller dårlig prosjektstyring: (intern)
Risikofaktor: 9
Sannsynligheten for at prosjektet blir styrt på en dårlig måte er middels stor. Gruppeleder har ikke erfaring som prosjektleder og gruppen generelt har liten erfaring innen deler av fagområdene i prosjektet. Konsekvensen av dette er middels stor.
Håndtering: avvergende strategi
Prosjektleder har hovedansvaret for prosjektstyring, men utslagsgivende avgjørelser blir tatt i plenum.
Tiltak:
Prosjektleder planlegger og delegerer oppgaver og ansvarsområder. Alle punkter er åpne for diskusjon og konstruktiv kritikk oppfordres via eget punkt i gruppereglene, innad i gruppen. Det er opp til hver enkelt å gi beskjed hvis vedkommende er uenig i tolkninger, oppgaver eller avgjørelser. Dersom det oppstår uenighet skal alle meninger drøftes, og hvis dette ikke hjelper skal studieveileder eller annen rådgivende enhet kontaktes for å bistå.

Campus Vestfold

Hendelser som kan føre til risiko og eventuelle tiltak:

Generelt: bør det så tidlig som mulig i prosjektet settes opp en plan for kontinuerlige risikoanalyser, hyppigheten for disse, og eventuelle avvik eller hendelser som fører til ny risikoanalyse.

Dersom en ny risiko oppdages eller andre omstendigheter fører til at en allerede identifisert risiko kan få endret utfall bør det snarest utarbeides en plan eller mulig tiltak for håndtering av dette.

Risikovurderingen i prosjektet er basert på ISO 10006, og følger retningslinjene i PRH-10.4.1: risikostyring. (Roseng, 2015, s. 310)

Tiltak som kan redusere risiko er utarbeidet i henhold til retningslinjer i NS 5814:2008.

Planleggingsfasen:

Risiko: Prosjektgruppen har ikke satt av nok tid til planlegging av prosjektet.

Dette kan skje i alle prosjekter, men sannsynligheten for mangelfull eller dårlig planlegging er større i studentprosjekter enn prosjekter som gjennomføres på en arbeidsplass.

Mulige årsaker:

Studenter har mindre erfaring med prosjektstyring enn prosjektledere i bedrifter.

Uforutsette hendelser som oppstår. For eksempel kan nødvendige bakgrunnsmateriale, dokumenter, tillatelser eller kontaktpersoner være vanskeligere å få tak i enn antatt.

Tiltak:

Mangelfull planlegging i enhver form bør unngås. Å ta seg god tid til å identifisere og analysere alle mulige og «umulige» hendelser vil kunne gi prosjektet en bedre mulighet for å lykkes.

Ved å analysere og vurdere hendelser og utfall i enhver form, vil gruppen være bedre rustet til å håndtere de hendelsene som eventuelt oppstår underveis.

Risiko: Mangelfull risiko gjenkjenning, vurdering eller evaluering.

For studenter er hovedproblemet manglende erfaring, derfor kan studenter overse en risikofaktor de med erfaring fra bransjen ser som høyst sannsynlig at vil inntreffe. Denne påstanden kan også snus. På grunn av rask utvikling innen teknologi og store endringer i samfunnet, er det mulig en student vil gjenkjenne og identifisere en risikofaktor bransjen tidligere ikke har vært utsatt for.

Mulige årsaker:

Å få erfaring tar tid, og det er vanskelig å følge med på alle aspekter av utviklingen.

Dårlig utført forarbeid, manglende kunnskap innenfor tema, nyutviklede materialer/metoder eller tilhørende problematikk.

Campus Vestfold

Tiltak:

Involvere flere i risikoanalysen. Be om synspunkter og erfaring fra alle involverte fagfelt, aldersgrupper og analytikere for å få alle mulige synsvinkler og referanser.

Identifisering av mulige risikoer og områder bør påbegynnes så tidlig som mulig og oppdateres eller revurderes fortløpende gjennom hele prosjektperioden.

For å dekke alle risikoområder bør rapporter eller statistikk fra lignende prosjekter studeres. (Roseng, 2015, s. 310)

All identifisert risiko skal analyseres, vurderes og føres opp i eget skjema for risikohåndtering. Risikofaktorer som kan få alvorlig konsekvens og sannsynligheten for at de kan inntreffe er middels eller stor bør overvåkes kontinuerlig. Risiko med liten konsekvens eller det er usannsynlig at den vil inntreffe, bør allikevel kontrolleres etter en gitt periode eller hvis det skjer endringer som kan endre sannsynligheten eller utfallet.

