
RAPPORT

Vannkvalitet før og etter Niprox vannbehandling ved Odontologibygget i Bergen.



Kunde: Niprox

Prosjekt:

Prosjektnummer:
97200006

Dokumentnummer: 1

Rev.: 1

Sammendrag:

Ved UiBs bygg for odontologiutdanning har man siden åpning i 2012 manglet tilstrekkelig vannbehandling. I denne rapporten gjøres det greie for de vannbårne anleggs tilstand før/etter forbehandling med Niprox vannbehandling og etter Niprox vannbehandlingsanlegg har vært i drift i ca 6 mnd. Følgende vannbårne anlegg ved UiBs Odontologibygget har blitt kontrollert:

- 320.01 Varmeanlegg
- 350.01 Isvannsanlegg
- 350.02 Komfortkjøling
- 350.03 Tørrkjøling

Disse vannbårne anleggene hadde i utgangspunktet installert vakuumpuffer av typen SpiroVent Superior. Ifølge driftspersonell har disse kun unntaksvis fungert tilfredsstillende siden overtakelse. Vannprøver før behandlingsstart dokumenterer vesentlige forekomster av korrosjonsprodukter og at oksygen er på korrosivt nivå for 2 av 4 systemer.

Forbehandlingsanleggene ble installert 12.01.2017 og ble erstattet med permanente anlegg (vedlikeholdsenhet) den 26.01.2017. Vannprøver dokumenterer sterk filtreringseffekt og at oppløst oksygen er fjernet. Driftspersonell melder om svært lite problemer av typen man har hatt før og energibruk for varmeanlegg i 2017 vs 2016 er redusert med 3,5%, graddagskorrigeret. NB! Det er utført flere tiltak på anleggene, og det er usikkert hvor stor andel energisparing som kan tilskrives Niprox vannbehandlingsanlegg.

Rapporteringsstatus:

- Endelig
 Oversendelse for kommentar
 Utkast

Utformet av:	Sign.:
Jørgen Bakke Skauge	SKAU
Kontrollert av:	Sign.:
Dan Vegard Vårdal	DANV
Prosjektleder:	Prosjekteier:
Hilde Kristine Hvidevold	Katrine Osgjerd Garnes

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utformet av	Kontrollert av
2	18.02.18	Endelig rapport	SKAU	DANV
1	17.03.17	Foreløpig rapport	HVID	SKAU

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	4
2	Korrosjon i vannbårne anlegg og Niprox vannbehandling	4
3	Prøveresultat	5
3.1	Måleusikkerhet	5
3.2	320.01 Varmeanlegg	6
3.3	350.01 Isvannsanlegg	8
3.4	350.02 Komfortkjøling	10
3.5	350.03 Tørrkjøling	12
4	Korrosjon i systemene	14
5	Energibesparelse	14
6	Diskusjon	15
7	Konklusjon	16
8	Vedlegg	16

1 Bakgrunn

Odontologibygget til Universitetet i Bergen (UiB) ble overlevert drift siste halvdel 2012. Bygget har fire vannbårne system: 320.01 varmeanlegg, 350.01 isvannsanlegg, 350.02 komfortkjøling og 350.03 tørrkjøling. UiB har ikke fått god drift på anleggene - av flere grunner. Blant grunnene er at eneste vannbehandling har vært vakuumavgassere type SpiroVent Superior. Det har ikke vært noen form for utskiller for/filtrering av partikler etc. Dette har blant annet gitt seg utslag i at det har blitt funnet radiatorrør som er fullstendig tilstoppet av partikler og smuss.

Vannprøve fra varmeanlegget i oktober 2016 viste at det var svært høye verdier for jern og kobber, og at pH var over 10. Med bakgrunn i dette er det mistanke om at det er mye korrosjon og slam i anleggene. Niprox tok vannprøver (på stedet) høsten 2016. De viste mye luft/oksygen i varmeanlegget og tørrkjøleanlegget. Det viste også noe oksygen i komfortkjøleanlegg, mens isvannsanlegget var "dødt". Det ble tatt en beslutning om å installere en form for filtrering og vannbehandling. Universitetet i Bergen valgte da Niprox sine vannbehandlingsanlegg. Niprox ønsker å dokumentere deres anleggs virkning på anleggene ved Odontologibygget.

2 Korrosjon i vannbårne anlegg og Niprox vannbehandling

Korrosjon i et vannbasert anlegg er i all hovedsak relatert til reaksjonen mellom oksygen og metall. Metall + oksygen + vann = korrosjonsprodukt. Det er derfor viktig å fjerne oksygen i et anlegg for å forhindre korrosjon. I tillegg til å fjerne oksygen er det nødvendig med justering av pH og kontrollere metallinnhold. Korrosjon vil føre til økt slitasje på pumper, ventiler og andre komponenter i anlegget, og samtidig resultere i slamdannelse. Slam vil sedimentere på områder med lav sirkulasjon eller smal passasje og dermed redusere virkningsgrad i for eksempel varmeveksler og redusere effekt i radiatorer og gi driftsfeil på ventiler samt slitasje på pumper. Korrosjon og slam/beleggdannelse vil redusere funksjonen til lukkede varme- og kjøleanlegg, som reduserer energieffektiviteten og reduserer levetiden på anleggene.

Niprox vannbehandlingsystem er beregnet for montasje i lukkede varme- og kjølesystem. Systemet skal fjerne oksygen og partikler som er hovedkilden til korrosjon og slam i et anlegg. I tillegg justeres også pH balansen i anlegget. Første del av behandlingen består av en forbehandling som skal få oksygeninnhold, smuss og beleggdannelse ned på et nivå som kan holdes i sjakk av vedlikeholdsenheten (del to av behandlingen). Niprox sine krav for vannbehandling er:

pH 9.0 - 10.5

Fe < 0,10 mg/l (100ug/l)

Cu < 0,02 mg/l (20ug/l)

O₂ < 20 ppb (parts per billion)

Filtrering av partikler med størrelse > 1 µm.

Etter forbehandlingen bli vedlikeholdsenheten installert. Vedlikeholdsenheten skal ta opp alt slam som felles ut fra anlegget etter at en har stoppet korrosjonen. Ved installering av Niprox anlegg inngås en serviceavtale, der det to ganger i året tas målinger av vannkvalitet, og nødvendige tiltak utføres.

3 Prøveresultat

Det ble tatt prøveverdier for de fire anleggene 12.01.2017 – før innstallering av forbehandling. På plassen ble oksygenivået undersøkt, og pH og konduktivitet ble målt. Vannprøver ble også sendt inn til analyse hos Eurofins i Bergen. Forbehandling ble montert umiddelbart etter vannprøver ble tatt, og ble siden demontert 26.01.2017 og erstattet med en vedlikeholdsenhet. I forbindelse med demontering ble det igjen gjort målinger av oksygen, pH og konduktivitet på plass, og nye vannprøver ble sendt inn til analyse hos Eurofins. Etter 6 måneder, 03.07.2017 ble det iht. Niprox' serviceavtale tatt nye vannprøver for å kontrollere vannkvaliteten.

