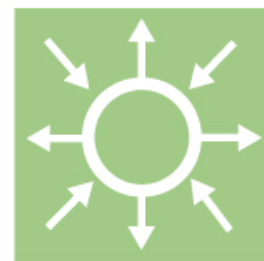


Vattenhydraulik till vattenkraft

En förstudie om branschens erfarenheter och
syn på framtiden

Elforsk rapport 07:43



Mikael Sendelius
Jan Ukonsaari

September 2007

ELFORSK

Vattenhydraulik till vattenkraft

En förstudie om branschens erfarenheter och
syn på framtiden

Elforsk rapport 07:43

Förord

Under det senaste decenniet har allt fler hydrauliksystem med vatten som medium installerats i olika vattenkraftanläggningar i Sverige. Hittills har det handlat om reglering av luckor. Tekniken är intressant, speciellt beroende på de miljöfördelar den medför, vid haverier eller läckage läcker det ut vatten istället för olja.

Vattnets egenskaper skiljer sig från olja på flera punkter; exempelvis ånbildningstryck, viskositet, densitet, kompressibilitet samt på molekylär nivå. Detta gör att det inte går att ersätta oljan rakt av med vatten. Speciellt anpassade ventiler och pumpar måste användas för att vatten skall kunna användas i hydraulsystemen. Materialval hos komponenterna är en annan viktig faktor som måste beaktas.

Utvecklingen av vattenhydraulik har skett inom olika branscher som gruv-, trä- och livsmedelsindustrin. Inom vattenkraften har man kommit långt, dock är tekniken inte helt färdigutvecklad. Detta har gjort att vattenhydraulik inte ännu blivit accepterad fullt ut. Det råder osäkerhet om livslängd och tillgänglighet.

För att få underlag till hur fortsatta undersökningar skall utformas finns ett behov av att sammanställa de erfarenheter som branschen hittills fått. ELFORSK har därför gett SWECO Energuide och Vattenfall Research and Development i uppdrag att göra denna sammanställning och förstudie.

Utöver en sammanställning av branschens syn på vattenhydraulik finns också ett kapitel om egenskapsskillnader mellan vatten och olja. Syftet med detta kapitel är att ge en ökad förståelse för de problem och svårigheter som uppkommer vid ett byte av medium.

För att kunna göra denna förstudie har frågor skickats ut till olika aktörer i branschen. Författarna vill därför rikta ett tack till alla personer som tålmodigt svarat på formulär och frågor samt till ELFORSK som bekostat undersökningen. Utan deras medverkan skulle denna rapport inte varit möjlig att göra.

Mikael Sendelius och Jan Ukonsaari

Stockholm och Luleå september år 2007

Sammanfattning

Denna förstudie har sammanställt vattenhydraulikens för- och nackdelar i svensk vattenkraft. Synpunkter och erfarenheter från anläggningsägare, turbin- och vattenhydraulikleverantörer har hämtats in genom att skicka ut ett frågeformulär. Frågorna har berört teknik, miljö, ekonomi och systemkrav. Focus har lagts på de primära systemen; reglering av luckor, ledskenor/-pådrag och löphjulsskovlar. För ökad förståelse för de problem som kan uppkomma vid en konvertering från olja till vatten har dessa vätskors fysikaliska egenskaper som medium i hydrauliksystem listats.

Anledningen till att vattenhydraulik börjar bli ett alternativ till den väl beprövade oljan är vattnets miljöfördelar. Sedan 2000 har anläggningsägarna börjat installera vattenhydraulik för reglering av olika typer av luckor. Här är läckageriskerna generellt stora och drifttiden låg. Erfarenheterna är hittills goda. Antalet installationer förväntas öka och därmed också den så viktiga erfarenheten.

Vattenhydraulik kan användas till reglering av ledskovlar. För pådragsmekanismen är kraven och drifttiden högre än för lucksystem. Praktiska exempel i Sverige saknas för uppbyggnad av erfarenhet.

De flesta komponenter finns framme, en komponent som saknas är en svivel vilket behövs för reglering av löphjulsskovlar i ett kaplanlöphjul.

Priset är generellt mellan 2,5 till 5 gånger högre för ett vattenhydrauliksystem jämfört med ett oljesystem. Det högre priset beror bland annat på utvecklingskostnader för nya komponenter samt dyrare material i dem.

Några av anläggningsägarna och turbinleverantörerna ifrågasätter miljöfördelarna. Vid reglering av ledskenor och löphjulsskovlar kan de nya mer miljöanpassade oljorna användas, dessutom görs systemen tätare och mindre oljevolymmer används. Det är då tveksamt att den höga kostnaden för vattenhydraulik motsvarar miljövinster.

En annan oro som branschen har är de tillsatser som måste användas i vattnet för att sänka fryspunkten, minska korrosionen och bakterietillväxten. Det finns tillsatser som har en liten miljöpåverkan. Vatten med lämpligt valda tillsatser är mycket snabbt nedbrytbara och ofgiftiga, ett exempel på en sådan tillsats är monopropylenglykol.

För en lämplig utveckling inom vattenkraften krävs att anläggningsägare förtydligar sina mål, kommunicerar dem väl och satsar på pilotanläggningar. Leverantörer som erbjuder vattenhydraulik har då chansen att utveckla lämpliga system.

Frågor om tillförlitlighet, livslängd och underhåll måste vattenhydrauliken besvara och också tillåtas att besvara genom pilotprojekt. Därefter kommer med största säkerhet efterfrågan att öka för vattenhydraulik.

Summary

This pilot study compiles the pros and cons for water hydraulics systems in the Swedish hydropower systems. An inquiry form has been sent to plant owners, contractors/suppliers of hydropower turbines and hydraulics system in order to collect ideas and experiences. The questions concerned technical, environmental, economy issues and necessary demands on the governing hydraulics systems. The study focuses on the systems for guide vanes, gates and regulating blades on Kaplan runners. To understand the difficulties that one faces when the hydraulic medium is changed from oil to water the differences in the physical properties of water and oil are listed.

The motivation for using water instead of oil as a medium in hydraulic systems is primarily for environmental reasons. Water hydraulics has been installed since the beginning of this decade in control gates. In this application the risk of leakages is high and the operational time is short. So far the experience has been good. It is expected that the number of hydraulic systems, which use water as a medium, will increase in the future.

The governing of the guide vanes can be achieved with water hydraulics. In this application the running time is longer compared to govern gates. In Sweden this kind of system has not yet been installed, therefore experience is limited.

Most of the necessary components have been developed, one part which still needs to be developed is a swivel, which enables controlled movement of the blades to a Kaplan runner.

Systems with water are 2,5 to 5 times more expensive than systems with oil. The higher price is due to development costs and more expensive materials.

Some of the plant owners and suppliers are doubtful of the environmental benefits of water hydraulics. To govern guide vanes and runner blades environmentally adapted oils can be used instead of water. At the same time the systems can be designed for a minimum of leakage and the volume of oil can also be reduced. The higher investment costs might not however correspond to the environmental benefits.

One other concern is the additives that are needed in water, i.e. to lower the freezing point, reduce the risk of corrosion and to minimize the growth of bacteria. However there are additives that pose very little harm to the environment. Water with a good choice of additives will be biodegradable. An example of such an additive is mono-propylene-glycol.

It is important that the hydropower plant owners clearly define their goals if the development of the use of water as a medium in the hydraulic systems of the governing system is to be continued. By doing so, suppliers of hydraulic systems can develop suitable components for testing in pilot stations.

