

Háskóli Íslands

## **Neysluvatnsgæði og vatnsvernd**

María J. Gunnarsdóttir

Meistaraverkefni í umhverfisfræðum

Febrúar 2005

## Útdráttur

Í þessari ritgerð eru skoðuð gæði neysluvatns og staða vatnsverndar á Íslandi. Þetta er gert með því að gera úttekt á vatnsgæðum hjá tuttugu vatnsveitum m.t.t.efnafræðilegra þátta, skoða lagaramma og hvernig vatnsvernd er tryggð í lögum og skoða hættu á mengun og sjúkdómum sem berast með vatni. Farið er yfir nokkra vatnsborna faraldra bæði innanlands og utan.

Helstu niðurstöður eru þær að neysluvatn á Íslandi hjá þeim vatnsveitum sem skoðaðar eru fullnægir alltaf kröfum um gæði efnafræðilegra þátta. Við tölfræðigreiningu kemur í ljós aukning á nitrati á þeim vatnsverndarsvæðum þar sem stundaður er landbúnaður og ræktun. Við skoðun á löggjöf er varðar vatnsvernd kemur fram að bann við mengun vatns er afdráttarlaus í íslenskri löggjöf en ýmislegt vantar á eftirfylgni og eftirlit sérstaklega með minni vatnsveitum. Einnig var skoðuð þróun á sex ára tímabili í framkvæmd löggjafarinnar um vatnsvernd með samanburði við könnun gerða af Umhverfisstofnun árið 1997. Nokkuð hefur miðað í að skilgreina vatnsverndarsvæði en sama var ekki að segja um starfsemi á verndarsvæðum sem hafði aukist töluvert á þessum sex árum. Við skoðun á hópsýkingum af völdum mengaðs neysluvatns kom í ljós að nauðsynlegt er að bæta skráningu og eftirfylgni til að læra af reynslunni.

## Abstract

The main purpose of this essay is to look at the chemical quality of drinking water in Iceland and protection of the water resources. It is done by doing an appraisal of results from audit monitoring for chemical parameters of drinking water at twenty water works. Also by looking at the legal framework and how water resource protection is secured by Icelandic law and regulation and look at risks of contamination of water and for waterborne diseases. Some waterborne outbreaks both here in Iceland and other affluent nations are discussed.

The conclusion is that drinking water quality for chemical parameters at these twenty waterworks always complies with regulation. Statistical analyses between agriculture and nitrate in drinking water show higher nitrate content where agriculture and cultivation is on the watershed area. Legal framework for water resource protection is explicit on prohibiting contamination of water but more follow up of inspection of water works and getting information to consumers is needed. Developing of protection measures on catchments areas was evaluated and compared with an evaluation done in the year 1997 by the Environmental & Food Agency. It showed on one hand that defining of water protection zones had improved but on the other hand activities on the protection zones had increased considerably. Looking at waterborne outbreaks caused by polluted drinking water showed that it is necessary to improve registration and feed back on these incidents to learn from experience.

## Efnisyfirlit

<i>Útdráttur</i> .....	<i>ii</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>ii</i>
<i>Efnisyfirlit</i> .....	<i>iii</i>
<i>Myndaskrá</i> .....	<i>v</i>
<i>Töfluskrá</i> .....	<i>v</i>
<i>Þakkir</i> .....	<i>vii</i>
<b>1 Inngangur</b> .....	<b>1</b>
1.1 Vatnsveitumál .....	1
1.2 Aðdragandi verks .....	2
1.3 Markmið .....	2
1.4 Uppbygging .....	4
1.5 Aðferðir og tölfræðikönnun .....	5
1.6 Fyrri skrif og heimildaleit .....	7
<b>2 Bakgrunnur - Vatn er takmörkuð auðlind</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Úttekt á stöðu vatnsgæða á Íslandi</b> .....	<b>13</b>
3.1 Heildarefnagreining hjá 20 íslenskum vatnsveitum.....	13
3.1.1 Efni sem eru óæskileg í miklu magni.....	14
3.1.2 Þungmálmar .....	16
3.1.3 Eitruð efni .....	18
3.1.4 Niðurstöður heildarefnagreininga .....	19
3.2 Mengun frá landbúnaði á vatnsverndars væðum .....	23
3.2.1 Niðurstöður tölfræði.....	26
3.2.2 Umræður um nítatmengun frá landbúnaði.....	30
3.3 Þungmálmar í neysluvatni frá lagnakerfum .....	31
3.3.1 Umhverfissvöktun á Íslandi.....	32
3.3.2 Umræður um þungmálma í neysluvatni.....	34
3.3.3 Tölfræðileg athugun á þungmálmum frá leiðsluefni.....	37

3.4	Staða vatnsverndar nú í samanburði við könnun 1997 .....	39
<b>4</b>	<b>Lagaumhverfi .....</b>	<b>41</b>
4.1	Kröfur til neysluvatnsgæða .....	41
4.1.1	Kröfur Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar.....	41
4.1.2	Kröfur Evrópusambandsins .....	42
4.1.3	Kröfur á Íslandi - Neysluvatnsreglugerð .....	43
4.1.3.1	Tíðni eftirlits .....	43
4.1.3.2	Reglubundið eftirlit .....	44
4.1.3.3	Heildarúttekt.....	44
4.1.3.4	Upplýsingar til neytenda.....	45
4.2	Lagakröfur um verndun vatns og vatnsgæða.....	46
4.2.1	Réttur til vatns og skyldur sveitarfélaga .....	47
4.2.2	Verndun vatns í lögum og reglugerðum .....	48
4.2.2.1	Sex mikilvægar reglugerðir um verndun vatns .....	50
4.2.2.2	Skilgreining á vatnsverndarsvæðum .....	51
4.2.2.3	Hömlur á athafnir á vatnsverndarsvæðum .....	51
4.2.3	Verkefni og verkaskipting.....	52
4.3	Staða vatnsverndar í lögum.....	55
<b>5</b>	<b>Mengun vatns og sjúkdómar sem berast með neysluvatni.....</b>	<b>57</b>
5.1	Hætta á mengun og innra eftirlit .....	57
5.2	Gátlisti yfir áhættuþætti á vatnsverndarsvæðum, vatnsbólum og í lagnakerfum .....	60
5.3	Þættir sem leitað er að í neysluvatni .....	66
5.3.1	Sjúkdómsvaldandi örverur .....	66
5.3.1.1	Campylobacter .....	66
5.3.1.2	E. coli .....	67
5.3.1.3	Salmonella .....	68
5.3.1.4	Norwalk veira (Nóróveira).....	68
5.3.1.5	Cryptosporidium parvum .....	69
5.3.1.6	Giardia lamblia.....	69

5.3.2	Faraldrar á Vesturlöndum af völdum sjúkdómsvaldandi örvera.....	70
5.3.3	Örveruástand í íslensku neysluvatni .....	73
5.3.4	Faraldrar á Íslandi af völdum sjúkdómsvaldandi örvera í neysluvatni ..	74
5.3.5	Efni sem eru óþægileg í miklu magni .....	76
5.3.6	Dæmi um efnamengun á neysluvatni.....	78
<b>6</b>	<b>Niðurstöður og umræður.....</b>	<b>82</b>
	<i>Heimildir.....</i>	<i>86</i>
<i>Viðauki A</i>	<i>HANDBÓK VATNSVEITNA .....</i>	<i>90</i>
<i>Viðauki B</i>	<i>Kröfur um eftirlit í Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001 .....</i>	<i>103</i>
<i>Viðauki C</i>	<i>Lög og reglugerðir um neysluvatngæði og vatnsvernd .....</i>	<i>106</i>

## Myndaskrá

Mynd 1	Hringrás vatnsins ( <i>Freysteinn Sigurðsson, o.fl. 1998</i> ).....	9
Mynd 2	Styrkur efna í neysluvatni, styrkbil og meðaltal mg/l.....	14
Mynd 3	Styrkur þungmálma í neysluvatni, styrkbil og meðaltal µg/l.....	17
Mynd 3	Nítrat í neysluvatni á Íslandi ( <i>Gunnar Steinn Jónsson, 2003</i> ).....	24
Mynd 4	Starfsemi á vatnsverndarsvæðum og meðaltal nítrats í neysluvatni.....	27
Mynd 5	Samanburður á meðaltali þungmálma og leyfðu hámarksgildi í neysluvatni....	35
Mynd 6	Dreifing þungmálma hjá vatnsveitum.....	36
Mynd 7	Samanburður á vatnsvernd 1997 og 2003.....	40
Mynd 8	Uppruni neysluvatns á Norðurlöndum ( <i>Gunnar Steinn Jónsson, 2003</i> ).....	58
Mynd 9	Mat á örveruástandi neysluvatns 1995-2001 ( <i>Franklín Georgsson, 2002</i> ).....	73
Mynd 10	Afstöðumynd af Keflavíkurflugvelli og nágrenni ( <i>Árni Hjartarson, 1992</i> ).....	78

## Töfluskrá

Tafla 1	Heildarefnagreining - efni sem eru óæskileg í miklu magni .....	20
Tafla 2	Heildarefnagreining - eiturefni - þungmálmar.....	21
Tafla 3	Heildarefnagreining - eitruð efni .....	22
Tafla 4	Tíðni starfsemi sem getur valdið nítratmengun (%).....	26

Tafla 5	Mælingar á nítítrati .....	26
Tafla 6	Niðurstöður tölfraeðiþrófs á tengslum nítítrats og starfsemi og aðstæðum á vatnsverndarsvæðum.....	28
Tafla 7	Þungmálmar í neysluvatni og samanburður við straumvötn og úrkomu.....	33
Tafla 8	Þungmálmar í neysluvatni, straumvötnum og úrkomu.....	35
Tafla 9	Mældur styrkur þungmálma sem hlutfall af leyfðu hámarki skv. reglugerð .....	37
Tafla 10	Tölfraeðiþróf á mismun á styrk þungmálma í dreifikerfi og við vatnsból.....	38
Tafla 11	Lágmarks tíðni efnagreininga .....	43
Tafla 12	Samantekt á áhættu og þáttum sem tengjast henni .....	65
Tafla 13	Lýsing á örverulegum þáttum, uppruna og áhrifum .....	91
Tafla 14	Eðlisfræðilegir þættir .....	92
Tafla 15	Efni sem eru óæskileg í neysluvatni í miklu magni.....	93
Tafla 16	Eitruð efni - þungmálmar, PAH efni og varnarefni.....	97
Tafla 17	Reglubundið eftirlit skv. neysluvatnsreglugerð .....	103
Tafla 18	Heildarúttekt skv. neysluvatnsreglugerð .....	104

## **Þakkir**

Ég vil þakka leiðbeinendum mínum í þessu verkefni Sigurði M. Garðarssyni og Gunnari Steini Jónssyni fyrir góð ráð, leiðbeiningar og hvatningu við þessa vinnu. Einnig mörgum kennurum undanfarinna ára í meistaranámi í umhverfisfræðum en af þeim hef ég lært mikið. Þetta hefur sannarlega verið lærdómsríkur og ánægjulegur tími.

Samorku og vatnsveitum þakka ég ómetanlegan stuðning við verkefnið og námið undanfarin ár. Það er frábært að hafa vinnuveitendur sem hafa skilning á því að endurmenntun og símenntun er mikils virði og veita starfsmönnum tækifæri til að stunda nám með vinnu. Vona ég að það skili sér í vinnu fyrir veiturnar.

Freysteini Sigurðssyni, Haraldi Briem, Snorra P. Snorrasyni og Páli Pálssyni þakka ég fyrir að lesa yfir og koma með góðar athugasemdir og endurbætur. Vinkonu minni Margréti Björnsdóttur þakka ég að lesa yfir og leiðrétta málfar. Margir aðrir hafa lagt mér lið við þessa ritgerð, gefið mér góð ráð og upplýsingar og þeim er ég afar þakklát.

Og ekki síst þakka ég eiginmanni mínum, Jóhanni Bergmann, og fjölskyldu minni fyrir að styðja mig í hvívetna í öllu þessu brólti.

# 1 Inngangur

Í kaflanum er sagt almennt frá vatnsveitumálum. Hver er aðdragandi verkefnisins og hvaða markmið höfundur setti sér í upphafi. Farið er yfir hvaða leiðir voru valdar að þeim markmiðum. Uppbygging ritgerðarinnar er skýrð og síðan er sagt frá fyrri skrifum um efnið og heimildaleit höfundar bæði héraðs og erlendis.

## 1.1 Vatnsveitumál

Vatn er ein mikilvægasta auðlind jarðar og hreint og ómengað neysluvatn undirstaða góðs heilsufars og velferðar í hverju þjóðfélagi. Það eru nú talin mannréttindi að hafa aðgang að öruggu neysluvatni en við þau mannréttindi búa ekki allir jarðarbúar. Íbúar jarðar eru um sex milljarðar og af þeim býr um 1,2 milljarður við menguð vatnsból. Sameinuðu þjóðirnar hafa sett sér það markmið að minnka þennan fjölda um helming fyrir 2015 og er það eitt af þúsaldarmarkmiðum þeirra. Flestar vatnsbornar hópsýkingar eru af völdum örvera sem berast með saur manna og dýra. Heilnæmi drykkjarvatns og fullnægjandi hreinlætis aðstaða og hreinsun á frárennsli eru því samofin. Í þróunarríkjunum deyja um 5.500 manns á degi hverjum úr maga- og þarmapestum, flest börn undir fimm ára aldri (*UN WWAP 2003 bls.102*) og oftast en ekki berast þær með neysluvatni. Það þýðir að yfir 2 milljónir manna deyja á ári hverju af þess völdum. En það er ekki bara í þróunarríkjunum sem slíkar sýkingar eiga sér stað. Þær eru einnig algengar víða í þróaðri löndum. Efnamengun drykkjarvatns er einnig nokkuð algeng og er orsakanna oftast að leita í iðnaðarmengun, afrennsli frá þéttbýli eða landbúnaði. Þó getur efnamengun verið af náttúrulegum orsökum eins og flúormengun í vatnsbólum eða arsen sem losnar úr bergi og fer í grunnvatnið.

Eitt af mikilvægustu verkefnum sveitarfélaga er vernda vatnsauðlindina og sjá til þess að nægilegt og heilnæmt vatn sé til fyrir íbúana, bæði þá sem nú búa þar og íbúa framtíðarinnar.



## 1.2 Aðdragandi verks

Vatnsveitur á Íslandi telja sig dreifa góðu og heilnæmu drykkjarvatni til notenda. Árið 2001, í nýrri neysluvatnsreglugerð (*nr.536*), kom fram krafa um að gera umfangsmiklar efnagreiningar á neysluvatni í samræmi við nýjar kröfur Evrópusambandsins og mæla þar ýmis efni sem talin eru varasöm heilsu manna. Þetta er til viðbótar reglubundnu eftirliti með örverum og ýmsum öðrum efnum sem lengi hafði verið við lýði. Vatnsveitur hafa verið að láta gera þessar efnagreiningar á undanförunum misserum. Þar er verið að gera kröfu um að greina ýmis efni sem ekki voru skoðuð áður eins og til dæmis kolvatnsefni og lífræn klórefnasambönd. Í neysluvatnsreglugerðinni er fyrst og fremst verið að horfa á hvað er hættulegt heilsu manna en ekki hugað að öðrum áhrifum svo sem á umhverfið. Margt er þarna nýtt fyrir vatnsveitur hér á landi og því áhugavert að fá yfirlit yfir gæði neysluvatns. Hver er hættan á mengun og hvaðan hennar er helst að vænta. Fyrirliggjandi ritgerð er gerð að þessu tilefni. Höfundur hennar hefur unnið að málefnum vatnsveitna sl. 12 ár á vettvangi Samorku, sem eru samtök orkufyrirtækja og vatnsveitna. Hún hefur jafnframt verið í meistaranámi í umhverfisfræðum síðan haustið 2001. Hún hefur í námi sínu oftast beint sjónum sínum að vatnsveitum við val á verkefnum og svo var einnig í lokaverkefni. Samorka hefur styrkt þetta verkefni og höfundur fengið að vinna að því að hluta í starfi sínu fyrir vatnsveitur. Leiðbeinendur voru Sigurður M. Garðarsson, dósent við Umhverfis- og byggingarverkfræðiskor HÍ og Gunnar Steinn Jónsson, fagstjóri á Umhverfisstofnun.

## 1.3 Markmið

Aðalmarkmið verkefnisins er þrjúþætt:

1. Að skoða gæði neysluvatns m.t.t. til efnafræðilegra þátta í ljósi krafna í nýrri neysluvatnsreglugerð.
2. Að meta stöðu vatnsverndar á Íslandi.
3. Að taka saman handbók fyrir vatnsveitur þar sem eru upplýsingar um helstu hættur fyrir drykkjarvatn og afleiðingar mengunar.

Fyrsta markmiðinu, að meta gæði neysluvatns, er stefnt að á eftirfarandi hátt:

- o Með því að meta niðurstöður nýrra efnagreininga hjá tuttugu vatnsveitum.
- o Með því að gera tölfræðilega könnun á áhrifum landbúnaðar á innihald nitrats í neysluvatni.
- o Með tölfræðilegum samanburði á innihaldi þungmálma í neysluvatni þar sem sýni er tekið við lind og þar sem það er tekið úr krana.

Öðru markmiðinu, að meta stöðu vatnsverndar, er stefnt að á eftirfarandi hátt:

- o Með því að gera samanburð á stöðu vatnsverndar hjá vatnsveitum árið 2003 við könnun sem gerð var árið 1997 og sjá hver þróunin hefur verið.
- o Með því að skoða lagaumhverfi, kröfur til vatnsgæða og lagakröfur um vatnsvernd og gera grein fyrir verkaskiptingu sveitarfélaga, ríkis og vatnsveitna.

Að þriðja markmiðinu um aðgengilega handbók fyrir vatnsveitur um hættur sem steðja að neysluvatni og afleiðingar þeirra er stefnt að á eftirfarandi hátt:

- o Skoðað er hverjir eru helstu áhættuþættir á vatnsverndarsvæðum, við vatnsból og í vatnsveitukerfum og hvaða efni það eru í neysluvatnsreglugerð sem gefa vísbendingu um viðkomandi mengun.
- o Fjallar er stuttlega um helstu sjúkdómsvaldandi örverur sem hafa leitt til faraldra á Vesturlöndum.
- o Tekin eru dæmi um faraldra á Vesturlöndum þ.m.t. á Íslandi.
- o Sagt er frá efnamengun neysluvatns á Íslandi.
- o Í Viðauka A eru fjórar töflur yfir alla eftirlitsþætti neysluvatnsreglugerðarinnar, lýsing á efnunum, hvaðan þau koma og hver hættan er af völdum þeirra. Í fyrsta lagi eru tilgreindir örverulegir þættir, í öðru lagi eðils- og efnafræðilegir þættir, í þriðja lagi efni sem eru óæskileg í miklu magni og í fjórða lagi efni sem eru eitruð, bæði þau sem er bráðdrepanði og hin sem gefa eituráhrif við langvarandi álag.

## 1.4 Uppbygging

Í fyrsta kafla skýrslunnar er inngangur þar sem fjallað er um mikilvægi hreins og öruggs neysluvatns og að þeir sem að þeim málum koma vinni að því að tryggja gæði þess. Þá er gerð grein fyrir aðdraganda verksins og þeim markmiðum sem sett voru. Lýst er uppbyggingu og fjallað um fyrri skrif um efnið.

Í kafla 2 er farið yfir bakgrunn þess að vernda vatn, sérkenni íslensks vatns og upphaf þess að farið var að gera sér grein fyrir hvernig vatn mengast og afleiðingum þess bæði erlendis og hér á landi.

Í kafla 3 er úttekt á stöðu vatnsgæða hjá vatnsveitum. Frá árinu 2001 hefur verið í gildi sú krafa, til viðbótar reglulegu eftirliti á örverulegum þáttum, að íslenskar vatnsveitur tækju heildarsýni til efnagreiningar. Greina á ýmis efni sem geta mengað vatnið s.s. mengandi efni frá landbúnaði, þungmálmar, olúefni, lífræn leysiefni og ýmis varnarefni s.s. skordýraeitur og illgresiseyðir. Farið er yfir niðurstöður heildarefnagreininga hjá tuttugu vatnsveitum og þær metnar. Tölfræðileg könnunin var gerð hjá 25 vatnsveitum fyrir 29 vatnsverndarsvæði á haustmánuðum 2003 á námskeiði HÍ um tölfræði og rannsóknaraðferðir I (*námskeið nr. 10.53.40 03-6*) á stöðu vatnsverndar og starfsemi á verndarsvæðum. Út frá þeirri könnun og heildarúttekt var gerð athugun á því hvort vísbending sé um mengun á neysluvatni af völdum landbúnaðar hjá vatnsveitunum. Tölfræðileg athugun er gerð á því á hvort samsvörun sé á milli landbúnaðar og ræktunar á vatnsverndarsvæðum og herra magns nítrats í neysluvatni. Út frá könnuninni er einnig gerður samanburður á vatnsvernd árið 2003 við könnun sem Hollustuvernd ríkisins gerði árið 1997. Einnig er gerð athugun á þungmálmum í neysluvatni. Fjallað er um þungmálma og áhrif þeirra. Gerð er tölfræðileg athugun á því hvort meira magn þungmálma sé þar sem sýni eru tekin úr dreifikerfi en þar sem það er tekið við vatnsból eða þar sem vatn kemur að þéttbýli þ.e. að þungmálmar væru að berast úr lagnakerfi í neysluvatn.

Í kafla 4 er skoðað lagaumhverfi um vatnsgæði og vatnsvernd. Þar eru bornar saman kröfur og tíðni eftirlits. Einnig skoðuð verkaskipting við að uppfylla þessar kröfur, hver á að gera hvað.

Í kafla 5 er farið yfir mengun neysluvatns og hvaða þættir það eru sem mesta hættu er á að mengun stafi af. Einnig er farið yfir hvaða efni það eru í neysluvatnsreglugerð sem geta gefið vísbendingu um viðkomandi mengun. Farið er yfir helstu örverur og sýkla sem hafa valdið faröldrum á Vesturlöndum og sagt frá nokkrum slíkum bæði erlendis og hér á landi. Einnig er sagt frá einu dæmi um efnamengun á neysluvatni þ.e. mengun á vatnsbólum Keflvíkings frá starfsemi varnarliðsins á Keflavíkurlflugvelli.

Í kafla 6 eru dregnar saman helstu niðurstöður og bent á nokkrar nauðsynlegar úrbætur í þessum málaflokki. Síðan er heimildaskrá og er hún í stafrófsröð.

Í Viðauka A er umfjöllun um hvern eftirlitsþátt neysluvatnsreglugerðinnar og er hún sett í töflu til að vera sem aðgengilegust. Þar er lýsing á efnunum, hvaðan þau koma og hverju þau valda ef þau eru í of miklu magni í neysluvatni.

Í Viðauka B eru kröfur neysluvatnsreglugerðarinnar um efni sem þarf að efnagreina eins og þær birtust í Stjórnartíðindum frá umhverfisráðuneytinu.

Í Viðauka C eru listuð þau lög og reglugerðir sem varða vatnsgæði og vatnsvernd og eru í gildi þegar ritgerðin er skrifuð.

## **1.5 Aðferðir og tölfræðikönnun**

Í fyrsta lagi voru fengnar niðurstöður heildarefnagreininga frá tuttugu og einu vatnsverndarsvæði til að skoða hver gæði vatnsins væru miðað við kröfur neysluvatnsreglugerðarinnar hvað varðar efnafræðilega þætti. Þessar greiningar voru fengnar beint frá viðkomandi vatnsveitum með leyfi til að fá að nota þær. Greiningarnar eru sýndar í kafla 3.1 og fjallað þar um hvernig þær samræmast kröfum um gæði.

Í öðru lagi var gerð tölfræðileg könnun á starfsemi á vatnsverndarsvæðum og framkvæmd vatnsverndar. Könnunin var send 54 vatnsveitum og fengust svör frá 25 vatnsveitum fyrir 29 vatnsverndarsvæði þar sem Reykjavík var með tvö svæði, Gvendarbrunna og Vatnsendakrika og Akureyri með þrjú, Glerárdal, Hesjuvelli og Vaglaeyrar. Svarhlutfallið er því 48%. Þetta eru ekki nema að hluta til sömu svæðin og til eru heildarefnagreiningar fyrir og í sumum tilfellum eru til mælingar á nitrati þar sem ekki eru til heildarefnagreiningar. Spurningalistinn var gerður með það í huga að fá upplýsingar um hvort starfsemi sem gæti haft í för með sér mengun væri á vatnsverndarsvæðum vatnsveitna. Hann samanstóð af 33 spurningum. Spurningarnar voru lokaðar, þannig að ekki var hægt að svara þeim öðruvísi en með já eða nei. Spurt var út í hvort ákveðin starfsemi ætti sér stað í nágrenni vatnsveitnanna, annars vegar á grannsvæði og hins vegar á fjarsvæði. Og hér er það sú starfsemi sem getur haft í för með sér nitrattmengun sem skoðuð er. Það sem um ræðir er m.a. landbúnaður, ræktun, beit og íbúðarbyggð.

Notað var forritið SPSS 11,5 for Windows við úrvinnslu gagnanna. Ákveðið var að nota *t*-próf óháðra úrtaka þar sem bornar voru saman tvær óháðar breytur til að sjá hvort munur væri á meðaltali nitrats þar sem umrædd starfsemi var á vatnsverndarsvæðum og þar sem hún er ekki. Einnig var notað *t*-próf eins úrtaks til að sjá hvort marktækur munur væri á magni nitrats á þessum vatnsverndarsvæðum og því sem hægt væri að telja ómengað grunnvatn (*Laurence G. Grimm, 1997*).

Í þriðja lagi var unnin tölfræðileg athugun á því hvort neysluvatn væri mengað af völdum þungmálma sem geta borist úr rörum og tengistykki dreifikerfis í neysluvatn. Þar voru notaðar heildarefnagreiningar frá vatnsveitum og upplýsinga aflað um hvort sýni voru tekin úr neysluvatnskerfi eða við vatnsból eða þar sem neysluvatnið kemur inn í bæinn. Í þessu tilfelli var einnig notað forritið SPSS 11,5 for Windows við úrvinnslu gagnanna.

Í fjórða lagi var unninn úr tölfræðikönnuninni samanburður á framkvæmd vatnsverndar við fyrri könnun sem Umhverfisstofnun hafði gert árið 1997 (*Ásmundur Þorkelsson, september 1997*) og metið er hvernig hafi miðað í framkvæmd vatnsverndar.

## 1.6 Fyrri skrif og heimildaleit

Lítið hefur verið skrifað um gæði neysluvatns á Íslandi. Helst hefur verið stuðst við efni frá ráðstefnum sem haldnar hafa verið undanfarin ár. Sérfræðingar Umhverfisstofnunar hafa haldið fyrirlestra og skrifað nokkuð um efnið. Franklín Georgsson hélt erindi um örverufræðilegt ástand neysluvatns á Degi vatnsins árið 2002 (*Franklín Georgsson, 2002*). Ásmundur Þorkelsson skrifaði skýrslu um útbreiðslu *E.coli* hér á landi og hann gerði könnun á stöðu vatnsverndar sem hann kynnti á Tæknifundi Samorku á Höfn í Hornafirði haustið 1997 og í þessari ritgerð er sú könnun notuð til samanburðar (*Ásmundur Þorkelsson, júní og september 1997*). Héðinn Friðjónsson kynnti niðurstöður heildarefnagreininga hjá nokkrum vatnsveitum á fagfundi Samorku á Selfossi vorið 2003 (*Héðinn Friðjónsson, 2003*) og á sama fundi hélt Gunnar Steinn Jónsson erindi um samanburð sem gerður var af UNESCO um gæði neysluvatn þar sem Ísland lenti í 19 sæti (*Gunnar Steinn Jónsson, 2003*).

