



Linnéuniversitetet

Fakulteten för hälso- och livsvetenskap

Examensarbete

Vätskor i indirekt energiöverförande kylsystem och deras potentiella inverkan på miljön

Aldijana Puskar
Huvudområde: Miljövetenskap
Nivå: C-nivå
Nr 2013: M25

Vätskor i indirekt energiöverförande kylsystem och deras potentiella inverkan på miljön

Aldijana Puskar

Examensarbete, (*miljövetenskap 15 hp*)

Filosofie Kandidatexamen

Handledare: Teknikansvarig, Björn Carlsson
Postdoktor, Amit Bhatnagar

QTF Sweden AB
Linnéuniversitetet i Kalmar

Examinator: Professor, Per Woin

Linnéuniversitetet i Kalmar

Examensarbetet ingår i programmet Miljöanalytiker 180 hp

Abstract

The aim of the study is to identify the contents of the fluids in indirect cooling systems and to assess their potential environmental impact of emissions.

System fluid that was collected from system 5 to 8 in the return conduit on brine 1 in each system has high oxygen content, conductivity and chemical oxygen demand (COD), which gives great risk of degradation and corrosion. These systems should be degassed or replaced. System fluid from the system 3, 7 and 8 have shown that zinc and nickel concentrations have exceeded the limit values which could have toxic / very toxic effects on aquatic animals and plants. Copper, zinc and nickel inhibits nitrification, which means that they affect the biological treatment stage, out in the wastewater treatment plant negatively.

It was revealed by the valuation model that there are seven main important parameters/components namely, COD (chemical oxygen demand), zinc, oxygen, nitrogen, iron, nickel and pH which have shown elevated concentrations in the fluid. Environmental impact is primarily in the form of the influence of metals and degradation of habitat, species etc. In conjunction with the release, metals would have very toxic effect on most aquatic animals and plants.

Sammanfattning

Syftet med studien är att kartlägga innehållet hos vätskorna i de indirekt energiöverförande kylsystemen och att uppskatta deras potentiella miljöpåverkan vid utsläpp.

På vätskeprover från system 5 till 8, som är tagna i returledningen på köldbärare 1 i respektive system, har det uppmätts hög syrgashalt, konduktivitet och COD (chemical oxygen demand), vilket ger stor risk för nedbrytning och korrosion. Dessa systemvätskor borde avgasas eller bytas ut. Systemvätskan från system 3, 7 och 8 överskrider gränsvärdena för zink och nickel och de skulle ha toxisk/ - mycket toxisk effekt på vattenlevande djur och växter. Koppar, zink och nickel är nitrifikationshämmande vilket innebär att de påverkar det biologiska reningssteget vid avloppsreningsverket negativt ifall vätskan släpps ut till det kommunala avloppsledningsnätet.

Det framgick utifrån den använda värderingsmallen att de sju största miljöaspekterna är relaterade till föroreningsvariablerna: COD (chemical oxygen demand), zink, syrgas, kväve, järn, nickel och pH. Miljöeffekterna uppträder i form av påverkan från metaller och utarmning av naturtyper, biotoper, arter etc. I samband med exponering skulle metallerna ha mycket toxisk effekt på de flesta vattenlevande djur och växter.

Innehållsförteckning

Abstract	1
Sammanfattning	2
Akronymer	4
1 Inledning.....	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
1.3 Frågeställningar	5
1.4 Avgränsningar	6
2 Teoretisk bakgrund.....	6
2.1 Indirekta system med köldbärarkrets.....	6
2.2 Kemikaliernas egenskaper samt hälso- och miljöpåverkan.....	7
2.2.1 Köldbärare	7
2.2.2 Korrosionshämmare	9
2.2.3 Metaller	10
2.3 Lagar och bestämmelser.....	12
2.3.1 Miljöbalken	12
2.3.2 REACH	12
2.3.3 Kemikalieinspektionens Prioriteringsguide (PRIO).....	13
2.3.4 Vattendirektivet	13
2.3.5 Sveriges miljömål.....	13
3 Metod	14
3.1 Val av metoder	14
3.2 Provtagning och analyser	14
3.3 Beskrivning av de åtta systemen	14
4 Resultat.....	15
5 Resultatdiskussion.....	18
6 Slutsatser	19
7 Tack	20
8 Referenser.....	21
Bilaga 1 Varningsvärden	23
Bilaga 2 Bilder på systemvätskan från system 3 till 8	24

Akronymer och termer

AAS = atomabsorptionspektrofotometer

ATP = adenin trifosfat

CAS = Chemical Abstracts Service

Cd = kadmium

CMR = cancerogen, mutagen eller reproduktionsstörande

COD = chemical oxygen demand (kemisk syreförbrukning)

Cu = koppar

Detektionsgräs = den lägsta halten som kan detekteras, påvisas vid analys

EG = europeiska gemenskapen

EINECS = European Inventory of Existing Commercial Substances

ELINCS = European List of Notified Chemical Substances

EPA = Environmental Protection Agency

Fe = järn

IS = indirekta system

KB1 = köldbärare 1

KB- krets = köldbärarkrets

LD₅₀ = lethal dose 50 % (dosen där 50 % av försöksdjuren dör)

MKB = miljökonsekvensbeskrivning

Ni = nickel

NH₄ – N = ammonium som kväve

O₂ = syrgas

PBT = persistenta, bioackumulerande och toxiska

pH = ett logaritmiskt mått på surheten

PPP = Polluter Pays Principle

PRIO = prioriteringsguide

PVC = polyvinylklorid

QTF = Quality Transfer Fluid

REACH = Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

Total – N = totalkväve

vPvB = mycket persistenta och mycket bioackumulerande

VU = verksamhetsutövare

Zn = zink

WHO = World Health Organization)

1 Inledning

Detta examensarbete har utförts inom ramen för Miljöanalytikerutbildningen vid Linnéuniversitetet i Kalmar. Arbetet omfattar kartläggning av det kemiska innehållet hos vätskor i indirekt energiöverförande kylsystem och har utförts i samarbete med Linnéuniversitetet, QTF Sweden AB och länssjukhuset i Halmstad. Länssjukhuset i Halmstad har byggt om kylsystemet där ett flertal små kylsystem har sammanslutits till ett stort kylsystem som anslutits till fjärrkyla. Systemvätskorna från de små kylsystemen kontrollerades och åtgärdades innan sammanslagningen för att inte ett litet system skulle kontaminera det stora kylsystemet.

1.1 Bakgrund

Tekniska vätskesystem omfattar kylsystem, värmesystem, värmeåtervinningssystem och produktionssystem. För att motverka bland annat frysning och korrosion tillsätts olika typer av kemikalier som oftast är miljöfarliga (Melinder 2007 s 81-84). I nämnda vätskesystem sker det olika processer, bland annat redoxreaktioner vilka kan ge upphov till att miljöfarliga ämnen såsom tungmetaller fälls ut. Om dessa vätskor släpps ut till det kommunala avloppsledningsnätet kan de orsaka störningar och slå ut vissa processer i avloppsreningsverket, såsom nitrifikationsprocessen. När dessa farliga ämnen sedan släpps ut till recipienten kan de ha negativ miljöpåverkan och störa de ekologiska kretsloppen.

De kemikalietillsättningar som tillämpas mest frekvent i syfte att motverka frysning, utgörs av bland annat etylalkohol, metylalkohol, etylenglykol, propylenglykol och glycerin. I vissa fall tillsätts andra organiska eller oorganiska ämnen, som till exempel ammoniak, kaliumkarbonat, kalciumklorid, magnesiumklorid, natriumklorid, kaliumformiat, kaliumacetat och litiumklorid. De mest frekvent förekommande rostskydds-inhibitorer som tillsätts till kylsystemets vätska är bland annat bensoatriazol och tolyltriazol (Melinder 2007 s 48, 52).

1.2 Syfte

Syftet med studien är att kartlägga det kemiska innehållet hos vätskorna i de indirekt energiöverförande kylsystemen samt att uppskatta deras potentiella miljöpåverkan vid utsläpp. Arbetet ska sättas i relation till gällande lagar, förordningar, rekommendationer, EU-direktiv och andra styrdokument inom miljöområdet. Slutligen skall det utarbetas förslag på hur det genom kontinuerlig kontroll under drifttiden kan förhindras uppkomst av kontaminering av dessa vätskor.

1.3 Frågeställningar

Nedan ges exempel på frågeställningar som har berörts i projektet:

- Vilka miljöfarliga ämnen innehåller de kontaminerade vätskorna och hur har dessa föroreningar tillförts vätskorna?
- Vilka är de potentiella miljöeffekterna som vätskorna kan ha på de ekologiska kretsloppen?
- Vilka lagar och förordningar respektive rekommendationer styr skötsel och kontroll av dessa tekniska vätskesystem?
- Hur kan en adekvat kontrollfunktion byggas upp för att förhindra utsläpp av

kontaminerade vätskor?

