

ELFORSK



DAMMSÄKERHET

**Avbörningssäkerhet – Metoder och utrustning för
vattennivåmätning**

Rapport 01:20

Avbördrningssäkerhet – Metoder och utrustning för vattennivåmätning

Elforsk rapport 01:20

Avbördningsssäkerhet – Metoder och utrustning för vattennivåmätning

Elforsk rapport 01:20

**Stefan Lagerholm, Pontus Sjödahl
Sycon**

Sammanfattning

Mätning av vattennivån utförs vid kraftverksdammar av flera skäl. Förutom att ligga till direkt grund för reglering av kraftverksaggregat och utskov används vattennivåvärdet för övervakning i driftcentral och/eller kontrollrum samt för lokala dammsäkerhetsfunktioner som KAS (katastrofskydd). En tillförlitlig metod för vattennivåmätning är en förutsättning för att uppnå hög dammsäkerhet.

Med detta som bakgrund har målet för denna rapport varit att genomföra en översiktlig utvärdering av befintliga system för vattennivåmätning och att därigenom kartlägga ändamålsenligheter och brister i systemen, för att med detta som underlag diskutera konstruktionsaspekter och frågor kring systemuppbyggnad. Detta skall bidra till en högre säkerhet och tillförlitlighet i vattennivåmätfunktionen och därmed en förbättrad dammsäkerhet.

Rapporten omfattar en kortfattad beskrivning av befintliga system och en utvärdering av dessa med stöd i en genomförd enkätundersökning, som skickats ut till tre utvalda svenska kraftbolag. Dessutom beskrivs ett flertal olika konstruktionsaspekter som utövar inflytande på vattennivåmätsystemets funktionalitet. Slutligen ges ett par exempel på möjliga tekniska lösningar vid projektering av sådana system.

Summary

Today, the measurement of water levels at power station reservoirs is performed for several reasons. Firstly the water level value is essential for regulation through the operation of power producing units and spillways gates. Secondly it is used for operation control, automatic functions and alerts. A reliable water level measuring method is essential for a high level of dam safety.

With this in mind, the aim for this report has been to evaluate existing systems in order to estimate the positive as well as the negative aspects of the systems. Thereby it is possible to contribute to a safer and more reliable water level measuring function, which in the end leads to a higher level of dam safety over all.

This report consists of a brief description of existing systems and an evaluation of these. To be able to accomplish this properly a short inquiry investigation was carried out within some Swedish power companies. Furthermore the report also involve a discussion over different aspects concerning layout and functionality of the water level measurement system. At the end a few possible technical solutions are shown.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	MÅL	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	1
1.4	GENOMFÖRANDE	1
2	BEFINTLIGA SYSTEM	3
2.1	ALLMÄNT.....	3
2.2	BYGGNADSTEKNISKA KONSTRUKTIONER.....	4
2.3	MÄTUTRUSTNING/GIVARE	7
3	PROBLEMHANTERING	10
3.1	ENKÄTUNDERSÖKNING.....	10
3.2	RESULTAT FRÅN ENKÄTUNDERSÖKNING	10
4	DISKUSSION.....	12
4.1	KONSTRUKTIONASPEKTER.....	12
4.2	EKONOMI	17
5	EXEMPEL PÅ SYSTEM FÖR VATTENMÄTNING.....	18
5.1	TRADITIONELL PEGELUTFORMNING.....	18
5.2	ALTERNATIVA PEGELUTFORMNINGAR	18
6	SLUTSATSER.....	23
6.1	FORTSATT ARBETE	23
7	REFERENSER.....	24

Bilagor

A ENKÄT AVSEENDE INVENTERING OCH INCIDENTRAPPORTERING FÖR VATTENNIVÅMÄTNING

B RESULTAT FRÅN ENKÄTUNDERSÖKNING AVSEENDE INVENTERING OCH INCIDENTRAPPORTERING FÖR VATTENNIVÅMÄTNING

C SKISS ÖVER TRADITIONELL KONSTRUKTION AV PEGELFUNKTION.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport, som är ett led i Elforsks satsning på dammsäkerhet, behandlar system för vattennivåmätning.

Mätning av vattennivåer utförs idag vid kraftverksdammar av flera skäl. Förutom att ligga till direkt grund för reglering av kraftverksaggregat och utskov används vattennivåvärden för övervakning i driftcentral och/eller kontrollrum samt för lokala dammsäkerhetsfunktioner som KAS (katastrofskydd). Dessutom används värdena för historik och statistik samt kontroll av vattendomar.

En tillförlitlig metod för vattennivåmätning är en förutsättning för att upprätthålla acceptabel dammsäkerhet. I händelse av inkorrekta vattennivåmätvärden kan hela dammens säkerhet äventyras. Därför är det av yttersta vikt att hela systemuppbyggnaden för vattennivåmätning är funktionssäker och tillförlitlig. Till system för vattennivåmätning räknas alla ingående delar som erfordras för en komplett funktionalitet.

Befintliga system för vattennivåmätning uppfyller inte alltid generella krav på tillförlitlighet och effektivitet. Många olika lösningar finns för realisering av vattennivåmätfunktionen med varierande systemtänkande. I vissa extrema fall sker avläsning och överföring av resultat manuellt från mätplatsen med ålderdomliga metoder.

Kraven på vattennivåmätningssystem i dammsäkerhetssyfte varierar beroende på skilda förutsättningar för olika dammar, bland annat vad gäller stighastighet, känslighet för överströmning och konsekvenser vid överdämning/dammbrott.

1.2 Mål

Målet med denna rapport är att genomföra en översiktlig utvärdering av befintliga system för vattennivåmätning och att därigenom kartlägga ändamålsenligheter och brister i systemen, för att med detta som underlag diskutera konstruktionsaspekter och frågor kring systemuppbyggnad. Detta skall bidra till en högre säkerhet och tillförlitlighet i vattennivåmätfunktionen och därmed en förbättrad dammsäkerhet.

1.3 Avgränsningar

Projektet har varit begränsat i tid och resurser. Detta har lett till att arbetet hållits på en generell basis utan fokusering på detaljer.

1.4 Genomförande

Rapporten består huvudsakligen av fyra delar. I den första delen, kapitel 2, beskrivs uppbyggnaden av befintliga system. I den andra delen, kapitel 3, redovisas en utvärdering av befintliga system och en kortfattad incidentrapportering, gjord med hjälp

av driftspersonal vid ett antal svenska kraftverksbolag. Den tredje delen, kapitel 4, innehåller en diskussion om inverkande aspekter på vattennivåmätfunktionen. Avslutningsvis innehåller kapitel 5 exempel på utformning av system för vattennivåmätning vid nyprojektering.

2 Befintliga system

Långt tillbaka i tiden när elproduktion med hjälp av vattenkraftverk etablerades så var anläggningarna bemannade dygnet runt. Därvid ansvarade människan i stort sett för all styrning och övervakning av processen. Efter hand som driftprocessen utvecklades så infördes utrustning/system för en del av de funktioner som tidigare utförts manuellt. Exempelvis infördes vattennivåmätning med presentation av mätvärdet på ett instrument i kontrolltavlan.

Senare började också ett antal automatikfunktioner dyka upp samtidigt som man ville fjärröverföra mätvärdena. Idag är flertalet av landets anläggningar och dammar automatiserade och fjärrkontrollerade på ett eller annat sätt. Sammantaget innebär detta att utvecklingen lett till att människans roll vad gäller styrning och övervakning minskat radikalt till förmån för utrustning och system.

En utveckling som också tydligt kan skönjas är att antalet tillsynsbesök i anläggningarna minskas beroende på kostnadseffektiviseringar. Drift nära eller på dämningssgräns är ett annat exempel på förändringar som ställt förnyade krav på vattennivåmätfunktionen.

Samttaget finns alltså till viss del andra driftförutsättningar för vattennivåmätfunktionen än vad som var aktuella när många av systemen installerades. Exempelvis medför de längre tillsynsintervallen ett ökat behov av övervakningsfunktioner.

2.1 Allmänt

Generellt är vattennivåmätfunktionen en av de allra viktigaste funktionerna i en dammanläggning. Detta då ett korrekt vattennivåmätvärde är en förutsättning för hela anläggningens säkerhet och därmed även för person och egendom. Således är det av allra största vikt att stor omsorg ägnas just denna funktion.

Förutom av dammsäkerhetsskäl är ett korrekt vattennivåmätvärde av största vikt när det gäller att nå maximal produktion. Produktionen är proportionell mot fallhöjden och reglering bör ske vid dämningssgräns eller så nära denna som möjligt om det låter sig förenas med andra krav, såsom exempelvis korttidsreglering.

Vattennivåmätvärdet används idag för många olika funktioner, se exempel nedan:

- Fjärröverföring (-övervakning) till driftcentral
- Kraftstationsdrift, (reglering av aggregat-utskov)
- Säkerhetsfunktioner (katastrofskydd-KAS)
- Registrering av vattenytor (historik, statistik)

Vattennivåmätning för kraftstationsdrift innefattar även mätning för optimering av drift. Givare kan för detta ändamål placeras bakom intagsgrind, på tilloppstub och i sugrör. Mätningen bakom intagsgrind kan då användas som jämförande mätning mot ÖVY-

pegeln för fjärrkalibrering av mätvärdet från driftcentral och i extrema fall även som redundant mätvärde.

