

Resilienta och energieffektiva installationer

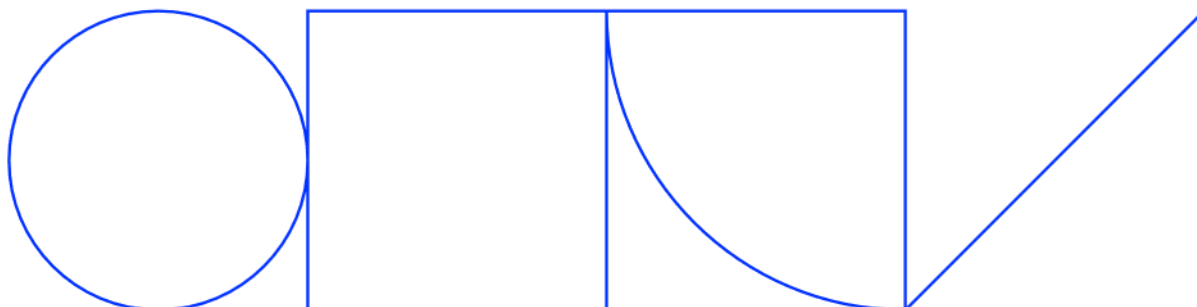
Vätskesystem, få till mer hållbara värme- och kylsystem (livslängd/energi) - Uppföljning

RAFAEL OSPINO

2024-08-23



Detta är en filterinsats från det beskrivna objekt 101 (sid 25) före åtgärd



Förord

Denna rapport är framtagen som en uppföljning inom ett projekt som finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF (SBUF projekt 14005) och har nummer 14219.

Projektledare är Rafael Ospino

Författare är Rafael Ospino, Rafael Ospino Teknikrådgivare AB

Rafael arbetar som rådgivare i nyproduktion och problemlösning i vätskeburna installationer

Projektets styrgrupp har bestått av:

Daniel Jansson	Klimatrör i Stockholm AB
Hans Söderström	Installatörsföretagen
Rafael Ospino	Rafael Ospino Teknikrådgivare AB

Projektadministratör:

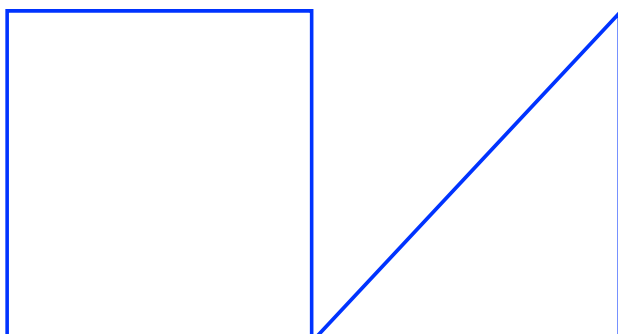
Hans Söderström	Installatörsföretagen
-----------------	-----------------------

Projektgrupp (arbets- och referens):

Rafael Ospino	Egen konsult
Monika Ignatowicz	KTH
Ulf Näslund	Vasakronan
Jan Fredriksson	Byggtjänst
Kjell-Åke Henriksson	JM Bostad
Jan Lundgren	JOAquaconsult
Leif Bjurmalm	Ingenjörfirman Vattenkemi AB
Reza Yazdi	Stockholmshem
Jan Kans	Uppsala Kommun Arenor och Fastigheter
Björn Berggren	Sveriges Allmännyttta
Roland Jonsson	Effekt
Erik Danielson	Keyplants
Tony Johnsson	Klimatrör
David Nilsson	Heimstaden
Hans Söderström	Installatörsföretagen
Fredrik Runius	Säker Vatten
Johan Holmqvist	Assemblin
Rafed Sadek	Installatörsföretagen
Maria Holmqvist	INSU
Mats Kindlund	VVS-System Stockholm

Vi har också haft hjälp av akademi, byggherrar, leverantörer, konsulter och entreprenörer som bidragit med sina erfarenheter. Vi vill rikta ett stort tack till alla som bidragit till projektet genom medverkan i de seminarier som anordnats i samverkan med Installatörsföretagen och Energi & Miljötekniska Föreningen och deltagit i debatter i flera diskussionsfora i sociala medier och där bidragit med erfarenheter. Särskilt tack vill vi rikta till SBUF, utan vars finansiering dessa studier inte kunnat komma till.

Författaren



Sammanfattning

Vätskeburna system är idag dominerande för värmning och kylning. Idag består vårt fastighetsbestånd av ett stort antal kommersiella fastigheter samt ett bostadsbestånd omfattandes

2 600 000 lägenheter i flerbostadshus varav ca 880 000 byggdes som miljonprogram mellan åren 1961 och 1975. Funktionen i de vätskeburna systemen i dessa likväl som byggnader av senare datum är dock ofta bristfällig.

Ett flertal undersökningar som vi refererat till i vår tidigare studie, SBUF projekt 14005, med slutrapport "Hållbara och energieffektiva installationer" tyder på att en majoritet av alla fjärrvärmecentraler brister i funktionen. Det vanligaste felet är bristande avkylning av fjärrvärmereturen, vilket förklaras bland annat som ett symptom på dålig injustering av värmesystemet. Studier av senare datum, såsom Tobias Bergentz uppsats för yrkesexamina på avancerad nivå, Umeå universitet/Institutionen för tillämpad fysik och elektronik 2020, "Identifying symptoms of fault in District Heating Substations" sammanfattar att korrosion och beläggningar på värmeväxlare, ventiler, sensorer och igensatta ledningar är de vanligaste anledningarna.

Vår tidigare studie SBUF 14005 både styrkte vissa tidigare kunskaper och gav upphov till en del nya insikter. Syftet med projektet var att kartlägga hur driftsättning och underhåll av vätskeburna system utförs. Dock visade det sig att dokumentationen över utförda åtgärder ofta inte var fullödiga. En av de frågor vi ville ha besvarad var hur stor andel av systemvolymen som fylldes på årligen. Med få undantag loggades inte påfyllningar, utan mängden uppskattades oftast till "liten". När vi bad om en mer exakt kvantifiering i procent blev svaret ofta mellan en och tre procent.

Av 28 undersökta objekt visade de vattenkemiska analyserna dock 12 på väsentligt mycket större påfyllningar - mellan en tredjedel och upp till halva systemvolymen årligen. 2 av systemen indikerade minst 100 % vattenomsättning årligen.

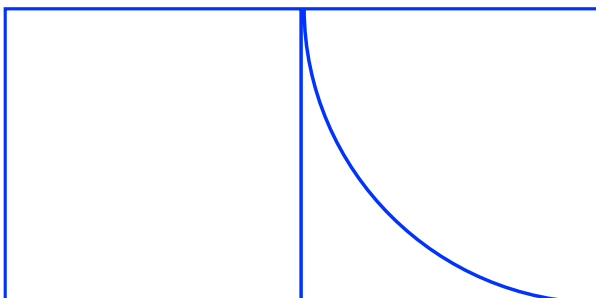
Endast 12 visade på så pass låg andel färskvatten att påfyllningarna skulle kunna förklaras genom exempelvis arbeten som utförts på systemen. 4 var inkonklusiva, med upp till en tredjedel av system-volymen påfylld under senaste året. 2 system företedde inga tecken på påfyllning under senaste året.

Små, kontinuerliga, läckor behöver inte nödvändigtvis upptäckas. I många fall kan de föräledas av porkorrosion - hål som är så små att vattnet sprutar ut som en aerosol som knappast syns utan ofta upptäcks först efter att den förhöjda fukthalten förorsakat mögeltillväxt. Några liter vatten per dygn från några sådana små hål kan snabbt bli mycket stora vattenförluster. Denna typ av porkorrosion förorsakas ofta av så kallad mikrobiellt inducerad korrosion. I den biofilm som bakterier bildar kan det uppstå en pH-gradient med det lägsta pH-värdet närmast metallytan vilken då riskerar penetreras.

När vi i Sverige i slutet på 00-talet först uppmärksammade denna typ av korrosion i slutna system för värmning, kylning och värmeåtervinning var det närmast att betrakta som en kuriositet. Det finns dock indikationer på att denna blir allt vanligare. En teori är att smittan sprids via utrustningar som används av entreprenörer när de bygger alternativt utför arbeten på systemen. Om så är fallet kan det befaras att så gott som alla system på sikt kommer att vara utsatta för denna risk. En faktor som bidrar till att problemen kan komma att tillta är EU:s nya dricksvattendirektiv 2020/2184 som medfört att många vattenverk börjat revidera sina metoder för beredning av dricksvatten. Denna studie har som mål att kartlägga förekomsten av mikrober i slutna system för värmning, kylning samt värmeåtervinning.

INNEHÅLL

FÖRORD	2
SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	5
1.1 BAKGRUND	5
1.2 SYFTE	7
2. METODIK – VÄTSKEANALYS	8
2.1 UNDERSÖKNINGSOBJEKT	8
2.2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	8
2.3 UTVÄRDERING AV ANALYSER OCH BESIKTNINGS PROTOKOLL	9
3. VATTENKVALITETENS BETYDELSE	9
3.1 SYSTEMPÅVERKAN	9
3.2 KRAV PÅ VATTENKVALITET	9
3.3 KRAV PÅ VÄTSKEKVALITET I SVERIGE	9
3.4 SVERIGE/EU: SIS	10
3.5 SVENSK FJÄRRVÄRME:	11
3.6 KORROSIONSINHIBITORER	13
4. FÖRÄNDRINGAR AV DRICKSVATTNET	15
4.1 NYTT DRICKSVATTENDIREKTIV	15
4.2 FORSKNING KRING BIOFILMERS EGENSKAPER	16
4.3 NYA METODER FÖR BEREDNING AV DRICKSVATTEN	17
4.4 FÖREKOMST I SYSTEM RELATIVT STADSVATTEN	20
5. RISKER MED MIKROBIELL FÖREKOMST	21
6. WORKSHOPS OCH SLUTSEMINARIUM	22
6.1 PROJEKTGRUPPEN	22
6.2 SOCIALA MEDIER	22
6.3 SLUTSEMINARIUM	22
7. VAL AV ANALYSPARAMETRAR I STUDIEN	23
8. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL VIDARE STUDIER	24
8.1 SLUTSATSER OCH DISKUSSION	24
8.2 FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGSÅTGÄRDER	25
8.3 FÖRSLAG TILL KONTROLLPUNKTER	26
8.4 FÖRSLAG TILL VIDARE STUDIER	27
9. OBJEKTDATA OCH ANALYSER	28
10. LITTERATURSTUDIER	35



1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Efter att vi släppt slutrapporten SBUF 14005 "Hållbara och energieffektiva installationer" blev vi i maj 2022 inbjudna till ett möte för kunskapsutbyte med forskningsinstitutet RISE.

Vi fick bland annat ta del av en ny forskningsrapport "Korrosion in hydraulischen Systemen, Förderkennzeichen 03ET1270B" finansierad av Tysklands Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. I denna hade 64 objekt av blandad ålder undersökts. Av dessa uppgavs 76 % vara behäftade med korrosionsproblem. Samtliga 64 befanns likaså vara smittade av aktiva bakterier.

Det kan således inte uteslutas att vi även i Sverige har underskattat denna risk. Det är notabelt att den tyska studien konstaterade faktum och även utfört DNA-analyser för att fastställa vilka typer av bakterier som förekom - totalt över 600 arter påträffades. Vissa av dessa utgör en större risk än andra men kulturerna är inte statiska, utan förändras över tid.

Studien rekommenderade dock inga förslag till lösningar utan begränsade sig till att rekommendera kontinuerlig övervakning av vattenkvaliteten.

I vår studie SBUF 14005 identifierade vi fem huvudsakliga riskfaktorer, utan inbördes viktning:

- Hög syrehalt – förorsakas av bristande tryckhållning och öppna expansionskärl
- Låga pH-värden (surt vatten)
- Stor förekomst av föroreningar från produktionen, såsom metall- och plastspånor
- Höga halter näringsämnen – ifrån påfyllningsvatten, rester av glykol, insekter eller smådjur, vilka kan gynna mikrobiell tillväxt
- Låga framledningstemperaturer

Vi var redan då medvetna om låga pH-värden ofta förorsakas av mikrobiell smitta som bryter ned näringsämnen till organiska syror. Vi kunde av kostnadsskäl och på grund av den omständliga processen för hantering av prover för mikrobiell analys inte utföra sådana på samtliga undersökta objekt, utan fick begränsa oss till de där en första pH-mätning tydde på att mikrobiell smitta kunde förekomma.

Vad vi upptäckte när vi fick analysresultaten för den utförliga analysen var att många system fylldes på med så stora mängder vatten att de eventuellt förekommande pH-sänkande komponenterna späddes ut i så hög grad att vattnet vid en första bedömning inte befanns vara alltför surt (under pH 8). De stora oförklarliga påfyllningarna kan alltså varit föranledda av ett antal mindre läckor förorsakade av mikrobiellt inducerad korrosion.

Vad vi dock också konstaterade var att fyra system som hade öppna expansionskärl och även viss förekomst av föroreningar ändå var problemfria. Dessa hade det gemensamt att de samtliga hade en framledningstemperatur över 60 grader vid DVUT.