Sérfræðingar á Orkustofnun, ÍSOR og í Háskóla Íslands (*Árni Hjartarson 1992 og 1993, Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1985, 1989, 1990, 1993, 1994, 1995, 1998 og 2002, Magnús Ólafsson 1997, Sigurður R. Gíslason 1993*) hafa skrifað töluvert um grunnvatnið og vatnsauðlindina, hvernig á að leita að vatni og virkja vatnsból. Það efni hefur birst í ráðstefnuritum, tímaritum og Vatnsveituhandbók Samorku og hefur verið farið í gegnum það. Ekki hefur fundist mikið af efni um efnainnihald í íslensku ómengðu vatni til að hafa sem viðmiðun þegar efnagreiningarnar voru skoðaðar. Úr skýrslu umhverfisráðuneytisins um mælingar á mengandi efnum á og við Ísland eru fengnar tölur um magn þungmálma í náttúru Íslands og þær notaðar til samanburðar við þungmálma í neysluvatni hjá þeim vatnsveitum sem hér eru til skoðunar (*Starfshópur um mengunarmælingar, 1999*). Þar er annarsvegar um að ræða styrk efna í úrkomu og hinsvegar styrk þeirra í

nokkrum straumvötnum á Suðurlandi. Upplýsingar um styrk efna í Varmá og Botnsá er fengin úr skýrslum Heilbrigðiseftirlit Kjörsarsvæðis um Flokkun vatna á Kjörsarsvæði (*Tryggvi Þórðarson, mars 2003 og maí 2003*)

Heimildir fyrir faröldrum á Íslandi vegna sjúkdómsvaldandi örvera er að mestu úr Læknablaðinu og munnlegar heimildir þeirra sem gerst þekkja til (*Guðni Alfreðsson o.fl. 1982, Haraldur Briem 1999, Margrét Geirsdóttir 2004, Sigurður B. Þorsteinsson o.fl. 1985*). Írska umhverfisstofnunin EPA hefur undanfarin ár gert úttekt á gæðum neysluvatns á Írlandi og var sú skýrsla höfð til hliðsjónar (*EPA 2002*). Höfundur fékk afrit af nýjum leiðbeiningum Alþjóða heilbrigðismálastofnunarinnar, WHO Guidelines for Drinking-water Quality Third Edition sl. vor, en þær komu síðan út á netinu og á prenti nú í haust 2004 (*WHO Guidelines for Drinking-water Quality – 3rd edition, 2004*). Í þeim eru miklar upplýsingar um hin ýmsu efni sem talin eru varasöm í neysluvatni. Umfjöllun um sjúkdómsvaldandi örverur eru að mestu úr WHO leiðbeiningunum og úr nýrri bók um faraldra í þróuðum ríkjum “Safe Drinking Water – Lessons from Recent Outbreaks in Affluent Nations” sem gefin var út af IWA – International Water Association sumarið 2004 (*Steve E. Hrudehy, 2004*).

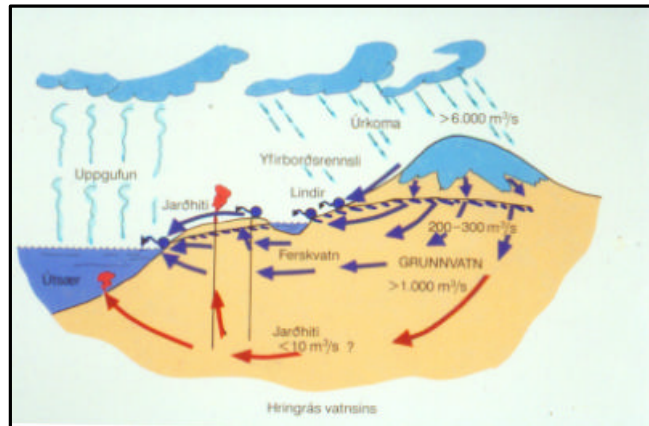
Töluvert hefur verið stuðst við efni frá Danmörku. Notaðar voru nýlegar leiðbeiningar fyrir vatnsveitur “Håndbog nr. 4 - Vandanalyser” gefnar út í september 2003 af “Foreningen af Vandværker i Danmark, FVD” (*Foreningen af vandværker i Danmark, 2003*). Vorið 2004 heimsótti höfundur þá á leið vegna annarra erinda og ræddi við framkvæmdastjóra, formann og einnig við Erik Arnvik, prófessor við DTU og sérfræðing í vatnsveitum um helstu mengunarvalda í dönskum vatnveitum. Mikið hefur verið lesið af erlendu efni um mengun neysluvatn og er sumt af því notað við þessi skrif og þess þá getið í heimildum.

## 2 Bakgrunnur - Vatn er takmörkuð auðlind

Vatn er ein af undirstöðum lífs á jörðinni og er að því leyti frábrugðin flestum öðrum auðlindum að ekki er hægt að finna aðra í staðin ef hún verður uppurin eða mengast. Allt

vatn er á stöðugri hreyfingu og það myndast ekki nýtt vatn heldur er það sama vatnið frá árdögum jarðar sem er í hringrás í náttúrunni, þ.e.

hringrás uppgufunar, þétting vatns-gufu, úrkomu og vatnsstreymis á jörðu sem yfirborðsvatn eða grunnvatn þar sem það rennur til sjávar.



Á mynd 1 er skematísk mynd af hringrás vatns á Íslandi og þar kemur fram að grunnvatnið er áfangi í

hringrás vatnsins (Freysteinn Sigurðsson o.fl.

1998). Dvalartími vatns í grunnvatnsgeymum og jöklum hér á landi er frá nokkrum árum upp í aldir (Sigurður R. Gíslason, 1993). Vatn er þannig takmörkuð auðlind og stærstur hluti vatnsforðans á jörðinni er saltur sjór, yfir 97%, en einungis minna en 1% er aðgengilegt sem ferskt grunnvatn til nota sem neysluvatn eins og sýnt er hér í kassanum.

Mynd 1 Hringrás vatnsins (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1998)

### Skipting vatns á jörðinni

Salt vatn	97,45%
Jöklar	1,74%
Ferskt grunnvatn	0,76%
Annað vatn s.s. yfirborðsvatn, vatn í andrúmslofti og bundið í lífverum	0,05%

(Heimild: UN World Water Assessment Programme 2003 bls.68)

Vatnssameindin er samsett úr tveimur frumeindum af vetni og einni frumeind af súrefni ( $H_2O$ ). En ýmis önnur efni eru uppleyst í vatninu sem geta komið í það eftir ýmsum leiðum og nauðsynlegt þykir að hafa nokkuð af steinefnum í vatninu til að fá betra bragð. Efni berast með úrkomu s.s. sjávarsalt og jafnvel berast mengandi efni með loftstraumum frá suðlægari slóðum. Klóríð í grunnvatni er mest meðfram ströndinni og berst það með



loftstraumum og úrkomu frá sjó. Þegar vatnið seytlar í gegnum jarðlög leysir það upp berg, einkum kísil og önnur steinefni. Grunnvatn getur verið blandað jarðhitavökva sem ber ýmis efni úr dýpri jarðlögum. Einnig geta borist lífræn efni úr jarðvegi á leið vatnsins um hann. (*Freysteinn Sigurðsson, 1990*). En almennt er hægt að segja að það sem einkennir íslenskt grunnvatn er að það er yfirleitt efnasnautt borið saman við önnur lönd og það er yfirleitt kalksnauðara (*Munnleg heimild: Árni Hjartarson, 16. 9. 2004*). Einnig er sýrustig grunnvatns hér tiltölulega hátt.

Ekki hefur farið fram nein heildar-samantekt á efnainnihaldi í íslensku vatni en samkvæmt lauslegri samantekt er efnainnihald í dæmigerðu íslensku grunnvatni eins og sýnt er í hér til hliðar (*Freysteinn Sigurðsson, 1989 og Magnús Ólafsson, 1997*). Þau efni sem sett er hámark um í neysluvatnsreglugerð eru súlfat, klóríð og natríum. Samkvæmt þeirri samantekt er íslenskt grunnvatn að meðaltali með súlfat á bilinu 2-6 mg/l, klóríð 5-15 mg/l og natríum 3-15 mg/l. Og eins og síðar kemur fram reynist neysluvatn sem skoðað var í þessari könnun oftast vera innan þessara marka.

**Dæmigerð íslenskt grunnvatn og kröfur neysluvatnsreglugerðar (mg/l)**

Efni	Styrkur ísl. grunnvatn	Kröfur neysluvatnsreglugerðar
Kísill (SiO <sub>2</sub> )	10-20	engar
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	2-6	250
Klóríð (Cl)	5-15	250
Natríum (Na)	3-15	200
Kalíum (K)	0,2-1	engar
Kalsíum (Ca)	0,2-7	engar
Magnesíum(Mg)	1-5	engar
Karbónat (CO <sub>2</sub> (t))	10-50	engar

(*Heimild: Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1985 og 1989, Magnús Ólafsson, 1997*)

Íslendingar hafa alltaf talið sitt vatn vera afburðargott og því var það nokkurt áfall fyrir nokkrum árum þegar við lentum í 19. sæti hvað varðar gæði vatns í úttekt á vegum UNESCO (*UN World Water Assessment Programme, 2003*). En þegar farið var að skoða málið nánar kom í ljós að þarna var á ferðinni upplýsingaskortur um efnainnihald neysluvatns á Íslandi. Notast hafði verið við tölur um yfirborðsvatn t.d. voru tölur um

grugg sambærilegar við íslenskar jökulár (*Gunnar Steinn Jónsson, 2003*). Í nýrri skýrslu gerða af sömu aðilum er Ísland í 3 sæti hvað varðar gæði vatns, á eftir Noregi og Finnlandi (*Daniel C. Esty o.fl. 2005*).

Sagan um baráttuna við hættulegar bakteríur sem berast með vatni og valda t.d. kóleru og taugaveiki á sér nokkuð langa sögu í mörgum löndum. Fyrir u.þ.b. 150 árum, nánar tiltekið þann 8. september árið 1854, fjarlægði enski læknirinn John Snow handfangið af dælu á brunninum í Broad Street í Sohohverfinu í London (nú Broadwick Street). Kólera hafði geisað í London með hléum frá 1831 og orðið mörgum að aldurtíla. Í lok ágúst árið 1854 skaut henni upp í Sohohverfinu. John Snow komst að því með faraldsfræðilegum rannsóknum að flestir þeirra 700 manna sem létust þar á skömmum tíma höfðu neytt vatns úr þessum ákveðna brunni. Litið er á þetta atvik sem táknrænt fyrir baráttu fyrir heilnæmu drykkjarvatni. Seinna kom í ljós að skolpleiðsla lá rétt við brunninn. Var hún brotin og mengaði vatnið í brunninum. John Snow komst að þessari niðurstöðu nær þrjátíu árum áður en bakterían (*Vibrio cholerae*) sem veldur kóleru fannst. Á þessum tíma var því haldið fram að kólera smitaðist með andardrætti á milli fólks en hann trúði því ekki þar sem hann hafði annast marga sjúklinga en ekki veikst sjálfur og leitaði því að öðrum orsökum. (*Heimild: <http://www.ph.ucla.edu/epi/snow.html#BBC> og [www.johnsnowsociety.org](http://www.johnsnowsociety.org)*)

Kólera náði ekki hingað til lands en taugaveiki var algeng í þéttbýli og varð til að þrýsta á um lagningu vatnsveitna í þéttbýli í upphafi síðustu aldar m.a. í Reykjavík, Hafnarfirði og á Ísafirði. Fyrsta vatnsveitan í þéttbýli hér á landi var lögð á Ísafirði aldamótarárið 1900 (*Lýður Björnsson, 1979*). Hún var lögð í kjölfar endurtekinna taugaveikifaraldra í bænum. Vatnið var tekið úr brunnum inni í byggðinni á Eyrinni. Vatnsveitur voru stofnaðar árið 1903 á Seyðisfirði, 1904 í Hafnarfirði, 1909 í Reykjavík og 1912 á Sauðárkróki.

Faraldrar af völdum kóleru og taugaveiki voru algengir í þéttbýli í Evrópu og víðar og þessar uppgötvanir urðu til þess að farið var að ganga betur frá vatnsbólum og leggja sameiginlegar vatnsveitur og fráveitur en hætt að taka vatn úr einstökum brunnum.

Faraldrar af völdum kóleru og taugaveiki eru nú nær óþekkt fyrirbæri í iðnríkjum en gjósa ennþá upp víða annarsstaðar í heiminum þar sem vatns- og frárennslismál eru í ólagi s.s. í Asíu og Afríku. Árið 2001 voru skrásett þar 184 þúsund tilfelli af kóleru og þar af dóu um 28 þúsund manns í 54 löndum. Þessar tölur eru líklega of lágar þar sem skráningu er oft ábótavant (*UN WWAP 2003 bls.102*). En aðrir faraldrar sem berast með vatni eru nokkuð tíðir í þróuðum ríkjum svo sem af völdum *Campylóbacter*, *Norwalk veiru* (*nóróveiru*), *Cryptosporidium* og *Giardia*. Slíkir faraldrar eru alvarlegt mál fyrir þá sem fyrir þeim verða og valda oft varanlegum skaða. Bæði valda þeir skaða á heilsu íbúanna og einnig á ímynd þeirra staða sem fyrir þeim verða. Heilsa íbúanna hlýtur þó alltaf að ganga fyrir fjárhagslegum hagsmunum einstakra aðila eða fyrirtækja og því þarf að tryggja skráningu og að orsaka sé leitað. Í viðtali við Læknablaðið árið 1999 segir Haraldur Briem vegna endurtekinna *Campylobacter* sýkinga í matvælum á Suðurlandi: „Hinsvegar hefur mér fundist skorta á það í umræðunni að hún hafi snúist um kjarna málsins sem hlýtur að vera sá að það er fjöldi fólks að veikjast illa af *Campýlobacter*. Það er ekki eins og að fá venjulegt kvef að fá slíka iðrasýkingu. ...hér er alvarlegt heilsufarsvandamál á ferðinni sem ekki er hægt að þegja um“ (*Haraldur Briem, 1999*).

### 3 Úttekt á stöðu vatnsgæða á Íslandi

#### 3.1 Heildarefnagreining hjá 20 íslenskum vatnsveitum

Í þessum kafla er farið yfir efnagreiningar hjá tuttugu íslenskum vatnsveitum fyrir tuttugu og eitt vatnsverndarsvæði og skoðað hvernig þær greiningar samræmast kröfum um gæði og greiningarmörk í reglugerð um neysluvatn. Þessar tuttugu vatnsveitur þjóna um 80% af landsmönnum. Sýni voru send út til Svíþjóðar til efnagreiningar hjá rannsóknarstofunni Analytica í Luleå og umsjón með því hafði Rannsóknarstofa Umhverfisstofnunar.

Niðurstöður þeirra efnagreininga eru sýndar í töflum eitt til þrjú á bls. 20 til 22. Í töflu 1 eru þau efni sem eru talin óæskileg í miklu magni en eru ekki eitruð. Í töflu 2 eru þungmálmar sem eru taldir skaðlegir mönnum farið magnið yfir viðmiðunarmörk. Í töflu 3 eru efni sem eru hættuleg heilsu manna s.s. bensen, arómatísku fjölhringja kolvatnsefnin sem eru efni sem berast í neysluvatn úr olíuefnum s.s. hráolíu, bensíni, tjöru eða verða til við ófullkominn bruna og eru mörg hver mjög krabbameinsvaldandi. Einnig eru þar lífræn leysiefni og efni sem verða til við meðhöndlun vatns eins og tríhalómetan sem er aukaefni sem verður til þegar vatn er klórað.

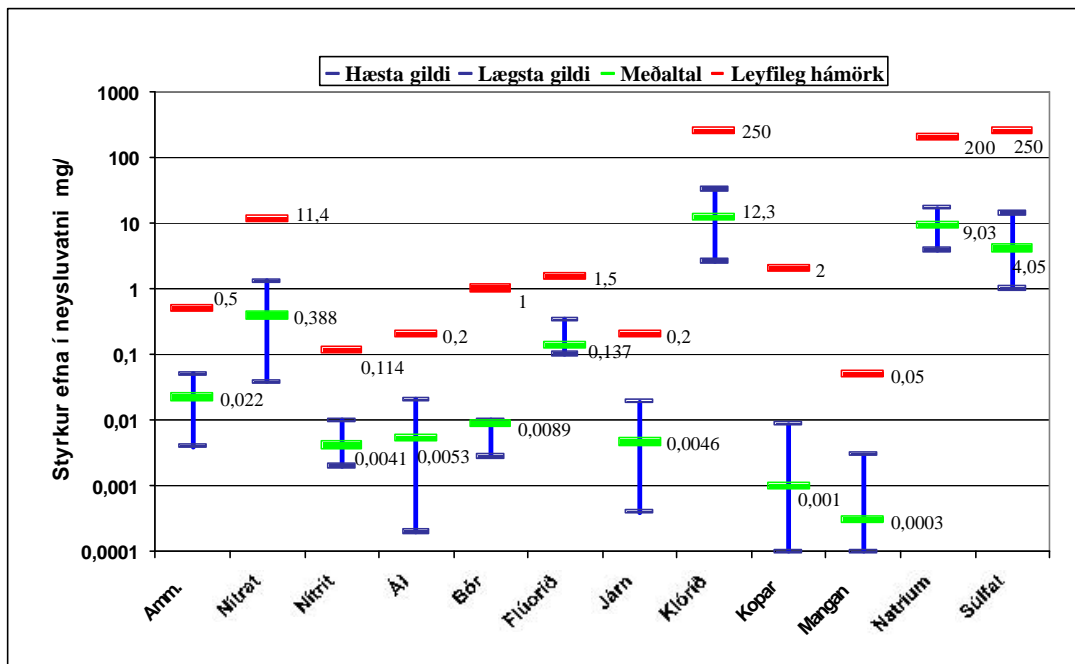
Í töflunni er gefið leyft hámarks gildi og leyfileg greiningarmörk skv. neysluvatnsreglugerð. Leyfð greiningarmörk eru kröfur um gæði mælinganna. Einnig hæsta og lægsta gildi. Reiknað er út meðaltal allra gilda einnig þeirra gilda sem eru neðan greiningarmark. Og einnig er reiknað út meðaltal raungilda þ.e. þeirra sem voru greind nákvæmlega.

Á mynd 2 og 3 eru sýnd styrkbil þ.e. hæsta og lægsta gildi, meðaltal hjá þessum tuttugu vatnsveitum og leyft hámark skv. neysluvatnsreglugerð. Á myndunum eru ekki sýnd efni sem alltaf voru neðan greiningarmark. Lóðrétti ásinn er í lógaritmiskum skala til að auðveldað að sýna öll gildin. Töluleg gildi fyrir meðaltal og leyft hámark eru sýnd á myndunum.

Það getur verið nokkuð misvísandi að setja fram gildi þar sem sum gildin eru neðan greiningamarka þar sem það segir ekki í raun hvað gildið er heldur aðeins að það sé lægra en tiltekið gildi. En það gefur þó vissar upplýsingar um stöðuna. Meðaltal af mældum gildum er því betra sem hlutfall þeirra af heildinni er stærri.

### 3.1.1 Efni sem eru óæskileg í miklu magni

Í töflu 1 eru niðurstöður heildarefnagreininga á þeim efnum sem eru talin óæskileg í miklu magni í neysluvatni en eru ekki talin eitruð. Þau eru tólf talsins. Þau eru nær alltaf langt undir leyfðum mörkum. Og á mynd 2 er sýnt styrkbilið, meðaltalið og leyft hámark í mg/l.



Mynd 2 Styrkur efna í neysluvatni, styrkbil, meðaltal og leyft hámark í mg/l

Ammóníum og nítrít greinist sjaldan og þá mjög lítið. Nítrat greinist hjá flestum veitum ofan greiningamarka og er hæst um 11% af leyfðu hámarki eða 1,3 mg/l. Leyfð greiningarmörk á nítrati skv. neysluvatnsreglugerð eru of ónákvæm til að fylgjast með breytingum þegar horft er til þess að nítrat er að meðaltali um 0,4 mg/l hjá íslenskum

vatnsveitum, þá er ekki nógu nákvæmt að hafa leyfð greiningarmörk <1,14 mg/l. Lægsta mælda gildið á nitrati er 0,038 mg/l, sem er hjá Vatnsveitu Sauðárkróks. Hjá fjórum vatnsveitum er gefið upp að nitrát sé minna en 0,5 mg/l, þ.e. hjá Árborg, Hafnarfirði, Reyðarfirði og Stöðvarfirði. Þetta er óþarfa ónákvæmni og erfitt að fylgjast með hækkun af völdum áburðar á þeim svæðum. Ekki ætti að nota hærri greiningarmörk en 0,1 mg/l til að miða við ómengið íslenskt grunnvatn. Fjallað er nánar um nitrát, sem talið er vera vísbending um mengun frá landbúnaði, í kafla 3.2.

Ál mælist hjá flestum vatnsveitum og að meðaltali <5,32 µg/l sem er um 2,7% af leyfðu hámarki en aldrei hærra en 20,3 µg/l sem er 10% af leyfðu hámarki. Leyft hámark er 200 µg/l. Ál er einn algengasti málmur jarðar og hefur því uppruna úr bergi. Aukning á áli í neysluvatni er fyrst og fremst þegar verið að meðhöndla vatn en það á ekki við hér á landi. Bór mælist sjaldan og aldrei hærra en 1% af leyfðu hámarki.

Flúoríð greinist hjá fimm veitum ofan greiningarmarka. Hæst er það hjá tveimur veitum, 23% af leyfðu hámarki á Blönduósi og 19% á Siglufirði. Leyft gildi er 1,5 mg/l en mælist á Blönduósi 0,34 mg/l og á Siglufirði 0,29 mg/l. Það kemur væntanlega úr setlögum þar sem þessar vatnsveitur taka vatn úr setlögum (*Munnleg heimild: Freysteinn Sigurðsson, 14.9.2005*). Meðaltal fyrir tuttugu vatnsveitur er <0,137 mg/l sem er um 9% af leyfðu hámarki. Víða um heim er flúor bætt í vatn til að varna tannskemmdum og er þá á bilinu 0,5-1,0 mg/l en er talið varasamt við magn yfir 1,5 mg/l og valda skemmdum á tannglerjungi og skemmdum á beinum við hækkanði flúormagn (*WHO-Guidelines, 2004*). Flúor í vatni er hættulegt jörturdýrum s.s kindum á eldfjallasvæðum og fá þær sjúkdóm í tannhold sem nefnist gaddur og veslast upp. Þekktar eru afleiðingar þess t.d. í móðuharðindunum eftir Skaftárelda og Heklugos. En þetta magn sem um ræðir hjá þessum tveimur vatnsveitum er væntanlega aðeins til að bæta vatnið.

Járn er algengur málmur og er því oft í grunnvatni. Það greinist að meðaltali hjá íslenskum vatnsveitum <4,6 µg/l sem eru um 4% af leyfðu hámarki. Mest mælist járn 19,1 µg/l sem er um 10% af leyfðu hámarki. Leyft hámark er 200 µg/l. Kopar mælist hæst 8,74

µg/l sem lítið og innan við 1% af leyfðu hámarki. Báðir þessir málmar geta komið í neysluvatn úr lagnakerfinu. Hámarkið fyrir kopar er 2000 µg/l. Í þessu sambandi má þó nefna að í Danmörku eru kröfur um að vatnsveitur skili neysluvatni til neytenda með töluvert lægri styrk ýmissa þungmála þar sem gert er ráð fyrir að vatnið geti tekið töluvert magn þeirra í innanhúskerfi. Kopar má t.d. aðeins vera 100 µg/l frá vatnsveitum meðan kröfur um hámark kopars úr krana er 2000 µg/l (*BEK nr. 871 af 21/09/2001*).

Klóríð í neysluvatni er að uppruna úr sjó sem berst aðallega í grunnvatn með úrkomu. Það er að meðaltali 12,3 mg/l hjá íslenskum vatnsveitum eða um 5% af leyfðu hámarki. Hæst er það 32 mg/l sem er um 13% af leyfðu hámarki. Mörk fyrir klóríð eru sett við 250 mg/l og þá fyrst og fremst vegna bragðgæða. Natríum hefur einnig að verulegu leyti sjávaruppruna og þar er meðaltalið 9,03 mg/l sem er 4,5% af leyfðu hámarki. Leyft hámark er 200 mg/l. Hæsta gildið er 16,7 mg/l sem er 8% af hámarki. Súlfat mælist að meðaltali innan við 2% af leyfðu hámarki sem er 250 mg/l. Hæsta gildið fyrir súlfat er 14 mg/l eða innan við 6% af leyfðu hámarki. Fylgni er á milli klóríðs, natríum, súlfats og flúoríð sem orsakast að miklu leyti af sameiginlegum uppruna í sjávarseltu í úrkomu (*Freysteinn Sigurðsson, 1991*).

Mangan kemur fyrir í grunnvatni og greinist oft í neysluvatni. Það greinist hjá þrettán veitum en er að meðaltali innan við 1% af leyfðu hámarki og aldrei hærra en 1,5%. Greiningarmörk fyrir mangan á Akranesi eru óþarflega há, <3,0 µg/l, miðað við aðrar veitur þó þau séu innan leyfðra marka. Aðrar veitur hafa greiningarmörk við <0,3 µg/l. Leyfð greiningarmörk skv. neysluvatnsreglugerð fyrir mangan eru <5,0 µg/l sem er of hátt þegar horft er til þess að meðaltalið hjá vatnsveitum er <0,306 µg/l.

### **3.1.2 Þungmálmar**

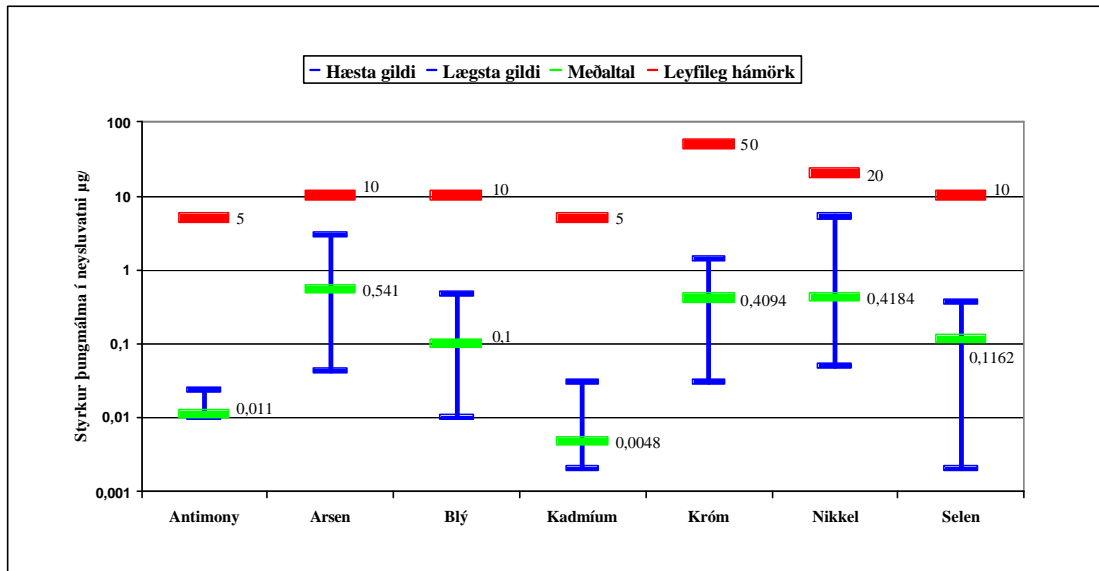
Í töflu 2 eru þungmálmar eða efni sem eru hér talin í þeim flokki (arsen og selen eru í flokki málmleysinga en hafa ýmsa sömu eiginleika og þungmálmar). Þau eru níu talsins. Flest þessara efna geta borist í neysluvatn úr lagnakerfum, pípum og tengistykkjum. Á mynd 3 er sýnt styrkbilið, meðaltalið og leyft hámark.

