



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**NESKAUPSTAÐUR**  
**Efnasamsetning neysluvatns**

Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Neskaupstaðarbæ

OS-95005/JHD-03 B

Febrúar 1995



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 640 711

**NESKAUPSTAÐUR**  
**Efnasamsetning neysluvatns**

Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Neskaupstaðarbæ

OS-95005/JHD-03 B

Febrúar 1995

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. EFNASAMSETNING VATNS OG VANDAMÁL TENGD HENNI	3
3. NIÐURSTÖÐUR	8

## TÖFLUSKRÁ

Tafla 1. Heildarefnasamsetning vatns í brunni (mg/l)	5
Tafla 2. Efnasamsetning vatns á ýmsum stöðum (mg/l)	5

## 1. INNGANGUR

Í mars á síðastliðnu ári kom Guðmundur H. Sigfússon bæjartæknifræðingur á Neskaupstað með sýni af neysluvatni frá ýmsum stöðum á Neskaupstað til efnarannsóknarstofu Orkustofnunar. Greindi hann frá vandamálum af völdum verulegs ryðs í vatninu, mismunandi miklu eftir stað og tíma. Kalt neysluvatn á Neskaupstað er tekið úr áreyrum Norðfjarðarár og lék grunur á að mýravatn frá nærliggjandi tünnum drægist með inn á kerfið þegar álag er mikið. En þar sem líka þótti mögulegt að um tæringu á rörum væri að ræða, hafði verið reynt að ráða bót á vandanum með því að bæta fosfati í vatnsgeymi áður en vatninu er dælt til neytenda. Takmarkaður árangur virðist hafa orðið af þeirri íblöndun því að enn sem fyrr bárust kvartanir um ryð í vatninu. Járn og fosfat voru greind í nokkrum þessara sýna en sýnt þótti að þar sem þau voru hvorki síuð né meðhöndluð á annan hátt við sýnatöku, væri hæpið að taka mark á niðurstöðum. Til dæmis verður að frysta sýni sem greina á fosfat í mjög fljótt eftir sýnatöku til að fosfatið brotni ekki niður áður en tekst að greina það. Því var ákveðið í samráði við bæjartæknifræðing að sérfræðingar Orkustofnunar kæmu og tækju sýni næst þegar þeir yrðu á ferð í fjórðungnum. Í júní 1994 þegar ég var þar á ferð var úrhellisrigning og miklar leysingar þannig að ekki þótti marktækt að taka sýni vegna blöndunar leysingavatns. Í nóvember 1994 féll aftur ferð um Austurland og voru nú skilyrði öll hagstæð. Voru tekin alls 7 vatnssýni á staðnum, eitt sýni úr vatnsbólínu til heildarefnagreiningar, og sex sýni til greininga á sýrustigi, karbónati, járn og fosfati. Sýnin voru m.a. tekin úr dreifikerfinu til að kanna feril járnsins í vatninu. Súrefni var mælt á staðnum og sýrustig og karbónat mjög fljótt eftir sýnatöku. Sýni til greininga á fosfati voru fryst samdægurs og efnagreind síðar. Sýni til greininga á járn voru síuð og sýrð til að halda járninu í upplausn. Járníð ásamt öðrum efnun í heildarsýninu voru efnagreind með hefðbundnum aðferðum á efnafræðistofu Orkustofnunar. Að auki voru tekin með til athugunar rörbútar úr lögnum, sem voru nær fylltir af ryðbrúnu efni. Það var skafið úr rörum og efnagreint með röntgentækni.

## 2. EFNASAMSETNING VATNS OG VANDAMÁL TENGD HENNI

Niðurstöður efnagreininga allra sýnanna, sem voru tekin í nóvember, liggja nú fyrir. Í sýni sem var tekið úr vatnsbólínu þar sem vatninu er dælt út á kerfið voru öll aðalefni mæld. Þó það sé nefnd heildargreining er ekki mældur styrkur snefilefna og því er slík greining ekki nægilega ítarleg ef á að meta gæði vatnsins til útflutnings. Efnasamsetning þessa vatns er sýnd í töflu 1. Samkvæmt henni er þetta ágætis neysluvatn og styrkur þeirra efna sem mældur var er innan alþjóðlegra viðmiðunarmarkna.