Historiskt har driftsättning av värmesystem skett genom att skapa en "helkonserv" genom att systemet fyllts upp med så hett vatten att lösta gaser avgått och systemet steriliserats. Vårt konstaterande var därför något av en överraskning. En framledningstemperatur om 60 grader kan inte rimligen avdöda alla bakterier, och allra minst i hela systemet, eftersom returtemperaturen naturligtvis ligger väsentligt lägre.

En möjlighet är att de bakterier som utgör störst risk inte klarar särskilt höga temperaturer. Det var därför önskvärt att i ett större antal objekt försöka utröna om denna form av värmebehandling kunde vara gynnsam för att minska riskerna för mikrobiell tillväxt samt vilka temperaturer som krävs för att sanera ett smittat system.

Vi konstaterade också att i princip alla bygghandlingar och rambeskrivningar saknade anvisningar för hur vätskeburna system skulle rensas och drifställas. Av 204 redovisade handlingar förekom emellanåt formuleringar som "systemet rensas noggrant" eller "erforderlig rensning", men det tolkas av entreprenörer i bästa fall som att systemet bör tappas ur på en mindre del av totalvolymen.

En entreprenör som utförde en installation där materialtillverkaren utförligt angett hur en rensning bör utföras svarade på frågan om hur den utförts att "så mycket kan jag säga, att sådant gör vi aldrig". Erfarenhetsmässigt förekommer det dock, men resultatet skiftar mycket.

Inte heller när det gäller vätske kvaliteten anges närmare specifikationer. I tre fall där fryspunktsnedsättande additiv skulle tillsättas angavs att den föreskrivna glykolen skulle innehålla korrosionsinhibitorer, i ett fall angavs ett fabrikat på en formulerad glykol, och en beställare ställde som krav att vattnet i värmesystem skulle analyseras före injustering. I sistnämnda fallet angavs dock inte vilka åtgärder som skulle vidtas vid avvikelser, varför analysen snarast var att betrakta som en symbolhandling.

1.2 Syfte

Syftet med projektet har varit att kartlägga hur driftsättning och underhåll av vätskeburna system utförs samt identifiera de felkällor som kan leda fram till förtida korrosion med tillhörande negativa effekter på energianvändning, inomhusmiljö samt underhållskostnader samt att undersöka de möjligheter som finns för att eliminera dessa.

I denna uppföljning har vi lagt fokus på att försöka utröna förekomsten av mikrobiell smitta i systemen och vilka åtgärder som kan vidtas för att minimera riskerna.

Först efter att en stabil vätske kvalitet konstaterats bör en injustering utföras, eftersom den då har goda förutsättningar att uppnå korrekta och stadigvarande resultat. En korrekt injusterad anläggning är viktig för att vi skall kunna minimera energianvändningen i fastigheterna, förbättra verkningsgraden i kraftvärmen och i arbetet med att nå de uppsatta miljömålen för Sverige.

Målgrupper

- Konsulter
- Installatörsföretag
- Injusteringsföretag
- Byggherrar/Fastighetsägare/Bostadsrättsföreningar
- Ishallar
- Industrier
- Installationsrelaterade utbildningar inom gymnasieskola, branschens
- kompetensutvecklingsorganisationer, yrkeshögskola mm

2. METODIK – VÄTSKEANALYS

2.1 Undersökningsobjekt

Vi valde att i detta projekt försöka jämföra situationen i ett större antal objekt med större geografisk spridning och även flera objekt på samma ort.

I syfte att hitta dessa lade vi ut ett stort antal intresseväckare på sociala medier och via pressreleaser. Tack vare den stora uppmärksamhet projekt SBUF 14005 rönt fick vi in ett stort antal intresseanmälningar. Vi försökte få så stor geografisk spridning som möjligt och samtidigt kunna få flera jämförelseobjekt på varje ort. Tråkigt nog lyckade vi inte få någon deltagare norr om Dalälven. En fastighetsägare vi kontaktade svarade "sådana där problem har vi inte häruppe".

Vi fick in 133 intresseanmälningar, varav vi valde ut 52. 75 som låg i Stockholms län fick i stället göra regelbundna mätningar av pH-värde enligt de rekommendationer vi utfärdade i slutrapporten för projekt 14005 och vi valde av dessa ut fem objekt som misstänktes problematiska för analys. Vi ville även följa upp några av de anläggningar som i förra projektet påvisats vara drabbade av mikrobiellt inducerad korrosion, och vi fick med tre av dem.

2.2 Tillvägagångssätt

Vi önskade för kontinuitetens skull förnya vårt ramavtal med samma ackrediterade laboratorium som vi använt oss av i projekt 14005. Vi utförde analyser enligt de relevanta nyckelparametrar projektgruppens Vattenkemiutskott beslutat i projekt 14005 med tillägg odlingsbara mikroorganismer, långsamväxande bakterier, sulfitreducerande anaerobier samt presumtiva Clostridium perfringens. De två sista var på förslag från laboratoriet, eftersom vi ville veta i vilken utsträckning anaeroba bakterier kunde förekomma. Vi vet från tidigare fall att sulfatreducerande bakterier kan förekomma, men någon sådan analys kunde inte laboratoriet erbjuda. Det hade varit önskvärt att kunna göra en bred analys vilken skulle kunna artbestämma eventuella mikrober, men det lägsta anbud vi fick in för sådan analys var 8 000 SEK per prov. Vi har därför i denna undersökning begränsat oss till huruvida de förekommer i detekterbara nivåer, oavsett art.

För provtagarna använde vi oss av samma besiktningsprotokoll som i projekt 14005 där systemegenskaper såsom tryck, stighöjd, systemvolym med mera skulle anges. Dessutom inbegrep den en handledning i hur provtagning skall utföras. Denna handledning fanns sedan tidigare att tillgå i två videoversioner, dels för bildskärm, dels för telefon, på youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=2JDoQNZ4ciA>

Vi tog fram i samarbete med analyslabbet fram ett provtagningspaket omfattande erforderliga provflaskor, anvisningar för provtagning enligt tidigare beskrivning, emballage inkluderat frysklampor och kylboxar som sändes ut till de organisationer som godkänts för deltagande. Det besiktningsprotokoll som skulle fyllas i med data för anläggningen, färdigifylld följesedel till analyslaboratoriet samt anvisningar för inlämning på något av 130 inlämningsställen i hela landet alternativt insändande per post. mailades till de uppgivna kontaktpersonerna.

I likhet med vad som skedde i projekt SBUF 14005 uppgav ett flertal drifttekniker att de hade svårt att få fram de i besiktningsprotokollet efterfrågade uppgifterna. En uppgav i ett telefonsamtal att: "BTA, energiprestanda och en massa andra saker – det kommer ju att kräva ett j..a detektivarbete att få fram". Likaså förstod många inte vad DVUT betydde eller hur de skulle avläsa denna. Vi har fått hålla ett antal videomöten med inblandade organisationer för att försöka bibringa driftteknikerna vad ett antal begrepp innebar och varför de var väsentliga för att bedöma anläggningens funktion.

2.3 Utvärdering av analyser och besiktningsprotokoll

Analyserna och uppgifterna från besiktningsprotokollen jämte uppgifter om utförda åtgärder som vi fick från insända mail, intervjuer samt noteringar från videomöten med driftorganisationer har sammanställts för att finna gemensamma nämnare för system som uppvisar problem. Dessvärre fick vi inte alltid in samtliga efterfrågade uppgifter. Eftersom detta uppföljande projekt dock i första hand ville utröna hur vanlig förekomst av potentiellt skadliga mikrober är lät vi de objekt där vissa uppgifter saknades alternativt bara prover för analys inkommit delta i utvärderingen.

3. VATTENKVALITETENS BETYDELSE

3.1 Systempåverkan

Det vatten som cirkulerar i systemen har en avgörande betydelse för deras funktion och livslängd. Korrosion och beläggningar kommer att göra att ledningars flödesarea minskar vilket i kombination med den ökade friktionen på grund av deras ökade råhetstal leder till att strömningen ofta blir turbulent, vilket allt sammantaget leder till väsentligt högre tryckfall än vad som räknats fram i projekteringen.

I många fall kommer även relativt nya system att tidigt få stora problem på grund av att den framräknade injusteringen därför inte kommer att stämma, och delar av systemet kommer att få för låga temperaturer. Detta tvingas driftpersonalen kompensera för genom att höja framledningstemperaturen, vilket i gengäld leder till övertemperaturer i andra delar av huset.

Beläggningar i värmeväxlare kommer att leda till sämre värmeöverföring mellan primär- och sekundärsidorna, vilket medför att högre flöden behövs på primärsidan och avkylningen av fjärrvärmevattnet blir sämre. Den absoluta majoriteten fjärrvärmebolag tillämpar någon form av flödestaxa eller tar ut en straffavgift för alltför höga returtemperaturer. Det ökade tryckfallet i värmeväxlarna kommer också att påverka injusteringen samt öka kostnaderna för pumpdriften.

Korrosionsprodukter som cirkulerar i systemen kommer att erodera hål på rörböjar och slita på pumphjul och pumpars packboxar. De riskerar också att blockera injusteringsventiler.

Magnetitpartiklar som fastnar på kopparytor kan på kort tid korrodera sig igenom kopparen, eftersom magnetit i den elektrokemiska spänningsserien är ädlare än koppar.

Små partiklar tränger in i axeltätningar i pumpar och nöter på axlar och packboxar och förkortar deras livslängd. Där flödes hastigheterna är låga, såsom i radiatorer, kan de bilda sediment i botten och förminska radiatorernas effektiva volym.

Lösta gaser kommer att påverka vattnets värmebärande egenskaper negativt. De kan också förorsaka kavitation i pumpar vilket eroderar pumphjul och orsakar störljud.

3.2 Krav på vattenkvalitet

Det förekommer olika riktlinjer i olika länder, mycket beroende på att det vatten som normalt används för påfyllning har olika karaktär beroende på nationell lagstiftning för beredning av dricksvatten, egenskaperna hos det råvatten som detta bereds av samt hur systemen är konstruerade och de framledningstemperaturer som används. Detta har vi redogjort för i slutrapport SBUF 14005.

3.3 Krav på vätskekvalitet i Sverige

I Sverige regleras normalt sällan vätskekvalitet för installationer för kylning, värmning eller värmeåtervinning närmare. Det finns dock vissa riktlinjer som skulle kunna tillämpas.

3.4 Sverige/Eu: SiS

En standard som antogs i Sverige 2014. Den omfattar mycket mer än krav på vattenkvalitet.

Swedish Standards Institute

SS-EN 12828:2012+A1:2014

4.3.2.1

Vattenkrav

Sammansättningen av vattnet som används i värmesystemet ska vara sådan att systemets komponenters funktion vidmakthålls för att garantera en säker och ekonomisk drift.

Parametrar att överväga kan inkludera:

- Vattnets kemiska egenskaper, t.ex. pH, O₂, klor och derivat, innehåll av alkaliska jord- och vätekarbonatjoner och -karbonater
- Den elektriska ledningsförmågan.

Vid behov ska tillsatser för vattenberedning, vattenbehandling och/eller fryspunktsnedsättande medel användas i enlighet med tillämpliga tillverkarens krav.

Mer information finns i VDI 2035.

NOTERA

Följande faktorer påverkar kvaliteten på vattnet i värmekretsen:

- försämring av värmeöverföringen på transmissionsytorna på grund av förkalkning;
- försämring av komponenternas funktion på grund av sedimentering av korrosionsprodukter eller komponentfel p.g.a. korrosion;
- syreförsel på grund av bristfällig trycksättning eller diffusion/genomträngning vid membran, plaströr, tätningar etc.

Kommentar: Kraven på vattenkvalitet behandlas tämligen summariskt, och trots att detta är en Europa-standard så hänvisas alltså till VDI2035

3.5 Svensk fjärrvärme:

Underhållshandboken 2015

10.8 Vattenkemi

Ändamålsenlig vattenbehandling i ett vattenförande system förebygger korrosion och slitage samt är en förutsättning för att nå en lång systemlivslängd.

Olika metoder väljs beroende på förutsättningar i form av råvatten, tryck, temperatur och ut-/in-läckage samt förekomst av material och materialkombinationer i systemen.

Cirkulationsvattnet ska normalt vara klart samt fritt från slam och lösa partiklar.

Vattenkvaliteten i fjärrvärmesystemen varierar från oavgasat råvatten till avgasat, totalavsaltat vatten. Även om en kvalitetssäkrad vattenbehandling nås kan den när som helst utsättas för yttre störningar i form av inläckande råvatten och luft, vilket har stor betydelse för korrosionsförloppet.

10.8.1 Olika vattenbehandlingsprocesser

Råvatten innehåller, trots att det håller normal dricksvattenkvalitet, ämnen som är skadliga för värmesystem.

Vattnet måste alltid behandlas – i olika omfattning beroende på förutsättningar och processer.

10.8.4 Vattenkemi och kemikalier

Kemikalier behöver i huvudsak tillsättas för att:

- justera pH-halten
- reducera löst syre som inte avlägsnats under eller i avsaknad av termisk avgasning
- bekämpa och förebygga bildande av beläggningar av exempelvis resthårdhet
- uppnå buffertverkan.

Dosera i en takt som medger mätning av resultatet och undvik överdosering i en punkt i huvudflödet för att uppnå bra fördelning med bästa förutsättningar för kemikaliers nyttoverkan.