Tilstede under målinger og tapping av vannprøver var representanter fra Niprox og Sweco. Tabeller og figurer i dette kapittel viser resultat fra måling på plass og i laboratorium. De blå søylene viser resultat fra prøver tatt før innstallering av forbehandling, de røde etter 14 dager med forbehandling før det permanente vannbehandlingsanlegget ble installert og de grønne etter omtrent seks måneder med vannbehandling.

I figurene er måleverdier merket med asterisk (*) målt på plassen med Niprox' egne instrumenter.

3.1 Måleusikkerhet

Måleusikkerhet er illustrert i figurer i dette kapittelet. Eurofins oppgir måleusikkerhet for deres metoder i mottatte rapporter, denne er illustrert i figurer

For måleusikkerhet fra målinger utført på plassen av Niprox er det for enkelhets skyld antatt at målemetoden utføres ideelt, dvs. at man kan bruke utstyrets oppgitte måleusikkerhet. Apparatets måleusikkerhet kan ha forbehold knyttet til målemetode, kalibrering, kalibreringsvæsker, oppbevaring osv. Disse forbehold er mao. ikke hensyntatt. Måleusikkerhet er illustrert i figurer.

Utstyr for måling på stedet og måleusikkerhet:

	Utstyr	Måleområde	Måleusikkerhet
<i>Oksygen oppløst i vann</i>	Chemets R-7540	0-40 ppb O ₂	+/- 1 indikatorfargenivå, dvs +/- 5ppb
<i>Ledningsevne</i>	WTW ProfiLine pH/Cond 3320	0,000 µS/cm – 1000 mS/cm	+/- 0,5%
<i>pH</i>	WTW ProfiLine pH/Cond 3320	-2,0 - 20 pH (avh av sensortype)	+/- 0,1pH

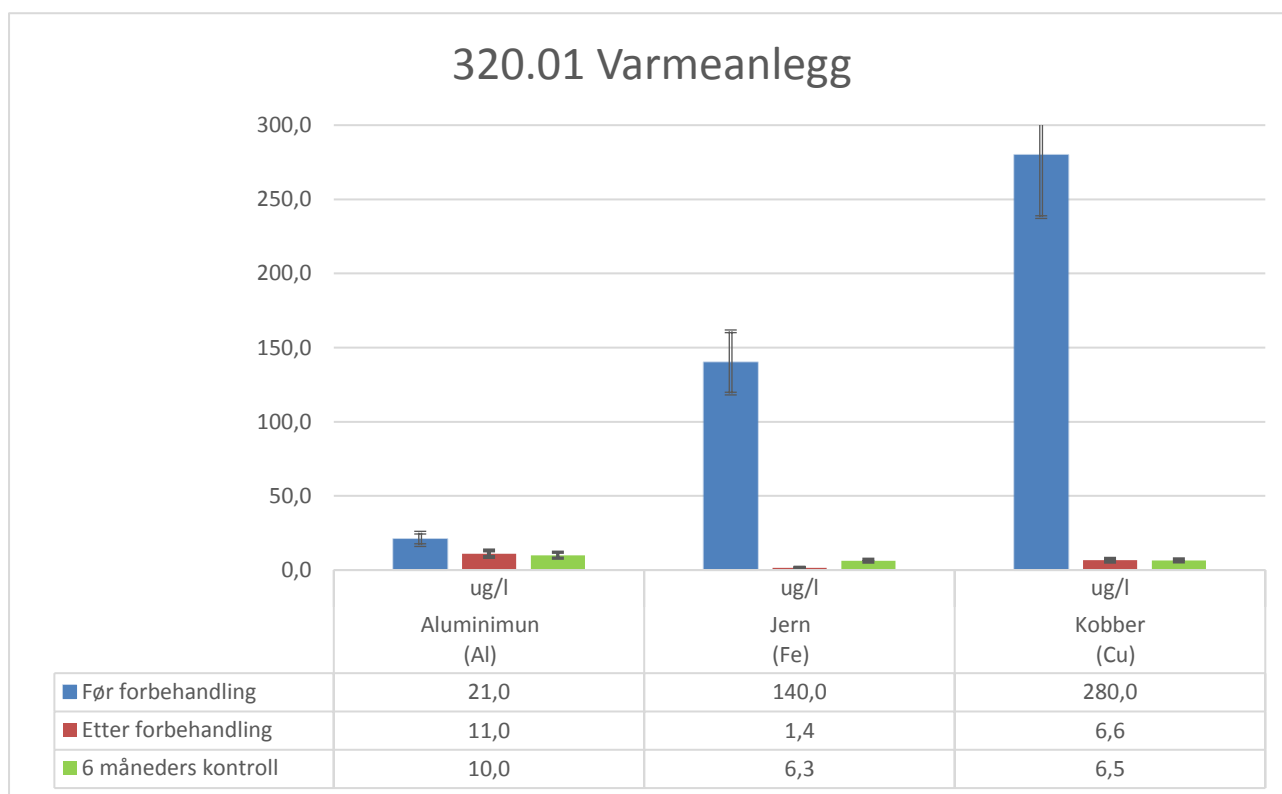
Tabell 1 - Måleusikkerhet for instrumenter for måling "på plassen".

3.2 320.01 Varmeanlegg

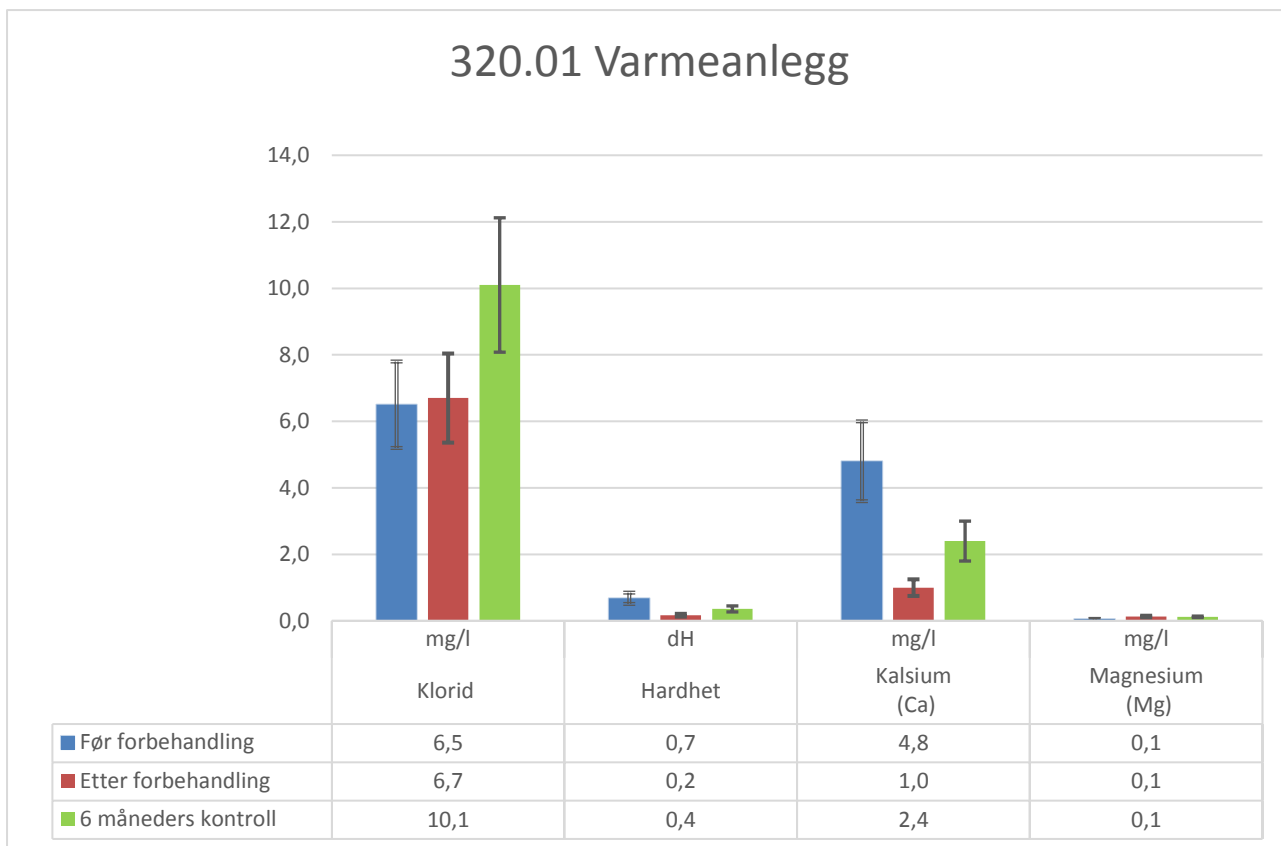
Vannprøve før forbehandling (blått) viser høye verdier for kobber, jern og oksygen. Det bør også merkes at oksygenivået lå over maks måleverdi på 40 ppb, og *kan* dermed har vært vesentlig høyere.

