



Forskning och
Utveckling

FOU 2000:49

TENSIDER I FJÄRRKYLENÄT - FÖRSTUDIE

*Marcus Lager,
Birka Teknik & Miljö AB*



TENSIDER I FJÄRRKYLENÄT – FÖRSTUDIE

Marcus Lager

Birka Teknik & Miljö AB

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt. Publiceringen innebär inte att Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB tagit ställning till slutsatserna och resultaten.

Sammanfattning

På uppdrag av Svenska Fjärrvärmeföreningen har en förstudie angående tensiders friktionsreducerande förmåga vid rörströmning i fjärrkylanät genomförts. Bakgrunden till projektet är ett antal tidigare studier på tensiders förmåga att minska flödesmotståndet i större rörsystem. Skapandet av ett sk "halt vatten" ger ett lägre tryckfall och en lägre pumpeffekt. Denna minskning har hittills dock inte varit en tillräckligt stor drivkraft för genomförande av ett större projekt.

I dag ser bilden annorlunda ut då expansionen av fjärrkyla i framförallt Stockholm är mycket stark. Tillsatsen av tensider skulle i detta läge kunna utnyttjas till en kapacitetsökning på befintligt fjärrkylanät. Detta skulle således innebära ett högre utnyttjande av redan befintliga investeringar.

Syftet med denna förstudie är att utreda ifall det är tekniskt och miljömässigt möjligt att öka kapaciteten på ett befintligt fjärrkylanät genom tillsats av tensider. Om detta är möjligt skall också förväntade konsekvenser beskrivas. Förstudien omfattar inte praktiska försök gällande värmeövergång i värmeväxlare. För studien används befintligt nät i Stockholm City men såväl utredning som resultat hålls generella.

Resultatet av denna förstudie visar att den testade nonjoniska tensiden, Beraid DR-DC 620, från Akzo Nobel kan minska tryckfallsförlusten i fjärrkylanät väsentligt. Tester utförda och vars resultat är uppskalade visar genom beräkningar på Birka Energis fjärrkylanät city att en flödeshastighetsökning på 60 % är möjlig med en oförändrad tryckbild över systemet. För detta fjärrkylanät skulle det innebära en kapacitetsökning från 65 MW till 105 MW. Detta förutsätter emellertid att värmeövergången i systemets värmeväxlare är oförändrad. Karaktären av laminärt flöde som bildas vid användandet av tensider minskar dock inte bara friktionen vid rörströmning utan sänker också effektöverföringen i värmeväxlare. Det som således är viktigast för att komma vidare i tensidfrågan är att undersöka hur man kan undgå dramatiska försämringar i värmeväxlare. Därför bör en riktad studie med praktiska försök gällande denna fråga utföras.

Miljöaspekterna kring användandet av tensider kräver också ytterligare utredning. Den studerade nonjoniska tensiden är bionedbrytbar men kräver därför också tillsats av en biocid. Biociden har en nitrifikationshämmande effekt i de kommunala avloppsreningsverken – men i vilken grad? Dessa tester är möjliga att utföra och bör så göras.

Användandet av tensider i fjärrkylasystem har mycket god potential och de frågor man fokusera på i nästa steg är således värmeövergång och miljöaspekter. När dessa frågeställningar klarnar borde ett fullskaleförsök i ett mindre fjärrkylasystem vara mycket intressant.

Summary

The background to this project is previously performed studies that show the ability of tensides to reduce the flow friction in large district heating and cooling systems. The drag reducing tenside reduces the pressure drop in the system and therefore also reduces the pump power demand. Until now the reduction in required pump power has not been big enough to motivate full-scale tests. Today, however, the conditions are different. The tenside can be used to significantly increase the capacity of district cooling systems.

The aim of this feasibility study is to find out whether it is technically possible and environmentally suitably to increase the capacity of an existing district cooling system by adding tensides. The study does not deal with the influence that tensides have on heat exchangers.

For the study facts from the city district-cooling system in Stockholm (owned by Birka Energi) has been used, but the results are presented in general terms.

The results of the feasibility study show that the tested tenside from Akzo Nobel Surface Chemistry (Beraid DR-DC 620) can reduce the pressure drop in the system significantly. Upscaled laboratory studies show that an increase in flow speed by 60% is possible with an unchanged pressure drop in the system. For the city district cooling system in Stockholm this means an increase in maximum cooling power from 65 MW to 105 MW, provided that the heat transmission in the heat exchangers in the system is unchanged.

Previous studies show a reduction in possible heat exchange capacity when using tensides. Therefore the heat exchanger issue must be solved.

The environmental influences from tensides must also be examined. The studied product, Beraid DR-DC 620, is biodegradeable but also requires a biocide additive. It is not known how this biocide will affect the recipient in case of a leakage. Another unanswered question is how the use of tensides and biocides in district cooling systems will effect the marketing of district cooling as an environmental friendly product.

Innehållsförteckning

1. Bakgrund	7
2. Syfte och Mål	7
3. Friktionsreduktion med tensider	8
3.1. Tillsatser för friktionsreduktion	8
3.2. Tensider – allmänt	8
3.3. Tensidagglomerering	9
3.4. Tensidinverkan på strömningsbilden	10
3.4.1. Allmänt	10
3.4.2. Friktion och flöde	11
4. Historik	13
4.1. Historik fjärrkyla	13
4.2. Försök med tensider	13
4.2.1. Santa Barbara, USA	13
4.2.2. Halifax, Kanada	14
4.2.3. Herning, Danmark	14
4.3. Utveckling av tensiden	16
5. Potential och begränsningar	18
5.1. Allmänt	18
5.2. Faktorer som påverkar potentialen	18
5.2.1. Systemlayout	18
5.2.2. Värmeövergång	18
5.3. Begränsande faktorer	19
5.3.1. Flödeshastighet	19
5.3.2. Miljöaspekter	19
6. Värmeövergång	20
6.1. Värmeövergång teori	20
6.2. Värmeövergång med tensider	21
7. Beräkningar	22
7.1. Allmänt	22
7.2. Avgränsningar	22
7.3. Teori	22
7.3.1. Litet system	23
7.3.2. Stort system	24
7.4. Resultat friktionsminskning	25
7.4.1. Laboratorieförsök	25
7.4.2. Beräkningar Citynätet Stockholm	28
7.4.2.1. Tryckfallsberäkningar	28
7.4.2.2. Effektberäkningar	31
8. Miljöaspekter	33
8.1. Allmänt	33
8.2. Risker	33

8.2.1.	Dränering	33
8.2.2.	Akviferen	34
8.3.	Rekommendationer	34
9.	Driftrelaterade konsekvenser	35
9.1.	Materialpåverkan	35
9.2.	Flödesmätning	35
9.3.	Övriga parametrar	35
9.3.1.	Ventiler	35
9.3.2.	Filter	35
9.3.3.	Ljudnivå	35
10.	Resultat	36
11.	Rekommendationer för fortsatt arbete	36
12	Referenser	37

Bilagor

Bilaga 1	Data tryckfallsberäkningar
Bilaga 2	Varuinformationsblad Beraid DR-DC 620
Bilaga 3	Varuinformationsblad Nalco 7330

1. Bakgrund

Bakgrunden till denna förstudie är ett antal tidigare studier på tensiders förmåga att minska flödesmotståndet i större rörsystem. Skapandet av ett sk "halt vatten" ger ett lägre tryckfall och en lägre pumpeffekt. Denna minskning har hittills dock inte varit en tillräckligt stor drivkraft för genomförande av ett större projekt.

Idag ser bilden annorlunda ut då expansionen av fjärrkyla i framförallt Stockholm är mycket stark. Tillsatsen av tensider skulle i detta läge kunna utnyttjas till en kapacitetsökning på befintligt fjärrkylanät. Det skulle således innebära ett högre utnyttjande av redan befintliga investeringar.

Vid flera tidigare studier har tensider av katjonisk karaktär varit föremål för undersökningarna. Dessa är dock inte lämpliga ur miljösynpunkt då de ej är biologiskt nedbrytbara utan själva bryter ned den närvarande bakteriestammen på avloppsverken. Akzo Nobel jobbar idag med nonjoniska tensider som är bionedbrytbara vilket sätter frågan om tillsats av tensider i ett nytt ljus.

2. Syfte och Mål

Syftet med denna förstudie är att utreda ifall det är tekniskt och miljömässigt möjligt att öka kapaciteten på ett befintligt fjärrkylanät genom tillsats av tensider. Om detta är möjligt skall också förväntade konsekvenser beskrivas. För studien används befintligt nät i Stockholm City men såväl utredning som resultat hålls generella. Förstudien ska ge rekommendationer för fortsatt arbete inom området.

3. Friktionsreduktion med tensider

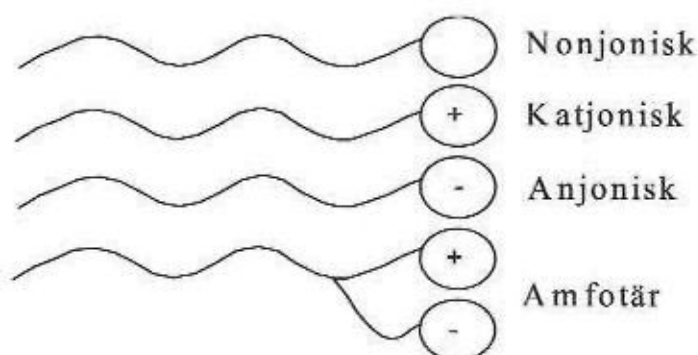
3.1. Tillsatser för friktionsreduktion

Inom skogsindustrin märkte man tidigt att tryckfallet i rörsystem blev betydligt högre vid rengöringsstopp än vid normal drift då mediet bestod av en fibersuspension. Fibrer är en tillsats som ger friktionsreduktion, ju större förhållandet är mellan fiberns längd och diameter, desto högre blir reduktionen i tryckfall. Fibersuspensioner har fördelen att vara okänsliga för temperatur och vattenkemiförhållanden. För att erhålla en nämnvärd friktionsreduktion krävs dock koncentrationer på ett par procent.

Polymerer ger också en friktionsminskning men är känsliga för höga temperaturer och mekanisk påverkan. Friktionsminskning med hjälp av polymerer kallas ofta "Toms effekt" eftersom han var den person som redan 1948 upptäckte polymerers egenskaper i detta syfte.

3.2. Tensider – allmänt

Tensider tillhör gruppen ytaktiva ämnen eller surfaktanter (från engelskans surfactants=surface-active agents). Tensiden består av två delar; en del som är hydrofil, dvs löslig i vatten och en del som är hydrofob, dvs ej löslig i vatten. Tensidens "huvud" är hydrofil medan "svansen" är hydrofob. Den inbyggda tudelade naturen i tensiden skapar dess speciella egenskaper. Pga detta strävar molekylen att koncentrera sig i områden där båda parterna, dvs den hydrofila och den hydrofoba delen, trivs. Ett exempel på det är sänkning av ytspänning med hjälp av tensider. Det är möjligt genom att tensiderna koncentreras till gränssnittet mellan luft och vatten. Tensider är normalt klassade efter "huvud"-delen eller efter uppbyggnaden av "svans"-delen. Ett vanligt sätt är att klassificera tensiden är efter laddningen på "huvud"-delen. Man skiljer mellan nonjoniska och joniska tensider där den senare typen delas in i grupperna: anjonisk, katjonisk och amfotär. Det vill säga negativt laddad, positivt laddad eller med både en positiv och en negativ laddning, se figur 3.



Figur 3.1. Schematisk uppbyggnad av olika tensidtyper.

Figure 3.1. Schematic picture that shows different types of tensides.

Katjoniska huvudgrupper är normalt baserade på kväve. Anjoniska huvudgrupper varierar mer i uppbyggnad men de dominerande grupperna är karboxyl- eller fosfatgrupper som i sin tur baseras på svavel. Amfotära tensider består av en katjonisk och en anjonisk huvudgrupp vilka fungerar som varandras motjoner.

När det gäller nonjoniska tensider är polyetylenoxid fortfarande den vanligaste huvudgruppen. Dock märks ett ökande intresse för nonjoniska tensider med en sockerbaserad huvudgrupp.

Tensider utan nettoladdning men med laddade grupper kallas vanligen zwitterjoner och brukar inkluderas i den nonjoniska familjen.

Om tensiden kan reagera kemiskt med antingen en bas eller en syra och ändra molekylladdning kallas molekylerna amfolytisk. Om tensiden är kapabel att reagera både med en bas och en syra och på detta vis ändra molekylladdning kallas den amfoter.

Den hydrofoba delen av tensiden är normalt en kolvätekedja innehållande 8-22 kolatomer. Dessa är extraherade ur en mineralolja eller från vegetabiliska eller animala fetter.

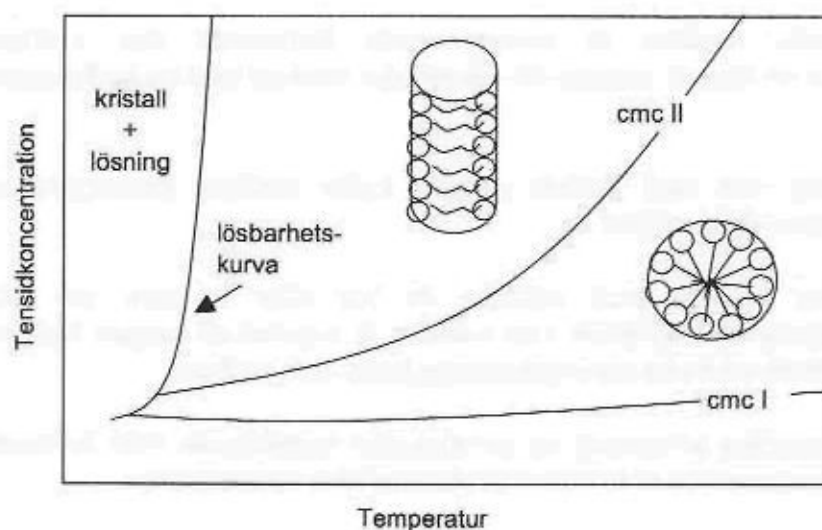
3.3. Tensidagglomerering

Vid låga tensidkoncentrationer i en vattenlösning kommer tensiden att placera sig så att dess hydrofoba del får så liten kontakt med vattnet som möjligt. Detta innebär en koncentration av molekylerna vid ytan där den hydrofoba svansen är vänd mot fasgränsytan. I och med det minskar ytspänningen till det värde som gäller för tensiden vid given tensidkoncentration. Om man därefter ökar tensidkoncentrationen kommer inte fler molekyler att få plats vid ytan. Vid denna koncentration, benämnd cmc I, kommer tensiderna att börja agglomereras till så kallade miceller.

