



Tillförlitlighet för avbördningssystem för fyra närliggande anläggningar

Agne Lärke, Fortum

Petter Eriksson, Fortum

Marie Westberg Wilde, ÅF

SwedCOLD 2017-04-04



Innehåll

- Bakgrund och frågeställning
- Metodik och exempel
 - Bakgrund
 - Analyssteg
 - Bedömningsgrunder
- Resultat
- Rekommendationer
- Nytt



Bakgrund och frågeställning

Bakgrund

- Borlängestationerna
 - Forshuvudforsen,
 - Kvarnsveden,
 - Bullerforsen och
 - Domnarvet
- Ligger nära varandra och har små dämningsområden och hög stighastighet
- Av största vikt att avbördningsystemens tillförlitlighet är hög
- Anläggningarna påverkar varandra och en störning i området kan drabba alla anläggningar





Bakgrund och frågeställning

Fortums dammsäkerhetsarbete – bakgrund till analysen

- Längs den analyserade älvsträckan pågår för närvarande dammsäkerhetsåtgärder vid Kvarnsvedens kraftverk. Förnyelse av falsvärmesystem samt förbättringar gällande avbördningssäkerhet.
- Dammsäkerhetsåtgärder planeras också vid Forshuvudforsens kraftverk i form av omfattande upprustning samt delvis ny dammkonstruktion.
- Dammsäkerhetsåtgärder utreds dessutom vid Domnarvets kraftverk.
- Behov av en samlad bild och analys för likvärdig bedömning på älvsträckan.
- Vattenhanteringen på berörd älvsträcka är känslig då vattenytorna uppströms och mellan kraftverken stiger mycket snabbt vid stopp i kraftstationen. Den avbördande funktion är därför av största vikt.
- Stighastigheten varierar mellan kraftverken från ca 0,3 m/h till ca 7 m/h vid utbyggnadsvattenföringen motsvarande 500 m³/s. I det senare fallet leder detta till överströmning inom ca 15 minuter.



Bakgrund och frågeställning

Fortums dammsäkerhetsarbete – bakgrund till analysen

- Vid störningar uppstår kraftiga svängningar i vattenytorna.
- De reglerande systemen, VNR, samt katastrofskydden, KAS, har under årens lopp genomgått diverse omkonstruktioner och justeringar. Någon sammanhållen analys av hur dessa delsystem fullt ut interagerar längs älvsträckan har inte tidigare utförts och detta behöver beskrivas.
- Konsekvenser vid ett haveri berör främst de industrier som har sin verksamhet längs älven. Kvarnsvedens pappersbruk tar sitt processvatten nedströms Kvarnsvedens kraftverk och SSAB (stålverk) tar sitt processvatten uppströms Domnarvets kraftverk. Störningar i deras verksamhet bedöms bli mycket kostsamma.
- Fortum kommer att arbeta vidare med resultaten från analysen så att rätt åtgärder vidtas vid varje enskilt kraftverk, i såväl pågående som kommande projekt. Fortum eftersträvar också att hitta en harmoniserande lösning avseende vattenhanteringen, så långt möjligt och rimligt, längs älvsträckan.



Bakgrund och frågeställning

Beskrivning av avbördningssystem

- Anläggningarna tillhör alla KKL 2 (Ännu ej beslutad dammsäkerhetsklass)

| | Forshuvudforsen | Kvarnsveden | Bullerforsen | Domnarvet |
|--|---|---|-----------------------------------|--|
| DG [m] | 150,39* | 139,15 | 125,3 | 113,85 |
| Utbyggnadsvattenföring [m ³ /s] | 500 | 500 | 500 | 400 |
| Antal luckor | 4 | 3 | 3 | 5 |
| Typ av luckor | Cylinderluckor med kuggstång | Segmentluckor, kuggstång (2), hydraul (1) | Segmentluckor med hydraulcylinder | Segmentluckor med kuggstång (4), hydraulcylinder (1) |
| Kraftförsörjning | VS | VS (2), LS (1) | VS & LS (2), VS (1) | VS (3), VS & LS (1), LS (1) |
| Reservkraft | Reservdiesel, mobil hydraulmotor för 2 luckor | Reservdiesel (2), Batteri (1) | Reservdiesel (3), batterier (2) | Reservdiesel (4), batterier (2) |
| Manöver | Fjärr/lokal (3), lokal (1) | Fjärr/lokal | Fjärr/lokal | Fjärr/lokal (4), lokal (1) |
| KAS | Nej | Ja (alla) | Ja (alla) | Ja (4) |
| Antal vinterluckor | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Avbördningskapacitet sommartid [m ³ /s] | 2047 | 2541 | 2107 | 1871** |
| Avbördningskapacitet vintertid [m ³ /s] | 607 | 1694 | 2107 | 710** |