2.2 Byggnadstekniska konstruktioner

Valet av byggnadsteknisk konstruktion för vattennivåmätning har traditionellt sett påverkats av många faktorer. Många olika aktörer har varit inblandade och detta har lett till en mångfald av olika lösningar. Dessutom är förutsättningarna ofta olika vilket i sin tur bidragit till ytterligare fler lösningar. Det har därför inte funnits någon gemensam standardisering.

Exempel på faktorer som traditionellt spelat stor roll för valet av teknisk lösning är lokal geografi och topografi, vattensystemets dynamik, utvecklingsnivå hos instrument och mätteknik och klimatförhållanden för att bara nämna några.

Nedan har befintliga lösningar indelats i tre olika grupper efter de vanligaste lösningarna beträffande byggnadsteknisk utformning. Inom varje grupp förekommer naturligtvis variationer på detaljnivå.

2.2.1 Överbyggd pegelbrunn med tilloppsrör

I en grupp ingår konstruktioner som består av en pegelbrunn placerad i anslutning till magasinet eller den vattenvolym vars yta avses att mätas, se även figur 2.1 och 2.2. Brunnen står i förbindelse med vattenvolymen via ett tilloppsrör, vilket gör att brunn och vattenvolym fungerar som kommunicerande kärl och samma vattennivå inställer sig i de båda.

Pegelbrunnen, som normalt är av betong och har diametern ca 400-1000 mm, är överbyggd med en kur eller dylikt för att skapa en god miljö för mätrutiner, mätutrustning och övriga installationer. Kuren och brunnen är normalt uppvärmd för att förhindra isbildning i brunnen och skapa en god miljö för utrustningen.



Figur 2.1. Pegelbrunn vid kraftstation överbyggd med ett skåp (vänster) i vilket mätutrustningen, en analog vattennivågivare av typen kapacitiv vinkelgivare, är placerad (höger).

Tilloppsröret är isolerat eller förlagt på tillräckligt djup för att undvika tjälskador på röret samt förhindra att isproppar bildas eller att röret fryser igen.

Konstruktionen är mycket vanlig i anläggningar byggda före 1990. Vid nyprojektering av system för vattennivåmätning är denna lösning mindre vanlig främst på grund av kostnadsskäl. Lösningar med fler än ett tilloppsrör förekommer. Dessa har fördelen att säkerställa kommunikation med magasinet även i det fall ett av tilloppsrören sätter igen.



Figur 2.2. Pegelbrunn i kröndamm vid kraftstation (vänster). Mätutrustning placerad i brunnen (höger).

2.2.2 Rörkonstruktion monterad på dammen eller i kraftstation

I en andra grupp ingår byggnadstekniskt betydligt enklare konstruktioner än de i den första gruppen. Här avses lösningar där mätutrustningen sitter monterad i ett rör på uppströmssidan av betongdammen, se figur 2.3. Konstruktionen är byggnadstekniskt inte lika omfattande och därmed också billigare.



Figur 2.3. Rörkonstruktion, för vattennivåmätning monterad på kröddamm vid kraftstation.

Ett rör, med diametern ca 200-400 mm, är fäst vid betongdammen och är öppet nedtill så att samma vattennivå erhålls i röret som i magasinet.

I vattenlinjen, längs hela regleringsamplituden från sänkningsgräns till dämningssgräns, är röret försett med en skyddsplåt för att skydda mot is och drivgods. Kring röret ligger en värmeslinga eller annan form av uppvärmning i ett isoleringsskikt för att hålla röret fritt från is.

För att lätt kunna komma åt med tillsyn, service och underhåll är konstruktionen normalt utformad så att hela anordningen med uppvärmning och mätutrustning enkelt kan hissas upp.

Konstruktionen är förhållandevis enkel och vanlig vid nyprojektering.

Placeringen av röret begränsas av att det måste fästas på betongdammen. För att undvika en missvisande mätnivå placeras det med tillräckligt avstånd från utskov och intag så att strömningseffekter inte påverkar vattennivån.

Även varianter med placering av röret inuti kraftstationen förekommer. Härigenom erhålls en mycket bra miljö för utrustningen. Nackdelen är att det finns en risk för rörbrott till "brunnen" vilket kan medföra att vatten strömmar in i kraftstationen. En rörbrottsvakt kan monteras som skydd mot detta.

2.2.3 Mätutrustning utplacerad i magasinet

Till en tredje grupp hör konstruktioner där en mätutrustning (med tryckgivare) placeras direkt i den vattenvolym vars vattenyta ska mätas. Då behövs i princip varken brunn, rör eller annan konstruktion för att mäta en stående vattenyta. Istället mäts vattennivån direkt i magasinet.

Mätutrustning och kabel är placerade på ett sätt som skyddar från yttre påverkan. Detta kan vara exempelvis laster orsakade av vattenströmmar och vågor, påverkan från sedimenttransport eller is/frys relaterade problem

En vanligt förekommande lösning är att låta kabeln vara förlagd i ett betongrör och mätutrustningen monterad skyddat i ett stadigt läge på ett betongfundament.

Konstruktionen är enkel och billig.

2.3 Mätutrustning/givare

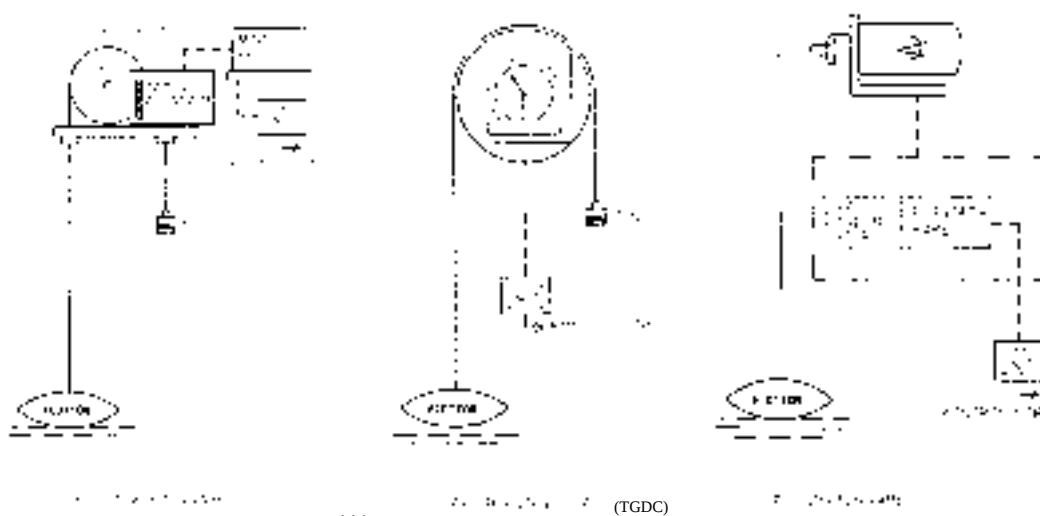
Normalt består en mätutrustning för vattennivåmätning av nedanstående delar:

- Givare inklusive eventuell förstärkare och mekaniska detaljer för avkänning av vattenytan, ex. flottör, lina och linhjul
- Överspänningsskydd
- Kopplingslåda inklusive anslutningsdon för elektrisk anslutning av mätutrustningen

De vanligaste förekommande givartyperna är därvid:

- Resistansgivare (TGDC)
- Kapacitiva vinkelgivare
- Optiska kodgivare (BCD)
- Ultraljudsgivare
- Tryckgivare
- "Bubbelpegel"

Även andra typer av givare förekommer. Ett exempel är radargivaren.



Figur 2.4. Exempel på olika typer av givare för vattennivåmätning.

Förutom givare, som ger en utsignal som är proportionell mot vattennivån, förekommer digitala givare (vakter) som växlar sitt kontaktläge vid viss inställd vattennivå. Historiskt har detta lösts genom användandet av på vattennivågivaren (typ TGDC, vinkelgivare, optisk givare) påbyggda signalkontakter. Dessa kontakter växlar läge beroende på mekanisk påverkan från flottören, antingen via flottörlinan/bandet eller via givarens "mätjul". Andra varianter är i "bollar" inbyggda kontakter, exempelvis av typen kvicksilverströmbrytare, som växlar läge då vattenytan stiger/sjunker och

därigenom påverkar bollens läge. Dessutom finns en tredje variant som utgörs av ett metallrör (stång) med inbyggda reed-reläer som påverkas av en flottör som löper på stången.

2.3.1 Resistansgivare (TGDC)

TGDC-givaren består av en resistansbana vars resistans påverkas av en flottör som är nedsänkt i vattnet. Givartypen, som företrädesvis installerades under 50- och 60-talen, uppvisar idag en hög felfrekvens på grund av kontakt- och oxidationsproblem. Dessa problem har varit speciellt märkbara i de fall man använt en resistans till ström/spänningsomvandlare för att erhålla en utgångssignal i mA eller mV.