Ha som tumregel att tillsätta så få och så lite kemikalier som möjligt. Använd så enkla produkter som möjligt. Utred före ett eventuellt byte av kemikalier vilka följer bytet kan innebära.

Justera gärna spädvattnets pH-halt före spädmatningen för att skona ledningen vid påfyllnadsstället.

Se till att hålla pH-värde 9,8 +/- 0,2 (9,6–10,0)

Vid pH <9,5 raderas det skyddande magnetitskiktet på stålrensens insida.

Vid pH >10,0 lakas zink ut ur mässing och vid ännu högre värden bryts koppar ned.

Kontrollera ammoniakhalten då ammoniak angriper koppar även vid låga syrehalter.

Användning av ej diffusionstäta PEX-rör ökar risken för syrebindning.

Maximalt 90 °C gäller normalt för PEX-rör för att inte kraftigt förkorta dess livslängd. PEX-rör används normalt inte i de svenska fjärrvärmesystemen.

Natriumhydroxid (lut) utnyttjas ofta för att bryta ner vattnets hårdhet och höja pH-värdet.

Tannin (garvsyreämnen) förenar sig med järn i olösliga föreningar (passivering) och om vattnet samtidigt är alkaliskt (med högt pH) bryts en del av tanninerna ned och förbrukar då syre (som inhibitor).

Tabell 10.1. Provtagnings-specifikation och normala nivåer

Rekommendationer	Matarvatten		Cirkulationsvatten	
	Avhärdat	Avmineraliserat	Avhärdat	Avmineraliserat
Utseende	Klart	Klart	Klart	Klart
Lukt	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Partiklar mg/l	< 5	< 1	< 10	< 1
PH-värde	9,8 +/- 0,2	9,8 +/- 0,2	9,8 +/- 0,2	9,8 +/- 0,2
Konduktivitet μ S/cm	som råvattnet	< 10	< 1500	< 25
Hårdhet dH°	< 0,1	< 0,01	< 0,5	< 0,1
Syreinhåll mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Olje- och fettinhåll mg/l	Ingen	Ingen	< 1	< 1
Kloridinhåll Cl- mg/l	<300	< 0,1	<300	< 3
Sulfatinhåll SO ₄ mg/l	-	< 0,1	-	< 2
Totalt Järn Fe _{total} mg/l	< 0,05	< 0,005	< 0,1	< 0,05
Totalt Koppar Cu _{total} mg/l	< 0,05	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Bakteriell förekomst*	-	-	-	-

* Innebär som regel en avloppslukt ett sjunkande pH-värde och ökad kemikalieförbrukning!

Tabell för rekommenderade vattenvärden från Svensk Fjärrvärmes "Underhållshandboken 2015"

Kommentar: Dessa krav är mycket strängare än de som normalt förekommer i fastighetssektorn och kräver en tämligen omfattande behandling av vattnet.

En för detta projekt intressant faktor är att denna kravspecifikation ställer krav på att bakterier inte får förekomma. Några sådana krav har tidigare inte noterats i kravspecifikationer för slutna vätskeburna fastighetsinstallationer Sverige, men Installatörsföretagens Teknikhandbok VVS 2024 anger för första gången "organisk tillväxt, (bakterier, alger m.m.)" som en riskfaktor.

3.6 Korrosionsinhibitorer

Vatten som vattenbaserade köldbärare och värmebärare såväl som glykoler har korrosiva egenskaper. Däremot är det möjligt att minimera korrosionsriskerna genom att tillsätta lämpliga additiv i form av korrosionsinhibitorer. En korrosionsinhibitor är ett ämne som minskar korrosionshastigheten när det tillsätts till den korrosiva miljön i en lämplig koncentration, utan att väsentligen förändra den kemiska sammansättningen av vätskan. En korrosionsinhibitor är som regel effektiv när den finns i små koncentrationer.

En inhibitors verkan är vanligtvis att producera en skyddande film på metallytan. Detta kan ta formen av ett mycket tunt (monomolekylärt) lager av adsorberad inhibitor. I praktiken borde köldbärare vara komplexa blandningar som innehåller pH-justerande medel, antioxidanter, antiskummedel, stabilisatorer, färgämnen m.m.

Korrosionsinhibitorerna utgör normalt sett bara en liten del ($<<1,5\%$) av köldbärarvätskan och behöver inte deklarerats om ämnet inte är märkningspliktigt, farligt eller cancerframkallande ämne enligt kemikalielagstiftningen. Eftersom flera typer av korrosionsinhibitorer är hemliga borde man alltid hänvisa till fabrikanter/kommersiella produkten vid varje kvalitetskontroll.

Därför är det väldigt viktigt att köldbärarlösningen i anläggningen dokumenteras och anges på en skylt tillsammans med koncentration i vikt-% eller vol-% och att en behållare med ett referensprov av den ursprungligen påfyllda vätskan sparas (Melinder, 2009).

Tillverkare av glykoler rekommenderar att en formulerad köldbärarglykol inte späds för mycket eftersom vid lägre koncentration tappar glykolen sina tillväxthämmande egenskaper och underhåller då istället organisk tillväxt. Dessutom försämrar korrosionsskyddet betydelsefullt eftersom alla korrosionsinhibitorer utspäds i för stor grad. I fall det finns ett behov för lägre glykol-koncentrationer rekommenderas det att rådfråga en tillverkare. Det är säkrast att använda färdiga blandningar av glykol och vatten som är baserade på avjoniserat vatten. Många tillverkare anger att man kan använda kommunalt tappvatten som spädvatten i en glykollösning ifall kommunens vatten inte är alltför hårt (exempelvis om värdet inte överstiger 8 dH° (tyska hårdhetsgrader)). Även i sådana fall är det av oerhört stor vikt att inte späda till lägre koncentration än den rekommenderade. Dessutom är det viktigt att påpeka att ett avmineraliserat vatten är betydligt dyrare och mer korrosivt eftersom det saknar buffertkapacitet, vilket kan orsaka plötsliga pH-fall som leder till korrosion (Melinder, 2009).

Koncentrationen av korrosionsinhibitorer bör kontrolleras regelbundet och förluster bör fyllas på antingen genom att tillsätta lämplig mängd inhibitor eller genom att fullständigt byta ut hela vätskan (om det rekommenderas av tillverkaren). Om möjligt bör några former av kontinuerlig övervakning användas, speciellt efter de första 6-8 veckorna (max perioden för formning av skyddande sikt på metallytor) efter påfyllning eller byte av köldbärare (Ignatowicz, 2008).

Varför får man inte använda motorglykoler?

De nuvarande glykolbaserade produkterna för kylsystem för motorer innehåller silikater. Silikater såsom natriumsilikat har i många år använts för att skydda stål, galvaniserat stål, koppar, mässing, koppar-nickellegeringar och aluminium. Silikater är långsamt verkande korrosionsinhibitorer, därför krävs det i vissa fall 2-3 veckor för att etablera fullt skydd. Silikater har begränsad löslighet i vatten och kan fällas ut i hårt vatten (Davies, 1988).

Natriumsilikatlösning består av monomera och polymera ämnen. När en lösning av lösligt silikat neutraliseras till pH under cirka 10,7 sönderdelas silikatjonerna till kiseltsyra som senare polymeriserar till kiseldioxid. Som ett resultat kan den fälla ut och bilda värmeisolerande kladdiga filmer på t.ex. värmväxlare. Dessa är svåra att rensa bort utan att använda starka och farliga kemikalier såsom butanediol.

Med tiden kan dessa filmer förorsaka en mikrobiell korrosion. Silikater är endast stabila vid högt alkaliskt pH och inte kompatibla för kylsystem vars pH är runt 7,5–8,5 (Thompson, 1997; Davies, 1988, Ignatowicz 2008).

Korrosion i systemet

De övriga faktorerna som orsakar korrosion i systemet är: elektrisk ledningsförmåga (konduktivitet), temperatur, pH samt partiklar som är korrosionsbenägna i systemet. Eftersom syre ofta är en förutsättning för korrosionsprocessen orsakar dåligt avluftade system snabbare korrosionspåverkan.

Dessutom ökar syrets löslighet vid sjunkande temperatur, vilket har betydelse i system med syretillträde som visas nedan i tab. X (Tromans, 1998).

Temperatur (°C)	Syrelöslighet (mg/L), vid tryck 1 bar
0	14.6
5	12.8
10	11.3
15	10.2
20	9.2
25	8.6
100	0

Minskning av syrekoncentrationen leder vanligtvis till en minskning av korrosionshastigheten, men förhindrar samtidigt bildandet av ett skyddande skikt på ytan av vissa metaller (Aittomäki, 2003). Vissa normalt aktiva metaller och legeringar förlorar under speciella miljöförhållanden sin kemiska reaktivitet och blir extremt inerta. Detta fenomen, kallat "passivitet", och uppvisas av krom, järn, nickel, aluminium, titan och deras legeringar. Detta passiva beteende är ett resultat av bildandet av en mycket vidhäftande och mycket tunn oxidfilm på metallytan, som fungerar som en skyddande barriär mot ytterligare korrosion. Rostfria stål är mycket motståndskraftiga mot korrosion till följd av passivering (innehåller minst 11 % krom). När detta skyddsskikt är skadat, ombildas det normalt mycket snabbt. Emellertid kan en förändring i miljöns karaktär (t.ex. förändring i koncentrationen av de aktiva frätande ämnena som syre) orsaka att det passiverade materialet återgår till ett aktivt tillstånd.

Avluftning syftar främst till att avlägsna syre, som löses i vattnet för att minska korrosiviteten. Man kan särskilja: termisk avluftning varigenom köldbärare värms upp på grund av att syrets löslighet minskar med ökad temperatur (20–30 °C), kemisk avluftning där det i vatten lösta syret avlägsnas genom reaktion med "syrerensare" t.ex. natriumsulfit eller hydrazin; eller en fysisk metod genom att skapa lågt tryck där syrelösligheten minskar. (Ignatowicz, 2008).

Anmärkning: Hydrazin har huvudsakligen fasats ut av arbetsmiljöskäl men används fortfarande i, framför allt, vissa fjärrkyle- och fjärrvärmenät.

4. FÖRÄNDRINGAR AV DRICKSVATTNET

4.1 Nytt dricksvattendirektiv

230101 trädde EU:s nya dricksvattendirektiv (EU) 2020/2184, som ersätter det tidigare direktivet, 98/83/EG i kraft i Sverige.

Svenskt Vatten, branschorganisation för landets viktigaste livsmedelsproducenter och miljövårdsföretag – VA-organisationerna, beskriver på sin hemsida de främsta förändringarna. <https://www.svenskvatten.se/politik-paverkan/europeiskt-paverkansarbete/dricksvattendirektivet/>

"Dricksvattendirektivet

Detta anger de särskilda krav som ska vara uppfyllda för vatten som är avsett att användas som dricksvatten. De nya dricksvattenföreskrifterna som börjar gälla den 1 januari är nu publicerade på Livsmedelsverkets webbplats. Vägledning kommer att fyllas på allt eftersom de blir klara. En del saker börjar gälla direkt vid årsskiftet medan andra kommer under kommande år. Till exempel gäller nya gränsvärden för PFAS, arsenik och bly först från år 2026. Det nya direktivet är ett så kallat minimidirektiv, vilket innebär att medlemsstater kan besluta om egna skarpare eller mer långtgående krav. De svenska dricksvattenföreskrifterna finns i sin helhet på [Livsmedelsverkets webbsida](#).

Medlemsstaterna kommer att bli skyldiga att rapportera utläckage av dricksvatten till EU-kommissionen. Om det anses för hög kan de bli tvungna att ta fram en åtgärdsplan (art. 4).

Kraven på riskbedömning och riskhantering utvidgas och blir obligatoriska. Det kommer att beröra både tillrinningsområden, vattentäkter, vattenverk och hela distributionskedjan ända in i fastigheterna (art. 8, 9, 10).

Det nya direktivet föreskriver gemensamma minimikrav på material som kommer i kontakt med dricksvatten såväl som metoder för testning och godkännande (art. 11).

Antalet ämnen som ska övervakas utökas och vilka metoder som ska användas och vägledande värden beskrivs (art. 13). Här kan särskilt nämnas PFAS, hormonstörande ämnen som östrogen och bisfenol och selen. Valet av nya ämnen utgår från WHO:s rekommendationer.

Efter ett s.k. medborgarinitiativ finns ett avsnitt med som behandlar människors tillgång till dricksvatten, särskilt utsatta och marginaliserade grupper (art. 16). För Sveriges del är det en mindre utmaning än för andra medlemsstater.

Direktivet kräver också en lättillgänglig men långtgående och omfattande information till allmänheten (art. 17) likväl som en kontinuerlig rapportering till olika EU-institutioner (art.18). Exempelvis ska allmänheten få kännedom om pris, kvalitetsparametrar, sätt att bereda dricksvatten och utläckage.

Ansvarig myndighet

Livsmedelsverket är ansvariga för det gamla direktivet. Förslag till nya ansvariga myndigheter utreds."

4.2 Forskning kring biofilmers egenskaper

Ett team från Lunds Universitet släppte 2015 en rapport "Bacterial community analysis of drinking water biofilms in southern Sweden" som visade hur vissa sammansättningar av biofilmen i stadsvattennäten förbättrade vattnets kvalitet som dricksvatten betraktat.