* DG beror på vy i Tägten uppströms

** öppningsbegränsning på två luckor pga isolering samt längd på hydraulstång

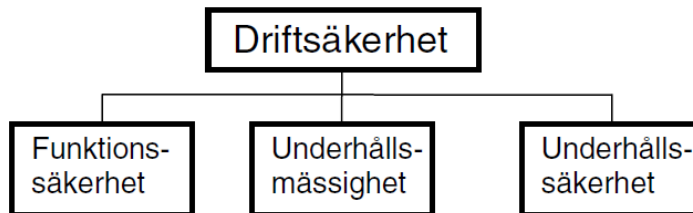


Metod

Bakgrund

- Ett systems tillförlitlighet påverkas av dess hårdvara, mjukvara, handhavande och miljö (SS 441 05 05). Tillförlitlighet för ett system bygger på dess *driftsäkerhet* som definieras som
- *Förmågan hos en enhet att kunna utföra krävd funktion under angivna betingelser vid ett givet tillfälle eller under ett angivet tidsintervall, förutsatt att erforderliga stödfunktioner finns tillgängliga.*

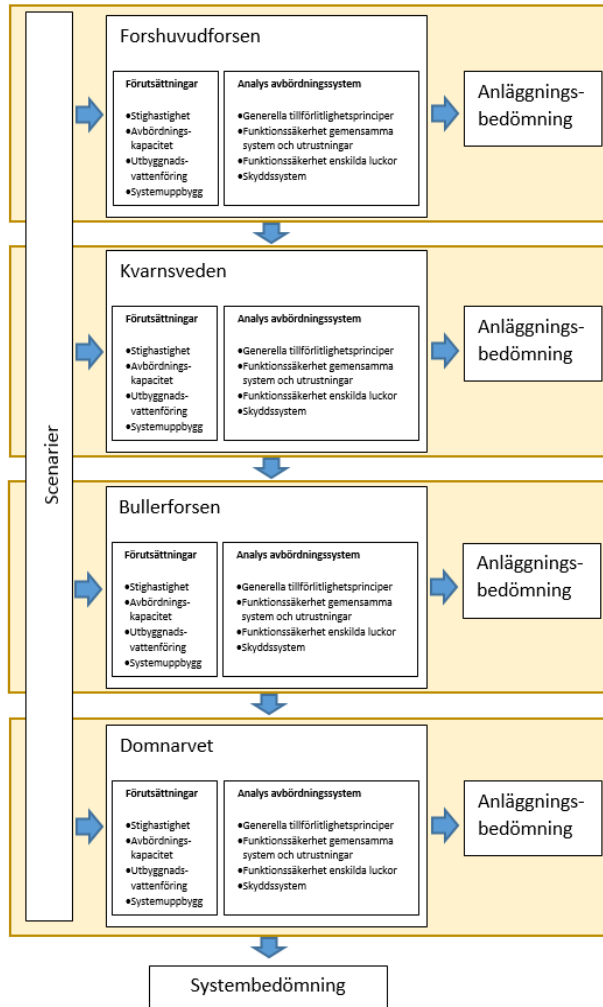
TILLFÖRLITLIGHET





Metod

Systemanalys





Metod

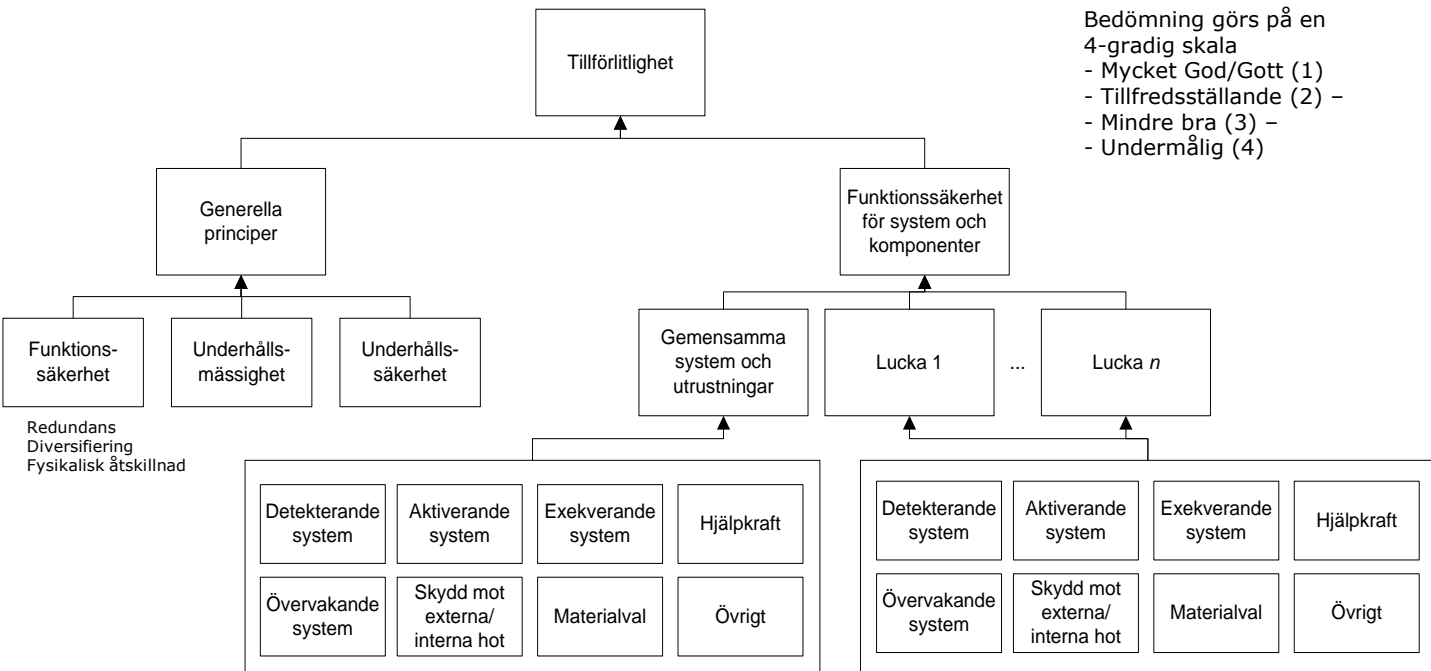
Scenarier

| Scenario | Analysförutsättningar och kommentarer | Tidsskala |
|---|---|--|
| 1. Högflöde | Alla luckor i drift. | Flöde som byggs upp under lång tid (veckor) |
| 2. Frånslag sommartid, stängda utskov | Alla luckor är i drift | Mycket snabbt förlopp, lucköppningshastighet viktigt |
| 3. Frånslag vintertid, stängda utskov | Endast vinterluckor i drift | Mycket snabbt förlopp, lucköppningshastighet viktigt |
| 4. Frånslag sommartid, delvis öppna utskov | Analys görs för 1200 m ³ /s. För flöden > 1200 m ³ /s går maskinerna sämre och beredskapen kan behöva förändras. | Mycket snabbt förlopp, delvis öppna luckor minskar stigningshastigheten med ökad vattennivå. |