2.3.2 Kapacitiva vinkelgivare

Kapacitiva vinkelgivare bygger på en variabel kapacitans som förändras beroende på anslutningsaxeln mekaniska vridningsvinkel. Denna vridningsvinkel påverkas av en flottör som flyter på vattenytan. Vinkelgivarna är uppbyggda med elektronik och kan erhållas med många olika utsignalsnivåer, exempelvis 4-20 mA. Givartypen installerades framförallt under senare delen av 70-talet och hela 80-talet. Givartypen har visat sig fungera bra, dock måste elektroniken skyddas för påverkan från överspänningar med hjälp av överspänningsskydd.

2.3.3 Optiska kodgivare

Optiska kodgivare bygger på avläsning av en kodskiva vars läge förändras beroende på vattenytans läge. Anslutning mekaniskt till givaren sker även här med hjälp av en flottör. Utgångssignalen är i många fall BCD-kodad vilket innebär att det krävs många ingångar vid anslutning till en PLC och/eller till ett fjärrkontrollsystem. Givartypen har fungerat bra, men då den innehåller elektronik måste den också i de flesta fall förses med överspänningsskydd.

2.3.4 Ultraljudsgivare

Ultraljudsgivare sänder ut ultraljud, vilket reflekteras mot aktuell vattenyta. Därvid bestäms avståndet mellan vattenytan och ultraljudsgivaren och därmed också vattennivån. Driftserfarenheterna av givartypen är blandad - det finns både såväl positiva som negativa erfarenheter av givartypen. De negativa erfarenheterna fokuserar mycket på att det är svårt att få ett stabilt mätvärde på grund av att mätvärdet "driver". Det kan därvid antas att konstruktion och kvalitet på givaren är avgörande.

2.3.5 Tryckgivare

Tryckgivare består av en trycksond och en elektronisk förstärkare. Installationen är mycket enkel då givaren "hissas" ner i vattnet till en lämplig nivå med avseende på det mätområde man vill uppnå (inom givarens kapacitet givetvis). En stor fördel med denna typ av givare är den smidiga installationen samt enkelheten att ta den i drift. Andra fördelar är att med rätt valt mätområde på givaren så kan samma givartyp användas i flera kraftverksdammar vilket underlättar reservdelshållning. Nackdelarna är känsligheten för överspänningar samt att det förekommer att mätvärdet driver. Det sist nämnda har säkerligen att göra med den aktuella givarens konstruktion och kvalitet rent

allmänt. Givartypen har blivit mycket vanlig sedan början av 90-talet och är idag den mest frekventa vid nyinstallation.



Figur 2.5. Tryckgivare för vattennivåmätning.

2.3.6 Bubbelpegel

Bubbelpegel är en givartyp som framförallt förekommer i vattenmagasin med stora nivåvariationer (årsregleringsmagasin). Detta då den är speciellt lämplig vid stora nivåvariationer. Principiellt består pegeln av ett smalt rör som är nedsänkt i vattnet. Till munstycket på detta rör förs kontinuerligt en liten mängd luft (som tillåts "bubbla" ut i vattnet) vars tryck mäts i en yttre utrustning. Detta tryck motsvarar vattenytans läge. Denna typ av pegel har visat sig vara svår/arbetskrävande att ställa in, kräver en hel del underhåll samt har en relativt hög felfrekvens.

2.3.7 Radargivare

Radargivare sänder ut radarvågor, som reflekteras mot aktuell vattenyta. Avståndet mellan givarplacering och vattenyta kan på så sätt bestämmas, och därmed också vattennivån. Givaren är känslig för åska som all elektronik och måste därför förses med överspänningsskydd. Mycket hög noggrannhet erhålls, men då den har använts i begränsad utsträckning för vattennivåmätning är dess långsiktiga tillförlitlighet oklar.

3 Problemhantering

Ett naturligt led i arbetet med att förbättra system för vattennivåmätning är att identifiera hur dessa system fungerar idag samt att kartlägga vilka problem som förekommer. Som ett hjälpmedel för att beskriva situationen idag har en enkät skickats ut till utvalda dammägare. Dessutom har driftspersonal intervjuats.

3.1 Enkätundersökning

Enkäten, som återfinns i sin helhet i bilaga A, utformades i två delar. Första delen avsåg en inventering för att utreda tillförlitligheten hos givarna samt förekomsten och graden av redundans och övervakningssystem. Den andra delen var en incidentrapportering för hela vattennivåmätssystemet under den senaste tioårsperioden.

För att få arbetet praktiskt genomförbart är enkäten enkelt utformad med svarsalternativ indelade i relativt grova intervaller. Resultaten från enkätundersökning ger därför endast en grov uppfattning om vattennivåmätfunktionen och dess problem, men inte några exakta svar på omfattning eller utbredning av dessa.

Enkäten skickades ut till berörd personal inom koncernerna Vattenfall, Sydkraft och Birka. Totalt nio svar returnerades och uppskattningsvis täcktes ca 500 vattennivåmätutrustningar in av undersökningen. Den geografiska spridningen var tillfredsställande vilket bör ge en representativ bild av situationen i landet.

3.2 Resultat från enkätundersökning

Följande grova slutsatser och bedömningar har dragits av de inkomna enkätsvaren. En noggrannare redovisning av inkomna enkätsvar görs i bilaga B.

- Undersökningen omfattade ca 500 vattennivåmätutrustningar.
- Givarnas tillförlitlighet angavs överlag som god, med få undantag. Bland de olika typerna av givare ansågs ultraljudsgivare och tryckgivare som mest tillförlitliga.
- Få anläggningar har redundans, dvs. två av varandra oberoende funktioner, längs hela funktionskedjan. Vanligare är att endast en viss del av funktionskedjan har redundans, eller att ingen redundans över huvud taget förekommer.
- För övervakningssystem är det relativt vanligt förekommande med övervakning av hjälpkraft samt övervakning av utsignal (mätvärde). Ovanligt är övervakning av isfrihållning av pegelbrunn samt övervakning genom jämförelse av två helt oberoende vattennivåmätvärden.
- Incidentrapporteringen visar på att de vanligaste felen som uppkommer i funktionskedjan är att:
 - isproblem/frysning uppstår i pegelbrunn och/eller tilloppsrör.

- överspänning/åska orsakar fel någonstans i kedjan från givare till kontrollrum/driftcentral.
- komponentfel/instrumentfel företrädesvis hos givarna.
- igensättning leder till att tilloppsror blockeras.
- kommunikationsfel uppkommer i överföring till kontrollrum/driftcentral.

Övriga synpunkter som framkom var följande:

- Varje pegelbrunn bör utrustas med två av varandra oberoende tilloppsror för att minimera risken för utebliven funktion på grund av igensättning av tilloppsroret.
- För tryckgivare lönar det sig att satsa på kvalitetsutrustning och inte bara titta på inköpspriset. Detta då billigare alternativ i en del fall har ett mätvärde som "driver".

I de fall solcellspaneler används till batterier för teleöverföring bryts forbindelsen om snö eller is lägger sig på panelen.

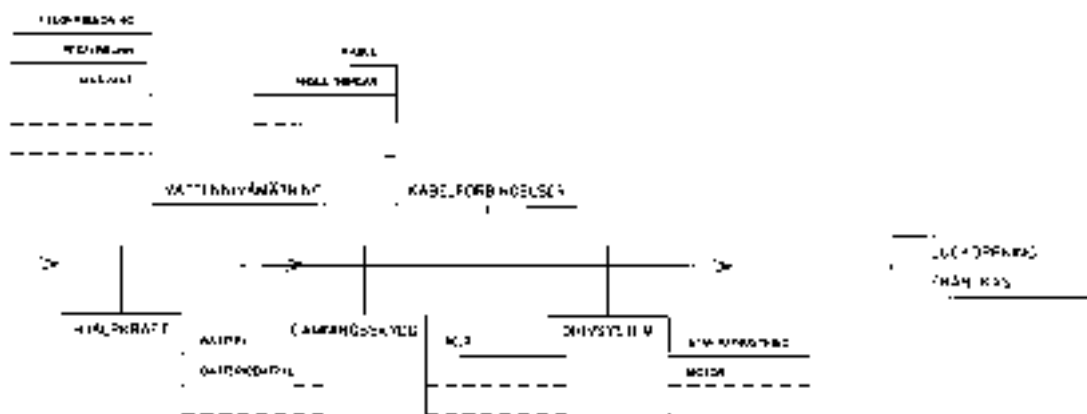
4 Diskussion

4.1 Konstruktionsaspekter

4.1.1 Systemuppbyggnad

Som tidigare nämnts är en fungerande vattennivåmätfunktion fundamental för hela anläggningens säkerhet. Grunden för att uppnå detta är en korrekt systemuppbyggnad. De eventuella felaktigheter som inträffar i detta stadium kan medföra ödesdigra konsekvenser som i fallet vattennivåmätning även kan leda till dammbrott.

Vid systemutformning så är det viktigt att beakta att det är många länkar som måste fungera ihop för att en korrekt funktion skall uppnås. Nedanstående bild är därvid ett exempel på länkar som kan ingå i ett system:



Figur 4.1. Schematisk bild över funktionskedja för dämningsskydd (KAS).

Vid systemutformning av ett vattennivåmätsystem så måste de aktuella anläggningsförutsättningarna identifieras och beaktas vid systemutformningen. Speciellt viktigt är därvid att identifiera vilka konsekvenser en felfunktion kan medföra. Om konsekvenserna av en felfungerande vattennivåmätfunktion är allvarliga så kan detta medföra en systemutformning med redundanta, dvs. helt oberoende, vattennivåmätfunktioner. Därvid måste alla delar vara skilda åt, se exempel i figur 4.1 ovan.

