



## 1 INNGANGUR

Orkuveita Reykjavíkur nýtir vatn frá lág-hitasvæðum og frá háhitasvæði á Nesjavöllum. Vatn úr borholum frá lág-hitasvæðum er sent beint til notenda, en á Nesjavöllum er heit gufa og vatn notað til upphitunar á fersku köldu vatni, sem síðan er dreift til notenda og hefur vatnið frá Nesjavöllum því nokkuð aðra samsetningu en vatnið frá lág-hitasvæðunum.

Það er vel þekkt að eir og sum eirmelmi tærast í súlfíðríku umhverfi og mynda koparsúlfíð-útfellingar, hins vegar hefur skort rannsóknir á tæringarhraða við mismunandi aðstæður. Magn brennisteinsvetnis og uppleysts súrefnis eru taldir mikilvægustu þættirnir í því sambandi, en aðrir þættir svo sem sýrustig og kísilmagn geta einnig haft áhrif á tæringuna.

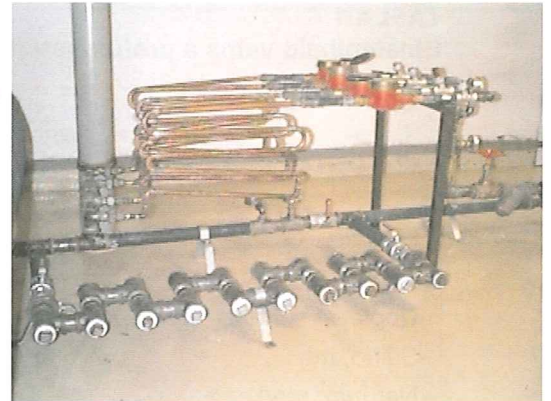
## 2 PRÓFANIR

Settar voru upp prófunargrindur á fjórum stöðum í dreifikerfi Orkuveitu Reykjavíkur í október 1997. Prófaðar voru sex mismunandi eirblöndur; þrjár látúnblöndur, CuZn40Pb2, CuZn39Pb3 og afsinkunarfrítt látún með 62%Cu, 2%Pb og 0,1%As, byssumálmur (gun metal) CuPb5Zn5Sn5, brons CuSn6 og hreinn kopar. Þessir málmar eru algengir í lokum, einstreymslokum, súhylkjum og ýmsum tengjum í lagnakerfum. Sýnin voru í formi tæringarplatna 25 mm x 50 mm að flatarmáli og 1 mm að þykkt.

Tæring var mæld eftir 12 og 18 mánuði með því að vigta plötunar fyrir og eftir prófun og eftir að útfellingar höfðu verið hreinsaðar af. Alltaf var um að ræða meðaltal mælinga á tveimur plötum. Útfellingar voru efnagreindar í rafeindasmásjá (SEM-EDAX) og með röntgengreiningu (XRD). Vegna stækkunar Nesjavallavirkjunar var vatnsrennslíð stopp á prófunarstað 4 í 5 mánuði frá maí til október 1998. Mynd 1 sýnir prófunargrind.

## 3 EFNAINNIHALD VATNS Á PRÓFUNARSTÖÐUM

Tafla 1 sýnir efnainnihald vatns á prófunarstöðum. Á þremur stöðum er jarðhitavatn af mismunandi uppruna. Munur á efnainnihaldi



Mynd 1

Prófunargrind. Sýnahaldarar fyrir plötur eru neðst á myndinni. Ofar eru eirrör, samsett með mismunandi lóðmálum, sjá Rb-blað "Tæring lóðmálma í súlfíðríku hitaveituvatni", Rb (53).006, útg. í júní 1999.

jarðhitavatnsins er aðallega í magni uppleysts súrefnis, brennisteinsvetnis, kísils og klóríðs. Á fjórða staðnum er upphitað ferskvatn. Jarðhitavatnið er kísilríkt og sýrustigið (pH) er u.þ b. 9,5. Upphitaða vatnið hefur hins vegar lágt kísilinnihald, pH 8,5 og hærra innihald af magnesíum og kalsíum. Jarðhitavatn inniheldur brennisteinsvetni upprunnið frá kólnandi kvikuinnskotum í skorpu jarðar en brennisteinsríkri gufu er bætt í upphitaða vatnið.

Magn uppleysts súrefnis er yfirleitt ekki mælanlegt í dreifikerfinu. Súrefni getur þó borist í vatnið, t.d. ef kalt grunnvatn streymir niður í jarðhitakerfið, þá kemst súrefni að hitaveituvatninu í miðlunartönkum og loks er hætta á súrefnisupptöku vegna millirennslis neysluvatns hjá neytandanum.