Kvikasilfur og sýaníð eru alltaf neðan greiningamarka og því ekki sýnd á mynd 3.

Antimon greinist sjaldan og þá í mjög litlu magni.

Arsen er náttúrulegt frumefni í jarðskorpunni og berst víða í heiminum í grunnvatn og því í neysluvatn. Það greinist hjá fimm veitum en oftast í litlu magni. Hæsta mæld gildið hjá þessum fimm veitum er 0,744  $\mu\text{g/l}$  sem er 7,5% af leyfðu hámarki en hæsta gildið er <3,0  $\mu\text{g/l}$  sem er 30% af leyfðu hámarki. Meðaltal arsen hjá þessum tuttugu vatnsveitum er 0,541  $\mu\text{g/l}$  sem er um 5% af leyfðu hámarki. Leyft hámark er 10  $\mu\text{g/l}$ . Leyfð greiningarmörk eru 1  $\mu\text{g/l}$  en greiningarmörk hjá þremur veitum eru yfir þeim mörkum, þ.e. hjá Garðabæ, Hvammstanga og á Siglufirði. Hjá síðastnefndu veitunni eru greiningarmörkin 30% af leyfðu gildi sem er alltof ónákvæm mæling.

Blý greinist hjá fimmtán vatnsveitum. Meðaltalið er minna en 1% af leyfðu gildi og hæsta gildi sem greinist er um 5% af leyfðu gildi eða 0,471  $\mu\text{g/l}$ . Kadmíum er langt fyrir neðan leyfileg mörk í öllum tilfellum. Hæsta gildið er innan við 1% af leyfðu gildi.



Mynd 3 Styrkur þungmálma í neysluvatni, styrkbil, meðaltal og leyft hámark í  $\mu\text{g/l}$



Króm greinist hjá öllum veitunum. Það er að meðaltali innan við 1% af leyfðu gildi en mælist hæst aðeins minna en 3% af leyfðu gildi. Svipaða sögu er að segja af selen sem greinist hjá átján veitum og er að meðaltali rúmlega 1% af leyfðu hámarki og hæsta gildi um 3,6% af leyfðu hámarki. Nikkel greinist hjá þrettán vatnsveitum. Það er að meðaltali um 2% af leyfðu hámarki en ein vatnsveita sker sig úr, á Akureyri, með 5,27 µg/l sem er um 26% af leyfði magni. Nikkel er notað í ýmis lagnaefni og getur því borist úr því í vatnið. Nauðsynlegt er hinsvegar að hafa fleiri greiningar til að sjá hvort þetta gæti verið vegna ónákvæmni í mælingu eða mengunar í sýni.

### 3.1.3 Eitruð efni

Í töflu 3 eru sýndar niðurstöður heildarefnagreininga fyrir flokk efna sem eru talin eitruð og flest krabbameinsvaldandi. Það eru olúefnin PAH, bensen og benzapyren og lífrænu leysiefnin 1,2-díklóretan og tetra- og tríklóreten. Einnig tríhalometan, sem er aukaefni í neysluvatni, sem verður til þegar vatnið er klórað. Önnur efni eru tilgreind í neysluvatnsreglugerð að eigi að mæla en hefur ekki verið talin þörf á að gera hér. Þau eru merkt í töflunni sem ekki mæld (*e.m.*).

Öll efnin eru alltaf neðan greiningamarka hjá þessum tuttugu vatnsveitum. Kröfum um greiningarmörk er í engu tilfelli fullnægt við 1,2 díklóretan. Þau eru við <0,3 µg/l en í niðurstöðum mælinganna alltaf <0,5 µg/l. Sama gildir í þremur tilvikum við PAH efnin. Leyfð greiningarmörk eru þar <0,025 µg/l en eru í þremur tilfellum við < 0,042 µg/l, þ.e. á Akureyri, Mosfellsbæ og Vestmannaeyjum.

Í neysluvatnsreglugerðinni eru tilgreind fleiri efni en eru mæld en það eru efnin akrýlamíð, brómat, epíklórhydrín, varnarefni, heildarmagn varnarefna og víníklóríð. Þau þrjú fyrstu eru aukaefni sem verða til við meðhöndlun á vatni. Akrýlamíð verður til við efna-hleypingu með polyakrýlamíð, brómat verður til við ósoneringu og epíklórhydrín við klórun. Hér á landi er lítið notað af varnarefnum og því hefur væntanlega ekki verið talin þörf á að greina þau. Aðeins er krafa um að mæla víníklóríð ef tetraklóreten og tríklóreten greinist í vatninu og er það þá sem niðurbrotsefni af þeim.

### 3.1.4 Niðurstöður heildarefnagreininga

Niðurstöður heildarefnagreininga hjá þessum tuttugu vatnsveitum eru þær að vatnið fullnægir alltaf skilyrðum um gæði. Það er því ljóst að neysluvatn hjá þessum veitum uppfyllir að því leyti öll skilyrði um gæði neysluvatns og er magn efna sem talin eru varasöm heilsu manna alltaf langt undir hættumörkum ef þau þá greinast.

Það eina sem hægt er að gera athugasemdir við er gæði efnagreininganna í nokkrum tilfellum þegar leyfð greiningarmörk eru yfirstigin eða eru óþarflega há. Vatnsveitur ættu að hafa það í huga þegar þær láta gera efnagreiningar að gera kröfur til rannsóknastofa að þær uppfylli a.m.k. skilyrði neysluvatnsreglugerðar um greiningarmörk. Í flestum tilfellum eru kröfur neysluvatnsreglugerðarinnar um greiningarmörk of há og sá styrkur sem verið er að greina efnin á töluvert lægri en leyfð greiningarmörk.

Eins og kom fram í kafla 2 er styrkur klóríðs í dæmigerðu íslensku grunnvatni 10 til 20 mg/l en leyfð greiningarmörk skv. neysluvatnsreglugerð eru 25 mg/l. Dæmigerður styrkur natriúms er 3-15 mg/l og greiningarmörkin leyfð við 20 og súlfat er 2-6 mg/l og greiningarmörkin við 25 mg/l. Þetta eru óþarflega ónákvæmar kröfur til greiningarmarkna ef fylgjast á með hvort styrkur í neysluvatni sé að hækka miðað við ómengað grunnvatn. Mælingar með greiningarmörkum sem eru mun hærri en raunverulegur styrkur í neysluvatni getur valdið því að gæði vatns koma ver út í samanburði en ástæða er til.

Tafla 1 Heildarefnagreining - efni sem eru óæskileg í miklu magni

	<b>Amm- oníum</b>	<b>Nítrat NO<sub>3</sub>-N</b>	<b>Nítrít NO<sub>2</sub>-N</b>	<b>Ál</b>	<b>Bór</b>	<b>Flúor- íð</b>	<b>Járn</b>	<b>Klóríð</b>	<b>Kopar</b>	<b>Mang- an</b>	<b>Natrí- um</b>	<b>Súlfat</b>
	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l
Leyft hámark	0,5	11,4	0,114	200	1000	1,5	200	250	2000	50	200	250
Leyfð greiningarmörk	<0,05	<1,14	<0,011	<20	<100	<0,15	<20	<25	<0,2	<5	<20	<25
Hæsta gildi	<0,05	1,3	<0,01	20,3	10	0,34	19,1	32,0	8,74	<3,0	16,7	14,0
Lægsta gildi	0,004	0,038	<0,002	<0,2	<2,83	<0,1	<0,4	2,6	0,03	<0,03	3,78	<1,0
Meðaltal	<0,022	<0,388	<0,0041	<5,33	<8,87	<0,137	<4,62	12,3	<0,817	<0,306	9,03	<4,05
Meðaltal raungilda	0,0043	0,377	0,003	6,5	6,05	0,216	5,36	12,3	0,853	0,232	9,03	4,11
Akureyri	<0,05	0,18	<0,01	3,65	<10	<0,1	3	2,6	8,74	0,124	3,78	<1,0
Akranes - OR	em	em	em	1,92	10	<0,2	1,3	14	0,52	<3,0	9,95	<5,0
Árborg	<0,04	<0,5	<0,002	14	<10	<0,1	19,1	9,1	0,13	0,647	10,2	2,4
Blönduós	<0,02	0,92	<0,002	<0,2	<10	0,34	1,6	24	1,98	0,154	15,5	5,9
Egilsstaðir	0,004	0,78	<0,002	0,534	<10	<0,1	3,6	5,7	0,96	0,114	5,02	3,7
Eskifjörður	0,005	0,56	<0,002	2,69	<10	<0,1	3,2	4,7	0,132	0,12	4,77	1,6
Garðabær	<0,04	0,81	<0,002	5,8	<10	<0,1	2,1	15	0,17	<0,03	16,7	3,2
Hafnarfjörður	<0,04	<0,5	<0,002	20,3	<10	<0,1	<0,4	8,5	0,29	<0,03	9,28	2,8
Húsavík	<0,008	0,051	<0,006	10,8	8,74	<0,1	0,9	11	0,14	<0,03	7,24	2,9
Hvammstangi	<0,02	0,21	<0,002	1,78	<10	0,18	10,7	32	<0,1	0,172	9,18	14
Hveragerði	<0,05	0,1	0,002	11	<10	<0,1	4,5	11,8	0,563	0,167	8,78	4
Mosfellsbær	<0,05	1,3	<0,01	8,57	<10	<0,1	1,6	10,5	0,73	0,0355	10,5	2,4
Reyðarfjörður	0,004	<0,5	0,002	2,28	<10	<0,1	3,2	3,6	0,474	0,0767	3,99	1,7
Rvk-Jaðarsvæði	<0,005	0,057	<0,005	<0,5	3,2	<0,1	<0,4	10	0,16	<0,03	11,3	2
Rvk-Vatnsendakr	<0,005	0,057	0,005	<0,5	2,83	<0,1	e.m	10	0,11	<0,03	e.m	2
Sauðárkrókur	<0,008	0,038	<0,006	5,3	3,18	<0,1	5,8	7,7	0,89	0,729	7,42	5,6
Siglufjörður	<0,02	0,22	<0,002	4,36	<10	0,16	7,2	31	0,0473	0,204	12,3	5,2
Skagaströnd	<0,02	0,32	<0,002	<0,2	<10	0,29	9,5	20	1,14	0,314	10,1	11
Stöðvarfjörður	<0,02	<0,5	<0,002	2,4	<10	<0,1	11,6	6,7	2,14	0,332	5,18	2,1
Vestmannaeyjar	<0,008	0,054	<0,006	6,3	8,34	0,11	2,3	6,4	0,17	<0,03	7,57	1,6
Þorlákshöfn	e.m <sup>1</sup>	<0,1	<0,01	8,78	<10	<0,2	<0,4	14	0,898	0,0627	11,9	<5,0

<sup>1</sup> e.m. = ekki mælt

Tafla 2 Heildarefnagreining - eiturefni - þungmálmar

	Anti- mon	Arsen	Blý	Kad- míum	Króm	Kvika- silfur	Nikkel	Selen	Sýaníð
Mælieining	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Leyft hámark	5	10	10	5	50	1	20	10	50
Leyfð greiningarmörk	<1,25	<1	<1	<0,5	<5	<0,2	<2	<1	<5
Hæsta gildi	0,0236	<3,0	0,471	0,0306	1,39	<0,002	5,27	0,364	<5,0
Lægsta gildi	<0,01	<0,042	<0,01	<0,002	0,03	<0,002	<0,05	<0,002	<3,0
Meðaltal	<0,011	<0,541	<0,10	<0,0048	0,4094	<0,002	<0,4184	<0,1162	<4,0
Meðaltal raungilda	0,0174	0,276	0,128	0,0093	0,4094	e.m.	0,6036	0,1283	e.m.
Akureyri	0,0146	0,057	0,417	<0,002	0,384	<0,002	5,27	0,0982	<5,0
Akranes - OR	<0,01	<0,7	0,205	0,005	0,255	<0,002	<0,05	<0,002	<3,0
Árborg	<0,01	<0,95	<0,01	<0,002	1,39	<0,002	0,056	0,153	<5,0
Blönduós	<0,01	<0,3	0,0896	0,0045	0,182	<0,002	0,41	0,0441	<5,0
Egilsstaðir	<0,01	<0,09	0,052	<0,002	0,11	<0,002	0,0623	0,102	<5,0
Eskifjörður	<0,01	<0,09	0,033	<0,002	0,173	<0,002	0,145	0,061	<5,0
Garðabær	<0,01	<1,6	<0,01	<0,002	0,634	<0,002	0,098	0,106	<5,0
Hafnarfjörður	<0,01	<0,94	<0,01	<0,002	0,772	<0,002	<0,05	0,203	<5,0
Húsavík	<0,01	0,744	<0,01	<0,002	0,307	<0,002	<0,05	0,14	<3,0
Hvammstangi	<0,01	<1,1	0,0267	<0,002	0,124	<0,002	<0,05	0,364	<5,0
Hveragerði	<0,01	<0,05	0,0631	<0,002	0,286	<0,002	0,759	0,0867	<5,0
Mosfellsbær	0,0236	<0,05	0,137	0,005	0,889	<0,002	0,359	0,133	e.m
Reyðarfjörður	<0,01	<0,2	0,227	<0,002	0,0806	<0,002	0,176	0,0594	<5,0
Rvk-Jaðarsvæði	<0,01	<0,059	0,011	0,0043	0,939	<0,002	<0,05	0,138	<3,0
Rvk-Vatnsendakriki	<0,01	<0,042	<0,01	0,0029	0,821	<0,002	0,068	0,143	<3,0
Sauðárkrókur	<0,01	0,215	0,057	0,0306	0,498	<0,002	0,317	0,161	<3,0
Siglufjörður	<0,01	<3,0	0,0116	<0,002	0,0473	<0,002	<0,05	0,069	<5,0
Skagaströnd	<0,01	<0,3	0,0566	0,0088	0,0642	<0,002	<0,05	0,174	<5,0
Stöðvarfjörður	<0,01	0,095	0,143	0,013	0,253	<0,002	0,0644	0,107	<5,0
Vestmannaeyjar	0,014	0,269	0,044	<0,002	0,03	<0,002	0,134	0,0948	<3,0
Þorlákshöfn	<0,01	<0,5	0,471	<0,002	0,359	<0,002	0,514	<0,002	e.m <sup>1</sup>

<sup>1</sup> e.m. = ekki mælt

Tafla 3 Heildarefnagreining - eitruð efni

	1,2-diklór etan	Akrýl amíð	PAH efni	Bens - en	Bens - (a)pyr en	Bróm - at (BrO <sub>3</sub> )	Epi - klór - hýdrin	Tetrak lóreten og triklór eten	Tri - haló - metan THM	Varnar - efni	S Varna refna	Víní - klóríð
Mælieining	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Leyft hámark	3	0,1	0,1	1	0,01	10	0,1	? 10	100	0,1	0,5	0,5
Leyfð greiningarmörk	<0,3	e.g. <sup>1</sup>	<0,025	<0,25	<0,003	<2,5	e.g.	<1	<10	<0,025	<0,125	e.g.
Hæsta gildi	<0,5	e.m.	<0,042	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Lægsta gildi	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,001	e.m.	e.m.	<0,2	<0,5	e.m.	e.m.	e.m.
Meðaltal	<0,5	e.m. <sup>2</sup>	<0,020	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,68	e.m.	e.m.	e.m.
Akureyri	<0,5	e.m.	<0,042	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Akranes - OR	<0,5	e.m.	<0,008	<0,2	<0,001	e.m.	e.m.	<0,2	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.
Árborg	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Blönduós	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Egilsstaðir	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Eskifjörður	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Garðabær	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,5	e.m.	e.m.	e.m.
Hafnarfjörður	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,5	e.m.	e.m.	e.m.
Húsavík	<0,5	e.m.	<0,042	<0,2	<0,001	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Hvammstangi	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Hveragerði	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Mosfellsbær	<0,5	e.m.	<0,042	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Reyðarfjörður	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Rvk-Jaðarsvæði	<0,5	e.m.	e.m.	<0,2	<0,001	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.
Rvk-Vatnsendakriki	<0,5	e.m.	e.m.	<0,2	<0,001	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.
Sauðárkrókur	<0,5	e.m.	<0,042	<0,2	<0,001	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Siglufjörður	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Skagaströnd	<0,5	e.m.	<0,012	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Stöðvarfjörður	<0,5	e.m.	e.m.	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.	e.m.
Vestmannaeyjar	<0,5	e.m.	<0,042	<0,2	<0,001	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.
Þorlákshöfn	<0,5	e.m.	<0,016	<0,2	<0,002	e.m.	e.m.	<0,2	<0,7	e.m.	e.m.	e.m.

<sup>1</sup> e.g. = ekki gefið hámark í neysluvatnsreglugerð

<sup>2</sup> e.m. = ekki mælt

### 3.2 Mengun frá landbúnaði á vatnsverndarsvæðum

Hér á landi er vatn í ríkum mæli og reiknað er með að það sé hreint og laust við alla mengun. Gróðurþekja er hér þunn og oftast er bergið sprungið og mengun á því greiða leið niður í grunnvatnið. Og ef mengun kemst í grunnvatnið er hætt á að það hafi langvinn áhrif.

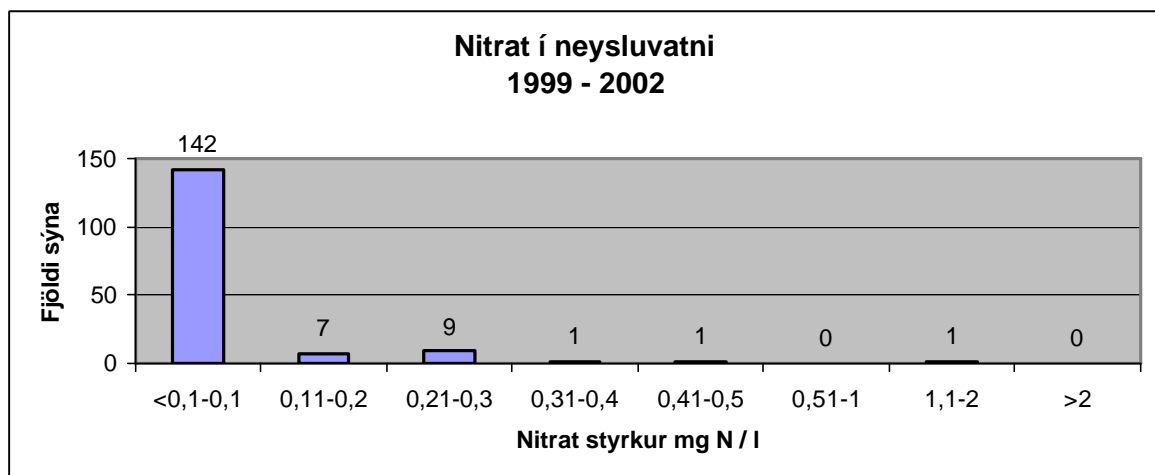
Víða erlendis er mengun frá landbúnaðarstarfsemi vandamál. Sérstaklega á þéttbýlum landbúnaðarsvæðum eins og í Evrópu og víðar. Sem dæmi má nefna að í Danmörku hafði árið 1999 eitthundrað sjötíu og fimm borholum vatnsveitna verið lokað vegna nítratmengunar (*Danmarks og Grönlands Geologiske Undersøgelser, 2002*). En ein helsta vísbending um mengun frá landbúnaði og ýmissi annarri starfsemi mannsins er styrkur nítrats í grunnvatni. Það finnst náttúrulegt í vatni, en of mikið magn kemur frá mikilli áburðargjöf, fráveituvatni, mykjuhaugum eða rotþróum.

Til að auka vöxt plantna er borið á köfnunarefni (N). Þetta efni er plöntum nauðsynlegt til vaxtar. Því er dreift annað hvort í formi tilbúins áburðar eða sem lífrænn áburður s.s. mykja á tún. Þar breytist það í nítrat ( $\text{NO}_3$ ) sem plönturnar geta auðveldlega tekið upp. Það köfnunarefni sem ekki er tekið upp af plöntum getur sigið niður í grunnvatnið eða skolast í yfirborðsvatn og aukið þörungavöxt í vötnum sem aftur getur leitt til ofauðgunar og skaðað lífríkið. Meiri hætta er á því haust og vetur, þegar plöntur eru hætta að taka upp næringu, að nítrat sigi niður í grunnvatnið.

Fróðlegt er að kanna hvort áhrifa frá landbúnaði sé farið að gæta á grunnvatn hér á landi og þá sérstaklega á neysluvatn. Eins og áður sagði er nítrat ein helsta vísbending um mengun frá landbúnaði. Það eru að sjálfsögðu fleiri þættir en nítrat sem gefa vísbendingu um mengun frá landbúnaði s.s. fosfór, ammoníak, uppleyst súrefni og sýrustig. Hér eru mælingar á nitrati notaðar þar sem þær eru mikilvægur hluti af heildarúttekt samkvæmt kröfum í neysluvatnsreglugerð og einnig að til er viðmiðunargildi fyrir nítrat samkvæmt skýrslu Orkustofnunar (*Freysteinn Sigurðsson, 1995*) og samantekt Umhverfisstofnunar (*Umhverfisstofnun, 2004*).

Of mikið níturat í drykkjarvatni er talið hættulegt heilsu manna, sérstaklega ungbörnum. Það breytist í nítrít sem hindrar upptöku súrefnis hjá smábörnun sem veldur því að húðin verður blá, svonefnd blá börn. Ekki er talið að grunnvatn á Íslandi sé almennt mengað af völdum landbúnaðar en ekki hafa verið gerðar neinar teljandi skipulegar mælingar á því. Til er nokkur fjöldi greininga á níturati í grunnvatni og út frá því hefur verið áætlað hvað reikna má með að ómengi grunnvatn víða um land innihaldi mikið níturat (*Freysteinn Sigurðsson, 1995*). Það gildi er notað sem grunnildi eða viðmiðunargildi. Samkvæmt því er hægt að reikna með að níturatmagn  $\text{NO}_3\text{-N}$  í ómengdu grunnvatni á grónu láglandi sé frá **0,06 til 0,1 mg/l-N** og á hálendi yfirleitt lægri en 0,034 mg/l-N.

Í skýrslu til Eftirlitsstofnunar EFTA (*Umhverfisstofnun, 2004*) um framkvæmd tilskipunar um köfnunarefnismengun (*reglugerð nr. 804/1999*) kemur fram að meðaltal á níturati ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) í 161 sýnum úr drykkjarvatni á Íslandi á árunum 1999 til 2001 er **<0,124 mg/l**. Á mynd 4 er sýnd dreifing á niðurstöðum þessara níturatmælinga. Allt vatn er með minna en 1,4 mg/l -N, 88% sýna með minna en 0,1 mg/l-N og 98% með minna en 0,3 mg/l-N. Leyfilegt hámark er 11,4 mg/l-N. Meðaltal níturats frá tuttugu og einu vatnstökusvæði vatnsveitna sem fjallað er um í kafla 3 hér að framan og sem sýnt er í töflu 1 er **<0,388 mg/l** og er það nokkru hærra en í báðum athugunum hér að framan.



Mynd 4 Níturat í neysluvatni á Íslandi (*Gunnar Steinn Jónsson, 2003*)

Í skýrslu frá Clemson University í Suður Karólínu í Bandaríkjunum (*Kang S. Lu and Jeffery S. Allan, May 2002*) er gerð grein fyrir áhrifum landbúnaðar á vatn í Suður Karólínu. Þar var bæði beitt landupplýsingakerfi og tölfræði til að meta tengslin. Þar var skoðað uppleyst súrefni, gerlamagn, fosfór og sýrustig. Í ljós kom að af 274 vatnsverndarsvæðum voru 155 menguð af völdum þessara þátta og oftast var gerlamagn of mikið. Skoðuð voru áhrif frá kjúklingabúum, svínabúum og kúabúum. Tölfræðileg og landfræðileg skoðun á tengslum mengunar við landbúnaðarstarfsemi leiddi í ljós daufa en þó marktæka fylgni við suma starfsemi. Þetta töldu höfundar benda til að fleiri þættir yllu þar mengun en landbúnaður. Þó komu fram sterkari vísbendingar um að kúabú hefðu meira mengandi áhrif á vatnið en kjúklingabú og að svínabú virtust ekki hafa teljandi áhrif.

Tölfræðileg athugun var gerð á því hvort meðalgildi nitrats væri hærra þar sem landbúnaður og önnur starfsemi væri á vatnsverndarsvæðum íslenskra vatnsveitna en þar sem hann er ekki. Framkvæmd könnunarinnar er lýst í kafla 1.5 hér að framan. Skoðaðir voru þrjú þættir á grannsvæði og fjarsvæði. Það voru þættirnir landbúnaður, ræktun og beit. Í ljós kom að beit virtist ekki hafa áhrif en áhrifa gætir frá landbúnaði og ræktun. Meðaltal nitrats er nær helmingi hærra þar sem er landbúnaður og ræktun en þar sem það er ekki til staðar. Fjöldinn á bak við meðaltalið er takmarkaður í öllum tilfellum og því ekki hægt að yfirfæra þessar niðurstöður á allar vatnsveitur.

Skoðað var einnig hvort það hefði marktæk áhrif til hækkunar á nitrát á verndarsvæðum að brunnsvæði væru ekki afgirt en svo reyndist ekki vera. Lítil munur var á meðaltalinu og langt frá því að vera marktækur. Marktækur munur var hinsvegar á magni nitrats á svæðum þar sem auðveld umferð var um brunnsvæðið og þar sem ekki var auðvelt að komast að og það þó þau svæði væru einungis sjö talsins. Á einungis tveimur grannsvæðum var íbúðabyggð en á sjö fjarsvæðum. Á fjarsvæðum virðist íbúðabyggðin hafa töluverð áhrif til hækkunar nitrats. Nitrát er þar að meðaltali helmingi hærra, en niðurstöður eru þó ekki marktækar vegna lítils úrtaks.



Að lokum var borið saman bakgrunnsgildi fyrir nítrat í grunnvatni á láglandi og meðalgildi á nítrati á verndarsvæðum þessara 25 vatnsveitna.

### 3.2.1 Niðurstöður tölfræði

Tíðnigreining á svörum við könnuninni er sýnd í töflu 4 og hún sýnir að töluverð starfsemi er á verndarsvæðum vatnsveitna. Landbúnaður er á stórum hluta verndarsvæðanna bæði á grannsvæði og fjarsvæði (45% og 55%). Einnig er ræktun á rúmlega þriðjungi svæðanna og sama er hægt að segja um beit. Nær helmingur grannsvæða og yfir 60% fjarsvæða eru notuð sem beitarsvæði. Auðveld umferð er um 28% vatnsverndarsvæða. Íbúðabyggð er aðeins á 7% grannsvæða þ.e. tveimur svæðum og á 31% fjarsvæða er íbúðabyggð þ.e. níu svæðum. Brunnsvæði eru afgirt í 83% tilfella.