En korrekt vattennivåmätning är också viktig för att kunna utnyttja dämningssgränsen fullt ut och därigenom optimera produktionen. Som exempel kan nämnas att vid en situation med total fallhöjd på 10 m kommer en sänkning av fallhöjden med 1 cm att medföra minskad produktion med 1 promille. Produktionshöjning i turbiner, generatorer och transformatorer kan vara betydligt svårare att genomföra jämfört med den höjning av produktionen som fås genom att hålla korrekt vattenstånd.

Kraven på ett system för vattennivåmätning är att:

- Systemet skall vara lättplacerad i olika lokala förhållanden.
- Systemet skall vara lättinstallerat.
- Systemet skall ge tillförlitliga och tillräckligt noggranna mätresultat.
- Systemet bör vara uppbyggt av standardkomponenter.
- Drift och underhåll av systemet skall vara enkelt.
- Systemet skall vara beständigt mot miljöpåverkan, exempelvis väder, vind, EMC, etc.
- Systemet skall kunna motstå skadegörelse.
- Systemet skall vara självövervakande till viss del.
- Systemet skall vara kostnadseffektivt.

4.1.2 Underhåll

Konstruktionen ska vara utformad så att den är lättillgänglig för tillsyn, underhåll och reparation. Kontroll av samt eventuellt utbyte av utrustning ska kunna utföras enkelt vid behov. Sådana åtgärder ska kunna utföras året runt vilket också medför att det skall vara möjligt att ta sig fram till mätpunkten vid olika väderförhållanden.

En fast pegelskala bör finnas intill mätgivaren i pegelbrunnen för att underlätta kontroll och tillsyn av pegelfunktionen samt kalibrering av mätsystemet.

Regelbundna kontroller bör utföras och då i fullskala så långt möjligt. Detta kan exempelvis ske genom att fylla en pegelbrunn med vatten och på så vis simulera en nivåändring. Mätvärdet kontrolleras sen vid "slutstationen".

Konstruktioner med tilloppsrör ska vara utformade så att rensning av rören kan utföras.

4.1.3 Mätpunktens placering

Placeringen av mätsystemet styrs av yttre förutsättningar och mättekniska faktorer såsom påverkan från omgivande miljö, utseende på aktuell representativ vattenvolym, möjligheter till överföring av mätvärden. Dessutom inverkar kravet på tillgänglighet, byggtekniska aspekter, arbetstekniska skäl under byggnationsperioden, markjuridiska skäl, etc. Utrustningen måste också vara möjlig att nå vid alla årstider.

Placeringen styrs av att mätgivaren skall ge representativa mätvärden av vattennivån hos den vattenyta man är intresserad av. Grundprincipen, i det fall pegelbrunn saknas och tryckgivare används, är att mätgivaren placeras tillräckligt djupt i vattnet och att vattnet är någorlunda stillastående vid mätpunkten. Placeras givaren för grunt kan den skadas av drivgods eller is. Hänsyn bör tas till lokala strömningsförhållanden. För att kunna mäta representativ vattennivå får inte givaren placeras för nära intag eller utskov i damm eller i sektioner i vattenvägar med hög vattenhastighet, som till exempel vid forsar, trösklar eller avsmalningar. Vid stor tappning genom utskov kan - beroende på placering av utskov, kraftstation och pegel - en pegel komma att visa ett visserligen korrekt värde

men inte det som är relevant för agerandet ur dammsäkerhetssynpunkt. Exempelvis kan värdet nära utskovet vara lägre, men en lågpunkt i dammen längre uppströms ha en betydligt högre vattennivå.

Vågor eller snedställd vattenyta på grund av vind kan ge andra vattennivåer än intressant genomsnittlig vattenyta.

För vattennivåmätvärden som skall användas för reglerändamål får inte eftersläpningen, dvs dödtiden, vara för stor med avseende på reglersystemets stabilitet och snabbhet. Dödtiden påverkas av tilloppsrörets flödeskapacitet inklusive eventuell strypning samt av arean på mätbrunnens vattenyta. Är arean av vattenytan stor och flödeskapaciteten liten blir systemet i vissa fall alltför trögt.

Viktigt är också att mätpunkten inte påverkas vid svallning då detta exempelvis kan orsaka oönskad KAS-funktion. För en pegelbrunn med tilloppsrör kan svallningseffekter minimeras exempelvis genom att en reglerbar ventil, eller annan typ av flödesdämpning, placeras på tilloppsröret. Vid strypning av tilloppsröret ökar dock risken för igensättning. I vissa fall kan det då vara bättre att lägga in en mjukvarumässig filtrering av mätsignalen.

Placeringen skall medge acceptabel överföring av mätdata. Skall till exempel mätdata sändas via radiovågor bör mätutrustningen placeras på sådan plats att sändningen underlättas. Exempelvis bör omgivningarna utge förutsättningar för en lättplacerad sändningsmast, på tillfredsställande höjd utan skymmande föremål i omedelbar närhet.

4.1.4 Frost och is

Är mätsystemet känsligt för låga temperaturer måste det isoleras mot kyla och/eller värmas upp under den kalla perioden.

Systemet bör skyddas för mekanisk påverkan av is, antingen genom att det skyddas mekaniskt, till exempel med skyddsplåtar, betongrör, jordfyllnad, etc., eller att det placeras utom räckhåll från is genom att mätutrustningen förläggs under lägsta möjliga isnivå (tryckgivare). Även kablar, stag och liknande tillbehör till mätutrustningen skall dimensioneras för islaster och iserosion.

Sådan vattenvolym som mäts får inte frysa. Inte heller vatten som kommunicerar med den mätta vattenvolymen får frysa. Det innefattar vatten i tilloppsrör mellan pegelbrunn och magasin. Tilloppsrör måste dessutom förläggas utom räckhåll för tjäle så att inte rören skadas.

Behöver mätutrustningen nås under vintern, bör halksäkerheten vid isbildning lösas av personsäkerhetsskäl.

4.1.5 Vågor

Vågkrafter får inte rubba eller skada mätutrustning med tillhörande utrustning (kablar, stag, transportgångar). Snabba vattentrycksvariationer orsakat av vågor får inte inverka

på mätdata. Lämpligen placeras utrustningen så skyddat som möjligt där vinden har en kort stryklängd.

4.1.6 Drivgods

Systemet bör på samma sätt som vid ispåverkan skyddas för påverkan av drivgods. Stötar från drivgods kan skada utrustning. Drivgods kan även flyta under vattenytan. Anhopningar av ris och bråte kan störa funktionen hos mätgivaren och även skada en djupt placerad utrustning. Utrustningen bör inte placeras i strömfåra där drivgods kan tänkas förekomma men inte heller i sådana lugna vatten där drivgods anhopas till större djup.

4.1.7 Val av byggnadsmaterial

Byggnadsmaterialet skall utgöra en säker plattform där mätutrustning skyddas mot påverkan av laster och miljömässig nedbrytning. Materialvalet skall vara ekonomiskt vid inköp, byggande och underhåll. Materialvalet hänger ihop med vilken byggnadsteknisk utformning mätsystemet får. För placering av mätutrustning i pegelbrunn eller direkt på sjöbotten eller fundament kan ofta betong vara att föredra på grund av dess motståndskraft mot laster och miljöangrepp och det är enkelt att fästa mätutrustning. Skyddas utrustningen även av annat material, såsom jord, sten, etc., kan byggnadsmaterialet vara ett mindre beständigt material, till exempel plast i form av plaströr.

Byggnadsmaterialet skall väljas med hänsyn till gällande miljökrav.

Betongdelar skall utformas så de blir beständiga mot förekommande laster och eventuella miljöangrepp, som exempelvis aggressiva ämnen eller frostangrepp.

Metall skall vara beständigt mot korrosion.

Plast skall klara förekommande laster och miljöpåverkan, till exempel aggressiva ämnen och solljus.

4.1.8 Byggnadstekniska alternativ

Generellt kan sägas att vilken byggnadstekniskt alternativ som väljs beror mycket på de lokala förhållandena och vilken mätutrustning som väljs. Ekonomin för olika alternativ spelar också en stor roll. De lokala förhållandena som inverkar kan vara vilken typ av undergrund det är (hög eller låg hållfasthet, vatteninnehåll, etc.) och hur åtkomlig byggplatsen är för byggtreprenören. Är platsen svåråtkomlig, med exempelvis svår terräng, förlagd otillgängligt långt från vägar eller dylikt, så kan en lösning med lätta komponenter vara att föredra. Som exempel kan PVC-rör användas istället för betongrör.

4.1.9 Val av givare

Valet av givaren styrs i första hand av nedanstående faktorer:

- Önskat mätområde
- Önskad utsignal
- Reservdelshållning
- Installation
- Kvalitet - tillförlitlighet
- Livslängd
- Intrimning
- Drift, tillsyn och underhåll
- Pris

Val av mätområde skall alltid ske så att det finns möjlighet att ställa in det driftområde som kan vara aktuellt för de funktioner som skall anslutas till givaren. Speciellt skall påpekas att det i förvånansvärt många fall visat sig att mätområdet för den givare som används för fjärröverföring till driftcentral är för litet. Detta har resulterat i att driftcentralen inte noterat vattennivåhöjningar beroende på att givarens mätområde varit i "topp". Konkreta exempel på detta har också visat sig under de höga sommarflöden som varit under år 2000.