| 5. Frånslag vintertid, delvis öppna utskov | Analys görs för 600 m ³ /s, flöden i den storleksordningen har inträffat i december | Mycket snabbt förlopp, delvis öppna luckor minskar stigningshastigheten med ökad vattennivå |
| Slagregn | Sommartid bedöms 4-500 m ³ /s extra innebära liknande påfrestning som scenario 4 och inkluderas där. | Snabbt förlopp. |
| Projekt | Projektspecifik analys nödvändig. | |



Metod

Analysindelning för respektive anläggning



Metod

Bedömningsgrunder

- Funktionssäkerhet för gemensamma system och enskilda luckor
- Tre olika faktorer analyseras
 - Dimensioneringsmarginal
 - Möjlighet att upptäcka och stoppa en felutveckling
 - Skick
- Bedömningen vägs sedan samman till ett värde enligt en fördefinierad "nyckel"

| | D | M | S | DMS |
|--------------------------------------|---|---|---|-----|
| ventiler | 1 | 1 | 2 | 1 |
| rör | 1 | 1 | 2 | 1 |
| slangar | 1 | 3 | 2 | 2 |
| Hydraulylinder, kolvstång, tätningar | 1 | 3 | 2 | 2 |
| | | | | |
| Instrumentering | 2 | | 2 | 3 |

- Kritikalitet kan inkluderas , här har vi valt att analysera detta utgående från respektive luckas "viktighet" för olika scenarier



Metod

Exempel kritikalitet (1/2)

