

Hovedkomponenter i kraftverksvannveien.

Forfatter: Ivar K. Elstad, Maskindivisjonen Berdal Strømme A/S
September 1995

Dette manuskript er betalt av Energiforsyningens Fellesorganisasjon (EnFo) og kan fritt benyttes ved alle EnFOs nåværende og fremtidige kurs. Bruk til andre formål, omarbeidelser eller viderebearbeiding, krever forfatters godkjenning. Berdal Strømmes eventuelle bruk av manuskriptet skal ikke skje slik at dette kommer i konkurranse med EnFOs virksomhet. Privatpersoner har anledning til å ta enkeltkopier når formålet er egen opplæring. Ved kopiering utover dette for andre enn EnFo, Berdal Strømme eller forfatter, må tillatelse være innhentet fra EnFO på forhånd.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 SYSTEMVALG	1
1.1 Innledning	1
1.2 Utbyggingstekniske ønsker	1
1.3 Driftsmessige ønsker	1
1.4 Vedlikeholdsmessige ønsker	2
1.5 Sikkerhetskrav	4
1.6 Beredskapskrav	5
2 FUNKSJONSBEKRIVELSE	6
2.1 Innledning	6
2.2 Hovedelementer	6
3 VIDERE DOKUMENTASJON	7
3.1 Innledning	7
3.2 Dokumentasjonsplanlegging	7

1 SYSTEMVALG

1.1 Innledning

Den viktigste parameteren ved systemvalget er naturen selv, eksempelvis topografiske og geologiske forhold. Dette gjør at det er liten grad av standardiserte løsninger, og både utbygger og planlegger setter sitt preg på det endelige systemvalget ut fra sine erfaringer og sine krav til det ferdige anlegget..

Som en forutsetning for en utbygging er det ofte endel betingelser utover aggregatstørrelse, eksempelvis:

- Magasindisponering, HRV og LRV, krav til en viss oppfylling til visse tider etc.
- Krav til at tørrlagte elveleier ikke fylles uventet med vann ved turbinutfall
- Krav til langsomme vannstands/vannforingsvariasjoner
- Krav til minstevannføring

Allerede på dette stadiet stiller utbyggingen systemkrav som kan medføre krav til spesielt utstyr.

1.2 Utbyggingstekniske ønsker

Hovedtrekkene i en utbygging, med plassering av rør, sjakter og tunneler og tilhørende stengeanordninger etc. kommer foruten fra de naturgitte forhold ofte ut fra følgende:

- Adkomst generelt
- Tverrslag og hjelpetunneler
- Avledning av vann under byggetiden
- Muligheter for magasinering tidlig i byggefasen
- Muligheten for å starte produksjon tidligst mulig for hele vannveien er ferdig

Det er viktig i planleggingen at systemvalget ikke blir styrt av utbyggingstekniske ønsker og utbyggingspålagte krav alene, men også ut fra senere drift og vedlikehold.

1.3 Driftsmessige ønsker

Under driften av anlegget må en oppfylle utbyggingsbestemte krav, samtidig som en skal oppnå et best mulig økonomisk resultat.

Antall aggregater

Drifts- og vedlikeholdspersonale ønsker seg som regel minst 2 aggregater. En har da større driftsmessig fleksibilitet, og kan enklere drive vedlikeholdsarbeider uten at det har stor innvirkning på driften.

Mot dette står den økonomiske realiteten at det er betydelig billigere med færre, større aggregater. Hvis en i tillegg har rimelig store magasiner og står nokså fritt i valg av driftsstrategi kan en i perioder kjøre av/på istedet for å kjøre på lav last. En kan da nyttiggjøre

seg den virkningsgrads-gevinsten en har ved større aggregater i hele driftperioden, og bare kjøre topplast når en ikke har vann nok til kontinuerlig drift.

Statistisk sett er også feilhyppigheten for enkelt-aggregatene liten i forhold til eksempelvis linjefeil. I gjennomsnitt er hvert aggregat ute av drift ca. 2 dogn årlig på grunn av ikke planlagt stopp, og det teller lite i en økonomisk vurdering selv for elvekraftverk.