Det bør opprettes eget analyseskjema til prosjektet, som må utfylles når en uønsket hendelse opptrer, slik at disse kan dokumenteres og settes inn i en statistikk for senere bruk.

Lønnsomhetsanalyse:

Bør gjennomføres før konkret plan om bygging eller igangsetting av planen iverksettes. Dette fordi det finnes forskjellige instanser der det er mulig å søke om støtte til prosjektet.

Begge disse instansene; hhv Enova og Innovasjon Norge, krever at det blir søkt om støtte før prosjektet settes i gang.

Ved feilvurdering i lønnsomhetsanalysen bør det være god nok tid og stå åpent for mulighet til å søke støtte hos begge instanser, da disse har forskjellige kriterier for å tildele økonomiske midler.

Enova støtter kun prosjekter som ikke er tilstrekkelig lønnsomme, eller ikke hadde blitt satt i drift uten støtte. (www.enova.no)

Innovasjon Norge støtter kun lønnsomme prosjekter, men som fortere kan gjennomføres med støtte, eller som bidrar til økt fornybar kraftproduksjon, økt energinøytralitet eller er med på å fremme innovativ teknologi. (www.innovasjonnorge.no)

Søknader tar lenger tid enn planlagt:

Søknad om finansiell støtte til igangsetting av prosjektet fra Enova og/eller Innovasjon Norge, kan ta lenger tid enn antatt.

Disse søknadene bør derfor leveres i god tid før en eventuell planlagt start av bygging.

Selv om prosjektet antagelig vil falle utenfor konsesjonspliktige anlegg, anbefales bedriften allikevel å søke konsesjon. Blant annet for å kunne få el-sertifikat.

Etter ny lov om konsesjonsbehandling, skal små kraftverk med produksjonskapasitet under 1MW ha kortere saksbehandlingstid, og søknaden skal behandles av fylkeskommunen.

Campus Vestfold

Hvis noe uforutsett oppstår hos fylkeskommunen, og saken tar lenger tid å behandle enn forventet, kan dette føre til forsinkelser i prosjektet.

Dette kan motvirkes ved å levere søknad i god tid før planen skal settes i drift. Konsesjonssøknader er gyldige i fem år etter innvilgelse, og det er også mulig å søke om forlengelse på denne før byggestart hvis andre hendelser forsinker byggestart.

-Dersom det viser seg at det kan ta lenger tid fra en søknad blir godkjent til det er mulig å starte byggingen av anlegget, kan dette by på problemer ved eventuelle lovendringer, for eksempel konkurranselovgivning, konsesjons-/ lisens-lovgivning eller endring i skatter/ avgifter.

Prosjektleder eller bedriften kan i slike tilfeller be om å få angitt dato for en periode der avtalen er gyldig, slik at det er mulig å søke om fornyelse av avtalen eller lisensen dersom prosjektet ikke blir igangsatt etter planen.

Bedriften bør så tidlig som mulig forsøke å lage avtaler med interessenter/ samarbeidspartnere til prosjektet, slik at disse kan sammenlignes mot hverandre for å bestemme hvilke av disse som kan dekke kravene og eventuelle andre behov på mest mulig tilfredsstillende måte.

Prosjekteringsfasen:

-Feil i tidsestimat for utførelse av prosjektet. (Bacheloroppgaven)

I startfasen av prosjektet er det vanskelig å gi nøyaktige estimat av hvor lang tid hver deloppgave vil ta. Derfor bør det lages et Gantt diagram med oversikt over alle deloppgavene og ansvarsområdene med overslag over tilgjengelig tid for å lettere kunne holde oversikten.

For å sikre seg mot forskyvinger som fører til forsinkelser i planen bør det være rom for endring i planen, med mulighet for overlapping eller flytting av oppgaver.

-Feil i tidsestimat for utførelse av prosjektet. (Bedriften)

I form av forsinkelse ved demontering av eksisterende anlegg, eller montering av nytt anlegg.

Dette er feil som kan gi konsekvenser for både bedriften og bedriftens kunder, og bør i størst mulig grad unngås. Ved å skrive kontrakter med tidsfrist, som fører til dagsbøter ved en eventuell overtredelse kan dette til en viss grad motvirkes.

Det er uansett ikke mulig å beskytte seg fullstendig mot slike hendelser, men ved å ha en plan for håndtering av dette, for eksempel ved mulighet for å sette inn ekstra arbeidskraft ved behov bør risikoen minke betraktelig.