Tafla 4 Tíðni starfsemi sem getur valdið nítratmengun (%)

	Landb. grannsv.	Rækt. á grannsv.	Beit á grannsv.	Landb. á fjarsv.	Rækt.á fjarsv.	Beit á fjarsv.i	Brunnsv. afgirt	Auðveld umferð	Íbúðab. grannsv.	Íbúðab. fjarsv.
Já	44,8	31,0	48,3	55,2	34,5	62,1	82,8	27,6	6,9	31,0
Nei	55,2	69,0	51,7	44,8	65,5	37,9	17,2	72,4	93,1	69,0
Alls	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

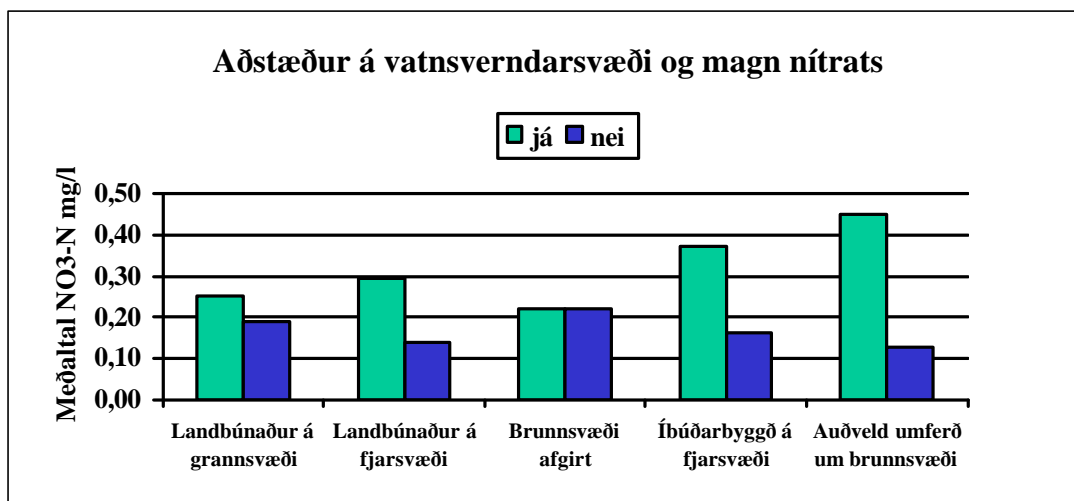
Í töflu 5 eru sýndar mælingar fyrir nítrat. Gildar mælingar fyrir nítrat eru 25 og er það fyrir 86,2% þeirra verndarsvæða sem fengust svör við í könnunum. Mælingar vantar fyrir fjögur svæði. Meðaltal nítrats á þessum 25 svæðum er 0,22 mg/l og staðalfrávik er 0,253.

Tafla 5 Mælingar á nítrati

	Fjöldi N	Hlutfall %	Meðaltal	Staðalfrávik
Gildar mælingar	25	86,2	0,22	0,253
Vantar	4	13,6		
Samtals	29	100		

Til að meta hvort níturat á þessum vatnsverndarsvæðum væri hærra en bakgrunnsgildi fyrir grunnvatn á láglandi var gert t-próf eins úrtaks. Bakgrunnsgildið er 0,1 mg/l og meðaltalið fyrir svæðin er 0,22 mg/l. Niðurstaðan sýnir að það er marktækur munur þar sem níturatgildið er hærra en náttúrulegt gildi og hægt er að segja það með 95% vissu að meðalgildi á verndarsvæðum vatnsveitna sé hærra en bakgrunnsgildi ( $t=2,38$  og  $p=0,026$ ). Við getum sagt með 95% vissu að níturatmagn í grunnvatni á verndarsvæðum vatnsveitna sé á bilinu 0,02 til 0,2 mg/l-N hærra en meðalgildið fyrir ómengað grunnvatn.

Í töflu 6 eru sýndar niðurstöður úr tölfræðiprófum. Gert var t-próf óháðra úrtaka fyrir landbúnað, ræktun og beit á bæði grannsvæði og fjarsvæði. Einnig voru skoðuð áhrif þess að brunnsvæðið væri afgirt og hvort auðvelt væri fyrir óviðkomandi að komast um brunnsvæðið. Einnig voru athuguð áhrif þess á níturat að íbúðabyggð væri á svæðinu. Prófið er gert fyrir 25 svæði og þeim fjórum svæðum þar sem ekki eru til mælingar á níturati er sjálfkrafa sleppt. Á mynd 5 er sýndur samanburður á meðaltali níturats og þar kemur fram að mestur munur á meðaltali er þar sem umferð er auðveld um brunnsvæði og einnig þar sem íbúðabyggð er á fjarsvæði. Níturat getur borist í grunnvatn frá íbúðabyggð frá áburðargjöf á grasflatir og annarri ræktunarstarfsemi. Einnig frá skolpleiðslum og umferð.



Mynd 5 Aðstæður og starfsemi á vatnsverndarsvæðum og meðaltal níturats í neytluvatni

Tafla 6 Niðurstöður tölfræðiprófs á tengslum nitrats og starfsemi og aðstæðum á vatnsverndarsvæðum

		Meðaltal	Fjöldi	Staðalfrávik	t-próf	p-gildi
Landbúnaður á grannsvæði	já	0,253	12	0,314	0,611	0,547
	nei	0,190	13	0,188		
Ræktun á grannsvæði	já	0,255	8	0,369	0,373	0,718
	nei	0,204	17	0,188		
Beit á grannsvæði	já	0,185	13	0,260	-0,718	0,48
	nei	0,259	12	0,250		
Landbúnaður á fjarsvæði	já	0,294	13	0,314	1,612	0,126
	nei	0,140	12	0,136		
Ræktun á fjarsvæði	já	0,301	7	0,382	0,824	0,437
	nei	0,185	18	0,184		
Beit á fjarsvæði	já	0,174	14	0,250	-1,040	0,309
	nei	0,280	11	0,256		
Brunnsvæði afgirt	já	0,221	20	0,273	0,007	0,994
	nei	0,220	5	0,170		
Auðveld umferð um brunnsvæði	já	0,451	7	0,327	2,50	0,041
	nei	0,130	18	0,148		
Íbúðarbyggð á grannsvæði	já	0,280	2	0,255	0,342	0,736
	nei	0,215	23	0,258		
Íbúðarbyggð á fjarsvæði	já	0,370	7	0,366	1,441	0,192
	nei	0,162	18	0,174		

Meðaltal nitrats á grannsvæði er hærra þar sem landbúnaður er á grannsvæði. Staðalfrávikin er hærra þar sem landbúnaður er til staðar sem segir okkur að meiri dreifing sé til staðar á magni nitrats í vatni þar. Munurinn er þó ekki tölfræðlega marktækur skv. t-prófi, ( $t=0,611$  og  $p=0,547$ ) og því ekki hægt að alhæfa þessar niðurstöður yfir á allar vatnsveitur. Sama gildir um áhrif nitrats á grannsvæði á ræktuðu landi eins og landbúnað. Þar er meðaltal nokkuð hærra og dreifing töluvert meiri en þar sem ekki er ræktað land.

Þar er þetta heldur ekki tölfræðilega marktækt ( $t=0,373$  og  $p=0,718$ ). Annað kemur í ljós þegar skoðuð er beit. Þar er meðaltal hærra þar sem ekki er beutiland á grannsvæði, sem segir að nítatratið er líklega ekki að leita niður í grunnvatnið af völdum beitar og er þar ekki áhrifavaldur ( $t = -0,718$  og  $p = 0,48$ ). Niðurstöðurnar geta bent til að aðeins sé beitt á þau svæði þar sem ekki er stundað ræktun þ.e. ræktunin útiloki beit. Ef meðaltölin fyrir nítatr á grannsvæðum í töflu 6 eru skoðuð sést að þau eru nær þau sömu fyrir þau svæði þar sem stundaður er landbúnaður og ræktun og þar sem ekki er beit.

Þegar áhrif á fjarsvæði eru skoðuð þá koma sömu niðurstöður. Landbúnaðurinn hefur þar jafnvel meiri áhrif en á grannsvæði. Meðaltal nítrats er helmingi hærra þar sem landbúnaður er stundaður á fjarsvæði heldur en þar sem hann er ekki stundaður. T-prófið segir að munurinn sé ekki marktækur ( $t = 1,612$  og  $p = 0,126$ ) og er það væntanlega vegna þess hve úrtakið er lítið. Þar sem land er ræktað er meðaltal nítrats 60% hærra, en t-prófið segir að niðurstaðan sé ekki marktæk ( $t = 0,824$  og  $p = 0,437$ ). Einungis sjö vatnsveitur eru með ræktað land á fjarsvæði, þannig að fjöldinn á bakvið meðaltalið er takmarkaður. Beit hefur ekki áhrif á meðaltal nítrats á fjarsvæði frekar en grannsvæði ( $t = -1,04$  og  $p = 0,309$ ). Þar er meðaltal hærra þar sem ekki er beit og þó að það sé mótsagnarkennt þá er líkleg skýring sú sama og á grannsvæði að ræktun og landbúnaður útiloki beit. Beitar-svæði séu þau svæði sem ekki þykja góð til ræktunar.

Áhrif þess að brunnsvæði séu afgirt eru lítil á magn nítrats í neysluvatni. Munur á meðaltali er lítill. Það er því ljóst að girðing í kringum brunnsvæði skilar litlum árangri til að vernda svæðin fyrir mengun af völdum nítrats. Ef til vill eru brunnsvæðin of lítil til að veita slíka vernd. Óafgirt brunnsvæði er líklega helst hátt upp til fjalla eða á lítið grónu landi. Önnur niðurstaða kemur í ljós þegar skoðaður er munur á meðaltali á hvort auðveld umferð sé um brunnsvæðið. Þar er meðaltalið meira en þrisvar sinnum hærra þar sem umferðin er auðveld og niðurstaðan marktæk ( $t = 2,5$  og  $p = 0,041$ ). Brunnsvæði auðveld til umferðar eru líklega næst byggð og því er meiri hætt á mengun af völdum nítrats þar.

Íbúðabyggð er einungis á tveimur grannsvæðum og því varla tölfræðilega marktækt. En íbúðabyggð er á sjö fjarsvæðum og þar kemur fram meira en helmingi munur á meðaltali nitrats. Munurinn er þó ekki tölfræðilega marktækur ( $t = 1,441$  og  $p = 0,192$ ).

### 3.2.2 Umræður um nítatmengun frá landbúnaði

Út frá þessum tölfræðilegu prófum á áhrifum landbúnaðar, ræktunar og beitar á magn nitrats í vatni mætti álykta að líkur séu á að landbúnaður og ræktun hækki magn nitrats í vatnsbólum þessara vatnsveitna en beit hafi þar engin áhrif. En sá fyrirvari er á að úrtakið er það lítið að erfitt er að yfirfæra þessar niðurstöður yfir á aðrar vatnsveitur. Það er hinsvegar ljóst að magn nitrats er hærra á verndarsvæðum þessara vatnsveitna en áætlað grunnildi á grónu láglandi á Íslandi. Það má einnig benda á að vatnsveitur sem tóku þátt í könnuninni eru stórar vatnsveitur þar sem eftirlit og eftirfylgni er betri heldur en hjá litlu sveitaveitunum. Þetta er því með því besta sem gerist og líklegt að ástandið sé verra hjá litlu veitunum. Þar eru sjaldan sérstakir starfsmenn sem sinna vatnsveitunni og minna eftirlit með að reglum um umgengni á verndarsvæðum sé fylgt. Búið er að skilgreina 24 af þessum 29 vatnsverndarsvæðum. Um helmingur þessara vatnsveitna hefur sett sérstakar opinberar umgengnisreglur á svæðin. Bæði þessi atriði eru trúlega mikið styttra á veg komin hjá minni vatnsveitum. En á móti kemur þó að hjá stærri vatnsveitum þar sem er meira þéttbýli er væntanlega meira álag frá umferð um vatnsverndarsvæði.

Það má því leiða að því líkum að landbúnaður hafi áhrif sem skila sér í neysluvatn landsmanna. Þess ber þó að geta að það magn sem mælist er allt langt undir leyfilegum mörkum og því alls ekki hættulegt til neyslu. Hinsvegar þarf að huga að því að stöðva þessa þróun og fylgja eftir reglugerðum um umgengni og starfsemi á verndarsvæðum vatnsbóla.

### 3.3 Þungmálmar í neysluvatni frá lagnakerfum

Þungmálmar sem berast út í umhverfið í miklu magni valda þar ýmsum eituráhrifum. Náttúrulegur styrkur þungmálma í umhverfinu er lítill og maðurinn hefur ekki áhrif á heildarmagn málma í lífhvolfinu en það er dreifing þeirra sem hann hefur áhrif á. Og þar eru það fyrst og fremst blý, kadmíum og kvikasilfur sem eru í miklu magni af mannavöldum (*C.H. Walker, 2001, tafla 1.1*). Eitrun af málum getur þó einnig átt sér stað í náttúrunni án tilkomu mannsins s.s. eins og við eldgos eða veðrun.

Sumir þessara þungmálma eru nauðsynlegir fyrir vöxt og viðhald lífvera í hæfilegu magni en það er magnið sem ræður því hvort um eituráhrif er að ræða. Eitrunin getur verið sem bráðaeitrun eða eituráhrif við langvarandi inntöku. Sumir eru taldir vera krabbameinsvaldandi, skemma nýru eða lifur eða valda fósturskaða. Nauðsynlegir málmar eru t.d. járn, kopar, sínk, selen, króm og nikkell en málmarnir antimon, blý, kadmíum og kvikasilfur eru ekki taldir gegna neinu hlutverki til næringar lífverum en safnast upp í líkamanum og valda ýmsum eituráhrifum. Þó hefur verið sýnt fram á að kadmíum er nauðsynlegur sumum kísilþörungum (*Peter Chapman o.fl.2003*). Og af því að málmarnir eru ekki notaðir í líffræðilegum ferlum hefur lífveran ekkert afeitrunarkerfi til að takast á við þá og á því erfiðara með að losa sig við þá.

Í þessu verkefni eru mælingar á þungmálum frá 20 vatnsbólum vatnsveitna skoðaðir. Mæld gildi eru allsstaðar langt undir leyfilegum mörkum. Til að finna grunnildi eða bakgrunnsgildi fyrir málma í vatni eru skoðaðar mælingar fyrir ár á Suðurlandi, Varmá í Mosfellsbæ, Botnsá í Hvalfirði og mælingar á málum í úrkomu í Reykjavík og á Írafossi. Stærsta uppspretta málma yfir grunnildum er frá lagnakerfum og þar sem sýni hjá flestum vatnsveitum eru tekin við vatnsból eða þar sem vatn kemur inn í bæi og aðveituaðar eru oftast úr plasti gefa þær ekki rétta mynd af því sem er að koma til notenda. Engu að síður er mikilvægt fyrir vatnsveitur að þekkja innihald málma og eiginleika vatns frá vatnsbólum. Gerður er samanburður á þungmálum í neysluvatni þar sem sýni eru tekin

við vatnsból og í dreifikerfi til að athuga mengun frá lagnaefni. Þessar niðurstöður eiga þó aðeins við þessar nítján vatnsveitur sem hér eru til skoðunar.

### 3.3.1 Umhverfisvöktun á Íslandi

Mælingar á styrk efna í úrkomu á Íslandi (*Starfshópur um vöktunarmælingar, 1999*) gefa til kynna að mestur hluti málma, nítrats og flúors í úrkomu stafi af mengun af mannavöldum, jarðhitaáhrifum eða eldvirkni, en ekki var hægt að segja til um hvort mengunin væri staðbundin eða langt að komin. Flest önnur efni í úrkomu eru af sjávaruppruna eða úr bergi. Almenn er styrkur þungmálma í andrúmslofti lítill hér á landi miðað við það sem gerist í Evrópu, nema styrkur nikkels og síns. Kadmíum hefur mælst nokkuð hátt í mosa hér á landi. Mosi hefur mikið verið notaður á Norðurlöndum og í Kanada til að mæla loftborna mengun af þungmálmum. Hann hentar vel þar sem hann hefur ekkert rótarkerfi og fær mest af sinni næringu úr andrúmsloftinu. Í sömu skýrslu eru einnig sýndar mælingar á þungmálmum í nokkrum ám á Suðurlandi. Þegar styrkur efnanna í úrkomu er borinn saman við magn þeirra í straumvötnum kemur fram að styrkur króms er nokkuð meiri í straumvötnum, en styrkur blýs, kadmíums og nikkels er hærri í úrkomu. Mestur hluti málma í straumvötnum er talinn eiga uppruna í bergi, þar með talið króm. Þetta á þó ekki við um blý, kadmíum og nikkell sem er talin eiga uppruna af mannavöldum og berast í straumvötn með úrkomu. En spurningin er hvort þessir málmar finnast í meira magni í neysluvatni en það sem vænta megi að berist í það með úrkomu.

Skoðaðir eru þeir þungmálmar sem eru taldir eittraðir, það eru antimon, arsen, blý, kadmíum, kvikasilfur, króm, nikkell og selen (arsen og selen eru málmleysingar en ekki málmar en hafa að mörgu leyti sömu eiginleika og málmar og geta gengið í samband við þá). Aðeins er um eina mælingu að ræða hjá hverri veitu. Skoðað er hlutfall málmanna af leyfðu hámarki skv. neysluvatnsreglugerð.

Tafla 7 Þungmálmur í neysluvatni og samanburður við straumvötn og úrkomu

\* sýni tekið úr dreifikerfi

Vatnsveita	Antimon Sb	Arsen As	Blý Pb	Kadmíum Cd	Króm Cr	Kvikasilfur Hg	Nikkel Ni	Selen Se
Mælieining	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Leyft hámark	5	10	10	5	50	1	20	10
Greiningar mörk skv. WHO	0,01	0,1	1	0,01	0,05	0,001	0,1	0,5
Meðatal í straumv.Suðurlandi		<0,075	0,026	<0,011	0,60	<0,002	<0,20	
Í úrkomu í Reykjavík - miðgildi			<0,5	<0,050	0,2		0,7	
Í úrkoma á Írafossi - miðgildi			<0,5	0,09	<0,1		<0,5	
Meðaltal hjá vatnsveitum	<0,0111	<0,5651	<0,1016	<0,0049	0,4156	<0,002	<0,4012	<0,1177
Akureyri*	0,0146	0,057	0,417	<0,002	0,384	<0,002	5,27	0,0982
Akranes	<0,01	<0,7	0,205	0,005	0,255	<0,002	<0,05	<0,002
Árborg*	<0,01	<0,95	<0,01	<0,002	1,39	<0,002	0,056	0,153
Blönduós	<0,01	<0,3	0,0896	0,0045	0,182	<0,002	0,41	0,0441
Egilsstaðir	<0,01	<0,09	0,052	<0,002	0,11	<0,002	0,0623	0,102
Eskifjörður	<0,01	<0,09	0,033	<0,002	0,173	<0,002	0,145	0,061
Garðabær	<0,01	<1,6	<0,01	<0,002	0,634	<0,002	0,098	0,106
Hafnarfjörður	<0,01	<0,94	<0,01	<0,002	0,772	<0,002	<0,05	0,203
Húsavík*	<0,01	0,744	<0,01	<0,002	0,307	<0,002	<0,05	0,14
Hvammstangi	<0,01	<1,1	0,0267	<0,002	0,124	<0,002	<0,05	0,364
Mosfellsbær	0,0236	<0,05	0,137	0,005	0,889	<0,002	0,359	0,133
Reyðarfjörður	<0,01	<0,2	0,227	<0,002	0,0806	<0,002	0,176	0,0594
Reykjavík -Jaðarsvæði	<0,01	<0,059	0,011	0,0043	0,939	<0,002	<0,05	0,138
Reykjavík - Vatnsendakriki	<0,01	<0,042	<0,01	0,0029	0,821	<0,002	0,068	0,143
Sauðárkrókur*	<0,01	0,215	0,057	0,0306	0,498	<0,002	0,317	0,161
Siglufjörður	<0,01	<3,0	0,0116	<0,002	0,0473	<0,002	<0,05	0,069
Skagaströnd*	<0,01	<0,3	0,0566	0,0088	0,0642	<0,002	<0,05	0,174
Stöðvarfjörður	<0,01	0,095	0,143	0,013	0,253	<0,002	0,0644	0,107
Vestmannaeyjar*	0,014	0,269	0,044	<0,002	0,03	<0,002	0,134	0,0948
Þorlákshöfn	<0,01	<0,5	0,471	<0,002	0,359	<0,002	0,514	<0,002



Málmar eru mikið notaðir í byggingarefni s.s. þakefni, glugga og í lagnakerfi bæði innanhúss og utan. Tengistykki úr koparblöndum og blöndunartæki úr ryðfríu stáli sem er blandað með nikkel og króm eru algengust. Málmar tærast og berst þannig út í umhverfið. Þegar rignir leka þeir af byggingum eða þeir losna úr lagnaefni og berast út í vatnið, þungmálmar berast einnig út í umhverfið frá umferð og frá iðnaði (*C.Leygraf o.fl. 2004*).

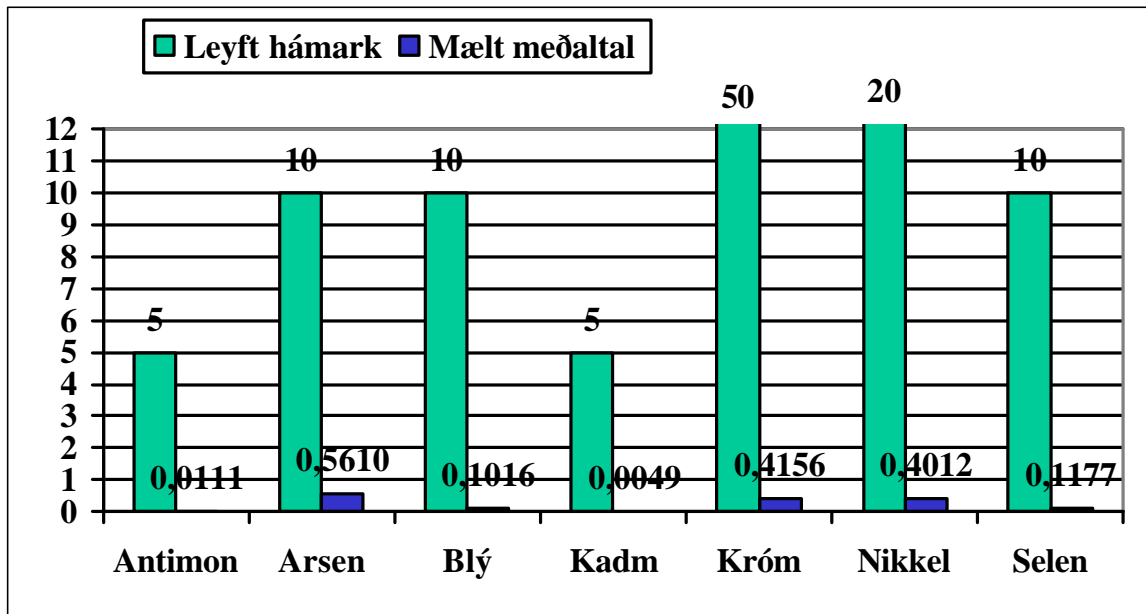
Málmarnir leysast upp og það eru frjálsum málmjónirnar  $M^{n+}$  sem bindast við lífræn efni og magn þeirra ræður því magni málma sem kemst í lífverur en ekki heildarmagn málma. Magn frjálstra málmjóna er m.a. háð sýrustigi þ.e. við lágt sýrustig er magn þeirra meira (*C.R. Janssen 2003*). Oft er mikill munur á þeim þungmálmum sem eru aðgengilegir fyrir lífríkið og heildarmagni þeirra. Og í vatnsupplausn eru það málmjónir sem eru bundnar við vatnsatóm  $M(H_2O)_x$  sem eru teknar upp af fiskum og lindýrum og komast þannig inn í lífkeðjuna (*Peter Chapman o.fl, 2003*). Við að kolefnisatómið festist við málminn kemst hann inn í lífveruna og upp fæðukeðjuna og í vefi og veldur þar röskun. Það sem gerir málmana varhugaverða er að þeir taka þátt í efnahvarfi frumunnar. Þungmálmar bindast inn í frumuna og skipta jafnvel út öðrum málmum sem eru lífverunni nauðsynlegir, og það veldur skorti á þeim. Málmar geta verið mjög hættulegir þegar þeir ganga í efnasamband við lífræn efni s.s. eins og metýlkvikasilfur (*Þráinn Friðriksson o.fl. 2000*) og tribútýltin sem báðir hafa valdið miklum usla í náttúrunni.

### 3.3.2 Umræður um þungmálma í neysluvatni

Sköðaðar voru níu þungmálmar þ.e. antimon, arsen, blý, kadmíum, króm, kvikasilfur, nikkel og selen. Í töflu 7 eru sýndar niðurstöður efnagreiningar á þungmálmum og meðaltal frá 20 vatnsbólum frá 19 vatnsveitum. Einnig er sýnt leyfilegt hámarksgildi skv. reglugerð og hver eru lægstu greiningarmörk skv. leiðbeiningum Alþjóða heilbrigðis- málstofnunarinnar WHO (*WHO GDWQ-3,2004*). Þau eru öll mikið lægri en leyfileg greiningarmörk í íslensku neysluvatnsreglugerðinni.

Mæld gildi eru aldrei nálægt leyfðu hámarki og heilnæmi vatnsins ótvírætt hvað þessi efni varðar sbr. mynd 6. Í töflu 8 er einnig sýnt magn efnanna í straumvötnum á

Suðurlandi, Varmá, Botnsá og í úrkomu í Reykjavík og Írafossi. Það er gert til að reyna gera sér grein fyrir grunnveldinu til samanburðar og hvort um staðbundna mengun á neysluvatni sé að ræða.



Mynd 6 Samanburður á meðaltali þungmálma og leyfðu hámarki í neysluvatni

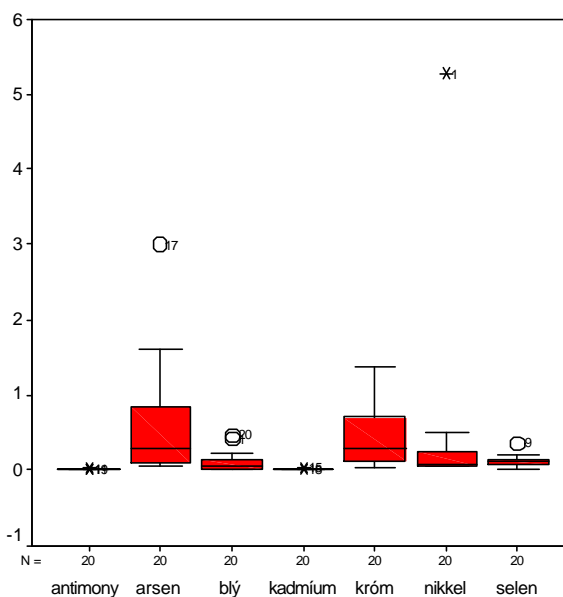
Tafla 8 Þungmálmar í neysluvatni, straumvötnum og úrkomu<sup>1</sup>

	Arsen	Blý	Kadm	Króm	Nikkel
<b>Vatnsveitur</b>	<0,5651	<0,1016	<0,0049	0,4156	0,4012
<b>Ár á Suðurlandi</b>	<0,075	0,026	<0,011	0,60	<0,20
<b>Botnsá</b>	<0,107	0,043	<0,022	0,730	0,367
<b>Varmá</b>	0,21	0,237	0,029	1,84	1,28
<b>Úrkoma Rvk</b>		<0,5	<0,05	0,2	0,7
<b>Úrkoma Írafossi</b>		<0,5	0,09	<0,1	<0,5

<sup>1</sup> Meðaltal fyrir rennsli og miðgildi fyrir úrkomu (Heimild: Heildarefnagreiningar 20 vatnsveitum, Starfshópur um mengunarmælingar 1999 og Tryggvi Þórðarson, 2003).

