



**Vinnslueftirlit hjá Hitaveitu Akureyrar.  
Verklýsing**

**Ólafur G. Flóvenz,  
Guðni Axelsson,  
Hrefna Kristmannsdóttir,  
Magnús Ólafsson**

**Greinargerð ÓGF-GAx-HK-MÓ-92-03**

## Vinnslueftirlit hjá Hitaveitu Akureyrar Verklýsing

### 1. Inngangur

Tilgangur þessarar greinargerðar er að lýsa eftirliti með vinnslu á jarðhitasvæðum Hitaveitu Akureyrar og verkaskiptingu milli Orkustofnunar og starfsmanna hitaveitunnar. Greinargerð þessi er jafnframt hluti af rammamningi Hitaveitu Akureyrar og Orkustofnunar um vinnslueftirlit og rannsóknir.

### 2. Tilgangur vinnslueftirlits

Vinnslueftirlit felst í því að fylgjast með vinnslu úr jarðhitakerfum og mæla þær breytingar sem verða á þeim við vinnslu. Tilgangurinn er í meginráttum þrjúþættur:

- að fylgjast með gæðum vatnsins sem dælt er upp, þrýstingsbreytingum í jarðhitakerfinu og öðrum þáttum sem hafa áhrif á daglegan rekstur þess.
- að fá upplýsingar um eðli og hegðan jarðhitakerfisins með það í huga að geta spáð fyrir um hegðan þess og afköst í framtíðinni.
- að fylgjast með áhrifum jarðhitavinnslunnar á umhverfið

Til þess að ná þessum markmiðum þarf að mæla reglulega ýmsa þætti tengda vinnslunni. Hvað mælt er og hvernig getur verið breytilegt frá einu jarðhitasvæði til annars. Síðasta áratug eða svo hefur vinnslueftirlit hjá Hitaveitu Akureyrar verið í föstum skorðum. Vinnsla og hiti í öllum vinnsluholum eru skráð og vatnsborð í fjölmörgum öðrum holum samkvæmt ákveðnu prógrammi. Þá hafa verið tekin sýni árlega til heildarefnagreiningar úr öllum vinnsluholum og af tveimur stöðum í dreifikerfinu. Einnig hefur hiti í ónotuðum borholum verið mældur stöku sinnum til að kanna hugsanlegt niðurrennsli vatns og kælingu jarðhitakerfanna. Þetta vinnslueftirlit hefur aflað mjög mikilvægra upplýsinga um eðli vatnskerfanna og er grundvöllur að vinnsluspám sem ásamt mati á orkuþörf ráða hvernig heppilegast er að nýta jarðhitasvæðin og hvenær þörf er á frekari orkuöflun. Engar sérstakar mælingar hafa verið gerðar til að fylgjast með áhrifum vinnslunnar á umhverfið, utan þess sem felst í ofangreindum þáttum.

Efnaeftirlitið beinist einkum að tveimur markmiðum, annars vegar að því að fylgjast með innstreymi kalds vatns inn í vinnslusvæðin og meta áhrif þess á vinnslueiginleika vatnsins, hins vegar að því að sjá samspil mismunandi vatnskerfa á vinnslusvæðunum. Í báðum tilvikum er æskilegt að hafa sem tíðastar mælingar en mismunandi er hvers konar greininga er þörf fyrir hvort tilvik. Áhrif innstreymis kalds vatns sjást fyrst og fremst í röskun efnajafnvægis og geta komið fljótlega fram í breyttu sýrustigi, hlutfalli stöðugra samsæta (súrefni, vetni), og breyttum styrk ýmissa efna, einkum þeirra sem eru í mjög mismunandi magni í heita og kalda vatninu. Hversu mikil áhrif sjást í hinum ýmsu þáttum er einnig háð hita vatnskerfanna og því hve stutt og greið leiðin er frá insstreymisstað að vinnsluholu.