Etter forbehandling (rødt) er de tre verdiene redusert betraktelig og ligger godt under godtatte grenseverdier. Det har også vært en nedgang i aluminium og kalsium, mens konduktiviteten har økt. pH er stabil og ligger innenfor anbefalt verdi på mellom 9.0 og 10.5.

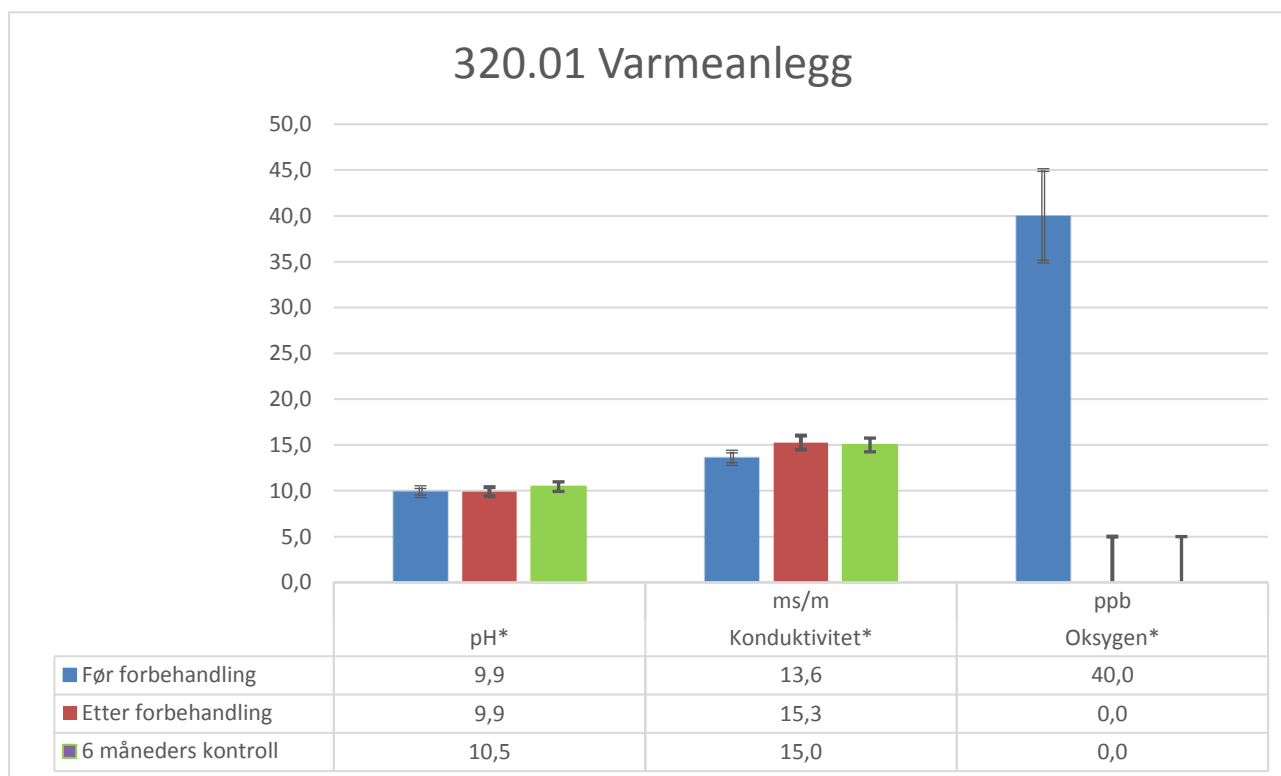
Merk også at innholdet av klorid og kalsium har økt til siste måling for 6 måneders kontroll. Dette *kan* tyde på at det er fylt på vann i anlegget. Dette er dog ikke bragt på det rene.



Figur 1 - Prøveresultater for 320.01 Varmeanlegg. (1/3)



Figur 3 - Prøveresultater for 320.01 Varmeanlegg. (2/3)



Figur 3 - Prøveresultater for 320.01 Varmeanlegg. (3/3)