Branschorganisationen Svenskt Vatten har översatt materialet i en sammanfattning och släppt detta i rapport Rapport Nr 2017-02. Nedan presenterar vi deras korta sammanfattning:

"Kort sammanfattning

I ett välfungerande samhälle måste det ständigt produceras och levereras dricksvatten som är säkert bland annat med tanke på mikroorganismer. Ett glas dricksvatten innehåller miljontals bakterier som är harmlösa och kommer från råvattnet. En del av bakterierna kan bilda en biofilm genom att växa på vattenledningsrörens ytor. Biofilmen innehåller mer än 95 procent av totala antalet bakterier i ledningsnätet. Biofilmer i både vattenverk och ledningsnät innehåller levande bakterier av många olika slag, de flesta okända och omöjliga att analysera med vanliga odlingsmetoder. Bakterierna i biofilmen är viktiga eftersom de tar bort skadliga ämnen ur dricksvattnet, till exempel biprodukter efter desinfektion, bekämpningsmedel och läkemedel.

Projektet har genomförts av Katharina Lührig som en del av hennes forskarutbildning vid Lunds universitet. Med hjälp av DNA-teknik har hon för första gången visat hur komplex bakteriesammansättningen är i ledningsnätets biofilmer. Artrikedomen är stor och påverkar direkt vattnets kvalitet. Tusentals bakterier har identifierats, och minst 99 procent är sådana som inte går att odla på traditionellt sätt. Ett mål är att kunna använda vissa bakterier som markörer för att kvalitetssäkra dricksvattnet. Projektet öppnar nya möjligheter att studera bakteriernas inflytande på vattnets kvalitet, och även möjligheten att göra en snabb och effektiv DNA-analys som komplement till de traditionella odlingsanalyserna. Projektet har också visat att man kan analysera råvatten och dricksvatten utan att rena det via omständlig förbehandling. Arbetet med att införa DNA-analys av bakteriesammansättningen har påbörjats vid några större vattenverk.

Ett hundratals biofilmsprover från ledningsrör och vattenmätare i Skåne undersöktes. Resultaten visar att Malmö med vatten från Vombverket och Landskrona med vatten från Ringsjöverket har två vitt skilda biofilmer med olika artsammansättning. Lund får sammanblandat dricksvatten från både Ringsjöverket och Vombverket. Där hade man väntat sig att få en blandning av de två biofilmspopulationerna, men i stället visade sig biofilmens sammansättning motsvara antingen Malmös eller Landskronas. Resultaten antyder att varje distributionssystem innehåller en specifik biofilm med unik artsammansättning.

Förändringar i råvattenkvalitet och i vattenverkens beredning påverkar direkt biofilmens artsammansättning och kan under ogynnsamma förhållanden leda till ökad omsättning av bakterier i vattenfasen. Studien visar att biofilm som genereras från ytvatten och grundvatten har helt olika bakteriepopulationer. Projektet har också undersökt om det finns ett samband mellan missfärgat dricksvatten och biofilmens sammansättning. Fallet som undersöktes var missfärgat brunt kranvatten i vissa områden i Landskrona i samband med reparation av Bolmentunneln då reservvattentäkten Ringsjön användes i stället för Bolmen. Utifrån studien går det inte att dra några slutsatser om biofilmens bidrag till missfärgningen."

4.3 Nya metoder för beredning av dricksvatten

De nya föreskrifterna har medfört att ett antal vattenverk sett över och infört nya metoder för beredning av dricksvatten. Eftersom det från vattenverkens huvudmän ofta finns önskemål om att begränsa användningen av kemikalier har många i samband med de förändringar som direktivet kräver valt att använda sig av olika biologiska vattenbehandlingsmetoder.

Efter ett försök som beskrivs på Lunds Universitets hemsida har ett stort antal vattenverk börjat tillämpa sådana. ["Städbakterier" ger hopp om klorfritt kranvatten | Lunds universitet](#)

Utfasning av biocider innebär även ekonomiska fördelar. En sökning på nätet med sökorden goda bakterier och dricksvatten ger ett stort antal träffar likt denna.

Dock vet vi inte hur många vattenverk som har gått över till dessa metoder. Vi har som ett led i denna studie varit i kontakt med flera vattenverk, men antalet är mycket stort och i vissa fall är de inte villiga att redogöra för metoderna i detalj.

Därtill kan det skilja mellan olika huvudmäns vattenverk. Ett bolag svarade på vår förfrågan på detta sätt:

"Om vi ska producera över 10 sidor material (rapportkopior i detta fall) så mailas inte dessa utan du får en kopia via post. Vi tar då ut en fast avgift och en kostnad per sida, samt porto. Vi har fler än 15 vattenverk, och beroende på vilken data du söker så producerar vi mellan 1500–2000 rapporter varje år."



LUNDS UNIVERSITET

Sök på Lunds universitets webbplatser

Sök

Start Studera Forskning Samverkan & Innovation

Start » Nyheter » "Städbakterier" ger hopp om klorfritt kranvatten

"Städbakterier" ger hopp om klorfritt kranvatten

Av Kristina Lindgärde - publicerad 8 juni 2023



Ofarliga rovbakterier tog över när klorlet togs bort. Foto på dricksvattenrör: Kristjan Pullerits

I en unik studie i dricksvattenledningar i Halland testade forskare och det lokala vattenbolaget att skippa klor i dricksvattnet. Resultatet? En bakterietillväxt så klart, men efter ett tag kom överraskningen: En ofarlig rovbakterie växte till sig och åt upp flertalet bakterier. Studien tyder på att klor inte alltid behövs om filtreringen är bra samt att rovbakterier på sikt kanske kan användas för att rena vattnet.



Catherine Paul

Catherine Paul i forskardatabasen

Utfasning av klor i dricksvatten

Publicerad **21 juni 2023**

Biologiskt stabilt dricksvatten

2020 slutade Vivab använda kloramin som tidigare användes för att förhindra bakteriell tillväxt i vattenledningarna. Tester visar att vi har hög kvalitet på vårt dricksvatten och att det är biologiskt stabilt.

Förekomst av bakterier i dricksvattnet är helt naturligt. När vi pratar om biologiskt stabilt vatten menar vi hur det så kallade bakteriesamhället i vattnet beter sig i vattenledningarna och att vattnet inte har en oönskad bakteriell tillväxt. Ordagrant betyder biologiskt stabilt vatten att det inte finns någon bakteriell tillväxt i vattnet i ledningsnätet i väsentlig omfattning.

/ VETENSKAP



En svensk studie har undersökt sandfiltrering i Skåne och visat att fler bakterier betyder renare vatten. Foto: Sandy Chan

Grus med bakterier renar svenskt dricksvatten

UPPDATERAD 16 MAJ 2018 PUBLICERAD 16 MAJ 2018

Det låter kanske lite smutsigt men om du vill framställa rent dricksvatten är grus fullt med bakterier det bästa alternativet – och ju mer gruset har använts desto bättre. Det visar ny forskning som undersökt hur svenskt vatten blir drickbart.

I orter med råvatten som innehåller för höga järnhalter experimenteras det med järnbakterier i filtermassorna. I en artikel "A recent development on iron-oxidising bacteria (IOB) applications in water and wastewater treatment" i tidningen Journal of Water Process Engineering beskrivs framgångsrika sådana försök.

Järnbakterier kan dock förorsaka svåra problem i slutna vätskeburna system, såsom beskrivits i slutrapporten för SBUF 14005.

Författarna till nämnda artikel beskriver situationen sålunda:

However, the presence of IOB in the piping system may cause microbially influenced corrosion (MIC) which rate accelerated under oxygen-depleted conditions due to the presence of anaerobic sulphate-reducing bacteria. Although different corrosion prevention technologies in the piping system exist, there is still a knowledge gap in solving the corrosion issues induced by the IOB.

4.4 Förekomst i system relativt stadsvatten

För att utröna huruvida bakterier förekom i stadsvatten i områden där mikrobiell tillväxt var vanlig i systemen gjorde vi i projektets slutskede en separat undersökning utanför projektets ordinarie metodologi. Vi fick möjlighet att ta prover på ett antal ny- och nyombyggda system (senaste fem åren). Dessa system är inte utvalda för att driftorganisationerna var medvetna om att läckor förekom annat än i tre fall, utan fastighetsägarna lät oss granska ett stort antal system för att bistå forskningsprojektet. Avståndet mellan de fån varandra mest avlägsna systemen var 400 meter.

Samtliga befanns ha bakterier i varierande grad. 13 av 16 system hade halter över de som vi i denna studie ansåg godtagbara. De flesta system visade på relativt låga halter lösta metaller, men hade ofta ändå problem med igensättningar och befanns vara drabbade av icke diagnosticerade läckor. Som vi konstaterat i vissa andra fall kan metallhalterna vara låga beroende på att systemen kontinuerligt fylls på med stora mängder stadsvatten. När så är fallet kommer även antalet mikroorganismer att spädas ut.

Näst sista raden är analys på inkommande stadsvatten.

Nedersta raden är vattenverkets uppgifter på utgående stadsvatten. Enligt det aktuella vattenverket utförs rening i ett mikrobiologiskt reningssteg och små mängder kloramin.

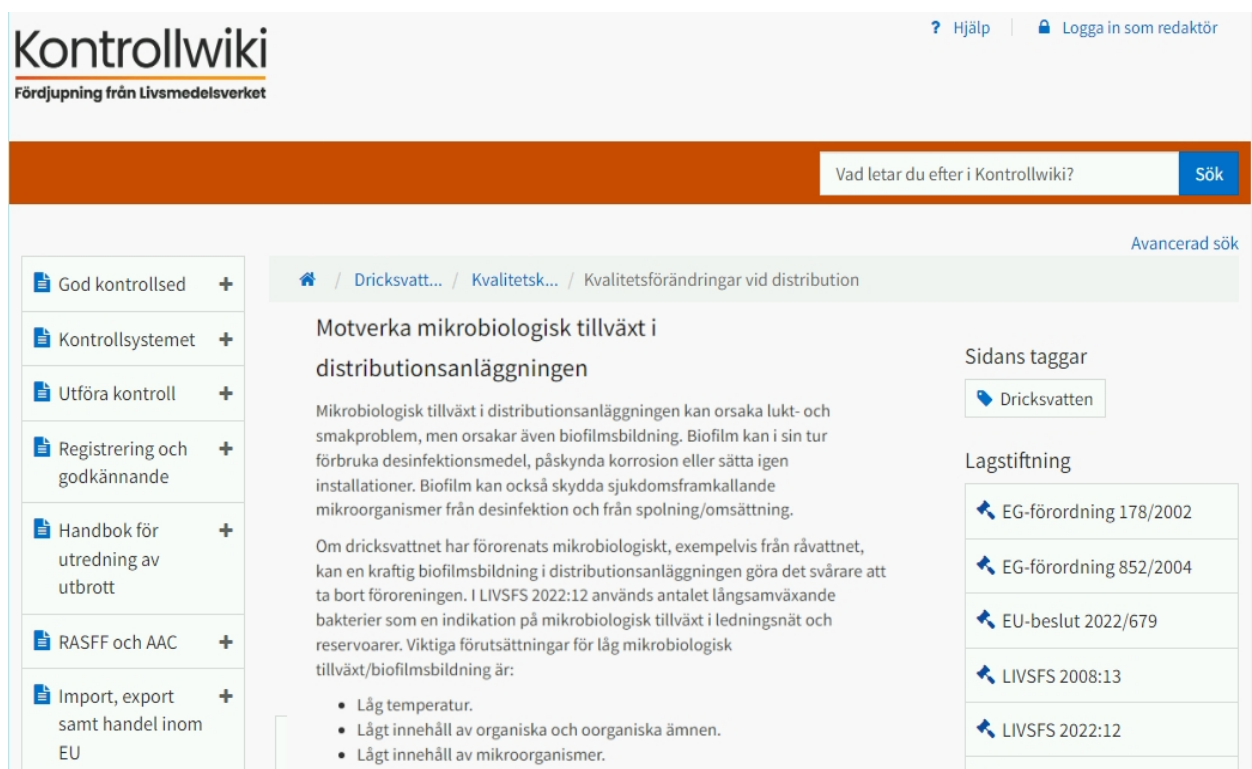
	Alk. mg HCO ₃ /l	Järn mg/l	Koppar mg/l	Kond. mS/m	Långs.väx bakterier - (cfu/ml)	Odl.bara mikroorg. (cfu/ml)	pH	Hårdhet (°dH)
KB1	38	0.18	0.22	19	700	120	8.1	2.9
KB2	66	0.054	0.094	26	1500	1200	7.8	4.7
KB3	94	0.050	0.15	21	280	33	8.3	3.9
KB4	24	0.48	0.26	14	4600	260	9.4	1.6
KB5	120	0.022	0.014	28	56	6	8.1	4.2
KB6	77	0.22	0.028	21	710	51	8.1	3.7
KB7	34	35	0.021	53	2100	100	5.7	13
KB8	42	6.2	0.064	7.7	270	2	7.0	0.82
VS1	31	0.069	0.019	11	740	27	9.6	0.66
VS2	37	0.029	0.013	12	28	2	9.4	0.95
VS3	41	0.16	0.051	13	850	350	8.5	1.6
VS4	29	0.059	0.042	11	2700	510	9.5	0.93
VS5	58	2.1	0.52	16	1800	83	8.7	2.6
VS6	33	0.18	0.063	11	93	< 1	9.3	0.95
VS7	47	0.088	0.031	14	120	66	9.0	1.7
VS8	69	0.11	0.043	20	1500	450	8.4	3.8
Stads- vatten	70	0.012	0.068	28	16	9	8.1	5.9
Stads- v utg.	55	< 0.01	0.002	24	1	1	8.4	4.5

Det kan konstateras att vattnet förändras på sin väg från vattenverket till fastigheten. Halten bakterier ökar, vilket är en trolig anledning till att vattnet även är något surare. Värdena på de analyserade parametrarna från de olika proverna varierar stort. Det kan antas att detta beror på inverkan från de mikrobiella kulturerna. Även om dessa ursprungligen kan ha förts in via stadsvattnet kan olika kulturer utvecklas beroende på olika levnadsbetingelser i de olika systemen, såsom även konstaterats i den tyska studie vi refererar till i inledningen. Även årstiden för påfyllningen samt den tid som stadsvattnet uppehåller sig i distributionsnätet torde ha stor inverkan.