Den erhållna energin genom att undvika kontakt mellan den hydrofoba tensiddelen och vattnet är den drivande kraften för tensidernas agglomereringsprocess i en vattenlösning. Agglomereringsprocessen sker mycket effektivt eftersom bildandet av miceller minskar kolvätenas kontakt med vattnet. Micellerna är sfäriska agglomerat och består av 50-100 tensidmolekyler där den hydrofoba svansen är vänd inåt.

Om man därefter ökar koncentrationen av tensider ytterligare kommer vattenlösningen att vara så full av miceller att några ytterligare inte får plats. Vid denna koncentration, benämnd cmc II, kommer micellerna att ändra sin form från sfärisk till avlång – en sk micellstav. I varje micellstav finns nu ett par hundra tensidmolekyler och micellstavens längd är ca 0,05 μm (om lösningen är i vila).

Bildandet av micellstavar är förutom tensidkoncentrationsberoende även avhängig av temperaturen. Vid högre temperaturer krävs en högre tensidkoncentration för att uppnå cmc II, dvs koncentrationen där micellstavar bildas, se figur 3.2.



Figur 3.2. Micellbildning som funktion av koncentration och temperatur.

Figure 3.2. Micelle construction as a function of concentration and temperature

3.4. Tensidinverkan på strömningsbilden

3.4.1. Allmänt

Micellstavarna som bildas vid koncentrationsnivån cmc II minskar lösningens inre friktion vid turbulenta strömningsförhållanden. Micellstavarna kommer då att ordna sig längs med flödesriktningen och genom detta kommer turbulensen att minska. Lösningen kommer att uppföra sig viskoelastiskt. Flödet kan då beskrivas som ett laminärt flöde vilket innebär minskat friktionsmotstånd såväl som lägre värmeövergång. Vid tensidkoncentrationer under cmc II är lösningen fortfarande av newtonsk karaktär varav ingen minskning i friktionsmotstånd eller värmeövergång kan noteras.

3.4.2. Friktion och flöde

Turbulent flöde i rör definieras som flöden med ett Reynolds (Re) större än 2300. Reynolds tal beräknas enligt (1).

$$Re = \frac{v D \rho}{\mu} \quad (1)$$

där v = medelflödeshastigheten
 D = rördiameter
 ρ = fluidets densitet
 μ = dynamisk viskositet

Som tidigare beskrivits ger en tensid tillsats över koncentrationen cmc II en friktionsminskning vid turbulent strömning.

Friktionsfaktorn, λ , definieras enligt nedan (2).

$$\lambda = \frac{2 D \Delta P}{\rho L v^2} \quad (2)$$

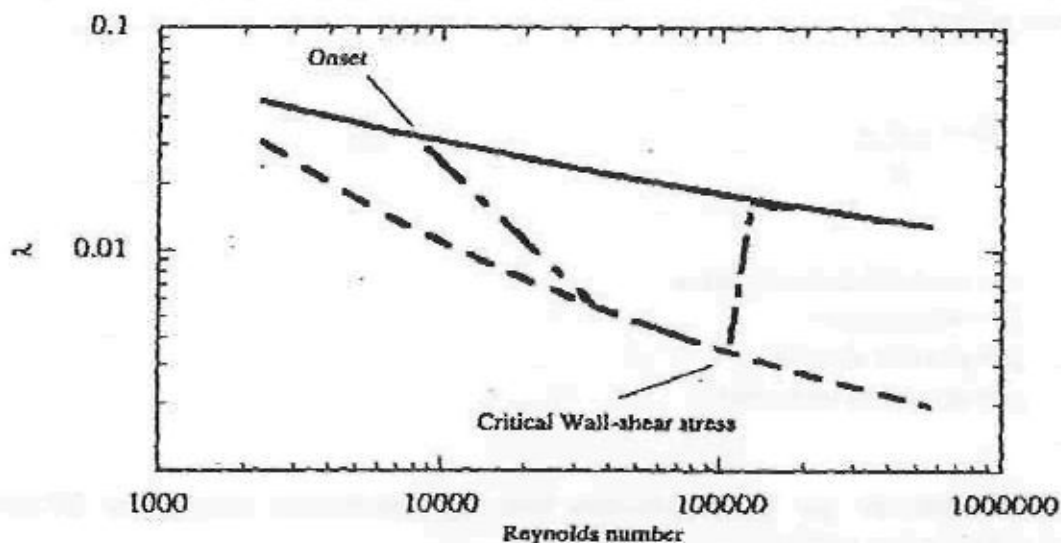
där D = rördiameter
 ΔP = tryckförlust
 ρ = fluidets densitet
 L = rörlängd
 v = medelflödeshastighet

Vid låg skjuvspänning är micellstavarna slumpvis ordnade i lösningen. Om en ökning av skjuvspänningen sker, dvs vid ett högre flöde och ett högre Reynolds tal, kommer micellstavarna att inrätta sig i strömningsriktningen och forma ett sk gitter. Skjuvspänningen definieras enligt nedan (3) eller (4) och med storheter enligt ovan.

$$\tau = \frac{\Delta P D}{4 L} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{\lambda Re v \mu}{8 D} \quad (4)$$

Figur 3.3. beskriver friktionsfaktorn som funktion av Reynolds tal för en typisk tensidlösning vid turbulent flöde [1].



Figur 3.3. Friktionsfaktorn som funktion av Reynolds tal för en typisk tensidlösning.

Figure 3.3. Friction factor as function of Reynolds number for a typical tenside solution.

Den övre kurvan beskriver Prandtl-Karman's ekvation för turbulent flöde. Den undre kurvan, Virks asymptot, visar minsta möjliga friktionsmotstånd. Den experimentellt framtagna tensidkurvan är streckad och startar i linje med Prandtl-Karman's ekvation.

Trots ett högt Reynolds tal vilket borde innebära ett turbulent flöde blir följden av micellgittret ett flöde av laminär karaktär. Både tryckfall och värmeöverföring minskar. Om flödet ökas ytterligare (och därmed skjuvspänningen) kommer gitterstrukturen att brytas sönder i separerade områden (sk cluster) inom vilka det fortfarande finns ett överordnat gitter. Friktionsmotståndet minskar ytterligare och idealt nås Virks asymptot. Om en för tensidlösningen kritisk skjuvspänning uppnås kommer gitterstrukturen helt att brytas sönder pga mekanisk påfrestning. Micellerna kommer att återta en slumpvis orientering och flödet blir åter turbulent. Tryckfallet kommer nu, enligt figur 3.3, återigen att beskrivas enligt Prandtl-Karman's ekvation. Förloppet är dock reversibelt, vilket innebär att en minskning av skjuvspänningen skapar nya förutsättningar för återuppbyggandet av de friktionsminskande strukturerna.

4. Historik

4.1. Historik fjärrkyla

Redan i slutet av 1800-talet gjordes flera försök i bl a Paris, London och New York med distribution av kallt saltvatten till bryggerier och slakterier. Runt 1890 blev tekniken kommersiell och distributionen av det kalla saltvattnet skedde genom markförlagda rör.

Fjärrkylasystem baserade på distribution av ammoniak under högt tryck fick även det stor spridning. Kyla levererades till kunden genom att expansion av ammoniaken i kundanläggningen.

I Connecticut, USA, provades också att distribuera kyla genom kall luft under högt tryck. Metoden blev dock aldrig någon succé. I Sverige togs det första fjärrkylanätet i bruk i Västerås 1992. 1999 levererades 282 GWh fjärrkyla från 22 företag varav Birka Energi stod för 173 GWh. Det finns en tydlig expansion gällande fjärrkyla i Sverige både gällande utbyggnad av befintliga nät samt tillkommande av nya aktörer [2].

4.2. Försök med tensider

4.2.1. Santa Barbara, USA

E.F. Matthys vid University of California, Santa Barbara, USA har genomfört fullskaleförsök med tensider i fjärrkylasystem [3]. Försöket genomfördes i ett mindre kylsystem (700 kW) i universitetsbyggnaden. Försöket bestod av två delar där målsättningen med det första var att utreda maximal friktionssänkning med hjälp av tensider. Syftet med delförsök två var att hitta en tensid vars egenskaper inte påverkade värmeöverföringen alltför negativt. I detta fall kunde man således inte vänta sig en lika stor "drag reducing" effekt som i det första delförsöket. Kylsystemet består av en större platt- och tubvärmeväxlare – själva kylmaskinen (förångare) samt ett antal kylslingor i olika rum. Slingorna kyler fastighetens tilluft. För en bättre analys av resultaten behölls konstant flöde efter tillsats av tensiden. Vid ett givet flöde är minskningen av tryckfallet lika stort som minskningen i pumparbete.

Resultat delförsök 1

I första delförsöket användes en katjonisk tensid från Akzo Nobel, Ethoquad T13-50. Försöket visade en total minskning av tryckfallet på 30%. Minskningen i värmeöverföring i förångaren var 30% och motsvarande förlust i kylslingorna var 20%. Matthys konstaterar att tryckfallsminskningen är relativt låg pga närvaron av många ventiler och inpassningar i ett litet system. Betydligt större minskning skulle kunna erhållas i ett större eller i ett enklare system.

Resultat delförsök 2

I delförsök 2 användes en nonjonisk tensid från Akzo Nobel, SPE 95 285. Målsättningen att minimera förluster i värmeöverföring lyckades i detta försök. Matthys lyckades helt eliminera de oönskade förlusterna i värmeväxlarna genom att använda lämplig tensid och slå sönder tensidernas micellstruktur vid strategiska punkter i systemet. Genom ventiler före

kylslingorna introducerades turbulent strömning före värmeväxlingen och värmeöverföringen var lika effektiv som med en vanlig vattenlösning. Ventilerna gav ett tryckfall på ca 0,35 bar. Systemets total tryckfallsminskning blev 10-15%. Även här menar Matthys att en större tryckfallsreduktion skulle kunna uppnås i ett större eller i ett enklare system.

Temperaturskillnaden mellan fram- och returledning var i detta försök dock endast 3°C. Micellåterbildningen går långsammare vid lägre temperaturer.

Gemensamt för delförsöken var att implementeringen av tensidtekniken var okomplicerad. Inga problem rörande underhåll, korrosion eller körbarhet uppstod under försöksperioderna.

4.2.2. Halifax, Kanada

John C. O'C. Young vid Saint Mary's University, Halifax, Kanada utförde från augusti 1993 till februari 1994 ett fullskaleförsök med en tensidlösning i ett kylsystem [4]. Det vattenbaserade 200 ton stora kylsystemet arbetar i temperaturintervallet 5-10°C. Young kunde påvisa tryckfallsreduktioner i systemet upp till 70% och en för systemet total tryckfallsreduktion på ca 40%. Tensiden som användes, 9-octadecen-bis (2-hydroxyetyl)-metylammonium-3-metyl salicylat, doserades till en koncentration av 0,3 mM (0,2% w/v). Young konstaterar att ingen nedbrytning av produkten kunde konstateras under försöksperioden.

Däremot skedde en markant försämring av värmeöverföringen i systemet. Vid höga laster ökade ångbehovet till kylmaskinen kraftigt. Detta ledde till en kraftig sänkning av kylvattentemperaturen att systemet automatiskt stängdes av pga frysrisk. För att undvika detta höjdes kylmaskinens börvärdestemperatur från 7°C till 12°C. Young undersökte i detta fullskaleförsök inte möjligheten till förbättrad värmeöverföring men beskriver i slutordet att detta är nästa steg. Young nämner att värmeöverföringen skall förbättras genom skapande av turbulens före ingången till värmeväxlaren.

4.2.3. Herning, Danmark

I danska Herning har försök med tensider i fjärrvärmesystem genomförts. I Herning byggdes för ett antal år sedan ett ettrörsystem, avväxlat från Hernings fjärrvärmenät, till tätorten Kølkaer. Ettrörsystemet var ett utmärkt sätt att testa tensider i då det var avskilt från nätet i Herning. De första försöken genomfördes med en icke biologiskt nedbrytbar tensid från Hoechst. Ett antal år senare hade Akzo Nobel utvecklat en biologiskt nedbrytbar tensid som man fann lämplig att testa i Herning [5].

Den tensid som då initialt provades benämndes SPE 96300. Den kom senare att ersättas då de danska myndigheterna påpekade att en av de ingående komponenterna i additivet var oönskat. Denna komponent, linjärt alkylbensensulfonat (LAS), bör ej finnas i danskt avloppsslam eftersom detta ska kunna spridas över lantbruksmarker. LAS byttes därför ut mot Laurylsulfat (LAR) och den nya tensiden betecknades SPE 98341. Akzo Nobel har utvecklat bägge tensidsystemen.

Akzo Nobels Herningförsök är uppdelat i tre delförsök där SPE 96 300 i olika koncentrationer svarar för de två första. SPE 98341 beskrivs som de sista delförsöket.

SPE 96300 mätserie 223 ppm

170 kg av den 30%-iga tensidlösningen tillsattes under 3,5 h med en membranpump, dvs 49 kg/h. Initialt sjönk det totala tryckfallet med 10-12%. Denna effekt varade dock endast under ca 12 h pga fasförskjutning mellan rören. Fasförskjutningen borde ha avtagit då blandningen var fullbordad men kvarstod under hela driftperioden som var ca tre veckor. Additivet gav bäst verkan i framledningen vilket var väntat då produkten var justerad för optimal verkan vid 80°C.