Orkuveita Reykjavíkur fylgdist reglubundið með magni brennisteinsvetnis og uppleysts súrefnis í dreifikerfinu. Magn uppleysts súrefnis er hverfandi (<0,003 ppm) í stöðvum 1, 2 og 4, en í stöð 3 mælist súrefnismagn að meðaltali 0,05 ppm. Bæði brennisteinsvetni og súrefni eru hvarfgjarnar gastegundir og hvarfast og eyðast þar til önnur gastegundin eða báðar eru uppnar. Hjá Orkuveitu Reykjavíkur er styrk brennisteinsvetnis haldið í nægilega miklu yfirmagni svo að það nær að eyða öllu súrefni sem fyrirfinnst eða berst í vatnið áður en vatnið nær til notenda.

**TAFLA 1**

**Efnainnihald vatns á prófunarstöðum í dreifikerfi Orkuveitu Reykjavíkur.**

	Jarðhitavatn frá lághitasvæðum (<150°C við 1000 m dýpt)			Upphitað ferskvatn
	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4
Hitastig, °C	80	80	80	80
pH við 25°C	9,6	9,5	9,5	8,5
Uppleyst súrefni, mg/l	<0,003	<0,003	<0,1	<0,003
Súlfíð, mg/l	0,1-0,9	0,5-0,9	0,1-0,6	0,1-0,5
Natríum, mg/l	41	59	43	12
Kalíum, mg/l	0,9	2,0	0,9	1,1
Kalsíum, mg/l	2,2	3,4	2,5	7,5
Magnesíum, mg/l	0,01	0,01	0,01	4,5
Klóríð, mg/l	14	56	20	8,0
Súlfat, mg/l	18	21	18	10
Karbónat, mg/l	22	17	20	44
Kísill, mg/l	84	150	88	29
Leiðni, S/cm við 25°C	200	345	200	129

#### 4 NIÐURSTÖÐUR

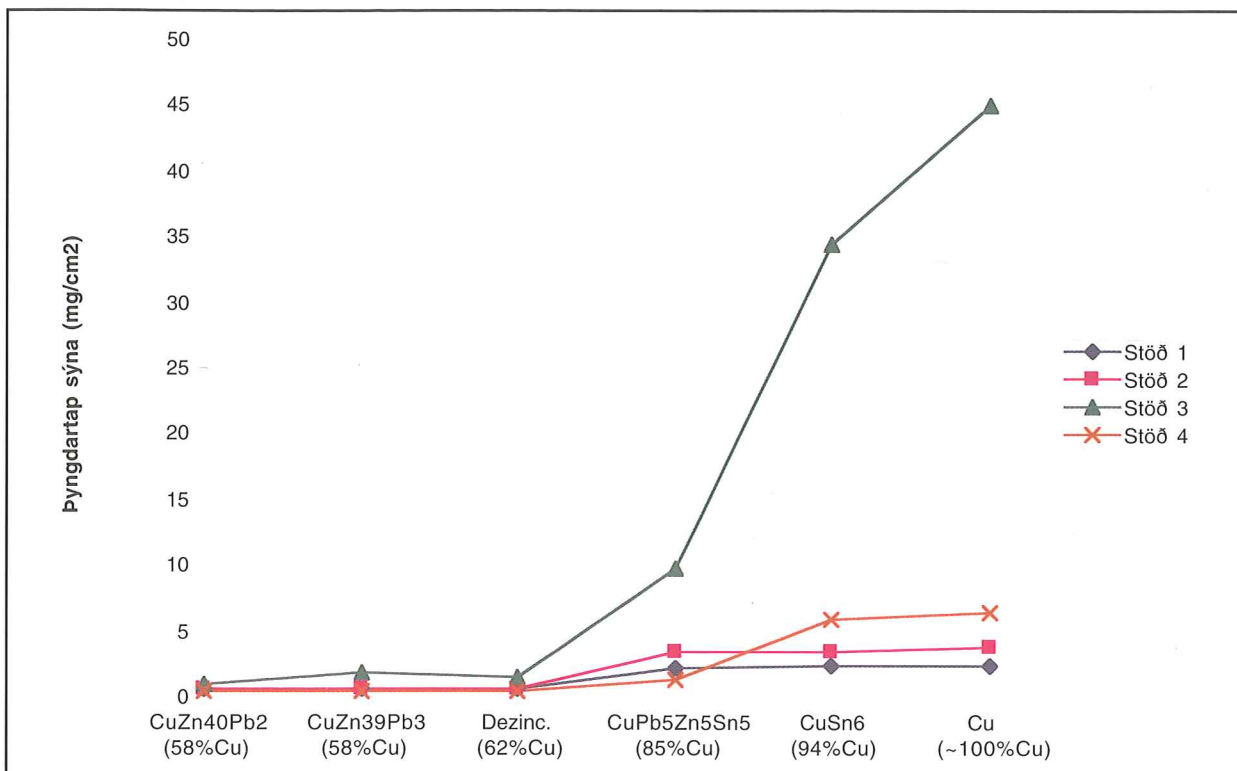
Tæring reyndist jöfn í öllum tilfellum og það voru hvergi merki ólgutæringar eða afsínkunar. Nokkur munur reyndist á tæringarhraða og efnasamsetningu útfellinga milli stöðva vegna mismunandi efnasamsetningar vatnsins.