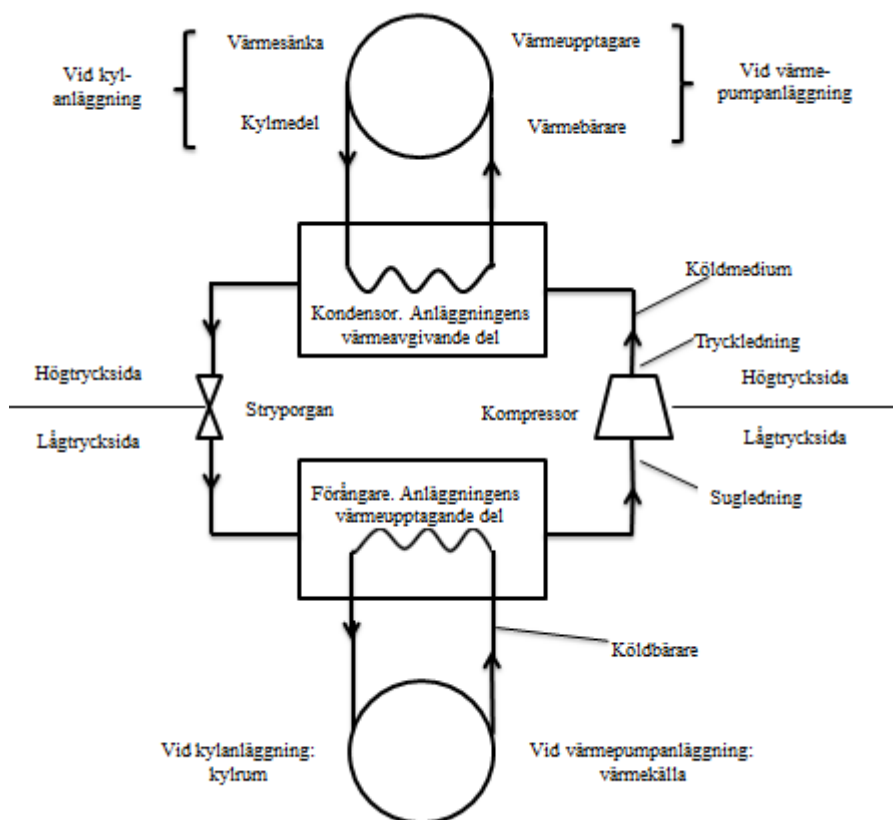
1.4 Avgränsningar

Den förliggande studien har utförts som fallstudie i samarbete med länssjukhuset i Halmstad. Arbetet har avgränsats till sjukhusets kylsystem. Vid analys av potentiell miljöpåverkan beaktas endast miljöpåverkan i samband med utsläpp.

2 Teoretisk bakgrund

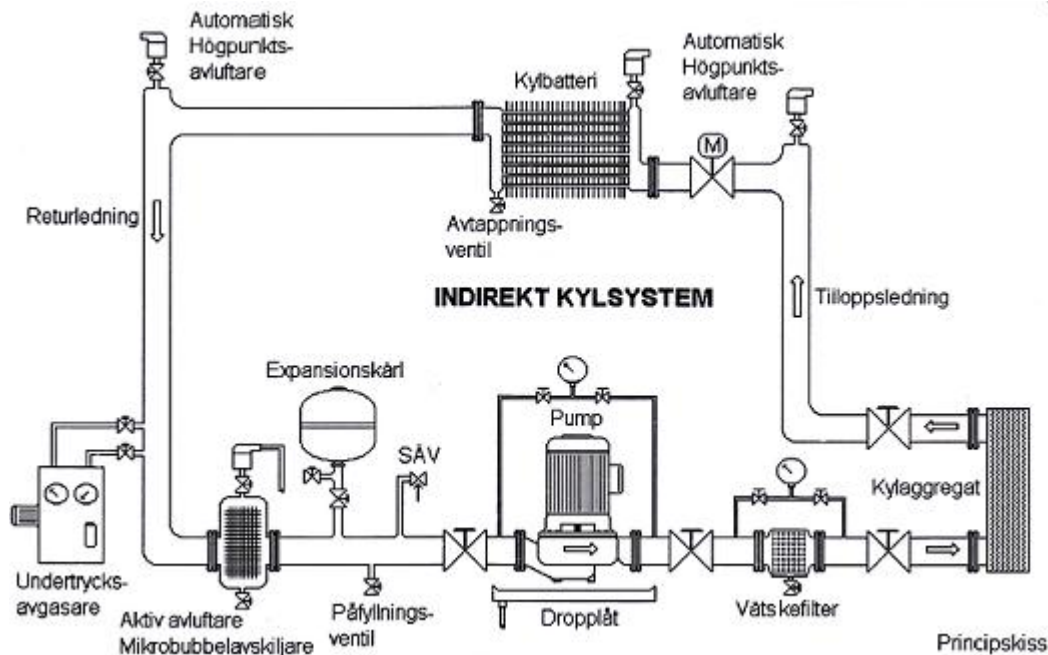
2.1 Indirekta system med köldbärarkrets

I indirekta system (IS) används en köldbärare vars funktion är att föra bort värme från kylobjekt eller värmekälla till förångaren. På motsvarande sätt kan kylmedel användas för att föra bort värme som avges i kondensorn. Indirekta kylsystem med köldbärarkrets (KB- krets) är lämpliga för anläggningar med många kylställen eller där långa ledningar krävs. IS är uppbyggda av två olika sorters kretsar, en primär och en sekundär krets. Den primära sidan utgörs av en köldmediekrets och den sekundära sidan utgörs av en eller två kretsar, en köldbärarkrets och en värmebärar- eller kylmedelskrets. De ingående komponenterna utgörs bland annat av kondensorer, kompressorer, förångare, stryporgan, köldbärare, värmeväxlare, köldbärarrör, expansionskärl, cirkulationspumpar för köldbäraren (Melinder 2007 s 1).



Figur 1. Kylmaskin (Alvarez 2006 s 731).

Pumpar med tillhörande dropplåt och stänkskydd ska kontrolleras regelbundet så att de är fungerande. Eventuellt spill skall sköljas bort omgående. Avluftningsventilerna ska vid behov monteras ner och rengöras med vatten. Luft i systemet ger sämre värmeöverföring, lägre pumpkapacitet samt orsakar korrosion och läckage. Det är viktigt att kontrollera och se till att expansionskärlets förtryck är rätt inställt, för att tillförsäkra att pumpen får tillräckligt högt statiskt tryck. Ventilerna ska undersökas med jämna mellanrum, om de fungerar och håller tätt. Vid eventuellt spill ska ventilerna sköljas omedelbart. Filter placeras på pumpens trycksida och det bör rengöras regelbundet. Mätdon såsom tryckmätare bör kontrolleras om de fungerar väl samt om de är läckagefria (Melinder 2007 s 25).



Figur 2. Placering av komponenter i ett indirekt energiöverförande kylsystem (Melinder 2007 s 25).

2.2 Kemikaliernas egenskaper samt hälso- och miljöpåverkan

2.2.1 Köldbärare

Alkoholer

Etylalkohol, etanol, C_2H_5OH är lätt biologiskt nedbrytbart och har hög viskositet. Nackdelen är att lösningar med över 30 viktsprocent etylalkohol klassas som brandfarliga. Minsta dödliga dos för människa är 47,5 milliliter per kilogramkroppsvikt. Toxicitet, LD_{50} oralt på råttor är 62000 mg/kg. Vattenlösningar av etylalkohol, där tillsatskoncentrationen utgör 29,7 viktsprocent har ca pH-värde på 7 (Melinder 2007 s 81). Etylalkohol har en behaglig lukt och brännande smak.

Metylalkohol, metanol, CH_3OH är mycket giftig vid förtäring och kan även vara dödlig vid inhalering. Vätskan orsakar berusning, synrubbing med risk för blindhet, kramper och hjärnskada. Minsta dödliga dos för människan är 0,3 – 1 milliliter per kilogramkroppsvikt. Toxicitet, LD_{50} oralt på råttor är 5628 mg/kg (Melinder 2007 s 83, Melinder 2008 s 17).

Glykoler

Etylenglykol, $C_2H_4(OH)_2$ och dess lösningar är mycket giftiga vid förtäring. De anses utgöra en stor hälsorisk för människor, eftersom det inte smakar obehagligt och kan på det sättet passera oss obemärkt. Minsta dödliga dos för människa är 1-1,5 milliliter per kilogramkroppsvikt, motsvarande cirka 100 milliliter koncentrerad etylenglykol för en vuxen människa. Toxicitet, LD_{50} oralt på råtta är 47000 mg/kg. Vid korttidsexponering orsakas bland annat ögonirritation, hudirritation, lungirritation och medvetandepåverkan (Melinder 2007 s 83, Melinder 2008 s 25, Giftinformationscentralen). Vid upprepad eller långtidsexponering orsakas kramper, hjärn- och njurskada. Bieffekterna kan vara fördröjda. Etylenglykol är lätt biologiskt nedbrytbart under måttlig syreförbrukning. Vattenlösningar av etylenglykol, där tillsatskoncentrationen är 36,2 viktsprocent har pH- värden liggande mellan 6 och 7,5. Etylenglykol är luktlös och smakar sött (Melinder 2007 s 81).