SPE 96300 mätserie 447 ppm

Inpumpningen av produkten skedde under en tidsperiod motsvarande en omsättning av systemet. Omedelbart efter tillsatsen kunde ytterligare en reduktion i tryckfall konstateras. Dock ej så kraftigt som vid första tillfället (mätserie 223 ppm) och med en varaktighet på ca 10 h. Fasförskjutningen var dock vid detta tillfälle borta. För att kunna jämföra tryckfall med och utan additiv tvångsstyrdes flödet vid olika flödeshastigheter. Men eftersom värmeavgivningen hos kunderna skulle vara konstant blev systemets returtemperatur nästan lika hög som framtemperaturen. Detta ger ej en rättvisande bild av additivet som är optimerat för framtemperaturer (ca 80°C). Vid flödeshastigheter på 1,5 m/s kan en påbörjad försämring i tryckfallsreduceringen skönjas och vid en hastighet av 2,5 m/s har additivet ingen effekt överhuvudtaget, se diagram 4.1.

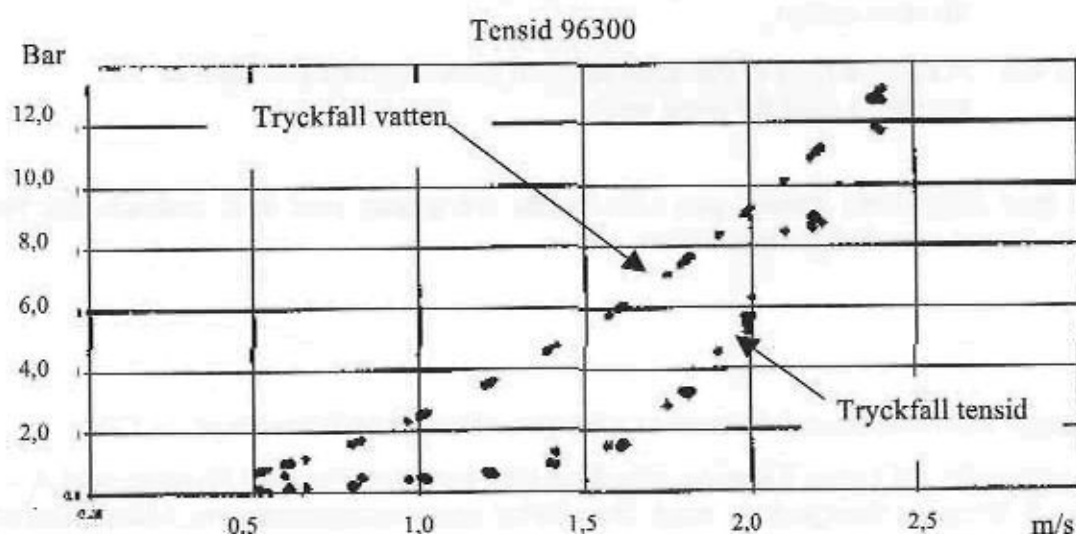


Diagram 4.1 Kollaps av additivets verkan vid hastigheten 2,5 m/s.

Diagram 4.1 Collaps of the additive effect at a speed of 2,5 m/s.

SPE 98341 mätserie 552 ppm

Det modifierade additivet (där komponenten linjärt alkylbensensulfonat, LAS, byttes ut mot Laurylsulfat) tillsattes till systemet under sommaren 1999. SPE 98341 gav en bra verkan initialt som dock försvann endast efter några dagar. Försök med systemvattnet gjordes i Akzo Nobels försöksanläggning med målsättningen att finna orsaken till additivets micellstruktursammanbrott. Orsaken visades sig vara närvaron av Ca^{2+} - salter. Genom tillsats av kaliumpyrofosfat till systemvattnet avlägsnades dessa salter och således också problemen.

I september kunde konstateras att effekten av additivet återvänt varvid en mätserie genomfördes. SPE 98341 gav en bra effekt på tryckfallsreduktionen ända upp till maxhastigheten 2,5 m/s. Till skillnad från SPE 96300 så klarar SPE 98341 betydligt högre flödeshastigheter och vid försöken lyckades man inte skjuva sönder tensiden. Den största reduktionen i tryckfall mättes upp vid hastigheten 2,0 m/s. Vid denna hastighet var tryckfallet 28% av tryckfallet vid drift med rent vatten, dvs en tryckfallsreduktion på 72%, se diagram 4.2.

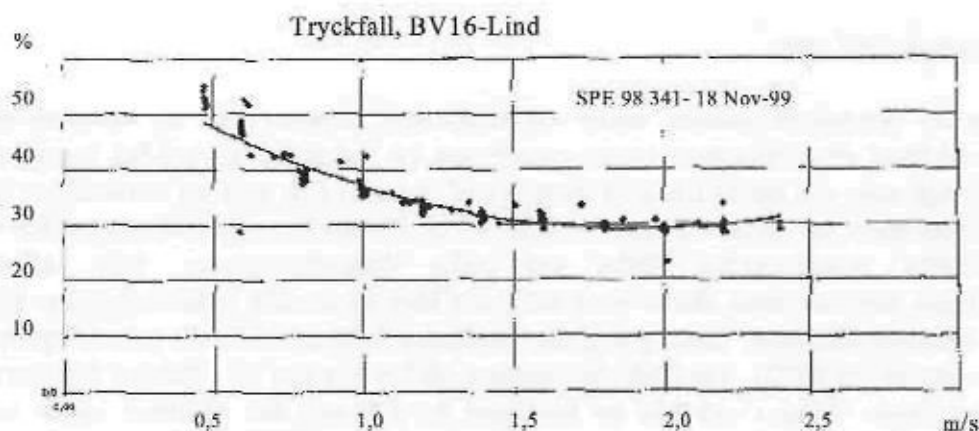


Diagram 4.2. Tryckförlust i totala systemet uttryckt i % av tryckförlust för rent vatten.

Diagram 4.2. Pressure loss in the total system presented as per cent of pressure loss for pure water.

Försöket med SPE 98341 stördes pga oförutsedda svårigheter med dess funktion, bla blev systemet svårstyrst pga väldigt höga flöden.

Allmänt

- För bägge additiven låg reduktionen av värmeöverföringskoefficienten på ca 33%.
- Ett nytt projekt vid Lunds Tekniska Högskola kommer att startas med Elsamprojekt A/S, Bruun & Sørensen Energiteknik samt Akzo Nobel som samarbetspartners. Målsättningen med detta projekt är att ta fram metoder för att förbättra värmeöverföringen i tubväxlare. Projektet beräknas drivas fram till mitten av 2001.

4.3. Utveckling av tensiden

För att uppnå en friktionsminskande effekt (Drag Reduction = DR) i en strömmande vätska krävs att man kan förhindra virvelbildning (turbulens) vilket kan åstadkommas med långa, trådformiga strukturer som antingen kan var uppslammade i vätskan (cellulosa fibrer) eller lösta (polyetylenoxidpolymer).

I ett cirkulerande system är emellertid båda dessa typer olämpliga eftersom fibrer orsakar igensättningar av exempelvis filter och polymerer skärs sönder i cirkulationspumpen. På 1970-talet fann man att vissa ytaktiva, kvartära ammoniumföreningar tillsammans med natriumsalicylat bildade långa trådformiga aggregat (cylindriska miceller) som fungerade

utmärkt som DR-tillsatser. Fördelen med miceller gentemot polymerer är att de är självläkande och de har därför också kallats levande polymerer. M.a.o. micellerna trasas sönder i cirkulationspumpen liksom polymererna men de återbildas tämligen snabbt i rörledningen efter pumpen.

De nämnda kvartära ammoniumföreningarnas egenskaper som DR-tillsatser undersöktes ingående under 1980-talet, framförallt vid universitetet i Dortmund men även i Sverige, Danmark, Tjeckien, USA och Canada. De tekniska egenskaperna visade sig vara mycket bra men den långsamma bionedbrytningen, framförallt den anaeroba nedbrytningen, hindrade en kommersiell användning av denna produkttyp.

I slutet av 1980-talet fick Akzo Nobel Surface Chemistry AB en förfrågan från dåvarande Studsvik Energi AB om man inte kunde få fram en lätt bionedbrytbar tensid med god DR-verkan och efter ett ganska långvarigt arbete, som bl.a. omfattat ett doktorsarbete vid Lunds Universitet, har företaget fått fram tre olika tensidtyper av vilka en är lämpad för fjärrkyla och två för fjärrvärme. Samtliga är lätt bionedbrytbara, även anaerobt.

Den i denna studie studerade produkten är avsedd för fjärrkyla (Beraid DR-DC 620) och består av två olika typer av nonjoniska tensider som har undergått en omfattande provning dels vid University of California, S.Barbara, och dels i Fraunhoferinstitutet i Oberhausen.

Eftersom produkten är lättnedbrytbar kan den också fungera som substrat för mikroorganismer och det är därför nödvändigt att man vid användning i fjärrkylanät också tillsätter en lämplig biocid till systemet.

5. Potential och begränsningar

5.1. Allmänt

En minskning av tryckfallet i ett fjärrkylasystem kan utnyttjas till högre flöde i systemet. Om förluster i värmeövergången kan elimineras eller åtminstone minimeras innebär detta en ökning i överförd effekt. Om man med ett tensidsystem lyckas åstadkomma en 40%-ig ökning i överförd effekt, motsvarar det en rördimensionsökning från DN500 till DN600. Ändå större nytta kan dock en tillsats av tensider göra i ett fjärrkylasystem där försäljningen gått över förväntan och man lider av kapacitetsbrist. I detta fall skall tensidsystemet jämföras med alternativet att investera i nya rör för överföring av kyla.

5.2. Faktorer som påverkar potentialen

Nedanstående kapitel beskriver överskådligt vad som påverkar tensidens potential i ett fjärrkylasystem.

5.2.1. Systemlayout

Tensider har bästa effekt i långa och raka rörsektioner. Rörböjar, ventiler, värmeväxlare mm gör att flödet bromsas upp vilket leder till en minskad verkan från tensiderna. Stora vattenvolymmer gör också att vinsten med tensidtillsatsen blir större. Användandet av tensider lämpar sig således bäst för stora system med långa transiteringsledningar. De fullskaleförsök som är genomförda med tensidtillsats för fjärrkyla (tex Santa Barbera och Halifax) har gjorts i relativt små system med korta sträckor mellan ventiler och värmeväxlare. De positiva resultat som uppnåtts i dessa försök torde därför kunna förbättras ytterligare.

5.2.2. Värmeövergång

En mycket viktig faktor för tensidernas potential i fjärrkylanät är huruvida man kan hitta bra lösningar för att säkerställa värmeövergången. Försämrats värmeövergången tvingas man pumpa runt ett högre flöde för att nå samma effekt samtidigt som systemets returtemperatur sänks. Om delar av kylproduktionen kommer från frikyla innebär den sänkta returtemperaturen också att en större del av kylproduktionen måste tas från värmepumpar. Varje leverantör av fjärrkyla bör således ställa sig frågan hur känslig produktionen är för en sänkning av returtemperaturen.

I flera tidigare försök har tensidernas friktionsminskande effekt konstaterats samtidigt som värmeövergången försämrats markant. De flesta experter inom området är överens om att det genom att slå sönder den bildade micellstavstrukturen före värmeväxlaren och introducera ett tillfälligt turbulent flöde, går att säkerställa värmeöverföringen. Se vidare kapitel 6.

5.3. Begränsande faktorer

Ett antal begränsningar för tensider i fjärrkylanät kan också uppstå. Dessa beskrivs översiktligt nedan.

5.3.1. Flödeshastighet

Begränsningen gällande flödeshastighet är tudelad. Introducerandet av tensider i ett fjärrkylasystem ger en ökad flödeshastighet som kan ha en negativ inverkan både för själva tensiden och för fjärrkylasystemet. Vid en ökning av flödeshastigheten kommer följaktligen också skjuvkrafterna att öka. Varje tensid har en kritisk gräns för skjuvkrafter över vilken den bildade micellstrukturen bryts sönder. Denna egenskap hos tensid utvecklas dock fortlöpande och de hastigheter som kan komma i fråga kommer sannolikt inte att vara en begränsande faktor.

Ökande flödeshastigheter leder däremot till en ökad risk för tryckslag i fjärrkylanätet. Detta är naturligtvis i allra högsta grad oönskat och leder sannolikt till att man får, t ex genom simulering, fastställa en maximal tillåten flödeshastighet i systemet. Utöver detta bör t ex ventilstängningstider justeras med tanke på de ökade hastigheterna.

5.3.2. Miljöaspekter

De nonjoniska tensider som nu bl a utvecklas av Akzo Nobel är bionedbrytbara. Detta är naturligtvis positivt ur miljöhänseende men får också till följd att tensiden måste kompletteras med en biocid för att inte brytas ned i fjärrkylanätet. Biocidens liksom tensidens påverkan på miljön måste kartläggas. Tensider har liksom övriga ytaktiva ämnen egenskapen av hög fiskgiftighet. Tensiden sätter sig på fiskgälar och hindrar fiskens andning, se vidare kapitel 8, Miljöaspekter. Användande av tensider i fjärrkylanät kan, men behöver inte, ha en begränsning i miljöhänseende.

6. Värmeövergång

Denna förstudie innehåller inga riktade försök gällande värmeövergång i växlare. Kapitlet beskriver teorin bakom värmeövergång i släta rör samt rekommendationer till angreppspunkter för fortsatt arbete.

6.1. Värmeövergång teori

Vid laminär strömning transporteras värme mellan mediet mitt i röret och rörväggarna endast genom ledning i mediet. Detta eftersom det inte sker någon radiell masstransport. Vid turbulent strömning däremot sker en radiell omblandning av mediet vilket innebär att man får en jämn temperaturfördelning i röret. I och med detta blir temperaturskillnaden mellan mediet närmast rörväggen och omgivande medium större – värmetransporten genom väggen blir således större vid turbulent strömning än vid laminär strömning. Värmeövergångstalet, α , räknas ut via det dimensionslösa talet Nusselts tal, Nu , enligt (5).

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \quad (5)$$

där

Nu = Nusselts tal

α = värmeövergångstal

d = rördiameter

λ = friktionsfaktor

Nusselts tal, Nu , beräknas enligt (6).

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \quad (6)$$

där Prandtls tal, Pr , beräknas enligt (7).