Megintilgangur þessarar athugunar var að finna orsakir járnmengunar í vatni á veitukerfinu. Vatnið er leitt til bæjarins úr brunni sem er grafinn í áreyrar Norðfjarðarár. Viða í lögnum myndast ryðbrúna útfellingar eða tæringarhrúður. Mest er af því í járnörum, sem vilja stíflast með tímanum. Rauðleit filma sest innan á plaströr, en ekk-

ert sést í ryðfríum stállögnum. Útfelling og grugg er mest áberandi eftir að vatnið hefur verið hitað, en víða er það hitað í yfir 60°C. Tvær skýringar á þessu eru hugsanlegar. Í fyrsta lagi að styrkur járns í vatnsbólí sé svo hár að valdi vandræðum við nýtingu, og í öðru lagi að vatnið nái að tæra járnror í meiri mæli en almennt gerist.

Tafla 2 sýnir niðurstöður greininga á röð sýna sem voru tekin til að kanna styrk járns í vatninu, sýrustig og styrk karbónats, en þetta eru þau efni ásamt súrefni sem mest áhrif hafa á járnþæringu og útfellingar. Þá var fosfat mælt í öllum sýnunum. Súrefni var aðeins mælt í vatnsbólínu þar sem vitað er að yfirborðsvatn er mettað af súrefni. Í töflunni er reiknuð svokölluð "frjáls" kolsýra, út frá styrk karbónats og sýrustigi, en styrkur hennar skiptir miklu máli um hversu tærandi vatn er. Fyrst verður gerð grein fyrir dálkunum í töflunni, til að glöggva sig á vali sýnatökustaða. Í fyrsta dálki er sýni sem var tekið úr læk sem rennur í Norðfjarðará rétt fyrir ofan vatnsbólíð. Vatnið úr læknum hlýtur að blandast neysluvatninu, og líklegt þótti að það bæri með sér járnrikt mýravatn, eða jafnvel áburðarmengun frá nærliggjandi túnum. Rétt við vatnsbólíð er vatni safnað í lón, en vatnið úr lóninu sitrar gegnum sandeyrina að brunninum. Dálkur 2 sýnir efnagreiningu á vatni úr lóninu. Þriðji dálkur sýnir greiningu úr vatnsbólínu sjálfu. Það er sama sýni og heilgreining er af í töflu 1. Þetta er brunnur sem er steypdur ofan í sandinn og byggt yfir. Vatnsborðið er á um 2 m dýpi. Sýni í fjórða og fimmta dálki (Sýni A) voru tekin í fjölbýlishúsi aldraðra, en þar hefur borið mikið á gruggi, einkum í heita vatninu. Í seinustu tveimur dálkum eru svo sýni sem voru tekin í eldhúsi í Hótel Egilsbúð (Sýni E). Þar hafði borið minna á gruggi.

Ýmislegt er athyglisvert við niðurstöður efnagreininga þessara sýna. Ef við lítum fyrst á járnstyrk er hann allhár í lækjarvatninu eins og búist var við. Hann er nokkru lægri í uppistöðulóninu, en þó nægur til að sýna að árvatnið er blandað járnriku vatni, sennilega "mýravatni". Í brunninum hefur hann svo lækkað verulega. Það sýnir að sandurinn í eyrunum virðist síá járníð allvel úr vatninu og því ekki ástæða til að ætla að járníð í dreifikerfinu sé ættað úr vatnsbólínu, a.m.k. ekki við þær aðstæður sem ríktu við sýnatöku. Ætla má að þá hafi vinnsla verið í meðallagi, en ekkert skal fullyrt um hve vel járníð síast í sandinum við hámarksálag. Járnstyrkur í íbúðum aldraðra eykst mjög við upphitun vatnsins, sem sýnir að járn er að tærast, sennilega í upphitunarkút og lögnum frá honum. Minni aukning járnstyrks sést í sýnunum frá hótelinu. Þegar kalt grunnvatn sem er u.þ.b. mettað af súrefni er hitað upp verður það mjög tærandi á járn, og er talið að tæringarhætta aukist jafnt og þétt eftir að hiti vatnsins fer yfir 40°C. Þar sem tæring verður þrátt fyrir að lagnir að íbúðum aldraðra séu eingöngu úr plasti og asbesti, hlýtur járníð að koma úr lögnum í húsinu eða upphitunarkerfinu sjálfu. Annar öflugur tæringarvaldur er frjáls kolsýra, sem er því meiri í vatni sem sýrustig er lægra. Það sem er átt við með "frjáls kolsýra" er sá hluti mælds karbónats (sem er gefið upp á forminu CO<sub>2</sub>) sem er raunverulega óklofið CO<sub>2</sub> mólíkul. Ef sýrustig er pH 7 eða hærra er stærstur hluti karbónatsins klofinn í jónirnar HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> og CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>. Sé sýrustig lægra en pH 7 eykst hlutur frjálsrar kolsýru eftir því sem sýrustigið lækkar. Það sem vekur athygli við niðurstöðurnar í töflu 2 er að styrkur karbónats tvöfaldast við að vatnið úr ánni og læknum síast inn í vatnsbólíð um leið og sýrustigið lækkar. Við það fjórfaldast styrkur frjálsrar