Ved å sette inn ekstra arbeidskraft, vil risikoen for feil i budsjetteringsestimat øke.

Andre hendelser som kan føre til feil i budsjettestimat er uforutsette problemer ved demontering av eksisterende/ montering av nytt anlegg.

Campus Vestfold

Leveringsforsinkelser er vanskelig å sikre seg mot, det kan oppstå problemer med eller skade på forsendelsen under frakt, være ventetid på spesialdeler, eller diverse trafikkrelaterte problemer som kan føre til sen levering.

Ved å benytte solide anerkjente firmaer og bestille deler i god tid har man en viss beskyttelse mot sen levering.

Kvalitet:

-Feil, mangel, skade eller dårlig kvalitet på vare som bestilles til anlegget.

Dette kan motvirkes ved å benytte anerkjente leverandører, og forsikre seg om at varen som bestilles dekker alle krav og spesifikasjoner til systemet.

Alle mottatte deler bør inspiseres for synlig skade, rengjøres og hvis mulig testes før de settes i drift i systemet.

Det bør utarbeides en serviceavtale eller beskrivelse for nødvendig vedlikehold av alt utstyr som monteres i systemet som en del av en fast kvalitetsprosedyre.

Slitasjeutsatte deler må sjekkes regelmessig i henhold til kvalitetsprosedyren.

Sikkerhet mot skade på personer, utstyr, miljøet eller eiendom:

-All montering og håndtering av utstyr må gjøres av relevant fagpersonell.

På denne måten kan bedriften på best mulig måte forsikre seg om at alle lover og forskrifter følges, slik at utstyret monteres på en måte som er trygg for omgivelsene.

Når alle forskrifter er fulgt, farlige områder er avgrenset og nødvendig merking om fare er montert ved utsatte punkter skal utstyret i liten grad kunne påføre risiko for, eller skade på personer og utstyr.

Campus Vestfold

Datablad

Data sheet



Customer item no.:
Communication dated:
Doc. no.:
Quantity: 1

Number: ES 5067790
Item no.: 100
Date: 11/05/2017
Page: 1 / 7

Multitec D 125/ 4-9.1 25.167

Version no.: 2

Operating data

Requested flow rate	150.00 m³/h	Actual flow rate	150.00 m³/h
Requested developed head	108.00 m	Actual developed head	104.15 m
Pumped medium	Water, drinking water / tap water	Efficiency	73.7 %
	Tap water	Power absorbed	57.59 kW
	Not containing chemical and mechanical substances which affect the materials	Pump speed of rotation	1489 rpm
		NPSH required	2.54 m
Solids content max. 50 ppm		Permissible operating pressure	63.00 bar.g
Ambient air temperature	20.0 °C	Discharge press.	10.19 bar.g
Fluid temperature	20.0 °C		
Fluid density	998 kg/m³	Shutoff pressure	13.33 bar.g
Fluid viscosity	1.00 mm²/s	Min. mass flow for stable curve	11.88 kg/s
Suction pressure max.	0.00 bar.g	Min. allow. mass flow for continuous operation	11.88 kg/s
Vapour pressure	0.02 bar.a	Min. allow. mass flow short term operation	8.48 kg/s
Mass flow rate	41.58 kg/s	Shutoff head	136.25 m
Max. power on curve	61.25 kW	Max. allow. flow rate	159.15 m³/h
Minimum flow for stable curve	42.85 m³/h	Max. allow. mass flow	44.12 kg/s
Minimum allowable flow for continuous operation	42.85 m³/h	Design	Single system 1 x 100 % Tolerances to ISO 9906 Class 3B; below 10 kW acc. to paragraph 4.4.2
Min. allow. flow for short term operation	30.61 m³/h		