The major topics of interest are reliability, lifetime and maintenance. When these issues have been addressed there will be an increase in demand for water hydraulics in hydropower applications.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
1.3	Omfattning och metod	2
2	Vattenhydraulik i olika applikationer	3
2.1	Luckor	3
2.2	Ledkrans/ledskenor	3
2.3	Löphjulsskovlar	4
2.4	Tekniska krav	5
3	Komponenter till vattenhydraulik	6
3.1	Luckor	7
3.2	Ledkrans/ledskenor	7
3.3	Löphjul	7
4	Vätskor och deras miljöegenskaper	8
4.1	Tillsatser	9
4.2	Några egenskaper för olja och vatten	9
4.3	Övervakning av vätska	10
4.4	Behandling av vatten	10
5	Branschfarenheter	12
5.1	Vattenhydraulikleverantörer	12
5.2	Turbinentreprenörer	13
5.3	Anläggningsägare	14
6	Slutsatser och diskussion	16
6.1	Luckor	17
6.2	Ledkrans/ledskenor	17
6.3	Löphjulsskovlar	17
6.4	Kort sammanfattning	18
7	Referenser	19

Bilagor	Antal sidor
1. Installationer av vattenhydraulik i svensk vattenkraft.	1
2. Kort om monopropylenglykol.	1

1 Inledning

Att använda vattenhydraulik istället för oljehydraulik låter för var människas öra som en miljömässigt mycket bra lösning. Följdfrågorna är normalt om det fungerar och i så fall hur länge? Här studeras vattenhydraulik till svensk vattenkraft.

1.1 Bakgrund

Det har alltid funnits en debatt om vattenkraftens positiva respektive negativa effekter på ekosystemet och miljön. Frågeställningarna har bland annat handlat om minskade koldioxidutsläpp, vad som händer när dammar byggs och stora arealer läggs under vatten och när älvars naturliga vägar ändras. Vattenkraftens inverkan på fiskens vandringar och lekplatser diskuteras ofta.

En fråga som uppmärksammas är utsläpp av olja vilket kan förekomma vid haverier, läckage och misstag. I vissa fall har det kommit relativt stora mängder på en gång, i andra fall har läckaget varit litet men pågått under lång tid innan det uppmärksammats.

I en vattenkraftstation/anläggning används olja i hydraul- och lagersystem. Hydrauliken används för att kunna öppna/stänga luckor, reglering av ledskenor samt även för Kaplanturbiner vid manövrering av löpskovlar. I äldre Kaplanturbiner är navet oljefyllt, dels för smörjning av den mekanism som reglerar löpskovlarna, och dels som rostskydd.

Idag görs i huvudsak följande åtgärder för att minska risken för miljöpåverkan: oljesystemen görs tätare, oljevolymen minskas och miljöanpassade hydraulvätskor används. Ett exempel på att minska oljevolymen och öka tätheten är att uppgradera oljefyllda Kaplannav till vattenfyllda. Gamla lågtryckssystem för hydraulik byts ut till högtryckssystem, vilket också minskar oljevolymen.

För att helt eliminera förekomsten av oljeutsläpp har vattenhydraulik börjat användas i olika applikationer. Erfarenheterna om vattenhydraulik är hittills begränsade och det finns olika uppfattningar både om tekniken och om miljöfördelarna. ELFORSK har därför gett SWEKO Energuide och Vattenfall Research and Development i uppdrag att undersöka vad branschen anser om vattenhydraulikens möjligheter att göra vattenkraften än mera miljövänlig.

1.2 Syfte

Syftet med denna förstudie är att sammanställa status, erfarenheter och framtidssyn på vattenhydraulik hos leverantörer och anläggningsägare. Det skall ge en tydligare bild om vattenhydraulikens framtid i vattenkraft, med styrkor, brister och behov.

Frågorna som ska besvaras är:

- Vilken erfarenhet finns idag?
- Finns det vattenhydraulik för vattenkraftens olika system?
- Vilka argument finns för och emot?
- Vilka är bästa tillämpningarna?
- Hur ser branschen på framtiden?
- Vad kan göras för utvecklingen?

1.3 Omfattning och metod

Synpunkter har hämtats in både från de största kraftbolagen i Sverige samt några mindre anläggningsägare. Frågor har skickats ut till de stora turbinleverantörerna men även synpunkter från tillverkare av mindre aggregat ingår också i sammanställningen. Tyvärr finns det få leverantörer som har specialiserat sig på vattenhydraulik därför är bredden på svaren från denna del av branschen begränsad.

De svar som kommit in har behandlats och värderats främst för svenska förhållanden. Förstudien omfattar inte utredning av nya lösningar.

I förstudien har vattenkraftens specifika hydraulsystem studerats: luckor, ledskenor och löphjulsblad. Övergripande tekniska krav på funktion och livslängd har gett förutsättning att överblicka status på vattenhydraulik.

En teknisk överblick på vätskeegenskaperna hos olja och vatten har gett förklaringar varför vattenhydraulik skiljer sig från oljehydraulik. Viktiga skillnader i miljöegenskaperna för vätskorna har redovisats.

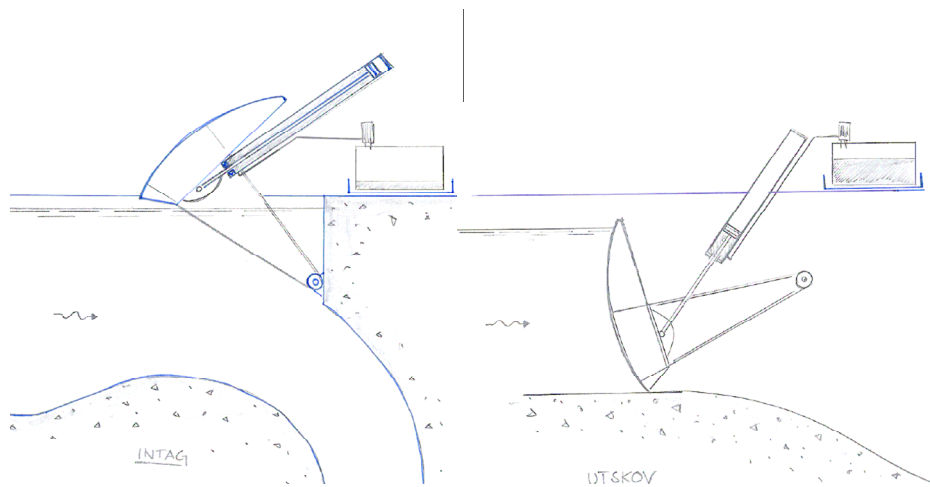
Slutligen har allt sammanställts i en bedömning om vattenhydrauliken och dess framtid i vattenkraftens system.

2 Vattenhydraulik i olika applikationer

Hydraulsystem i vattenkraft har allmänt pump, tank, filter, tätningar, motorer, cylindrar, slangar, rör och ventiler.