Givarens utsignal bör vara med "levande nollpunkt", exempelvis 4-20 mA. Detta möjliggör viss övervakning av givarens funktionalitet.

4.1.10 Kraftförsörjning

Kraftförsörjningen till vattennivåmätutrustningen är fundamental för en fungerande vattennivåmätfunktion. Viktiga konstruktionsaspekter är därvid:

- korrekt hjälpspanning
- beaktande av spänningsfall fram till givare
- beaktande av risken för att överspänningar via kraftförsörjningen kan slå ut givaren
- selektivitet

Toleranser och allmänna kvalitetskrav på givarens hjälpkraftförsörjning finns att hämta i databladet och måste beaktas för alla de driftfall som kan vara aktuella. Monteras överspänningsskydd så måste det beaktas att dessa normalt medför spänningsfall i kraftförsörjningskretsarna. Långa avstånd mellan kraftmatning och givare kan också ställa till problem vad gäller spänningsfall.

Det måste också beaktas att man får selektivitet i de kretsar som tillhör kraftförsörjningen. Detta är speciellt viktigt om mindre kraftaggregat, AC/DC alt DC/DC, utnyttjas för hjälpkraftmatning av flera givare.

4.1.11 Överspänningar

Moderna utrustningar innehåller mycket elektronik samtidigt som utrustningarna i många fall är placerade i en utsatt miljö (dammen) och med långa anslutningskablar. Detta gör sammantaget att överspänningar, från framförallt åska, kan generera problem som i värsta fall kan innebära att utrustningen går sönder. Risken för att drabbas av

skador/felfunktion kan minimeras genom en korrekt systemuppbyggnad. I detta ingår avskärmning (exempelvis placering av utrustningen i någon form av metallisk pegelkur), korrekt jordning, korrekt dimensionerade överspänningsskydd samt inte minst val av givare där tillverkaren tydligt angett vilka miljökrav som gäller för givaren. Se vidare anvisningar i Elforsk Rapport, Åskskydd av vattenkraftanläggningar.

4.1.12 Fjärrkontroll

De funktioner som normalt är aktuella är överföring av mätvärden och signaler från digitala nivåvakter. De digitala nivåvakterna utnyttjas oftast för övervakning av vattennivåmätfunktionen (analoga mätvärdet). Oftast är de placerade i samma pegelbrunn vilket innebär att övervakningens omfattning är starkt begränsad.

4.1.13 Övervakningsfunktioner

Det är av allra största betydelse att det finns relevanta övervakningsfunktioner för vattennivåmätfunktionen. Detta då en tidig felsignalering medför en möjlighet att åtgärda felet innan det leder till en allvarlig konsekvens (i värsta fall dammbrott). De ökade intervallerna för tillsyn gör också att behovet av övervakningsfunktioner ökar.

Exempel på funktioner att övervaka:

- Hjälpkraft
- Mätsignal (ex. m h a levande nollpunkt)
- Eventuella omkopplare/strömställares lägen
- Pegelns uppvärmnings- och isfrihållningsfunktion
- Brand
- Inbrott

Den bästa formen av övervakning erhålls dock om man arrangerar två helt oberoende vattennivåmätfunktioner och övervakar dessa mot varandra. Härvid täcker man in de flesta fel som kan uppkomma med endast en övervakningsfunktion.

4.1.14 Övrigt

Systemet skall konstrueras med hänsyn till brandrisk, inbrott och sabotage. Härvid kan brandövervakning och inbrottslarm behövas.

4.2 Ekonomi

Alla kostnader under systemets livstid skall kapitaliseras och ställas mot förväntade besparingar och intäkter.

Generellt gäller att priset normalt är av underordnad betydelse, beträffande givare och mätutrustning, då vattennivåmätfunktionen är fundamental för dammens säkerhet. Däremot är ekonomiska frågor ofta styrande vid val av byggnadsteknisk lösning.

5 Exempel på system för vattenmätning

5.1 Traditionell pegelutformning

I skiss i bilaga C återfinns ett typiskt exempel på en traditionell pegelutformning.

Konstruktionen är uppbyggd i anslutning till uppströmsslänt till en befintlig fyllningsdamm. Betongfalsrör med inre diametern 1200 mm är sammanfogade, placerade i en sprängstensfyllning och utgör pegelbrunn, som överbyggs med ett pegelskåp. I botten står brunnen via ett tilloppsrör i förbindelse med vattenvolymen som avses att mätas.

Tilloppsröret, som är ett PVC-rör med yttre diametern 110 mm, är ute i vattnet förankrat stadigt på ett betongfundament och änden är proppad och perforerad med hålrader om ϕ 10 mm och c/c 50 mm. Därigenom hålls röret rent från större partiklar som kan leda till igensättning. I inre änden av röret är en reglerbar ventil placerad för att möjliggöra inställning/strykning och därigenom utjämning av flödet så att svallningsproblem i röret undviks och en stabil vattenyta erhålles.

Mätinstrument och installationer för uppvärmning/isfrihållning placeras i god miljö i brunnen.

5.2 Alternativa pegelutformningar

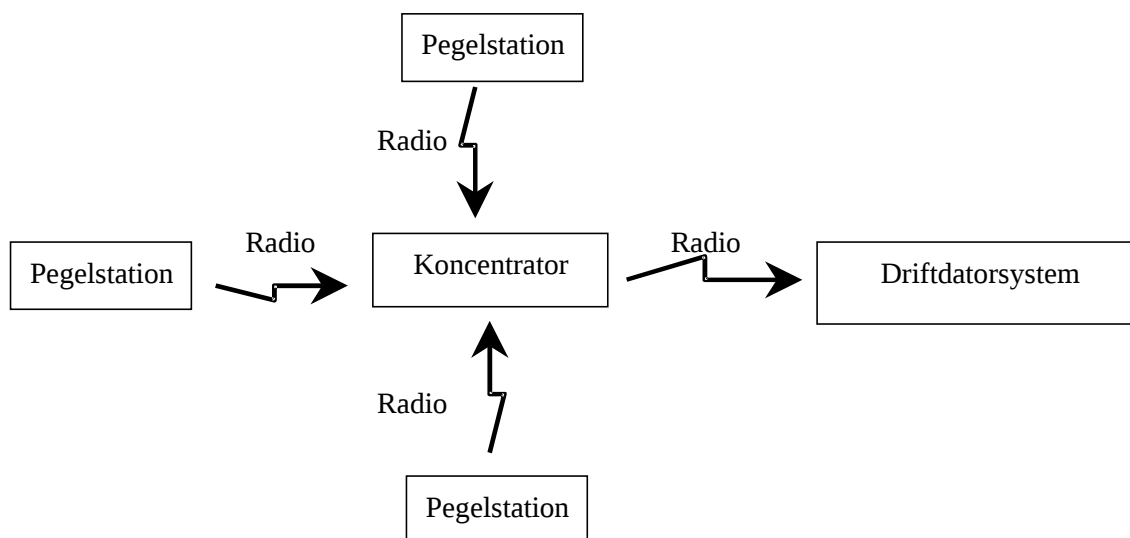
Ibland är mätpunkter för vattennivåmätning placerade på svårtillgängliga platser där det är svårt och dyrt att åstadkomma ledningsbunden kommunikation. Dessutom är ledningsbunden kommunikation i sig en risk i en högflödessituation, överbelastning i krissituationer, bortspolning av ledningar, etc. Därför presenteras här två idéer på hur system kan utformas utan att vara beroende av gängse infrastruktur. Båda alternativen har testats och fungerar men endast alternativ 1 finns i drift.

Dessutom visas, i kapitel 5.2.3, olika tänkbara principiella utformningar byggnadskonstruktionsmässigt.

5.2.1 Exempel 1 (radiokommunikation)

Systemet fungerar som visas i figur 5.1 och förutsätter ett relativt kort avstånd mellan pegelstation och en uppsamlingspunkt, en koncentrator, maximalt cirka 2 mil. Avståndet kan variera med terrängtyp, hinder i terrängen och typ av använd frekvens samt effekt på radiosignaler.

En eller flera pegelstationer sänder data till en koncentrator som i sin tur skickar datamängden vidare till driftdatorsystemet i driftcentralen. Pegelstationen består bland annat av en tryckgivare, en klocka, ett batteri och en radiosändare. Hela strömförsörjningen av pegelstationen kommer ifrån batteriet. Alla komponenter är så strömsnåla som möjligt och hela stationen ligger i viloläge när inga mätdata skall lämnas.