Nú er lokið gerð reiknilíkans af jarðhitakerfinu á Botni (Guðni Axelsson og Grímur Björnsson, 1992). Þar voru öll tiltæk gögn frá Botni notuð til að búa til hugmyndalíkan af jarðhita-

kerfinu, sem reiknilíkanið var byggt á, en það var síðan slípað þannig til að það hermir nú mjög vel alla vinnslusögu svæðisins og hegðan þess. Í ljósi þeirrar reynslu sem fengist hefur við þessa líkangerð og með tilliti til 10-12 ára reynslu af vinnslueftirlitinu eins og það er nú, þykir ástæða til að staldra við og endurskoða fyrirkomulag þess þannig að það falli sem best að þeim markmiðum sem sett eru með vinnslueftirlitinu og eru innan skynsamlegra fjárhagslegra marka.

### 3. Fyrirkomulag vinnslueftirlits

Vinnslueftirlitinu má í megindráttum skipta í tvo hluta, daglegt vinnslueftirlit og langtíma-vinnslueftirlit. Hið fyrirtalda er alfarið í höndum starfsmanna Hitaveitu Akureyrar og verður ekki fjallað um það hér. Orkustofnun kemur hins vegar inn í hið síðartalda.

Langtímaeftirlitið er í aðalatriðum samsett úr þrenns konar athugunum, vatnsborð- og vinnslumælingum, efnagreiningum og hitamælingum í borholum. Reynslan sýnir að vatnsborðs- og vinnslumælingar (rennsli, hiti) hafa verið gerðar á fullnægjandi hátt, sömuleiðis hitamælingar í borholum.

Um fyrirkomulag efnaeftirlits eru hins vegar skiptar skoðanir meðal sérfræðinga Orkustofnunar. Þeir sem fást við gerð forðafraeðilkana telja að efnasýnataka sé of strjál til að koma að fullum notum til að greina innrennsli á köldu vatni í jarðhitakerfin og til að skoða blöndnarhlutföll. Kemur þar tvennt til. Annars vegar er talsverð sveifla í vatnsborði svæðanna sem veldur sveiflum í efnastyrk vegna mismikillar blöndunar ólíkra vatnskerfa, hins vegar er svo lítill munur á styrk efna í heita og kalda vatninu að mjög mikla nákvæmni í mælingu þarf til að sjá minna en 10-20% blöndun. Sú nákvæmni eykst með fjölda mælinga. Í sjálfu sér er enginn skoðanamunur á því að æskilegt væri að fjölga sýnum, en þar sem kostnaður vex mjög með fjölgun á heilsýnum þykir vart réttlætjanlegt að leggja slíkt til. Þess vegna hefur þeirri hugmynd skotið upp að hætta að taka heilsýni árlega en láta í þess stað starfsmenn hitaveitunnar taka sýni fjórum sinnum á ári til greininga á völdum efnum sem líkleg eru til að endurspeglar sem best breytingar í því vatni sem dælt er upp. Heilsýni yrðu samkvæmt þessu aðeins tekin 4.-5. hvert ár, nema umtalsverðar breytingar yrðu á styrk þeirra þátta sem mældir yrðu ársfjórðungslega.

Þessari hugmynd hafa sérfræðingar Orkustofnunar í jarðefnafræði andmælt og telja að alls ekki megi fórna árlegri heildarefnagreiningu. Ástæðan er sú að með heildarefnagreiningu fæst yfirsýn yfir efnasamsetningu vatnsins og unnt er að reikna út hvort vatnið er í jafnvægi við helstu steindir bergsins og mettnarstig ýmissa efnasambanda miðað við hita. Jafnframt gefur hún upplýsingar um það hvort vinnslueiginleikar vatnsins hafi eitthvað breyst. Í jafn efna-snaudu vatni og því sem kemur upp á vinnslusvæðum Hitaveitu Akureyrar getur verið torvelt að greina marktækar breytingar í styrk einstakra efna ef ekki liggur fyrir greining allra helstu uppleystra efna vatnsins auk sýrustigs og heildarstyrks karbónats. Þegar um er að ræða athugun á breytingum á blöndunarhlutfalli mismunandi vatnskerfa er nauðsynlegt að skoða samspil vinnslu og styrks efna í vatninu sem upp er dælt. Þar er því nauðsynlegt að hafa tíðari mælingar og þá henta mælingar á útvöldum efnum ágætlega.