Arsen er hæst í neysluvatni en það skýrist líklega af því að greiningarmörk eru nokkuð há, sjá umfjöllun í kafla 3.1.2. Blý, kadmíum og nikkell er mest í úrkomu ef horft er framhjá Varmá sem líklega er nokkuð menguð á og ber þess merki að renna í þéttbýli og auk þess að í hana rennur mikið magn af jarðhitavatni með frárennsliskerfi og skolpi frá húsum (Tryggvi Þórðarson, 2003). Króm er minna í neysluvatni en í straumvötnum en þó meira en í úrkomu sem styður það að króm komi fyrst og fremst úr bergi en Varmá sker sig aftur úr með hátt krómgildi.

Dreifing á mælingum á þungmálum er sýnd á mynd 7. 50% sýna eru innan rauða svæðisins. Línurnar sýna styrkbilið en punktarnir eru einstök há gildi. Myndin sýnir að mesta dreifingin er í arsen og krómi. Öll gildin eru langt undir leyfðu hámarki sem er 5 µg/l fyrir antimon og kadmíum, 10 fyrir arsen, blý og selen, 20 fyrir nikkell og 50 fyrir króm. Ekki er hægt að segja eftir þessum mælingum að vatn frá þessum vatnsveitum sé mengað af þungmálum. Efnin eru í svipuðu magni og í úrkomu eða straumvötnum og koma því væntanlega úr bergi eða með úrkomu eða hvorutveggja, annað hvort staðbundið eða lengra að með loftstraumum. Það bendir því ekkert til að vatnið sé að mengast af þungmálum frá mengunaruppsprettum í veitukerfum eða af leka inn í grunnvatnsgeyminn í nágrenni við vatnsbólin frá sorpurðunarstöðum eða frá iðnaði.



Mynd 7 Dreifing þungmálma hjá vatnsveitum µg/l.

Í töflu 9 eru sýnd mæld gildi sem hlutfall af leyfðu hámarki. Gulu reitirnir sýna þau gildi sem eru hærri en 1% af hámarksgildinu. Í þessum tuttugu vatnsveitum mældist antimon aðeins í þremur veitum yfir greiningarmörkum, arsen í fimm og kadmíum í átta vatnsveitum. Aðrir málmar mælast hjá flestum eða nær öllum vatnsveitum. Hæst er nikkell á

Akureyri, rúmlega 26% af hámarkinu, arsen á Húsvík er 7,4% af leyfðu gildi. Oftast er selen yfir 1% eða hjá 12 vatnsveitum og hjá 7 vatnsveitum fer króm yfir þessi mörk. En ein og áður sagði eru greiningarmörk of há í mörgum tilfellum

Tafla 9 Mældur styrkur þungmálma sem hlutfall af leyfðu hámarki skv. reglugerð

*ng = neðan greiningamarka, gult = hærra en 1% af leyfðu hámarki, skyggt grátt= sýni tekið úr dreifikerfi*

Vatnsveita	Antimon µg/l Sb	Arsen µg/l As	Blý µg/l Pb	Kadmium µg/l Cd	Króm µg/l Cr	Nikkel µg/l Ni	Selen µg/l Se
<b>Leyft hámark</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
Akureyri	0,29%	0,57%	4,17%	ng	0,77%	26,35%	0,98%
Akranes	ng	ng	2,05%	0,50%	0,51%	ng	ng
Árborg	ng	ng	ng	ng	2,78%	0,28%	1,53%
Blönduós	ng	ng	0,90%	0,45%	0,37%	2,05%	0,44%
Egilsstaðir	ng	ng	0,52%	ng	0,22%	0,31%	1,02%
Eskifjörður	ng	ng	0,33%	ng	0,35%	0,73%	0,61%
Garðabær	ng	ng	ng	ng	1,27%	0,49%	1,06%
Hafnarfjörður	ng	ng	ng	ng	1,54%	ng	2,03%
Hvammstangi	ng	ng	0,26%	ng	0,25%	ng	3,64%
Húsvík	ng	7,44%	ng	ng	0,61%	ng	1,40%
Mosfellsbær	0,47%	ng	1,37%	0,50%	1,78%	1,80%	1,33%
Reyðarfjörður	ng	ng	2,27%	ng	0,16%	0,88%	0,59%
Reykjavík - Jaðarsvæði	ng	ng	0,11%	0,43%	1,88%	ng	1,38%
Reykjavík - Vatnsendakriki	ng	ng	ng	0,29%	1,64%	0,34%	1,43%
Sauðárkrókur	ng	ng	0,57%	3,06%	1,00%	1,59%	1,61%
Skagatrönd	ng	ng	0,57%	0,88%	0,13%	ng	1,74%
Siglufjörður	ng	ng	0,12%	ng	0,09%	ng	0,69%
Stöðvarfjörður	ng	0,95%	1,43%	1,30%	0,51%	0,32%	1,07%
Vestmannaeyjar	0,28%	2,69%	0,44%	ng	0,06%	0,67%	0,95%
Þorlákshöfn	ng	ng	4,71%	ng	0,72%	2,57%	ng

### 3.3.3 Tölfræðileg athugun á þungmálmum frá leiðsluefni

Til að bera saman hvort það væri marktækur munur á þungmálmum þar sem sýni eru tekin úr dreifikerfi eða þar sem þau eru tekin í vatnsbólum var gert t-próf, sjá niðurstöður í töflu 10. Þar kemur fram að það er hvergi nálægt því að vera marktækur munur hvort sem sýni eru tekin úr dreifikerfi eða vatnsbólum. Meðaltal var þó nokkuð hærra af

kadmíum og nikkell þar sem sýni voru tekin úr dreifikerfi en þau eru of fá til að gefa marktækar niðurstöður. Samkvæmt t prófi fyrir kadmíum ( $t=-1,341$  og  $p=0,197$ ) og fyrir nikkell ( $t=-1,516$  og  $p=0,147$ ). Staðalfrávik er hærra í báðum tilfellum þar sem sýni eru tekin úr dreifikerfi sem sýnir meiri dreifingu í gildum. Notað var tölfræðiforritið SPSS.

Tafla 10 Tölfræðipróf á mismun á styrk þungmálma í dreifikerfi og við vatnsból

	Sýni tekin <sup>1</sup>	Meðaltal	Staðalfrávik	t-próf	p
<b>Antimon</b>	Vatnsból	0,0110	0,0036	-0,347	0,733
	Dreifikerfi	0,0114	0,0022		
<b>Arsen</b>	Vatnsból	0,6261	0,8351	0,771	0,451
	Dreifikerfi	0,4225	0,3455		
<b>Blý</b>	Vatnsból	0,1026	0,1301	0,048	0,963
	Dreifikerfi	0,0991	0,1572		
<b>Kadmíum</b>	Vatnsból	0,0036	0,0030	-1,341	0,197
	Dreifikerfi	0,0079	0,0114		
<b>Króm</b>	Vatnsból	0,4028	0,3317	-0,193	0,852
	Dreifikerfi	0,4455	0,4972		
<b>Nikkell</b>	Vatnsból	0,1533	0,1566	-1,516	0,147
	Dreifikerfi	0,9795	2,104		
<b>Selen</b>	Vatnsból	0,1095	0,0920	-0,979	0,344
	Dreifikerfi	0,1368	0,0332		

<sup>1</sup> 6 sýni úr dreifikerfi og 14 sýni við vatnsból eða við vatnstank.

Þegar niðurstöður heildarefnagreininga í töflu 7 eru skoðaðar sést í nokkrum tilfellum að greiningar eru óþarflega ónákvæmar miðað við gefin greiningarmörk sem hægt er að ná. Þetta á við sérstaklega um arsen þar sem lægstu greiningarmörk skv. leiðbeiningum Alþjóða heilbrigðismála stofnunarinnar eru 0,1 µg/l en eru víðast gefin miklu hærra t.d. á Siglufirði 3,0 sem er 30% af leyfðu hámarki. Of há mæling á nikkell á Akureyri er líklegast annað hvort villa eða vatnið hefur mengast í lagnakerfi hússins þar sem sýnið er tekið sem er í húsnæði vatnsveitunnar, Norðurorku.

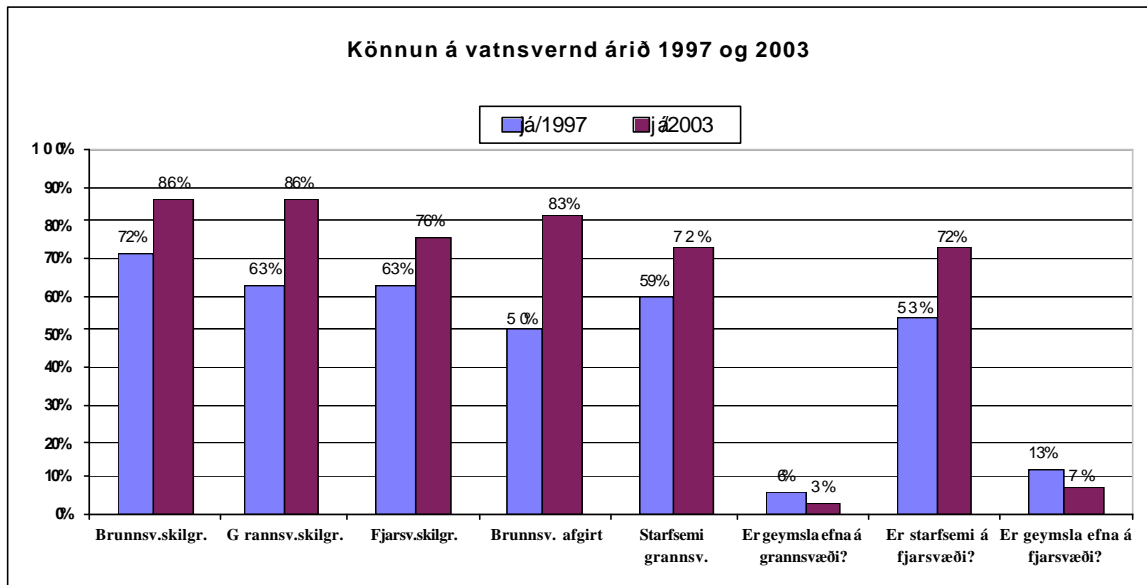
Stærsta uppspretta málma í neysluvatni erlendis er frá lagnakerfum (*Henning Karlby o.fl., 2002*) en flestar mælingarnar eru teknir við vatnsból eða þar sem vatnið er að koma inn í bæina og gefa þær því ekki rétta mynd af því vatni sem er afhent notendum. Engu að síður er mikilvægt fyrir vatnsveitur að þekkja þessi gildi og eiginleika vatns frá vatnsbólunum. En til að þekkja magn málma í neysluvatni er nauðsynlegt að mæla vatn við afhendingu. Vatn frá vatnsbólum er lítið mengað af þungmálmum og litlar vísbendingar eru um að magn þeirra aukist mikið við að renna í leiðslukerfum en það er þó nauðsynlegt að taka sýni hjá notendum. Vatnsveitur bera ábyrgð á vatninu að afhendingarstað sem er oftast við húsvegg hjá notenda. En vatnið getur að sjálfsögðu mengast af þungmálmum í leiðslukerfum og lagnaefni innanhúss en það er á ábyrgð húseigenda. Nauðsynlegt er að tryggja heilnæmi vatnsins með því að taka sýni úr krana.

### **3.4 Staða vatnsverndar nú í samanburði við könnun 1997**

Til að gera sér grein fyrir stöðu vatnsverndar á Íslandi og hvernig vatnsveitur standa sig í að fylgja eftir lögum um vatnsvernd gerði Hollustuvernd ríkisins, nú Umhverfisstofnun, athugun á ýmsum þáttum vatnsverndar árið 1997. En eins og kemur fram í kafla 4 um lagakröfur eiga vatnsveitur að girða af vatnsból og setja umgengnisreglur um verndarsvæði vatnsbóla. Heilbrigðisnefndir skulu ákvarða verndarsvæði vatnsbóla. Könnun Umhverfisstofnunar var gerð hjá 32 vatnsveitum sveitarfélaga og voru niðurstöður hennar kynntar vatnsveitum á Tæknifundi Samorku á Höfn í Hornafirði í september árið 1997 (*Ásmundur E. Þorkelsson, sept. 1997*). Niðurstöðurnar sýndu að verndarsvæði brunnsvæða var skilgreint hjá 72% vatnsveitna og lokið var við að skilgreina 65% verndarsvæðanna. Einungis 50% brunnsvæðanna voru afgirt. Þegar skoðað var hvort umgengnisreglur væru á verndarsvæðum voru aðeins rúmlega 20% þessara veitna með slíkar reglur.

Könnunin var gerð aftur af höfundi þessarar skýrslu haustið 2003. Hún var send til 54 vatnsveitna og fékkst svar frá 26 þeirra fyrir 29 vatnsverndarsvæði. Fróðlegt er að sjá hvernig þessu hefur miðað á þessum sex árum síðan fyrri könnunin var gerð. Á mynd 8 er sýndur þessi samanburður. Þar kemur fram að miðað við þennan samanburð hefur hlutfallið aukist frá fyrri könnun um 14% að brunnsvæði séu skilgreind og um 13% að

lokið sé við að skilgreina verndarsvæði miðað við árið 1997. Mikil aukning hefur verið í að girða af brunnsvæði. Nú eru 83% brunnsvæða afgirt á móti 50% árið 1997. Og aukning hefur orðið í að umgengisreglur séu settar á vatnsverndarsvæðum og þó enn frekar á grannsvæðum. Þar eru nú umgengisreglur fyrir 45% svæða en var árið 1997 22%.



Mynd 8 Samanburður á vatnsvernd 1997 og 2003

Það hefur einnig minnkað að geymd séu efni á verndarsvæðum. Það var þó ekki mikið um það fyrir en hlutfallið hefur minnkað um helming frá því sem var áður. Hinsvegar hefur ýmiskonar starfsemi aukist á vatnsverndarsvæðum. Var áður á um 53% svæða en er nú á 72% svæðanna sem er aukning á hlutfalli um nær 20%. Þetta er ábending til þeirra sem bera ábyrgð á vatnsvernd að tryggja betur vernd svæðanna.

Ekki er að öllu leyti um sömu vatnsveitur að ræða í þessum tveimur könnunum. Þannig að ekki er hægt með fullri vissu að segja að þessar veitur hafi tekið framförum. Þar sem úrtakið er þetta lítið er erfitt að yfirfæra þessar niðurstöður yfir á allar vatnsveitur sveitarfélaga. En þær gefa þó vísbendingu um hvernig gengur. Það má einnig segja að þær vatnsveitur sem svara könnuninni eru stærri vatnsveitur sveitarfélaga þar sem ástandið er trúlega betra hvað þessi atriði varðar. Og síðan eru allar litlu vatnsveiturnar í dreifbýli þar sem minna hefur verið gert í vatnsverndarmálum.

## 4 Lagaumhverfi

### 4.1 Kröfur til neysluvatnsgæða

Kröfur um að vatnsgæði séu tryggð á hverjum tíma hafa aukist. Mönnum er líka orðið ljósara hvaða hættur steðja að neysluvatninu. Mesta hættan er að vatnið mengist af sjúkdómsvaldandi örverum. Auknar upplýsingar um skaðsemi ýmissa efna sem eru í notkun eða eru náttúrulega í vatni hafa verið að koma í ljós og taka þarf tillit til niðurstöðu nýrra rannsókna á þessu sviði. Alþjóðasamfélagið hefur lagt aukna áherslu á mikilvægi þess að tryggja íbúum jarðar hreint neysluvatn og að það séu ein af grundvallar mannréttindum jarðarbúa og undirstaða velferðar. Sameinuðu þjóðirnar hafa sett sér markmið á þessu sviði og hvatt aðrar stofnanir s.s. Alþjóðabankann, ýmsar hjálparstofnanir og fleiri til dáða. Og ekki veitir af því að vandamálið er risavaxið og brýnt.

#### Neysluvatn - skilgreining

Neysluvatn er vatn í upphaflegu ástandi eða eftir meðhöndlun, án tillits til uppruna þess og hvort sem það kemur úr dreifikerfi, tönkum, flöskum eða öðrum ílátum og ætlað er til neyslu eða matargerðar.

Einnig vatn sem notað er í matvælaframleiðslu, nema unnt sé að sýna fram á að gæði þess sem notað er hafi ekki áhrif á heilnæmni framleiðslunnar.

*Heimild: Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001*

#### 4.1.1 Kröfur Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar

Þar sem aðgangur að öruggu drykkjarvatni er ein af undirstöðum heilbrigðis og velferðar mannkyns er það á verkefnaskrá Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar (World Health Organization WHO) að vinna að málefnum drykkjarvatns. Á vefsíðu stofnunarinnar ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/en/)) eru ýmsar upplýsingar tengdar drykkjarvatni. Árið 1984 kom út fyrsta útgáfa af leiðbeiningum um gæði neysluvatns, Guidelines for Drinking-water Quality. Áður höfðu verið í gildi alþjóðlegir staðlar frá árunum 1958, 1963 og 1971. Önnur útgáfa leiðbeininganna kom út árið 1993 með viðbótum árið 1997, síðan árið 1998 og árið 1999. Þriðja útgáfa leiðbeininganna kom út



haustið 2004 og var þá búin að vera sem drög á vefsíðu WHO í nokkra mánuði.

Leiðbeiningarnar eru ekki alþjóðlegir staðlar en frekar hugsaðar sem undirstaða staðla í hverju landi fyrir sig. Ný nálgun í þessum leiðbeiningum er að lögð er aukin áhersla á “Water Safety Plans” þ.e. fyrirbyggjandi skipulag og eftirlit vatnsveitnanna sjálfra, svonefnt innra eftirlit (*Jamie Bartram, 2003*). Þar er farið yfir hættu á mengun vatns alveg frá vatnsverndarsvæði og í krana til neytenda og áhættan metin og fyrirbyggjandi aðgerðir, eftirlit og viðbrögð við frávikum skipulagðar.

Hið hefðbundna opinbera eftirlit er ekki talið fullnægjandi trygging fyrir gæðum þar sem mengað vatn getur verið búið að renna lengi um leiðslukerfið þegar niðurstöður lögbundinna sýnatöku liggja fyrir. Því er stefnan að vera með fyrirbyggjandi eftirlit.

#### **4.1.2 Kröfur Evrópusambandsins**

Í lok árs 1998 gekk í gildi ný EB tilskipun (*Council Directive 98/83/EC*) um gæði drykkjarvatns og leysti þá af hólmi tilskipun frá 1980. Þessa tilskipun höfðu aðildarlöndin tvö ár til að setja inn í löggjöf viðkomandi lands og fimm ár til að uppfylla. Undantekning er að 10 ár eru til að uppfylla kröfur um bróm og tríhalómetan og 15 ár fyrir blý. Aðalbreytingin frá fyrri tilskipun var þó krafa um aukið gegnsæi og upplýsingar til notenda. Einnig var fækkað efnum sem greina á úr 66 í 48 og tekin aðeins þau efni sem eru mikilvæg fyrir heilsu og umhverfi manna. Kröfur fyrir blý voru hertar úr 50 í 10  $\mu\text{g/l}$ , kröfur til varnarefna hertar úr 0,3 úr 0,1  $\mu\text{g/l}$ , fyrir kopar úr 3 í 2  $\text{mg/l}$  og nýjum efnum bætt við s.s. tríhalómetan (THM), tríklóreten, tetraklóreten, brómat og akrýlamíð.

Í nýlegri úttekt á hvernig til hefði tekist að taka upp þessa nýju tilskipun (*Adriana Hulsmann, 2003*) kemur fram að nær öll lönd á Evrópska efnahagssvæðinu höfðu tekið upp þessa tilskipun. Mörg löndin höfðu sett strangari reglur s.s. fyrir tríhalómetan og sett töluleg gildi á grugg og lit. Sum löndin höfðu bætt við efnum og þar var Danmörk fremst í flokki og hefur bætt við 19 efnum sem eftirlit er með. Alls höfðu tuttugu lönd bætt við efnum.

### 4.1.3 Kröfur á Íslandi - Neysluvatnsreglugerð

Í kjölfar nýrrar tilskipunar EB var sett ný neysluvatnsreglugerð hér á landi árið 2001 og þar er gerð krafa um, auk hefðbundins reglulegs eftirlits, að framkvæma heildarefnagreiningu á ýmsum efnum s.s. frá landbúnaði, þungmálum, varnarefnum og PAH efnum. Alls eru það 45 þættir sem tilgreindir eru í reglugerðinni en suma þætti þarf einungis að mæla ef talin er hætt á að þau séu í vatninu s.s. eins og við notkun yfirborðsvatns eða þegar vatn er hreinsað með kemískum efnum. Þetta er nokkurt nýmæli því tiltölulega lítið hefur verið gert af efnagreiningum á öðru en örverum hjá íslenskum vatnsveitum til þessa.

#### 4.1.3.1 Tíðni eftirlits

Tafla 11 Lágmarks tíðni efnagreininga

Tíðni reglubundis eftirlits og heildarefnagreininga skal fara eftir íbúafjölda. Í töflu 11 er sýnd lágmarks tíðni reglubundis eftirlits og heildarúttek skv. neysluvatnsreglugerð. Heilbrigðisnefndir hafa reglubundið eftirlit og skulu láta framkvæma heildarúttekt hjá vatnsveitum sem þjóna 50 manns eða fleiri eða 20 heimilum/ sumarhúsum. Fyrir vatnsveitur sem þjóna fleiri en 500 manns þarf að taka a.m.k. eina heildarúttekt á ári en fyrir minni veitur er það ákvörðunaratriði hjá viðkomandi heilbrigðisnefndum.

Íbúafjöldi á veitusvæði	Reglubundið eftirlit fjöldi sýna/ári	Heildarúttekt fjöldi sýna/ári
<150	½	ákvörðun heilbrigðisnefnda
151-500	1	ákvörðun heilbrigðisnefnda
501-5000	4	1
5001-10.000	7	1
10.001-15.000	10	1
15.001-20.000	13	2
20.001-25.000	16	2
25.001-30.000	19	3
30.001-35.000	22	3
35.001-40.000	25	3
40.001-45.000	28	3
45.001-50.000	31	3
>50000	34+3 fyrir hverja 5 þús. íbúa	3+1 fyrir hverja 50 þús. íbúa

Á Íslandi eru a.m.k. 40 vatnsveitum sem þjóna fleiri íbúum en 500. Flestar stærri vatnsveitur hafa verið að láta gera þessar mælingar á undanförunum misserum. Umhverfisstofnun hefur haft umsjón með að senda út sýni til rannsóknarstofnunar í Svíþjóð þar sem þessar greiningar eru gerðar (*Héðinn Friðjónsson, 2003*).

#### 4.1.3.2 Reglubundið eftirlit

Mikilvægasta verkefnið við að tryggja heilnæmi neysluvatns er að fyrirbyggja örveruvöxt í vatninu. Í leiðbeiningum Alþjóða heilbrigðismálastofnunarinnar eru tilgreindir gerlar, veirur, sníkjudýr og sníkilormar sem geta borist með vatni og valdið sýkingum.

Reglubundið eftirlit er framkvæmt nokkuð ört hjá vatnsveitum. Þar er krafan um að mældir séu fjórir örverulegir þættir og tíu efna- og eðlisfræðilegir þættir. Örverulegu þættirnir eru í fyrsta lagi kólígerlar og *E.coli* og í öðru lagi skal fyrir yfirborðsvatn mæla *Clostridium perfringens* og ef það mælist þá skal leita að sjúkdómsvaldandi örverum s.s. *Cryptosporidium*. Í kafla Viðauka B eru sýndar kröfur neysluvatnsreglugerðar fyrir reglubundið eftirlit.

#### 4.1.3.3 Heildarúttekt

Krafa um reglulega heildarúttekt er nýmæli hér á landi. Þar er gerð krafa um sömu örverufræðilega þætti og í reglulega eftirlitinu að viðbættum saurkokkum. Alls 5 þættir. Einnig eru þar nokkrir eðlisfræðilegir þættir til skoðunar s.s. sýrustig, leiðni og heildarmagn lífræns kolefnis, alls 7 þættir. Síðan eru 12 efni sem talin eru óæskileg í neysluvatni, sum finnast þar af náttúrulegum orsökum en önnur benda til mengunar af mannavöldum. Og í lokin eru 21 efni eða efnaflokkar skoðaðir sem taldir eru annað hvort bráðeittraðir eða valda ýmsum eituráhrifum við langvarandi inntöku. Það eru 9 þungmálmar og 12 kemísk efni sem eru talin eitruð fyrir menn. Alls eru þetta því 45 þættir sem á að skoða við heildarúttekt. Í Viðauka B eru sýndar kröfurnar um heildarúttekt í neysluvatnsreglugerð.

#### 4.1.3.4 Upplýsingar til neytenda

Nýjung í neysluvatnsreglugerðinni var eins og áður sagði skylda til að upplýsa neytendur um gæði vatnsins. Í 14. gr. reglugerðarinnar eru ákvæði um viðbrögð við menguðu neysluvatni og er viðbrögðunum skipt niður í þrjá flokka; A, B og C eftir alvarleika mengunarinnar.

Við flokk A gildir að strax skal gripið til nauðsynlegra aðgerða til að endurheimta gæðin. Banna skal notkun vatnsins og veita neytendum tafarlaust upplýsingar og ráðgjöf. Þetta á við ef greinast *E.coli* og saurkokkar.

Við flokk B skal grípa strax til nauðsynlegra ráðstafana til að endurheimta vatnsgæðin og skulu þær miðaðar við hversu mikið efnin greinast yfir hámarki og þeirri hættu sem heilsu manna stafar af því. Og út frá því mati er ákveðið hvort banna eigi dreifingu vatnsins eða takmarka notkun. Ef það er ákveðið þá á að láta neytendur tafarlaust vita. Í B flokki lenda þungmálmar, eitruð efni, flúoríð, nítrat og nítrít.

Við flokk C skulu heilbrigðisnefndir og Umhverfisstofnun meta hvort heilsu manna er hættu búin. Gera skal ráðstafanir til að endurheimta vatnsgæðin og tilkynna neytendum nema um óverulegt frávík sé að ræða. Þetta á við efni eins og heildargerlafjölda, kólígerla, *Clostridium perfringens* og þau efni sem eru talin óæskileg í neysluvatni án þess þó að vera talin hættuleg heilsu manna nema í miklum mæli s.s. ál, ammoníum, klór, mangan, natríum og sulfat.

Þetta þýðir að ef greinast *E.coli* og saurkokkar á að láta neytendur vita strax en við önnur efni skulu heilbrigðisnefndir og Umhverfisstofnun meta hættuna og hvort nauðsynlegt sé að tilkynna neytendum. Alltaf skal grípa til ráðstafana til að endurheimta gæði vatnsins.

Í Evróputilskipuninni (*Council Directive 98/83/EC gr. 8.7*) segir að ef neysluvatnið uppfylli ekki kröfur um gæði skulu aðildarlöndin tryggja úrbætur og að notendur séu látnir vita, nema til þess hæf yfirvöld álíti frávikið og afleiðingar þess vera minni háttar.

Nú nýverið kom út stefnumótunarplagg frá alþjóðlegum samtökum vatnsveitna IWA (International Water Association) um hvernig hægt sé að tryggja heilnæmi vatns. Það var kynnt á ráðstefnu samtakanna í Marrakech í Marokkó sl.haust, haustið 2004. Það heitir *Bonn Charter for Safe Drinking Water* ( IWA , 2004). Þar er sett upp líkan bæði fyrir stofnanir og löggjafa um hvernig stefna skuli að markmiðinu „gott og öruggt drykkjarvatn sem notendur treysta“.

Líkanið gengur m.a. út á að:

- o Setja skýrar reglur um hver ber ábyrgð á heilnæmi vatnsins.
- o Setja skýrar reglur um hlutverk ríkis, vatnsveitna, löggjafa og notenda í dreifingu og stjórnun drykkjarvatns.
- o Gera kröfur um áhættugreiningu þar sem áhættan alveg frá vatnsverndarsvæði að krana notenda er metin og gerðar tillögur til úrbóta.