2.1 Luckor

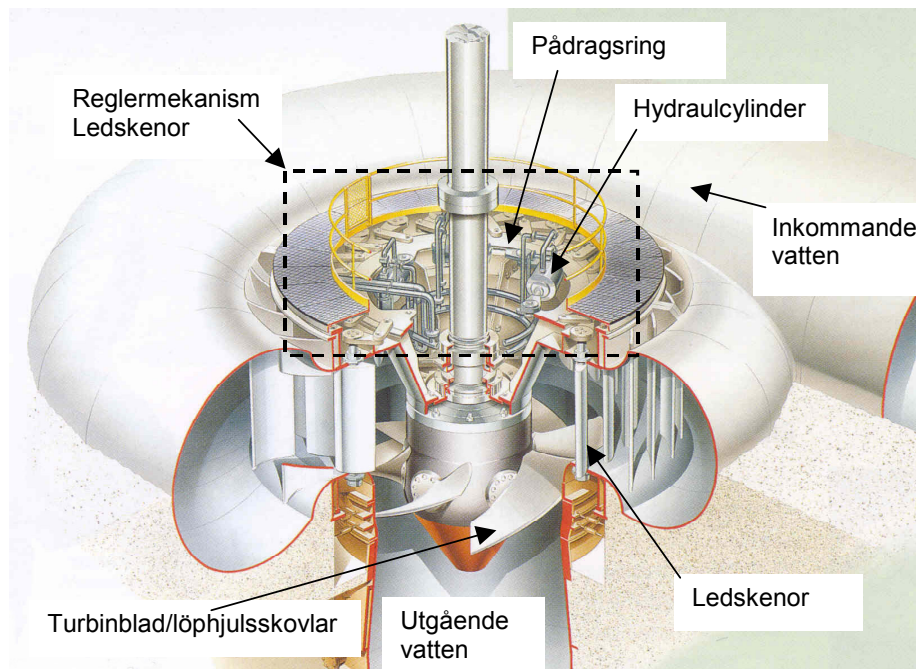
Intags- och utskovsluckor (Figur 1) regleras ofta via hydraulsystem som kan innehålla 0,2-15 m³ olja, i mindre dammar och småskalig vattenkraft förekommer mindre volymer. Hydrauliksystemen måste även anpassas för att kunna köras med hjälp av reservkraft. Detta för att luckorna skall kunna öppnas även vid strömavbrott. Temperaturer för systemmiljön är -40°C till 40°C. Läckagerisken från hydraulsystemen anses mycket stor och chanserna att fånga upp vätskan är liten. Systemen regleras allt från någon gång dagligen till någon enstaka gång per månad eller år.



Figur 1. Intags- och utskovslucka.

2.2 Ledkrans/ledskenor

Reglersystem till ledskovlar sker med hydraulsystem via cylindrar och pådragsring (Figur 2) eller via individuella vridservon alt. cylindrar till varje ledskovel. För aggregat över 20 MW kan äldre systemtypen med tryck på 20-40 bar innehålla 5-40 m³ olja och de nya systemen på 160 bar minskar oljemängd med upp till ~80 %. I mindre aggregat är oljevolymer mindre. Temperaturer för systemmiljön är 0°C till 30°C. Läckagerisken bedöms vara liten till medelstor. Reglering till bestämda positioner sker under drift och vid start/stopp. Frekvensreglerade maskiner kan ha flera regleringar per minut och rent producerande enheter regleras mer sällan.



Figur 2. Kaplanturbin med ledskovlar reglerade via pådragsring.

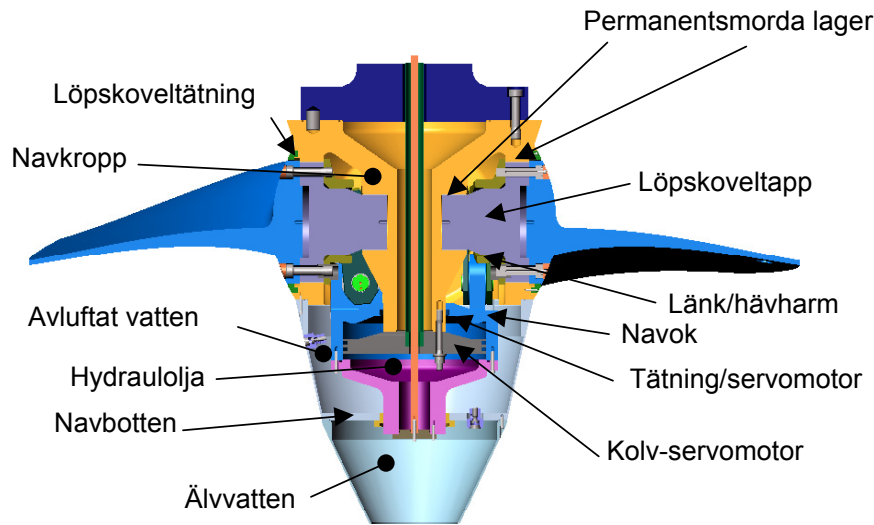
2.3 Löphjulsskovlar

Det finns idag cirka 500 stycken Kaplanturbiner med en effekt överstigande 1,5 MW installerade i Sverige. Reglersystemen för Kaplanlöphjul är ofta sammankopplade med hydraulsystemet för ledskovelregleringen. Äldre nav är fyllda med olja för att kunna smörja mekanismen i vissa stora turbiner är det inte ovanligt med 10 - 15 m³ olja i ett nav. I mindre turbiner är navoljevolymen ca 0,2 - 3 m³ olja. Systemen kan totalt innehålla upp till 40 m³ olja.

Speciellt för Kaplanlöphjulets hydraulsystem är en oljeföringsbox som sitter på axeltoppen och leder olja till löphjulet där regleringen av de vridbara löphjulsskovlarna sker. Vridningen sker med hydraulcylindrar och länksystem.

I nyare typer av löphjul har länkar och skovlar lager av självsmörjande typ (Figur 3). Olja finns då endast i hydraulik för bladregleringen. Temperaturer för systemmiljön är 0°C till 30°C. Läckagerisken är stor för äldre typer av löphjul och medelstor för nyare typer. Reglering följer den för ledkrans/ledskenor.

Vid större haverier kan relativt stora mängder olja komma ut i vattenvägarna som påverkar miljön i älven, vilket dock kan vara svårt att påvisa. Även läckage kan orsaka utsläpp. I enstaka fall finns det uppgifter om att drift- och underhållspersonalen fyllt på mer än 1 m³ olja på ett aggregat under ett år. Denna problematik har inte uppmärksamats eftersom utsläpp på någon kubikmeter över ett år inte märks lika mycket som ett momentant.



Figur 3. Löphjul till en Kaplan turbin.

2.4 Tekniska krav

Inom vattenkraft är tillförlitlighet, tillgänglighet och livslängd prioriterade på funktioner. Allmänt för system gäller att tillgängligheten skall vara bättre än 98 % och livslängdens riktvärde skall vara minst 30 år. Den långa livslängden innebär att underhållsaspekter och drifterfarenhet blir viktiga faktorer vid upphandlingar.

För intagsluckor gäller framförallt att de ska gå att öppna och stänga helt. Luckorna är mestadels självstängande och har ofta större krav på stängningstid än öppningstid. Regleringen kan ta flera minuter. Utskovsluckor behöver kunna regleras till bestämd position.

Ledkrans/ledskovlar reglerar vattenflödet och därmed effekten. Maskiner med frekvensreglering skall ha svarstider på $<0,5$ s dvs. tiden mellan ändrat börvärde och påbörjad reglering. Maskiner utan frekvensreglering har lägre krav. Stängning vid snabbstopp/nödstopp skall vara väl kontrollerad och genomförd inom 10 s från fullt pådrag.

Kaplanlöphjulens blad har samma regleringskrav som ledskovlar, fullständigt stopp kan dock ske långsammare.