Tappestrategi, magasindisponering

De driftsmessige ønskene kommer sterkt fram når det gjelder lukeutstyr. Mulighetene for individuell magasindisponering avhengig av tilsigsforhold gjør at en ofte kan vinne noe produksjon hvis lukene kan fjernstyres. Det samme gjelder hvis en har en lang vannvei med store falltap og noen nære og noen fjerne magasin.

Flomluker med tilhørende tappestrategi er viktig ikke bare for det enkelte kraftverk, men like mye for en styring av hele vassdraget ved unormale situasjoner.

For disse komponentene er gjerne fjernstyring, fjernvising og uavhengighet av ekstern strømtilførsel et ønske.

Utbvngingspålagte krav

Målet må være å oppfylle, uten å overoppfylle, slike krav. Dette krever ofte spesielt utstyr. Hvis eksempelvis et krav om minstevannføring er knyttet til et nedstroms vannmerke, og kanskje attpå til "dog ikke mere enn det hadde vært naturlig", så krever det både tappeutstyr som kan tilpasse seg de ulike driftsituasjonene, og tilhørende overvåkings og kontrollutstyr.

Tilsvarende problemstilling har en hvis en skal unnga rask fylling av tørre elveleier hvis stasjonen faller ut. For elvekraftverk må en da ha forbitappingsventiler med samme reguleringsevne som turbinene.

1.4 Vedlikeholdsmessige ønsker

Alt utstyr bør kunne etterses og vedlikeholdes, men det er ofte et økonomisk spørsmål hvor langt en skal gå i det å forberede vedlikehold i en fjern framtid.

Adkomst og vedlikeholdsforberedelser

En forutsetning for inspeksjoner og vedlikehold er at det er tenkt på hvordan en skal komme til komponentene, og hvordan en skal få vekk vannet hvis en må torrlegge.

For anlegg i høyfjellet med komponenter som relativt sjelden skal inspiseres, er nok helikopter det billigste i lengden. Det koster da lite å forberede for dette, med eksempelvis egnet landingsplass, forskjæringer med adkomstmulighet og drenasjemulighet slik at en kan komme inn vinterstid uten store snoproblemer.

Vedlikehold av tau- eller trallebaner, vedlikehold av anleggsveier etc. koster lett mer enn det smaker hvis det går 10-år mellom hver gang en har behov for det.

Komponenter som må vedlikeholdes på stedet, krever at det enten er forberedt plass på forhand, eller at prosessen er gjennomtenkt slik at en kan få nødvendig plass når den tid kommer. Dette gjelder i særlig grad ved store blåse-rende og malejobber.

Komponenter som helst transporteres vekk for vedlikehold eller utskifting, krever også at de nødvendige forberedelsene er planlagt.

Varegrinder hvor en kan forvente noe tilstopping bør ikke plasseres hvor det er vanskelig å kontrollere trykkfall, og hvor de vanskelig kan renskes eller vedlikeholdes.

Ventiler eller luker til avstengning ved inspeksjoner og vedlikehold.

Utstyr i kraftstasjoner vedlikeholdes hyppig, og det er ingen tvil om at en der skal ha avstengningsorganer som enkelt gjør at en kan stoppe under alle forhold.

Men, allerede når det gjelder vannveien kan det være tvil.

Eksempelvis, en rørledning med oppstroms driftstunnel med flere bekkeinntak opp mot hovedmagasinet hvor vi for enkelthets skyld forutsetter en luke.

Men hva med bekkeinntakene, og hva med en stengeanordning for roret ?

- Etter idriftssettelsen vil roret vanligvis inspiseres etter to år, og så hvert 5 år til en for.eks. 22 år etter idriftssettelsen velger å korrosjonsbeskytte roret.
- Kostnadene ved stengeorganet må da veies opp mot det produksjonstapet en ellers ville fått ved at vannet fra bekkeinntakene ikke ble utnyttet når roret måtte tommes, og at en i tillegg fikk kostnadene ved å stenge av bekkeinntakene ved hver inspeksjon.
- Kostnadene ved en luke i bekkeinntakene må veies mot merkostnadene ved å sette en enklere stengeanordning, eksempelvis et bjelkestengsel.

Revisjonsventiler eller luker oppstroms hovedventiler eller luker.