Í heild er hægt að segja að stefnan sé sú að upplýsingagjöf verði meiri til notenda og hún verði aðgengilegri. Þetta á við á öllum sviðum umhverfismála og var stefnan mótuð á vettvangi Evrópusambandsins með Árórsarsamkomulaginu árið 1998.

## **4.2 Lagakröfur um verndun vatns og vatnsgæða**

Til að gera sér grein fyrir þeim lagaramma sem gildir um vatn og þá sérstaklega á vatni til neyslu er skoðað í fyrsta lagi hver rétturinn er til vatnstöku og í öðru lagi hvaða kröfur eru um vatnsvernd til að koma í veg fyrir mengun. Í þriðja lagi er skoðað hvaða aðilar eiga að uppfylla þessar kröfur og sjá til þess að gæði vatns spillist ekki og tryggja heilnæmi vatnsins nú og til framtíðar og hvaða skyldur hvíla á vatnsveitum og opinberum aðilum s.s. heilbrigðisyfirvöldum og sveitarstjórnnum. Neysluvatn, heilnæmi þess og mengun fellur undir verksvið Umhverfisráðuneytisins. Vatnsveitur sem reknar eru af sveitarfélögum falla undir félagsmálaráðuneytið. Hitaveitur sem nýta jarðhitavatn og rafveitur sem nýta fallvötn eða jarðhitagufu til raforkuframleiðslu heyra undir

iðnaðarráðuneytið. Nýting grunnvatnsauðlindarinnar heyrir undir iðnaðarráðuneytið skv. lögum um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu (nr.57/1998).

Fyrir Alþingi liggja frumvörp að nýjum vatnalögum og nýjum auðlindalögum. Einnig eru í undirbúningi vatnsverndarlög í samræmi við rammatilskipun ESB um vatnsvernd. Stefnt er að samræmdum og samstæðum lagabálki, þar sem er skýr skipting hlutverka. Iðnaðarráðuneytið fer með stjórn nýtingar vatnsauðlindarinnar og vatnalögin taka á eignarrétti á vatnsauðlindinni. Umhverfissráðuneytið fer með hlutverk eftirlits með vatnsgæðum og vatnsvernd (*Munnleg heimild: Freysteinn Sigurðsson, Orkustofnun, 14. 1. 2005*).

#### **4.2.1 Réttur til vatns og skyldur sveitarfélaga**

Rétturinn til vatns er nokkuð afdráttarlaus í íslenskri löggjöf. Öllum er heimilt að taka vatn til heimilisþarfa og bús, þar sem landeiganda er meinlaust skv. Vatnalögum frá 1923 (15/1923) og eiga þessi ákvæði og fleiri um rétt til vatns uppruna sinn í fornum lögum. Og í lögum um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörð frá 1998 (nr. 57/1998) segir að landeiganda sé heimilt án leyfis að hagnýta grunnvatn í eignarlandi sínu til heimilis- og búsþarfa, þar með talið til fiskeldis, iðnaðar og iðju, allt að 70 ltr./sek. Lagt er til í frumvarpi til nýrra vatnalaga að þetta verði 10 ltr./sek sem landeiganda sé heimilt að hagnýta án leyfis. Þrátt fyrir þetta ákvæði ber landeiganda að tilkynna Orkustofnun um fyrirhugaðar jarðboranir og aðrar meiri háttar framkvæmdir vegna þessa. Orkustofnun er heimilt að fengnu samþykki ráðherra að setja landeiganda þau skilyrði sem nauðsynleg eru talin vegna öryggis eða af tæknilegum ástæðum eða ef ætla má að boranir geti spillt nýtingu sem fram fer á svæðinu eða möguleikum til nýtingar síðar. Sveitarfélag skal hafa forgangsrétt til nýtingarleyfa vegna grunnvatns innan marka sveitarfélagsins vegna þarfa vatnsveitu sem sem það rekur þar. Í Vatnalögum segir að landeiganda sé skylt að láta afhendi land og landafnot fyrir þarfir vatnsveitu sveitarfélags en fær bætur fyrir landið (26. og 27. gr.).

Á sveitarfélögum hér á landi hvílir sú skylda að þau skulu reka vatnsveitur fyrir íbúa í þéttbýli (lög nr.81/1991, lög nr.32/2004) en í dreifbýli er þeim heimilt að reka vatnsveitu enda sýni kostnaðaráætlanir að það sé hagkvæmt. Annars þurfa íbúarnir þar sjálfir að sjá sér fyrir nothæfu drykkjarvatni. Þéttbýli er skv. skilgreiningu í Skipulagsreglugerð (nr.400/1998) „þyrping húsa þar sem búa a.m.k. 50 manns og fjarlægð milli húsa fer að jafnaði ekki yfir 200 metra“. Í tölum frá Hagstofu Íslands er miðað við íbúafjölda 200 í skilgreiningu á þéttbýli. Skv. nýjum lögum um vatnsveitur sveitarfélaga geta sveitarfélög falið stofnun eða félagi sem er að meirihluta í eigu ríkis og/eða sveitarfélaga reksturinn. Heilbrigðisnefnd og þá heilbrigðiseftirlit viðkomandi svæðis í umboði þess, skal hafa reglubundið eftirlit með öllum vatnsveitum sem þjóna 50 manns eða fleiri eða 20 heimilum/sumarbústöðum eða matvælafyrirtækjum. Matvælafyrirtæki er hvert það fyrirtæki og hver sá aðili sem annast framleiðslu og dreifingu matvæla. Samkvæmt þessari skilgreiningu teljast bændabýli, önnur en sauðfjárbú, matvælafyrirtæki og þurfa að uppfylla neysluvatnsreglugerð. Héraðsdýralæknir á hverju svæði skal hafa eftirlit með mjólkurbúum skv. reglugerð nr. 438/2002 um aðbúnað nautgripa og eftirlit með framleiðslu mjólkur og annarra afurða þeirra og þar segir að í mjólkuhúsum skuli vera kalt vatn sem fullnægir kröfum neysluvatnsreglugerðar.

#### **4.2.2 Verndun vatns í lögum og reglugerðum**

Bann við mengun vatns er nokkuð afdráttarlaust í íslenskri löggjöf. *Almenna reglan er sú að óheimilt er að menga vatn.* Vatn er skv. skilgreiningu laganna yfirborðsvatn og grunnvatn. Mikilvægustu reglur er varða mengun vatns er að finna í reglugerðarflokki sem byggir á lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir og er sett til að uppfylla tilskipun Evrópubandalagsins um varnir gegn mengun. En þegar aðrir þættir er varða verndun vatns eru skoðaðir svo sem um skipulag á vatnsverndarsvæðum og skyldu sveitarfélaga til að taka frá framtíðarvatnsból fyrir íbúana og verja það fyrir ágangi eru löggin ekki jafn afdráttarlaus. Einnig gætir nokkurs misræmis þegar grann er skoðað á skilgreiningum á hvað er grunnvatn (*Aðalheiður Jóhannsdóttir, 2003*). Grunnvatn er skilgreint í áðurnefndum reglugerðum, sem heyra undir umhverfisráðuneytið, sem „vatn

í gegnmettuðum jarðlögum undir yfirborði jarðar“ en í lögum um rannsóknir og auðlindir í jörðu, sem heyra undir iðnaðarráðuneytið, sem „vatn sem er neðanjarðar í samfelldu lagi, kyrrstætt eða rennandi og fyllir að jafnaði allt samtengt holrúm í viðkomandi jarðlagi og sem unnið er í öðrum tilgangi en að flytja varma til yfirborðs jarðar eða nýta staðarorku þess“. Í þeim lögum er jarðhitinn undanskilinn og ekki skilgreindur sem grunnvatn en í mengunarreglugerðunum er talað um allt vatn í gegnmettuðum jarðlögum sem grunnvatn. Í frumvarpi til nýrra auðlindalaga sem nú liggur fyrir er þessu breytt og fært til samræmis við fyrri skilgreininguna og lagaramma umhverfisráðuneytis.

Í lok árs 2000 var samþykkt hjá Evrópusambandinu rammatilskipun um vatn og átti að lögleiða hana innan aðildarlandanna fyrir lok árs 2003 og fyrsta hluta hennar á að uppfylla fyrir árslok 2006. Tilgangur hennar er vatnsvernd og vernd vatnavistkerfa. Stjórnvöld hér á landi telja að sumir þættir tilskipunarinnar samræmist ekki EES samningnum þar sem hvorki náttúruvernd né auðlindanýting sé hluti af honum. En mengunarhluti tilskipunarinnar er það. Undanfarið hafa verið í gangi samningaviðræður milli EFTA og ESB um hvernig þessu sé best fyrirkomið. (*Munnleg heimild: Ingimar Sigurðsson, umhverfisráðuneytinu, desember 2004*). Eins og áður sagði er vinna við lög um vatnsvernd í undirbúningi hér á landi

Í Vatnalögum frá 1923 er bann við óhreinun vatna (83 gr.). Bannað er að láta í vötn frá iðjuverum, eða sleppa um vötn í skurði eða aðrar veitur, nokkra þá hluti, fasta, fljótandi eða loftkennda, sem spilla myndu botni vatns eða bakka eða vatninu sjálfu, svo að hættulegt sé mönnum eða búpeningi eða spilli veiði í vatninu. Bannað er og að láta slík efni á ís eða svo nærri vatni, að hætt sé við að þau berist í það. Ráðherra getur þó veitt undanþágu frá þessu banni með þeim skilyrðum, er hér segir: Ef neysluvatni er spillt, skal leyfið bundið því skilyrði, að iðjuhöldur leggi til annað jafngott vatnsból eða greiði kostnað af því að koma upp öðru vatnsbóli jafngóðu. Iðjuhöldur skal að öðru leyti bæta það tjón, sem hljótast kann af fráfærslu óhreinindanna frá iðjuveri hans. Búið er að fella þetta ákvæði út úr nýju frumvarpi til Vatnalaga og rökin eru þau að fjallað sé um mengun



í lögum og reglugerðum um mengunarvarnir og einnig að Vatnalögin séu eingöngu um eignarétt á vatnsauðlindinni.

Óheimilt er að spilla grunnvatni við vinnslu auðlinda skv. lögum um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu hvort sem það er með ofaníburði, framræslu eða með öðrum hætti. Mannvirki öll til hagnýtingar á auðlindum skulu þannig úr garði gerð að af þeim stafi hvorki hætta né veruleg óþægindi fyrir umferð eða spjöll á eign annars manns, nema honum sé skylt að hlíta því samkvæmt lögum eða samningum. Aðilar sem vinna grunnvatn úr jörðu, skulu haga vinnslu sinni með þeim hætti að nýting verði sem best þegar til lengri tíma er lítið. Í því sambandi skal m.a. ekki tekið meira vatn en þörf krefur. Þetta ákvæði er einnig búið að fjarlægja úr frumvarpi til nýrra auðlindalaga með sömu rökum og í málsgreininni hér að framan.

#### 4.2.2.1 Sjö mikilvægar reglugerðir um verndun vatns

Í reglugerðum um varnir gegn mengun vatns (*nr.796/1999*) og um varnir gegn mengun grunnvatns (*nr.797/1999*) segir að *mengun vatns sé óheimil*. Í reglugerð um fráveitur og skólþ (*nr.798/1999*) segir að hreinsa skuli skólþ með tveggja þrepa hreinsun ef viðtakinn er viðkvæmur s.s. vegna vatnsverndar og eins þrepa hreinsun þar sem hann er síður viðkvæmur. Eins þrepa hreinsun er grófhreinsun og síun og tveggja þrepa hreinun felur oftast í sér líffræðilega hreinsun. Rotþró með siturlögn telst vera tveggja þrepa hreinsun skv. reglugerðinni. Í reglugerð um varnir gegn mengun vatns af völdum köfnunarefnis-sambanda (*nr.804/1999*) segir að „*losun úrgangs frá búfjárframleiðslu í yfirborðsvatn sé óheimil*“. Markmið þeirrar reglugerðar er að draga úr og takmarka mengun vatns af völdum köfnunarefnissambanda frá landbúnaði og öðrum atvinnurekstri. Markmið þessara fjögurra reglugerða, sem byggja á lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir, er að koma í veg fyrir mengun vatns af mannavöldum og stuðla að almennri verndun vatns.

Í reglugerð um neysluvatn (*nr.536/2001*), sem gildir aðeins um neysluvatn en ekki um annað vatn, segir að markmið hennar sé að vernda heilsu manna með því að tryggja að neysluvatn sé heilnæmt og hreint. Í reglugerð um matvælaeftirlit og hollustuhætti við

framleiðslu og dreifingu matvæla (*nr. 522/1994*) er neysluvatn skilgreint sem matvæli og vatnsveitur sem matvælafyrirtæki. Þau fyrirtæki sem framleiða eða dreifa matvælum skuli hafa starfsleyfi og til að fá það þurfi að koma upp innra eftirliti til að tryggja gæði vörunnar.

Í reglugerð um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun (*nr. 785/1999*) er þess krafist að allur atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun skuli hafa gilt starfsleyfi og innra eftirlit til að fylgjast með losun út í umhverfið.

#### 4.2.2.2 Skilgreining á vatnsverndarsvæðum

Í neysluvatnsreglugerðinni er sérstakur kafli um vatnsvernd með vísan í áður nefnda reglugerð um varnir gegn mengun vatns. Þar segir að skilgreina skuli vatnsverndarsvæði og að það sé verkefni heilbrigðisnefnda. Verndarsvæðið skal skiptast í brunnsvæði, grannsvæði og fjarsvæði. Brunnsvæði skal vera algjörlega friðað fyrir óviðkomandi umferð og framkvæmdum öðrum en þeim sem nauðsynlegar eru vegna vatnsveitunnar. Síðan segir að heilbrigðisnefndir skuli krefjast þess, þar sem þörf krefur, að svæðið sé afgirt a.m.k. 5 metra frá vatnsból. Þetta ákvæði er einnig í reglugerð um varnir gegn mengun vatns. Þetta þýðir væntanlega að alltaf skuli girða af vatnsból nema ef náttúrulegar aðstæður eru þannig að svæðið er óaðgengilegt fyrir óviðkomandi umferð og því ekki þörf á því. Sum vatnsból eru mjög óaðgengileg, hátt í hlíðum fjalla og á snjóþungum svæðum þar sem allar girðingar falla fljótt. Á slíkum svæðum er álitamál hvort þörf er á að girða af vatnsból. Sérstaklega er mikilvægt að verndarsvæði vatns verði skilgreind og tekið tillit til þeirra í allri skipulagsvinnu í sveitarfélögum og ekki síst að tekið verði frá vatnsverndarsvæði til framtíðar.

#### 4.2.2.3 Hömlur á athafnir á vatnsverndarsvæðum

Brunnsvæðið er eins og áður sagði algjörlega friðað fyrir óviðkomandi umferð og framkvæmdum öðrum en þeim sem eru nauðsynlegar vegna vatnsveitunnar. Á **grannsvæði** skal banna notkun á hættulegum efnum og birgðageymslur slíkra efna. Hér er átt við olíu, bensín og skyld efni, salt, eiturefni til útrýmingar skordýrum og gróðri og auk þess önnur

efni sem tilgreind eru í neysluvatnsreglugerð. Ekki skal leyfa nýjar byggingar, sumarbústaði eða þess háttar á svæðinu. Vegalagnir, áburðarnotkun og önnur starfsemi innan svæðisins skal vera undir ströngu eftirliti. Ef vitað er um sprungur eða misgengi á **fjarsvæði** skal gæta fyllstu varúðar við notkun efna sem tilgreind voru við grannsvæði. Heilbrigðisnefndir geta gefið út fyrirmæli varðandi umferð og byggingu sumarhúsa og annarra mannvirkja á fjarsvæði. Meta skal umhverfisáhrif ef framkvæmdir sem kunna að hafa umtalsverð umhverfisáhrif eru fyrirhugaðar á vatnsverndarsvæði skv. lögum um mat á umhverfisáhrifum.

### 4.2.3 Verkefni og verkaskipting

Það eru heilbrigðisnefndir sveitarfélaga undir yfirstjórn Umhverfisstofnunar sem annast eftirlit með vatnsvernd. Margvíslegar skyldur hvíla á sveitarfélögum, heilbrigðisnefndum, Umhverfisstofnun og vatnsveitum í því skyni að vernda vatnið og gæði þess samkvæmt íslenskri löggjöf. Auk þess hvílir sú skylda á hinum almenna borgara að menga ekki vatn. Við framkvæmdir á vatnsverndarsvæðum sem kunna að hafa í för með sér umtalsverð umhverfisáhrif eru háð mati á umhverfisáhrifum skv. lögum um mat á umhverfisáhrifum (*sbr. 6.gr. 2. viðauki og 3. viðauka*).

Eftirfarandi verkefni eru skilgreind í íslenskri löggjöf er varðar verndun vatns og gæði þess:

*Verkefni vatnsveitna er að:*

- ?? Sjá til þess að neysluvatn uppfylli kröfur um gæði. Neysluvatn skal vera laust við örverur, sníkjudýr og efni í því magni sem getur haft áhrif á heilsu manna (*6.gr. reglug. 536/2001*).
- ?? Sjá til þess að leiðslur, dælur, geymar og annað sem notað er við vatnsveitu sé þannig gert og viðhaldið að neysluvatn spillist ekki (*10.gr. reglug.nr.536/2001*)
- ?? Koma upp innra eftirliti (*reglug. nr.522/1994*)

- ?? Friða algjörlega vatnsból fyrir óviðkomandi umferð og gera ráðstafanir til að koma í veg fyrir að vatnsból spillist (9.gr.reglug. nr. 536/2001 og 2.gr.breyting á reglug.nr. 533/2001).
- ?? Tilkynna skal heilbrigðisnefnd tafarlaust ef vitað er um mengun á vatni í vatnsbólum eða dreifikerfi (9.gr.reglug.nr. 536/2001).
- ?? Við umsókn um starfsleyfi skal vatnsveitan skal leggja fram mat á því hvort hættu sé á að vatnsból spillist vegna nálægrar starfsemi eða umferðar (1. gr. Reglug. nr.913/2003).
- ?? Vanda frágang við borholustæði og fódra borholur tryggilega til þess að hindra að yfirborðsvatn mengi vatnsból (2. gr. Reglug. nr.913/2003).

*Verkefni sveitarstjórna og heilbrigðisnefnda sveitarfélaga er að:*

- ?? Hafa reglubundið eftirlit með öllum vatnsveitum af skilgreindri stærð, þ.e. sem þjóna 50 manns eða fleiri eða 20 heimilum/sumarbústöðum, eða matvælafyrirtækjum (12.gr.reglug.nr.536/2001).
- ?? Skila skýrslu til Umhverfisstofnunar árlega um niðurstöður úr sýnatöku, sem stofnunin skal taka saman og birta neytendum (16.gr. reglug. nr. 536/2001).
- ?? Ákvarða verndarsvæði vatnsbóla í brunnsvæði, grannsvæði og fjarsvæði (9.gr.reglug.nr. 536/2001 og 2.gr.reglug.nr. 533/2001).
- ?? Sveitarstjórnir skulu setja heilbrigðissamþykktir (25. gr. laga nr. 7/1998) um hollustuhætti og mengunarvarnir þar sem eru gerðar takmarkanir viðvíkjandi umferð, landnýtingu og meðferð og geymslu hættulegra efna innan verndarsvæðanna (1.gr.reglug.nr.533/2001).
- ?? Hafa eftirlit með verndarsvæðum vatnsbóla og skrá niðurstöður eftirlits á eftirlitsskýrslu (16.gr. reglug.nr.796/1999).
- ?? Mæla nítratstyrk í ferskvatni sem nýtt er sem neysluvatn reglulega í eitt ár og a.m.k. mánaðarlega í eitt ár ef yfirborðsvatn er nýtt sem neysluvatn. Endurtaka fyrir yfirborðsvatn á fjögurra ára fresti eða átta ára fresti ef eldra sýni var með undir 25 mg/l NO<sub>3</sub> (8.gr. reglug.nr. 804/1999)

- ?? Kortleggja svæði sem talin eru hafa lítið viðnám við köfnunarefnismengun (9.gr.reglug.nr.804/1999).
- ?? Flokka allt vatn eftir ástandi þess (8,9,10.gr. *reglug.nr.796/1999*). Flokkun átti að vera lokið fyrir 29. okt. 2003. Flokkun vatns gildir um yfirborðsvatn og grunnvatn hvarvetna á landinu (8.2 gr. *reglug.nr. 796/1999*).
- ?? Sveitarstjórnir og heilbrigðisnefndir skulu gripa til aðgerða sem miða að því að viðhalda náttúrulegu ástandi vatns (8.3 gr. *reglug.nr. 796/1999*).
- ?? Heilbrigðisnefnd skal vinna að því að koma í veg fyrir og draga úr óhreinun vatns, sjávar og stranda af völdum hvers konar fráveituvatns í umdæminu í þeim tilgangi að koma í veg fyrir óhollustu, náttúruspjöll og óþægindi (5.2.gr. *reglugerð nr. 798/1999*).
- ?? Tryggja að kröfur og skilyrði í starfsleyfum fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun séu uppfylltar og að þar sé komið á samþættum mengunarvörnum (6.gr. *reglug. nr. 785/1999*).

*Verkefni Umhverfisstofnunar:*

- ?? Taka saman skýrslu um ástand vatns og birta þær upplýsingar árlega aðgengilegar neytendum (16.gr. *reglug.nr. 536/2001*).
- ?? Handbók fyrir sveitarfélög um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns (17. gr. *Reglug.nr. 796/1999*).
- ?? Yfirlitsskýrsla um stöðu mála er varðar vatn og vatnsvernd á fjögurra ára fresti. Í fyrsta skipti 2003 (16. gr. *Reglug.nr.796/1999*).
- ?? Sjá til að vöktun á nitrati í neysluvatni sé í samræmi við *reglugerð ( reglug.nr. 804/1999)*.
- ?? Gefa út lista yfir vatnasvæði sem eru viðkvæm fyrir köfnunarefnismengun eftir innsendum upplýsingum frá heilbrigðisnefndum og annast kynningu á þeim lista til sveitarfélaga, landbúnaðarráðuneytis og Skipulagsstofnunar. Þessi svæði skulu tilgreind í skipulagsáætlun (9.2 og 9.3. gr. *Reglug.nr. 804/1999*)

Verkefni skipulagsyfirvalda / sveitarstjórna er:

- ?? Við gerð skipulagsáætlana skal stefnumörkun taka mið af þróun byggðar og verndun vatns- og strandsvæða (3.1.1. gr. reglug.nr.400/1998).
- ?? Í svæðis- og aðalskipulagi skal gera grein fyrir þegar byggðum og fyrirhuguðum stofnkerfum vatnsveitu. Í deilskipulagi skal gera grein fyrir takmörkunum og kvöðum sem stofn- og dreifikerfi veitna hafa í för með sér, eftir því sem við á (4.17.2 gr.reglug. nr.400/1998).
- ?? Gera skal grein fyrir verndarsvæðum vegna grunnvatns og flokka verndarsvæði vatnsbóla í svæðis – og aðalskipulagi. Þar skal einnig gera grein fyrir og flokka verndarsvæði vatnsbóla. Þar sem mannvirkjagerð er fyrirhuguð á eða nærri verndarsvæðum skal taka fullt tillit til verndurnarákvæða (4.21.2. gr. reglug.nr.400/1998).

### **4.3 Staða vatnsverndar í lögum**

Bann við mengun vatns er nokkuð afdráttarlaus í íslenskri löggjöf. En ýmislegt vantar á eftirfylgni og eftirlit sérstaklega með minni vatnsveitum. Í reglugerðum eru opinberum stofnunum lagðar ýmsar skyldur á herðar með samantektir og skýrslugerð um ástand vatns sem ekki er alveg komið af stað. Í lok árs 2003 áttu sveitarfélög að vera búin að flokka allt vatn eftir ástandi þess og grípa til aðgerða til að endurheimta gæði vatnsins ef þau höfðu farið úrs keiðis. Þetta verkefni er á byrjunarreit hjá flestum sveitarfélögum þó sum séu komin vel á veg. Umhverfisstofnun á árlega að taka saman skýrslu um ástand vatns og birta aðgengilega neytendum. Slík skýrsla hefur ekki ennþá litið dagsins ljós en gert er ráð fyrir að hún komi út seinna á þessu ári (*Munnleg heimild: Gunnar Steinn Jónsson, 28.1. 2005*).

Annað mikilvægt atriði er að huga að staðsetningu rotþróa þannig að þær skapi ekki hættu á sóttmengun í vatnsbólum. Heilbrigðisnefndum ber að sjá til þess að verndarsvæði vatnsbóla séu skilgreind en samkvæmt því sem segir í kafla 3.4 um stöðu vatnsverndar hafa aðeins 76% vatnsveitna lokið við að skilgreina vatnsverndarsvæðin í brunnsvæði, grannsvæði og fjarsvæði. Veiturnar sem hér um ræðir eru allt stærri veitur

þar sem slík mál eru í betra lagi. Því má reikna með að hjá minni veitum vanti mikið á að búið sé að skilgreina vatnsverndarsvæðin og fylgja eftir vernd þeirra.

Eitt af mikilvægari verkefnum sveitarstjórna er varðar vatnsvernd, auk þess að vernda núverandi vatnsból, er að sjá til þess að vatnsból séu vernduð til framtíðar. Hvað varðar framtíðarvatnsból segir í reglugerð um neysluvatn (*11.gr.*) að heilbrigðisnefndum og vatnsveitum sé heimilt að gera tillögur til viðkomandi sveitarstjórnar að reglum til verndar ónýttum vatnsbólum og skal setja þær sem heilbrigðissamþykktir og skulu þær birtar í B-deild Stjórnartíðinda. Í breytingum við reglugerð um varnir gegn mengun vatns frá árinu 2001 segir að sveitarstjórnin og heilbrigðisnefndir skulu grípa til sérstakra ráðstafana til að koma í veg fyrir að gæði núverandi neysluvatns og vatns sem kann að verða tekið síðar geti hrakað eða spillst. Öll þessi ákvæði eru frekar veik er varðar framtíðina en eins og áður sagði er nú unnið að nýjum vatnsverndarlögum og þar verður væntanlega tekið á vernd vatnsbóla til framtíðar.

## 5 Mengun vatns og sjúkdómar sem berast með neysluvatni

### 5.1 Hætta á mengun og innra eftirlit

Á Íslandi er gnægð af vatni þegar á heildina er litið enda er úrkoma mikil. Á stórum svæðum, aðallega á eldgosabeltinu og á jöðrum þess, eru jarðlög lek og vatn hripar fljótt niður. Þetta eykur einnig hættu á mengun þar sem hún á greiðari leið niður í grunnvatnið (*Freysteinn Sigurðsson, 2002*). Öflugar lindir koma upp í hraunjöðrum. Sem dæmi má nefna að vatnsforði höfuðborgarsvæðisins er talin vera  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  og nú er aðeins nýtt um 5% af þeim forða (*Freysteinn Sigurðsson, 1994*). Þessum gæðum er þó nokkuð misskipt yfir landið (*Freysteinn Sigurðsson o.fl.1990*). Víða um land er þessu ekki svo vel varið eins og á höfuðborgarsvæðinu. Á blágrýtissvæðum austan lands og vestan er bergið þéttara og þar rennur vatnið mest á yfirborði og erfiðara er að finna vatnsgæf lög.