3 Komponenter till vattenhydraulik

På grund av att vattnets egenskaper skiljer sig från olja har man varit tvungen att designa om komponenter. I kapitel 4 står det att vid 50 °C är vattnets ångbildningstryck 120 mbar medan för oljan cirka 0,0001 mbar, med andra ord är ångtrycket cirka 1 miljon gånger högre för vatten än för olja. Detta medför att vattnet kaviterar mycket lättare. För att lösa problemet måste ventilerna göras om så att hastigheterna hålls nere. Det finns framtagna lösningar på detta. Man kan inte använda vanliga ventiler utan speciellt framtagna måste användas.

Oljan har större förmåga att lösa luft än vad vattnet har. Ju mer luft det finns i ett system desto lägre bli bulkmodulen. Olja kan lösa upp till 9% luft vid 1 bars tryck medan vatten endast 2%, detta tillsammans med att bulkmodulen för vatten är cirka 50% högre än för olja gör att vattenhydraulik är styvare. Detta kan öka risken för tryckslag och systemen måste designas för detta. Fördelen är att systemen har snabbare respons och regleringen kan göras noggrannare.

En begränsande faktor har ansetts vara att det inte finns tillräckligt stora komponenter för att hantera stora flöden. Hydraulikleverantörerna säger sig kunna hantera flöden upp till 500-600 liter/min. Detta flöde borde räcka gott och väl för de flesta kraftverken i Sverige. Om högre flöden önskas måste man lösa detta genom att parallellkoppla flera komponenter. Ju fler komponenter (ventiler, pumpar, rör slangar etc) man har desto större risk för att någon komponent går sönder, vilket minskar tillgängligheten. Möjligtvis kan det också ha en negativ inverkan på priset och precisionsreglering. Redundansen kan dock öka.

Det nämns ofta att det behövs rostfria komponenter till vattenhydraulik. Enligt leverantörerna kan man välja billigare material i vissa applikationer. Om hydraulsystemen skall användas utomhus används ofta monopropylenglykol som tillsats för att sänka fryspunkten, det har visat sig att detta medel även har en rostskyddande effekt. Man har kunnat byta ut oljan med vatten (med tillsatsen monopropylenglykol) i hydraulkolvarna för luckreglering. Själva kolvstången brukar vara gjord i rostfritt/krombelagt stål men höljet är i svart material, dock så är det målat. Packningar måste bytas till lämpligt gummi. Hittills är resultaten goda. Problemet är snarare att korrosionsangrepp sker utifrån på grund av väder och vind. Om man däremot använder sig av vatten utan tillsatser måste rostfria komponenter användas.

En viktig aspekt för vattenkraften är livslängden på komponenterna. Målet är cirka 30-40 år vilket är extremt lång tid. De uppgifter som kommit in säger bland annat att axialkolvpumpar har en livslängd på minst 10000 drifttimmar vid full effekt. Detta är inte tillräckligt, om en pump går i 8 h under ett dygn så innebär detta cirka 3000 h/år, pumpens beräknade livslängd skulle då bli knappt 4 år. Om man sedan antar att pumpen inte går på full effekt kanske livslängden ökar med en faktor 3 vilket gör att livslängden ökar till 12 år. Detta är för lite för samtliga applikationer. Ventilerna är designade att klara av 4 miljoner cykler. Det är inte lätt att göra en uppskattning av hur ofta en

ventil måste reglera. Om utrustningen slits och det blir ett glapp kan ventilen stå och såga sig fram och tillbaka. Då kan det bli en reglering i sekunden. Under dessa för hållanden skulle den bara klara någon månad. Men om den reglerar 100 gånger per dygn skulle livslängden bli 100 år.

Smörjning i komponenterna sker med "vattenplaning", en tunn film byggs upp och ytorna kommer inte i kontakt med varandra. I kugghjulpumpar klarar inte vatten av att bära kontakttrycket och förhindra materialkontakt mellan kuggarna. Bl.a. av denna anledning är väl designade axialkolvpumpar i bra material lämpligare i vattenhydraulik.

Proportionalpumpar genererar mer värme, på grund av att de jobbar mot stängda ventiler, som måste kylas bort. Proportionalpumpar har ersatts med frekvensreglerbara pumpar.

Det är viktigt med renlighet. Filter som tar bort partiklar över 10 µm är nödvändiga.

Inom vattenhydraulik finns anpassade komponenter bl.a.

Pumpar 160 bar (fast displacement)

Överströmningsventiler/tryckbegränsare

Riktningsventiler

Proportional och servoventiler

Flödesbegränsare, backventiler etc.

Patron och blockventiler

Cylindrar, tätningar och rör

3.1 Luckor

Komponenter för vattenhydraulik till lucksystem finns tillgängliga och det har även flertalet tidigare installationer visat. De vanligaste komponenterna är pumpar och riktningsventiler. I de allra största systemen med höga flöden kan antalet komponenter öka för att bibehålla prestanda. Det ökar redundansen men också priset.

3.2 Ledkrans/ledskenor

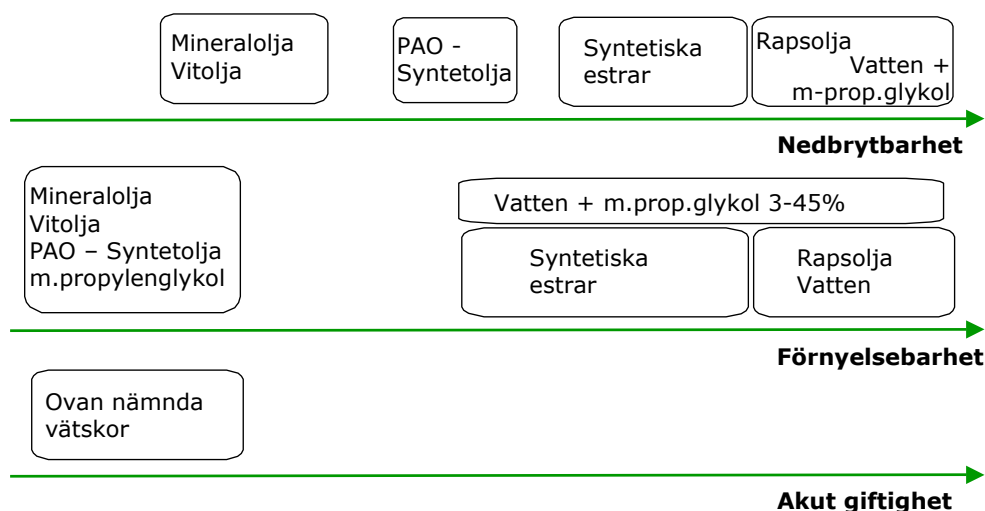
Reglering av ledskenor är idag fullt möjlig att genomföra med vattenhydraulik. Alla komponenter finns tillgängliga. I större system kan dagens begränsning vara tillgång på tillräcklig komponentstorlek på framförallt proportional och servoventiler, vilket kan kräva ändrad systemlayout för genomförande.

3.3 Löphjul

För reglering av löphjulsskovlarna/löpskovlarna/turbinbladen med vattenhydraulik krävs med dagens design självsmörjande lager till skovlarna/bladen och en svivel/vatteninföringsbox. Sviveln överför trycksatt vatten från stationärt till roterande system. En sådan svivel finns inte idag. Utveckling av denna komponent pågår i industrin. I övrigt bedöms inte systemet vara mer komplext än det för ledskenorna.