Design

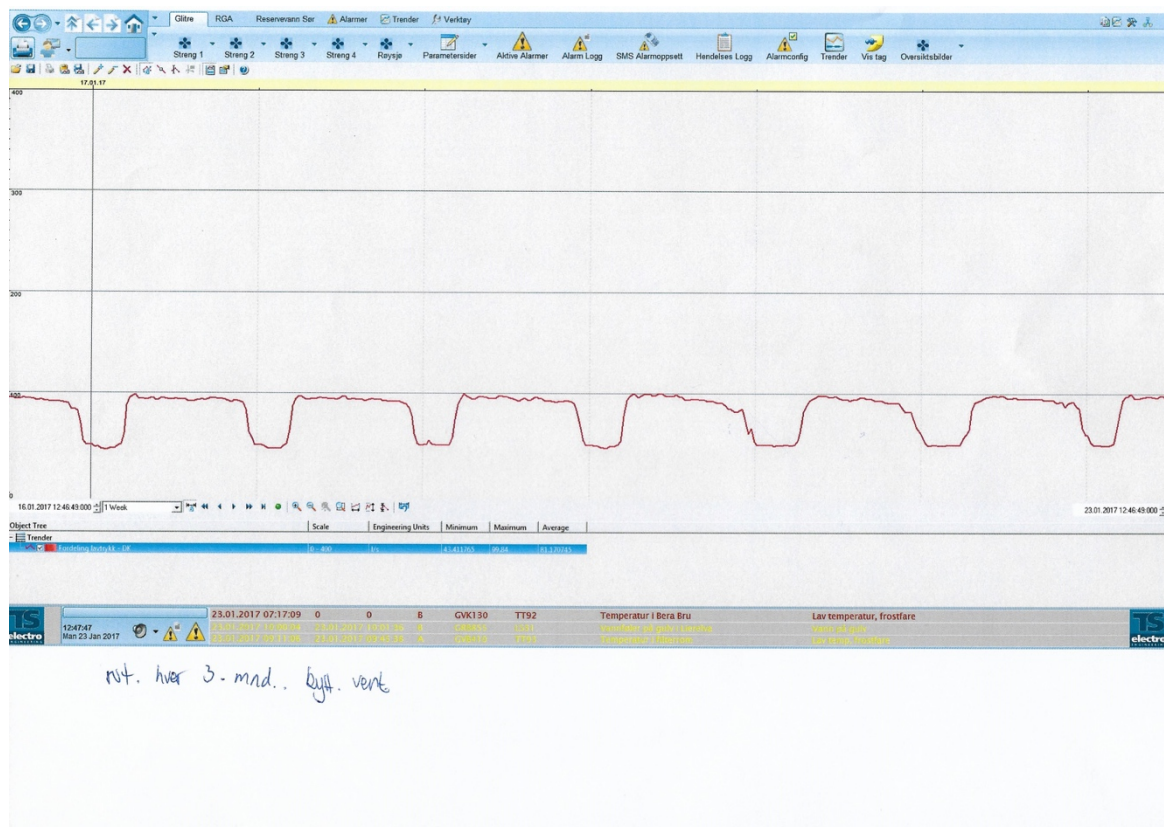
Variant	D	Shaft seal code	167
Stage number	4	Sealing plan	E Single acting mechanical (external circulation)
Balance drum	Without	Pumped liquid without abrasive solids	
Design	Baseplate mounted, long-coupled	Seal chamber design	Standard seal chamber
Orientation	Horizontal	Wear ring	Casing wear ring
Design according to standard	Drinking water acc. to ACS	Impeller diameter	301.0 mm
Suction nominal dia.	DN 150	Minimum impeller diameter	271.0 mm
Suction nominal pressure	PN 25	Full impeller diameter	301.0 mm
Suction position	90° (right)	Free passage size	17.5 mm
Suction flange drilled according to standard	EN 1092-1	Direction of rotation from drive	Anticlockwise
Discharge nominal dia.	DN 125	Bearing bracket construction	Standard (normal) two-sided
Discharge nominal pressure	PN 63	Bearing bracket size	125
Discharge position	90° (right)	Bearing seal	Lip seal
Discharge flange drilled according to standard	Viewed from the drive	Bearing type	Anti-friction bearings
Shaft seal	EN 1092-1	Lubrication type	Oil
Manufacturer	Single acting mechanical seal	Lubrication monitoring	Constant level oiler
Type	KSB	Temperature sensor PT100 mts	Without
Material code	5B	Color	Ultramarine blue (RAL 5002)
	BQ1EGG		KSB-blue