Propylenglykol, $C_3H_6(OH)_2$ klassas som brandfarlig men den anses inte utgöra en hälsorisk för människor på grund av att den minsta dödliga dosen är hög. Minsta dödliga dosen för människan är 15 milliliter per kilogramkroppsvikt. Toxicitet, LD_{50} oralt på råtta är 19400 mg/kg. Vattenlösningar av propylenglykol, där tillsatskoncentrationen är 39,4 viktsprocent har pH- värden liggande mellan 6,5 och 8. Propylenglykol är luktlös och smaklös (Melinder 2007 s 81, Melinder 2008 s 27).

Glycerin, $C_3H_5(OH)_3$ har mycket hög viskositet vid låga temperaturer. Toxicitet, LD_{50} oralt på råtta är 12600 mg/kg. Vattenlösningar av glycerin, där tillsatskoncentrationen är 46,3 viktsprocent har ett pH- värde på 7. Glycerin har en mild lukt (Melinder 2007 s 82).

Salter och ammoniak

Kaliumkarbonat, K_2CO_3 har giftighetsklass 4 och faromarkering Xi, vilket innebär att kemikalien är farlig och irriterande för ögonen och huden. Toxicitet, LD_{50} oralt på råtta är 2000 mg/kg. Vattenlösningar av kaliumkarbonat har ett pH- värde på cirka 12. Kaliumkarbonat har en relativt skarp lukt. På grund av dess höga pH- värde orsakar det ögonskador vid stänk i ögonen. Vid avluftning av system skall därför skyddsglasögon användas. Eftersom den är starkt alkalisk är den korrosiv mot zink, mjuklod och aluminium (Melinder 2007 s 60, 82- 84).

Kalciumklorid, $CaCl_2$ har giftighetsklass F och faromarkering Xi, vilket innebär att den är brännbar och irriterande för ögonen och huden. Toxicitet, LD_{50} oralt på råtta är 1000 mg/kg. Vattenlösningar av kalciumklorid har pH- värde mellan 8 till 10 (Melinder 2007 s 82- 84).

Kaliumacetat, $KC_2H_3O_2$ har låg hälsorisk men vid inhalation kan det orsaka lindrigare irritation. Toxicitet, LD_{50} oralt på råtta är 3250 mg/kg. Vattenlösningar av kaliumacetat har pH- värden liggande mellan 7,5 till 8,5 (Melinder 2007 s 82- 84). De nedbrytningsprodukter som bildas är ättiksyra och kaliumkarbonat. Vid upphettning av ättiksyra bildas det brännbara ättiksyraångor som kan bilda explosiv blandning med luft. Ättiksyra reagerar explosionsartat med starka oxidationsmedel som kalciumhypoklorit, salpetersyra och väteperoxid. I kontakt med alkali reagerar den häftigt under kraftig värmeutveckling. Ättiksyra reagerar även med metaller vilket sker under vätgasutveckling. Både produkten och produktångorna är starkt frätande för huden och ögonen. Vid förtäring ger det brännande smärtor och det föreligger risk för frätskador av matstrupe och magsäck. Vidare kan det vid förtäring orsaka även blodiga kräkningar, acidosis (syraförgiftning), hjärt- och blodcirkulationsstörningar, cirkulationssvikt, chock och njurskador. Ättiksyra är skadlig för

vattenlevande organismer. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råttor är 3310 mg/kg (Säkerhetsdatablad för Ättiksyra, VWR International AB). Beträffande den andra nedbrytningsprodukten, kaliumkarbonat så klassas den som hälsoskadlig och den är irriterande för huden och ögonen. Kaliumkarbonat reagerar med syror och oxidationsmedel. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råttor är 5500 mg/kg (Säkerhetsdatablad för Kaliumacetat, Clariant).

Kaliumformiat, KHCO₂ anses inte orsaka irritation i ögon, hud eller lungor. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råttor är 2000 mg/kg. Vattenlösningar av kaliumformiat har pH- värden liggande mellan 9 till 11. Kaliumformiat, ett salt på kalium och myrsyra är som köldbärare vanligare än kaliumacetat men den förekommer även som blandning med kaliumacetat. Blandningen säljs under handelsnamnet Temper. I närvaro av syrgas är den metallaggressiv och orsakar korrosion (Melinder 2007 s 82 - 84, Melinder 2008 s 30).

Ammoniak, NH₃ har faromarkeringarna C och N, vilket innebär att den är korrosiv och farlig för omgivningen. Den har en mycket stark, stickande och obehaglig lukt. Ammoniak kan orsaka lung-, hud- och ögonirritation. Vid förtäring kan den ge brännskador på mun, hals och mage. Hög exponering kan orsaka temporär blindhet eller ögonskada och i värsta fall kan det leda till döden om utrymning inte sker snabbt. Ammoniak är mycket giftig för vattenlevande organismer och vid utsläpp till luft förångas den snabbt och sönderdelas till kvävgas och vätgas. Vattenlösningar av ammoniak med tillsatskoncentrationer 25-30 viktsprocent är mycket korrosiva och kan orsaka brännskador. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råttor är 350 mg/kg. Vattenlösningar av ammoniak, där tillsatskoncentrationen är 13,5 % är starkt alkaliska och har höga pH- värden (Melinder 2007 s 82- 84). De senaste åren har användningen av 10-12 procentig ammoniaklösning ökat markant bland annat i ishallar och bandybanor. Teoretiskt sett har ammoniak bättre prestanda än de flesta andra köldbärare. Det innebär att de anläggningar, där ammoniak används istället för andra köldbärare, har bättre förutsättningar att minska energiförbrukningen. Ammoniak räknas till de naturliga köldbärare, vilket innebär att de inte har någon, eller mycket liten, inverkan på ozonskiktet eller växthuseffekten. Problemet är att användningen av ammoniak har ökat men att skyddsföreskrifterna gällande ammoniakanvändningen är fortfarande oklara (Naturvårdsverket 2003 s 8,11).

2.2.2 Korrosionshämmare

Natriumisoaskorbat är en luktlös, klar vätska med ett pH-värde på 7 och ett COD på 0,143 g O₂/kg. Den är måttligt farlig vid hudkontakt. Vidare kan den orsaka irritation och hudinflammation som karaktäriseras av klåda, fjällning, rodnad och ibland blåsbildning. Den är måttligt farlig vid fall av ögonkontakt och kan orsaka ögonirritation. Farlig vid inhalation. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råttor är högre än 5000 mg/kg. Termiska omvandlingsprodukter som erhålls är kolmonoxid, koldioxid, vatten och metalloxiderna natriumoxid (NaO₂) och natriumperoxid (Na₂O₂) (Säkerhetsdatablad för Amersite 65, Ashland).

Performax är handelsnamn på den vattenlösning som består av bland annat kaliumhydroxid och flera andra kemiska föreningar. Den är luktfri, mörkt bärnstensfärgad och har ett pH-värde på 11. Performax är farlig vid både inandning och förtäring, den är starkt frätande, och irriterar ögonen, huden och andningsorganen. Den kan orsaka allvarliga ögonskador, ge upphov till allergi vid hudkontakt, ge nedsatt fortplantningsförmåga och orsaka fosterskador. Vidare är den mycket giftig för vattenlevande organismer och kan orsaka långtidseffekter i vattenmiljön (Säkerhetsdatablad för Performax 13AL, Ashland).

2.2.3 Metaller

Koppar, Cu

Koppar är en essentiell metall för både växter och djur. Metallen har bifasisk dos-respons. Det innebär att koppar kan ge upphov till positiva effekter vid låg exponering medan den vid högre doser orsakar toxisk effekt. Med högre doser ur människosynpunkt som i det här fallet avses mängder som avsevärt överskrider det rekommenderade intaget av koppar som ligger på mellan 0,3 till 1,3 mg per dag beroende på kön och ålder (Livsmedelsverket). Kopparbrist kan leda till fosterskador och ha negativa effekter på unga individer. Koppar har mycket toxisk påverkan på de flesta vatten- och marklevande organismer. Upptaget av koppar och dess toxicitet beror på i vilken form ämnet förekommer. Koppar är bioackumulerbart och nitrifikationshämmande, det vill säga ackumuleras i levande organismer vilket innebär att det är högre koncentration ju högre upp vi kommer i näringskedjan samt att den kan störa reningsprocessen vid kommunala reningsverk. Metallen tillförs avloppssystemet främst genom korrosion i kopparrör och varmvattenberedare men även via biltvättar, verkstadsindustri, fungicider och via dagvatten (Svenskt Vatten 2009 s 14, Lidman 2008 s 36). Den rekommenderade halten av koppar i dricksvatten som EPA (Environmental Protection Agency) och WHO (World Health Organization) har satt är 1,3 mg/l (EPA, WHO Guidelines for drinking water).