Revisjonsluker, revisjonsventiler er en komponent som kan diskuteres mye. Hva når de også skal vedlikeholdes? Det er bedre å legge penger i vedlikeholdsvennlige løsninger for hovedkonstruksjonen, framfor å sikre en lite vedlikeholdsvennlig løsning med en annen. Samme tankegangen kommer til uttrykk i NVE retningslinjer nr. 1-1991 vedrørende revisjonsluker.

Forøvrig er det foruten komponenttype i hovedsak mulighetene for oppstroms torrlegging som bestemmer om en skal ha en revisjonsavstengning. To ytterpunkter er:

- Inntaksventiler - eller luker er vanligvis lite påkjent, slik at det stort sett er korrosjonsangrepene som bestemmer vedlikeholdsbehovet. Med gummitetning og rustfrie føringer eller tetteflater er også behovet for utbedring av tetningen lite, og det vil vanligvis gå mange 10-år før det er behov for å innspisere oppstroms. Kan en torrlegge inntaket og holde vannet igjen i en periode, så synes en revisjonsavstengning unødvendig.
- Tappeventiler - eller luker ved flerårsmagasin vil vanligvis ha en revisjonsavstengning. For det første er vedlikeholdsbehovet større for tappeorganer enn eksempelvis inntaksluker, og flerårsmagasin gjør lett at torrlegging blir svært kostbart.

En generell sluttkommentar er at "en bør ha råd til å bygge kraftverk". De daglige realitetene mange år etter at utbyggingen er ferdig er at en har begrenset mannskap til disposisjon. Videre er det press fra driften til å kjøre når en egentlig burde stoppe noe mer etc. Slike ting har lett for å odelegge forutsetningene for de økonomivurderingene som ble tatt en gang i tiden. Det er dessverre en realitet at vi som planleggere sjelden har høstet ros for at vi fikk utbyggingskostnadene ned når en 10 til 20 år etterpå står i en vedlikeholdssituasjon.

NVE's retningslinjer for beredskapsmessig sikring av dammer mv. har betydning for valg av revisjonsluker mm., hvis dammen er plassert i klasse Ia eller Ib.

1.5 Sikkerhetskrav

I denne sammenheng menes krav som den næværende tilsynsavdelingen i NVE vil sette, og som går på sikkerhet mot vassdragsulykker. Anleggene skal være bygget og vedlikeholdt slik at de ikke "frembyr fare for menneskeliv eller for offentlige eller almene interesser eller for vesentlig skade på annenmanns eiendom" (Vassdragsloven § 120)

Ut fra dette kan NVE gripe inn både når det gjelder system, utstyrvalg og enkeltkomponenter.

Spesielle krav til utstyr

En kan møte spesielle krav her eksempelvis når det planlegging av frittliggende rør gjennom bebygd område, avskjerming av inntak etc. Vanligst er imidlertid diskusjonen om

- Rørbruddsovervåking og tilhørende automatisk lukkeutstyr
- Selvlukkende luker eller ventiler i motsetning til revisjonsluker eller ventiler ved større magasiner

Ustyrvalget vil ofte henge sammen med den generelle klassifiseringen av vassdragsanlegg, selv om det ikke er klare generelle retningslinjer. For anlegg i klasse III er det lite trolig at NVE vil stille noen spesielle krav, i motsetning til anlegg i klasse Ia og Ib.

(Kfr. klasseinndeling av dammer mv., NVE retningslinje nr. 4 og 5)

Spesielle krav til komponenter

Det har stort sett ikke vært stilt spesielle krav til enkeltkomponenter i vassdragsanlegg. Men det har vært unntak, og det er spesielt sannsynlig at en kan få dette hvis en komponent eller en løsningsmåte har vist seg å gi systematiske problemer for en rekke anlegg.

Endel ting som har forekommet de siste årene og hvor NVE har engasjert seg direkte kan imidlertid nevnes:

- Smisveiste rør, dvs. i hovedsak større, frittliggende høytrykksrør fra for 1940-årene.
- En spesiell type koblinger på GUP-rør, ofte kombinert med spesielle fundamentløsninger.
- En spesiell type lukelagre på klappeluker

I en tid hvor det alt vesentlige av prosjekteringen og etterfølgende utførelse ble foretatt av noen få firma, ble noen "gjengangere" ofte fanget opp ved intern erfaringsoverføring. Noe av bakgrunnen til NVE's nye kompetansekrav til den som skal foresta planlegging av nybygging eller større ombygginger, såvel som til den som skal foresta en revurdering, ligger her.