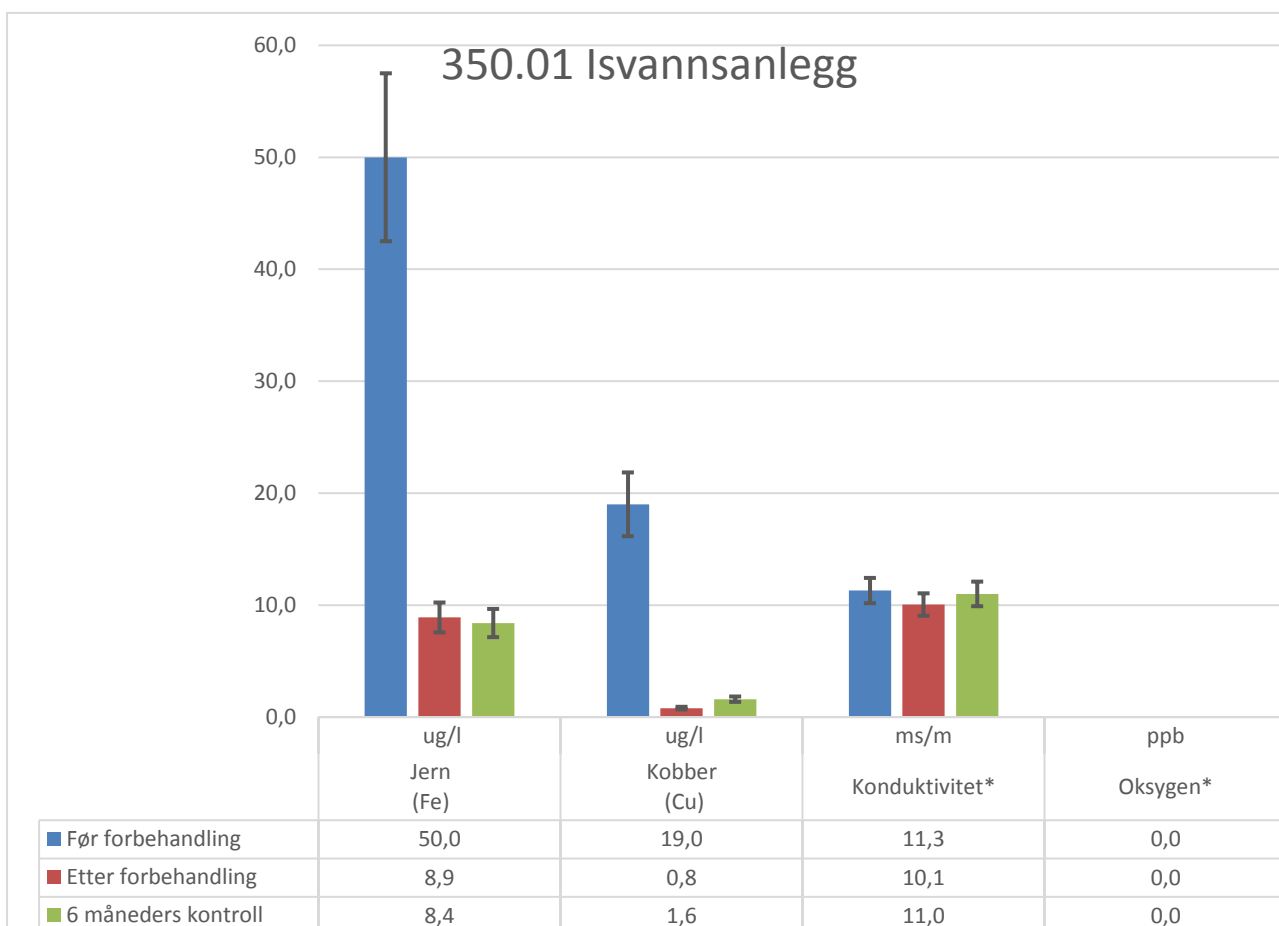
3.3 350.01 Isvannsanlegg

Prøveverdier for isvannsanlegget viser at verdier for jern, kobber og oksygen ligger innenfor kritisk nivå også før forbehandling.

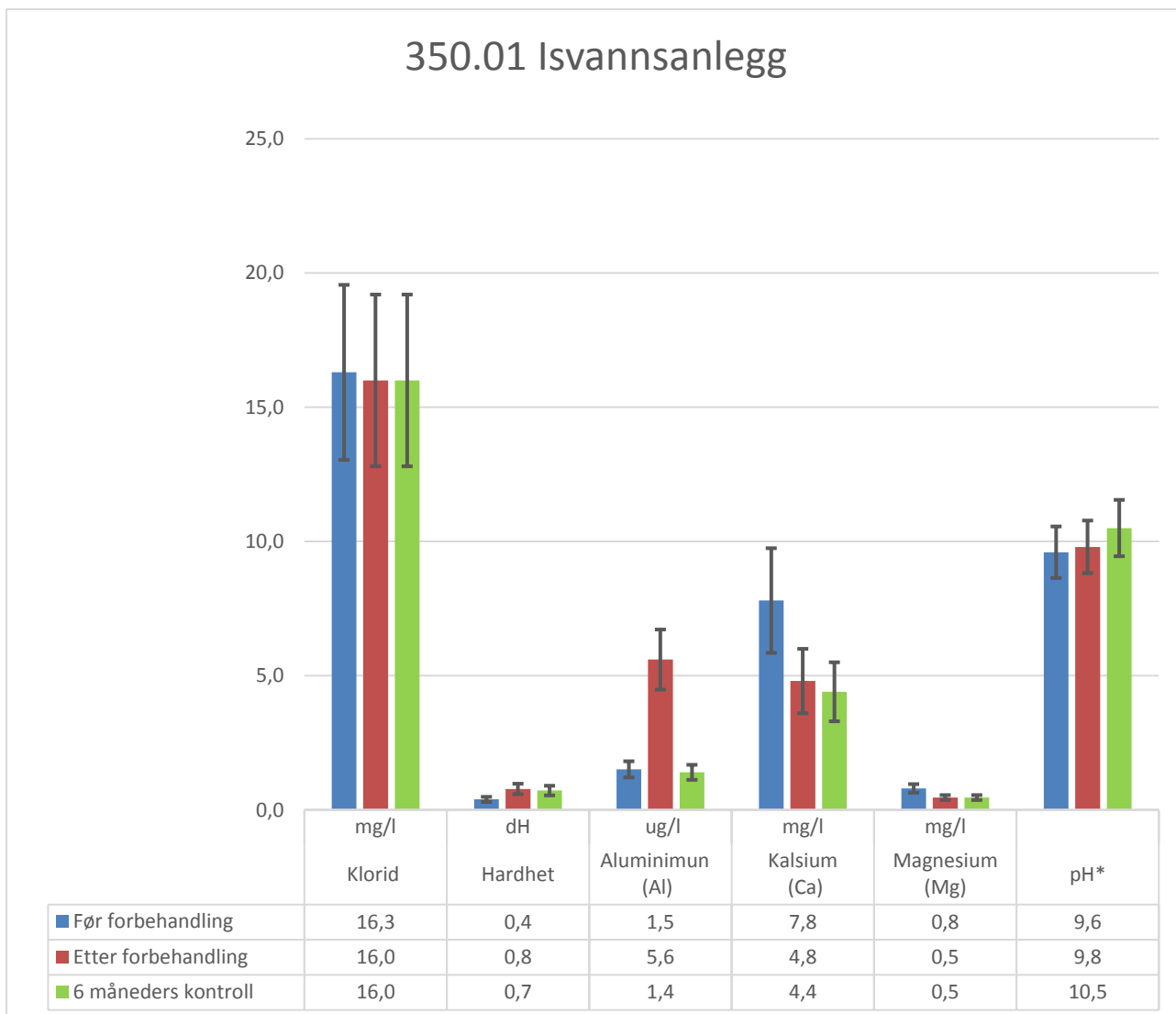
Forbehandling har redusert jern og kobbernivå betraktelig, kalsium, magnesium og konduktivitet har også blitt redusert.

Aluminium har derimot steget etter forbehandling. Det er usikkert hvorfor forekomsten av aluminium har steget, men siden verdien er tilbake til «normalen» ved 6 måneders drift og verdiene er nokså lave, er én plausibel forklaring at lokale avleiringer i rørsystemet har påvirket prøvetaking for prøven etter forbehandling.