- Bedöms utifrån hur viktig en lucka är för att klara avbördningen vid visst givet scenario

| | | Kritikalitet | | | | | Antal komb vid DG | antal komb > DG | Kommentar |
|---------------------------------------|--|--------------|------|------|------|-----|-------------------|-----------------|---|
| | | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 | | | |
| 1. Högfloöde | klass II-flöde 1786 m ³ /s. | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | om lucka 1 ej öppnar överdämning till 114,8 m. |
| | | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1 | 5 | Åtgärd Lucka 1 för full öppning |
| 2. Frånslag sommartid, stängda utskov | Alla luckor är i drift | 0,54 | 0,58 | 0,62 | 0,58 | 0 | 12 | 2 | |
| 3. Frånslag vintertid, stängda utskov | Endast vinterluckor i drift | 0,67 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | om endast lucka 2 öppnar överdämning till ca 114,5 m. |
| | | 0,8 | 0,6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | Åtgärd Lucka 1 för full öppning |
| | | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0 | 0 | 5 | 1 | Lucka 3 vinterlucka. |



Metod

Analys av vattennivåer som uppstår vid frånslag och KAS-öppning

- Luckornas öppningshastighet väldigt viktig pga den mycket höga stighastigheten.
- Tidstegsanalys av lucköppning-vattennivå har gjorts för några olika frånslagsfall (sommar/vinter/med VS/med endast LS)
- KAS öppningsschema
 - Initieringsnivå nås
 - Skvalptid inträder
 - Lucköppning 1 min
 - Vilotid 4 min
 - Skvalptid
 - Lucköppning
 - ...



Resultat

Övergripande frågor

- Vid samtliga anläggningar finns behov av åtgärder avseende och funktionssäkerhet m.a.p. redundans, diversifiering och/eller fysikalisk åtskillnad.
 - Gemensamma kabelvägar, gemensamma utrustningar/spelhus
 - Förbättringar behövs av vattennivåmätning
 - Förbättringar av KAS och optimering av dess funktion.
 - Vinterdrift – förbättrad redundans i form av fler vinterrustade luckor
- För underhållsmässighet konstateras att
 - Möjligheterna till fullskalig provtappning är begränsade. Full lucköppning är endast möjlig vid relativt kraftig vårfloed. Funktionsprov görs dock årligen i den utsträckning som är möjlig.
- *För underhållssäkerheten* konstateras att
 - Situationer på flera ställen samtidigt kan leda till en ansträngd situation för personalen.



Resultat

Kritikalitet

- Det finns utskovsluckor som bedöms vara mycket kritiska för säker avbördning. Några av dessa luckor har idag mindre bra tillförlitlighet. (Förstudier pågår)
- Erosionsskador, nedströms, gör att vissa luckor historiskt använts mer sparsamt än övriga luckor. (Förstudie pågår)
- Vid två av anläggningarna är kritikaliteten inte lika hög för luckorna, detta på grund av att luckorna är större (en lucka klarar ensam utbyggnadsvattenföringen). Vid en av anläggningarna är dessutom samtliga luckor vinterluckor.



Rekommendationer

Övergripande

- Prioritera åtgärder för sådant som bedöms "undermåligt".
- Låg dimensioneringsmarginalen = "inbyggd" svaghet i utformningen => säkerställ att skicket åtgärdas/upprätthålls till en hög nivå.
- Låg dimensioneringsmarginal + svårt att upptäcka och stoppa en felutveckling => ombyggnad kan behövas.

Slutsatser

- Se över rutiner och instruktioner
- Förbättra övervakningsfunktioner (lucka tillgänglig, brand mm)
- Bygg om KAS-systemet.
 - Säkerställ att KAS är separat placerat och oberoende av kraftstationen
 - Eventuellt bättre med PLC-baserad KAS för att klara ordinarie och reservkraft (LS)
 - Troligtvis måste initieringsnivån höjas för att inte KAS ska gå in vid ordinarie öppning



Nytta med metodik

- Tydliggör betydelse av avbördningsfunktionens delsystem och deras interaktion
- Viktigt att genomlysna betydelsen av lucköppningshastighet och inställningar på KAS vid mycket hög stighastighet
- Ger en samlad bild och ett underlag som möjliggör att fokus läggs på rätt saker vid planering av åtgärder såväl för enskilda stationer som för vattenhanteringen längs berörd älvsträcka.
- Möjligheten att hitta harmoniserande lösningar på hela älvsträcka ökar.
- Resultatet från tillförlitlighetsanalysen avseende avbördningssystem har tillfört ökad kunskap och förståelse för samtliga involverade i arbetet. AMD/ DS, projektledare, driftpersonal och automationstekniker m.fl.
- För två av anläggningarna pågår förstudier med fokus på dammsäkerhet. Säker avbördning bedöms vara den viktigaste frågan längs älvsträcka.