Til að samræma þessi sjónarmið er lagt til að sett verði upp tveggja ára áætlun þar sem gerðar verði tilraunir með ársfjórðungslegar efnagreiningar á völdum sýnum en jafnframt verði heilsýni tekin. Þar sem um tilraunastarfsemi er að ræða, sem hefur gildi fyrir fyrirkomulag þessara mála hjá fjölmörgum öðrum hitaveitum, er Orkustofnun reiðubúin að taka þátt í kostnaði við þetta tilraunaverkefni þannig að hlutur Hitaveitu Akureyrar í efnaeftirlitinu næstu tvö ár verði svipaður og undangengin ár.

Að fengnum niðurstöðum þessara tveggja ára verði tekin ákvörðun um hvernig efnaeftirliti skuli háttað í framtíðinni.

Lagt er til að langtímaeftirlitinu verði skipt í eftirfarandi flokka næstu tvö árin:

1. Vikuleg skráning vatnsborðs, dælingar og hita og leiðni vatns í vinnsluholum hitaveitunnar og mælingar á vatnsborði í völdum athugunarholum.
2. Mánaðarleg skráning vatnsborðs í völdum borholum sem ekki falla undir lið 1 hér að ofan.
3. Ársfjórðungsleg sýnataka af vatni úr vinnsluholum Hitaveitu Akureyrar og greining á styrk valinna efna og hlutfalli súrefnissamsæta.
4. Árleg efnasýnataka til heildarefnagreiningar úr völdum vinnsluholum.
5. Árlega vinnslueftirlitsskýrsla. Hún verði jafnan gefin út síðla vetrar eða að vori. Þar komi fram yfirlit um vinnslu hitaveitunnar undangengið ár, mælingar á vatnsborði, niðurstöður efnagreininga og samanburður reynslu liðins árs við fyrirliggjandi vinnsluspár. Ennfremur mat á ástandi og endingu vinnslusvæðanna miðað við fyrirsjáanlegan vöxt markaðarins og ábendingar um hugsanlegar aðgerðir til að auka orkuöflun ef með þarf.
6. Sýnataka og greining á vatni úr aðveitu og dreifikerfi veitunnar. Tíðni sýnatöku og framkvæmd greininga fer eftir nánari ákvörðun hverju sinni.
7. Sýnataka og heildarefnagreining sýna úr öllum vinnsluholum hitaveitunnar og að auki úr helstu laugum í grennd vinnslusvæða. Þetta verði gert 4-5. hvert ár eða oftár ef ársfjórðungssýnin gefa tilefni til.
8. Mælingar á hita í völdum borholum þarf að gera á 5-10 ára fresti til að kanna hugsanlegt niðurrennsli í holum og kælingu vinnslusvæðanna. Þó þarf að mæla mun oftár ef hafist verður handa við niðurdælingu vatns.

### 3.1 Vikuleg skráning

Gert er ráð fyrir að vikuleg skráning verði framkvæmd með hefðbundnum hætti líkt og undanfarinn áratug. Starfsmenn HA sjái um skráninguna og sendi gögnin jafnóðum til Orkustofnunar. Þar verði gögnin skráð á tölvutækt form í gagnagrunn stofnunarinnar. Möguleikar eru á að HA geti síðar tengst þeim gagnagrunni símleiddis. Í framtíðinni eru líkur á að þessi skráning verði gerð sjálfvirk og gögn flutt um síma frá skráningartækjum til tölvu. Í viðbót við þær mælingar sem gerðar hafa verið er lagt til að starfsmenn hitaveitunnar mæli leiðni vatnsins í hinni vikulegu mælingaferð.