Etter 6 måneders kontroll er verdier godt innenfor grenseverdi, dog stiger verdien for kobber noe, men er fremdeles vesentlig under grenseverdi (20 ug/l).



Figur 4 - Prøveresultater for 350.01 Isvannsanlegg. (1/2)



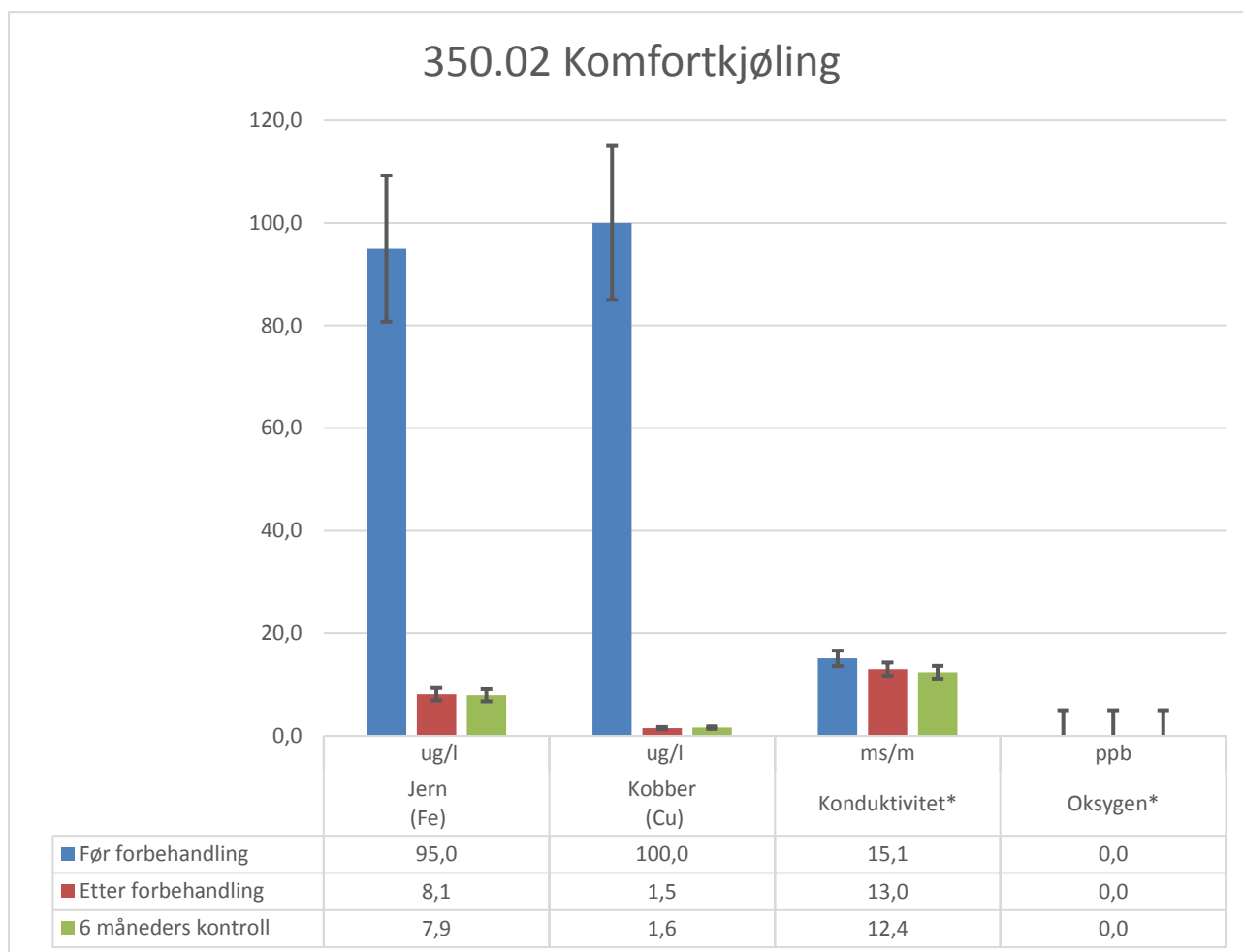
Figur 5 - Prøveresultater for 350.01 Isvannsanlegg. (2/2)

3.4 350.02 Komfortkjøling

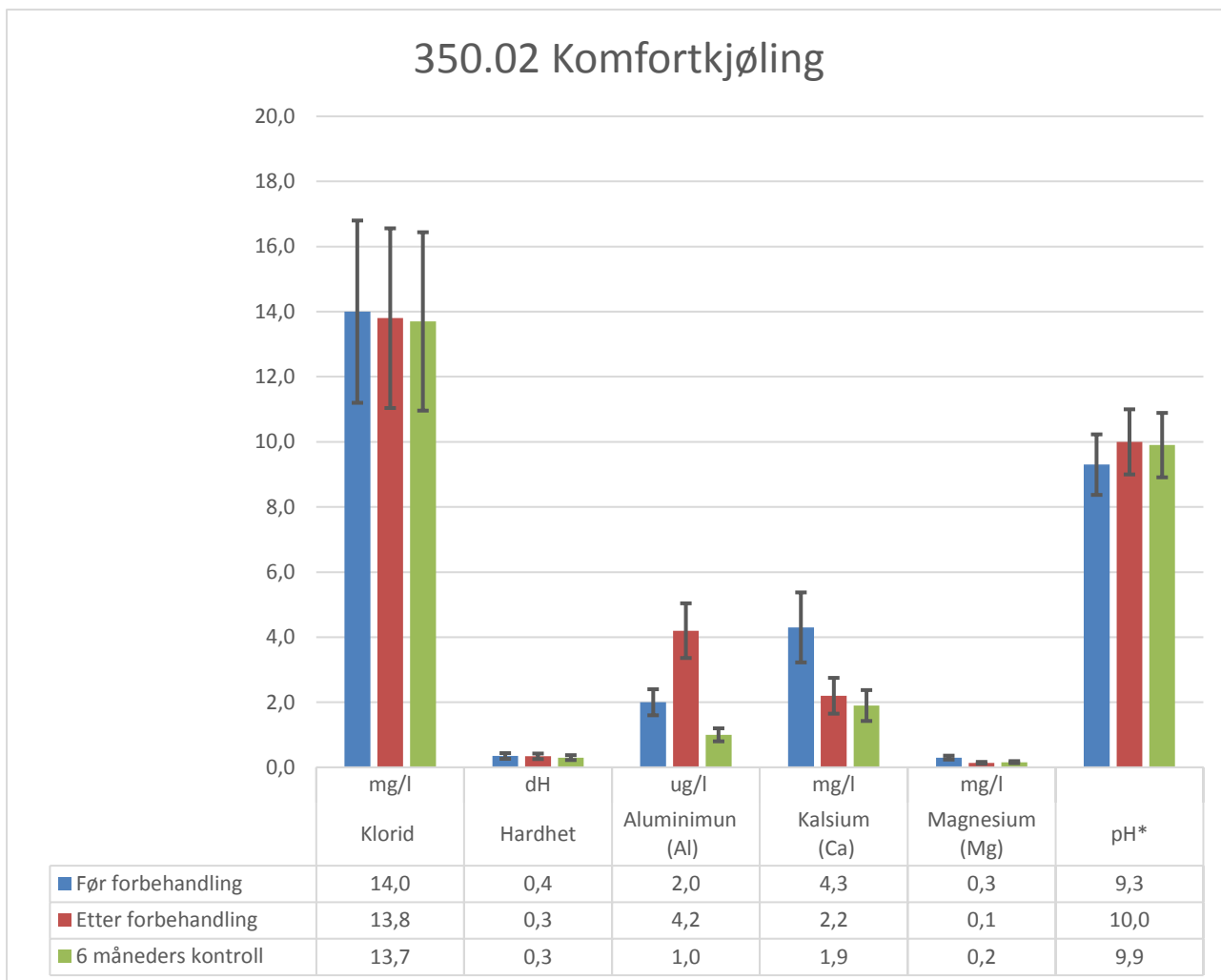
For komfortkjølesystemet er nivåer for kobber og jern høyt før behandling. Nivå for jern er noe under grenseverdi (100ug/l), mens kobber ligger vesentlig over grenseverdi (20ug/l).