4 Vätskor och deras miljöegenskaper

Vätskor aktuella i svensk vattenkrafts hydraulsystem har olika miljöegenskaper (Figur 4). Skillnaden mellan dessa är framförallt inom nedbrytbarhet och förnyelsebarhet. Svensk standard SS 1554-34 innehåller krav för miljöanpassning av hydraulvätskor. Snabb nedbrytbarhet minskar risken för påverkan i natur under lång tid och hög förnyelsebarhet minskar resursutnyttjandet. För akut giftighet finns tester att tillgå medan bioaccumulerbarhet (långsam påverkan) är svårare att mäta.



Figur 4. Miljöanpassning för hydraulvätskor i svensk vattenkraft.

Råoljebaserade oljor

Den vanligaste typen av hydraulolja är baserad på råolja som raffinerats till lämpliga vätskor, handelsnamn är mineralolja. De mineraloljor som används i vattenkraft är inte akut giftiga. Mineraloljorna har allmänt lång nedbrytningstid och är inte förnyelsebara inom överskådlig tid. Bioaccumulation vid långvarig närvaro i naturen är inte påvisad men risken för det ökar vid långsam nedbrytning. Så kallad vitolja är en högraffinerad mineralolja. Syntetiska oljor har också sitt ursprung från råolja, men är petrokemiskt mer komponerad.

Hydraulsystem har anpassats för mineraloljors egenskaper under lång tid. Vätskornas funktion och livslängd är allmänt accepterad och anses god inom vattenkraft.

Miljöanpassade oljor

Rapsbaserade oljor är snabbt nedbrytbara, har allmänt låg giftighet och är av förnyelsebart ursprung. Risken för bioaccumulerbarhet minskar vid snabb nedbrytning. På senare tid har syntetiska estrar intagit en stark position på

oljemarknaden. Dessa kan tillverkas med olika tekniska egenskaper och olika miljöegenskaper beroende av dess ursprungliga fettsyror och alkoholer. För syntetiska estrar till vattenkraft är målen god prestanda, lång livslängd och bra miljöegenskaper (nedbrytbarhet, giftighet, ursprung).

De miljöanpassade vätskorna visar generellt goda testresultat. De rapsbaserade oljorna har hittills visat sig ha begränsad livslängd i systemen, c:a 6 år [1]. De miljöanpassade syntetiska estrarna intar vattenkraftens oljesystem allt mer eftersom vätskorna förutspås klara vattenkraftens långa livslängdskrav, vilket återstår att bevisa med erfarenhet.

Vatten

Vatten som hydraulvätska anses vara det mest miljöanpassade mediet. Filtreerat kranvatten är möjligt att använda, men behandlingar av vattnet kan genomföras. Tillsättning av salter förekommer. Vattnet har begränsningar i användningstemperatur. En blandning av monopropylenglykol upp till 50% i vatten är i dagsläget en tillämpbar lösning.

Vatten som hydraulvätska kräver anpassade system för god funktion. Vatten i ett oljeanpassat hydraulsystem kan begränsa livslängden till 5% av den förväntade med olja. Att använda vatten ger frågeställningar som korrosion, nötning och bakterietillväxt. Det löses med materialval, komponentutformning, monopropylenglykol eller andra tillsatser samt filtrering. Bakterietillväxt är beroende av näringstillförsel i systemet. Vätskans livslängd kan vara lång.

4.1 Tillsatser

Vätsketillverkare är inte speciellt villiga att lämna ut exakt vilka tillsatser som ingår i en produkt av konkurrensskäl. Finns det osäkerhet angående en produkts miljöanpassning så finns alltid tester att tillgå.

För att en vätska skall anses miljöanpassad skall även dess tillsatser uppfylla krav (SS 1554-34). Vätskorna får innehålla <5% tillsatser med något avvikande och <1% med avvikande egenskaper. Tillsatserna används normalt bl.a. för att smörja bättre, hindra korrosion, dämpa skum, rengöra och för att öka vätskelivslängden.

Monopropylenglykol

Monopropylenglykol anses mycket snabbt nedbrytbar och har låg giftighet (Bilaga 2). Dess ursprung är dock icke förnyelsebart. Användning av monopropylenglykol är mycket vanlig i bl.a. barnkrämer, flygplansavising och livsmedelstillverkning. Glykol skall inte förväxlas med monopropylen-glykol. Även monopropylenglykol innehåller tillsatser.

4.2 Några egenskaper för olja och vatten

Egenskaperna skiljer sig mellan vatten och olja. Vatten har exempelvis sämre förmåga att separera ytor i relativrörelse, främst för dess låga viskositet. Det innebär starkt förenklat att vanliga oljeanpassade komponenter nöts mer och får kortare livslängd. Skillnader på vanliga egenskaper mellan olja och vatten (Tabell 1) visar bl.a. att vatten utvidgas mindre än olja med temperaturen, är "styvare" och har högre ångtryck. En styv vätska kan ge snabbare dynamik i

ett system men också tryckstötter. Ett högt ångtryck ökar risken för kavitation i ett hydraulsystem.

Vattenkraftens oljor flyter på vatten, men inte vatten/monopropylenglykol. Ett utsläpp av vatten/monopropylenglykol till rinnande vatten är både svårt att upptäcka och att sanera.

De faktiska egenskaperna i systemen kan skilja sig från de uppmätta i olika tester. Vid systemkonstruering är det viktigt att vara medveten om dessa [2].

Tabell 1. Exempel på vätskeegenskaper för olja och vatten.

Egenskap	Olja	Vatten
Densitet [kg/m^3]	850-930	1000
Viskositet vid 50°C [mm^2/s]	15-70	0,55
Fryspunkt [°C]	-25 till -55	0
Termisk utvidgning [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]	0,00075	~0,00040
Isotermisk kompressibilitet vid 1 bar, 45°C [bar^{-1}]	$44 \cdot 10^{-6}$	$74 \cdot 10^{-6}$
Isotropisk bulkmodul 50°C, 100 bar [N/m^2]	$1,6 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$
Specifik värme C_p [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]	1,8	4,2
Värmeledning [$\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$]	0,11-0,14	0,602
Ångtryck vid 50°C [bar]	$1 \cdot 10^{-8}$	0,12
Rek. Arbetstemperatur [°C]	30-90	~3-50

4.3 Övervakning av vätska

Vätskan till vattenhydraulik bör kontrolleras regelbundet för korrosionsskydd och frystemperatur. Kontroll av partiklar i vätska och filter kan avslöja nötning i systemet. Bioaktivitet i vätskan kan vara viktig att följa upp. Åldring av vätskan är något som ännu inte anses som ett problem i vattenhydraulik.

4.4 Behandling av vatten

Mikroorganismer och bakterier i vatten är inte önskvärt i ett hydraulsystem. Organismerna och dess avföring kan orsaka flödesstörningar, ohälsosamma produkter, korrosion och tillväxt av biofilm. Mer näring ökar tillväxten av organismer. Vanligast är att använda tillsatser eller filter för att förhindra tillväxten. Lämpligt är att få bort friflytande organismer innan de bildat film.

Två filtertyper finns att tillgå, djupfilter och membranfilter. Djupfiltret består av fibrer som tar bort partiklar och till en del mikroorganismer. Membranfilter tar bort mikroorganismer och i vissa fall joner. Tillsatser för att döda mikroorganismer kan oxidera dess cellväggar, förändra genomsläpplighet i

cellväggar och reagera med organismernas näring. Här följer några filter och behandlingar av vatten [2]:

Mikrofilter tar bort partiklar $>1\text{ }\mu\text{m}$.