Campus Vestfold

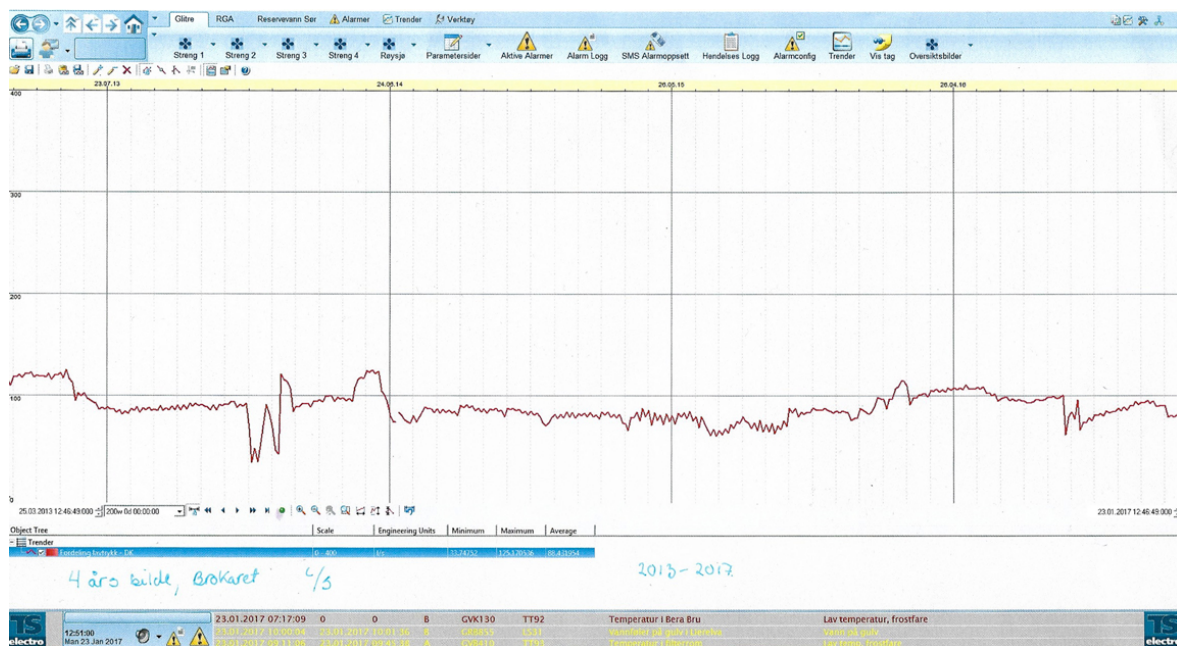
Beregninger

Trykkmålinger Brokaret

1 uke (16.01.2017 -23.01.2017)



4 år (25.03.2013 -23.01.2017)



Campus Vestfold

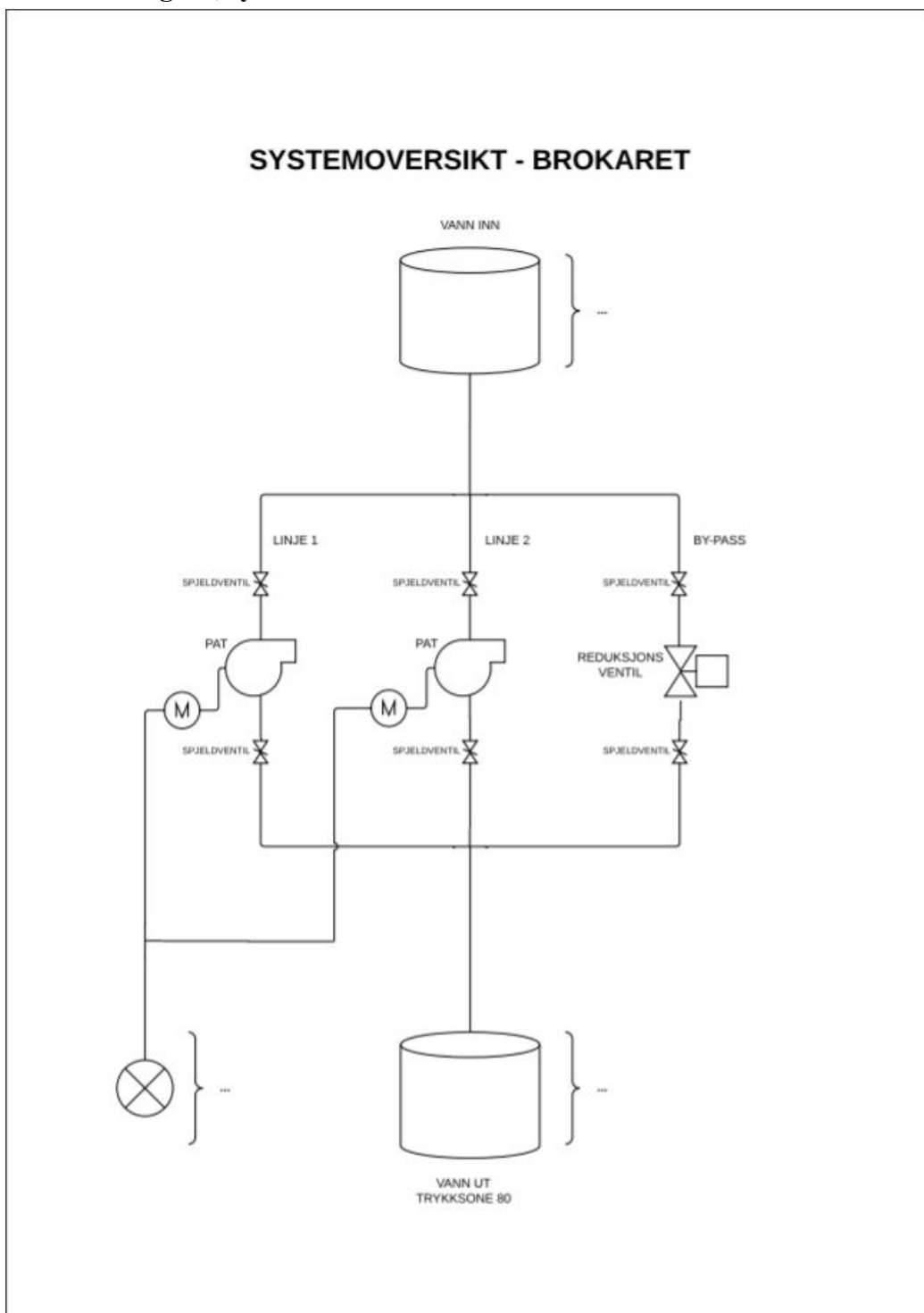
Alternativer for mulig produksjonskapasitet