Zink, Zn

Zink är en livsnödvändig metall som styr flera funktioner i kroppen, bland annat underhåll av den genetiska koden. Vid hög exponering för zink har det en toxisk effekt för både vattenlevande djur och växter. Med hög exponering ur människosynpunkt som i det här fallet avses mängder som avsevärt överskrider det rekommenderade intaget av zink som ligger på mellan 5 till 12 mg per dag beroende på kön och ålder (Livsmedelsverket). Zink är potentiellt bioackumulerbart. Biotillgängligheten av zink beror mycket på den omgivande miljön. I hårt vatten bildas det olösliga zinkkomplex vilket förhindrar zinkupptaget. Men om zinkupptaget är för högt hos växter och djur kan det konkurrera ut andra metaller. Zink används främst i galvaniserade produkter, plåt och mässing, bilplåt, takplåt, fasader, kylskåp, vattenkranar, rörkopplingar, skruvar, beslag et cetera. Metallen ingår även i rostskyddsfärger, pigment och i PVC (polyvinylklorid) plast som stabilisator istället för bly. Däck samt vanliga brunstens- och alkaliska batterier innehåller också zink (Svenskt Vatten 2009 s 16).

Nickel, Ni

Nickel är en essentiell metall som kan orsaka förgiftning. Växterna tar upp nickel ganska lätt och de kan förväxla den med zink varefter skador kan uppstå. Graden av toxicitet varierar för olika nickelföreningar, allt från giftig till mycket giftig för vattenlevande organismer som fisk och kräftdjur. På grund av sin korrosionsbeständighet ingår nickel ofta tillsammans med krom i legeringar såsom rostfritt stål, vilket är dess främsta användningsområde. Andra användningsområden är förnicklade produkter, ”kromade” ytor samt batterier. Överlag tillförs nickel till avloppssystemet från ytbehandlingsindustrier, trafikutsläpp, fällningskemikalier samt bilvårdsanläggningar (Svenskt Vatten 2009 s 15). Den rekommenderade halten av nickel i dricksvatten som EPA och WHO har satt är 0,07 mg/l (EPA, WHO Guidelines for drinking water).

Järn, Fe

Järn är det fjärde vanligaste grundämnet på jorden. Dock förekommer järn sällan i ren form utan huvudsakligen i form av föreningar med syre såsom hematit och magnetit (Livsmedelsverket). Järn är livsnödvändigt och det har två viktiga uppgifter i kroppen som båda är förknippade med framställningen av energi. Dels ingår det i hemoglobin och transporterar syre från lungorna ut till kroppens alla celler, dels ingår det i enzymer som kallas cytokromer vilka deltar i ATP (adenin trifosfat) bildning. Järnbrist leder till trötthet, håglöshet, irritation samt har negativa effekter på immunförsvaret, den fysiska prestationsförmågan och inlärningsförmågan. Vid för höga halter kan järn orsaka leverskador, illamående, förstoppning, diarré och i värsta fall förgiftning (Johansson 2004 s 127-134, Bydén 1990 s 23, Livsmedelsverket). Med höga halter ur människosynpunkt som i det här fallet, avses mängder som avsevärt överskrider det rekommenderade intaget av järn som ligger på mellan 8 till 15 mg per dag beroende på kön och ålder (Livsmedelsverket)

Trots att järn är en livsnödvändig metall så kan den alltså i större mängder vara toxiskt, eftersom det ger upphov till så kallade fria syreradikaler vilka genererar farliga metaboliter. Därför kan överskott av järn ge upphov till allvariga cell- och vävnadsskador (Uppsala universitet, Evolutionsbiologiskt centrum).

Järn har många användningsområden, metallen används bland annat som konstruktionsmaterial, den ingår i rostfritt stål och i fällningskemikalier vilka används vid vattenrening. Ämnet tillförs till avloppssystemet främst från ytbehandlingsindustrier, trafikutsläpp, fällningskemikalier, bilvårdsanläggningar men även från korrosion i ledningsnätet (Johansson 2004 s 127-134, Bydén 1990 s 23, Livsmedelsverket). Den rekommenderade halten av järn i dricksvatten som EPA och WHO har satt är 0,3 mg/l. Om järnhalten överskrider 0,3 mg/l kan det ge upphov till missfärgat vatten (EPA, WHO Guidelines for drinking water).

Kadmium, Cd

Kadmium är en toxisk, icke-essentiell metall som bioackumuleras lätt i levande materia. Den anrikas i både växter och djur. Kadmiums mobilitet ökar markant vid försurning. Metallen har en medelhög till mycket hög toxiskeffekt på vattenlevande organismer. Kadmiumutsläpp ger upphov till bestående sediment- och markföroreningar med långvariga effekter, allt från årtionden till årtusenden. Kadmium räknas till PRIO ämnen och det råder kadmiumförbud i Sverige sedan år 1982. Det finns en del undantag såsom kadmiums förekomst i varmvattenberedare, konstnärsfärger, viss elektrisk samt användning inom flygsektion. Kadmium förekommer i batterier, ytbehandlade metallvaror av järn, stål, mässing, och aluminium samt i lödningar. Metallen används som stabilisator i plast. Den förekommer oftast tillsammans med zink, så därför kan föremål som innehåller zink även innehålla spår av kadmium (Svenskt Vatten 2009 s 14). Kadmium anrikas främst i njurarna och kan orsaka cancer och benskörhet. Upptag av kadmium i magtarmkanalen är i vanliga fall mycket dåligt och den samutnyttjar transportmekanismer för järnupptag. Vid låga järnhalter ökar aktiviteten dessa transportmekanismer vilket leder till ökat upptag av både järn och kadmium. En annan målvävnad som är utsatt för bioackumulation av kadmium är skelettet, som utgör depå för bland annat kadmium. Anrikningen sker på bekostnad av kalcium, det vill säga kalcium byts ut mot kadmium. Kalcium fungerar som en signalsubstans för muskelsammandragningar. Kadmium räknas till de ämnen som stör kalciumbalansen i muskelceller och på så sätt stör muskelfunktioner. De mest dramatiska exempel på störd muskelfunktion är fullt utvecklade förlamning respektive kramp (Johansson 2004 s 47, 74, 98). Den rekommenderade halten av

järn i kadmium som EPA och WHO har satt är 0,005 mg/l (EPA, WHO Guidelines for drinking water).

2.3 Lagar och bestämmelser

2.3.1 Miljöbalken

Miljöbalken, SFS 1998:808 är en svensk övergripande lagstiftning som handlar om all miljöpåverkan. Syftet med miljöbalken är att främja en hållbar utveckling, vilket innebär att nuvarande människors behov tillfredsställs utan att nästkommande generationers framtid äventyras. Miljöbalken, kapitel 9 handlar om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Det framgår att miljöfarlig verksamhet definieras som den verksamhet som genererar utsläpp av: avloppsvatten, fasta ämnen eller gas från mark, byggnader eller anläggningar i mark, vattenområden eller grundvatten. I miljöbalken, kapitel 6 framhålls syftet med och kraven på miljökonsekvensbeskrivningar (MKB). En MKB (miljökonsekvensbeskrivning) skall bland annat innehålla de uppgifter som behövs för att påvisa och bedöma den huvudsakliga påverkan på människors hälsa och miljön. Vidare ska den innehålla strategier som omfattar hushållning med mark, vatten och andra resurser. Utsläppskaraktärisering utgör normalt en del av en MKB (Naturvårdsveket 2011 s 95). Miljöbalkens andra kapitel, tar upp allmänna hänsynsregler och principer. De principer som är av stor relevans och bör beaktas i verksamheter med indirekt energiöverförande kylsystem (Michanek 2007 s 122- 144, Lönndahl G. s 269) är:

- Kunskapsprincipen som innebär att verksamhetsutövaren (VU) skall skaffa sig kunskap om vilka olägenheter verksamheten medför samt hur dessa kan förebyggas eller begränsas.
- Försiktighetsprincipen som innebär att förebyggande åtgärder sätts in omedelbart vid minsta misstanke om att en viss ändring eller åtgärd kan medföra en olägenhet.
- Lokaliseringsprincipen som innebär att verksamheten får bedrivas endast på en lämplig plats där minsta möjliga intrång och olägenhet säkerställs.
- Hushållnings- och kretsloppsprincipen som innebär att alla skall hushålla med naturresurser och energi samt ta tillvara på det som kan återanvändas och återvinnas.
- Produktvalsprincipen som innebär att kemiska och biotekniska produkter inte får användas om de kan bytas ut mot mindre miljöskadliga produkter. Principen omfattar även varor som har behandlats med en kemisk eller bioteknisk produkt.
- Principen om bästa möjliga teknik som går ut på att alla som yrkesmässigt bedriver eller avser att bedriva verksamheten är skyldiga att använda bästa möjliga teknik.
- Principen om att förorenaren betalar (Polluter Pays Principle, PPP) som går ut på att den som bedriver en verksamhet som orsakar skada eller olägenhet skall sätta in de åtgärder som krävs för att avhjälpa skadan eller olägenheten men även stå för de kostnader som uppstått i samband med skadan eller olägenheten.

Som ett komplement till miljöbalken finns det förordningar och föreskrifter med ytterligare bestämmelser. I förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (SFS 1998:899) framgår det vilken verksamhetskod en verksamhet får utifrån dess årliga produktionsvolym. Den reglerar tillståndsprövning av miljöfarlig verksamhet (Kalmar Vatten 2011 s 2).