Ultrafilter tar bort i princip alla organismer.

Nanofilter tar bort alla organismer och joner $>1\text{nm}$.

Omvänd osmos tar bort organismer och de flesta joner.

UV-ljus mellan 200-264 nm våglängd desinficerar vatten.

Ultraljud kan lossa biofilm, få bakterier sluta växa och mikroorganismer att sluta fungera.

Klor dödar mikroorganismer, men bildar syror med vatten.

Väteperoxid steriliserar vatten, särskilt effektivt med UV-ljus.

Temperaturhöjning kan döda mikroorganismer men ökar risk för ångbildning.

Ozon steriliserar vatten men är starkt korrosiv.

För vattenhydraulik till vattenkraft har hittills monopropylenglykol $>33\%$ i vatten använts vilket mikroorganismerna inte överlever i och dessutom sänker fryspunkten. Detta i kombination med $10\text{ }\mu\text{m}$ filter är erfarenheten av funktionen god. Problemen med mikroorganismer har hittills varit mindre än förväntat.

5 Branscherfarenheter

5.1 Vattenhydraulikleverantörer

Det finns få leverantörer av vattenhydraulik. Av denna anledning är det svårt att dra några generella slutsatser från de svar som erhållits. Dock kan man konstatera att utvecklingen av tekniken startat i slutet av 1980-talet. Leverantörerna av vattenhydraulik är ofta underleverantörer till turbinentreprenörerna. I Sverige gjordes de första leveranserna av hydraulik till luckor i början på 2000-talet (Bilaga 1).

De leveranser som skett har ofta varit hydraulik till olika typer av damm- eller intagsluckor. De förfrågningar som har kommit in handlar främst om luckor. Utöver damm- och intagsluckor har vattenhydraulik i vissa fall används till nivåregleringsluckor och även till reglering av slussar.

Andra branscher där man använder vattenhydraulik är bland annat inom livsmedelsindustrin i exempelvis glassmaskiner. Där finns höga krav på renlighet och toxicitet och där är det pneumatiken som blivit utbytt. Inom bilindustrin används vattenhydraulik vid kontroll av bränsletankar, i marinor för utrustning till skrovtvättar. Tekniken har även använts i sopbilar där soporna komprimerats med hjälp av vattenhydraulik. Tekniken används också i brandsläcknings- och befuktningssystem. Utöver dessa områden finns vattenhydraulik i gruvindustrin och träindustrin.

En av skillnaderna mellan vattenhydraulik i industrin och i applikationer för vattenkraften är den kontinuerliga driften för industrin. Det är inte ovanligt att hydrauliken arbetar 24 h om dygnet i industrin medan för vattenkraften kan en lucka stå stilla i månader innan den regleras.

Fördelar som nämnts är bland annat att läckagen är ofarliga, inga dyra saneringskostnader. Allergiska reaktioner på drift- och underhållspersonal uteblir. Kostnader för destruktion blir minimal, dock så finns det tillsatser i vissa applikationer som kan ha negativ inverka på miljön. Brandsäkerheten nämns också som en fördel.

Nackdelarna är att inköpspriset är högre, delvis beroende på att man måste använda rostfria komponenter som rör och pumpar. Erfarenheten är blandad, vissa kunder är beredda att ta högre investeringskostnader för att använda en miljövänligare teknik, andra inte.

Enligt leverantörerna finns det komponenter för vattenhydraulik färdiga att användas i luckor och reglersystem. Detta för små och medelstora anläggningar. Beträffande reglering av löphjulsskovlar är det en utveckling av en svivel som behövs göras. Detta är dock på gång.

Vattenhydraulikleverantörernas syn på framtiden är den att oljehydraulik kommer att fasas ut till förmån för vattenhydraulik. Det som hindrar en utveckling i Sverige är bristen på förfrågningar.

5.2 Turbinentreprenörer

Svar har kommit in både från Svenska leverantörer av turbiner samt globala aktörer. Detta är intressant eftersom man då fått ett internationellt perspektiv på vattenhydraulik inom vattenkraften.

I ett internationellt perspektiv används vattenhydraulik i flera applikationer exempelvis i reglersystem som ledskenor, avledare för peltonturbiner, inloppsventiler och i lagringar. Vanligast har leveranser skett till applikationen i peltonturbiner och till regleringen av inloppsventiler. Under de senaste 20 åren har det kommit förfrågningar om att ersätta olja med vatten. I kaplannav har man oftast ersatt oljefyllda nav med vatten, dock har regleringen av löpskovlarna fortsatt att vara med oljehydraulik.

Det finns bland annat ett försök i Frankrike där man reglerar löpskovlarna i en Deriaz pumpturbin med vattenhydraulik. I denna anläggning sker även reglering av ledskenor med hjälp av vattenhydraulik [3]. Aggregatet togs i drift 1997 och man har haft problem med bakterietillväxt. Anläggningsägaren är missnöjd med anläggningen och funderar på att gå över till traditionell teknik.

I Sverige har efterfrågan av vattenhydraulik varit mycket begränsad. Leverantörerna offererar oftast inte turbiner där det ingår vattenhydraulik. Vid enstaka tillfällen har man dock fått förfrågningar om kostnaderna för sådana installationer dock utan att få leverera något aggregat.

De svenska leverantörerna tror att vattenhydraulik kommer att användas i regleringen av luckor. Andra applikationer som nämns som möjliga är ledskenereglering för mindre aggregat samt för on-off ventiler. De ställer sig tveksamma till att kaplannav skall vara helt fria från olja, det vill säga att lagren görs smörjningsfria samt att regleringen sker med vattenhydraulik.

De flesta av leverantörerna säger att de i första hand försöker minska utsläppen av olja och därmed negativa miljöeffekter dels genom att minska läckaget, dels genom att använda miljöanpassade oljor. Läckaget minskas bland annat genom minskade oljevolym, bättre tätningar och adekvat underhåll. Miljövinsterna man gör genom att ersätta olja med vatten bedöms som liten i förhållande till den extra investeringskostnad som kommer med vattenhydraulik.

Det råder delade meningar om det finns tekniska hinder mot att använda vattenhydraulik. Några av leverantörerna ser inga begränsningar i tekniken för ledskenereglering och löphjulsreglering. Majoriteten av turbinleverantörerna anger begränsningar; exempelvis att rätt storlek på komponenter inte finns, detta beror på att vattentrycket inte kan vara lika stort som för olja vilket medför att större komponenter krävs. Några leverantörer anger att man har liten erfarenhet av hur vattenhydrauliken fungerar under lång tid och därför säger man sig inte kunna utvärdera tekniken helt och hållet. Vattenkraften är speciell genom att den kräver lång livslängd på olika delar. I Sverige har man ofta krav att aggregatet skall fungera i 40 år. Detta skiljer sig från övrig industri där man byter utrustning och apparater betydligt oftare.

De ekonomiska hindren är entydiga, det är alldeles för dyrt med vattenhydraulik, mellan 3-5 gånger dyrare än traditionell hydraulik. Denna

extra kostnad anser man att få anläggningsägare vill ta om inte det krävs av myndigheter etc.