1.6 Beredskapskrav

Beredskapskrav har opp gjennom tiden vært forvaltet og tolket på ulik måte.

De fleste kjenner vel til den klassifiseringen en hadde av kraftanlegg, fra helt lukkede stasjoner til åpne anlegg. I denne sammenheng kan det stilles spesielle krav til anlegg i klasse 1, og noe er beskrevet i NVE's retningslinjer nr. 4. Kravene kan grupperes i hovedgrupper:

Spesielle krav til dimensjonering

Dette har i liten grad har kommet til uttrykk for de maskintekniske komponentene. I hovedsak har det gått på selve hovedplanleggingen av anleggene, fjell eller daganlegg, damtype men også spesielle krav når det gjelder eksempelvis damtykkelse.

Endel luker i betydningsfulle magasiner er imidlertid også dimensjonert ut fra beredskapsmessige krav. En periode, eksempelvis, ble en 5 kilotonns atombombe plassert i passende avstand betraktet som en dimensjonerende last for en ulykkesgrensetilstand.

Spesielle krav til tappekapasitet

Dette er et krav som de fleste større kraftanlegg har stiftet bekjennskap med. Vanligvis vil det kunne forlanges at tappeutstyr er slik dimensjonert at magansinnvannstanden kan senkes ca. 1 m pr. dogn. Hovedbegrunnelsen var å redusere faren for et totalt dambrudd i en krigssituasjon.

Hvor det ikke har vært mulig å få til egnet tappeutstyr, har det også eksempelvis vært installert sprengbare felt i noen dammer.

Endel av det tappeutstyret som er installert for dette formålet er egentlig ikke egnet til kontinuerlig tapping. Det må mere betraktes som et avansert engangsutstyr, noe som selvfølgelig kompliserer hvis det kommer krav om proving.

Det vil vanligvis forlanges hoved- og revisjonluke for anlegg i klasse 1b, og 2 likeverdige luker etter hverandre for anlegg i klasse 1 a.

Spesielle krav til sikring, reservedelshold etc.

Det vanligste kravet er krav til sikring av adkomst, og tilleggskrav som kamuflering, ytre sikring etc. Til nå har det, oss bekjent, ikke vært stilt spesielle krav til reservedelshold på den maskintekniske siden.

Et krav som har medført endel problemer i ettertid er sikring mot nedstroms adkomst til tappeluker. Det har periodevis vært sterkt poengtert at slikt utstyr bør ha dykket utløpstunnel som et ledd i sikringen. Dette kompliserer og fordyrer senere vedlikehold.

En del av de beredskapsmessige kravene synes også berettiget i det daglige, sivile liv. Muligheter for nødtapping kan være godt å ha i enkelte flomsituasjoner eller unormale situasjoner forøvrig. Mange av sikringskravene er også hensiktsmessige med tanke på kläfingerhet, eller forvirrede personer generelt.

2 FUNKSJONSBESKRIVELSE

2.1 Innledning

En funksjonsbeskrivelse skal tilfredsstille 2 hovedformål:

- Være et verktøy i planleggingsprosessen, nødvendig for kommunikasjon både med NVE og andre som er involvert i en overordnet vurdering i forbindelse med byggingen av anlegget.
- Være et verktøy til bruk i beredskapssammenheng og overordnet planlegging forøvrig i forbindelse med drift og vedlikehold

2.2 Hovedelementer

Funksjonsbeskrivelsen vil under bygge og planleggingsfasen være under kontinuerlig oppdatering, slik at den, når anlegget er ferdig, framstår enhetlig og komplett.