5. RISKER MED MIKROBIELL FÖREKOMST

Riskerna med mikrobiell förekomst i ledningsnät är kända sedan lång tid. De kan förorsaka mikrobiellt inducerad korrosion, de kan leda till slambildning som sätter igen ledningar och värmeväxlare och de kan leda till oönskad gasbildning som stör flöden och ruckar justeringar,

Bakterier som används för att förbättra kvaliteten på dricksvatten kan ha oönskade effekter i slutna system för värmning, kylning och värmeåtervinning. I de fall fryspunktsnedsättande additiv används kan de leda till snabb nedbrytning av dessa. Dessa problem har på senare tid tilltagit, och i Livsmedelsverkets hemsida "Kontrollwiki" <https://kontrollwiki.livsmedelsverket.se/artikel/793/kvalitetsforandringar-vid-distribution#motverka-mikrobiologisk-tillv-auml-xt-i-distributionsanl-auml-ggningen> nämns dessa risker.



The screenshot shows the 'Kontrollwiki' website interface. At the top, there is a search bar with the text 'Vad letar du efter i Kontrollwiki?' and a 'Sök' button. Below the search bar, there is a navigation menu with several items: 'God kontrollsed', 'Kontrollsystemet', 'Utföra kontroll', 'Registrering och godkännande', 'Handbok för utredning av utbrott', 'RASFF och AAC', and 'Import, export samt handel inom EU'. The main content area displays an article titled 'Motverka mikrobiologisk tillväxt i distributionsanläggningen'. The article text discusses the risks of microbiological growth in distribution systems, mentioning biofilm formation and the use of disinfectants. It also lists several factors that can help prevent growth: low temperature, low levels of organic and inorganic substances, and low levels of microorganisms. On the right side of the article, there are sections for 'Sidans taggar' (tags) and 'Lagstiftning' (legislation). The tags include 'Dricksvatten'. The legislation section lists several EU regulations: 'EG-förordning 178/2002', 'EG-förordning 852/2004', 'EU-beslut 2022/679', 'LIVSFS 2008:13', and 'LIVSFS 2022:12'.

Vi har försökt utröna i vilken omfattning de "goda" bakterier som i allt större omfattning används för att förbättra kvaliteten på dricksvatten som livsmedel kan vara "onda" när de kommer in i slutna system för värmning, kylning och värmeåtervinning. Bortsett från fallet järnoxiderande bakterier saknas i stor utsträckning kunskaper i frågan.

Som framgår av utdraget ur Svenskt Vattens rapport under kapitel 4, Forskning kring biofilmers egenskaper, förefaller detta i stor utsträckning vara ett outforskat område "Artrikedomen är stor och påverkar direkt vattnets kvalitet. Tusentals bakterier har identifierats, och minst 99 procent är sådana som inte går att odla på traditionellt sätt."

Det finns teorier om att vissa bakterier kan minska risken för korrosion genom att de livnär sig på bakterier som förorsakar mikrobiellt inducerad korrosion. Det öppnar för möjligheten av att det i framtiden kan komma att finnas biologiska metoder för att minska risken för mikrobiellt inducerad korrosion, men vilka av alla tusentals identifierade bakterier som kan komma ifråga är föga utforskat, och i vilka fall en viss bakterie kan användas kommer naturligtvis att vara beroende av vilka mikrober de skall bekämpa. Och kvar står det faktum att även dessa bakterier kommer att bilda beläggningar och som regel även oönskade gaser.

6. WORKSHOPS OCH SLUTSEMINARIUM

6.1 Projektgruppen

Projektgruppen är sammansatt av kompetenser ifrån så gott som samtliga discipliner från bygg- installatörs- och fastighetsbranscherna likväl som akademien. I samband med ett av våra projektgruppsmöten har vi hållit en workshop där vi beslutat följande:

- Metodik
- Tolkning av analysdata
- Val av nyckelparametrar
- Tolkning av objekts- samt analysdata
- Slutrapportens struktur

6.2 Sociala medier

Vi har inbjudit till diskussioner i sociala medier. Främst har dessa förts i fora såsom

- LinkedIn grupp Byggbranschens diskussionsforum
- LinkedIn grupp Energi, miljö och fastigheter
- LinkedIn grupp Nätverket Fastighet
- Facebook grupp VVS-Ingenjörer

6.3 Slutseminarium

De viktigaste slutsatserna i denna studie presenterades av Rafael Ospino på ett seminarium under mässan NordBygg 2024. Efteråt hölls en diskussion varvid de flesta uttryckte sin förvåning över att vi hade ett nytt dricksvattendirektiv och vilka konsekvenser detta kan komma att få för installations- och fastighetsbranscherna.

7. VAL AV ANALYSPARAMETRAR I STUDIEN

I projekt SBUF 14005 fastställde vi ett antal nyckelparametrar, angivna nedan.

För system som avsetts skulle fyllas med enkom stadsvatten valde vi ut följande nyckelparametrar och börvärden såsom de främst avgörande för att indikera förekomst av pågående korrosion eller risk för korrosion, oavsett anledning.

Vi har i denna studie kompletterat denna med parametern bakterier:

Visuellt:	Klart
Lukt:	Ingen ovidkommande**
Partiklar:	Inga synliga***
Oljerester:	Inga synliga**
Alkalinitet:	>40 mg/l HCO ₃
Konduktivitet:	10-40 mS/m
pH-värde:	8,5-10
Koppar:	0,2 mg/l
Järn:	0,5 mg/l
Hårdhet:	<0,5 tyska hårdhetsgrader (dH)*
Bakterier	Inga

* Efter fyllning med stadsvatten kommer hårdheten att ligga runt den hårdhet påfyllningsvattnet hade. Förekommer värmebelastade ytor skall denna dock sjunka inom loppet av ett par år. Ligger den konstant på en fortsatt hög nivå kan det tyda på onormalt stort behov av påfyllning och bör undersökas.

Bakterier mättes vid misstanke om förekomst, annars användes s.k. dipslides.

** Bedöms på plats, exempelvis stickig, ruttna ägg

*** Bedöms optiskt

I bedömningen av vattenkvaliteten hos de undersökta objekten har vi betraktat dessa värden som godkända för cirkulerande vatten för de system som är byggda med ledningar av stål, koppar eller plast. Dessa kan dock vara annorlunda för andra material.

Mot bakgrund av de slutsatser vi drog från förra studien och Livsmedelsverkets rekommendationer såg vi det lämpligt att komplettera denna lista såsom Svensk Fjärrvärme anger i Underhållshandboken: Bakterier - ; alltså ingen förekomst.

Vi utförde i denna studie analyser enligt de relevanta nyckelparametrar projektgruppens Vattenkemiutskott beslutat i projekt 14005 med tilläggen odlingsbara mikroorganismer, långsamväxande bakterier, sulfitreducerande anaerober samt presumtiva Clostridium perfringens. De två sista var på förslag från laboratoriet, eftersom vi ville veta i vilken utsträckning anaeroba bakterier kunde förekomma.

Eftersom inga av de två sista förekom i annat än i lägsta detekterbara halt i ett enda fall har vi bedömt dessa parametrar som irrelevanta. Det detekterade fallet kan bero på mätfel, bristande hygien vid provtagningen eller felaktig hantering av provet.

8. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL VIDARE STUDIER

8.1 Slutsatser och diskussion

Sett från vattenverkens perspektiv är detta ett område med lovande framtidsmöjligheter. För installatörs- och fastighetsbranscherna innebär det dock en stor osäkerhet i hur dricksvattnet kan komma att påverka slutna system för värmning, kylning och värmeåtervinning. Vi vet av erfarenhet att vissa biologiska beredningsmetoder kan förorsaka problem med korrosion och beläggningar i dessa system.

De hittills förefintliga rekommendationerna för vattenkvalitet berör inte dessa risker. Vi har hittills förlitat oss på att de biocider som vattenverken som regel tillsätter i slutet av dricksvattnets beredningsprocess skall minimera riskerna. Nu står vi eventuellt inför en situation där dricksvattnet kan införa mikrober som förorsakar problem med korrosion och beläggningar.

En ytterligare faktor som ofta förbises i Sverige är att i så gott som alla andra länder så är närvärme dominerande, medan fjärrvärme dominerar i flerbostadshus här. Sverige har EU:s största fjärrvärmenät. Sveriges sammantagna fjärrvärmenät är ungefär dubbelt så stort som Tysklands. Därtill kommer det faktum att drygt 85 % av det tyska nätet är arvegods från det forna Östtyskland, eftersom de där använde kärnkraftverkens kylvatten som fjärrvärme. På andra plats avseende fjärrvärmenätens utbyggnad kommer Danmark.

En helt avgörande skillnad, dock, är att i såväl Tyskland som Danmark är som regel de fjärrvärmeanslutna husegna värmesystemen direktkopplade till fjärrvärmevattnet. Fjärrvärmevattnet är behandlat med korrosionsinhibitorer, avgasat och på erforderligt sätt optimerat för att vara icke-korrosivt. Detta gör att den svenska problematiken i dessa länder till stor del är en ickefråga, eftersom värmesystemen då fortfarande kan driftsättas enligt principen "helkonserv". Traditionellt är därtill exempelvis tyska uppvärmningssystem dimensionerade för 90/70°C (fram/retur) men även 100/70°C förekommer, vilket håller vattnet sterilt och avgasat.

I Sverige börjar nu fjärde generationens fjärrvärme ta form. Det innebär att vi i framtiden kommer att värma med framledningstemperaturer som inte avdödar bakterier eller medger effektiv avgasning.

Av de totalt 58 system vi utförde analyser på så förekom mikrober i 35. En intressant upptäckt var att i vissa orter förekom mikrober i samtliga system, i vissa orter inte i några. Eftersom stadsvattnet har varit den enda gemensamma nämnaren ligger det nära till hands att misstänka att det har en avgörande betydelse. En överraskande upptäckt var att i en ort så ökade antalet mikrober i vinterdriftfallet när framledningstemperaturen vid DVUT var 55 grader.

Merparten av de system där det förekom mikrober uppgavs vara relativt oproblematiska. Låga halter mikrober i vattenprovet innebär rimligtvis att biofilmerna inte är speciellt utbredda. Det uppskattas att 5% av mikroberna återfinns i vattenflödet, övriga 95% huserar i biofilmen. Beroende på var denna biofilm återfinns kan de också rimligen ställa till med större eller mindre skada. Vi valde att ange gränsen för var de kan börja bli ett problem till 100 cfu/ml. Detta värde är helt godtyckligt valt, men som jämförelse så är det 10 gånger den nivå när legionellasanering krävs enligt ECDC. Med det gränsvärdet var det 22 system som hade för höga nivåer. Men även vid dessa nivåer upplevdes många system som oproblematiska. Detta är troligen beroende av vilka arter som lever i systemet och hur länge de funnits där. Problemen kommer inte omedelbart. Vi har i arbetet med denna studie försökt utröna huruvida system där det någon gång under året påförs högre framledningstemperaturer kan minska risken för mikrobiellt inducerad korrosion. Det har visat sig att framledningstemperaturer runt 70 grader som regel eliminerar mikroberna i systemet. I de fall så inte sker så minskar ändå halterna avsevärt. Finns inga detekterbara nivåer över huvud taget torde risken för denna typ av korrosion vara obefintlig.

8.2 Förslag till förbättringsåtgärder

Vi har konstaterat att driftsättning och uppföljning av system sker tämligen slumpmässigt.

För anläggningsägaren innebär detta ett oönskat lotteri där systemets prestanda och livslängd står på spel. Det finns ett antal olika faktorer som samverkar till att så många system drabbas av bristande funktion och förtida haverier. Vi föreslår några åtgärder som förhoppningsvis kan hjälpa upp situationen.

Rekommendationerna i Installatörsföretagens Teknikhandbok VVS måste efterlevas

Entreprenörerna bör ha denna checklista som underlag för egenkontroll. Exempelvis hur system skall rensas sektionvis och med endast rumsenheter till ett våningsplan i taget öppna för spolning

För att minska risken för att mikrober från stadsvattnet etablerar sig i systemen kan systemen fyllas på med varmvatten

Köldbärarsystem är de system som är hårdast drabbade. En möjlig lösning är att avtala med fjärrkyleleverantören om de är villiga att sälja behandlat vatten

När systemet varit i funktion en tid bör alltid en vätskeanalys utföras. Detta bör ingå som ett led i besiktningen. Analysen bör även omfatta mikrobiell förekomst.