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{\lambda} \quad (7)$$

Det totala värmeövergångstalet beräknas enligt (8).

$$\frac{1}{k \cdot A} = \frac{1}{(\alpha \cdot A)_1} + \frac{\delta}{(\lambda \cdot A)_r} + \frac{1}{(\alpha \cdot A)_2} \quad (8)$$

där $1 =$ rörets primärsida, dvs insidan
 $r =$ rör
 $2 =$ sekundärsida
 $\delta =$ rörväggens tjocklek
 $A_r =$ logaritmiska medelarean beräknad enligt (9).

$$A_r = \frac{A_1 - A_2}{\ln \frac{A_1}{A_2}} \quad (9)$$

6.2. Värmeövergång med tensider

Ett fjärrkylanät med tensider kommer att ge en strömning av laminär karaktär som innebär en försämrad värmeövergång i systemets värmeväxlare. Detta är naturligtvis högst oönskat då det innebär att ett högre flöde måste pumpas runt i systemet samtidigt som returtemperaturen sänks.

Idag resoneras kring att lösningen kring detta problem kan vara att slå sönder tensidens bildade micellstruktur före växlarna och introducera ett turbulent flöde. Micellbildningen är nämligen en reversibel process vilket således ånyo skulle innebära ett laminärt flöde efter växlaren.

Kunderna i Stockholms fjärrkylanät city har reglerventiler i samband med sina växlare. Dessa ventiler skulle möjligtvis kunna störa flödet tillräckligt för att få en acceptabel värmeövergång. Emellertid är det vanligast att dessa reglerventiler sitter efter värmeväxlaren där de i denna fråga således är helt funktionslösa.

Frågan med värmeövergång i samband med tensider är alltså inte löst och kräver riktade studier i form av laboratoric- och pilotförsök. Detta bör göras innan tensider provkörs i större system.

7. Beräkningar

7.1 Allmänt

Beräkningar gällande tryckfall och kapacitet har genomförts med Stockholms fjärrkylanät city som case. Beräkningarna är gjorda för ett rent system, dvs ett system utan tensider, samt ett tensidsystem.

Laboratorieförsök med den utvecklade tensiden är genomförda vid Akzo Nobels anläggning i Stenungssund. Vid dessa försök har tryckfall vid olika hastigheter och temperaturer mätts upp. Genom dessa data har sedan väggskjuvspänning beräknats, denna storhet styr uppskalningen från ett litet laboratoriesystem till ett stort verkligt system.

Slutligen har ett värde på friktionsfaktorn, λ , beräknats och använts för att beräkna tryckfall och effekt i Birka Energis fjärrkylanät i Stockholm city.

7.2. Avgränsningar

Tryckfallsberäkningar på citynätet är avgränsade till transiteringsledningsnätet. Detta för att kunna skapa en inte alltför komplicerad beräkningsstruktur. Vinsten med användandet av tensider är också enligt tidigare studier störst i långa, raka rörsektioner. Friktionsminskningen i servisledningarna är således sannolikt försumbar i jämförelse med transiteringsledningarna.

Den högsta flödeshastigheten som kan tolereras i citynätet är satt till 5,0 m/s. Idag är högsta flödeshastigheten 3,1 m/s. Hastigheter över 5,0 m/s är sannolikt möjliga med tensidsystem men konsekvenserna av transienta förlopp riskerar bli alltför stora, således är inga beräkningar gjorda över denna hastighet.

7.3. Teori

Väggskjuvspänningen, τ , är den storhet som styr uppskalningen från laboratorieförsök till fullskalenivå. Förhållandet mellan väggskjuvspänningen för ett rent system (dvs ett system utan tensider) och väggskjuvspänningen för ett tensidsystem är detsamma oavsett rördimension. Följande beräkningsgång är grunden för framtagandet av den friktionsfaktor, λ , som sedan används för beräkning av tryckfall och effekt i Stockholms citynät.

7.3.1. Litet system

Från laboratorieförsöken hämtas ett antal set av data (dP , flöde). För varje set av data räknas hastighet, enligt (10), och väggskjuvspänningen, enligt (11), ut enligt nedan.

$$v = 4Q / \pi D^2 \quad (m/s) \quad (10)$$

$$\tau = dP D / 4L \quad (Pa) \quad (11)$$

För varje hastighet (v) beräknas motsvarande väggskjuvspänning för rent vatten (τ_v) enligt (12).

$$\tau_v = dP_v D / 4L = \lambda_v L \rho v^2 D / 8 D L = \lambda_v \rho v^2 / 8 \quad (Pa) \quad (12)$$

Friktionsfaktorn, λ_v , tas fram genom Colbrooks-White's formel, enligt (13).

$$1 / (\lambda_v)^{0,5} = -2 \log (k/D / 3,7065 - 5,0452 \log A / Re) \quad (13)$$

där A beräknas enligt (14):

$$A = k/D / 3,7065 + (5,6-37k/D)/Re^{0,9} \quad (14)$$

Enligt denna beräkningsgång erhålls ett antal set (beroende av hur många försökspunkter som genomförts) av beräknade data för laboratoriesystemet:

$$[(v_1, \tau_1, \tau_{v1}), (v_2, \tau_2, \tau_{v2}), (v_3, \tau_3, \tau_{v3}), \dots]$$

7.3.2. Stort system

För det stora systemet beräknas väggskjuvspänningen för rent vatten. Värdet på hastigheten är okänd och får antas för att erhålla samma värde för väggskjuvspänningen i det lilla och i det stora systemet. Ekvation (15) kräver således en passningsräkning. Återigen beräknas friktionsfaktorn enligt Colebrook-White's formel (13). ("ss)" betecknar "stort system").

$$\tau_{v(ss)} = \lambda_{v(ss)} \rho v_{(ss)}^2 / 8 \quad (15)$$

passningsräkning tills:

$$\tau_{v(ss)} = \tau_v \quad (16)$$

När lika värden på väggskjuvspänningen uppnåtts i ett rent vattensystem råder även samma väggskjuvspänningen i ett tensidsystem, enligt (17):

$$\tau_{(ss)} = \tau \quad (17)$$

Således kan tryckfallet i det stora systemet beräknas enligt (18):

$$DP_{(ss)} = \tau_{(ss)} 4L / D_{(ss)} \quad (18)$$

Så även här kan ett set av data för det stora systemet tas fram:

$$[(v_{1(ss)}, \tau_{1(ss)}, \tau_{1(ss)}, dP_{1(ss)}, \lambda_{1(ss)}), [(v_{2(ss)}, \tau_{2(ss)}, \tau_{2(ss)}, dP_{2(ss)}, \lambda_{2(ss)}), \dots]]$$

7.4. Resultat friktionsminskning

7.4.1. Laboratorieförsök

Utifrån rådata och beräknade data har tryckfall och friktionsfaktor vid två olika temperaturer (3°C och 16°C) och i hastighetsintervallet 0,4-5 m/s bestämts. Givna värden för tryckfall och friktionsfaktor gäller för en rördiameter på 800 mm som är dimensionen på transiteringsledningarna i Stockholms citynät. Resultatet av laboratorieförsöken visar en markant friktionssänkning för tensidsystemet både vid 3°C och vid 16°C.

Konstateras kan också att värdet på friktionsfaktorn är relativt oberoende av hastigheten i intervallet 2-5 m/s. Friktionsfaktorn, λ , för det rena vattensystemet ligger på ca 0,014 medan tensidsystemet uppvisar ett värde på ca 0,005, dvs en sänkning på nästan 65%. Diagram 7.1 visar friktionsfaktorn för ett rent vattensystem samt tensidsystemet, med en tensidkoncentration på 4 g/l, vid 3°C.

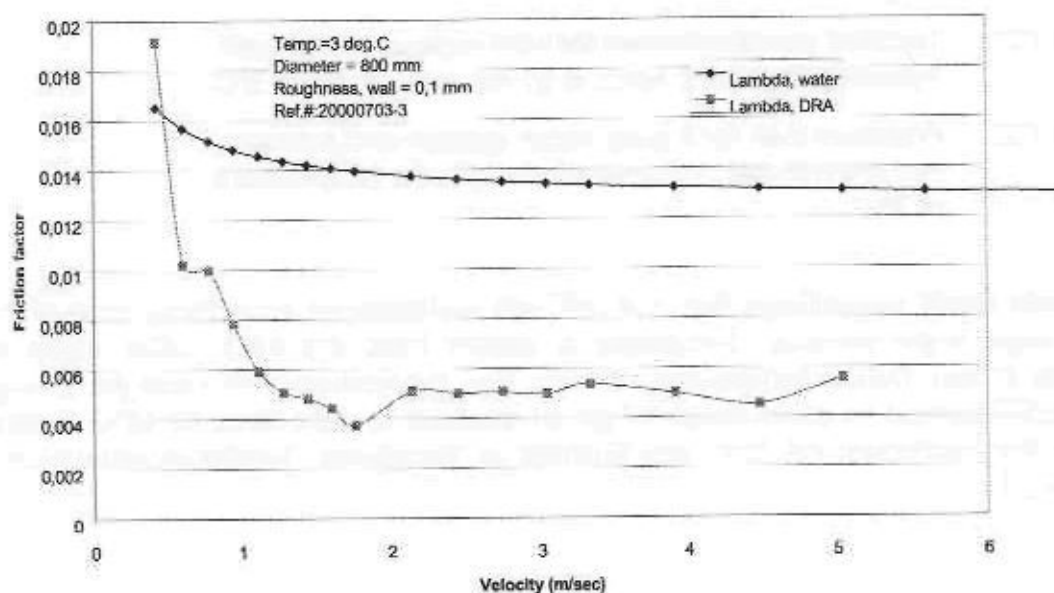


Diagram 7.1 Friktionsfaktor för rent vattensystem samt tensidsystem med koncentrationen 4 g/l vid temperaturen 3°C.

Diagram 7.1. Friction coefficient for a pure water system and a tenside system with a concentration of 4 g/l at a temperature of 3°C.

Diagram 7.2. visar från motsvarande försök tryckfallet per längdenhet. Tensidkoncentrationen är således fortfarande 4 g/l och temperaturen 3°C.

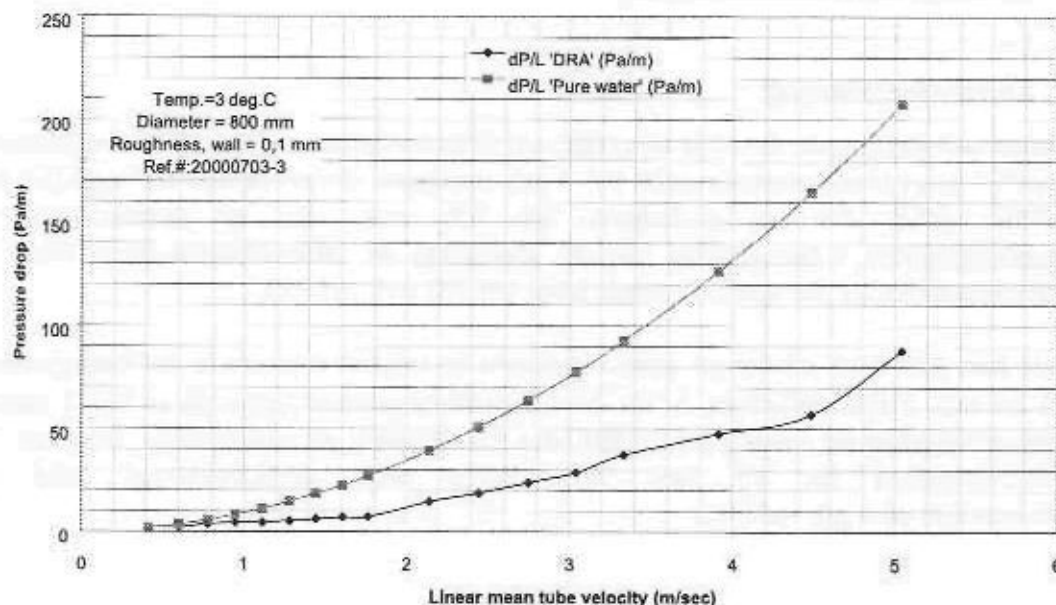


Diagram 7.2. Tryckfall per längdenhet för rent vattensystem samt Tensidsystem med konc. 4 g/l vid temperaturen 3°C.

Diagram 7.2. *Pressure loss for a pure water system and a tenside system with the concentration 4 g/l at a temperature of 3°C.*

Motsvarande försök genomfördes även vid 16°C och resultaten vid dessa försök visar till och med en något högre potential. Testslangan är relativt liten, dvs tiden mellan pump och tryckgivare är kort. Detta i kombination med den låga temperaturen (3°C) som ger en något längre återbildningstid för micellstrukturen gör att resultatet är något bättre för 16°C. Diagram 7.3. visar friktionsfaktorn vid 16°C som funktion av hastigheten. Tensidkoncentrationen är även här 4 g/l.

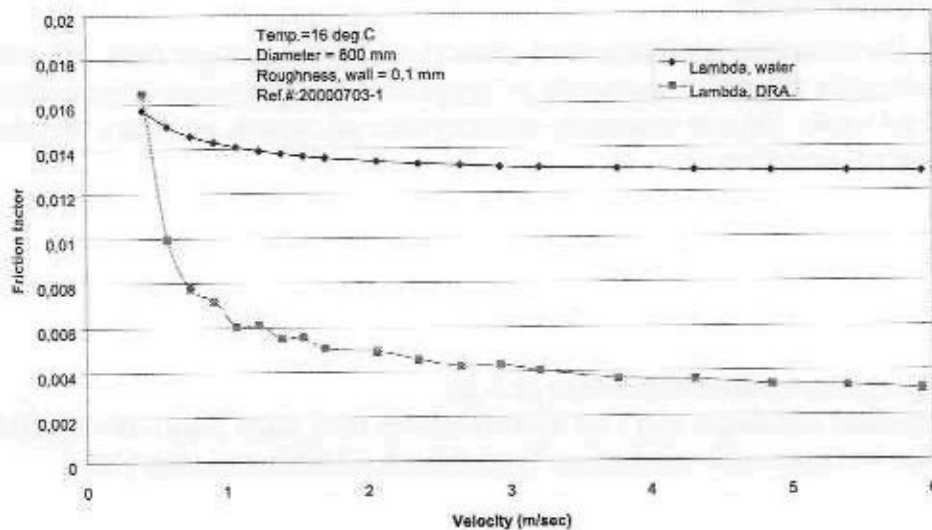


Diagram 7.3. Friktionsfaktorn som funktion av hastigheten för ett rent vattensystem samt ett tensidsystem (4 g/l) vid 16°C.