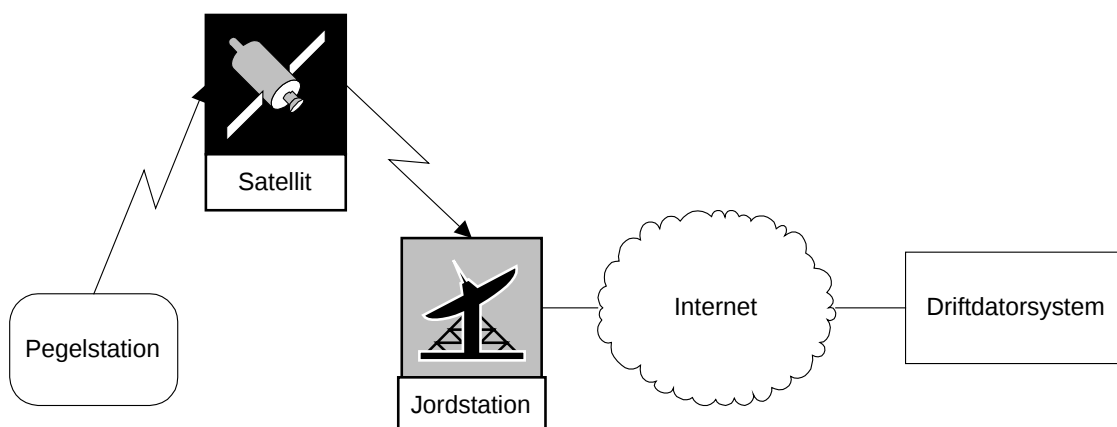


Figur 5.1. Alternativ med flera pegelstationer som sänder data till en koncentrator som i sin tur skickar datamängden vidare till driftdatorsystemet i driftcentralen.

Vid vissa inprogrammerade klockslag vaknar utrustningen till liv. Tryckgivaren mäter trycket vilket motsvarar vattennivån och detta värde skickas via en vanlig radio till en koncentrator. Koncentratorn kan lämpligen ligga vid en kraftstation. Där skickas datamängden från alla pegelstationerna vidare till driftcentralens dator i det protokollformat som datorn använder. Allt sker automatiskt. Om exempelvis ett värde skickas per dag från pegelstationen så räcker batteriet i ungefär ett år utan omladdning. Solceller används inte på grund av åverkan eller stöldrisk.

5.2.2 Exempel 2 (satellitkommunikation)

Systemet fungerar som visas i figur 5.2 och kan användas när avståndet mellan pegelstationen och koncentratorn är stort, över ca 2 mil.



Figur 5.2. Alternativ där varje pegelstation sänder mätvärden via satellit, jordstation och email till driftcentralen.

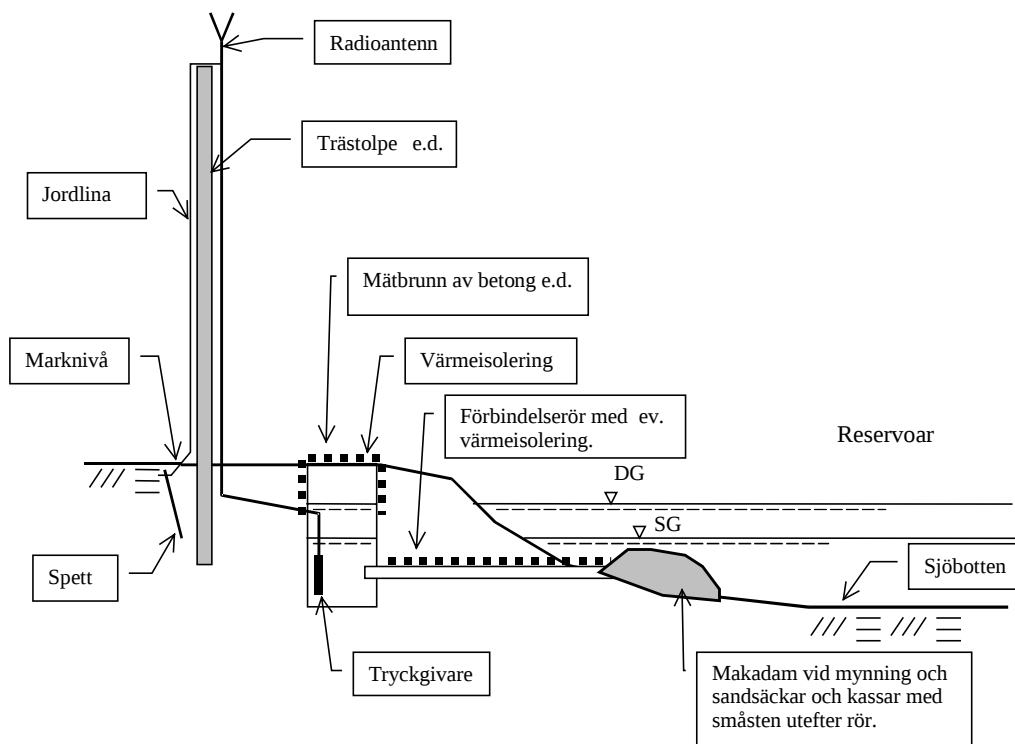
Varje pegelstation skickar per satellitradio mätvärden upp till en satellit. Satelliten skickar i sin tur ner datamängden från samtliga pegelstationerna till en jordstation. Jordstationen skickar sedan via email datamängden vidare till driftcentralen där den omvandlas till lämpligt format för driftdatorn. Pegelutrustningen är likadan som i alternativ 1 förutom radiotypen. Mätgivaren mäter vattennivån vid vissa tidpunkter som förut, men väntar med att skicka dem till satelliten tills den passerar i sin bana.

I ett aktuellt projekt år 1998 användes ett satellitsystem med 12 satelliter. Dessa satelliter var för få för att erhålla god täckning. Det uppstod ibland väntetider innan nästa satellit passerade på som maximalt 11 timmar. Idag år 2000 är systemet fullt utbyggd med 36 satelliter och därför torde gångtiden för mätvärdena mellan pegelsystem och driftcentral vara nere i mellan några minuter och en halvtimme. I det aktuella fallet var jordstationen placerad i Italien och datamängden skickades därifrån per email. Ett speciellt dataprogram omformade detta email till ett format som driftcentralens dator per automatik kunde ta till sig.

5.2.3 Pegelstationens byggnadstekniska utformning

Finns väl en säker placering för pegelstationens utrustning kan den placeras på ett relativt enkelt sätt med standardkomponenter. Finns ej ett bra alternativ till placering måste ett nytt sådant byggas. Det finns troligen en mängd möjliga utformningsalternativ beroende på beständighetskrav, lokala förhållanden, konstruktör och entreprenör. Här visas två exempel på utformningar som kan vara lämpliga i de fall inget fast underlag finns ute i vattnet för infästning av utrustning, som till exempel dammkropp, brofundament eller dylikt. Generellt kan sägas att utformningen skall:

- Vara enkel och billig
- Kunna motstå miljöpåverkan och laster
- Skydda mätutrustningen mot påverkan av miljö, laster och åverkan.
- Mätutrustningen måste kunna ge representativa mätvärden

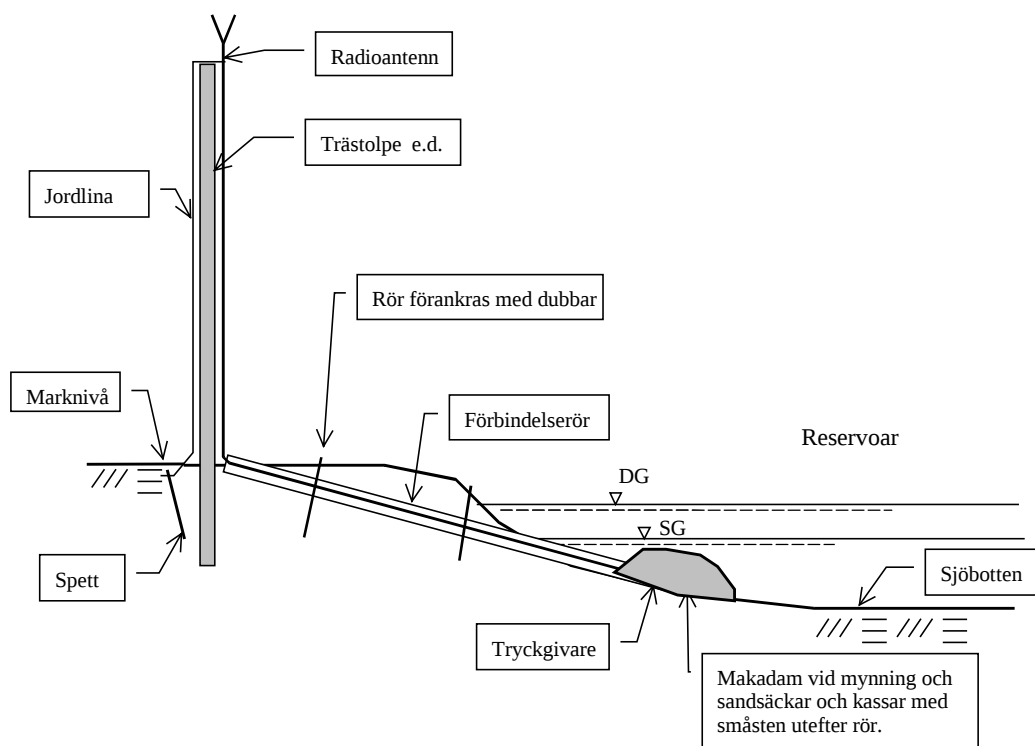


Figur 5.3. Byggalternativ 1 av pegelstation.