Driften måste börja dokumentera alla åtgärder som görs på systemen. Även här kan en checklista för rondering vara användbar. Vi samarbetar med SiS i arbetet för att utveckla en handbok för drifttekniker som kommer att publiceras under året.

Anläggningsägare bör erbjuda sina drifttekniker vidareutbildning i dessa frågor. Vi lever i en föränderlig värld och det finns ofta ett behov av att uppdatera kunskaperna. Vi observerade i detta projekt att det finns drifttekniker som kan behöva lära sig om varför vi idag behöver arbeta annorlunda och även bibringas systemkunskaper. Det finns fall där de vet vad detaljer i installationerna benämns men brister i förståelsen för hur viktiga de är ur systemhänseende.

8.3 Förslag till kontrollpunkter

Det är lämpligt att skapa ett schema där dessa kontrollpunkter läggs in för att genomföras med regelbundna intervall. Upptäcks avvikelser kan de bero på felaktig vätskekemi, korrosion samt beläggningar och anledningen till avvikelsen bör undersökas.

- För noggsam loggning över påfyllningar och andra åtgärder
- Kontrollera pH-värde, åtminstone med en pH-sticka, vår och höst
- Inga missljud hörs från pumpar, ventiler m m.
- Avgasare är i drift och ej larmar
- Förtrycket i expansionskärl kontrolleras samt kärlets funktion
- Systemtrycket är rätt, minst 1 bars övertryck högst upp på returen och kontrollera larmnivå (0,3-0,5 bar)
- Årlig vätskeanalys tas och stäms av emot handbokens nivåer/riktvärden
- Vid avvikelse vidtas åtgärder så att vattnet återfår värden enligt rekommendationerna.
- Systemtemperaturer och delta T kontrolleras
- Funktioner inklusive larmar provas av enligt driftkort
- Funktionskontroll, öppnar/stänger ventil, pump startar
- Säkerställ så styrventilen stänger och inte läcker lite genom stängd ventil
- Rengör silar och smutsfilter samt byt filterinsatser vid behov, kontrolleras via tryckmätare

8.4 Förslag till vidare studier

Vi angav i slutrapporten för projekt SBUF14005: "En utvidgad studie skulle behöva följa ett utvalt antal representativa anläggningar i några orter med vitt skilda egenskaper i vattentäkter och vattenverkens vattenbehandling över några års tid, med noggrann dokumentation över utförda åtgärder samt regelbundna analyser av vätskorna". Vi är tacksamma för att SBUF beviljat oss möjligheten att utföra denna uppföljning.

Vi kommer att behöva ställa större krav på dokumentationen inför framtida studier. I vissa fall uppgavs att systemet haft problem som åtgärdats, men ofta var det under en tidigare anställds tid och den aktuella personalen saknade kännedom om vad som gjorts.

Vi befinner oss i en utveckling som vi inte riktigt vet vart den kommer att leda. Vi vet att många vattenverk har börjat arbeta med nya metoder för beredning av dricksvatten, men inte hur stor andel. Eftersom det nya dricksvattendirektivet inte träder i kraft i full omfattning förrän 2026 kommer denna utveckling att fortgå under några år. Vi behöver bevaka denna utveckling.

Det kan finnas ett behov av att fastställa vilka mikrober som är mest skadliga. Vi känner redan idag till ett antal, men som Svenskt Vatten uppgav i sin rapport finns det tusentals som kan komma att utvärderas för att möjligen användas för att förbättra kvaliteten på dricksvatten.

Det är lämpligt att försöka inleda ett samarbete med aktörer inom detta område så att vi får möjlighet att bedöma huruvida dessa "goda" bakterier inte visar sig vara onda för installatörs- och fastighetsbranscherna.

En lämplig början är att försöka hitta de objekt som drabbas av allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Detta för att fastställa vilka arter av mikrober och vilka mängder som utgör stor risk.

Det är även lämpligt att försöka utröna hur stadsvattennätets olika biofilmer påverkar vattnets egenskaper som energibärare i slutna system. I stora nät kan egenskaperna skilja stort mellan olika delar av nätet.

9. OBJEKTDATA OCH ANALYSER

Vi har i detta projekt utfört analyser på 58 objekt enligt den planerade metodologin. Vi hade ett önskemål om att för värmesystem kunna utföra en analys på ett prov taget under sommar driftfall och ett under vinter driftfall. Dessvärre utfördes inte provtagningarna alltid enligt den av oss önskade tidplanen. För de fall vi inte kunde få provtagningen utförd under sommar driftfall ansåg vi att det fick räcka med ett prov. Vi kunde därigenom utnyttja analysbudgeten för att ta in prover från flera områden. Detta såg vi ett större värde i eftersom vi redan i de först inkomna analysrapporterna kunde konstatera att förekomsten av mikrober i systemen varierade stort mellan olika orter.

Till skillnad mot Slutrapport SBUF 14005 presenterar vi här inte någon mer utförlig beskrivning av objekten. Detta eftersom besiktningarna i stor utsträckning utfördes av anläggningsägarens personal. Vi ville därför begränsa oss till de mest relevanta uppgifterna. Syftet med denna studie var också att undersöka förekomsten av potentiellt skadliga mikrober i systemen.

De parametrar vi fokuserade på anges under 7 Val Av analysparametrar I Studien

Vi har i sammanställningen lagt till Q/W, eftersom detta är ett mått på fjärrvärmeanläggningens avkyllning, och värmeväxlare ofta blir delvis igenslammade om mikrobiellt inducerad korrosion förekommer. Saknas uppgift om Q/W är det oftast för att anläggningen har bergvärme.

Objekt	B- Bostad L Lokalt BL/Bländat	BTA m ²	System	Framl. DVUT	Q/W	Etanol - vikt%	MEG - vikt%	MPG - vikt%	Ca - (mg/l)	Klorid - (mg/l)	Alkalinitet (mg HCO ₃ /l)	Kondukt (mS/m)	Järn Fe - (mg/l)	Koppar Cu - (mg/l)	Längsväx bakterier (cfu/ml)	Od/bara mikro- organis (cfu/ml)	pH	Total hårdhet (°dH) - °dH
101	BL		KB						32	< 2,0	41	43	15	< 1	< 1	5.2	5.6	
Analys 2									4.2	7.3	51	16	0.082	0.037	930	< 1	10.0	3.2
Systemet utvärderades i projekt 14005 som objekt 011-KS1 och hade problem med stora läckor. Låg halt av mikrober i första analysen, men detta kan berott på den stora vattenomsättningen. Läckorna har hittats och åtgärdats och utrustning med anodiskt skydd och partikelfiltrering installerats. Senaste analysen uppvisar goda vattenvärden men höga bakteriehalter.																		
102	BL		KB						18	40	20	3.9	18	26	< 1	8.3	3.5	
Analys 2									21	16	140	35	11	1.2	< 1	< 1	7.5	9.3
Systemet utvärderades i projekt 14005 som objekt 011-KS2 och hade tidigare haft problem med stora läckor. förekomst av mikrober i första analysen, men ej andra. Utrustning med anodiskt skydd och partikelfiltrering har installerats. Senaste analysen uppvisar något motstridiga vattenvärden såsom hög hårdhet. Förhöjd halt löst järn, men minskade halter koppar.																		
103	L		KB						4.4	2.9	42	7.7	6.2	0.064	270	2	7.0	0.82
KB system för komfortkyla med många icke diagnostiserade läckor. Höga halter löst järn och långsamväxande mikrober.																		
104	BL	20000	VS1	58	15,9				10	16	570	78	1.5	0.8			10.2	1.6
Analys 2									7.3	17	550	77	1.6	0.34	47	2	10.1	1.1
Systemet utvärderades i projekt 14005 som objekt 004. Systemet hade korrosionsproblem som 2008 åtgärdades genom renspolning och vattenbehandling med korrosionsinhibitorer, vilket visar sig i den höga konduktiviteten och alkaliniteten. Något förhöjda halter lösta metaller. Järn i princip samma som 2021 men lägre halter löst koppar.																		
105	B	9523	VS1	55	14,2				12	32	11	13	0.023	0.011	274	1	8.8	2.0
Analys 2									13	32	12	14	0.025	0.0017	464	235	9.2	2.2
Objekt 105, 106 och 107 är tre värmesystem i samma fastighet. Samtliga system uppvisar märkligt nog högre halter mikrober efter vintern. I övrigt goda värden. Förhöjd förekomst av bakterier, men inte så att de i nuläget verkar förorsaka allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Halterna har ökat i analys 2. Analysen tyder på hög vattenomsättning, uppåt halva systemvolymen årligen. Låga halter lösta metaller, men det kan bero på att stora delar av vattnet är av relativt nytt datum. Mycket låg alkalinitet. Systemet har fyllts på med relativt stora mängder vatten under vintern.																		

Objekt	B: Bo stad L: Lokal BL: Blandat	BTA m ²	System	Framl. DVUT	Q/W	Etanol - vikts%	MEG - vikts%	MPG - vikts%	Ca - (mg/l)	Klorid - (mg/l)	Alkalin (mg HCO ₃ /l)	Kondukt (mS/m)	Järn Fe - (mg/l)	Koppar Cu - (mg/l)	Längs-väx bakterier (cfu/ml)	Odl. bara mikroorganis (cfu/ml)	pH	Total hårdhet (°dH) - °dH
106	B	9523	VS2	55	14,2				14	34	9.8	14	0.42	0.019	258	175	9.1	2.2
Analys 2									15	34	12	14	0.10	0.0049	375	195	9.7	2.3
<p>Goda värden. Förhöjd förekomst av mikrober och bakterier, men inte så att de i nuläget verkar förorsaka allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Analysen tyder på hög vattenomsättning, uppåt halva systemvolymen årligen. Aningen förhöjda halter löst järn. Mycket låg alkalinitet.</p>																		
107	B	9523	VS3	55	14,2				16	36	12	15	0.052	0.013	35	2	9.6	2.4
Analys 2									17	35	13	15	0.049	0.0014	175	68	9.9	2.5
<p>Goda värden. Något förhöjd förekomst av bakterier, men inte så att de i nuläget verkar förorsaka allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Analysen tyder på hög vattenomsättning, uppåt halva systemvolymen årligen. Låga halter lösta metaller, men det kan bero på att stora delar av vattnet är av relativt nytt datum. Låg alkalinitet. Hög vattenomsättning.</p>																		
108	B	20095	VS1	55	14,7				17	34	12	14	0.011	0.016	37	<1	9.8	2.5
Analys 2									17	34	17	16	0.0015	0.0013	1709	609	9.7	2.4
<p>Objekt 108, 109 och 110 är tre olika värmesystem i samma fastighet. Goda värden. Förhöjd förekomst av bakterier, men inte så att de i nuläget verkar förorsaka allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Analysen tyder på hög vattenomsättning, över halva systemvolymen årligen. Låga halter lösta metaller, men det kan bero på att stora delar av vattnet är av relativt nytt datum. Mycket låg alkalinitet.</p>																		
109	B	20095	VS2	55	14,7				14	36	12	15	0.022	0.00086	33	<1	9.5	2.2
Analys 2									15	36	12	15	0.0051	0.0054	309	156	8.2	2.3
<p>Goda värden. Förhöjd förekomst av bakterier, men inte så att de i nuläget verkar förorsaka allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Analysen tyder på hög vattenomsättning, uppåt halva systemvolymen årligen. Låga halter lösta metaller, men det kan bero på att stora delar av vattnet är av relativt nytt datum. Mycket låg alkalinitet.</p>																		
110	B	20095	VS3	55	14,7				15	39	11	15	0.069	0.0031	28	<1	8.8	2.4
Analys 2									16	38	12	16	0.039	0.0014	295	134	9.4	2.5
<p>Goda värden. Något förhöjd förekomst av bakterier, men inte så att de i nuläget verkar förorsaka allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Analysen tyder på hög vattenomsättning, cirka halva systemvolymen årligen. Låga halter lösta metaller, men det kan bero på att stora delar av vattnet är av relativt nytt datum. Låg alkalinitet.</p>																		
111	B	11678	VS1	55	14,8				14	34	11	14	0.045	0.011	20	1	9.2	2.1
Analys 2									18	36	23	17	0.046	0.0047	791	418	8.9	3.0
<p>Objekt 111, 112 och 113 är tre olika värmesystem i samma fastighet. Goda värden. Förhöjd förekomst av bakterier, men inte så att de i nuläget verkar förorsaka allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Analysen tyder på hög vattenomsättning, uppåt halva systemvolymen årligen. Låga halter lösta metaller, men det kan bero på att stora delar av vattnet är av relativt nytt datum. Låg alkalinitet.</p>																		
112	B	11678	VS2	55	14,8				25	35	44	19	0.89	0.050	272	41	7.9	3.9
Analys 2									17	38	11	15	0.038	0.013	443	229	9.3	2.5
<p>Systemet utsatt för risk. Förhöjda halter löst järn. Försurat och därmed korrosivt vatten. Förekomst av mikrober och bakterier. Analysen tyder på mycket hög vattenomsättning, vilket troligen beror på vattenläckor.</p>																		