Þær holur sem vatnsborð verði skráð í vikulega auk vinnsluhola eru holur GY-5, TN-2, LJ-8, LN-10, BÝ-3, GG-1 og HW-9.

### 3.2 Mánaðarleg skráning

Gert er ráð fyrir að starfsmenn HA muni sjá um mánaðarlegt eftirlit með vatnsborði í tilgreindum holum í grennd vinnslusvæðanna og fylgist að auki með rennsli og hita í nokkrum laugum sem ekki hafa horfið við vinnslu. Lagt er til að mánaðareftirlitið nái til eftirtalinna hola: GW-1 á Grýtu, BÝ-2 og BÝ-4 á Botni, KW-2 á Klauf, LJ-6 og LG-9 á Laugalandi, HY-7, HY-11 og HÝ-12 á Hrafnagili, GY-6, og GY-8 á Glerárdal, RÝ-9 á Reykhúsum og KY-4 á Kristnesi. Þá er lagt til að reglulega verði fylgst með Kristneslaug, Grýtulaug og Stokkahláðalaug. Um fyrirkomulag vinnslueftirlits á Laugalandi á Pelamörk verður fjallað þegar niðurstöður borunar LPN-10 liggja fyrir. Gögnin verði send Orkustofnun jafnóðum og þeirra er

aflað þar sem þau verða skráð í gagnagrunn stofnunarinnar.

### 3.3 Ársfjórðungsleg sýnataka

Lagt er til að starfsmenn Hitaveitu Akureyrar taki ársfjórðungslega sýni úr öllum vinnsluholum hitaveitunnar og sendi til greiningar hjá Orkustofnun. Lögð verði m.a. áhersla á að mæla þá þætti sem eru líklegastir til að sýna hvort og hve mikið kalt grunnvatn er komið í jarðhitakerfin.

Grundvöllur þess að sjá megi slíkt innstreymi grunnvatns er að munur sé í efnaeiginleikum kalda vatnsins og þess heita. Því er lagt til að eftirtaldir þættir verði mældir:

1. Hlutfall súrefnissamsæta  
Hlutfall súrefnissamsæta í köldu vatni í Eyjafirði er talið vera nálægt  $-11,6^{\circ}/_{\infty}$ . Fáar greiningar eru þó til á köldu vatni úr nágrenni jarðhitasvæðanna og er nauðsynlegt að bæta þar úr. Í heita vatninu er hlutfallið um  $-13,6^{\circ}/_{\infty}$ . Munurinn er um  $2^{\circ}/_{\infty}$ . Skekkjumörk í hverri einstakri mælingu er um  $0,05^{\circ}/_{\infty}$  sem samsvarar um 2,5% íblöndun kalds vatns í það heita. Þá hafa samsætuhlutföllin þann ótvíræða kost að raskast nær örugglega ekki á leið sinni um bergið frá niðurstreymisstað að borholu. Þessar mælingar yrðu gerðar á Raunvísindastofnun Háskólans.
2. Styrkur kísils  
Verulegur munur er á styrk kísils í heita og kalda vatninu. Reynslan hefur sýnt að styrkur kísils hefur lækkað á Botni í takt við kólnun vatnsins þar. Kísillinn er hins vegar vandnotaður vegna þess að hann tekur þátt í efnahvörfum við bergið og ekki víst að hann nái jafnvægi á þeim tíma sem það tekur kalda vatnið að berast að vinnsluholum.
3. Styrkur magnesíums  
Verulegur munur er á styrk magnesíum í köldu vatni og heitu. Styrkurinn er hár í því kalda en mjög óverulegur í því heita. Magnesíum fellur hins vegar hratt út úr vatninu þegar það hitnar og kemst í snertingu við kísilríkt og basískt vatn jarðhitakerfanna. Tilraunir sem gerðar hafa verið á Orkustofnun og í samvinnu Orkustofnunar við Hitaveitu Reykjavíkur gefa tilefni til að ætla að magnesíum silikat falli út úr vatninu á fáeinum dögum. Þó getur verið talsverður munur á styrk magnesíum í mismunandi æðum sem nota mætti við mat á blöndunarhlutföllum mismunandi æða í holu. Aukinn styrkur magnesíums í vatni úr vinnsluholum bendi til kalds innstreymis í eða mjög nærri holunni. Við þetta má svo bæta að Orkustofnun hefur nýverið fengið tæki sem gera henni kleift að mæla magnesíum í mun minni styrk en áður var unnt.
4. Styrkur klóríðs, flúóríðs og sulfats.  
Reynslan sýnir að vægar breytingar hafa sést í styrk flúóríðs og sulfats með tíma. Þessi efni eru hins vegar erfið í túlkun þar sem þau taka þátt í efnahvörfum við steindir og efni í jarðhitakerfinu og þessi efnihvörf eru illa þekkt. Klóríð gengur hins vegar ekki í sambandi við steindir bergsins og því hentugt til að aðgreina vatnskerfi ef það er nákvæmlega mælt.
5. Leiðni vatnsins  
Hægt er að mæla rafleiðni vatns mjög nákvæmlega. Þar sem rafleiðni vatnsins er beinn mælikvarði á heildarstyrk jóna í vatninu er líklegt að innstreymi kalds grunnvatns í jarðhitakerfin endurspeglar vel í breytingum á leiðni vatnsins. Því er lagt til að leiðni vatnsins úr vinnsluholum verði mæld vikulega og jafnframt við ársfjórðungslega sýnatöku.

Vegna mæliskekkju, sem alltaf er til staðar, væri heppilegra að hafa mun fleiri sýni til þess að draga úr skekkjunni auk þess sem árssveifla gæti hugsanlega komið fram. Með því að taka

sýni ársfjórðungslega og endurgreina jafnframt síðustu sýni má auka talsvert áreiðanleika greiningarinnar.

Lagt er til að framkvæmd sýnatöku og greininga verði eftirfarandi: Ílát og búnaður til sýnatöku verði send til Hitaveitu Akureyrar fjórum sinnum á ári, í mars, júní, september og desember. Tekin verði sýni úr 7-8 holum, þeim vinnsluholum á Laugalandi sem eru í notkun hverju sinni, HN-10, BN-1, TN-4, RWN-7 og GYN-7 og einni holu á Pelamörk. Ákveðinn starfsmaður HA taki sýnin samkvæmt leiðbeiningum sérfræðinga OS og sendi strax suður til greiningar. Jafnframt sjái hann um mælingar á leiðni vatnsins. Mikilvægt er að sami maður sjái að um alla sýnatöku. Tekið verði nægjanlega mikið magn til að geyma megi hluta sýnanna til greiningar með næsta sýnahóp. Á Orkustofnun verði mældur styrkur kísils, magnesíums, klóríðs, flúóríðs og súlfats auk þess sem hlutfall súrefnissamsæta verði greint hjá Raunvísindastofnun HÍ.

### 3.4 Vinnslueftirlitsskýrsla

Árlega verði gerð skýrsla um vinnslueftirlitið. Hún verði með svipuðu sniði og undanfarin ár. Þar komi fram yfirlit um vinnslu hitaveitunnar á einstökum svæðum og í heild á liðnu ári og samanburður gerður við áætlaða orkuþörf hitaveitunnar í framtíðinni og gerðar tillögur um frekari orkuöflun ef við á. Ennfremur verði gert yfirlit um þróun vatnsborðs og hita á vinnslu-  
væðunum og það borið saman við gildandi vinnsluspár. Birtar verði niðurstöður efnaeftirlits og dregnar af því viðeigandi ályktanir. Sérstaklega verði athugað hvort hugsanlegar breytingar í efnastyrk séu í samræmi við vinnslulíkön þar sem þau eru fyrir hendi. Skýrslan skal jafnan koma út að vori eða síðla vetrar. Ef gerðar hafa verið heildarefnagreingar, greiningar á sýnum úr dreifikerfi eða laugum, eða hitamælingar í borholum vegna vinnslueftirlits skal birta þær í vinnslueftirlitsskýrslunum.