Í stöð 1 voru grænar útfellingar á öllum sýnunum eftir 12 mánuði. SEM-EDAX og XRD efnagreiningar sýndu að um væri að ræða magnesíum siliköt ásamt minna magni af koparsúlfíði ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Einnig var töluvert magn af járn, líklegast tengt silikötunum. Eftir 18 mánuði hafði hlutfall koparsúlfíðs í útfellingum á kopar og brons sýnum aukist og útfellingar höfðu að hluta til losnað af.

Á hinum þremur prófunarstöðvunum, 2, 3 og 4 voru svartar útfellingar á kopar og brons sýnum aðallega koparsúlfíð ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), en einnig mældist silikat og töluvert vanadíum í útfellingum í stöð 4, þar sem um er að ræða upphitað ferskvatn. Útfellingar á látúni var aðallega koparsúlfíð, en einnig mældist sink og járn. Tæring byssumálms var mest í stöð 3, þar sem uppleyst súrefni mældist (0,05 ppm) og tæringarmyndanir voru aðallega CuS.

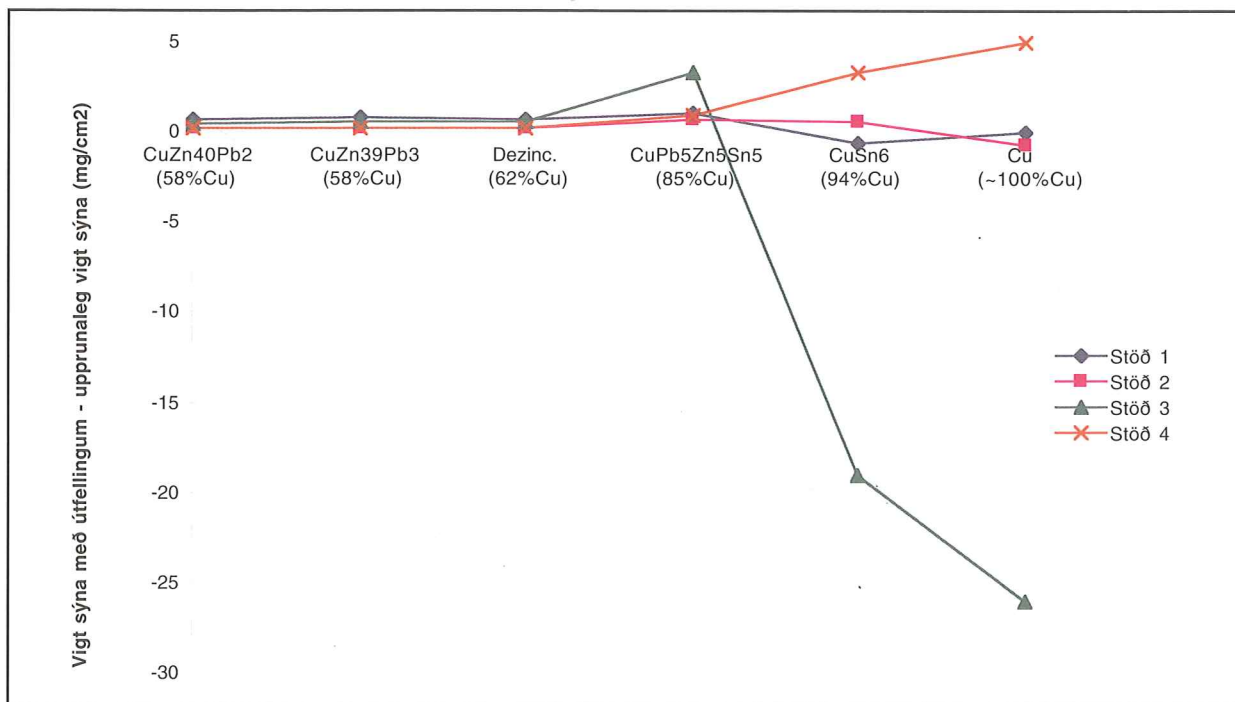
Niðurstöður mælinga á því hve mikið plötturnar léttast eru sýndar á mynd 2, með hækkandi koparinnihaldi sýna á x-ásnum. Tæring látún-málma var minnst á öllum fjórum prófunarstöðum og enginn munur var á tæringarhraða þeirra þriggja látún-tegunda sem prófaðar voru. Tæringarhraði jókst með auknu koparinnihaldi, sérlega þar sem uppleyst súrefni mældist í stöð 3. Þar er vigt kopar- og bronssýna eftir prófun með útfellingum minni en upprunaleg vigt sýnanna, vegna þess að koparsúlfíð-útfellingarnar hafa losnað af og borist með vatnsstraumnum. Þetta á sér líka stað í mun minna mæli í stöðvum 1 og 2 eftir 18 mánaða prófun (mynd 3). Tæringarhraði var áberandi mestur í stöð 3. Í upphitaða vatninu, stöð 4, þar sem pH mælist lægra en í jarðhitavatninu mælist tæringarhraði meiri en í stöðvum 1 og 2.