Diagram 7.3. Friction coefficient for a pure water system and a tenside system with a concentration of 4 g/l at a temperature of 16°C.

Diagram 7.4. visar tryckfallet per längdenhet som funktion av hastigheten för ett rent vattensystem samt ett tensidsystem med koncentrationen 4 g/l. Temperaturen är 16°C.

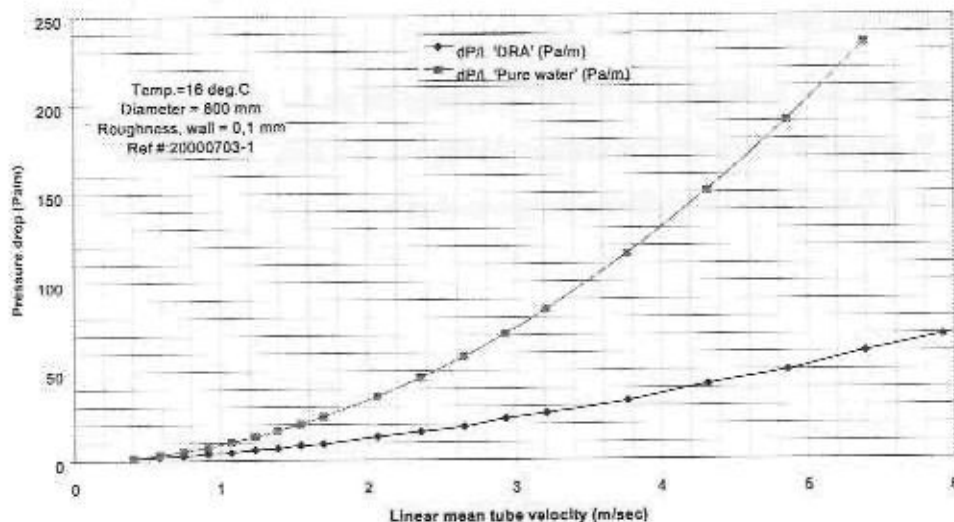


Diagram 7.4. Tryckfallet per längdenhet som funktion av hastigheten för ett rent vattensystem samt ett tensidsystem (4 g/l) vid 16°C.

Diagram 7.4. Pressure loss for a pure water system and a tenside system with the concentration 4 g/l at a temperature of 16°C.

7.4.2. Beräkningar Citynätet Stockholm

7.4.2.1. Tryckfallsberäkningar

Tryckstrutsdiagram för transiteringsledningsnätet i Stockholm City har tagits fram. Då, enligt försöken, värdet på lambda är relativt oberoende av temperatur och hastigheter i intervallet 1-5 m/s så har endast ett värde, för rent respektive tensidsystem, på lambda använts i tryckfalls- och effektberäkningarna, se nedan.

$$\lambda_{\text{rent system}} = 0,014$$

$$\lambda_{\text{tensidsystem}} = 0,005$$

Beräkningarna bygger på en tensidkoncentration på 4 g/l.

Transiteringsledningsnätet har delats upp i ett antal sektioner med olika längd där tryckfallet över varje sektion har beräknats och summerats. Tryckfallet har beräknats enligt (19):

$$\Delta P = \lambda \rho L v^2 / 2D \quad (19)$$

där

λ = friktionsfaktor

ρ = vattnets densitet

L = rörsektionens längd

v = flödeshastighet

D = rördiameter

Tryckstrutsdiagrammen visar tryckfall från produktionsenheten till längst ut på nätet. Tre stycken diagram har tagits fram;

1. Nuläge. System med rent vatten och en maxflödeshastighet på 3,1 m/s.
2. Tensidsystem (4 g/l) med oförändrad maxflödeshastighet, 3,1 m/s.
3. Tensidsystem (4 g/l) med ökad maxflödeshastighet, 5 m/s.

Diagram 7.5. beskriver punkt 1 enligt ovan:

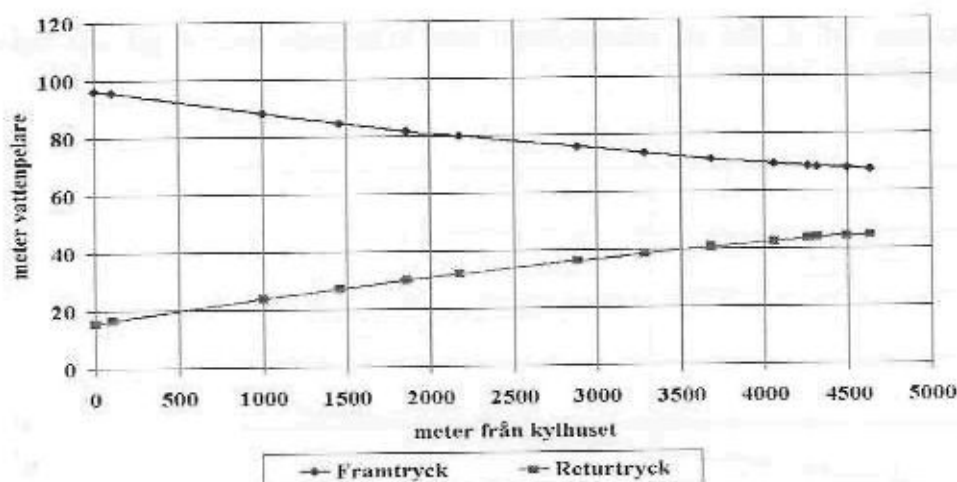


Diagram 7.5. Tryckstrutsdiagram för rent vattensystem vid den maximala flödes hastigheten 3,1 m/s.

Diagram 7.5. Pressure diagram for a pure water system at a maximal flow speed of 3,1 m/s.

Tryckfallet mäts i enheten meter vattenpelare och systemutsträckningen är 4,6 km, dvs längden från produktionskällan till längst ut på nätet. Den maximala flödes hastigheten i detta exempel, som beskriver nuläget, är 3,1 m/s. Det totala tryckfallet över systemet blir i detta fall 58 mvp.

Diagram 7.6. beskriver punkt 2 enligt ovan, dvs ett system med en tensidkoncentration av 4 g/l och en maximal flödes hastighet på 3,1 m/s.

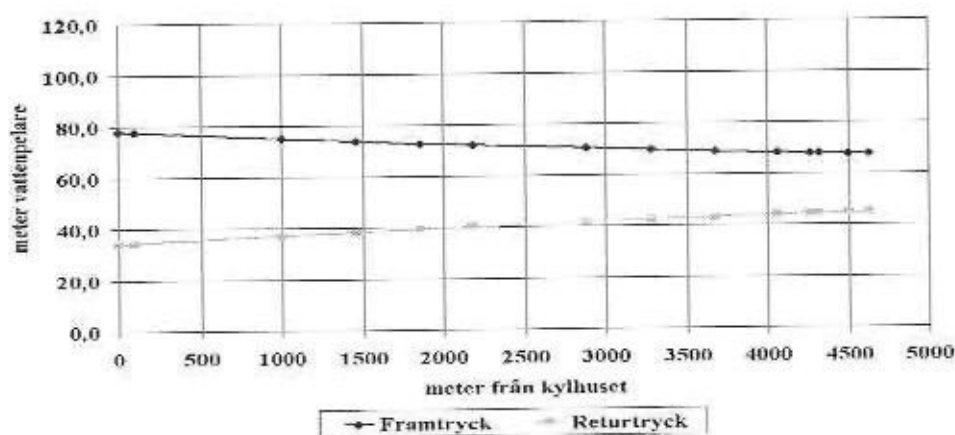


Diagram 7.6. Tryckstrutsdiagram för tensidsystem (4 g/l) vid maximala flödes hastigheten 3,1 m/s.

Diagram 7.6. Pressure diagram for a tenside system at a maximal flow speed of 3,1 m/s.

Detta beräkningsexempel visar att med en angiven tensidkoncentration och vid en oförändrad hastighet kan tryckfallet reduceras. Det totala tryckfallet över systemet är i detta fall 21 mvp.

Diagram 7.7. beskriver fall 3, dvs ett tensidsystem med koncentrationen 4 g/l och vid en maximal flödeshastighet av 5,0 m/s.

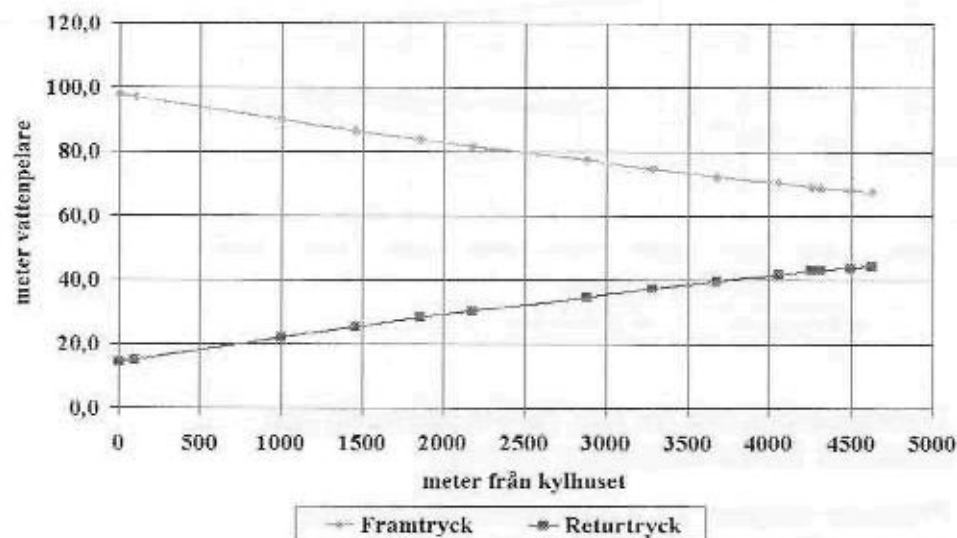


Diagram 7.7. Tryckstrutsdiagram för tensidsystem (4 g/l) vid maximala flödeshastigheten 5,0 m/s.

Diagram 7.7. Pressure diagram for a tenside system at a maximal flow speed of 5,0 m/s.

Diagram 7.7. visar att trots en ökning av den maximala flödeshastigheten från 3,1 till 5,0 m/s så kan, med hjälp av detta tensidsystem (4 g/l), tryckbilden över systemet hållas relativt oförändrad.

Diagram 7.8. sammanfattar de tre olika delfallen i ett diagram.

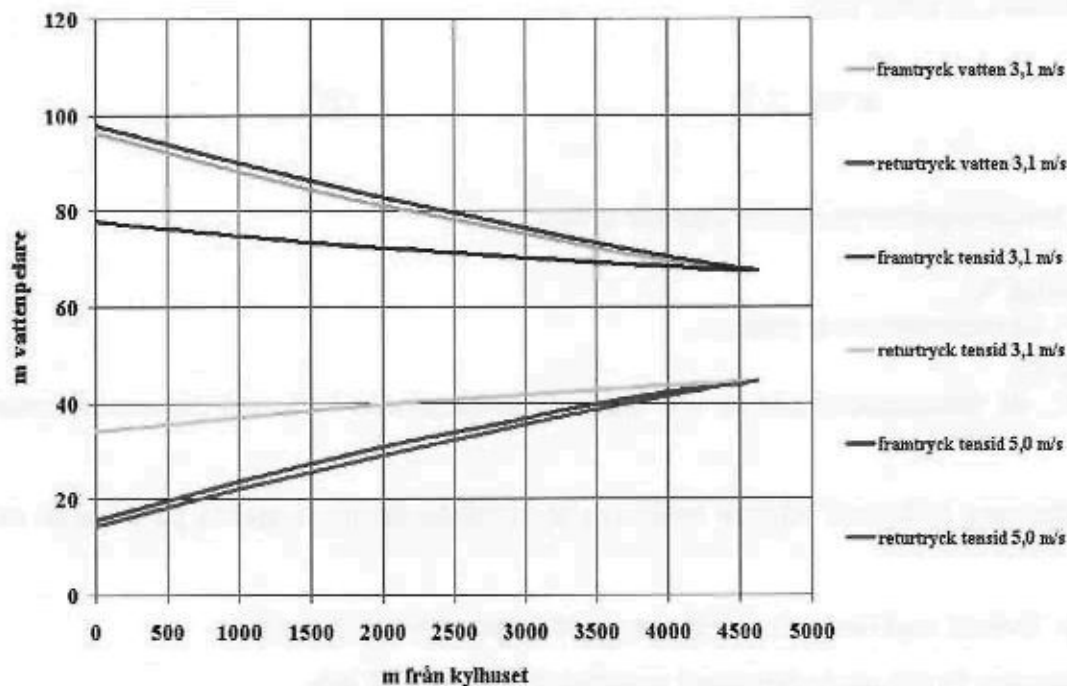


Diagram 7.8. Tryckstrutsdiagram över samtliga 3 fall:

1. Vattensystem – 3,1 m/s
2. Tensidsystem – 3,1 m/s
3. Tensidsystem – 5,0 m/s

Diagram 7.8. Pressure diagram for the 3 cases:

1. Water system 3,1 m/s
2. Tenside system 3,1 m/s
3. Tenside system 5,0 m/s

Slutsatsen av diagram 7.8. är således att ett system med tensider av en koncentration på 4 g/l kan ge ett reducerat totalt tryckfall. Denna minskning kan också användas till en högre flödeshastighet. En hastighet på 5,0 m/s med tensider uppvisar samma tryckbild som ett rent system vid flödeshastigheten 3,1 m/s.

7.4.2.2. Effektberäkningar

Den överförda effekten i systemet beräknas enligt (20).

$$P = m \cdot C_v \cdot \Delta T \quad (20)$$

där

- m = massflöde [kg/s]
- C_v = värmekapacitivitet vatten [kJ/kg, °C]
- ΔT = Temperaturdifferensen [°C]

Massflödet, m , beräknas som produkten av flödeshastigheten, v , rörets tvärsnittsarea, A , och vattnets densitet, ρ , enligt (21).

$$m = v \cdot A \cdot \rho \quad (21)$$

I följande beräkningsexempel gäller följande indata:

$C_v = 4,2 \text{ kJ/kg, } ^\circ\text{C}$

$A = 0,5 \text{ m}^2$, då rördiametern är 800mm.