2.3.2 REACH

Enligt REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) skall de som hanterar kemikalier ta fram data om kemikaliernas egenskaper och bedöma riskerna. Beträffande kemikalier som har allvarliga hälso- och miljöfarliga egenskaper, har det införts en ny tillståndsprövning som delvis överensstämmer med Kemikalieinspektionens Prioriteringsguide. Den går ut på att den som årligen tillverkar eller importerar mer än ett ton kemiska produkter ska registrera dessa hos den europeiska myndigheten, ECHA (European Chemicals Agency). Ämnen med särskilt farliga egenskaper får i vissa fall inte användas utan tillstånd. Användningen av ett visst ämne kan förbjudas eller begränsas om användningen ger upphov till oacceptabla risker (Naturvårdsverket 2011 s 95- 96).

Uppgifter som enligt REACH är lämpliga att använda inför en karaktärisering (Naturvårdsverket 2011 s 96):

- Sammanställ en förteckning över de kemiska ämnen som används på företaget.
- I förteckningen bör ingå CAS (Chemical Abstracts Service), EINECS (European Inventory of Existing Commercial Substances) eller ELINCS (European List of Notified Chemical Substances) nummer, uppgifter om hälso- och miljöfarlighetsklassificering, användningsområden för respektive ämne.
- Identifiera och eventuellt komplettera med uppgifter gällande kemikaliehantering.
- Uppskatta kemikaliemängden som förbrukas årligen.
- Uppskatta mängden av respektive ämne som släpps ut till det kommunala avloppsledningsnätet vid olika driftförhållanden.

2.3.3 Kemikalieinspektionens Prioriteringsguide (PRIO)

I Kemikalieinspektionens *Prioriteringsguide* (PRIO) indelas ämnen i två prioriteringsgrupper, utfasningsämnen respektive prioriterade riskminskningsämnen. Till utfasningsämnen räknas bland annat: CMR (cancerogen, mutagen eller reproduktionsstörande), PBT/vPvB (persistenta, bioackumulerande och toxiska/mycket persistenta och mycket bioackumulerande), särskilt farliga metaller (kvicksilver, kadmium, bly och deras föreningar), hormonstörande samt ozonnedbrytande. Med *Prioriterade Riskminskningsämnen* avses ämnen som har: mycket hög akutgiftighet, allergiframkallande egenskaper, mutagena effekter, hög kronisk giftighet, potentiell PBT/vPvB samt miljöfarliga långtidseffekter (Naturvårdsverket 2011 s 97).

2.3.4 Vattendirektivet

Inom ramen för vattendirektivet 2000/60/EG har det fastställts ett tillvägagångssätt för hur kemiska föroreningar i ytvatten och grundvatten ska hanteras. Trettiofyra ämnen har klassats som prioriterade ämnen. Med prioriterade ämnen avses de kemiska föroreningar som utgör ett allvarligt hot mot dem som får i sig föroreningarna via vattenmiljön (Naturvårdsverket 2011 s 99).

2.3.5 Sveriges miljömål

De miljömål som anses vara relevanta i den föreliggande studien är:

Begränsad klimatpåverkan, Bara naturlig försurning, Giftfri miljö, Ingen övergödning, Levande sjöar och vattendrag, God bebyggd miljö, Grundvatten av god kvalitet, Hav i balans, Levande kust och skärgårdar och Myllrande våtmarker (Svenskt Vatten 2009 s 8).

3 Metod

3.1 Val av metoder

I föreliggande studie tillämpas analyser i syfte att kartlägga det kemiska innehållet hos vätskorna i de indirekt energiöverförande kylsystemen. Provanalyserna används för att empiriskt uppskatta miljöpåverkan med hjälp av värderingsmallen.

3.2 Provtagning och analyser

Provtagningen utfördes på plats på Länssjukhuset i Halmstad där systemvätskorna avtappades direkt från ledningen över till sterila plastflaskor. Dessa prover är inga dygnprover utan momentanprover men eftersom systemen är slutna borde det inte påverka resultatet nämnvärt. Den totala provvolymen för respektive system är 1 liter.

De analyser som utfördes i studien är bland annat pH (SS 028122-2), konduktivitet (SS 028123-1), syrgas, metaller, COD, total kväve och ammonium kväve.

Metallanalyserna för koppar, zink, nickel, järn och kadmium utfördes med hjälp av atomabsorptionspektrofotometer (Perkin Elmer AAnalyst 400). Systemvätskorna från system 6, 7 och 8 filtrerades genom sprutfilter steril med porstorlek 0,45µm (märke Sarstedt) innan metallanalyserna utfördes. De aktuella våglängderna (nm) och detektionsgränserna (mg/l) för respektive metall anges nedan (Simonsen 2005 s 208):

Cu: våglängd 324,75 nm och detektionsgräns 0,032 mg/l

Cd: våglängd 228,80 nm och detektionsgräns 0,016 mg/l

Fe: våglängd 248,33 nm och detektionsgräns 0,039 mg/l

Ni: våglängd 232,00 nm och detektionsgräns 0,042 mg/l

Zn: våglängd 213,86 nm och detektionsgräns 0,011 mg/l

Totalkväve analyserades enligt metoden LCK 138, ammoniumkväve analyserades enligt metoden LCK 303 och COD analyserades enligt LCK 114. Beträffande COD analyserna har systemvätskorna från system 4 till 8 spåtts ut tusen gånger. Det högsta detekterade värdet för COD är 1 000 000 mg/l. Gällande kväveanalyserna så är det lägsta tillförlitliga detekterade värdet 2 mg/l. Konduktivitet och pH mättes direkt på plats i samband med provtagningen. Syrgasanalyserna utfördes av QTF.

3.3 Beskrivning av de åtta systemen

System 1) 20-55-VKA1/ KB1 = köldbärare 1, KB1 retur

System 2) 211-55- VKA1/ KB1= köldbärare 1, KB1 retur

System 3) 05-55-KB1 = köldbärare 1, KB1 tillopp

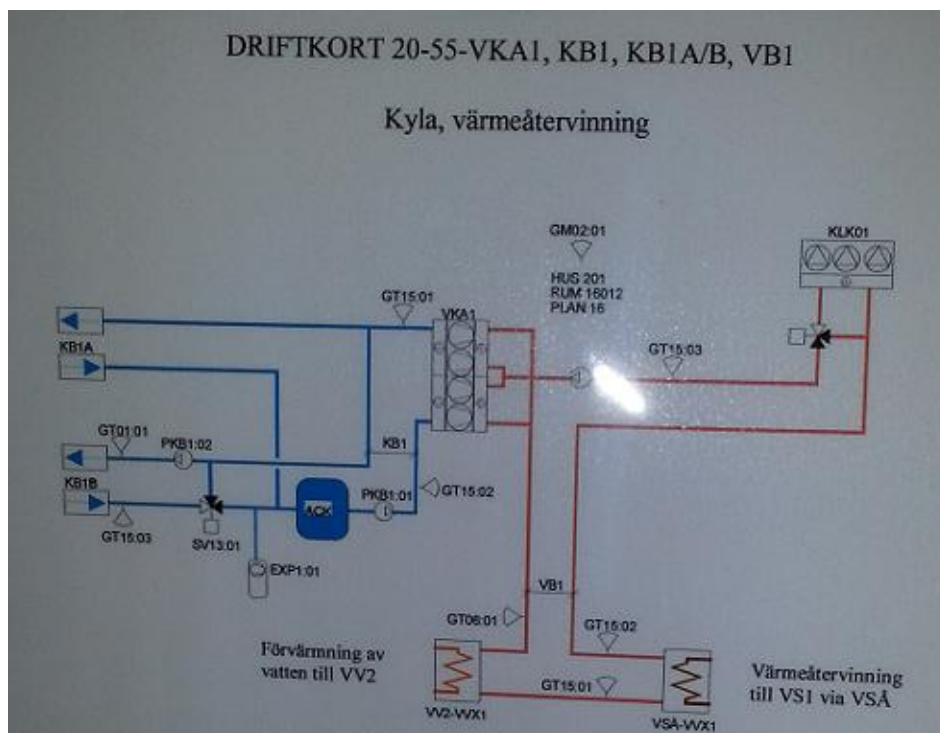
System 4) 345-55-KB1 = köldbärare 1, KB1 tillopp

System 5) 211-14-KB1 = köldbärare 1, KB1 retur

System 6) 181-55-KB1 = köldbärare 1, KB1 retur

System 7) 13-55-KB1 = köldbärare 1, KB1 retur

System 8) 07-55-KB1 = köldbärare 1, KB1 retur



Figur 3. Driftkortet är ett exempel på ett av de 8 systemen

4 Resultat

Tabell 1 Mätvärden för pH, konduktivitet och syrgas

	System	pH	Konduktivitet mS/m	O ₂ mg/l
1	20-55-VKA1/ KB1	10,04*	24,7	1,15
2	211-55- VKA1/ KB1	9,38	24,2	2,23
3	05-55-KB1	8,02	53,0	0,98
4	345-55-KB1	7,06	67,1	1,76
5	211-14-KB1	7,77	356,0	5,95
6	181-55-KB1	7,81	342,0	8,62
7	13-55-KB1	7,27	222,0	7,50
8	07-55-KB1	7,40	267,0	6,36