Produksjonsoversikt $P=Q \cdot H \cdot g \cdot \rho$					
Variabel:	Tallverdi, alt 1:	Tallverdi, alt 2:	Tallverdi, alt 3:	Tallverdi, alt 4:	Tallverdi, alt 5:
effekt (%) η =	0,85	0,7	0,6	0,75	0,7
Flow, Q= (m ³ /s)	0,09	0,09	0,09	0,04	0,04
Høydeforskjell, H= (m)	120	120	120	120	120
Tyngdeakselerasjon, g=	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Tetthet, ρ =	1	1	1	1	1
Produsert kraft, P= (kW)	90,0558	74,1636	63,5688	35,316	32,9616
Installert kapasitet pr PAT	90,0558	74,1636	63,5688	35,316	32,9616
Samlet kapasitet	131,2578	115,3656	104,7708	70,632	65,9232
Mulige produksjonstimer i døgnet:					
Produksjons timer	14	14	14	24	24
Gir mulige kWh	1260,7812	1038,2904	889,9632	847,584	791,0784
pluss prod fra: 0,05 m ³ /s	206,01	206,01	206,01	0	0
Gir mulige kWh	1466,7912	1244,3004	1095,9732	847,584	791,0784
Pr år (hver for seg)	460185,138	378975,996	324836,568	309368,16	288743,616
Pr år (samlet)	535378,788	454169,646	400030,218	618736,32	577487,232

Campus Vestfold

Bakgrunnsinformasjon

Første utgave, systemoversikt



Figuren viser det første utkastet til systemet for prosjektet i Brokaret.

Campus Vestfold

Turbin historie

Romerne brukte vannhjulet til å drive kvernsteiner ca 100 år f.kr., men i Norge ble det ikke tatt i bruk før på 1200-1300- tallet. (Vannhjul, 2009)

Leonhard Euler publiserte den første teoretiske beskrivelsen av vannturbiner på midten av 1700- tallet. (Heggstad & Lundby, 2010)

På 1800- tallet var det vanlig å bruke vannhjul som drivkraft i industrien. I løpet av den industrielle revolusjonen ble disse videreutviklet til den typen vannturbiner vi har i dag. Den første kjente moderne turbintypen er Francisturbinen.