Etter forbehandling faller forekomsten av jern og kobber til vesentlig under grenseverdi. Nivåer for klorid, kalsium og magnesium synker noe. Aluminiumsnivå øker noe, men er fremdeles relativt lavt.

Prøver fra 6 måneders kontroll viser i hovedsak verdier i samme område som etter forbehandling, med unntak av aluminium som har falt til nivåer lavere enn før forbehandling.



Figur 6 - Prøveresultater for 350.02 Komfortkjøling. (1/2)



Figur 7 - Prøveresultater for 350.02 Komfortkjøling. (2/2)

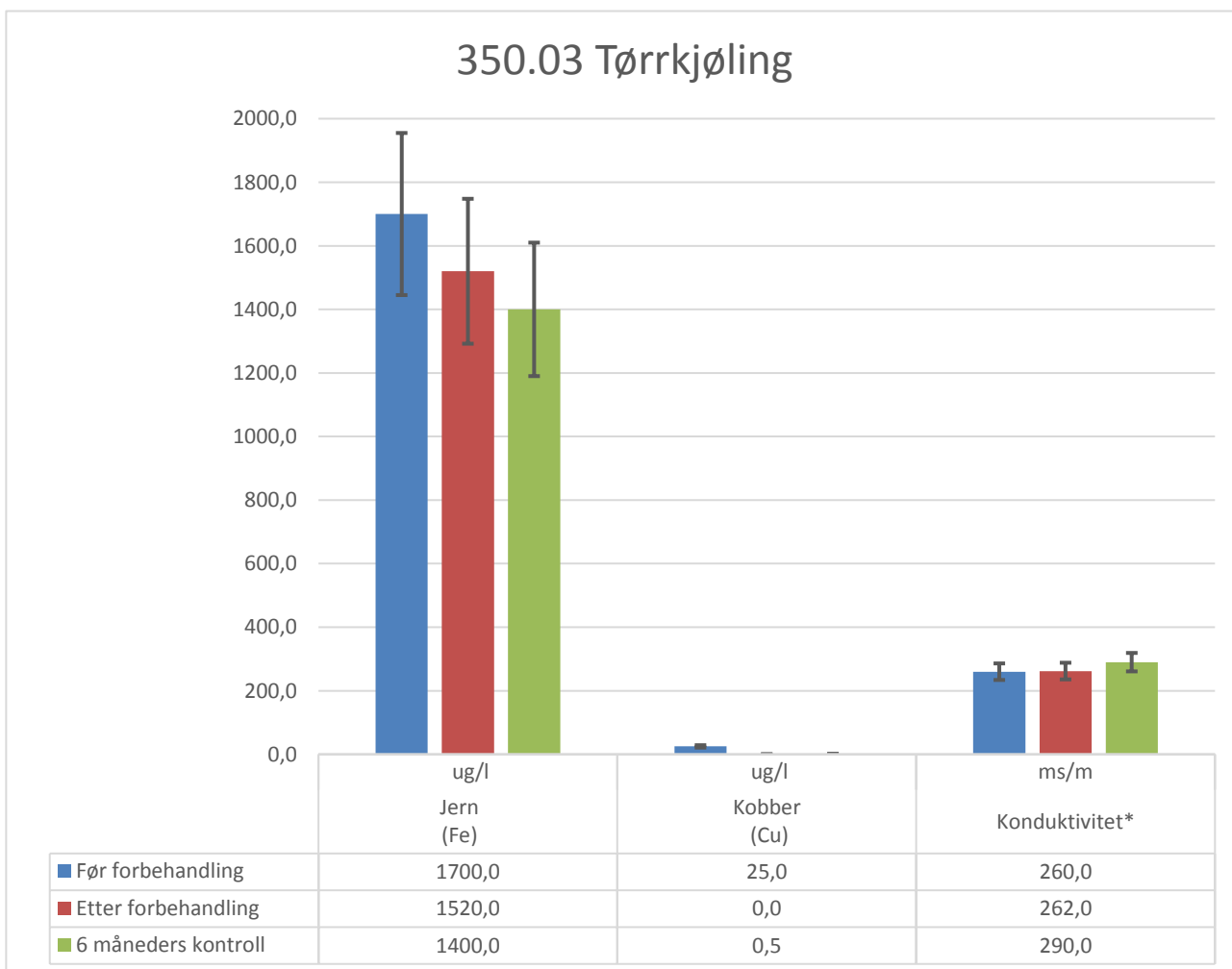
3.5 350.03 Tørrkjøling

Tørrkjølkretsen skal inneholde 35% glykol for frostsikring.