$\rho = 999 \text{ kg/m}^3$

$\Delta T = 10^\circ\text{C}$, då framtemperaturen är 4°C och returtemperaturen 14°C vid dimensionerande laster.

Effektberäkningar är liksom tidigare beskrivna tryckfallsberäkningar gjorda på följande tre fall:

1. Nuläge. System med rent vatten och en maxflödeshastighet på 3,1 m/s.
2. Tensidsystem (4 g/l) med oförändrad maxflödeshastighet, 3,1 m/s.
3. Tensidsystem (4 g/l) med ökad maxflödeshastighet, 5 m/s.

Beräkningar på ovan fall ger följande resultat:

1. 3,1 m/s $P = 65 \text{ MW}$
2. 3,1 m/s $P = 65 \text{ MW}$
3. 5,0 m/s $P = 105 \text{ MW}$

Resultatet visar således att ett tensidsystem med koncentrationen 4 g/l kan ge en ökning av överförd effekt med 60% vid en oförändrad tryckbild över systemet. Detta förutsätter dock att effektoverföringen i systemets värmeväxlare är oförändrad.

8. Miljöaspekter

8.1. Allmänt

De flesta tensider är mer eller mindre giftiga för vattenlevande organismer. Den akuta giftigheten orsakas troligen av tensidernas ytaktiva egenskaper som innebär att de kan störa utbyte och transporter av ämnen, t ex syre, genom biologiska membraner (t ex fiskgälar). Tensiders biologiska nedbrytbarhet varierar med kolvätekedjornas form – oftast är raka kedjor mer lättnedbrytbara än grenade. Giftigheten för vattenlevande organismer varierar med kolvätekedjans längd – generellt ökar giftigheten ju längre kolvätekedjan är [6].

Den tensid som Akzo Nobel tagit fram för fjärrkyla heter Beraid DR-DC 620 och är av nonjonisk typ. Den består av två olika typer av nonjoniska tensider; amidetoxylat och alkoholetoxylat av ungefär lika stora mängder. Alkoholetoxilater används idag i nästan alla textiltvättmedel, diskmedel och allrengöringsmedel.

På 70-80 – talet testades tensiders friktionsnedsättande egenskaper med goda resultat. Vid denna tidpunkt bestod tensiderna av kvartära ammoniumföreningar som visserligen hade bra tekniska egenskaper men också en mycket långsam bionedbrytning. Detta gjorde att produkterna aldrig blev kommersiella. Sedan slutet av 80-talet har man därefter jobbat med att ta fram en tensid som är lätt nedbrytbar.

Akzo Nobels produkt heter Beraid DR-DC 620 och är bionedbrytbar både med och utan syretillgång. Eftersom produkten är lätt bionedbrytbar kan den också fungera som substrat för mikroorganismer. Detta motverkas genom tillsättning av en biocid. Rekommendationer från ett flertal biocidtillverkare är att använda en biocid baserad på isotiazolin. Biociden, som av naturliga skäl har en långsammare bionedbrytning, kan orsaka problem i avloppsreningsverk pga sin nitrifikationshämmande effekt.

8.2. Risker

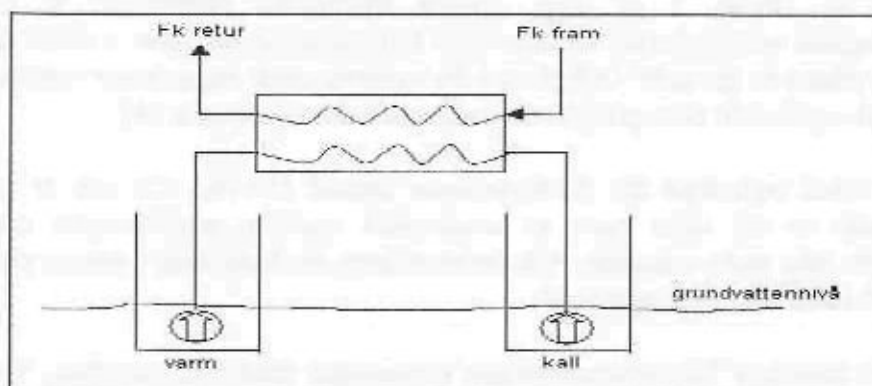
8.2.1. Dränering

Stockholm Citys fjärrkylanät är sektionerat med sektioneringsventiler. På vissa sträckor i systemet är det relativt långt mellan dessa ventiler vilket innebär att vid tex reparationsarbeten måste en stor volym vatten dräneras bort vilket är både tids- och arbetskrävande. Den största volymen mellan två sektioneringsventiler är 1400 m³. Vid en tensidkoncentration på 4 g/l innebär detta en tensidmängd på 5.600 kg.

Biociden bör doseras i intervallet 0,04-0,15 % map tensiden. I ovanstående fall och med en biocidkoncentration på 0,10 % innebär detta 5,6 kg biocid. Samtal har förts med miljökemister på Stockholm Vatten hur detta skulle påverka Henriksdals reningsverk. Det finns inga exakta svar och heller inga regleringar på vilken typ av föreningar som reningsverket inte tar emot. Man diskuterar detta från fall till fall. Största risken ser man dock i biociden som vid större mängder riskerar att slå ut avloppsreningsverkets kväverening. Nitrifikationsbakterierna är således mest känsliga, de kolätande bakterierna klarar sig bättre.

8.2.2. Akviferen

Akviferen är en rullstensås i Stockholm city, Brunkebergstorg, där man har möjligheten att lagra kyla. Akviferen fungerar ungefär som ett uppladdningsbart batteri. Man kyler akviferens vatten (grundvatten) med hjälp av fjärrkyla under perioder med låg belastning (tex nattetid). På dagen under höglastperioder urladdas akviferen och ger således ett tillskott av kyla. Figur 8.1. beskriver akviferen schematiskt:



Figur 8.1. Schematisk skiss över akviferen.

Figure 8.1. Schematic picture of the aquifer.

Akviferen består av sex stycken kalla och sex stycken varma brunnar. Vid laddning pumpas vatten från varma sidan, växlas mot fjärrkyla, och pumpas ned i de kalla brunnarna. Vid urladdning körs akviferen åt andra hållet, dvs vatten pumpas från kalla sidan och ger ett tillskott på kyla, fk-systemet körs åt andra hållet.

Sett ur miljösynpunkt kan akviferen vara riskabel då endast en värmeväxlare skiljer fjärrkylavattnet från grundvattnet. Ett läckage i värmeväxlaren kan således innebära utsläpp av tensid och biocid till grundvattnet. Detta skulle dock kunna lösas genom en kontinuerlig ytspänningsmätare på grundvattensidan. Ett läckage av fjärrkylavatten, eg. tensid, skulle då kunna detekteras genom att grundvattnets ytspänning minskar.

8.3. Rekommendationer

En riktad studie gällande tensiders och biociders användande i fjärrkylanät bör göras. Tensider har liksom andra ytaktiva ämnen fisktoxiska egenskaper men den nya typen av produkt som är bionedbrytbar är förbättrad. Dock kräver denna tensid tillsats av biocid som visserligen är nedbrytbar men i en långsam takt. När det gäller detta tensidens och biocidens påverkan i kommunala reningsverk finns det möjlighet att genomföra ett sk nitrifikationshämningstest. Detta ger svar på hur nitrifikationsbakterierna reagerar på blandningen. Det finns även andra frågor som behöver ställas:

- ☐ Vilka tillstånd från myndigheter och eller kommunen krävs för ett införande av tensider och biocider i fjärrkylanätet?
- ☐ Hur stor är inspädningen i fjärrkylanätet, dvs vilket läckage finns?
- ☐ Faller användandet av tensider och biocider in i ramen för gällande vattendomar?
- ☐ Hur faller användandet av tensider in i företagets miljöledningssystem?
- ☐ Kan användandet av dessa produkter skada produkten fjärrkyla som delvis marknadsförts som en miljöprodukt?

9. Driftrelaterade konsekvenser

9.1. Materialpåverkan

Generellt sett har man inte sett att friktionsminskande tillsatser har någon negativ inverkan på metalliska material. Undersökningar har gjorts av Sulzer och Dechema i Europa och av Ohio State University i USA. Resultaten visar att tensider utan klorinnehåll inte har någon korroderande effekt på järnbaserade metaller i stadsvatten. Inga problem har heller uppstått vid fullskaleförsöken i Herning, Danmark.

Problem kan däremot uppstå i kontakt med polymera material. Tensiden kilar in i mikrosprickor och påskyndar på så vis sprickbildning.

Akzo Nobel lät 1997 IFP (Institutet för fiber- och polymer forskning) utföra ett svällnings- och sättningsprov av en EPDM-packning. Försöket gjordes i en vattenlösning (avjoniserat vatten) och i en tensidlösning (jonisk tensid) vid pH 8,5 och temperaturen 85°C. Testets tidslängd var 2000 timmar.

Resultatet av den jämförande provningen var att gummimaterialet reagerar likvärdigt i avjoniserat vatten och i tensidlösningen. Detta är en viktig slutsats då gummimaterial i fjärrkylanät återfinns som tätnings- och packningsmaterial i armatur, ventiler mm.

9.2. Flödesmätning

Vid flödesmätning av en tensidlösning är sannolikheten stor att många befintliga flödesmätare kommer att visa felaktiga flöden. En undersökning från 1996 vid universitetet i Dortmund visar flödesmätare av typen ultraljud eller magnetisk induktion inte påverkas av tensidlösningar och således är lämpliga att använda. Flödesmätare med vinghjul är däremot inte alls lämpliga. En kartering med avseende på flödesmätare bör således göras innan man testar en tensidlösning i ett större system.

9.3. Övriga parametrar

9.3.1. Ventiler

Användande av tensider i fjärrkylavatten ger möjlighet till betydligt högre flödes hastigheter i systemet. Stängningstider för ventiler i systemet är anpassade för dagens flödes hastigheter men ökar hastigheten med 60 % måste dessa stängningstider ses över.

9.3.2. Filter

Initialt kommer introducerandet av en tensidlösning i ett fjärrkylasystem att ha en tvättande effekt. Detta betyder att smuts och korrosionsprodukter i rören spolats loss och samlas, eventuellt sätter igen, filter. Detta bör man således vara uppmärksam på vid igångkörning.

9.3.3. Ljudnivå

Ljudnivån kan tänkas bli förändrad i ett system med tensider då man väljer att köra vid högre flödes hastigheter.

Flödes hastigheten hos kunden kommer dock i princip att vara oförändrad vilket således inte borde betyda någon högre ljudnivå. Den stora hastighetsökningen kommer att vara i transiteringsledningarna som i Stockholms citynät ligger i tunnlar.

10. Resultat

Resultatet av denna förstudie visar att den testade nonjoniska tensiden, Beraid DR-DC 620, från Akzo Nobel kan minska tryckfallsförlusten i fjärrkylanät väsentligt. Tester utförda och vars resultat är uppskalade visar genom beräkningar på Birka Energis fjärrkylanät city att en flödes hastighetsökning på 60 % är möjlig med en oförändrad tryckbild över systemet. För detta fjärrkylanät skulle det innebära en kapacitetsökning från 65 MW till 105 MW. Detta förutsätter emellertid att värmeövergången i systemets värmeväxlare är oförändrad.

11. Rekommendationer för fortsatt arbete

Användandet av tensider har i denna och tidigare studier visat lovande resultat i både pilotskala och i mindre fullskaleförsök. Karaktären av laminärt flöde som bildas vid användandet av tensider minskar dock inte bara friktionen vid rörströmning utan sänker också effektöverföringen i värmeväxlare. Det som således är viktigast för att komma vidare i tensidfrågan är att undersöka hur man kan undgå dramatiska försämringar i värmeväxlare. Därför bör en riktad studie med praktiska försök gällande denna fråga utföras. Miljöaspekterna kring användandet av tensider kräver också ytterligare utredning. Den studerade nonjoniska tensiden är bionedbrytbar men kräver därför också tillsats av en biocid. Biociden har en nitrifikationshämmande effekt i de kommunala avloppsreningsverken – men i vilken grad? Dessa tester är möjliga att utföra och bör så göras. Stockholm Vatten kan inte ge några svar på hur stor mängd tensid+biocid man kan ta emot utan att delar av avloppsreningsverkets processer riskerar att påverkas negativt. Denna fråga bör utredas.

Andra frågetecken som bör rätas ut: Måste dagens vattendomar förnyas ifall man väljer att producera fjärrkyla med tensider? Hur faller användandet av tensider in i företagets miljöledningssystem och kan användande av kemikalier i skada produkten fjärrkylas goda miljöimage? Riskerar man utsläpp av fjärrkylavatten innehållande tensider och biocider påverkas företagets miljöanseende sannolikt mycket negativt. Oavsett uppkomna miljökonsekvenser.

Användandet av tensider i fjärrkylasystem har mycket god potential och de frågor man fokusera på i nästa steg är således värmeövergång och miljöaspekter. När dessa frågeställningar klarnar borde ett fullskaleförsök i en del av ett fjärrkylasystem vara mycket intressant.