Objekt	B- Bostad L Lokal BL-Bländat	BTA m ²	System	Framl. DVUT	Q/W	Etanol - vikts%	MEG - vikts%	MPG - vikts%	Ca - (mg/l)	Klorid - (mg/l)	Alkalin (mg HCO ₃ /l)	Kondukt (mS/m)	Järn Fe - (mg/l)	Koppar Cu - (mg/l)	Längsväx bakterier (cfu/ml)	Odlbara mikro- organis (cfu/ml)	pH	Total hårdhet (°dH) - °Ca
113	B	11678	VS3	55	14,8				15	35	10	14	0.14	0.061	99	15	8.9	2.2
Analys 2									16	35	13	15	0.011	0.0022	130	42	9.9	2.2
<p>Goda värden. Förhöjd förekomst av mikroorganismer och bakterier, men inte så att de i nuläget verkar förorsaka allvarlig mikrobiellt inducerad korrosion. Analysen tyder på hög vattenomsättning, uppåt halva systemvolymen årligen. Låga halter lösta metaller, men det kan bero på att stora delar av vattnet är av relativt nytt datum. Mycket låg alkalinitet.</p>																		
114		3648	VS	55	25,3				4.4	6.3	30	9.8	0.49	0.14	116	<1	10.3	1.5
Analys 2									11	15	39	12	0.31	0.094	421	<1	9.9	2.5
<p>Goda värden. Förhöjd förekomst av bakterier. Aningen förhöjda halter löst järn och koppar. Aningen högt pH-värde, vilket är positivt eftersom det kan motverka mikrobiell tillväxt, men bör inte ökas mer. Vattnet förefaller vara behandlat, troligen med kalciumkarbonat. Låg vattenomsättning. Uppges ha haft stora problem med magnetit tidigare. Systemet har utrustats med anordningar för anodiskt skydd, partikelfilter och vakumavgasare vilket uppges ha förbättrat situationen. Mellan analyserna drabbades systemet av en läcka som tömde halva systemet. Mikrobhalterna har ökat, vilket är egendomligt, eftersom systemet fylldes upp med varmvatten. Kan ha samband med att påfyllningen sänkt pH-värdet till ett för bakterier gynnsammare.</p>																		
115	B	13162	VS	46	15,9				4.6	12	24	8.4	17	0.031	<1	<1	9.3	0.90
Analys 2									4.6	12	26	8.2	0.096	0.041	3	<1	9.6	0.89
<p>Mycket goda vattenvärden. Ingen förekomst av mikrober eller bakterier. Aningen låg alkalinitet, men inget som behöver åtgärdas. Inga tecken på stora påfyllningar. Starkt förhöjda värden löst järn i analys 1, men eftersom vattenvärdena i övrigt är så bra kan det vara rester från gamla problem. Väsentlig lägre halter i analys 2.</p>																		
116	BL	5090	VS	45	12,7				7.0	12	33	9.4	0.017	0.0029	<1	<1	8.8	1.3
Analys 2									5.9	12	30	8.9	0.023	0.010	<1	<1	9.2	1.0
<p>Mycket goda vattenvärden. Ingen förekomst av mikrober eller bakterier. Aningen låg alkalinitet, men inget som behöver åtgärdas. Inga tecken på stora påfyllningar. Låga halter lösta metaller. Detta system nära ideala värden.</p>																		
117	BL	4778	VS	42	12,6				9.7	11	42	11	0.058	0.023	<1	<1	8.8	1.8
Analys 2									8.9	11	42	11	0.034	0.0055	<1	<1	8.7	1.6
<p>Mycket goda vattenvärden. Låga halter lösta metaller. Ingen förekomst av mikrober eller bakterier. Vissa påfyllningar förefaller gjorts i närtid före analys 1, uppskattningsvis 30% av vattenvolymen senaste året.</p>																		
118	B	1845	VS	51	18,9				6.0	12	25	8.7	0.029	0.12	<1	<1	9.6	0.98
Analys 2									5.7	12	24	8.6	0.056	0.34	1	<1	9.5	0.91
<p>Mycket goda vattenvärden. Ingen förekomst av mikrober eller bakterier. Aningen låg alkalinitet, men inget som behöver åtgärdas. Inga tecken på stora påfyllningar. Låga halter löst järn, något högre halter löst koppar särskilt i analys 2.</p>																		
119	B	3204	VS	24	28,9				6.6	15	28	9.9	3.1	1.8	<1	<1	8.8	1.1
<p>Något förhöjda metallhalter, men dessa kan vara från tidigare problem. I övrigt goda värden. Växlarna uppges rengjorda 2023. Förefaller tveksamt, dålig avkylning.</p>																		
121	L	1812	VS	16	39,7				5.1	16	31	11	0.031	0.12	<1	<1	9.2	0.77
<p>Mycket goda värden. Låga halter lösta metaller. Inga tecken på pågående korrosion. Ingen mikrobiell tillväxt. Aningen låg alkalinitet, men inte alarmerande. Q/W 39,8, mycket dåligt värde, men stämmer troligen - mycket dålig avkylning trots att växlarna uppges rengjorda 2023</p>																		

Objekt	B: Bostad L: Lokal BL: Blandat	BTA m ²	System	Framl. DVUT	Q/W	Etanol - vikt%	MEG - vikt%	MPG - vikt%	Ca - (mg/l)	Klorid- (mg/l)	Alkalin (mg HCO ₃ /l)	Kondukt (mS/m)	Järn Fe- (mg/l)	Koppar Cu - (mg/l)	Längs-väx bakterier (cfu/ml)	Od. bara mikro- organis (cfu/ml)	pH	Total hårdhet (°dH) - °dH
122	BL	1641	VS	35	31				7.3	16	42	13	0.075	0.48	1	<1	8.9	1.3
Q/W 30,98, mycket dåligt värde vilket stämmer bra med returen från VS. VVX från 2003 uppges rengjorda 2023. Uppges vara utfört vattenbehandling, men ej specificerat vilken typ																		
Mycket goda värden på vattnet. Låga halter lösta metaller. Inga tecken på pågående korrosion. Ingen mikrobiell tillväxt.																		
123	BL	1000	VS	50	29,6				5.6	25	31	16	0.11	0.029	1	<1	9.2	0.89
Mycket goda värden vattenvärden. Låga halter lösta metaller. Inga tecken på pågående korrosion. Ingen mikrobiell tillväxt. Aningen låg alkalinitet, men inte alarmerande- Q/W 29,58, mycket dåligt värde. VVX från 2004 uppges rengjorda 2023. Uppges utförd vattenbehandling, men ej specificerad.																		
p																		
124	B	1644	VS	48	26,9				4.9	16	44	13	0.026	0.061	<1	<1	9.1	0.75
Mycket goda värden. Låga halter lösta metaller. Inga tecken på pågående korrosion. Ingen mikrobiell tillväxt. Q/W 26,89 (troligen), stämmer väl med delta-t 24 grader. Dåligt värde! VVX från 2004 uppges rengjorda 2023. Uppges vattenbehandlat, men ej specificerad																		
126	B	4293	VS						11	24	20	13	0.0078	0.020	<1	<1	9.7	1.6
Goda vattenvärden som dok tyder på relativt stora påfyllningar.																		
127	L	5040	KB						14	23	24	21	0.99	0.59			9.0	2.4
Acceptabla vattenvärden men tecken på stora påfyllningar.																		
128	B	8448	VS	58	16,6				2.1	27	140	28	0.048	0.039	220	130	9.5	0.48
Mycket goda vattenvärden men förekomst av mikrober																		
129	B	7775	VS	58	20,5				8.0	21	37	13	0.091	0.013	1000	610	9.2	1.6
Analys 2									7.4	21	38	14	0.045	0.049	5	<1	9.5	1.6
Goda vattenvärden trots tecken på stora påfyllningar. Analys 1 visade höga halter mikrober. Analys 2 ingen förekomst.																		
130	B	1266	VS	52					5.3	38	2.6	22	0.87	0.010	24	15	6.5	1.9
Analys 2									4.0	35	4.0	22	0.59	0.21	1500	330	7.2	1.7
Försurat vatten. Analys 1 visade på viss förekomst av mikrober, analys 2 hög förekomst. Systemet fylls på med stora mängder vatten, vilket innebär att värdena troligen hade varit sämre om inte vattnet kontinuerligt byts ut.																		
131	BL	2062	VS	57	19,1				6.0	29	61	19	0.40	0.0085	100	58	9.1	1.3
Analys 2									5.5	29	61	20	0.042	0.044	<1	<1	9.4	1.2
Goda värden. Något förhöjda halter löst järn. Förekomst av mikrober och bakterier, men inte så att de i analys 1 verkade förorsaka mikrobiellt inducerad korrosion. I analys två ingen förekomst av mikrober																		
132	B	1762	VS	57	19,5				6.1	31	56	19	0.043	0.0015	29	6	9.0	1.3
Analys 2									6.0	31	57	21	0.034	0.059	8	<1	8.8	1.4
Mycket goda värden. Låga halter lösta metaller. Inga tecken på pågående korrosion. Viss förekomst av mikrober och bakterier i analys 1, men inte alarmerande och de föreföll harmlösa. I analys 2 finns inga tecken på mikrobiell förekomst..																		

Objekt	B: Bostad L: Lokal BL: Blandat	BTA m ²	System	Framt. DVUT	Q/W	Etanol - vikt%	MEG - vikt%	MPG - vikt%	Ca - (mg/l)	Klorid - (mg/l)	Alkalinitet (mg HCO ₃ ⁻ /l)	Kondukt (mS/m)	Järn Fe - (mg/l)	Koppar Cu - (mg/l)	Längs-väx bakterier (cfu/ml)	Od. bara mikro- organis (cfu/ml)	pH	Total hårdhet (°dH) - °dH
133	BL	4460	VS	64	22				15	19	390	120	0.012	0.0081	4	3	> 11,0	2.1
Analys 2									13	18	370	120	0.0074	0.0020	2	2	> 11,0	1.9
<p>Goda värden. Låga halter lösta metaller. Inga tecken på pågående korrosion. Viss förekomst av mikrober och bakterier, men inte alarmerande och de förefaller harmlösa i dagsläget. Vattnet är så alkaliskt att inget borde kunna leva där. Analysen tyder på relativt hög vattenomsättning. Mycket hög alkalinitet och konduktivitet indikerar att någon form av vattenbehandling utförts. Analys 2 i princip oförändrade värden. Inga större påfyllningar verkar utförts mellan analyserna. Enligt besiktningssprotokollet har vattenbehandling utförts, men ingen förklaring till vilken. Q/W i överkant.</p>																		
134	B	1791	VS	67	19,5				6.8	18	28	12	0.027	0.014	35	32	9.2	1.5
Analys 2									6.1	17	37	13	0.0040	0.0022	2	1	9.6	1.4
<p>Goda värden. Låga halter lösta metaller. Inga tecken på pågående korrosion. Viss förekomst av mikrober och bakterier, men inte alarmerande och de förefaller harmlösa i dagsläget. Analysen tyder på relativt hög vattenomsättning. Aningen låg alkalinitet. Analys 2 visar litet goda värden, trots att vissa påfyllningar verka förekommit. Bakterierna verkar avdödas. Temperaturen hissades några grader vid DVUT.</p>																		
135	B	1192	VS	64	25,4				7.6	19	45	14	0.045	0.17	110	55	9.3	1.6
Analys 2									9.9	19	54	18	0.13	0.021	3	<1	8.8	2.1
<p>Analys 1: Goda värden. Låga halter lösta metaller. Inga tecken på pågående korrosion. Viss förekomst av mikrober och bakterier, men inte alarmerande och de förefaller harmlösa i dagsläget. Analysen tyder på relativt hög vattenomsättning. Aningen låg alkalinitet. Analys 2: Alltjämt goda värden, trots att relativt stora påfyllningar förekommit. Bakterierna verkar avdödas närmast fullständigt.</p>																		
136	BL	4545	VS	65	24,1				5.1	14	18	8.4	1.3	0.29	<1	<1	9.2	0.86
Analys 2									6.1	14	18	8.9	0.38	0.051	1	<1	9.6	0.99
<p>Mycket goda vattenvärden. Ingen förekomst av mikrober eller bakterier. Aningen låg alkalinitet, men inget som behöver åtgärdas. Inga tecken på stora påfyllningar. Förhöjda halter löst järn och koppar, men eftersom vattenvärdena i övrigt är så bra kan det vara rester från gamla problem. Om halterna inte ökat till nästa provtagningstillfälle bekräftar det misstanken. Har de däremot ökat ytterligare kan fortsatt utredning behövas, eftersom det tyder på en pågående korrosionsprocess. Analys alltjämt mycket goda värden. Halterna lösta metaller ligger mycket lågt. De flesta värden är något bättre än tidigare. Ändå tyder analysen på att vissa påfyllningar utförts, uppskattningsvis 5% av volymen. Det gör att hårdheten ökat något, men övriga värden är närmast ideala. Högt Q/W - dålig avkylning. Värmeväxlarna behöver rengöras.</p>																		
137	BL	3315	VS	59	19.1				6.8	14	35	11	0.074	0.025	<1	<1	8.7	1.7
Analys 2									7.4	14	37	11	0.045	0.021	<1	<1	9.3	1.7
<p>Analys 1: Mycket goda vattenvärden. pH i det lägre godtagbara registret, men kan justera sig självt genom så kallad självalkaliserings. Låga halter lösta metaller. Ingen förekomst av mikrober eller bakterier. Vissa påfyllningar, uppskattningsvis 30% av vattenvolymen senaste året, vilket troligen förklarar det aningen låga pH-värdet (likt stadsvatten!) Analys 2: pH har justerat sig självt och ligger nu i det godkända registret. Även halterna lösta metaller ligger inom godkända värden. Tecken på enkom smärre påfyllningar.</p>																		
138	B	364	VS	65					5.8	14	20	10	0.42	0.093	1500	25	7.7	1.4
Analys 2									10	16	28	12	0.073	0.015	750	1	9.1	1.8
<p>Analys 1: Systemet utsatt för risk. Lätt förhöjda halter löst järn. Vattnet är försurat jämfört med stadsvattnet och därmed korrosivt. Högt förekomst av mikrober och bakterier, vilket är den troliga anledningen till försurningen. Mycket låg alkalinitet. Analysen tyder på hög vattenomsättning, cirka 20%, vilket kan bero på vattenläckor. Analys 2: Systemet verkar åter ha fyllts på med stora mängder vatten. pH har dock stabiliserats på en godkänd nivå. Alltjämt höga halter mikrober. Frågan är om de kommit med vattnet som fyllts på? Systemtryck aningen lågt.</p>																		