Koparsúlfíð-útfellingar eru mun þéttari í jarðhitavatninu og innsta lag þeirra er bundið málminum. Í upphitaða vatninu eru koparsúlfíð-útfellingarnar á kopar og brons sýnum mun gljúpari og þykkt þeirra meiri. Þegar þær þorna losna þær auðveldlega frá málminum og skilja eftir sig glansandi málmyfirborð. Mynd 4 sýnir bronsplötur með útfellingum frá prófunarstöðunum fjórum.



**Mynd 2**

Niðurstöður mælinga á því hve mikið plötur úr mismunandi málmblöndum léttast (tærast) á 18 mánuðum. 45 mg/cm<sup>2</sup> jafngildir 0,05 mm jafnri tæringu.



**Mynd 3**

Mismunur á vigt sýna með útfellingum eftir 18 mánaða prófun og upprunalegri vigt sýna.

4



Mynd 4

Bronsplötur með útfellingum eftir 12 mánaða prófun; stöð 1, 2, 4 og 3.

## 5 NIÐURLAG

Tæring eirmelma getur verið afar mismunandi í súlfíðríku hitaveituvatni. Látúnsýnin sem prófuð voru tærðust afar lítið á öllum prófunarstöðum. Enginn munur var á tæringarhraða milli mismunandi látúntegunda og engin afsínkun greindist. Tæringarhætta eykst með auknu koparinnihaldi, sérlega ef uppleyst súrefni er til staðar í kerfinu. Þannig var tæringarhraði kopars u.þ.b. tífaldur þar sem uppleyst súrefni mældist (0,05 ppm), miðað við hina staðina þar sem uppleyst súrefni var undir greiningarmörkum (<0,003 ppm). Þetta skýrir reynslu af mjög mismunandi endingu kopars í hitaveitukerfum.

Látún virðist henta vel í súlfíðríkum lagna-kerfum. Hins vegar getur verið varhugavert að nota koparríkari málma þar sem tæringarhraði eykst margfalt ef súrefni kemst í vatnið. Þá geta útfellingar losnað og valdið rekstrartruflunum í hitakerfum.

## 6 SKILGREININGAR

### Eir (kopar)

Eir er frumefnið Cu.

### Látún (messing)

Látún er blanda af eir (Cu) + sink (Zn), 56-90% eir og 44-10% sink, ásamt e.t.v. svoltíð blý (Pb), tin (Sn), ál (Al), mangan (Mn), nikkell (Ni), járn (Fe) o.fl.

### Brons

Brons er blanda af eir (Cu) + tin (Sn). Eir er aðalefnið (90-95%).

### Byssumálmur

Byssumálmur er eir + blý + sink + tin, algeng blanda er 85% eir og 5% af hinum þremur málmunum.

Blað þetta er samið af Ragnheiði I. Þórarinsdóttur og Einari Þorsteinssyni hjá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins.

Myndir:

Ragnheiður I. Þórarinsdóttir

Umbrot:

Hólmfríður Jóhannesdóttir

Prentun:

Steindórsprent Gutenberg ehf.

**EFTIRPRENTUN ÓHEIMIL**