12 Referenser

1. C. Blais¹, I. Harwigsson², M. Hellsten³ and J. Wollerstrand⁴
"Drag reduction in district heating and cooling circuits - temporary disruption of micelles to preserve the heat exchanger capacity".
1) Natural Resources Canada/CANMET
2) Dept of Phys Chem, POB Lund
3) Akzo Nobel Surface Chemistry, Stenungssund
4) Dept of Heat and Power Eng, POB Lund
2. Muntlig information, Anders Tvärne, Sv Fjärrvärmeföreningen.
3. K. Gasljevic, K. Hoyer and E.F. Matthys
"Energy savings in hydronic hvac systems by addition of drag-reducing surfactants".
Department of Mechanical and Chemical Engineering
University of California, Santa Barbara.
4. John C. O'C. Young
"Drag reduction in the chilled water distribution system of a 200-ton absorption chiller".
Advanced Fluids Research Center
Saint Mary's University, Halifax.
5. Akzo Nobel Surface Chemistry AB
"Test av två friktionsreducerande additiv i en fjärrvärme-transmissionsledning i Herning, Danmark".
Slutrapport, mars 2000.
6. Bra kemval för tvätt och rengöring
Bo Svärd, Miljöförvaltningen Göteborg
Cajsa Wahlberg, Stockholm Vatten AB

Bilaga 1

Data tryckfallsberäkningar

1. Nulage. Rent vattensystem med maxflodeshastigheten 3,1 m/s. Lambda=0,014

			64 MW				
rör (DN800)	l [m]	x-axel	framtryck	returtryck	v [m/s]	tryckfall mvp	tryckfall [bar]
Kylhus	0	0	96,3	16,7		57,6	5,76
H41	100	100	95,5	16,5	3,1	1,6	0,16
H39	900	1000	88,2	23,8	3,1	14,6	1,46
H37	460	1460	84,8	27,2	2,9	6,8	0,68
H35	400	1860	81,9	30,1	2,9	5,8	0,58
H33	320	2180	80	32	2,6	3,8	0,38
H31	700	2880	75,9	36,1	2,6	8,2	0,82
H29	400	3280	73,5	38,5	2,6	4,8	0,48
H27	400	3680	71,3	40,7	2,5	4,4	0,44
H25	380	4060	69,5	42,5	2,3	3,6	0,36
H23	200	4260	68,6	43,4	2,3	1,8	0,18
H21	55	4315	68,3	43,7	2,3	0,6	0,06
H17	180	4495	67,8	44,2	1,8	1	0,1
H15	135	4630	67,5	44,5	1,7	0,6	0,06

2. Tensidsystem med oförändrad hastighet (3,1 m/s). Lambda=0,05

			64 MW				
rör (DN800)	l [m]	x-axel	framtryck	returtryck	v [m/s]	tryckfall mvp	tryckfall [bar]
Kylhus	0	0	77,9	34,1		20,78	2,08
H41	100	100	77,5	34,4	3,1	0,60	0,06
H39	900	1000	74,9	37,1	3,1	5,40	0,54
H37	460	1460	73,7	38,3	2,9	2,42	0,24
H35	400	1860	72,5	39,4	2,9	2,10	0,21
H33	320	2180	72,0	40,0	2,6	1,35	0,14
H31	700	2880	70,5	41,5	2,6	2,95	0,30
H29	400	3280	69,6	42,4	2,6	1,69	0,17
H27	400	3680	68,9	43,1	2,5	1,56	0,16
H25	380	4060	68,2	43,8	2,3	1,26	0,13
H23	200	4260	67,9	44,1	2,3	0,66	0,07
H21	55	4315	67,8	44,2	2,3	0,18	0,02
H17	180	4495	67,6	44,4	1,8	0,36	0,04
H15	135	4630	67,5	44,5	1,7	0,24	0,02

3. Tensidsystem med ökad maxflodeshastighet (5,0 m/s). Lambda=0,05

			105 MW				
rör (DN800)	l [m]	x-axel	framtryck	returtryck	v [m/s]	tryckfall mvp	tryckfall [bar]
Kylhus	0	0	97,7	14,3		60,39	6,04
H41	100	100	96,9	15,1	5,0	1,56	0,16
H39	900	1000	89,9	22,1	5,0	14,05	1,40
H37	460	1460	86,6	25,4	4,8	6,62	0,66
H35	400	1860	83,7	28,3	4,8	5,75	0,58
H33	320	2180	81,7	30,3	4,5	4,05	0,40
H31	700	2880	77,3	34,7	4,5	8,85	0,89
H29	400	3280	74,7	37,3	4,5	5,06	0,51
H27	400	3680	72,3	39,7	4,4	4,84	0,40
H25	380	4060	70,2	41,8	4,2	4,19	0,42
H23	200	4260	69,1	42,9	4,2	2,20	0,22
H21	55	4315	68,8	43,2	4,2	0,61	0,06
H17	180	4495	68,0	44,0	3,7	1,54	0,15
H15	135	4630	67,5	44,5	3,6	1,09	0,11

Tryckfall mellan kylhuset och N40 (givna data)

medeltryck
difftryck N40

56
23

$$\lambda = \frac{2 D \Delta P}{\rho L v^2}$$

$$\Delta P = \frac{\lambda \rho L v^2}{2 D}$$

SAFETY DATA SHEET

1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND OF THE COMPANY UNDERTAKING

Beraid DR-DC 620 Trade name**Supplier** Akzo Nobel Surface Chemistry AB

SE 444 85 Stenungsund

SWEDEN

Tel: +46 303 850 00

Fax: +46 303 813 06

Emergency telephone + 31 570679211 (Fax: +31 570679801)

Akzo Nobel Chemicals, Deventer, NL

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

This product is to be considered as a preparation according to EU-legislation.

Substance name Concentration Symbols Risk phrases CAS number

C16-18 Alcohol ethoxylate 68155-01-1 R-41 Xi 30-60 %

Alkyl monoethanolamide ethoxylate 157707-44-3 R-36 Xi 30-60 %

Other information All components are registered in EINECS (polymer).

3. HAZARDS IDENTIFICATION

Risk of serious damage to eyes.

4. FIRST AID MEASURES

Inhalation Not likely to occur.**Skin** Rinse with water.**Eyes** Immediately rinse with water for several minutes. Hold eyelids apart. Get medical attention immediately. Continue to rinse during transport.**Ingestion** Only when conscious, rinse mouth, give plenty of water to drink (approx. 500 ml). Contact physician if larger quantity has been consumed (show this Safety Data Sheet).

5. FIRE FIGHTING MEASURES

Extinguishing media Water spray, fog or mist, foam, powder, carbon dioxide.**Unusual fire hazards** Non-flammable. If involved in a fire it will support combustion. Do not breathe fumes.**Hazardous combustion products** No typical hazardous decomposition products known.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

1 / 5 Product code Date of last issue Revision 2000-10-04 0.0.12340 - Beraid DR-DC 620**Personal precautions** For personal protection see Section 8.**Environmental precautions** Prevent discharge of larger quantities to drain or water courses. Dispose of this material

and its container at hazardous or special waste collection point.

Methods for cleaning up Larger spill: Contain spill with inert material. Absorb in vermiculite, dry sand or earth.

Place in container for disposal according to local regulations. Small quantities may be flushed to drains with plenty of water.

7. HANDLING AND STORAGE

Handling The usual precautions for handling chemicals should be observed.**Storage** No specific storage precautions noted. For further information see product information sheet.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Exposure limits**Comments** No exposure limits have been established.**Engineering controls** Provide eyewash station.**Personal protection**

Hand Chemical resistant gloves required for prolonged or repeated contact. Use protective gloves made of: Neoprene or nitrile.

Eyes Wear tightly fitting safety goggles.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance Clear liquid

Colour Light brown.

Odour Bland.

Boiling point/range (°C) Pressure (kPa) > 100

Melting point/range (°C) 0-10

Flash point (°C) Method > 100

Autoignition temperature (°C) -

Lower explosion limit (vol %) -Upper

explosion limit (vol %) -Vapour

pressure Temperature (°C) -

Relative vapour density (air=1) -

Density (kg/m3) Temperature (°C) 25 980

Bulk density (kg/m3) -

Viscosity Temperature (°C) -

pH value diluted solution Conc. (%) 1 5-7

2 / 5 Product code Date of last issue Revision 2000-10-04 0.0.12340 - Beraid DR-DC 620

Solubility in water Soluble.

Solubility in other solvents Soluble in ethanol.

(These data are typical for the product and not a specification)

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability Normally stable.

Hazardous decomposition

products

No typical hazardous decomposition products known.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Toxicological data

Health effects

Respiratory Not likely to occur.

Skin Prolonged or frequent contact may give transient redness and skin cracking.

Eyes Severely irritating. Risk of serious damage to eye.

Ingestion Low acute toxicity. May cause irritation to mucous membranes in mouth and throat.

C16-18 Alcohol ethoxylate Component

Toxicological data

LD50. oral rat > 2000 mg/kg ¹⁾

Toxicological information 1) The value is estimated from tests on similar products.

Alkyl monoethanolamide ethoxylate Component

Toxicological data

LD50. oral rat > 2000 mg/kg ¹⁾

Toxicological information 1) The value is estimated from tests on similar products.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Ecotoxicological data

C16-18 Alcohol ethoxylate Component

Ecotoxicological data

LC50 96 hours fish 1-10 mg/l ¹⁾

EC50 48 hours Daphnia 1-10 mg/l ¹⁾

Degradation Readily biodegradable. >60% BOD, 28 days, Closed Bottle Test (OECD 301D).

(The data are estimated from tests on similar products.)

Other information ¹⁾ The data are estimated from tests on similar products.

Alkyl monoethanolamide ethoxylate Component

Ecotoxicological data

3 / 5 Product code Date of last issue Revision 2000-10-04 0.0.12340 - Beraid DR-DC 620

LC50 96 hours Oncorhynchus mykiss > 1-10 mg/l ¹⁾

EC50 48 hours Daphnia magna > 1-10 mg/l ¹⁾

EC50 72 hours Scenedesmus subspicatus 14 mg/l

Degradation >60% CO₂, 28 days, Modified Sturm Test (OECD 301B). (The data are estimated from tests on similar products.)

Partition coefficient (log

Pow)

-Other

information ¹⁾ The data are estimated from tests on similar products.

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Disposal methods Incineration is recommended. Dispose of in accordance with local authority requirements.

Waste category Hazardous waste in accordance with the Council Directive 91/689/EEC of 12 December 1991 on hazardous waste.

14. TRANSPORT INFORMATION

Land transport

UN number RID-class - -ADR

class RID item - -ADR

item -CEPIC

number -Sea

transport

UN number EmS - -IMDG

class MFAG - -IMDG

packing group Marine pollutant - -Air

transport

UN number Subsidiary risk - -IATA/

ICAO class Packing group - -Other

Information Not dangerous goods according to international transport regulations.

15. REGULATORY INFORMATION

Substance name C16-18 Alcohol ethoxylate

Symbols

Risk phrases R-41 Risk of serious damage to eye.

Safety phrases S-26 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek

4 / 5 Product code Date of last issue Revision 2000-10-04 0.0.12340 - Beraid DR-DC 620

medical advice.

S-39 Wear eye/face protection.

EU directive Safety Data Sheet according to EC-directive 93/112/EEC.

16. OTHER INFORMATION

This information only concerns the above mentioned product as supplied and may not be valid if used with other product(s) or in any process.

It remains the user's own responsibility to make sure that the information is appropriate and complete for his special use of this product.

Composed by Jonas Bring

Ingemar Uneback

Date of printing 2000-10-04

5 / 5 Product code Date of last issue Revision 2000-10-04 0.0

VARUINFORMATIONSBLAD**NALCO 7330**

Utg.datum: 06-09-1999

Ersätter: 06-07-1999

1. PRODUKTNAMN OCH LEVERANTÖRPRODUKTNAMN: NALCO
7330

ANVÄNDNINGSSOMRÅDE: BIOCID

TILLVERKARE/LEVERANTÖR: NALCO CHEMICAL AB
Lagervägen 4
136 30 HANINGE
Tel: 08-500 740 00, fax: 08-500 740 99

NÖDTELEFON: Se sektion 16 för nödtelefonnummer

2. SAMMANSÄTTNING/ÄMNE NAS KLASSIFICERING**KEMISK BESKRIVNING:**

Preparat innehållande: 5 - Klor - 2 - metyl - 4 - isotiazolin - 3 - on, 2 - Metyl - 4 - isotiazolin - 3 - on i vattenlösning.

FARLIGA INGREDIENSER:

CAS NR. FRASER	EG-NR.	KEMISKT NAMN	WT.%	SYMBOL	R-
Blandning:					
26172-55-4	2475007	5 - Klor - 2 - metyl - 4 - iso tiazolin - 3 - on	1.1		
	23/24125, 34,	och		T,C,N	43,50
2682-20-4	2202396	2 - Metyl - 4 - isotiazolin - 3 - on	0.4		

3. FARLIGA EGENSKAPER HÄLSORISKER - AKUTA: INANDNING:

Upprepad och långvarig exponering kan irritera luftvägarna.

HUDKONTAKT:

Frätande. Hudirritationen kan fördröjas i timmar.

KONTAKT MED ÖGONEN:

Frätande. Kan förorsaka skada. Kan förorsaka bestående skador på ögonen.

FÖRTÄRING:

Farligt vid förtäring. Kan framkalla kväljningar och kräkningar.

HÄLSORISKER - KRONISKA:

Kan ge allergi vid hudkontakt.

4. FÖRSTA HJÄLPEN

INANDNING:

Flytta ut i friska luften, vila, behandla symptomatiskt. Konstgjord andning och/eller syrgas kan vara nödvändigt. Uppsök läkare.

HUDKONTAKT:

Avlägsna förorenade kläder. Tvätta omedelbart förorenat område med mycket vatten. Tillkalla genast läkare.

KONTAKT MED ÖGONEN:

Skölj grundligt med mycket vatten i minst 15 minuter. Rör ögongloben och håll ögat öppet under sköljningen. Tillkalla genast läkare.

FÖRTÄRING:

Framkalla inte kräkning utan att ha rådfrågat läkare. Om personen är vid medvetande, skölj munnen och ge en halv liter vatten att dricka. Tillkalla genast läkare.

YTTERLIGARE INFORMATION

Meddelande till läkare: Troliga skador på slemhinnorna kan förhindra magpumpning. Var uppmärksam på cirkulationschock, andningssvårigheter och kramper.

5. ÅTGÄRDER VID BRAND

SLÄCKMEDEL-

Använd släckningsmedel som är lämpligt för omgivande brand. Vattendimma kan användas för kylning av slutna behållare.

OLÄMPLIGA SLÄCKMEDEL:

Ingen.

SPECIELL BRAND- OCH EXPLOSIONSFARA

Kan bilda HCl vid förbränning. Kan bilda NOx och SOx vid förbränning.
SKYDDSUSTRÜSTNING VID BRANDBEKÄMPNING:

Vid brand, använd en friskluftsapparat och skyddsdräkt.

6. ÅTGÄRDER VID SPILL/OAVSIKTLIGA UTSLÄPP

PERSONLIGA SKYDDÅTGÄRDER:

Undvik kontakt med huden och ögonen. Använd personlig skyddsutrustning rekommenderad i Sektion 8.