Tryckgivaren måste sitta så långt under sänkningsgränsen att den inte påverkas av isbildning. Vattenytan vid tryckgivaren måste vara densamma som i reservoaren. Miljöpåverkan är ofta huvudsakligen frost och korrosion. Laster representeras oftast av olika typer av vattenrelaterade laster såsom vattentryck, våglaster, strömtryck, etc.

Tilloppsrör kan vara av styv PVC. För att minska risken för sedimentansamling i röret skall det luta uppåt mot mätbrunnen. Ett böjbart rör bör ej användas då man kan få problem med både sediment och luftfickor. Röret måste förläggas på frostfritt djup så att den kommuniserande förmågan upprätthålls. Makadam vid rörmynning kan förhindra slaminträngning. Röret måste förläggas under sänkningsgränsen. Rörets ände kan exempelvis perforeras eller förses med en slang med mindre dimension för att undvika svallningseffekter. Vid risk för igensättning bör strypning i vattenvägen undvikas i förmån för införande av mjukvarumässig filtrering/behandling av mätsignalen.

Mätbrunn måste värmeisoleras. En pegelskala, helst åtkomlig för avläsning med avvägninginstrument, fästes lämpligen i mätbrunnen för kalibrering och kontroll av givaren. Hänsyn tas till lyftkrafter. Mätbrunn och tilloppsrör får ej släppa ut/in vatten till/från omgivande jord.



Figur 5.4. Byggalternativ 2 av pegelstation.

6 Slutsatser

- Behov av driftsäkra vattennivåmätsystem ökar på grund av ökad automatisering och minskad tillsyn av anläggningarna.
- Ingen gemensam standard har funnits vid uppbyggnaden av befintliga system. Dessutom har förutsättningar, liksom kraven, varit olika vid olika anläggningar. Därför råder idag en stor variation i tekniska lösningar för systemutformning.
- Befintliga system kan grovt delas in i tre kategorier beroende på byggnadsteknisk utformning.
 - Överbyggd pegelbrunn med tilloppsror.
 - Rörkonstruktion monterad på damm eller i kraftstation.
 - Mätutrustning (tryckgivare) utplacerad i magasin.
- Ett flertal olika givartyper används. Av dessa är idag tryckgivare den i särklass vanligast förekommande vid nyinstallation.
- Redundans, dvs två oberoende vattennivåmätfunktioner, är ovanligt trots omfattande automatisering av driften i anläggningarna och minskad tillsyn av dessa.
- Övervakningsfunktioner på olika delar i kedjan, såsom hjälpkraft, nödsignal, är vanligare.
- De vanligaste incidenterna i samband med vattennivåmätning är att:
 - isproblem/frysning uppstår i pegelbrunn och/eller tilloppsror.
 - överspänning/åska orsakar fel någonstans i kedjan från givare till kontrollrum/driftcentral.
 - komponentfel/instrumentfel företrädesvis hos givarna.
 - tilloppsror sätter igen.
 - kommunikationsfel uppkommer i överföring till kontrollrum/driftcentral.

6.1 Fortsatt arbete

Behov av driftsäkra vattennivåmätsystem ökar på grund av ökade krav på dammsäkerhet och ökad optimering/automatisering av vattenkraftprocessen samt på grund av kostnadseffektiviseringar avseende drift, tillsyn och underhåll. Denna rapport har därvid endast varit en översiktlig inventering och studie. Med avseende på att förutsättningarna delvis förändrats, samt att vattennivåmätfunktionen är av stor betydelse för dammsäkerheten (även för optimering av produktionen), rekommenderas att fortsatta detaljstudier utförs, bland annat innefattande en granskning av på marknaden tillgängliga givartyper.

Även utbyggnad av och utformning av redundanta system är något som bör fokuseras på framöver. I synnerhet gäller detta anläggningar med hög konsekvensklass och där stighastigheten är hög.

7 Referenser

- [1] Boverkets handbok för stålkonstruktioner BSK, Boverkets konstruktionsregler KR, Boverkets byggregler BBR samt IKH Lyftdonsnormer del 1-3.
- [2] Concrete in Hydropower Structures, Hydropower Development
- [3] Hydraulik för väg- och vattenbyggare
- [4] Klas Cedervall och Peter Larsen "Hydraulik för väg- och vattenbyggare" Liber Läromedel Malmö 1976
- [5] Mechanical Equipment, Hydropower Development
- [6] Reservkraftaggregat, Svenska Elverksföreningen 1994
- [7] RIDAS Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet - Tillämpningsanvisningar
- [8] RIDAS Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, Svenska Kraftverksföreningen, februari 1997.
- [9] SEF, Likströmsförsörjning, 1993
- [10] Starkströmsföreskrifterna, ELSÄK-FS 1994
- [11] Störningsfri elektronik, Studentlitteratur 1996
- [12] Tillämpliga SS och IEC-normer.
- [13] Utskovsluckors funktionssäkerhet VASO dammkommitténs rapport nr 7, 1995
- [14] VAST, Avbördningssäkerhet vid vattenkraftstationer, 1982
- [15] VAST, Likströmsförsörjning i kraftstationer, 1983
- [16] VAST, PLC-system i transformator- och vattenkraftstationer, 1987
- [17] VAST, Underhållsbok för kraftföretag, 1983
- [18] VAST, Ökad avbördningsförmåga i befintliga dammar, 1988
- [19] VAST-Vattenfall, Jordning av stationer och ställverk, Juni 1987
- [20] Åskskydd av vattenkraftanläggningar, ELFORSK Rapport 1999

Bilagor

A Enkät avseende inventering och incidentrapportering för vattennivåmätning

92

1. INVENTERING

1A. Hur många vattennivåmätningsskärningar finns inom er utvalda område (uppskattning)? Märkera med kryss i tabellen.

Anslutningsprincip	Antal	<10	10-49	50-99	>100
TEDE					
Resistansvägare					
Kapacitiv					
Induktiv					
Codevägare (optisk BCD)					
Ultraljudsvägar					
Tryckvägar					
Dubbelrörelse					
Annan					

1B. Hur är den sammanslagda uppfattning om självavläsnas tillförlitlighet? Märkera med kryss i tabellen.

Anslutningsprincip	Bra	Ganska bra	Mindre god
TEDE			
Resistansvägare			
Kapacitiv			
Induktiv			
Codevägare (optisk BCD)			
Ultraljudsvägar			
Tryckvägar			
Dubbelrörelse			
Annan			

1C. I vilken grad finns redundans, dvs. två av varandra oberoende vätske nivåmättningsfunktioner (se Fig. 1, sida 3)? Märkera med kryss i tabellen.

Anslutningsprincip	Antal	<10	10-49	50-99	>100
Redundans i hela funktionsskedjan					
Redundans i bara vissa delar av funktionsskedjan					
Ingen redundans					

3/3

10. I vilken utsträckning förekommer olika typer av övervakningsystem (se fig. 1, sida 3)? Markera med kryss i tabellen.

	Antal	1-10	11-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Typ (princip)							
Övervakning av trafikkraft							
Övervakning av add-on/utrustning (t.ex. signalkraft av 4-20 mA)							
Övervakning av skidkraft av befelet/buss							
Övervakning genom jämförelse av två helt oberoende system/utrustningar							

Kommentarer

.....

.....

.....

.....

2. INCIDENTRAPPORTERING AVSEENDE DE SENASTE 10 ÅREN

2A. Se fig. 1 på sida 3 så du får en överblick över system för rattenisvärning. Fyll i tabellen nedan med antal tillfällen då fel uppkommit under den senaste 10-årsperioden. Siffran framför kolonnrubrikerna avser led i felkatalogen.

Felkod	1. Styrskåp / befelet/buss	2. Övriga	3. Anpassningsutrustning	4. Hjulkraft	5. Kommunikationskanal	6. Kontrollrum / dist. central
1. Problem felslag						
2. Frysning						
3. Drivavbrott						
4. Vågar						
5. Överskänning						
6. Jämvikt						
7. Sjukstopp						
8. Komponentfel - Laster/motork						
9. Komponentfel - Konstruktionsfel						
10. Igensättning - Laster/motork						
11. Fel i tillkoppling						
12. Komponentfel - Kommunikationskanal						
13. Mänsklig fel						
14. Bestandsunderhåll						
15. Bestandsutbyten						
16. Annan						
.....						
.....						

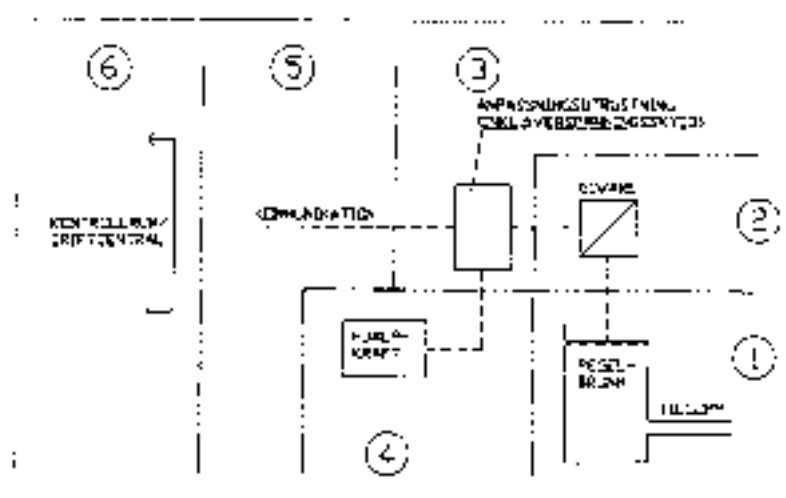


Fig. 1. Föresat till beskrivning av system för patientövervakning.