Drykkjarvatn er þar oft yfirborðsvatn tekið beint úr ám og lækjum eða undan framhlaupum upp í fjöllum eða á áreyrum sem er vatn sem verið hefur skamman tíma neðanjarðar (*Árni Hjartarson, 1993*). Þetta vatn er oft gerlaríkt og ríkt af jarðvegsbakteríum. Það er oftast geislað til að tryggja heilnæmi þess. En að öðru leyti er neysluvatn hér á landi ómeðhöndlað öfugt við það sem er víðast hvar annars staðar í Evrópu þar sem vatn er oftast hreinsað eða meðhöndlað á einhvern hátt.

#### Hvað er mengun?

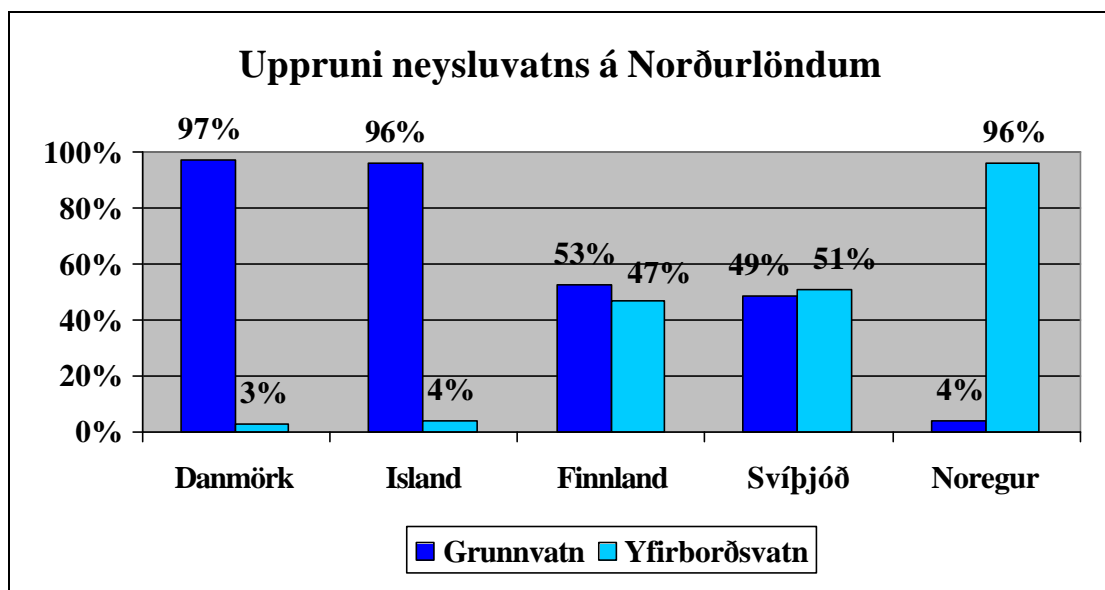
Mengun er þegar örverur, efni og efnasambönd og eðlisfræðilegir þættir valda óæskilegum og skaðlegum áhrifum á heilsufar almennings, röskun lífríkis eða óhreinkun loftis, láðs eða lagar. Mengun tekur einnig til ólyktar, hávaða, titrings, geislunar og varmaflæðis og ýmissa óæskilegra eðlisfræðilegra þátta.

*Heimild: Lög um hollustuhætti og mengunarvarnir nr. 71/1998*

Það sem ræður miklu um öryggi neysluvatns er hvort notað er yfirborðsvatn eða grunnvatn þar sem það síðastnefnda er oftast laust við örverur og jarðvegsbakteríur. Samkvæmt samantekt Hollustuverndar ríkisins, nú Umhverfisstofnunar, er um 96% af neysluvatni hjá íslenskum vatnsveitum grunnvatn en um 4% yfirborðsvatn (*Gunnar Steinn Jónsson, 2003*). Á mynd 9 á næstu síðu er samanburður við hin Norðurlöndin. Þar kemur fram að



Það eru Ísland og Danmörk sem nýta að mestu grunnvatn sem neysluvatn á meðan neysluvatn í Noregi er að mestu yfirborðsvatn. Vandamálið er hinsvegar að ef illa er gengið um jarðveg og yfirborðsvatn og það mengað þá getur sú mengun skilað sér niður í grunnvatnið og gert það ónothæft um langan tíma. Þetta á ekki síst við hér á landi þar sem jarðvegsþekja er víða þunn og jarðlög lek. Einnig getur mengun borist í úrkomu og þar með í vatn með loftstraumum og þá jafnvel frá suðlægari slóðum.



Mynd 9 Uppruni neysluvatns á Norðurlöndum (*Gunnars Steinn Jónsson, 2003*)

Nokkuð gott eftirlit er með stærri vatnsveitum sveitarfélaga og eru tekin þar sýni reglulega. Það eru heilbrigðisnefndir sveitarfélaga sem hafa eftirlit með vatnsveitunum. Eins og fram kom í kafla 4 hér að framan á að hafa eftirlit og taka sýni hjá vatnsveitum sem hafa fleiri en 50 notendur eða 20 heimili/sumarhús eða þjóna matvælaframleiðslu. En víða í dreifbýli er pottur brotinn eins og komið hefur í ljós þegar málin eru skoðuð. Gerðar hafa verið úttektir á vatnsbólum m.a. í Vestur Húnavatnssýslu (*Sigurjón Þórðarson og Sigríður Hjaltadóttir, 2001*). Þær hafa leitt í ljós að ástand vatnsbóla er víða lélegt. Það sem veldur því er að frágangi vatnsbóla er ábótavant, oft ekki girt í kringum þau og lélegur frágangur á vatnstökumannvirkjum t.d. vantar yfirfall. Þetta

ástand er sjálfsagt ekki eingöngu bundið við Vestur Húnavatnssýslu og er frekar líklegt að þetta sé algengt um allt land til sveita. Umhverfisstofnun hefur í samvinnu við fleiri aðila staðið fyrir átaki í að bæta frágang vatnsbóla í dreifbýli m.a. með námskeiðahaldi og útgáfu bæklinga með fræðslu um góðan frágang á vatnsbólum (*Hollustuvernd ríkisins – matvælasvið, September 2002*).

Árið 1994 var sett ný reglugerð um matvælaeftirlit. Í henni var neysluvatn skilgreint sem matvæli og vatnsveitur sem matvælafyrirtæki. Þar var þeim fyrirtækjum gert skylt að koma upp innra eftirlitskerfi til að tryggja gæði matvæla. Nú hafa flestar stærri vatnsveitur, alls 12 veitur, komið sér upp slíku kerfi svokölluðu HACCP kerfi (Hazard Analysis Critical Control Point) eða GÁMES á íslensku sem stendur fyrir „greining áhættuþátta og mikilvægir eftirlitsstaðir“. Orkuveita Reykjavíkur, þá Vatnsveita Reykjavíkur, reið á vaðið í maí 1997, fyrsta vatnsveita í heiminum til að setja upp HACCP kerfi hjá vatnsveitu og sama ár í nóvember komu Sauðárkrókur og Vestmannaeyjar. Síðan komu vatnsveiturnar hver af annarri og nú búa um 68% þjóðarinnar við viðurkennt innra eftirlit, sem er einsdæmi á heimsvísu (*María J. Gunnarsdóttir, 2002*).

#### Vatnsveitur með HACCP

Reykjavík	maí 1997
Sauðárkrókur	nóv. 1997
Vestmannaeyjar	nóv. 1997
Garðabær	mars 1998
Þorlákshöfn	okt. 1998
Akureyri	des. 1999
Hveragerði	jún. 1999
Dalvík	jan. 2000
Hafnarfjörður	júní 2000
Mosfellsbær	okt. 2002
Seltjarnarnes	okt. 2002
Akranes	apríl 2003

En hér á landi eins og víða annarsstaðar eru margar smærri vatnsveitur sem ekki hafa burði til að setja upp og reka umfangsmikil eftirlitskerfi. Í Evrópu einni eru um 50 þúsund vatnsveitur og meirihluti þeirra eru litlar vatnsveitur. Samorka hefur þróað einfaldara eftirlitskerfi fyrir minni vatnsveitur og er nú búið að setja upp slík kerfi hjá fjórum vatnsveitum til reynslu þ.e. hjá vatnsveitunum á Stöðvarfirði, Siglufirði, Hvammstanga og hjá Vatnsveitu Berglindar við Ingólfsfjall sem þjónar nokkrum bændabýlum og ferðamannaþjónustu á svæðinu. Einnig er Orkuveita Reykjavíkur að setja upp þetta

einfaldara kerfi hjá Hlíðarveitu í Biskupstungum. Þegar reynsla er fengin verður lögð áhersla á að kynna kerfið fyrir minni vatnsveitum (María J. Gunnarsdóttir, 2004).

## 5.2 Gátlisti yfir áhættuþætti á vatnsverndarsvæðum, vatnsbólum og í lagnakerfum

Áhættuþáttum má skipta niður í hættur sem steðja að vatninu á vatnsverndarsvæðunum, í vatnsbólunum og síðan í lagnakerfinu. Á vatnsverndarsvæðum vatnsveitna eru ýmsir áhættuþættir s.s. landbúnaður, vegir og umferð um þá, rotþrær frá sumarhúsabyggð og til er að þéttbýli sé á vatnsverndarsvæði vatnsveitna. Eins og kom fram í kafla 3.2.1. í könnun á starfsemi á verndarsvæðum var íbúðarbyggð á 7 af 25 fjarsvæðum vatnsbóla þ.e. 28%. Mengunarhætta í vatnsbólum er t.d. frá búfé eða að meindýr komist í vatnið ef vatnsból eru ekki vel afgirt eða meindýravarnir eru ófullnægjandi. Einnig ef frágangur vatnsbóla er ófullnægjandi og mengandi efni eða ofanvatn geta lekið niður með borholufóðringum eða í brunna. Mengunarhætta í lagnakerfi er margvísleg t.d. geta rör lekið og ýmis efni komist þannig í vatnið t.d. frá lekum frárennslis lögnum, plaströr, sem mikið eru notuð í vatnsrör eru ekki þétt gagnvart öllum efnum og olíuefni geta borist inn í þau ef leiðslan fer í gegnum olíumengaðan jarðveg, og síðast en ekki síst eru ýmis efni í pípum sem leysast upp og fara í vatnið og sum eru talin hættuleg heilsu manna. Sérstaklega er varasamt þegar vatn stendur lengi í rörum svo sem í svonefndum „dauðum“ endum.

Helstu hættur sem steðja að íslensku neysluvatni eru margvíslegar og má nefna eftirfarandi atriði sem hafa ber í huga þegar þær eru metnar:

- ?? Leysingar
- ?? Vegir og umferð um vatnsverndarsvæði
- ?? Urðunarstaðir og úrgangur
- ?? Áburðarnotkun og landbúnaður
- ?? Olíumengun og olíuslys
- ?? Mengandi starfsemi á vatnsverndarsvæðum

- ?? Mengað yfirborðsvatn berst í grunnvatn m.a. vegna lélegs frágangs vatnsbóla
- ?? Búfenaður, fuglar, minkur og meindýr
- ?? Leki frá frárennsliskerfum og rotþróum
- ?? Afrennsli frá svæðum í byggð s.s. götum og bílastæðum
- ?? Mengun frá leiðsluefni og tengistykkjum
- ?? Draugalagnir og „dauðir“ endar í leiðslukerfum innan húss og utan

Hér á eftir er fjallað um einstaka áhættuþætti og hvaða efni það eru sem gera má ráð fyrir að finna í vatni ef þeirra mengunar gætir.

**Leysingar.** Við leysingar vor og haust getur borist mikið af jarðvegsbakteríum í vatnið ef það er tekið úr efstu jarðlögum eða er yfirborðsvatn. Orkuveita Reykjavíkur lokar vatnsbólum í Gvendabrunnum þegar miklar leysingar eru vegna þessa og notar þá eingöngu vatn úr borholum. Sumar veitur eru með símælingu á leiðni til að fylgjast með. Þó jarðvegsbakteríur séu í sjálfum sér ekki hættulegar eru þær óæskilegar í vatni. Þær geta örvað vöxt annarra baktería, gera vatnið gruggugt og gruggið getur sest til í lagnakerfinu og valdið þar ýmsum óþægindum og aukið bakteríuvöxt. Bakteríumælingar, leiðni, grugg og litur eru þættir sem leiða í ljós hvort leysingar hafa áhrif á neysluvatnið.

**Vegir og umferð.** Vegir og umferð eru þættir sem skapa hættu á mengun vatns. Við klæðningu á vegum eru notuð olíuefni sem geta mengað vatn. Umferð um vegina, sérstaklega þungaumferð og umferð olíubíla skapar hættu. Bílar geta lekið bensíni og olíu eða þeir geta oltið og valdið þannig mengunarslysum. Það er fyrst og fremst benzen og PAH efnin sem leiða í ljós slíka mengun. En mikið magn af hættulegum efnum er einnig flutt um vegina og það skapar að sjálfsögðu hættu fyrir grunnvatn þar sem þeir fara um. Vegir eru saltaðir til að minnka hálfu og stundum er borið á vegi rykbindefni s.s. kalsíumklóríð. Þetta getur valdið m.a. aukningi á styrk klórs. Í dekkjum er mikið magn af þungmálmum s.s. sínk og kadmíum og korn frá dekkjasliti kemur frá vegum og getur borist í grunnvatn. Vegagerð ríkisins lét gera athugun á mengun frá þjóðvegum fyrir nokkrum árum (*Vegagerð ríkisins, 1997*) þar sem gerð var rannsókn á mengunaráhrifum

umferðar um Suðurlandsveg á umhverfi Rauðavatns, þar sem umferð var um 6000 bílar á sólarhring, og til samanburðar samskonar rannsókn við Langavatn á Hólmsheiði sem er fjarri mikilli bílaumferð. Þessi rannsókn leiddi í ljós að greinileg áhrif voru frá umferð. Áhrif umferðar voru mest í minna en 10 metra fjarlægð. Marktækur munur var á styrk natríum, klórs og kalsíum. Engin merki um þungmálma fundust í vatnssýnum úr Rauðavatni. Ekki var mældur styrkur PAH efna né bensen í þessari rannsókn.

**Urðunarstaðir.** Mengun frá urðunarstöðum, úrgangi eða geymslu mengandi efna getur lekið niður í grunnvatnið. Við staðsetningu urðunarstöðva þarf að taka tillit til þess skv. lögum um meðhöndlun úrgangs (*Lög nr. 55/2003*). Í umsókn um starfsleyfi fyrir urðunarstað skal lýsa fyrirhuguðum urðunarstað sérstaklega með tilliti til vatnafars og jarðfræði. Það eru því frekar eldri og aflagðir urðunarstaðir sem hafa ber í huga þegar þessi hættu er metin. En þeir eru víða um land. Þungmálmur, sýrustig og súlfat ( $\text{SO}_4$ ) geta gefið til kynna mengun frá urðunarstöðvum.

**Áburðarnotkun og landbúnaður.** Of mikil áburðarnotkun við ræktun getur valdið því að köfnunarefni og fosfór berist í grunnvatnið. Þessi næringarefni eru plöntum nauðsynleg til vaxar en of mikil áburðargjöf veldur því að þau berast áfram niður í gegnum jarðveginn og enda í grunnvatninu. Þegar notað er skordýraeitur, sveppaeitur eða illgresis-eyðir geta þeir borist í grunnvatnið. Kúabú, svínabú, kjúklingabú og lík starfsemi skapar hættu fyrir grunnvatnið sem hafa ber í huga við skipulagsvinnu á vatnsverndarsvæðum, bæði núverandi og þeim sem hugsuð eru til framtíðar. Mælist hækkun á ammoníum, nítrati eða fosfór getur það bent til mengunar frá landbúnaði. Einnig geta örverur verið vísar á slíka mengun. Varnarefni ef þau eru notuð geta borist í vatnsból. Lítið er notað af varnarefnum í íslenskum landbúnaði (*Umhverfisstofnun, 2004*).

**Olíuslys.** Alltaf er nokkur hættu á olíumengun ef vegir eru á vatnsverndarsvæði og þeim mun meiri sem umferð er meiri. Einnig getur umferð vélsleða eða fjórhjóla skapað hættu. Óhöppin gera ekki boð á undan sér og þá þarf að hafa skjótar hendur við að hreinsa upp olíumengaðan jarðveg. Hafa verður í huga að plaströr eru ekki fyllilega þétt og ef jarð-

vegur er olíumengaður geta olíuefni borist inn í rörin. Takmarka ber umferð þungaflutningatækja inn á vatnsverndarsvæðum eins og kostur er. Benzen og PAH efnin eru vísbending um bensín og olíumengun.

**Mengandi starfsemi.** Ýmis starfsemi önnur en sú sem hér hefur verið nefnd getur verið á vatnsverndarsvæðum og skapað hættu fyrir vatnið. Má þar nefna grjótnám þar sem geta verið margar þungavinnuvélar að störfum og frá þeim er hættu á olíuleka og þá eru það aftur PAH efnin sem gefa slíka vísbendingu. Bifreiðaverkstæði nota bæði ýmis olíuefni og lífræn leysiefni. Timburverkstæði nota lakk og lím og fleiri efni sem innihalda lífræn leysiefni. Tetraklóreten og tríklóreten geta gefið vísbendingu um slíka mengun.

**Frágangur borhola og vatnstökumannvirkja.** Mikilvægt er að ganga vel frá vatnsbólum og borholutoppum til að hindra að mengandi efni berist niður í grunnvatnið. Borholur þurfa að vera fódraðar niður í þétt berg eða að vatnsgefandi lögum. Í Danmörku er algengt að loka hafi þurft borholum vegna þess að mengun frá landbúnaði hafist komist niður með fóðringum og mengað vatnið (*Amtrådsforeningen, Marts 2002*). Bakteríur, nítrat eða varnarefni geta bent til þess að slíkt sé að gerast.

**Dýr á vatnsverndarsvæðum.** Lausaganga búfjár, fuglar og meindýr á vatnsverndarsvæðum og brunnsvæðum geta skapað hættu á mengun ef vatnstökumannvirki eru í slæmu ástandi eða vatnið er tekið úr efri jarðlögum. Mikilvægt er að vanda frágang á meindýravörnum á loftopum og yfirfallsrörum og hafa reglulegt eftirlit með þeim. Gæta þarf þess að vatnsból séu vel lokuð og brunnsvæði afgirt og að hliðum sé læst. Með þessu þarf að hafa reglulegt eftirlit til að tryggja að þetta sé í lagi á hverjum tíma. Bakteríumælningar gefa slíka mengun til kynna.

**Rotþrær og frárennsliskerfi.** Ein helsta orsök sjúkdómsfaraldra sem berast með vatni er af völdum saurmengunar frá mönnum eða dýrum. Leki frá frárennsliskerfum og rotþróum getur mengað vatn. Víða í þéttbýli liggja fráveitulagnir og vatnslagnir saman í skurði. Þá er alltaf hættu á ferðum þegar lagnir leka. Sérstök hættu skapast þegar þrýstingur fellur af

vatnsveitukerfinu og leiðslur eru ekki þéttar. Heilbrigðiseftirlitið í Þrándheimi í Noregi gerði nýverið könnun á því hvort meiri brögð væri að iðrasýkingum eftir að þrýstingur var tekinn af vatnsveitukerfum en þar sem það var ekki gert. Niðurstaðan var að töluverð fylgni væri með því að fá niðurgangs- og uppsölupest og því að búa í húsi þar sem vatnsþrýstingur hafði verið tekinn af tímabundið (*Erik Wahl, 2002*). Að vatnsveitukerfi leki er fremur regla en undantekning. Vanda þarf mjög frágang og hönnun á rotþróum og að frá þeim séu siturlagnir. Huga verður vel að staðsetningu frárennislagna og rotþróa og að þær séu ekki í nágrenni við vatnsból eða á verndarsvæði þeirra. Ammoníak, níturat og bakteríur eru vísar fyrir slíkan leka.

**Afrennsli frá byggð.** Í þéttbýli þar sem yfirborð er að stórum hluta þétt með malbiki eða asfalti mengast regnvatn við mikla úrkomu og berst að hluta til niður í neðri jarðlög og að lokum í grunnvatnið. Þungmálmur og PAH efnin, aðallega tjöruefni, eru vísar um að þetta sé að eiga sér stað. Einnig getur afrennslið verið mengað af ýmsum áburðarefnum s.s.nítrati og varnarefnum frá garðrækt og opnum svæðum í þéttbýli.

**Leiðslukerfi.** Leiðsluefni sem er í snertingu við vatnið í vatnslagnakerfum er úr ýmsum málum og plastefnum. Rör geta verið tjöruborin. Þessi efni berast í vatnið. Sum þeirra eru talin hættuleg heilsu manna. Vatnsveitan ber ábyrgð á vatninu að inntaksloka hjá notenda og á að sjá til þess að vatnið þar uppfylli kröfur neysluvatnsreglugerðar. Síðan tekur við leiðslukerfi innanhúss. Varast ber „dauða“ enda þar sem vatn er lengi kyrrstætt í lögnum innanhúss. Ekki síst ber að hafa þetta í huga við hönnun lagnakerfa. Í Danmörku eru strangari kröfur á styrk þungmálma frá vatnsbólum en úr krana hjá notendum til að gera ráð fyrir mengun í leiðslukerfum (*BEK nr. 871 af 21/09/2001*). Þetta á við t.d. járn, mangan, ál, antimon, arsen, blý, kadmíum, króm og kopar. Efnainnihaldið má af þessum efnum frá vatnstökusvæði aðeins vera ýmist 40 eða 50% af leyfðu hámarksgildi úr krana nema við kopar. Koparmagn í vatni frá vatnstökusvæði má aðeins vera 5% af leyfðu hámarki þ.e. 100 µg/l frá borholu á móti 2000 µg/l úr krana hjá notenda og er þá miðað við að vatnið sé búið að standa 12 tíma í leiðslukerfi notenda. Málmur, plastefni og PAH efnin og þá þau sem gefa vísbendingu um mengun frá tjöru eru þau sem

koma helst úr leiðsluefni og einnig geta bakteríur gefið til kynna að bakteríugróður sé í lagnakerfinu. Ef hitastig er hátt þá er hættu á hitaþolnum bakteríum s.s. legionella.

**Gleymdar lagnir í jörðu.** Draugalagnir eru algengar í lagnakerfum vatnsveitna. Hús hafa verið aftengd eða heimæðar færðar og lögnin liggur í jörðu og gleymist þar. Húsin eru jafnvel rifin en lagnir ennþá til staðar í jörðu. Þetta veldur því að við þrýstibreytingar, sem alltaf eiga sér stað öðru hvoru, berst bragðvont vatn í krana notenda. Stefna ber að því að loka fyrir og fjarlægja slíkar lagnir. Sumar vatnsveitur skola út kerfið reglulega með því að hleypa vatni út um brunahana til að tryggja gæði vatnsins. Bakteríur og ýmsir málmar sem koma úr lagnaefni eru vísar á slíkt.

Tafla 12 Samantekt á áhættu og eftirlitsþáttum sem tengjast henni

Áhættuþættir	Dæmi um eftirlitsþætti í neysluvatnsreglugerð
Leysingar	Örverur, leiðni, grugg og litur
Vegir og umferð	Natríum, klór, kalsíum, þungmálmar, PAH- efni og bensen
Urðunarstaðir og úrgangur	Þungmálmar, sýrustig og súlfat
Áburðarnotkun og landbúnaðar	Nítrat, fosfór og varnarefni
Olíuslys	Bensen og PAH efni
Mengandi starfsemi	PAH efni, bensen, lífræn leysiefni s.s. tetraklóreten og tríklóreten o.fl. eftir starfsemi
Frágangur borhola og vatnstökumannvirkja	Örverur og nítrat
Dýr á vatnsverndarsvæðum	Örverur
Rotþrær og frárenniskerfi	Örverur, ammoníak og nítrat
Afrennsli frá byggð	Nítrat, þungmálmar og varnarefni
Leiðslukerfi	Þungmálmar og örverur
Gleymdar lagnir í jörðu	Þungmálmar og örverur



### 5.3 Þættir sem leitað er að í neysluvatni

Það má segja að leit að skaðvöldum í neysluvatni sé þrjúþætt. Í fyrsta lagi er leitað að sjúkdóms valdandi örverum, í öðru lagi er leitað að efnum sem valda óþægindum í miklu magni eða eru varasöm s.s. klór, mangan og nítrat, í þriðja lagi er leitað að efnum sem eru hættuleg heilsu manna jafnvel í litlum mæli annað hvort bráðeitrað eða hættuleg við langvarandi notkun. Stundum er leitað beint að efnunum en í öðrum tilfellum eru mældir svonefndir vísar. Það eru lífeðlisfræðilegir þættir s.s. eins og bragð og lykt sem gefa fyrstu vísbendingu um hvort vatnið sé heilnæmt eða vísar eins og kólibakteríur sem er stór bakteríuflokkur sem finnst bæði í frárennslisvatni og náttúrulega í jarðvegi. Tilvist þeirra í neysluvatni bendir til lífrænna efna í vatninu. Bakteríur geta hafa borist í vatnið á vatnstökusvæðum, í vatnstökum eða í lögnum á leið þess til neytenda.

#### 5.3.1 Sjúkdómsvaldandi örverur

Mesta hættu á vatnsbornum sýkingum er vegna saurmengunar frá mönnum eða dýrum þ.m.t. fuglum. En einnig geta bakteríur vaxið í dreifikerfi vatnsveitna við réttar aðstæður eins og t.d. *Legionella*. Saurinn getur innihaldið sjúkdómsvaldandi örverur, bakteríur, veirur og sníkjudýr. Algengustu sýkingar á Vesturlöndum eru af völdum bakteríanna *Campylobacter*, *Salmonella* og *E-coli*, af völdum *nóróveiru* og af sníkjudýrunum (frumdýrum) *Giardia* og *Cryptosporidium*. Sýkingar af völdum mengaðs vatns verða milljónum manna að fjörtjóni ár hvert (*UN World Water Assessment Programme, 2003*). Margar fleiri sjúkdómsvaldandi örverur berast með neysluvatni en fjallað verður um í þessari skýrslu. Í leiðbeiningum Alþjóða heilbrigðismálastofnunarinnar er fjallað um nær fjörutíu sjúkdómsvaldandi örveruhópa (*WHO GDWQ-3, 2004*), sem geta borist með neysluvatni. Hér verður aðeins fjallað stuttlega um þá sem eru algengir á Vesturlöndum til að varpa ljósi á hvaða hættu er á ferðinni.

##### 5.3.1.1 *Campylobacter*

*Campylobacter spp.* er víða í umhverfinu og bendir til saurmengunar. Það er afbrigðið *Campylobacter jejuni* sem er oftast orsök bráðra niðurgangspesta. Meðgöngutíminn er 2-

4 dagar og hún veldur miklum kviðverkjum, niðurgangi sem getur verið blóðlitaður, uppköstum, köldu og hitaköstum en getur líka verið einkennalaus. Veikindin hjaðna oftast á 3 til 7 dögum en taka sig oft upp aftur ef sýklameðferð er ekki beitt. Langtíma-afleiðing getur orðið liðabólgur og einstaka sinnum svokallað “*Guillain-Barréheilkenni*” sem er alvarlegur sjálfsöfnæmissjúkdómur sem veldur lömum.

Bakterían finnst víða í umhverfinu, í villtum dýrum og húsdýrum, sérstaklega í kjúklingum og villtum fuglum s.s. öndum og gæsum. Hún er í meltingarfærum dýranna. Fuglar og dýr menga síðan yfirborðsvatn þar sem bakterían getur lifað í nokkrar vikur og sýkt önnur dýr og borist þannig í matvæli t.d. ógerilsneidda mjólk og einnig í neysluvatn. Bakterían veldur oftast ekki veikindum í dýrum. Í könnun sem gerð var á vegum umhverfisráð herra um útbreiðslu *Campylobacter* á Íslandi (*Hollustuvernd ríkisins o.fl. 1999*) kemur fram sterk fylgni milli kjúklinganeyslu og sýkinga af völdum bakteríunnar. Í könnuninni kom einnig fram að á Íslandi er bakterían algengasta orsök staðfesta iðrasýkinga af völdum baktería síðustu þrjú árin frá könnuninni og um 90% tilfellanna voru af völdum *C. jejuni*. Hægt er að fjarlægja *Campylobacter* með klórun og geislun.