SKYDDÅTGÄRDER FÖR MILJON:

Förorena inte avlopp, sjöar eller vattendrag. Om spill inträffar i avloppssystem eller vattendrag ska vederbörande myndighet omedelbart informeras. Giftigt för vattenorganismer.

SANERINGSMETODER:

Små mängder spill: Sug upp med inert absorberande material. Ta genast upp med skyffel eller dammsugare. Valla in och absorbera med inert material (tex torr jord eller sand). Skyffla upp all förorenat material i en hink eller tunna och behandla detta sedan med så mycket saneringsmedel att det täcker allt material. Låt dessa behållare stå öppna i 48 timmar för att förhindra övertryck, förslut sedan och destruera. Utrustning som innehåller produktrester skall saneras före användning (reparation, service eller underhåll). Förorenad yta skall sköljas med saneringslösning. Vänta tills det har reagerat och skölj därefter med mycket vatten..

***DEAKTIVERINGSLÖSNING** - gör en nyblandad lösning av 10% natriummetabisulfit eller natriumbisulfit i vatten. Gör detta på en välventilerad plats för att minimera risken för att andas in svaveldioxid. Använd lösningen i förhållandet 10 volymer deaktiveringslösning per uppskattad volym utspild mängd. Saneringsmaterial skall finnas tillgängligt där produkten hanteras..

7. HANTERING OCH LAGRING

HANTERING:

Undvik kontakt med huden och ögonen. Använd lämpliga skyddskläder, skyddshandskar samt skyddsglasögon eller ansiktsskydd. Kasta kontaminerade skor, bälten och andra läderartiklar. Hudreaktioner kan fördröjas och därför visar inte alltid fuktig hud och/eller kläder att kontaminering förekommit. Behandla alla stänk på hud och/eller kläder som sker under hantering som kontakt med produkten och genomför första hjälp omedelbart. Sörj för god ventilation.

LAGRING:

Skydda mot kyla. Förvaring under längre tid än sex månader rekommenderas ej. Förpackningen förvaras väl tillsluten på en sval, väl ventilerad plats.

8. BEGRÄNSNING AV EXPONERINGEN/PERSONLIGA SKYDDSÅTGÄRDER

HYGIENISKA GRANSVÄRDEN

5 - Klor - 2 - metyl - 4 - isotiazolin - 3 - on, 2 - Metyl - 4 - isotiazolin
3 - on: Tillverkarens rekommendation 0.1 mgJM3 (TWA),
0,3MgIM3 (STEL)

NATIONELLA BESTÄMMELSER TYSKLAND

5 - Klor - 2 - metyl - 4 - isotiazolin - 3 - on, 2 - Metyl - 4 - isoflazonin
3 - on: MAK 0,05

TEKNISKA ÅTGÄRDER:

Allmän ventilation rekommenderas. Använd slutet doseringssystem.

ANDNINGSSKYDD:

Andningsskydd erfordras normalt ej. En godkänd ansiktsmask måste bäras om det yrkeshygieniska gränsvärdet sannolikt kommer att överskridas.

SKYDDSHANDSKAR:

Gummihandskar, PVC-handskar, Neoprenhandskar, Nitrilhandskar

SKYDDSKLÄDER:

Plast/gummiförkläde och stövlar. Hel skyddsdräkt som skyddar mot kemikalier.

ÖGONSKYDD:

Tättslutande skyddsglasögon, ansiktsskydd.

HYGIENISKA ÅTGÄRDER:

Tillgång till ögondusch rekommenderas. Tillgång till nöddusch rekommenderas. Om klädesplagg kontamineras skall plagget avlägsnas och den utsatta kroppsdelen noggrant

tvättas. Tvätta kontaminerat klädesplagg innan det åter används.. Tvätta händerna vid raster och efter arbetsdagens slut.

9. FYSIKALISKA OCH KEMISKA EGENSKAPER

OBS: Dessa fysikaliska egenskaper är typiska värden för denna produkt

FORM:	Vätska		
FÄRG:	Ljusblå - Ljusgrön		
LUKT:	Skarp		
		VÄRDE	ENHET
TESTMETOD			
KOKPUNKT:	ungefär 100	°C	ASTM D-86
SMÄLTPUNKT:	ungefär -3	°C	
FLAMPUNKT:	ET		
ÅNGTRYCK	Isotiazolon:	13.3	Pa
RELATIV TÄTHET:		1.01-1.03	g/cm ³
LÖSLIGHET (i vatten):			Helt löslig
pH (outspädd, 20°C):			3.0-5.0
VISKOSITET (25 °C):	3		mPas
BULK DENSITET:	ET		
FRYSPUNKT:	-3	°C	

Förkortning: HEB har ej bedömts, ET ej tillämplig

10. STABILITET OCH REAKTIVITET

STABILITET:

Stabil. Ingen sönderdelning vid hantering enligt anvisningar

FÖRHÅLLANDEN SOM SKALL UNDVIKAS:

Frystemperaturer

MATERIAL SOM SKALL UNDVIKAS:

Undvik användning av: Oxidationsmedel. Organiska material och reduktionsmedel

FARLIGA NEDBRYTNINGSPRODUKTER:

NO_x, SO_x, HCl (vid brand).

11. TOXIKOLOGISK INFORMATION

AKUT TOXICITET:

AKUTA LETALA VÄRDEN:

Inandning (råtta) LC50 = > 13.7 mgli

Dermalt (kanin) LD50 = > 5.0 glkg

oralt (råtta) **LD5**, 3.81 glkg

PRIMÄR HUDIÖGONIRRITATION (DRAIZETAL)

Primär hudirritation: Kan förorsaka kraftig irritation Primär ögonirritation: Frätande

SENSIBILISERING:

Kan ge allergi vid hudkontakt. En allergitest med marsvin (Buehler teknik) var positiv vid en inledning 90 ppm isotiazolin följt av 429 ppm isotiazolin.

KRONISK TOXICITET:

90 dagars oralt intag av 840 ppm isotiazolin på hundar orsakade inget dödsfall eller sjukliga förändringar. 90 dagars dermal studie på kanin med 0.4 mg/kg/dag, resulterade i hudirritation men inga sjukliga förändringar. 30 månaders hudbetrykning på möss med 400 ppm isotiazolin tre gånger i veckan, visade ingen ökad tumörfrekvens på kontrollgruppen. En studie av fosterskador med kaniner och råttor var negativ med doseringar på 1,5 till 15 mg/kg isotiazolin. Studier av mutagenitet har gett tvetydiga resultat..

12. EKOLOGISK INFORMATION

NEDBRYTBARHET:

Beständighet/Resistans: Ingen

Abiotisk nedbrytning: Produkten kan brytas ned genom abiotiska processer. Nedbrytningen av de aktiva ingredienserna börjar med ringöppning och eliminering av kloridjon. Nedbrytningen leder till bildandet av ett antal små organiska syror, metylamin, koldioxid och elementärt svavel. Halveringstiden för varje aktiv ingrediens är beroende av ursprungskoncentrationen.

Biologisk nedbrytning: Produkten är biologiskt nedbrytbar. Biologisk nedbrytning av den aktiva ingrediensen kan endast ske under den biocidalt verksamma nivån

Bildning av toxiska metaboliter: Ingen

Kemiskt syrebehov (COD): 20000 mgli

RÖRLIGHET OCH BIOACKUMULERBARHET:

Följande resultat avser aktiv komponent:

log Kow = < 3

Fisk: BCF < 100

EKOTOXIKOLOGISKA EFFEKTER:

Följande resultat avser aktiv komponent:

Vaktel 21 dagar oralt LD50 = 85 mg/kg

Amerikansk vaktel, 8-dagars diet, LCSO = > 560 ppm Pekinganka, 8-dagars diet, LC₅₀ = > 560 ppm

Bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*), LC50 = 0.54ppm Rainbow trout (*Salmo gairdneri*), LC₅₀ = 0.14ppm Sheephead minnow (*Cyprinodon variegatus*), LC50, 0.3ppm LCd48H/*Daphnia magna* (vattenloppa) = 0.13ppm Bay mussel embryollarvae, 48 Hour LC 14ppb 50

Eastern oyster 48 Hour LC₅₀ = 28ppb

Följande resultat gäller produkten:

Fisk:

LC₅₀d6D/*Oncorhynchus mykiss* (regnbågsforell) 12,6 mg/l

LC5d96H/*Lepomis macrochirus* (Solaborre) = 18.7 mg/l

Vattenloppa:

LC₅₀j48H/*Daphnia magna* (vattenloppa) = ungefär 10.6 mg/l

Bakterier:

Biologiskt nedbrytning av den aktiva ingrediensen kan endast ske under den biocidalt verksamma nivån

YTTERLIGARE EKOLOGISKA DATA:

Uppträdande i kommunala reningsverk:

Utsläpp av mindre mängder till anpassade biologiska reningsanläggningar påverkar inte processer med aktivt slam

AOX-information:

Produkten innehåller organiska halogenföreningar, kan bidra till AOX.

13. AVFALLSHANTERING

Kontakta det lokala sophanteringsföretaget. Om denna produkt blir avfall, måste slutanvändaren definiera och tilldela avfallet en lämplig EWC-kod (EWC=European Waste Catalogue) enligt Förordningen om farligt avfall.

NATIONELLA BESTÄMMELSER STORBRITANNIEN

I överensstämmelse med Environmental Protection (Duty of Care) Regulations 1991. Control of Pollution (specialavfall) Regulations 1996 gäller.

NATIONELLA BESTÄMMELSER ÖSTERRIKE

avfaliskod: 53103

14. TRANSPORTINFORMATION

Klass: 8

FÖRP. GRUPP: 11

UN-NR: 3265

Ämnesbenämning:

FRÄTANDE SYRA, FLYTANDE, ORGANISK, N.O.S.
Innehåller: 5 - Klor - 2 - metyl - 4 isotiazolin - 3 - on, 2 -
Metyl - 4 - isotiazolin - 3 - on

ADR/RID, H.I.n.:

ADR/RID, Nr: 40 b)

IMDG-Sida 8147-1

EmS-Nr.: 8-15

MFAG-Nr.: 760

15. GÄLLANDE BESTÄMMELSER

KLASSIFICERING:

FAROSYMBOL: C, FRÄTANDE

C,FRATANDE

Innehåller: 5 - Klor - 2 - metyl - 4 - isotiazolin - 3 - on, 2 - Metyl - 4 - isotiazolin -
3 - on INFORMATION OM RISKFRASER:

R34 Frätande. R43 Kan ge allergi vid hudkontakt.

SÄKERHETSINFORMATION:

S45 Vid olycksfall, illamående eller annan påverkan, kontakta omedelbart läkare. Visa om möjligt etiketten S26 Vid kontakt med ögonen, spola genast med mycket vatten och kontakta läkare. S28 Vid kontakt med huden, tvätta genast med mycket vatten S36137139 Använd lämpliga skyddskläder, skyddshandskar samt skyddsglasögon eller ansiktsskydd.

NATIONELLA BESTÄMMELSER TYSKLAND

VbF-Klass Ingen

WHG-WGK: 2

Föreskrifter från Yrkesinspektionen: Ta hänsyn till UVV-kemi'n TA-Luft:

StörfallVO:/12.BlmSchV.Liste d. Anh. II): -

Föreskrifter för begränsningar i användningen: Beakta par. i 5 i regelverket om farliga ämnen

NATIONELLA BESTÄMMELSER STORBRITANNIEN

COSHH-reglerna är tillämplbara. Ett varningskort finns tillgängligt och ska sättas upp där denna produkt

används och lagras (Ref. Ciso).

NATIONELLA REGLER SCHWEIZ

BAGT-NR: 611484

Giftklass: 4

16. ÖVRIG INFORMATION

Produkten överensstämmer med FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA)
Federal Food, Drug and

Cosmetic Act: 21CFR176.300.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA):

Godkända användare tillhör kategori G7.

NÖDTELEFON

Österrike:	+4314064343
Benelux	+31 (0)13 5952233
Tyskland:	+49 (0)69 7934251 eller +49 (0)69 79340
Spanien:	+34972492003
Portugal:	+34972492003
Sverige:	020996000
Frankrike:	+33 (0)1-30051027 eller +33 (0)1-45425959
Italien:	+39 (0)6 968321
England:	+44 (0)1-865407333
Danmark:	+46 (0)8337043
Norge:	+46 (0)8337043
Finland:	+358 (0)9- 4711

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Fjärrvärmeföreningens Förlagsservice.
Telefon: 08 - 677 26 00, Telefax: 026 - 24 90 10

Nr	Titel	Författare	Publicerad
FORSKNING OCH UTVECKLING - RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare - Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonnentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walletun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledning	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medicrör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme	H. Andersson J. Ahlgren	maj-99
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem - en litteraturstudie	Peter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktrinrängning och gasdiffusion hos gamla kulverttrör "Hisings-Backa"	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla - två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärne	mars-98
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hettvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertechniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Walletun	apr-99
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla – systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	maj-99
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98
33	Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik	Marja Englund	maj-99
34	Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör	Lars Ehrlén	apr-99
35	Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmevatten	Tuija Kaunisto Leena Carpen	maj-99
36	Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsmätare	Jerker Delsing	nov-99
37	Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät	Lennart Eriksson Håkan Walletun	maj-99
38	Ändgavlar på fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	sept-99
39	Användning av lågtemperaturfjärrvärme	Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko	sept-99

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
40	Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten	Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	nov-99
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-99
42	Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås.	Stefan Petersson	mars-00
43	Vidhäftning mellan PUR-isolering och medierör. Har blåstring av medieröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervinningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskalörsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	nov-00
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylennät - Förstudie	Marcus Lager	nov-00

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98
5	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	sept-99

Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB och Statens Energi-
myndighet bedriver forskningsprogram inom området fjärrvärme
hetvattenteknik och fjärrkyla.

SVENSKA FJÄRRVÄRMEFÖRENINGENS SERVICE AB

101 53 STOCKHOLM

Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr

Telefon 08 - 677 25 50, Telefax 08 - 677 25 55

Förlagsservice, beställning av trycksaker:

Telefon 08 - 677 26 00, Telefax 026 - 24 90 10