Francis:

Francis turbinen ble oppfunnet i 1849 i Amerika av en Engelskmann James Bicheno Francis, og er en type reaksjonsturbin, altså er den helt nedsenket i vann. (Øgaard, 2006, dato ikke oppgitt)

På grunn av variasjonsmulighetene i designet kan den benyttes på mange forskjellige områder med ulike kriterier, men vannet bør være fritt for partikler da dette raskt kan føre til slitasje. (Raja, Srivastava & Dwivedi, 2006, s. 366) Turbinhuset har form som et sneglehus med løpehjulet montert på en aksling i senter av spiraltrommen. Rotasjonen fra løpehjulet overføres via aksling til en generator som produserer strøm. Francis brukes mest til fallhøyder som klassifiseres som lav til middels, det vil si: mellom 50-750 meter. Vannet har relativt lav hastighet når det føres inn i turbinhuset og mye av kraften kommer fra trykkforskjellen mellom fremsiden og baksiden av skovlene. (Raja, et al., 2006, s. 364) Dette oppnås ved at skovlene er justerbare, slik at de kan stilles i ønsket vinkel for å lede vannet i ønsket retning mot løpehjulet. I løpehjulet blir vannet tvunget til å skifte retning, slik at det går derfra i aksiell retning, til avløpet via sugerør. Noen typer har vanninntaket i senter og slynger det utover mot turbinhuset. Den mest anvendte typen har inntak i ytterkant av turbinhuset slik at vannet ledes i motsatt retning av sentrifugalkraften, inn mot senter og ut i aksiell retning.

Francisturbinen kan ha en virkningsgrad på over 95% under optimale forhold. (Øgaard, 2006) Reaksjonsturbiner kan være utsatt for kavitasjonsproblemer. (Raja, et al., 2006, s. 367)

Pelton:

Pelton turbinen ble utviklet av en Amerikaner, Lester Allen Pelton i 1880-årene, og er en type impulsturbin. Impulsturbiner eller fristråleturbiner er fulle av luft og energioverføringen skjer ved hjelp av bevegelsesenergien i en eller flere vannstråler. (Øgaard, 2006) I impulsturbiner blir den potensielle energien i vannet endret til kinetisk energi via dyser som rettes mot skovlene på løpehjulet. Rotasjonen disse strålene påfører løpehjulet benyttes til å produsere strøm med en generator. (Tester, Drake, Driscoll, Golay & Peters, 2012, s. 629) Denne typen egner seg godt til store fallhøyder og små vannmengder, og er en av de mest brukte typene i Norske kraftverk med stor fallhøyde, det vil si høyt trykk i røret inn til turbinen. (Øgaard, 2006) Den fungerer ved at vannet spruter inn på skovlene med høy hastighet, fra en eller flere dyser. Dysene er justerbare i forhold til størrelsen på strålens diameter, og ved å regulere strålediameteren kan vannmengden tilpasses uten at hastigheten på vannet endres. (Heggstad & Lundby, 2010) Skovlene er

Campus Vestfold

montert på løpehjulet, som kan monteres både horisontalt og vertikalt. Strålen blir splittet på skovlene og blir ledet ut av turbinhuset i aksial retning.

Impulsturbiner oppnår maks effektivitet når skovlen som ligger langs senterlinjen i strålen fra dysen(e) har litt under halvparten av hastigheten til strålen. (Raja et al., 2006, s. 363)

En peltonturbin tåler godt variasjoner i gjennomstrømningsmengde, og opprettholder høy effektivitet ved redusert last. De har en virkningsgrad på 90- 93%. (Øgaard, 2006)

Kaplan:

Kaplan turbinen ble oppfunnet av en Østerriker, Victor Kaplan i 1912, og er en type reaksjonsturbin. Denne typen brukes ved lav fallhøyde og store vannmengder, og brukes mest i elver. (Øgaard, 2006)

Dette er en propell lignende turbin og vannet renner aksielt gjennom turbinhuset. Det finnes både vertikale- og horisontale Kaplanturbiner. Vannet som strømmer gjennom turbinhuset overfører bevegelsesenergi til propellen og rotasjon til generatoren. Den har et karakteristisk utseende, den har færre skovler enn de andre turbintypene og er formet som en propell. Propellbladene er justerbare både i forhold til trykk og strømningsvolum. Dette reguleres ved at vinkelen på bladene justeres for å oppnå maksimal virkningsgrad, og kan opprettholde god virkningsgrad med redusert last. (Raja et al., 2006, s. 366)

Det finnes en rimeligere type både med tanke på innkjøp og vedlikehold, med fastmonterte propellblader, men denne egner seg best til systemer med jevn last. Den har i utgangspunktet lavere virkningsgrad og ved redusert last kan den ifølge Raja, Srivastava og Dwivedi miste opptil 50 % av effekten når den kjøres på 40 % av full kapasitet.

Dette er de tre hovedtypene av turbiner, men det er i den senere tid kommet flere andre typer. Flesteparten av disse er modifikasjoner av de tre nevnt over. De som skiller seg helt fra disse er: PAT (Pump as turbine) og Difgen.