Beskrivelsen vil gjerne bestå av 2 hovedelementer:

Oversiktsskjema

Dette, vanligvis i form av en tegning, skal vise anleggets hovedtrekk og alle vesentlige komponenter med hoveddata, eksempelvis:

- Nedbørsfelt
- Vannveier, ved overløp og ved normal drift
- HRV, LRV, magasinkapasitet etc.
- Lengder og hovedmål, eksempelvis tunnel-, rør- eller luketverrsnitt
- Kapasiteter, så som slukeevne turbin og forbislipningsanlegg, tappekapasitet, overlopskapasitet

Hoveddokumentasjon

Hoveddokumentasjonen vil så inneholde vesentlige opplysninger om hver enkelt komponent, og vil vanligvis også inneholde en hoved- eller sammenstillingstegning. Dette kan være

- Kapasitet ved ulike driftssituasjoner, eksempelvis magasinkurve eller tappekapasitet ved ulike vannstand
- Driftsbegrensninger
- Grenseverdier, eksempelvis kritiske nivåer.

3 VIDERE DOKUMENTASJON

3.1 Innledning

Den komplette dokumentasjon en skal ha på et anlegg, skal tilfredstille en rekke ulike krav:

- Dokumentasjon tilstrekkelig for en system - eller funksjonsbeskrivelse.
- Nødvendig dokumentasjon i forbindelse med kontroll under utstyrsproduksjon, montasje og idriftsettelse.
- Dokumentasjon nødvendig for internkontrollsystemet, og for
 - Driftstilsyn,
 - Periodisk tilsyn
 - Hovedtilsyn
- Dokumentasjon i forbindelse med beredskaps-planer.
- Underlag for revurdering
- Underlag for bestilling av mindre vedlikeholdskomponenter
- Underlag for å planlegge større vedlikeholdsoppgaver
- Underlag for å kunne utføre større vedlikeholdsoppgaver.

Noe av denne dokumentasjonen vil tilsynsavdelingen i NVE stille krav om, og noe av det andre følger av andre lover og forskrifter.

Det kan nevnes at det er strid om "underlag for enkelt å kunne utføre større vedlikeholdsoppgaver". Vanligvis er en kontraktsmessig forpliktet til ikke å overlate til 3. person leverandorens detaljtegninger eller annet underlag som går på leverandor-spesifikke kunnskaper, "know how". I praksis vil dette imidlertid ikke være noe stort problem. Gamle komponenter må uansett inspiseres og males opp for en setter igang med større reparasjonsarbeider. Den leverandoren som da er avhengig av den opprinnelige leverandorens detaljtegninger, er ikke kvalifisert til jobben.

3.2 Dokumentasjonsplanlegging

Ved nybygging bør all dokumentasjon planlegges, fordi det da er enklest å få det som trengs.

De fleste kraftanlegg velger å se dette i sammenheng med en generell dokumentasjonsstyring, og det finnes kodesystemer som etterhvert er blitt alminnelig aksepterte.

De ulike vedlikeholdssystemene vil så kunne nyttiggjøre seg denne kodifiseringen, og bygge ut videre rutiner.

Et av prinsippene er at en ikke skal drukne i informasjon, en beredskapsplan, eksempelvis, skal ikke inneholde side opp og side ned med luketegninger. Dokumentasjonen kan bygges som en løk, en skreller bare av de blad en har bruk for.

For eldre kraftverk kan det bli svært tidkrevende å få til tilstrekkelig dokumentasjon slik at en oppfyller den idelle målsetting.

Dokumentasjonen vil bestå av følgende hovedelementer

Dokumentasjon fra prosjektering, bygging og idriftsettelse, eksempelvis:

- Dimensjoneringsforutsetninger
- Dimensjoneringskriterier
- Beskrivelse
- Hovedtegninger,
- Hovedskjema, hydraulikk og el-skjema
- Beregninger
- Detaljtegninger
- Drifts og vedlikeholdsinnstruksér

Driftsdokumentasjon, eksempelvis

- Rutiner for ulike operasjoner
- Resultat fra rutinemessige inspeksjoner og kontroller
- Beskrivelse av unormale hendelser

Denne detaljdokumentasjonen skal så parres med de ulike formalene en trenger dokumentasjonen til, slik at hver hovedgruppe bare har det som er nødvendig.

Viktige referanser: NVE-publikasjon nr.1 1991 Retningslinjer for stenge-/tappeorganer og rør.
NVE's sikkerhetshåndbok for vassdragsnett, pr. 1/10-95 med ialt 7 ulike retningslinjer