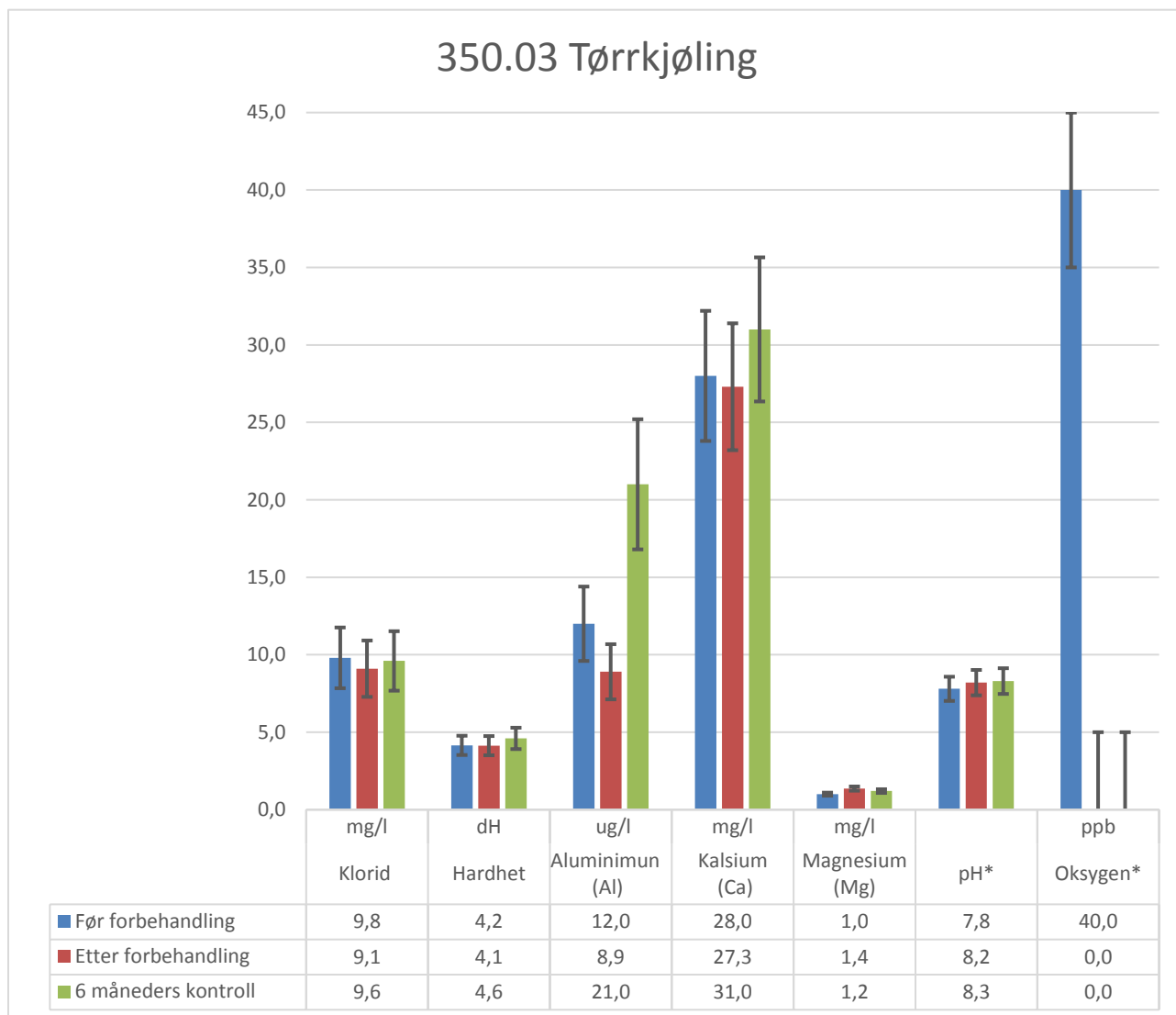
Før behandling startet, viser prøven svært høye verdier for jern, mens de fleste andre verdier er innenfor hva man forventer fra en glykolkrets. Et vesentlig unntak er oksygennivå. Her viste måling >40ppb, altså høyere enn målespekter for målemetode, og verdi som indikerer oppløst oksygen på korrosivt nivå.

Etter forbehandling er kobber og oksygen eliminert fra systemet, mens jerninnholdet fortsatt er høyt. Det kan tyde på at forbehandlingstiden ikke har vært lang nok, og at glykolblandingen vanskeliggjør filtrering av jernpartikler. Verdiene for jerninnhold er på en nedadgående kurve, men de målte verdier er likevel skyhøyt over aksepterte grenseverdier. Oppløst oksygen er ikke lenger tilstede i systemet, i det minste ikke ved målepunkt.

Ved 6 måneders kontroll er jernverdier fortsatt høye, men lavere enn etter forbehandling. Oksygen er målt til 0ppb. Det kan indikere at oksygen ikke lenger er et problem og at korrosjonsprodukter fortsetter og filtreres ut vha. vannbehandlingsanlegg. Kalsiumverdi er også økt, noe som kan tyde på påfylling, men det er innenfor målesikkerheten og antas derfor å være en ikke-signifikant endring.



Figur 8 - Prøveresultater for 350.03 Tørrkjøling. (1/2)



Figur 9 - Prøveresultater for 350.03 Tørrkjøling. (2/2)

4 Korrosjon i systemene

For de vannbårne anleggene ble det gjort målinger av oksygen ved en befaring fra Niprox på bygget før vannbehandlingsanlegg ble bestilt. Disse målingene viste samme resultat for oppløst oksygen som ved måling før forbehandling. Det antas derfor at det introduseres nok oksygen i anlegget til at nivået har blitt opprettholdt. Oksygennivået for varmeanlegget og tørrkjølkretsen var høyere enn 20ppb før behandlingsstart, som kan anses som en praktisk grenseverdi for ikke-korrosiv konsentrasjon av oppløst oksygen i vann. Isvannsanlegget og komfortkjøleanlegget ble funnet å ha oppløst oksygen tilsvarende 0 ppb.

Det er i denne sammenheng verdt å minne på at alle berørte anlegg hadde installert vakuumløstutskillere, men at to av systemene likevel inneholdt oppløst oksygen over grenseverdi for korrosiv konsentrasjon. Disse systemene hadde også prøveresultater som indikerte til dels svært store forekomster av korrosjonsprodukter/-partikler.

Dessverre har det ikke blitt utført periodiske målinger av korrosjonsproduksjon (slam i filter etc) over tid, slik at det er vanskelig å anslå korrosjonshastighet i systemene. Det er også vanskelig å estimere hvor mye oksygen som tilføres systemene og derav estimere korrosjonsrate.

Driftsenhet er konsultert vedrørende erfaring med røranlegg frem til installasjon av vannbehandlingsanlegg, og i det knappe året man har hatt vannbehandlingsanlegg i drift. I årene fra overtakelse frem til 2017 har man hatt problemer med varmedistribusjonen på bygget. Det har manglet varme noen steder. Under innregulering i 2016/2017 har man fått ordnet opp i dette, og flere steder stammer problemene fra oppbygging av korrosjonsprodukter i rørene. Det er rett og slett «plugg» av magnetitt og partikler i rørledningene som hindrer sirkulasjon. Etter innregulering og idriftsetting av vannbehandlingsanlegg har disse problemer vært fraværende. Det har dog kun gått et knapt år.

5 Energibesparelse

Det regnes ofte med at man får en energibesparelse ved installasjon av vannbehandlingsanlegg i systemer som mangler dette fra før. Energibesparelsen vil da bestå av blant annet:

- Mindre belegg av korrosjonsproduktet på varme/kuldeavgivere. Dette gjør at temperaturforskjell mellom energibærer (normalt vann) og rommet kan være noe lavere og gi en energigevinst
- Samme som over gjelder også for varmevekslere. Lavere temperaturforskjeller ved varmeveksling gir et mer energieffektivt system
- Mindre avleiringer i rør og deler gjør at rørmotstand synker eller holdes relativt lav
- Mindre avleiring fører til mindre tilstoppinger og energien flyter dit den skal. Systemer blir ikke kjørt «hardere» for å kompensere for dårligere strømning.

De aktuelle systemene har ikke hatt nødvendig logging for å kunne anslå energisparing for alle systemer. For varmeanlegget er energidata for fjernvarmeforbruk tilgjengelig. Disse data for foregående år har blitt brukt for å vise indikasjon på utvikling i energiforbruk i varmeanlegget.