Vattenhydraulikens framtid inom vattenkraften beror på hur anläggningsägare värderar risken för skador på miljön. Om försäkringskostnader, miljölagstiftningar samt andra regler gör det väldigt dyrt med läckage av olja, då kan den högre kostnaden för systemen motiveras. Naturligtvis så har prisutvecklingen en betydande roll; blir det billigare kommer tekniken att bli populärare.

De flesta leverantörerna är tveksamma till att vattenhydrauliken kommer att ersätta oljehydrauliken. Bara i vissa fall där risken är stor för omfattande utsläpp är det motiverat med vattenhydraulik.

Turbinleverantörerna efterfrågar kunskap om livslängd och tillgänglighet över långa tidsperioder samt utveckling av komponenter som viktiga områden att utveckla för vattenhydrauliken.

5.3 Anläggningsägare

Anläggningsägarna har börjat använda tekniken och då är det främst för regleringen av utskovs- och intagsluckor. Intagsluckorna kan hittas i stationer med upp till 10 MW installerad effekt och 30 m fall höjd. Flöden i de största intagsluckorna är 55 m³/s. Utskovsluckorna finns i stationer där normalflöde är upp till 20 m³/s. Avbördningskapaciteten från dessa luckor är några gånger högre än normalflödet.

Ett av de stora kraftbolagen i Sverige har börjat installera vattenhydraulik i intags- respektive utskovsluckor i RIDAS 3 anläggningar. RIDAS 3 är anläggningar med den lägsta konsekvensklassen vid haverier. Denna anläggningsägare väntar med installationer av vattenhydraulik i anläggningar med högre konsekvensklass tills man fått större erfarenheter. De system som installerats har varit i drift i 2 år och hittills har man inte haft några synpunkter på funktion och tillgänglighet.

Flera anläggningsägare delar turbinleverantörernas uppfattning om att vattenhydraulik lämpar sig bäst för reglering av luckor.

Vid reglering av ledskenor kan oljeavskiljare användas för att samla upp läckande olja innan den når vattendrag. När Kaplanturbiner renoveras görs navet om och smörjningsfria lager används, därmed kan oljan tas bort från navet. Lågtryckssystemen med stora oljevolymer ersätts med högtryckssystem som kräver mindre oljevolymer. Detta tillsammans med bättre övervakning av oljenivåer i cisterner gör att utsläppen kan hållas nere. Därmed anser de flesta anläggningsägare att det inte är motiverat ur miljösynpunkt att satsa på dyr vattenhydraulik för reglering av ledskenor och löpskovlar.

Anläggningsägarna anger att de alltid överväger vilken teknik som skall användas. De uppger också att vara beredda att ta en högre investeringskostnad för vattenhydraulik under förutsättning att miljöfördelarna är tillräckligt stora. Dock med förbehåll för funktion under lång tid och driftskostnader.

De fördelar som anläggningsägarna ser är att det är en billigare kostnad för mediet i vattenhydraulik jämfört med olja. Renare miljö kring utrustningar gör

att hanteringen blir billigare. Den allmänna uppfattningen är den att vattenhydraulik är bättre ur miljösynpunkt, dock med förbehåll för tillsatser.

Anläggningsägarna vill veta mer om vilka effekter olika tillsatser i vattnet har på miljön, annars anser de att vattenhydraulik är bättre ur miljösynpunkt än olja.

Den största osäkerheten kring vattenhydraulik är brist på erfarenheter, om tekniken skall utvecklas krävs erfarenheter hur systemen fungerar under lång tid.

6 Slutsatser och diskussion

Vattenhydraulik finns tillgängligt för de flesta applikationer. Ett något begränsat utbud av komponenter gör att alternativa systemlayouter kan vara nödvändiga för tillämpning. Rent tekniskt handlar det om att lära sig konstruera för att klara egenskaperna som vatten har.

Ett fåtal tillverkare satsar på vattenhydraulik. De anser sina system tillförlitliga. Den korta erfarenheten gör användare tveksamma att använda tekniken till mer krävande system. Det är av stort intresse att installera fler applikationer med vattenhydraulik för att praktisk utreda och få erfarenhet om funktion och livslängd.

Vatten är en mycket miljöanpassad vätska där tillsatserna för att klara kyla och i viss mån bakterietillväxt försämrar miljöegenskaperna. Vettiga val av tillsatser är ändå ett steg i rätt riktning jämfört med dagens applicerbara oljor. Därför skulle det vara bra om tydlig information togs fram där tillsatsvätskor som inte skadar miljön listas. Arbetsmiljön förbättras med vatten.

För en önskad utveckling i vattenkraftsbranschen angående vattenhydraulik handlar det om ökad tydlighet från anläggningsägare, lyhördhet från leverantörer och även specifika punktinsatser för anpassning till vattenkraftens behov.

En gemensam synpunkt som leverantörer och anläggningsägare har är att vattenhydraulik bör i första hand användas vid reglering av luckor. Detta beror på att miljöfördelarna är tydliga. I andra applikationer är det mera tveksamt att använda vattenhydraulik. Orsaken till detta är att det finns andra sätt att minska på eventuella utsläpp av olja, exempelvis genom att förbättra tätningar, konvertera till vattenfyllda nav med självsmörjande lager samt att byta från lågtryckssystem till högtryckssystem.

Anläggningsägarnas osäkerhet handlar också om brist på erfarenheter. Man tycker sig inte vara helt säker på långtidseffekter och hur olika driftförhållanden påverkar bland annat tillgänglighet och manöverförmåga. Det första steget har tagits i och med att några vattenhydrauliksystem har installerats och används till reglering av luckor. Hittills är drifttiden för dessa system allt för kort för att man skall kunna uttala sig om vad som händer efter cirka 10, 20 eller 40 år. Vattenkraften är speciell i detta avseende jämfört med andra branscher. För vattenkraften skall systemen hålla i 20-40 år utan att funktion eller tillgänglighet försämrats. Reglering av utskovsluckor sker sällan och när de väl skall öppna då vill man vara övertygad om att systemen faktiskt fungerar. Det kan få mycket allvarliga konsekvenser om dammluckorna inte går att reglera, därför är anläggningsägarnas oro fullt berättigad.

Hur systemen åldras kan vara komplicerat att testa under kortare tidsperioder däremot kan man relativt enkelt testa system under extrema situationer. Förslagsvis kan funktionstester ske vid extrem kyla respektive värme, det bör även testas och se vad som händer när hydrauliken överbelastas, exempelvis

om en lucka skulle frysa fast eller om eventuella lådbalkar på luckan skulle vattenfyllas och därmed göra luckan tyngre. Kan man finna metoder att forcera åldrandet av systemen skulle detta sannolikt leda till att anläggningsägarna snabbare kunde fatta beslut om man skall våga installera vattenhydraulik på större anläggningar. Det är framförallt viktigt att belysa skillnader mellan vattenhydraulik och oljehydraulik i tester. Ett forcerat åldrande/testande kan påskynda systemförtroende.

En annan faktor som hämmar utvecklingen är priset. Det intressanta är att turbinleverantörerna inte alltid ser att anläggningsägarna är beredda att ta en extrakostnad för vattenhydraulik medan anläggningsägarna säger sig vara villiga att ta en högre investeringskostnad.

Det är viktigt att man har flera leverantörer av vattenhydraulik så att en anläggningsägare inte blir bunden av en leverantör om anläggningen skulle krångla eller ha andra brister. Exemplet i Frankrike Naussac 2 visar att om anläggningen behöver repareras blir reparationerna kostsamma och tar lång tid då man bara kan vända sig till en leverantör som har kunskapen.