Pump as turbine (PAT):

Det var ved en tilfældighet man oppdaget at pumper kunne brukes som turbiner i 1931. På denne tiden visste de ikke nok til å ta teknologien i bruk, men oppdagelsen førte til forskning på området. (Vasanthakumar et al., 2014, s. 2287) Den første kjente installasjonen av PAT i stedet for trykkreguleringsventil i rørsystemet til en drikkevannsprodusent, var i Tyskland i 1989. Prosjektet var vellykket, og de har senere installert tilsammen 8 PAT i sine anlegg. (Budris, 2011)

Denne typen baserer seg på samme prinsipp som en sentrifugalpumpe, og er mindre komplisert enn andre turbiner. Den kan brukes både som pumpe og turbin. Når vannet kjøres gjennom pumpehuset i motsatt retning fungerer skovlene som en turbin fordi kreftene i vannet spinner skovlhjulet rundt. Vannet kommer inn med høyt trykk og overfører kinetisk energi til mekanisk energi via den roterende akselen. (Elbatran, Walid, Yaakob, Ahmed & Arif, 2015, s. 88) Rotasjonen omgjøres til elektrisk energi i en generator.

Fordelen er at det er lett å regulere trykket som kommer ut, ulempen er at virkningsgraden taper seg raskt med redusert last. Det er derfor nødvendig å finne beste effektivitets punkt,

Campus Vestfold

(BEP) og kjøre systemet med denne lasten for å opprettholde virkningsgraden. Beste effektivitets punkt er ikke det samme i reversert retning som turbin, som det er for pumpemekanismen i pumpemodus. Når den opererer som turbin kan den håndtere større gjennomstrømningsmengde enn som pumpe, og effektiviteten vil være litt bedre i reversert retning. (Budris, 2011)

Virkningsgraden til en PAT, når den kjøres som turbin er opp til 85 %. (Elbatran et al., 2015, s. 88)

Difgen:

Volumetrisk turbin. Er en relativt ny type, selskapet ble startet i 2006. Denne typen minner om en fortrenningspumpe i design. Vannet føres inn i pumpehuset fra siden der det treffer to skruelignende skovlhjul i radiell retning. Trykket og hastigheten i vannet når det kommer inn i pumpehuset overføres til skovlene slik at skruene roterer. Denne rotasjonen omgjøres til elektrisk energi i en generator. Vannet kan kjøres i begge retninger, den vil derfor også kunne fungere som pumpe.

Den fungerer som en trykkreduksjonsventil, og kan både regulere trykk og flow, samtidig som den benytter energien fra reduseringen til å produsere kraft. Fordelen med denne typen er reguleringsmulighetene, ulempen er at den ikke kan operere med større trykkdifferanse enn 10 bar.

(Det er også vanskelig å få tak i deler, siden både den Norske og den Engelske avdelingen har gått konkurs. Dette byr på visse problemer, særlig fordi Difgen har vist seg å ikke være spesielt driftssikker over tid.) Kilde: Rapport fra Oslo vannverket.

Under følger utklipp fra produsentens nettside, som viser beregning av max tillatt differansetrykk i Difgen.

Limitations apply. Seal mean pressure must not exceed 10 bar during operation.

Formula for seal mean pressure:

(inlet pressure + outlet pressure)/2 - for all Difgen models except L models

(inlet pressure + outlet pressure + (inlet pressure - outlet pressure/2))/2 - for L models

Mod1 (inlet pressure + outlet pressure)/2 = (20+7,9) / 2 = 14. 14 er mer enn 10, derfor ikke egnet.

Lmod (inlet pressure + outlet pressure + (inlet pressure - outlet pressure/2)) / 2 = (20+7,9+(20-7,9) /2) / 2 = 28. 28 er mer enn 10, derfor ikke egnet.

Generator:

En annen viktig komponent i kraftproduksjon er generatoren. Det er den som omgjør rotasjonsenergien til elektrisk energi. Det finnes 2 hovedtyper: synkrongenerator og asynkrongenerator.

Synkrongeneratoren er selvmagnetiserende og kan forsyne et isolert nett. (Vannkraft, teknologi, 2016)

Campus Vestfold

En asynkrongenerator fungerer som en motor, og trekker effekt fra nettet for å produsere aktiv energi. (Vannkraft, teknologi, 2016) Det er denne typen generator som er mest brukt i små vannkraftverk. (Renewable energy technologies: Cost analysis series, Hydropower, 2012) Rotoren er koblet til akslingen fra turbinen og roterer inne i statoren.