kolsýru. Ekki hefur fundist viðhlítandi skýring á þessu, en af þessu leiðir að tveir samverkandi tæringarvaldar eru að verki í dreifikerfinu. Til að meta hve mikill tæringarmáttur vatns er, er stundum reiknað mettnarstig kalsíts í vatninu, en það er að öðru jöfnu lægra við lágt sýrustig. Ef vatnið er undirmettað með tilliti til kalsíts má reikna með að það sé tærandi. Ekki er talin tæringarhætta ef yfirmettun er +0,5 en ef undirnettun er -3,0 er það talið mjög tærandi. Reiknuð mettnun í vatnsbólí Neskaupstaðar er -2,8 sem sýnir að tæringarmáttur kolsýrunnar er mikill og sennilega mun áhrifameiri í þessu vatni en uppleysta súrefnið.

Fosfatstyrkur vatnsins reyndist mjög lítil í öllum sýnum, eða neðan við greiningarmörk mæliaðferðarinnar. Það sýnir að vatnið er ekki mengað af áburði frá nærliggjandi túnum. Sú staðreynd að ekki mælist fosfat í sýnunum á kerfinu þrátt fyrir íblöndun þess í vatnið, á sér þá skýringu að íblöndunarefnið myndar hexametafosfatsameindir sem hvarfast ekki auðveldlega við önnur efni og mælast því ekki með venjulegum aðferðum.

Rörbútur úr lögninni sem er 1 ½ tommu í þvermál og var hálfylltur af ryðbrúnu efni, var skoðaður á þann hátt að efnið var skafið vandlega úr rörinu til að sjá hvort eingöngu væri um útfellingu að ræða, eða hvort rörið væri líka tært. Ekki reyndist unnt að finna sléttan flöt innan á rörinu, og rörið virtist misþykkt. Því er það greinilega tært og því er hér fremur um tæringarhrúður að ræða en útfellingu. Hrúðrið var greint með röntgen diffraksjón tæki. Það reyndist vera magnetít, sem er algengt járnnoxíð og myndast gjarnan við tæringu á járn.

Af framansögðu er dregin sú ályktun að ryð í vatni og járnhrúður í dreifikerfi vatnsveitu Neskaupstaðar séu fyrst og fremst vegna tæringar í járnlögnnum kerfisins. Tæringarvaldar eru uppleyst súrefni, en þó aðallega frjáls kolsýra í vatninu. Ýmislegt er unnt að gera til að draga úr tæringaráhrifum súrefnisríks vatns, enda vandamálið yfirleitt til staðar þar sem kalt grunnvatn er hitað upp. Málið er allmiklu flóknara þar sem annar mun áhrifameiri tæringarvaldur bætist við sem er frjálsa kolsýran. Hún myndi hverfa ef tækist að hækka sýrustig vatnsins, en til þess eru nokkrar leiðir mishentugar.