Energiforbruket er graddagskorrigeret og vist i tabell under. Det understrekes at det har skjedd annet arbeid ved varmeanlegget i samme tidsperiode, og at det derfor er vanskelig å si eksakt hvilken påvirkning Niprox vannbehandlingsanlegg har hatt på energiforbruket (se kapittel 6).

År	Målt forbruk [kWh]	Graddagskorrigeret forbruk	Forskjell fra året før
2015	1 116 060	1 252 357	-
2016	1 015 650	1 119 540	-10,6 %
2017	962 480	1 080 021	-3,5 %

Tabell 2 - Målt og graddagskorrigeret fjernvarmebruk ved Odontologibygget for årene 2015-2017

6 Diskusjon

Prøveverdier fra før forbehandling startet etterlater et inntrykk av at det trengs delstrømsfiltrering for å få bort til dels store forekomster av partikler/korrosjonsprodukter. Det er også åpenbart at det for varmeanlegg og tørrkjølanlegg var behov for få kontroll på mengde oppløst oksygen i systemene. Holder man disse forhold sammen, er det tydelig at den løsning som har vært i bruk, ikke er tilfredsstillende. Delstrømsfiltrering er ikke strengt nødvendig for isvannsanlegget, men gir god effekt, mens det tydelig er nødvendig for øvrige systemer. Som nevnt i innledning har det ikke vært delstrømsfiltrering og eneste behandling av vann har vært vakuumbluftere som for 2 av 4 anlegg ikke har hatt tilstrekkelig virkning.

Problemer med oppbygging av korrosjonspartikler og oksygen virker å være stoppet etter forbehandling. Prøveverdier etter forbehandling viser bortfall av oksygen for varmeanlegg og tørrkjølanlegg der dette var et problem. Begge systemer hadde høyt innhold av metalliske partikler/forbindelser før forbehandling, mens dette nå enten er fjernet eller er på en nedadgående trend. Generelt er metalliske partikler filtrert ut av vannbehandlingsanlegget i forbehandlingsperiode, og konsentrasjoner er nå på akseptable nivå, vel innunder grenseverdier.

Etter 6 måneders kontroll befester resultatene fra endt forbehandling seg. Det er ingen vesentlige avvik, bortsett fra tørrkjølanlegget der prøveverdier for jern fremdeles er skyhøyt, dog på nedadgående kurve. Øvrig er oppløst oksygen fraværende i systemet, og prøveverdier er vel innenfor akseptable grenser.

Tørrkjølanlegget har verdier for jern som er skyhøyt over grenseverdier, selv etter forbehandling og 6 måneder med vedlikeholdsenergi. Verdiene er nedadgående, men enda langt fra akseptable. Det kan spekuleres i om glykolblandingens egenskaper gjør delstrømsfiltrering vanskeligere og at forbehandlingsperiode burde vært lenger i dette tilfellet.

Glykolinnholdet i tørrkjølkretsen er ikke målt. En mulig forklaring på de høye forekomstene av korrosjonsprodukter kan være at glykolinnholdet, og da også inhibitor, er lavere enn forutsatt og at rør pga dette og oksygentilgang har vært mer utsatt for korrosjon. Det er også mulig benyttet glykol ikke har inneholdt inhibitor.

Der er en måleusikkerhet ved resultatene som må tas i betraktning. For viktige parametere som oppløst oksygen, jern, kobber, er målte endringer av en størrelse som tilsier at måleusikkerhet ikke kan forklare endringen. Man har selvsagt en måleusikkerhet ved måten man praktisk har løst prøvetaking. Denne usikkerheten er ikke kvantifiserbar, og prøveresultater indikerer at eventuelle

feil er konsekvente fordi man har forholdsvis jevne verdier der dette forventes og kun ser endring der dette forventes. Det antas derfor at *endring* i prøveverdier er reelle og ikke resultat av feil ved prøvetakingsmetode, målefeil eller annet.

Byggets driftspersonale rapporterer at de vannbårne anlegg fungerer bedre og etter hensikten etter vannbehandlingsanlegg ble installert. Dette *kan* ha sammenheng med Niprox vannbehandlingsanlegg. Det er dog sannsynlig at flere faktorer påvirker dette. Alle berørte systemer har blitt innregulert på nytt pga avvikende vannmengder. Krysninger tur/retur ble avdekket og rettet opp. Hovedpumper varmeanlegg har blitt byttet til større kapasitet mtp. trykkehøyde og vannmengde.

Energibesparelsen er svært vanskelig å estimere eksakt, da det er flere tiltak ved byggets vannbårne systemer som er utbedret i samme tidsrom som vannbehandlingsanlegget er installert. For varmeanlegget er det skiftet ut radiatorventiler, gjennomført ny innregulering og skiftet hovedpumper. For komfortkjøleanlegget er det skiftet ut reguleringsventiler for alle kjølebafler og utført ny innregulering. Ny innregulering er utført også på tørrkjølkurs og isvannskurs.

Siden disse tiltak er utført samtidig, kan energigevinst – helt eller delvis – være relatert til andre tiltak enn vannbehandlingsanleggene fra Niprox.

Innledningsvis er vannprøve fra varmeanlegget nevnt som noe av bakgrunnen for installasjon av vannbehandlingsanlegg ved Odontologibygget. Denne prøven viste svært høye verdier for jern og kobber. I senere prøver har man ikke kunnet måle noe i nærheten av disse verdiene. Det antas at dette er fordi man har tatt prøver vha. en ventil plassert i bunn av rør og at man ikke har latt vann renne tilstrekkelig lenge til at man ikke får med partikler som er sedimentert i og ved aktuelt prøvepunkt. Fordi denne prøven viser så stor forskjell fra vannprøver tatt senere, har vi valgt å se bort fra den.

7 Konklusjon

Det er tatt prøver av alle berørte anlegg på 3 forskjellige tidspunkt. I hovedsak viser prøveresultatene:

1. Eksisterende vakuumløftere har ikke fungert tilstrekkelig godt nok for å få mengde oppløst oksygen ned på ikke-korrosivt nivå for varmeanlegg og tørrkjølanlegg
2. Niprox vannbehandlingsanlegg har gjort at man har fått kontroll med mengde oppløst oksygen i alle anlegg
3. For tørrkjølsystemet er det fremdeles svært høye verdier for jernpartikler, selv om oksygen nå er på ikke-målbart nivå. Det er mulig forbehandlingsprosess her burde hatt lenger varighet. Alternativt kan vedlikeholdsenhet ha hyppigere serviceintervall frem til verdier for jern er under kontroll. Det antas at egenskapene til glykolblandingen er skyld dårlig utfiltrering av jernpartikler.
4. For resterende systemer er målte parametere vel innenfor et akseptert område
5. Partikkelfiltrering i vannbehandlingsanleggene fungerer godt

8 Vedlegg

Vedlegg 1: Prøveresultat fra Eurofins – 12.01.2017

Vedlegg 2: Prøveresultat fra Eurofins – 26.01.2017

Vedlegg 3: Prøveresultat fra Eurofins – 03.07.2017