*Markerat med rött innebär att varningsvärdet har överskridits

Tabell 2 Mätvärden för metallanalyser

	System	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Ni (mg/l)	Fe (mg/l)	Cd (mg/l)
1	20-55-VKA1/ KB1	0,002	0,005	-	-	-
2	211-55- VKA1/ KB1	-	0,003	-	-	-
3	05-55-KB1	-	0,004	0,055*	-	-
4	345-55-KB1	-	0,042	0,031	58	-
5	211-14-KB1	0,012	0,021	0,002	0,258	-
6	181-55-KB1	0,005	0,092	-	0,362	-
7	13-55-KB1	0,106	0,572*	0,015	1,012	-
8	07-55-KB1	0,118	0,448*	0,017	1,363	-

*Markerat med rött innebär att varningsvärdet har överskridits

Tabell 3 Mätvärden för COD och kväveanalyser

	System	COD (mg/l)	Total-N (mg/l) **	NH ₄ -N (mg/l)
1	20-55-VKA1 KB1	170	3,59	<2 (1,74)
2	211-55- VKA1/ KB1	107	2,69	<2 (1,5)
3	05-55-KB1	115	2,42	<2 (0,969)
4	345-55-KB1	159 000*	5,76	<2 (0,180)
5	211-14-KB1	439 000*	-	<2 (0,243)
6	181-55-KB1	559 000*	-	<2 (0,113)
7	13-55-KB1	769 000*	-	<2 (1,10)
8	07-55-KB1	> 1 000 000*	-	<2 (0,381)

*Markerat med rött innebär att varningsvärdet har överskridits

**Varningsvärde för totalkväve i utgående avloppsvatten är 15 mg/l (Naturvårdsverket 2010 s 39).

Tabell 4 Värderingsmall för betydande miljöaspekter i samband med den teoretiska uppskattningen av miljöpåverkan (Ammenberg 2004 s 192).

Miljöaspekt:	A: Klimatpåverkan	B: Ozonuttunnning	C: Försurning	D: Fotokemiska oxidanter och marknära ozon	E: Hälsopåverkande luftföroreningar och buller	F: Påverkan genom metaller	G: Påverkan genom organiska miljögifter	H: Introduktion och spridning av främmande organismer	I: Utarmning av naturtyper, biotoper, arter, et cetera	J: Strålning	K: Mängd/ volym/omfattning	Summa	Rangordning (störst till minst)
pH	0	0	1	0	0	1	3	0	3	0	3	11	5
Konduktivitet	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	5	7
Syrgas	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	15	2
Koppar	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	3	9	6
Zink	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	5	15	2
Nickel	0	0	0	0	0	3	0	0	5	0	3	11	5
Järn	0	0	0	0	0	5	0	0	3	0	5	13	4
Kadmium	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	7
COD	0	5	0	0	0	5	3	0	5	0	5	23	1
Kväve total	0	3	3	0	0	0	0	0	5	0	3	14	3
Ammoniumkväve	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	8

Poängsättning A-J:

Stor relevans = 5 poäng

Medelstor relevans = 3 poäng

Liten relevans = 1 poäng

Ingen relevans = 0 poäng

Poängsättning K

Stor mängd = 5 poäng

Medelstor mängd = 3 poäng

Liten mängd = 1 poäng

Ingen mängd = 0 poäng

5 Resultatdiskussion

Prover tagna på köldbärare 1 i system 1 och 2, uppvisar höga pH-värden (tabell 1) och förekomst av kväve, i form av totalkväve (tabell 3).

Prover tagna i tillloppsledning på köldbärare 1 i system 3 och 4 har pH-värden som ligger mellan 7 till 8. I system 4 har det skett en förändring, COD har ökat mer än tusen gånger och totalkvävet är som högst i detta system (tabell 3) och järnhalten är 58 mg/l (tabell 2). Detta kan bero på att natriumaskorbat (bilaga 3), som är starkare än askorbinsyra fungerar som antioxidationsmedel och har troligen reagerat med den lösta syrgasen i köldbäraren.

Systemvätskorna från system 5 till 8 är tagna i returledningen på köldbärare 1. Det framkom att syrgashalten, konduktiviteten och COD är som högst i dessa fyra system, vilket tyder på att det har skett korrosion. Korrosion är av elektrokemisk karaktär, vilket innebär att det ena ämnet oxideras (avger elektroner) medan det andra ämnet reduceras (tar upp elektroner). Det krävs även att det korroderande materialet är i kontakt med en ledande vätska och att ett oxidationsmedel finns närvarande. Metallrören ute i ledningsnätet är bra elektriska ledare, den vattenbaserade köldbäraren fungerar som en ledande vätska och det lösta syret i vätskan fungerar som ett oxidationsmedel (Melinder 2007 s 61). Den höga syrgashalten kan bero på att det har kommit in luft i systemet. Det har i sin tur lett till korrosion, vilket bland annat innebär att olika metalloxider har fällts ut i köldbärarsystemet. Hög konduktivitet och högt COD tyder på att det har skett en korrosion, vilket bekräftas av metallanalyserna, men det kan även bero på tillsatsen av korrosionshämmare. Systemvätskorna från system 6, 7 och 8 är missfärgade och de innehåller fällningar vilket också tyder på att det har skett korrosion i dessa system (se bilaga 2). Metallanalyserna har påvisat förekomst av koppar, zink, nickel och järn (tabell 2). Kadmium kunde inte detekteras. Dess lägsta detektionsgräns är 0,016 mg/l. Vilket innebär att det ändå kan finnas spår av kadmium vars koncentration understiger den lägsta detektionsgränsen och därmed inte kunde påvisas med AAS. Spår av kadmium kan finnas ifrån ytbehandlade metallvaror av järn, stål, mässing, aluminium, lödskarvar samt i PVC plast. Metallförekomsten beror främst på frätskador och korrosion som skett ute i ledningsnätet, i ventilerna, pumparna och rören. Förekomsten av järn, zink och nickel tyder på att konstruktionen som troligen är tillverkad av galvaniserat stål (legering av järn, nickel och krom som är belagt med zink) har korroderat. Kopparhalterna antyder att en del av ledningsnätet, med tillhörande armatur som troligen är tillverkat av koppar (bilaga 3) eller mässing (legering av koppar och zink) har korroderat (Svenskt Vatten 2009 s 14-16).

Det framkom utifrån värderingsmallen (tabell 4) att de sju största miljöaspekterna är relaterade till föroreningsvariablerna: COD, zink, syrgas, kväve, järn, nickel och pH. Miljöeffekterna uppträder främst i form av påverkan från metaller som på längre sikt kan leda till utarmning av naturtyper, biotoper, arter etc. Gränsvärdena för zink, nickel och järn har överskridits i vissa system. I samband med utsläpp skulle metallerna ha allt från toxisk till mycket toxisk effekt på de flesta vattenlevande djur och växter. Om upptaget av dessa metaller blir för högt kan det konkurrera ut andra essentiella metaller (bilaga 3). Höga järnhalter kan även orsaka leverskador, illamående, förstoppning och diarré (Bydén 1990 s 23, Johansson 2004 s 127-134, Livsmedelsverket, Svenskt Vatten 2009 s 14-15).

6 Slutsatser

Köldbärandevätska från system 1 får inte släppas ut till det kommunala avloppsledningsnätet eftersom pH- värdena överskrider gränsvärdet. Köldbärandevätska från system 3, 7 och 8 får inte heller släppas ut på grund av för höga metallhalter enligt bilaga 1 (Svenskt Vatten 2009 s 25). Köldbärandevätska från system 4 till 8 har för höga COD värden (tabell 3) och bör ej släppas ut till det kommunala avloppsreningsverket.

Köldbärandevätska från system 3, 7 och 8 överskrider gränsvärdena för zink och nickel (tabell 2). De skulle ha toxisk till mycket toxisk effekt på vattenlevande djur och växter om det oavsiktligt släpptes ut till recipienten. Koppar, zink och nickel är nitrifikationshämmande vilket innebär att de påverkar det biologiska reningssteget ute i reningsverket negativt (Svenskt Vatten s 41-44). Utsläpp av köldbärandevätska, främst etylenglykol skulle utgöra en stor hälso- och miljörisk, eftersom den är mycket giftig (Melinder 2007 s 83, Melinder 2008 s 25, Giftinformationscentralen). Beträffande korrosionshämmarnas miljöpåverkan, till exempel Performax, i samband med exponering, skulle den orsaka långtidseffekter i vattenmiljön, eftersom den är mycket giftig (bilaga 3). Korrosionshämmaren Performax är starkt frätande och kan irritera ögonen, huden och andningsorganen (Säkerhetsdatablad för Performax 13 AL Ashland).

Köldbärandevätska från systemen 5 till 8 borde avgasas eller bytas ut. Vid utbyte av köldbärande bör produktvalsprincipen beaktas, vilket innebär att mindre miljöskadliga produkter skall väljas om det är möjligt. Dåligt avgasade system orsakar försämrad pumpkapacitet, lägre värmeöverföringsgrad, reglerproblem, erosion, korrosion och tätningsläckage (Melinder 2007 s 32). System med lägre värmeöverföringsgrad, förbrukar mer energi och ger upphov till indirekt miljöpåverkan, vilket inte är i riktlinje med hushållnings- och kretsloppsprincipen.