Objekt	B: Bostad L: Lokal B: LB landat	BTA m ²	System	Framl. DVUT	Q/W	Etanol - vikt%	MEG - vikt%	MPG - vikt%	Ca - (mg/l)	Klorid - (mg/l)	Alkalin (mg HCO ₃ /l)	Kondukt (mS/m)	Järn Fe - (mg/l)	Koppar Cu - (mg/l)	Längs-vär bakterier (cfu/ml)	Odl. bara mikro-organis (cfu/ml)	pH	Total hårdhet (°dH) - °dH
139	B	924	VS	65	12,5				0.22	< 1,0	5.8	1.2	0.065	0.014	1	1	8.1	< 0.05
Analys 2									0.21	< 1,0	3.4	0.93	0.14	0.11	<1	<1	8.1	< 0.05
Systemen fyllt med övervägande fjärrvärmevatten, troligen minst 95%. Vattnet kemiskt behandlat såsom ofta sker med fjärrvärmevatten och håller allt igenom korrekta värden. Inga tecken på pågående korrosion. Låga halter lösta metaller. Inga mikrober. Det är rekommendabelt att undvika stora påfyllningar med stadsvatten för att inte rubba denna vattenkemi. Mycket bra Q/W tyder på rena växlare.																		
141	L		VÅV				27	1,5	18	12	710	200	0.14	0.028	29	5	7.2	3.2
Värmeåtervinningssystem som vid besiktning befanns ha för låg glykolkoncentration, 16%. Detta är inte ovanligt eftersom man ofta missar att kompensera för vatten som finns kvar sedan renspolningen. Denna analys utfördes efter korrigerande åtgärder. Efter korrigerande åtgärder ligger koncentrationen fortfarande aningen under tillverkarens rekommendationer (30%) och det förekommer mikrober om än i mycket låga halter.																		
142	L		VÅV				31	1,4	18	9.3	720	190	0.051	0.020	1	1	7.4	3.2
Värmeåtervinningssystem som vid besiktning befanns ha för låg glykolkoncentration, 15%. Detta är inte ovanligt eftersom man ofta missar att kompensera för vatten som finns kvar sedan renspolningen. Denna analys utfördes efter korrigerande åtgärder. Efter korrigerande åtgärder ligger koncentrationen något över föreskrift och tillverkarens rekommendationer (30%).																		
143	L		KB						20	16	85	18	1.1	0.028	100	61	7.7	3.8
Köldbärarsystem som drabbats av korrosionsskador. Surt vatten och förekomst av bakterier trots mycket hög vattenomsättning.																		
144	L		KB						81	16	34	53	35	0.021	2100	160	5.7	13
Köldbärarsystem som drabbats av korrosionsskador. Mycket surt vatten och hög förekomst av bakterier trots mycket hög vattenomsättning.																		
145	BL	4479	VS	65	16,9				5.2	11	26	8.4	0.017	0.0012	4	3	9.1	0.95
Analys 2									5.5	11	24	8.1	0.014	0.0034	3	<1	9.6	0.94
Bägge analyserna visar på närmast idealiska vattenvärden. Förekomst av mikrober, men lägre efter att DVUT passerat.																		
146	BL	1159	VS	65					9.3	11	34	9.5	0.043	0.0022	1	<1	8.8	1.6
Analys 2									9.2	10	38	9.7	0.041	0.00072	3	2	9.3	1.6
Bägge analyserna visar på goda vattenvärden trots relativt hög vattenomsättning. Förekomst av mikrober på låg nivå.																		
147	Bl	7429	KB						21	11	260	39	1.3	0.56	2	1	8.6	3.4
Analys 2									22	11	270	39	1.0	0.14	<1	<1	8.6	3.6
Bägge analyser tyder på mycket hög vattenomsättning. Vattenvärden nära stadsvatten. Förhöjda halter lösta metaller.																		
148	Bl	7429	VS1	55-65	15,5				5.6	11	26	8.5	0.22	0.060	18400	7400	9.3	1.0
Analys 2									5.6	12	29	8.6	0.031	0.0067	4	<1	9.3	1.0
Objekt 148, 149 och 150 är tre värmesystem i samma fastighet. Analys 1 visade på mycket höga halter av mikrober. Efter försök med uppvärmning över dimensionerande har de minskat. Analys 2 visar på nära idealiska värden genomgående.																		
149	Bl	7429	VS2	55-65	15,5				13	11	26	14	0.098	0.012	268	138	8.7	2.2
Analys 2									16	12	95	15	0.13	0.0037	5	1	8.6	2.6
Analys 1 visade på höga halter av mikrober. Hög vattenomsättning i bägge analyserna tyder på låckor. Efter försök med uppvärmning över dimensionerande har mikroberna minskat.																		

Objekt	B: Bostad L Lokalt BL: Blandat	BTA m ²	System	Framl. DVUT	Q/W	Etanol - vikts%	MEG - vikts%	MPG - vikts%	Ca - (mg/l)	Klorid - (mg/l)	Alkalin (mg HCO ₃ /l)	Kondukt (mS/m)	Järn Fe - (mg/l)	Koppar Cu - (mg/l)	Längs-väx bakterier (cfu/ml)	Odl. bara mikro- organis (cfu/ml)	pH	Total hårdhet (°dH) - °dus
150	Bl	7429	VS3	55-65	15,5				7.1	11	28	8.4	0.48	0.67	1	<1	9.2	1.3
Analys 2									6.6	11	27	8.8	0.0099	0.0041	211	40	9.2	1.2
Analys 1 visade på höga halter av mikrober. Mikrohalten ökat efter vintern (analys 2), övriga värden har förbättrats																		
151	BL	3823	VS	60	20,57				6.6	12	28	9.0	0.043	0.015	<1	1	9.2	1.1
Analys 2									13	12	45	14	0.39	0.0054	1464	300	8.1	2.2
Analys 1 visar på goda vattenvärden. Analys 2 förhöjda halter mikrober men efter att hälften av vattnet bytts ut p g a läcka.																		
152	BL	3403	VS	60	12,74				11	21	29	18	0.041	0.0072	<1	<1	9.9	1.8
Analys 2									13	22	28	19	0.027	0.029	9	<1	10.0	2.0
Analys 1 visar på goda vattenvärden. Analys 2 något förhöjda halter mikrober men efter relativt stora påfyllningar.																		
153	BL	8241	VS	55					5.3	14	25	11	0.86	0.019	<1	<1	9.5	0.91
Analys 2									6.3	15	26	12	0.0058	0.00058	119	102	9.7	1.1
Analys 1 visar på acceptabla vattenvärden. Analys 2 något förhöjda halter mikrober men efter relativt stora påfyllningar.																		
154	BL	8241	KB			15,3	< 2	< 2	5.3	16	58	9.4	0.030	0.026	<1	<1	8.0	1.1
Analys 2	BL					15	< 2	< 2	6.7	16	55	8.6	< 0,010	0.0027	<1	<1	8.1	1.2
Köldbärarsystem med goda värden. Viss påfyllning mellan analyserna.																		
156	B		VS						5.2	13	28	9.3	0.023	0.00084	32	<1	9.5	1.1
Ett av fem slumpvis utvalda system från ett bestånd av 75 på samma ort. Mycket goda vattenvärden, viss mikrobeförekomst																		
157	B		VS						15	13	34	15	0.37	0.0021	< 1	< 1	10.0	2.1
Ett av fem slumpvis utvalda system från ett bestånd av 75 på samma ort. Uppskattningsvis 20% vattenomsättning per år.																		
158	B		VS						11	19	28	15	0.18	0.023	6	< 1	10.2	1.6
Ett av fem slumpvis utvalda system från ett bestånd av 75 på samma ort. Uppskattningsvis 10% vattenomsättning per år.																		
159	B		VS						12	36	46	23	2.6	0.0075	210	65	8.1	1.9
Ett av fem slumpvis utvalda system från ett bestånd av 75 på samma ort. Uppskattningsvis 15% vattenomsättning per år. Förekomst av mikrober.																		
160	B		VS						2.9	33	38	18	0.027	0.017	980	490	9.7	0.93
Ett av fem slumpvis utvalda system från ett bestånd av 75 på samma ort. Goda vattenvärden trots hög förekomst av mikrober.																		

10. LITTERATURSTUDIER

SBUF Forskningsrapport 14005 "Hållbara och energieffektiva installationer, Monika Ignatowicz, KTH, Rafael Ospino, Rafael Ospino Tekniskrådgivare 2022

Europaparlamentets och Rådets Direktiv (EU) 2020/2184 av den 16 december 2020

Swerea KIMAB rapport 13197. Slutna kyl- och värmesystem, inverkan av vattenkvaliteten, C. Obitz 2017

Bacterial communities in drinking water biofilms, K.Lührig, Lunds universitet/Sweden Water Research

Korrosion in hydraulischen Systemen, Förderkennzeichen 03ET1270B, IRES 2018

Installatörsföretagen, Teknikhandboken VVS 2024

Svenskt Vatten Utveckling, Rapport Nr 2017-02 Bacterial Communities in drinking water biofilms

Svenskt Vatten Utveckling, Rapport Nr 2013-08 Om mikrobiella förändringar i dricksvattenledningsnät

Journal of Water Process Engineering Volume 49, October 2022

A recent development on iron-oxidising bacteria (IOB) applications in water and wastewater treatment

Aittomäki A., Kianta J. (2003), Indirect Refrigeration Systems – Design Guide Book, Tampere University of Technology, Tampere, Finland

Davies R.D., (1988), Factors influencing the formulation of treatments for use in heating and cooling systems, Chemical Inhibitors of Corrosion Control. Proc. Int. Symp. Manchester, U.K.

Ignatowicz M., 2008, Corrosion aspects in indirect systems with secondary refrigerants, *master thesis*, Royal Institute of Technology, KTH, Stockholm, Sweden

Melinder Å., 2009. Handbok om indirekta kyl- och värmepumpsystem

Thompson J., Scheetz B.E., Schock M.R., Lytle D.A., Delaney P.J., (1997), Sodium silicate corrosion inhibitors: Issues of effectiveness and mechanism, Water Quality Technology Conference, November 9-12, 1997, Denver, CO, USA.

Tromans D., (1998) Temperature and pressure dependent solubility of oxygen in water: a thermodynamic analysis, Hydrometallurgy, Volume 48, Issue 3, 1998, pages 327-342.

Bygghälsmyndigheten, Stockholm 1988 Rapport 107:88

Byggnad, förvaltning eller brukare – vad är viktigast, Uppsala Universitet 2015

To analyse measurements is to know, Henrik Gadd, Lunds Universitet 2014
<https://lup.lub.lu.se/record/4811901>

Energieffektiva flerbostadshus erfarenheter, BeBo, Per Levin, Projektengagemang

Korrosion i vattenledningsnät och installationer, TemaNord 1996:632

Handbok i vattenkemi för energianläggningar Energiforsk 2015 ISBN 978-91-7673-113-0

Din fjärrvärmecentral, 2004 Svensk Fjärrvärme AB ISSN 1401-9264

Ashrae Handbook 2016: HVAC Systems and Equipment I SBN 193920027X

Precommissioning cleaning of water system BG 29/2012, BSRIA

VDI2035 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen Blatt 1, Blatt 2,

Guía Técnica. Circuitos de agua en instalaciones interiores. Diseño e instalación. IDAE/Aqua España

SS-EN 12828:2012+A1:2014, Swedish Standards Institute

Underhållshandboken 2015, Svensk fjärrvärme

Fjärrkylcentralen – utförande och installation, Tekniska bestämmelser F:102, Energiföretagen

Fjärrvärmecentralen - utförande och installation Tekniska bestämmelser F:101, Svensk Fjärrvärme

Riktvärden för vatten och ånga anpassade till svenska energianläggningar - Värmeforsk

Energioptimering av VVS-system, Gustav Dahlqvist-Sjöberg, Jonas Wallin, KTH 2019