Til að byrja með er ráðlagt að hita vatnið ekki mikið yfir 50°C, og alls ekki yfir 60°C. Tæringarhraði súrefnismettaðs vatns eykst smám saman eftir að það nær 40°C, og alltaf eru einhver brögð að tæringu þar sem slíkt vatn er hitað meira og járnlagningar eru á annað borð fyrir hendi. Til að losna við súrefni úr vatninu þarf að aflofta vatnið eftir upphitun og hverfur þá frjálsa kolsýran um leið og sýrustig hækkar. Það er hins vegar varla raunhæf aðgerð þar sem vatn er hitað sér fyrir hvert hús, því vakúmdælur og annar afloftunarbúnaður er dýr. Það væri aftur á móti sjálfsagður búnaður ef vatnið væri hitað í kyndistöð fyrir allan bæinn. Þá gæti einnig gert gagn að setja svonefnt "fórnarskaut" í hitakút. Það er oft úr magnesíum og virkar sem anóða og myndar þannig katóðuvörn fyrir stálið.

Hugsanlega mætti breyta kolsýrujafnvæginu með því að lofta vatnið fyrir upphitun á svipaðan hátt og gert er í fiskeldisstöðvum. Stöðug hræring í vatninu veldur því að það

leitast við að ná jafnvægi við andrúmsloftið, frjálts kolsýra fer út og sýrustigið hækkar um leið. Til að athuga hvaða breyting hefur orðið á sýninu sem var tekið úr vatnsbólínu á Neskaupstað í nóvember, við það að standa í plastflösku við stofuhita, var sýrustig þess mælt og styrkur karbónats. Sýrustigið reyndist pH 7,80 en styrkur karbónats hafði ekki breyst. Styrkur frjálstrar kolsýru hafði hins vegar breyst verulega. Reiknaður við pH 7,80 reyndist hann 0,7 mg/l í stað 5,1 mg/l þegar sýnið var mælt fyrst. Mettunarstig kalsíts hefur hækkað í -1,7. Í því sambandi verður að geta þess að kalt grunnvatn á Íslandi er yfirleitt undirmettað með tilliti til kalsíts. Til dæmis hefur kalda vatnið sem Hitaveita Suðurnesja hitar í Orkuverinu mettunarstigið -1,9. Það er líka afloftað ræki-  
lega við hitun, og að auki notuð gufa með brennisteinsvetni til að eyða súrefni.

Reynt hefur verið að bregðast við tæringunni í Neskaupstað með því að bæta fosfati í vatnið, en það myndar m.a. hlífðarhúð innan á rörum, sem talið er að geti komið í veg fyrir tæringu. Það eru skiptar skoðanir um hvaða áhrif þetta hefur haft. Það hefur að minnsta kosti ekki komið í veg fyrir tæringuna. Talið er að ef varnarhúðin er ekki nógu sterk geti það örvað pyttatæringu þar sem vörnin er veikust. Þá eru þekktar ýmsar efnafræðilegar aðgerðir til að breyta sýrustigi, og er þeim beitt víða erlendis. Íblöndun kalks ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), og sóða ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), hækkar sýrustig og gerir vatnið dálítið yfirmettað af kalki. Kalkið á síðan að mynda varnarhúð á rörin. Rétt er að geta þess að ekki er ráðlagt að nota galvaniseruð rör þar sem kalt vatn er hitað (Ísl. staðall ÍST 67).

Vel þarf að athuga hvernig á að leysa þetta vandamál á hagkvæman hátt til langs tíma. Fyrsta skrefið til langtímalausnar væri að kanna þau efnahvörf sem valda því að sýrustigið lækkar og karbónat hækkar þegar járn síast úr vatninu í áreyrunum. Til þess þyrfti að bera aðstæður saman við aðstæður annars staðar þar sem líkt háttar til, og taka sýni á sambærilegan hátt. Þetta yrði nokkuð tímafrek rannsókn og sjálfsagt að grípa til annara lausna á meðan. Rétt er að reyna að koma í veg fyrir að vatn úr lækjum sem renna um mýrajarðveg á svæðinu renni inn í vatnsbólið eða í ána rétt fyrir ofan vatnsbólið líkt og það gerir nú. Hugsanlega væri hægt að veita umræddum læk framhjá vatnsbólínu til að byrja með. Regluleg sýnataka með ákveðnu millibili væri nauðsynleg til að fylgjast með árangri þeirrar breytingar. Hvað varðar útfærslu vinnslutæknilegra lausna á þessum vanda vísast til Sverris Þórhallssonar, deildarstjóra verkfræðideildar Orkustofnunar, en hann hefur mikla reynslu af að fást við vinnslutæknileg vandamál.