För att undvika läckage ska pumparna med tillhörande dropplåt och stänkskydd kontrolleras regelbundet om de fungerar och är läckagefria. Ventilerna ska undersökas med jämna mellanrum, om de håller tätt. För att undvika luft i systemet och därmed förhindra korrosion i systemet skall det kontrolleras om expansionskärlets förtryck är rätt inställt (Melinder 2007 s 25). Dessa förebyggande åtgärder är i riktlinje med kunskapsprincipen, försiktighetsprincipen samt principen om bästa möjliga teknik.

I den föreliggande studien har det kartlagts potentiell miljöpåverkan i samband med utsläpp. Enligt REACH är företagen skyldiga att uppskatta den årliga kemikalieförbrukningen. Inom ramen för REACH skall företagen även uppskatta mängden av respektive ämne som släpps ut till det kommunala avloppsledningsnätet vid olika driftförhållanden. Beträffande miljömålen, så framhålls det att Giftfri miljö samt Levande sjöar och vattendrag är de miljömål som påverkas mest negativt.

Det finns antydning till höga konduktivitets-, syrgas- och COD-värden vilket är ett tecken på att systemvätskan är i dåligt skick. Antingen kan onlinemätare installeras eller så borde systemvätskan analyseras regelbundet med avseende på dessa parametrar.

7 Tack

Ett stort tack till Björn Carlsson, Elving Isaksson och Curt Tappert från QTF Sweden AB som hjälpt till att föra projektet framåt. Jag vill tacka även William Hogland och Amit Bhatnagar från Linnéuniversitet för all deras hjälp och vägledning under projektets gång. Ett jättestort tack vill jag rikta till Sara Gunarsson och Henric Svensson från Linnéuniversitet som ställt upp och hjälpt mig med analyserna. Jag vill även tacka Ulrika Cederberg, Miljö- och hälsoskyddsinspektör Halmstads kommun samt Folke Mökander, Miljösamordnare Sävsjö kommun som hjälpt mig med gränsvärden.

Dessutom vill jag tacka mitt arbetslag och min chef, rektor Bengt Larsson på Brinellgymnasiet som stått ut med mig under den påfrestande tiden.

Slutligen vill jag tacka min familj för all deras stöd.

Värnamo, oktober 2013
Aldijana Puskar

8 Referenser

Alvarez H. (2006) Energiteknik Del 2
Studentlitteratur, ISBN 978 – 91 – 44 – 04510 – 8

Ammenberg J. (2004) Miljömanagement
Studentlitteratur, ISBN 978 – 91 – 44 – 02813 – 2

Brandt N. & Gröndahl F. (2008) Miljöeffekter
KTH, ISBN 91 – 630 – 9297 – 0

Bydén S. (1990) Mäta förurning
Institutionen för miljövetenskap och kulturvård, Göteborgs universitet

Johansson U. (2004) Näring och hälsa
Studentlitteratur, ISBN 978 – 91 – 44 – 04198 – 5

Kalmar Vatten (2011) Utsläpp av avloppsvatten från yrkesmässig verksamhet

Lidman U. (2008) Toxikologi- läran om gifter
Studentlitteratur, ISBN 978 – 91 – 44 – 01965 – 9

Löndahl G., Olson H. (1999) Kyltekniskt handledning

Melinder Å. (2007) Handbok om indirekta kyl- och värmepumpsystem

Melinder Å. (2008) General Characteristics of Secondary Working Fluids in Indirect System

Michanek G., Zetterberg C. (2007) Den svenska miljörätten
Iustus förlag ISBN 978 – 91 – 7678 – 685 – 7

Naturvårdsverket (1989) Biologisk och kemisk karaktärisering av industriavloppsvatten
ISBN 91 – 620 – 0036 – 5

Naturvårdsverket (2011) Kemisk och biologisk karaktärisering av punktutsläpp till vatten
ISBN 978 – 91 – 620 – 0172 – 8

Naturvårdsverket (2003) Naturliga köldmedier
ISBN 91 – 620 – 5326 – 4

Simonsen F. (2005) Analysteknik – Instrument och metoder
Studentlitteratur ISBN 91 – 44 – 03613 – 2

Svenskt Vatten (2009) Råd vid mottagande av avloppsvatten från industri och annan verksamhet
ISSN 1651 – 4947

<http://www.giftinformation.se/AlphaList.asp?ArticleID=11237&CategoryID=6289&pDisplayType=> hämtad 2013-05-12

<http://www.slv.se/sv/grupp1/Mat-och-naring/Vad-innehaller-maten/Salt--mineraler/Jarn-/>
hämtad 2013-03-01

<http://www.slv.se/sv/grupp1/Risker-med-mat/Metaller/Kadmium/Kadmium---fordjupning/>
hämtad 2013-10-27

<http://www.ebc.uu.se/forskning/IOB/jamfys/forskning/jarn/> hämtad 2013-10-27

<http://www.slv.se/sv/grupp1/Mat-och-naring/naringsrekommendationer/> hämtad 2013-10-27

<http://water.epa.gov/drink/contaminants/#Inorganic> hämtad 2013-10-27

<http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Dricksvatten/Lagar-och-foreskrifter/WHO/>
hämtad 2013-10-27

Bilaga 1 Varningsvärden

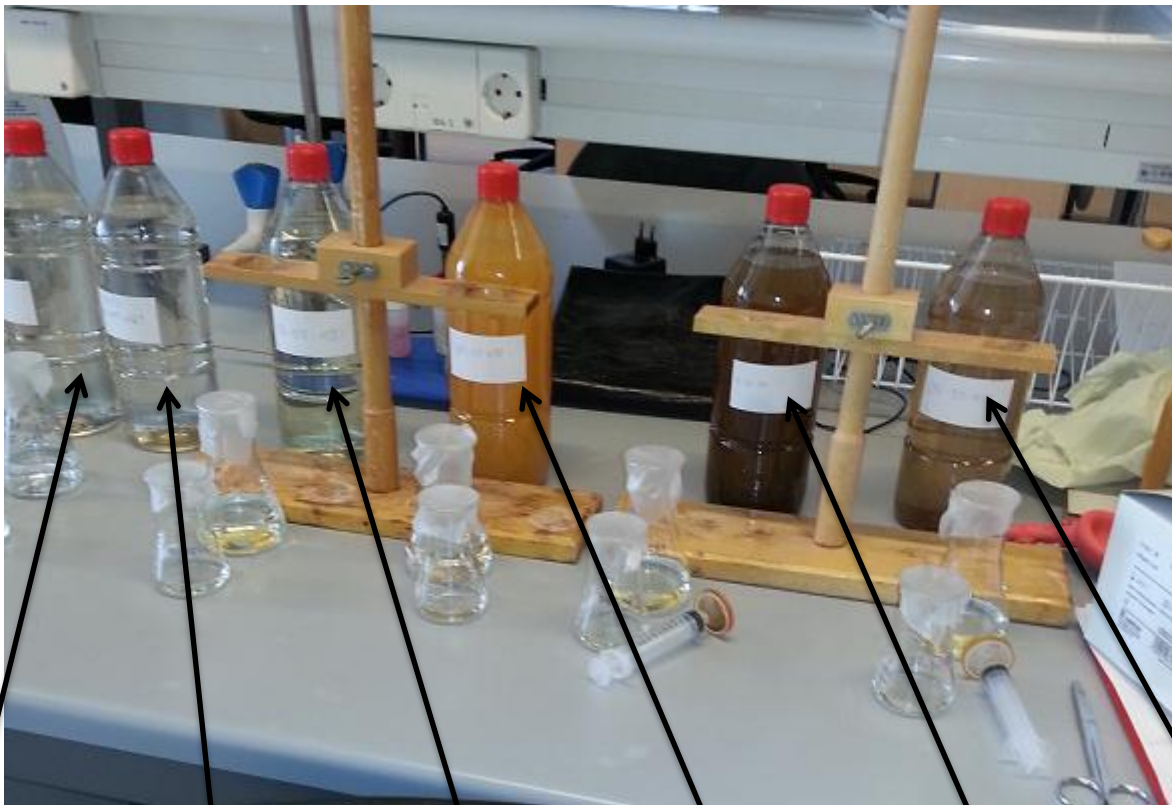
Parametrar som kan påverka ledningsnätet. Värdena bör inte ens överskridas under kort tid (Svenskt Vatten 2009 s 25)

Parameter	Momentanvärde	Skador
pH min	6,5	Korrosionsrisk, frätskador betong
pH max	10	Korrosionsrisk, frätskador betong
Temperatur max	50°C	Packningar
Konduktivitet	500 mS/m	Korrosionsrisk stål
Sulfat (summa sulfat, sulfit och tiosulfat SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)	400 mg/l	Betongkorrosion
Magnesium, Mg^{2+}	300 mg/l	Betongkorrosion
Ammonium, NH_4^+	60 mg/l	Betongkorrosion
Fett	-	Igensättning
Klorid	2 500 mg/l	Materialskador

Parametrar som kan påverka reningsprocessen eller slamkvaliteten. Överskrids dessa värden medför det vanligen krav på interna reningsprocesser (Svenskt Vatten 2009 s 25).