### 4. Sýni úr dreifikerfi

Skynsamlegt kann að vera að taka af og til sýni úr dreifikerfi til að fylgjast með hugsanlegu innrennsli kalds vatns í dreifikerfið og eins til að fylgjast með styrk súlfíts. Gera þarf nánari áætlun um hvernig þessari sýnatöku verði háttáð og hvað verði greint. Þó er mælt með því hér að starfsmenn hitaveitunnar mæli styrk súlfíts a.m.k. einu sinni í mánuði til að fylgjast með íblönduninni og hugsanlegri uppsöfnun súlfíts vegna blöndunar við bakrennslisvatn.

### 5. Sýni til heildargreiningar

Tekin verði sýni til heildarefnagreiningar á haustin eins og undanfarin ár. Tekin verði alls 5 sýni, 2 frá Botni, eitt frá Laugalandi, eitt frá Ytri-Tjörnum og eitt frá Glerárdal. Þessi sýni verði tekin af sérfræðingum Orkustofnunar.

### 6. Hitamælingar í borholum

Gert er ráð fyrir að á 5-10 ára fresti verði gerðar hitamælingar í völdum holum á vinnslu-  
væðunum til að fylgjast með hugsanlegu niðurrennsli og kólnun svæðanna. Ef niðurdæling verður hluti af vinnsluferli hitaveitunnar þarf að mæla hita mun oftar. Þessar mælingar verði gerðar með mælifíl frá Orkustofnun. Síðast voru slíkar mælingar gerðar 1989.

### 7. Kostnaður

Hér á eftir verður áætlaður kostnaður við árlegt vinnslueftirlit næstu 2 árin eins og því er lýst hér að ofan. Verð miða við gjaldskrá OS í mars 1992 og eru án virðisaukaskatts. Umfang vinnu er við vinnslueftirlitið er byggt á reynslu undanfarinna ára. Meðalkostnaður HA vegna

Þáttar Orkustofnuar við vinnslueftirlit síðustu 4 ár er 786 Þkr (án VSK) á verðlagi í mars 1992.

Verkliður	ein.verð	fj. eininga	verð (kr)
Vatnsborð- og vinnsla:			
Skráning og umsjón gagna	2.500	15 kls	37.500
Efnaeftirlit:			
heilsýni, taka og greining		5	228.853
greining kísils	2.487	49	121.863
greining súlfats	1.582	49	77.518
greining magnesíums	1.582	49	77.518
greining klóríðs	1.582	49	77.518
greining flúoríðs	905	49	44.345
súrefnissamsætur	2.000	56	112.000
vinna við undirbún. og frágang niðurstaða	2.500	40	100.000
Vinnslueftirlitsskýrsla:			
vinna við skýrslugerð	2.500	85	212.500
ymiss kostnaður			10.000
<b>SAMTALS ÁRLEGT VINNSLUEFTIRLIT</b>			<b>1.099.615</b>
<b>FRAMLAG OS TIL TILRAUNAVERKEFNIS</b>			<b>300.000</b>
<b>KOSTNAÐARHLUTDEILD HA</b>			<b>799.615</b>

Kostnað við aðra liði sem taldir eru hér upp að framan er ekki áætlaður hér enda ekki um árlegan kostnað að ræða. Áætlun um þá þætti verður að gera hverju sinni í ljósi umfangs viðkomandi verkþáttar.