Tafla 1. Heildarefnasamsetning í brunni (mg/l).

Dagsetning Númer	94-11-08 94-9179
Hiti (°C)	4,0
Sýrustig (pH/°C)	6,80/22
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	9,5
Natríum (Na)	4,2
Kalíum (K)	0,2
Kalsíum (Ca)	3,9
Magnesíum (Mg)	1,6
Karbónat (CO <sub>2</sub> )	19,5
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	1,5
Brennist.vetni (H <sub>2</sub> S)	<0,03
Klóríð (Cl)	3,4
Flúoríð (F)	0,03
Fosfat (HPO <sub>4</sub> )	<0,1
Járn (Fe)	0,011
Súrefni (O <sub>2</sub> )	10
Uppleyst efni (TDS)	50

Tafla 2. Efnasamsetning vatns á ýmsum stöðum (mg/l).

Staður Númer	Lækur 94-9180	Lón 94-9181	Vatnsból 94-9179	A(kalt) 94-9184	A(hitað) 94-9185	E(kalt) 94-9182	E(hitað) 94-9183
Járn (Fe)	0,108	0,063	0,011	0,009	0,044	0,017	0,020
Sýrustig (pH/°C)	7,20/22	7,30/22	6,80/22	6,80/22	6,90/22	6,90/22	-
Karbónat (CO <sub>2</sub> )(t)	11,1	10,0	19,5	23,4	22,8	20,8	-
Frjáls kolsýra (CO <sub>2</sub> )	1,3	1,2	5,1	5,9	6,2	5,5	-
Súrefni (O <sub>2</sub> )	-	-	10	-	-	-	-
Fosfat (HPO <sub>4</sub> )	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-

- ekki mælt



### 3. NIÐURSTÖÐUR

- Heildarefnasamsetning neysluvatns Neskaupstaðar sýnir að þetta er ágætt neysluvatn. Styrkur uppleystra efna sem mæld voru er lágur, en styrkur járnns er þó of hár til að vatnið væri hæft til fiskeldis. Snefilefni voru ekki mæld í sýnunum, en vitneskja um þau verður að liggja fyrir ef á að flytja út neysluvatn.
- Nokkuð af járnri kemur inn í geymslulón fyrir neysluvatn Neskaupstaðar. Járníð er ættað úr læk sem rennur af nálægu mýrasvæði. Áreyrarnar virðast síja járníð vel úr vatninu, svo styrkur þess í neysluvatnsbrunni er orðinn lítill. Því er ósennilegt að uppleyst járn úr vatninu sé að falla út í veitunni.
- Vatnið er um það bil mettað af súrefni eins og yfirborðsvatn er yfirleitt. Þegar svo súrefnisríkt vatn er hitað upp verður það mjög tærandi á járn úr því að hitastig þess fer yfir 40°C.
- Annar öflugur tæringarvaldur er frjáls kolsýra. Hún er í nokkrum mæli í þessu vatni vegna þess hve sýrustig er lágt. Hún er sennilega áhrifaríkasti tæringarvaldurinn í þessu vatni.
- Það fyrsta sem er hægt að gera til að koma í veg fyrir tæringu er að hita vatnið ekki meira en í 50-55°C. Það ætti strax að draga verulega úr tæringunni.
- Annað ráð til að losna við tæringarvaldana er afloftun vatnsins. Áhrifaríkast er að aflofta vatnið eftir hitun og eyða þannig bæði súrefni og frjálsri kolsýru. Það krefst hinsvegar talsverðs tæknibúnaðar. Mögulegt er að setja upp loftunarbúnað á kerfið fyrir upphitun til að koma á kolsýrujafnvægi við andrúmsloftið. Það kynni að hækka sýrustig og draga þannig úr tæringu af völdum kolsýru. Hins vegar minnkar það ekki súrefni í vatninu. Önnur þekkt ráð til að vernda járn gegn tæringu eru íblöndun efna sem m. a. hækka sýrustig þess. Þá eru stundum sett "fórnarskaut" í kerfið.
- Sjálfsagt er að rannsaka hvers vegna sýrustig lækkar í vatnsbólínu með ofangreindum afleiðingum. Meðan ekki er vitað um orsakir þess er rétt að reyna að koma í veg fyrir að mýravatn komist í vatnsbólið.