Övriga kommentarer / synpunkter / förbättringsförslag

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Uppgiftslösare:

Företag

Namn

Tel. nr

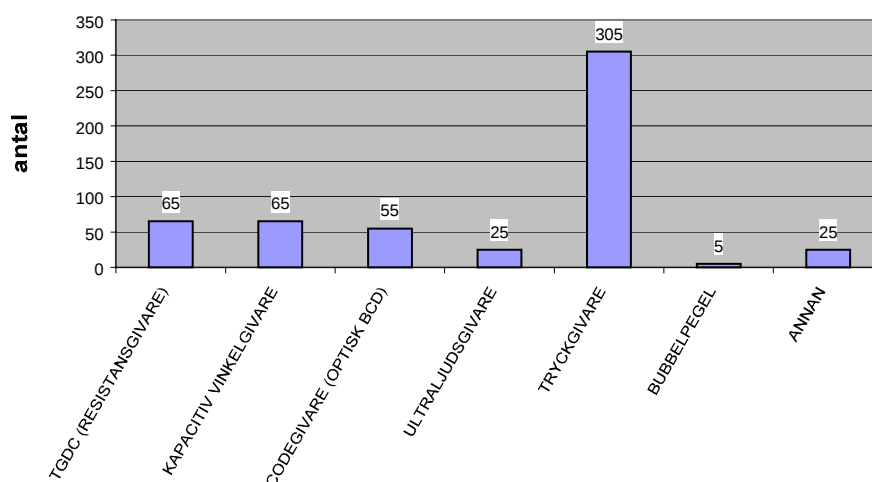
.....

.....

.....

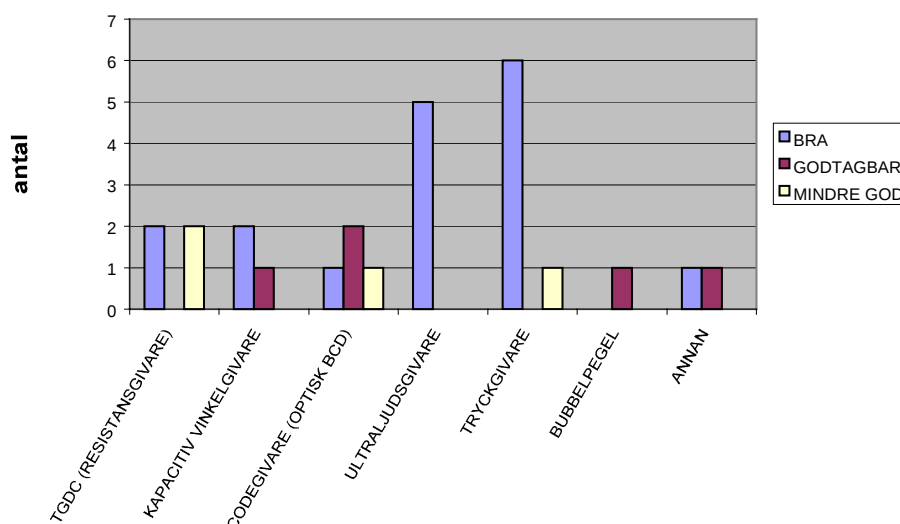
B Resultat från enkätundersökning avseende inventering och incidentrapportering för vattennivåmätning

1A. Inventering givare



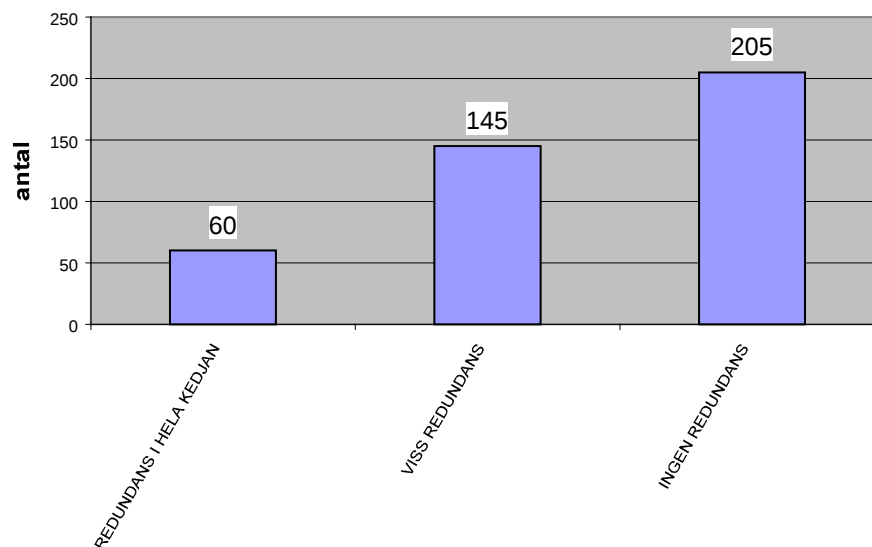
Figur B.1. Resultat av enkätfråga 1A. Ungefärligt antal mätutrustningar omfattade av enkätundersökningen, samt fördelning på olika givartyper. Antalet är approximerat då svarsalternativen var indelade i intervaller.

1B. Tillförlitlighet givare



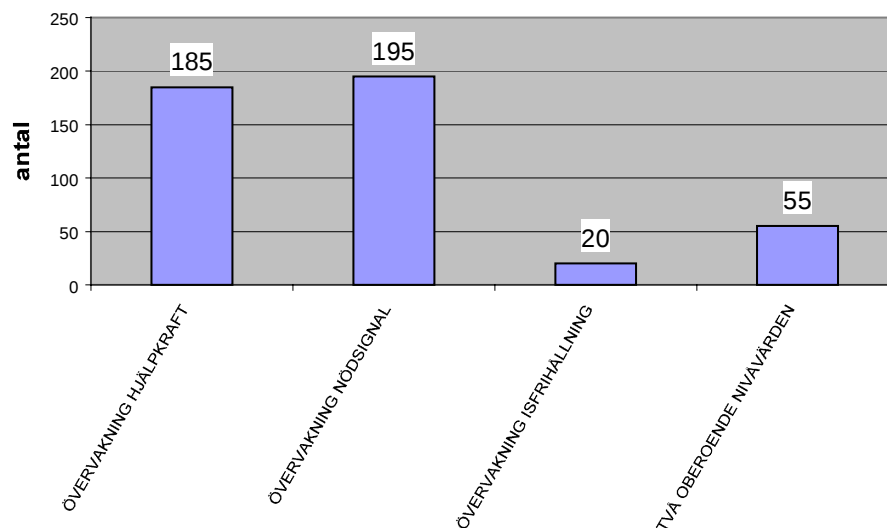
Figur B.2. Resultat av enkätfråga 1B. Antal insamlade omdömen fördelade på de olika givartyperna

1C. Redundans



Figur B.3. Resultat av enkätfråga 1C. Grad av redundans, dvs. två av varandra oberoende vattennivåmätfunktioner, i systemkedjan. Antalet är approximerat då svarsalternativen var indelade i intervaller.

1D. Övervakningssystem



Figur B.4. Resultat av enkätfråga 1D. Förekomst av olika typer av övervakningssystem. Antalet är approximerat då svarsalternativen var indelade i intervaller.

2A. INCIDENTRAPPORTERING	1. Tillloppsror / pegelbrunn	2. Givare	3. Anpassnings utrustning	4. Hjälpkraft	5. Kommunikation	6. Kontrollrum / Driftcentral
ISPROBLEM / FRYSNING	5+5+15+~30+5	7				
DRIVGODS	4					
VÅGOR		x+6				
ÖVERSPPÄNNING / ÅSKA		4+14+~5+10	x+2+27	2+2+13	x+8+40	
SABOTAGE		5			2	
KOMPONENTFEL / INSTRUMENTFEL		3+23	x+5+4	3+3	1+12	5
KONSTRUKTIONSFEL		49		x	1	
IGENSÄTTNING / LUFTFICKOR I TILLOPPSRÖR	x+4+4+9+~3+5	16				
KOMMUNIKATIONSFEL			13		x+10+>50+5	8+>50
MÄNSKLIG FAKTOR		3+12	1			3+127
BRISTANDE UNDERHÅLL	38	5	6	2	3	
BRISTANDE TILLSYN	1+11	8				
ANNAN		~5+15		100		

Figur B.5. Resultat av enkätfråga 2. Incidentrapportering från vattennivåmätfunktionen avseende de senaste tio åren. Tabellen redovisar obehandlat de inkomna svaren separerade med ett plustecken, +. Typen/graden av incident är ej definierad. I något fall avses de senaste fem åren, i något fall finns antal incidenter ej dokumenterat och endast förekomst har då noterats med ett krysstecken, x. Allt detta sammantaget gör att resultatet ej kan användas för absoluta svar. Däremot ger det en uppfattning om vilka typer av problem som förekommer och var i kedjan detta sker.



ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35
www.elforsk.se