Det som man också bör beakta är att arbetsmiljön blir bättre av att vattenhydraulik används, destruktionskostnader minskar, mediet är billigare. Andra fördelar som också nämns är minskad brandrisk.

6.1 Luckor

Vattenhydraulik i luckregleringen är att föredra ur läckagerisksynpunkt.

Reglering av luckor kommer vattenhydrauliken få ett genomslag, det som saknas är drifterfarenheter. Om erfarenheterna från de nu installerade hydraulsystemen är fortsatt god kommer det att installeras hydraulik på allt fler ställen. Livslängden beräknas vara god med tanke på kort årlig drifttid. Lång tid mellan systemstarter kan ge problem med bl.a. kärvande ventiler. Dessa problem är dock inte specifika för vattenhydraulik.

6.2 Ledkrans/ledskenor

Vattenhydraulik till ledskenornas reglering är miljömässigt en fråga om vätskornas miljöeffekter men kanske ännu mer om systemens livslängd. Läckagerisken anses mindre än för luckor. En kort livslängd är inte bra för miljön, denna fråga återstår att besvara för vattenhydraulik.

Vattenhydraulik till applikationen finns tillgängligt. Installationer som ger erfarenhet i svensk vattenkraft saknas och bör genomföras.

6.3 Löphjulsskovlar

Vattenhydraulik för reglering av löphjulsskovlar är miljömässigt mer intressant än den för ledskenor, läckagerisken till rinnande vatten är något större.

Utveckling av svivel för överföring av trycksatt vatten till roterande system är därför av största intresse. Därefter är erfarenhetsbyggande exempel nödvändiga.

6.4 Kort sammanfattning

De för och nackdelar som kommit fram vid denna förstudie listas här i punktform.

Fördelar:

- Vatten är bättre än olja ur miljösynpunkt
- Lättare att hantera
- Lägre sanerings- och destruktionskostnader
- Arbetsmiljön förbättras
- Billigare medium
- Kan i vissa fall ge noggrannare reglering
- Minskad brandrisk

Nackdelar:

- Dyrare utrustning för att klara av vattnets egenskaper
- Alla komponenter finns inte framtagna för vattenhydraulik
- Komponenter för att klara av större flöden saknas.
- Brist på erfarenheter beträffande livslängd, kapacitet och tillgänglighet
- Osäkerhet kring de tillsatser som används i vattnet, vilka är deras miljöegenskaper.
- Få leverantörer

7 Referenser

- [1] Andersson Bertil, Förstudie om förutsättningar för övergång till miljöanpassade tryckmedier I hydraulsystem för turbinrelgering och luckor i vattenkraftstationer, Elforsk rapport 97:29 B.
- [2] Tostmann E. m.fl., Tap Water as a Hydraulic Pressure Medium, Marcel Dekker, Inc., 2001, ISBN 0-8247-0505-X.
- [3] Juliusz Kirejczyk, m.fl, Non-polluting pump-turbines: Naussac 2

Bilaga 1. Installationer av vattenhydraulik i svensk vattenkraft.

Name of power plant	Functions	Hydraulic fluid	Installation Year/Month	Picture
Kläggen, Sweden	Dam Gate for water level	Mono Propylene Glycol	2002 June	
Ottendorf, Germany	Sluice Gate for filling/emptying	Mono Propylene Glycol	2002 October	
Naussac, France	Inlet Gate for turbine & guide vanes	Water	1996 November	
Tidavad, Sweden	Dam Gate for water level	Mono Propylene Glycol	2001 August	
Degerfors, Sweden	Inlet Gate for turbine inlet	Mono Propylene Glycol	2004 June	
Bångbro, Sweden	Inlet Gate for turbine inlet	Mono Propylene Glycol	2002 September	

Name of power plant	Functions	Hydraulic fluid	Installation Year/Month	Picture
Hammar, Sweden	Dam Gate for water level	Mono Propylene Glycol	2002 June	
Åtorp, Sweden	Inlet Gate for turbine inlet	Mono Propylene Glycol	2006 August	
Kvarnaholm, Sweden	Inlet Gate for turbine inlet	Mono Propylene Glycol	2006 September	
Grythyttan, Sweden	Inlet Gate for turbine inlet	Mono Propylene Glycol	2007 June	
Väls (Torsby) Sweden	Inlet Gate for turbine inlet	Mono Propylene Glycol	2005 september	

Källa: Danfoss.

Bilaga 2. Kort om monopropylenglykol

Monopropylenglykol är en klar, färglös vätska med svagt sötaktig lukt som inte skall förväxlas med vanlig glykol. Den är helt löslig i vatten och i de flesta organiska lösningsmedel. Monopropylenglykol används inom många områden bl.a. i kylsystem på fordon, avisning av flygplan, vattenhydraulik, komponenter i kosmetika och läkemedel, och lösningsmedel i färg. Som basvätska är den välkänd inom branschen för kemiska produkter, säljs under många produktnamn och är inte märkningspliktig. Tillsatser i basvätskan är normalt upp till 10 % i olika produktnamn. Nedan följer ett urval av information.

Kyl- och värmesystem

Marknadsförs som en ofarlig kylarvätska. Flertalet leverantörer finns bl.a. Lahega, Shell och Statoil.

Avisning av flygplan

"För avisning av flygplan används monopropylenglykol. Monopropylenglykol har låg giftighet och bryts lätt ned till koldioxid och vatten. Vid nedbrytningen åtgår syre. Tillsatser i avisningsvätskan medför att den innehåller mycket små mängder fosfor (några 100-dels procent). Fosfor har i större mängd en gödande effekt. Utsläppen av fosfor bedöms som försumbara eftersom innehållet är så litet". Utdrag ur en rapport från Länstyrelser i Norrbotten och Västerbottens län, -Regional MaTs i norra Sverige – en beskrivning av transportsystemets miljöpåverkan i Norrbottens och Västerbottens län.

Toxicitet och nedbrytbarhet

Produkten är inte akut giftig eller bioaccumulerbar men kan ge hudirritation vid långvarig kontakt. Låga koncentrationer påverkar inte funktion i reningsverk. Försiktighet vid handhavande rekommenderas. Nedbrytbarhet i tester är mycket god. Många säkerhetsdatablad finns att tillgå med liknande information.

Akut toxicitet: LD50 oralt-råtta:	21000 mg/kg (källa: Levol Oljan AB)
Ekotoxicitet:	
Fisk: LC50, 96h, Pimephalcs promelas	54900 mg/l
LC50, 48h, Guppy	>10000 mg/l
NOEL, 24h, regnbågslax	50000 mg/l
Daphnia: EC50, 48h, Daphnia magna	34400 mg/l
Alg: LC tox Chlorella pyrenoidosa	92000 mg/l
Bioackumulerbarhet:	BCF<1 (beräknad)
Nedbrytbarhet: BOD15	72,1 % av ThOD
Jmf mineralolja, OECD 301B	20-25 % 28 dagar i förhöjd temperatur
och Syntetisk ester	60-90 % 28 dagar i förhöjd temperatur

Förnyelsebarhet

Användning av förnyelsebara råvaror anses inte påverka CO2 utsläpp. Monopropylenglykol har sitt ursprung i icke förnyelsebara råvaror.

Monopropylenglykol	0 % förnyelsebart
Mineralolja	0 % förnyelsebart
Syntetisk ester	60-95 % förnyelsebart