Parameter	Varningsvärde
Bly, Pb	0,05 mg/l
Kadmium, Cd	Bör inte förekomma
Koppar, Cu	0,2 mg/l
Krom, Cr	0,05 mg/l
Kvicksilver, Hg	Bör inte förekomma
Nickel, Ni	0,05 mg/l
Silver, Ag	0,05 mg/l
Zink, Zn	0,2 mg/l
Miljöfarliga organiska ämnen	Bör inte förekomma
Cyanid total, CN	0,5 mg/l
Oljeindex	5- 50 mg/l
Nitrifikationshämmning vid inblandning av 20 % processavloppsvatten	20 % hämning
Nitrifikationshämmning vid inblandning av 40 % processavloppsvatten	40 % hämning

Bilaga 2 Bilder på systemvätskan från system 3 till 8



Systemvätska
från system 3

Systemvätska
från system 4

Systemvätska
från system 5

Systemvätska
från system 6

Systemvätska
från system 7

Systemvätska
från system 8

Bilaga 3 Sammanfattning av kemikaliernas förekomst och effekter

Kemisk förening/ grundämne	Användningsområde/ Förekomst	Effekter
Etylalkohol	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Lösningar med över 30 viktsprocent etylalkohol klassas som brandfarliga. • Minsta dödliga dos för människa är 47,5 milliliter per kilogramkroppsvikt. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 62000 mg/kg. • Vattenlösningar av etylalkohol, där tillsatskoncentrationen utgör 29,7 viktsprocent har ca pH- värde på 7
Metylalkohol	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Mycket giftig vid förtäring och kan även vara dödlig vid inhalering. Vätskan orsakar berusning, synrubbing med risk för blindhet, kramper och hjärnskada. • Minsta dödliga dos för människan är 0,3 – 1 milliliter per kilogramkroppsvikt. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 5628 mg/kg.
Etylenglykol	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Mycket giftig vid förtäring. • Minsta dödliga dos för människa är 1-1,5 milliliter per kilogramkroppsvikt. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 47000 mg/kg. • Vid korttidsexponering orsakas bland annat ögonirritation, hudirritation, lungirritation och medvetandepåverkan. Vid upprepad eller långtidsexponering orsakas kramper, hjärn- och njurskada. • Vattenlösningar av etylenglykol, där tillsatskoncentrationen är 36,2 viktsprocent har pH- värden liggande mellan 6 och 7,5.
Propylenglykol	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Klassas som brandfarlig. • Minsta dödliga dosen för människan är 15 milliliter per kilogramkroppsvikt. Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 19400 mg/kg. • Vattenlösningar av propylenglykol, där tillsatskoncentrationen är 39,4 viktsprocent har pH- värden liggande mellan 6,5 och 8.
Glycerin	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 12600 mg/kg. • Vattenlösningar av glycerin, där tillsatskoncentrationen är 46,3 viktsprocent har ett pH- värde på 7.
Kaliumkarbonat	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Kemikalien är farlig och irriterande för ögonen och huden. • Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 2000 mg/kg. • Vattenlösningar av kaliumkarbonat har ett pH- värde på cirka 12. • Eftersom den är starkt alkalisk är den korrosiv mot

		zink, mjuklod och aluminium.
Kalciumklorid	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Kemikalien är brännbar och irriterande för ögonen och huden. • Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 1000 mg/kg. • Vattenlösningar av kalciumklorid har pH- värde mellan 8 till 10.
Kaliumacetat	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Har låg hälsorisk men vid inhalation kan det orsaka lindrigare irritation. • Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 3250 mg/kg. • Vattenlösningar av kaliumacetat har pH- värden liggande mellan 7,5 till 8,5. • De nedbrytningsprodukter som bildas är ättiksyra och kaliumkarbonat. Vid upphettning av ättiksyra bildas det brännbara ättiksyraångor som kan bilda explosiv blandning med luft. • Kalciumkarbonat är hälsoskadlig och irriterande för huden och ögonen. Kaliumkarbonat reagerar med syror och oxidationsmedel.
Kaliumformiat (Handelsnamn Temper)	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är 2000 mg/kg. • Vattenlösningar av kaliumformiat har pH- värden liggande mellan 9 till 11. • I närvaro av syrgas är den metallaggressiv och orsakar korrosion.
Ammoniak	Köldbärare	<ul style="list-style-type: none"> • Den är korrosiv och farlig för omgivningen. • Ammoniak kan orsaka lung-, hud- och ögonirritation. Vid förtäring kan den ge brännskador på mun, hals och mage. Hög exponering kan orsaka temporär blindhet eller ögonskada och i värsta fall kan det leda till döden om utrymning inte sker snabbt. • Ammoniak är mycket giftig för vattenlevande organismer och vid utsläpp till luft förångas den snabbt och sönderdelas till kvävgas och vätgas.
Natriumiso-askorbat	Korrosionshämmare	<ul style="list-style-type: none"> • Den har ett pH-värde på 7 och ett COD på 0,143 g O₂/kg. • Den är måttligt farlig vid hudkontakt. Vidare kan den orsaka irritation och hudinflammation som karaktäriseras av klåda, fjällning, rodnad och ibland blåsbildning. Den är måttligt farlig vid fall av ögonkontakt och kan orsaka ögonirritation. Farlig vid inhalation. • Toxicitet, LD₅₀ oralt på råtta är högre än 5000 mg/kg. Termiska omvandlingsprodukter som erhålls är kolmonoxid, koldioxid, vatten och metalloxiderna natriumoxid (NaO₂) och natriumperoxid (Na₂O₂).
Performax är handelsnamn på den vattenlösning som består av	Korrosionshämmare	<ul style="list-style-type: none"> • Den har ett pH-värde på 11. • Den är farlig vid både inandning och förtäring, den är starkt frätande, och irriterar ögonen, huden och andningsorganen. • Den kan orsaka allvarliga ögonskador, ge upphov till

bland annat kaliumhydroxid och flera andra kemiska föreningar.		allergi vid hudkontakt, ge nedsatt fortplantningsförmåga och orsaka fosterskador. Vidare är den mycket giftig för vattenlevande organismer och kan orsaka långtidseffekter i vattenmiljön.
Koppar	Metallen tillförs avloppssystemet främst genom korrosion i kopparrör och varmvattenberedare	<ul style="list-style-type: none"> • Kopparbrist kan leda till fosterskador och ha negativa effekter på unga individer. • Mycket giftigt för vatten- och marklevande organismer. • Ämnet är bioackumulerbart. • Nitrifikationshämmande, det vill säga den kan störa reningsprocessen vid kommunala reningsverk.
Zink	Zink används främst i galvaniserade produkter, plåt och mässing, bilplåt, takplåt, fasader, kylskåp, vattenkranar, rörkopplingar, skruvar, beslag, däck, batterier, rostskyddsfärger, pigment och i PVC (polyvinylklorid) plast.	<ul style="list-style-type: none"> • Livsnödvändig, styr underhåll av den genetiska koden. • Vid höga halter är den giftig för både vattenlevande djur och växter. • Zink är potentiellt bioackumulerbart. • Om zinkupptaget är för högt hos växter och djur kan det konkurrera ut andra metaller.
Nickel	Ingår i legeringar såsom rostfritt stål, förnicklade produkter, ”kromade” ytor samt batterier. Tillförs avloppssystemet från ytbehandlingsindustrier, trafikutsläpp, fällningskemikalier samt bilvårdsanläggningar.	<ul style="list-style-type: none"> • Nickel är en essentiell metall som kan orsaka förgiftning. • Växterna tar upp nickel ganska lätt och de kan förväxla den med zink varefter skador kan uppstå.
Järn	Ingår i konstruktionsmaterial, den ingår i rostfritt stål och i fällningskemikalier vilka används vid vattenrening	<ul style="list-style-type: none"> • Livsnödvändig metall. • Järnbrist leder till trötthet, håglöshet, irritation samt har negativa effekter på immunförsvaret, den fysiska prestationsförmågan och inlärningsförmågan. • Vid för höga halter kan järn orsaka leverskador, illamående, förstoppning, diarré och i värsta fall förgiftning.
Kadmium	Den förekommer i batterier, ytbehandlade metallvaror av järn, stål, mässing, och aluminium samt i lödningar. Metallen används som stabilisator i plast. Den förekommer oftast tillsammans med zink, så därför kan föremål som innehåller zink även innehålla spår av kadmium.	<ul style="list-style-type: none"> • Kadmium är en toxisk, icke-essentiell metall som bioackumuleras lätt i levande materia. • Kadmiums mobilitet ökar markant vid försurning. • Metallen har en medelhög till mycket hög toxiskeffekt på vattenlevande organismer. • Kadmiumutsläpp ger upphov till bestående sediment- och markföroreningar med långvariga effekter, allt från årtionden till årtusenden. • Kadmium anrikas främst i njurarna och skelett kan orsaka cancer och benskörhet. • Kadmium kan störa muskelfunktionen.



Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

391 82 Kalmar
Tel 0480-446200
info.nv@lnu.se
Lnu.se