#### 5.3.1.2 E. coli

*Esherichia coli* (*E. coli*) bakteríur tilheyra hópi gerla sem kallaðir eru kóligerlar sem lifa í þörmum lífvera með heitt blóð. *E. coli* bakteríur eru nauðsynlegar til að hjálpa til við meltingu fæðunnar en tvö afbrigði hennar hafa valdið alvarlegum sjúkdómsfaröldrum í vatnsveitum (*Steve E. Hrudehy, 2004*). Það eru *enterotoxigenic E. coli* (ETEC) og *enterohemorrhagic E. coli* (EHEC) og það er afbrigði af þeim síðastnefndu *E. coli* O157:H7 sem valda flestum sýkingum. *E.coli* bakteríur þrífast í þörmum manna nema EHEC sem eru í búpeningi s.s. nautgripum og fé. (*WHO GDWQ-3, 2004*). *E. coli* sýking veldur allt frá vægum vatnskenndum niðurgangi, krampa í kviði, uppköstum og slappleika til alvarlegs niðurgangs með miklu blóði í hægðum. Meðal fylgikvilla getur verið ristilbólga og þvagfærasýking og þær geta haft alvarlegar afleiðingar (*Ásmundur Þorkelsson, júní 1997*). Hægt er að fjarlægja *E.coli* með klórun og geislun.

### 5.3.1.3 Salmonella

Salmonella er stór ættkvísl gerla sem finnast víða í umhverfinu en sumir valda sýkingu í mönnum. Salmonella er í hópi algengustu þarmasýkingavalda hér á landi (*Heimild: upplýsingar á vef Umhverfisstofnunar [www.hollver.is/mat/wrammi/camp\\_stada.htm](http://www.hollver.is/mat/wrammi/camp_stada.htm)*). Til eru rúmlega 2000 tegundaafbrigði sem öll geta valdið iðrasýkingum hjá mönnum. Bakterían er algeng m.a. í kjúklingum, svínunum, nautgripum, sauðfé og villtum fuglum. Komið hefur í ljós við úttekt að sýkingartíðni í mávum hér á landi er 68% og í hröfnum 66% en minni í öðrum fuglum (*Heimild: upplýsingar á vef Umhverfisstofnunar [www.hollver.is/mat/wrammi/camp\\_stada.htm](http://www.hollver.is/mat/wrammi/camp_stada.htm)*). Hún er algeng í yfirborðsvatni þar sem eru dýr til staðar. Menn geta einnig verið smitberar bæði þegar þeir eru að jafna sig eftir sýkingu og einnig einkennalausir (*Steve E. Hrudehy, 2004*).

Bakterían *Salmonella typhi* veldur taugaveiki sem var ein algengasta vatnsborna sýking á Vesturlöndum ásamt kóleru hér áður fyrir en er nú nær óþekkt þar. Hún er hinsvegar algeng í þróunarríkjunum og áætlað er að árleg tilfelli séu þar um 17 milljónir og þar af deyja um 600 þúsund manns (*Steve E. Hrudehy, 2004*). Vægara afbrigði er taugaveiki-bróðir af völdum *Salmonella paratyphi*. Salmonellusýking veldur uppköstum, niðurgangi oft með hita og miklum iðraverkjum. Blóðugar hægðir eru í um 30% tilfella. Veikin gengur yfir á 3 til 5 dögum í flestum tilfellum. Auðvelt er að eyða bakteríunni með klórur og geislun.

### 5.3.1.4 Norwalk veira (Nóróveira)

Norwalk veira heitir eftir þeim stað þar sem hún uppgötvaðist fyrst, Norwalk í Ohio (*Steve E. Hrudehy, 2004*). Veiran er í fjölskyldu Caliciveira. Hún er aðeins til í mönnum og veldur þar þarmasýkingu með flökurleika, uppköstum og iðraverkjum. Algengt er að um 40% þeirra sem sýkjast fái niðurgang og sumir fá hita og kuldaköst, höfuðverk og vöðvaverki (*WHO GDWQ-3, 2004*). Ofþornun getur haft alvarlegar afleiðingar sérstaklega hjá öldruðum eða fólki með veikt ónæmis kerfi. Hjá ungu fólki geta einkennin verið aðeins uppköst. Smit berst með saurmengun frá sýktum einstaklingum. Á undanförunum árum hefur aukist tíðni hópsýkinga af nóróveiru og er hún algengasta orsök hópsýkinga

ásamt *Campylobacter* á Norðurlöndum (*Ellen Laursen, 2000*). Erfitt er að greina veiruna í neysluvatni þar sem hún er stærðargráðunni minni en bakteríur. Klórur vinnur illa á veirunni og því getur hún verið til staðar þó bakteríur mælist ekki. Veiran hefur líka töluverða mótstöðu við geislun og þurfa afköstin að vera 59 mJ/cm<sup>2</sup> til að ná 99% eyðingu á veirunni (*WHO Guidelines 3rd edition, 2004*).

### 5.3.1.5 *Cryptosporidium parvum*

Ættkvíslin *Cryptosporidium* er frumdýr (protozoan) og það er tegundin *C.parvum* sem veldur flestum sýkingum þó aðrar tegundir geti valdið þeim líka. Sýkingar af völdum *Cryptosporidium* eru vaxandi vandamál og valda stórum hópsýkingum. *Cryptosporidium* er eitt besta dæmið um sjúkdómsvaldandi örverur sem hafa verið að uppgötvast á síðustu árum. Það var ekki fyrr en árið 1976 sem kom í ljós að hann veldur sýkingu í mönnum. Árið 1984 var staðfest að hann berst með vatni (*WHO GDWQ-3, 2004*). Hann veldur iðrasýkingu sem venjulega gengur yfir á viku í heilbrigðum einstaklingum en í veikluðum einstaklingum getur hann valdið dauða. Hann smitar með saur frá sýktum einstaklingum. Hýslar eru auk manna, nautgripir og önnur húsdýr. Ungviði eru í mestri hættu á að smitast. Einkenni eru ærin, vatnskenndur niðurgangur, krampi og kviðverkir og annar lasleiki. Einkenni geta varað í allt að mánuð og geta tekið sig upp aftur. Gró örverunnar, sem eru vel varin í hulstri, geta lifað af mánuði í köldu röku umhverfi en þola illa hitun og þurrkun. Rannsóknir hafa sýnt að *Cryptosporidium* dvalargró eru algeng í yfirborðsvatni frá 0,01 til 100 í hverjum lítra og finnast einnig í grunnvatni (*Steve E. Hruday, 2004*). Einfrumungurinn er ónæmur fyrir klór og því þarf síun, efnahleypingu eða geislun til að eyða honum. Við geislun þurfa afköstin að vera 10 mJ/cm<sup>2</sup> til að ná 99,9% eyðingu á veirunni (*WHO Guidelines 3rd edition, 2004*).

### 5.3.1.6 *Giardia lamblia*

*Giardia* er frumdýr sem veldur sýkingum í mönnum og sumum dýrategundum. Af ættkvíslinni *Giardia* eru nokkrar tegundir og það er tegundin *lamblia* sem veldur sýkingu í mönnum. Hann getur fjölgað sér í mörgum dýrategundum og í mönnum og borist með saur út í umhverfið. Hann veldur iðrasýkingu í mönnum sem stundum getur jafnvel varað

í meira en ár í að öðru leyti heilbrigðum einstaklingum. En einstaklingar geta einnig verið einkennalausir (*WHO GDWQ-3, 2004*). Einfrumungurinn er ónæmur fyrir klór og því þarf síun, efnahleypingu eða geislun til að eyða honum. Við geislun þurfa afköstin að vera  $5 \text{ mJ/cm}^2$  til að ná 99% eyðingu á veirunni (*WHO Guidelines 3rd edition, 2004*).

### 5.3.2 Faraldrar á Vesturlöndum af völdum sjúkdómsvaldandi örvera

Eins og áður sagði herjuðu áður fyrr bakteríur sem valda kóleru (*Vibrio cholerae*) og taugaveiki (*Salmonella typhis*) á íbúa víða á Vesturlöndum. Hér á landi voru alvarlegir faraldrar af völdum taugaveiki en kólera olli hér ekki usla. Taugaveikin barst með menguðu vatni t.d. í Reykjavík og víðar. Þetta var á þeim tíma þegar vatn var tekið úr opnum vatnsbólum og brunnum í nágrenni við mannabústaði. Faraldrarnir urðu í mörgum tilfellum til að flýta fyrir lagningu vatnsveitna og fráveitna. Víða í Evrópu voru kóleru-faraldrar algengir og urðu fjölda manns að fjörtjóni en eru nú óþekktir. Kólerufaraldrar hafa hinsvegar komið upp í Asíu og Afríku á undanförunum árum og smitleiðin er oft mengað neysluvatn. Í nýútkominni bók um faraldrar af völdum sjúkdómsvaldandi örvera í neysluvatni í þróuðum ríkjum “Safe Drinking Water – Lesson from Recent Outbreaks in Affluent Nations” (*Steve E. Hrudehy o.fl. 2004*) er farið yfir sjötíu faraldrar í fimmtán þróuðum ríkjum sem hafa geisað á síðustu þrjátíu árum. Af þeim eru þrettán faraldrar á Norðurlöndum en enginn frásögn er af faraldri á Íslandi.

Í þessum sjötíu faröldrum er áætlað að um 600 þúsund manns hafi veikst. Skráning á þeim sem veikjast er oft mjög svo vanáætluð og dauðsföll af þeirra völdum eru sjaldan skráð. Stundum er ekki hægt að greina örveruna og þá er áætlað út frá einkennum. Skráning hefur þó verið að batna í flestum löndum. Og þetta er á engan hátt tæmandi listi yfir vatnsborna faraldrar hvorki fyrir þessi lönd sem tilgreind eru né hinn vestræna heim. Í samantekt frá Norðurlöndum, sem kynnt var á Norrænu vatnsveituráðstefnunni í Helsingör í Danmörku árið 2000, kom fram að á fimm ára tímabili 1992-1997 voru 49 faraldrar á Norðurlöndum sem bárust með vatni. Um 36 þúsund manns urðu veikir og 160 þúsund manns fengu vatn frá þessum vatnsveitum (*Elle Laursen, 2000*).

Í áður nefndri bók um faraldra er fjallað um hvern faraldur fyrir sig og hvað það er sem fór úrskeiðis og hvaða lærdóm má draga af því. Um 30% faraldranna eru af völdum *Cryptosporidium parvum* og skiptast síðan nokkuð jafnt á milli *Campylobacter jejuni*, *E.coli*, *Norwalk veira* (Nóróveira) og *Giardia* l. 15 – 20%. Aðeins einu tilfelli af *Salmonella* er lýst og það var *Salmonella typhimurinum*. Sá faraldur var í Gideon í Missouri í Bandaríkjunum árið 1993 þar sem 650 manns veiktust og sjö létust. Orsökinn var að fuglar héldu til á lélegum miðlunartönkum og úrgangur frá þeim komst í vatnið. Íbúar höfðu kvartað um óbragð og vonda lykt af vatninu og þá var farið að skola rækilega út kerfið um brunahana sem varð til þess að mikið magn af úrgangi komst úr geymunum út í dreifikerfið með þessum alvarlegu afleiðingum. Allt vatnsveitukerfið var í lélegu ástandi. Einu tilfelli er lýst þar sem sýkillinn var bakterían *Shigella sonnei*, einu af lifrabólgu A (*hepatitis A*), einu af *Rotaveiru* og einu af *Toxoplasma gondii*.

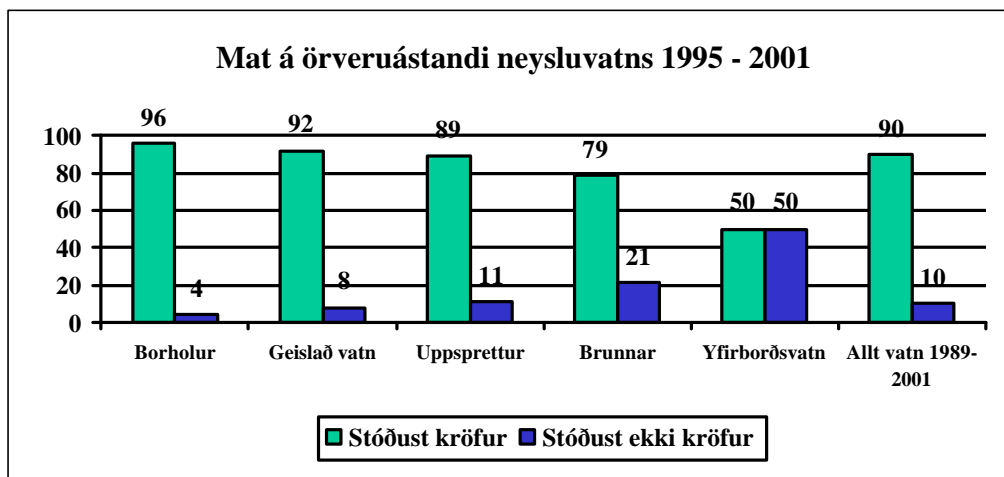
Mannskæðasti faraldurinn sem lýst er var í Milwaukee í Wisconsin í Bandaríkjunum árið 1993 af völdum *Cryptosporidium parvum*. Þar veiktust 400 þúsund manns og a.m.k. 50 manns létust. Neysluvatnið var hreinsað yfirborðsvatn sem tekið er úr Michigan vatni og hreinsað í tveimur hreinsistöðvum með sandsíun, efnahleypi og klórun. *C.parvum* er nær ónæmur fyrir klór þannig að það er síun og efnahleyping sem eiga að hindra smit. Önnur hreinsistöðin var biluð með þessum alvarlegu afleiðingum. Þessi faraldur varð til að farið var að gefa meira gaum að *Cryptosporidium* sem raunverulegri áhættu við vatnsveitur.

Tveir faraldrar sem urðu nýlega í Kanada vöktu mikla athygli. Í maí árið 2000 braust út faraldur í Walkerton í Ontario þar sem 2300 manns veiktust og 7 dóu. Það var af völdum *E.coli* (*EHEC O157:H7*) og *Campylobacter jejuni*. Borið hafði verið á tún í nágrenni vatnsbólans með kúamykju og í kjölfar mikilla rigninga og flóða komst hún í vatnið. Í kjölfar opinberrar rannsóknar voru veitustjórinn og verkstjórinn, bróðir hans, sakfelldir fyrir að hylma yfir niðurstöður af gerlamælingum og falsa tölur um klórun. Óheiðarleiki þeirra varð til að faraldurinn varð þetta stór og langvarandi.

Árið 2001 varð stór faraldur af *Cryptosporidium* í North Battleford í Saskatchewan þar sem talið var að milli 6 og 7 þúsund manns hefðu veikst. Vatnsveitan tók vatn að hluta til úr á sem leidd var í hreinsistöð. Nokkru ofar í ánni var útfall frá skolphreinsistöð. Hafði oft verið bent á að þetta skapaði hættu á mengun en menn töldu að hreinsistöðin kæmi í veg fyrir það. Neysluvatnið var efnahleyppt áður en það var leitt í sandsíur og síðan klórað. Vandræði voru með efnahleypingu en talið var að klórun væri fullnægjandi. Fjárveiting til vatnsveitunnar hafði verið skorin niður og starfsmenn sem báru ábyrgð á vatnshreinsun og rekstri vatnsveitunnar höfðu ekki fengið fjármagn til að endurnýja og halda við tækjum og tólum þrátt fyrir miklar umkvartanir þeirra. Endurmenntun þeirra, samskipti við kollega hjá öðrum veitum og möguleikar til að fylgjast með voru mjög takmarkaðir. Niðurstaða rannsóknarnefndarinnar var að yfirvöld í North Battleford og heilbrigðis - yfirvöld hefðu ekki staðið undir þeirri ábyrgð að tryggja íbúum heilnæmt vatn.

### 5.3.3 Örveruástand í íslensku neysluvatni

Neysluvatn á Íslandi fullnægir oftast kröfum um innihald örvera og er það líklega mest því að þakka að neysluvatn er að stærstum hluta grunnvatn og að hér býr fátt fólk á stóru landi. Samkvæmt samantekt rannsóknarstofu Hollustuverndar ríkisins, nú Umhverfisstofnun, reyndust um 90% sýna á árunum 1989 til 2001 frá vatnsveitum fullnægja kröfum um örveruástand (*Franklín Georgsson, 2002*), sjá mynd 10.



Mynd 10 Mat á örveruástandi neysluvatns 1995 - 2001 (*Franklín Georgsson, 2002*)

Þegar skoðaðar eru niðurstöður frá árunum 1995 til 2001 eftir vatnstökumannvirkjum kemur í ljós að 96% sýna úr borholum fullnægja kröfum en einungis 50% sýna úr yfirborðsvatnsbólum þegar frá eru tekin sýni frá vatnsbólum sem eru geisluð en 92% þeirra eru fullnægjandi.

Til samanburðar má geta þess að í samantekt á gæðum neysluvatn á Írlandi fyrir árin 1999 til og með 2001 kemur fram að allar vatnsveitur, bæði sveitarfélagaveitur og veitur í einkaeigu, uppfylla kröfur neysluvatnsreglugerðarinnar um örverur í 94,3% tilfella á þessu tímabili (*EPA,2001*). Grunnvatn er aðeins 11% af neysluvatni, 78% er yfirborðs-



vatn, 7% eru lindir og 4% óþekkt. Samkvæmt þessu er örveruástandið hjá írskum vatnsveitum betra en hjá þeim íslensku. Í Aberdeenskíri í Skotlandi var gerð samantekt á hvernig minni einkavatnsveitur uppfylltu kröfur um örverur og nítrat í neysluvatni. Könnunin var gerð fyrir árin 1992 til 1998 og sýnin voru 1750 talsins. Í Skotlandi er mikið um litlar vatnsveitur í dreifðum byggðum. Niðurstaðan var að 59% sýna uppfylltu kröfur um örverur og 85% um nítrat í vatninu (*Donald C.Reid o.fl. 2002*). Þar er því greinilega verk að vinna.

### 5.3.4 Faraldrar á Íslandi af völdum sjúkdómsvaldandi örvera í neysluvatni

Faraldrar af völdum sjúkdómsvaldandi örvera sem hafa borist með vatni eru ekki algengir hér á landi. Fram til ársins 2000 hafa verið staðfestar þrjár hópsýkingar hér á landi af völdum mengaðs neysluvatns og allar af völdum *Campylobacter* (*Haraldur Briem, 1999*). Hópsýkingarnar voru á Stöðvarfirði 1984 þar sem veiktust um 50 manns, á Djúpavogi árið 1993 með 10 skráðum veikum og í veiðihúsi á Vesturlandi árið 1998 þar sem voru 4 veikindatilfelli (*Franklín Georgsson; 2002*). Í öllum tilfellum hafði óhreinsoðu yfirborðsvatni verið hleypt inn á kerfin vegna vatnsskorts. Síðan þá hefur orðið nokkur aukning á sjúkdómstilvikum sem hægt var að rekja til neysluvatns eða grunur lék á að mætti rekja til neysluvatns. Þessi tilvik, sem eru átta talsins, þar sem mismargir veiktust hafa oftast verið af völdum nóróveiru (*Munnleg heimild: Margrét Geirsdóttir, 29.2004*).

Fyrsti sjúklingurinn sem greindist með iðrasýkingu af *Campylobacter jejuni* var tveggja ára stúlkubarn á Akranesi (*Guðni Alfredsson o.fl. 1982*). Engin líkleg smitleið fannst og því beindist athyglin að vatnsbólínu. *Salmonella* hafði ræktast í mávum og mávadriti víða um land og því vöknudu grunsemdir um að opin vatnsból Akurnesinga væru menguð af völdum mikils mávavarps í nágrenninu. Rannsókn var gerð á sýnum úr vatnsbólínu árin 1980 og 81 og seinna árið greindist *Campylobacter jejuni* og einnig *Salmonella* af tegundinni *saint-paul* og *typhimurium*. Það ár greindist *C. jejuni* í sjö af sextán sýnum og *salmonella* í fjórum af níttján sýnum.

Um miðjan júní 1984 fór að bera á niðurgangi á Stöðvarfirði og áður en yfir lauk hafði a.m.k. tíundi hver íbúi veikst eða alls 50 manns (*Sigurður B. Þorsteinsson o.fl. 1985*). *Campylobacter jejuni* ræktaðist úr saursýnum nokkurra sjúklinga. Þegar ljóst var að um faraldur var að ræða bárust böndin fljótt að neysluvatni sem líklegri smitleið þar sem ekkert tengdi alla sjúklingana annað en búseta á Stöðvarfirði og allir höfðu neytt vatns. Vatnsbólín voru lokuð og afgirtir safnbrunnar í svonefndum Neðri Klifbotnum en vegna vatnsleysis var vatn einnig tekið úr Sellæk sem rennur þar um. Lækurinn var stíflaður að nokkru og leiddur í gegnum gróft sigti og bætt við neysluvatn úr brunnunum. Nokkru áður en bera tók á niðurgangi á Stöðvarfirði höfðu aligæsir verið reknar á fjallið í nágrenni vatnsbólins og við skoðun 6. júlí sást mikill gæsaskítur á öllu svæðinu og umhverfis Sellæk. Gæsirnar voru reknar af svæðinu og hætt var að taka vatn úr Sellæknum. *C. jejuni* ræktaðist ekki úr neysluvatninu sjálfu en úr tveim gæsaungum og einnig úr læk við gæsabúið í bænum en sýni voru öll tekin eftir að hætt var notkun yfirborðsvatns úr Sellæknum. Engin ný sjúkdómstilfelli greindust eftir að hætt var að veita Sellæk í neysluvatnskerfið og aligæsir höfðu verið reknar af vatnstökusvæðinu (*Sigurður B. Þorsteinsson o.fl. 1985*). Í kjölfar þessa voru ný vatnsból virkjuð í Efri Klifbotnum og tengd inn á veitur í Neðri Klifbotnum til að fullnægja vatnsþörf (*Bjarni Gíslason, 2004*). Níu árum síðar, árið 1993, kom upp *Campylobacter* hópsýking á Djúpavogi af völdum mengaðs neysluvatns. Skráð veikindatilfelli voru 10 talsins. *Campylobacter* hefur síðar nokkrum sinnum ræktast úr vatnssýnum þar sem nokkrir hafa veikst en stundum eru engin skráð veikindatilfelli (*Munnleg heimild: Margrét Geirsdóttir, Umhverfisstofnun. 29.9.2004*).

Síðastliðið sumar, sumarið 2004, komu upp tvær hópsýkingar af völdum nóróveiru (Norwalk veiru) sem báðar má rekja til neysluvatns. Það var á Húsafelli og á einum stað í Mývatnssveit (*Munnleg heimild: Haraldur Briem 7.9.2004*). Á báðum þessum stöðum hafði nokkru áður komið upp sýking þar sem margir veiktust og þykir nú líklegt að þá hafi verið um nóróveiru að ræða. Í Húsafelli veiktust hátt í 200 manns sl. sumar og var veiran staðfest í saursýni. Yfirfall var úr sundlauginni í tjörn og þegar að var gáð var leiðsla frá tjörninni inn á neysluvatnskerfið og þykir það líkleg smitleið (*Munnleg*

heimild: Haraldur Briem 7.9. 2004). Það var strax lagfært og allt vatn er nú tekið úr borholum. Í Mývatnssveit greindist nóróveiran í fyrsta sinn með beinni mælingu í neysluvatni og það þrátt fyrir að engar bakteríur greindust. Það er því ekki hægt eingöngu að treysta á bakteríumælingar sem mælikvarða á hvort vatnið er laust við sjúkdómsvaldandi örverur. Á þessum stað í Mývatnssveit stendur rotþró ofan við vatnstökusvæðið og eftir miklar rigningar er talið að veirur hafi borist þaðan í neysluvatnið. Veirur eru stærðargráðunni minni en bakteríur og talið að þær geti því borist lengra í gegnum jarðlög. Þó erfitt væri að sanna að veirur berist með neysluvatni þá hefur í fyrsta sinn verið sýnt fram á tengsl sýkinganna við neysluvatn hér á landi. Ekki er hægt að rækta veirur úr neysluvatni hér á landi, en það ár var byrjað að senda slík sýni til Finnlands. Ræktanir úr saursýnum fara hins vegar fram á Veirudeild Landspítalans (Munnleg heimild: Margrét Geirsdóttir, Umhverfisstofnun. 29.9.2004). Nokkrum sinnum hafa verið staðfestar nóróveirur í saursýnum en ekki verið hægt að staðfesta að þær hafi borist með neysluvatni vegna áðurnefndra annmarka.

Vakið hefur athygli að iðrasýking af völdum *Giardia lamblia* er algengari á Akranesi en annarsstaðar á landinu (Munnleg heimild: Haraldur Briem 7. 9.2004). Neysluvatn er þar tekið úr yfirborðslindum og það er geislað með útfjólubláu ljósi. Ekki hefur verið sýnt fram á tengsl vatnsins við þessar iðrasýkingar. Vert væri þó að athuga hvort *Giardia lamblia* lifir af útfjólubláa geislun sem þar er notuð.

Í byrjun árs 1998 tóku gildi ný sóttvarnarlög sem gera ráð fyrir skráningar- og tilkynningarskyldu á smitsjúkdómum og er sóttvarnarlæknir ábyrgur fyrir smitsjúkdómaskrá. Þar eru m.a. taldir *E. coli EHEC*, *Campylobacter*, *Kólera*, *Legonella*, *Salmonella* og *Giardia*. *Nóróveirur* og *Cryptosporidium* eru ekki á þeim lista enn sem komið er.

### 5.3.5 Efni sem eru óþægileg í miklu magni

Ýmis efni sem geta verið í vatni valda óþægindum eða eru varasöm í miklu magni. Þau geta bæði borist í það af náttúrulegum orsökum eða af mannavöldum. Nær allt klór í grunnvatni kemur úr úrkomu frá sjó eða með íblöndun jarðsjávar (Freysteinn Sigurðsson,

1993). Salt í grunnvatni mælist oftast hærra nær sjó og lækkar síðan inn til landsins. Þetta fer þó eftir úrkomu. Klóríðjónir eru ekki hættulegar heilsu manna en bragðgæði vatnins rýrna við hátt klóríðinnihald. Mörk fyrir saltbragð eru talin vera við 200 mg/l og því eru leyfileg mörk fyrir innihald þess í neysluvatni sett við 250 mg/l. Natríum berst einnig í grunnvatn úr úrkomu með salti frá sjó og er ekki hættulegt heilsu manna en kenningar hafa verið uppi um að það valdi ofvirkni. En aðallega eru mörkin sett vegna versnandi bragðgæða.

Þau efni sem geta borist með neysluvatni og eru hættuleg heilsu manna eru t.d. nítrat, varnarefni ýmis konar og lífræn leysiefni, þungmálmar og olíuefni, PAH efni. Of mikið nítrat í drykkjarvatni er talið hættulegt heilsu manna, sérstaklega ungbörnum. Það breytist í nítrít í meltingarveginum sem síðan hindrar upptöku súrefnis í blóðið og húðin verður blá, svonefnd blá börn. Sérstaklega þarf að gæta þess að gefa ekki börnum undir 6 mánaða aldri nítratmengið vatn. Einnig benda rannsóknir til að nítrat í drykkjarvatni geti valdið krabbameini í þvagblöðru. Lífræn leysiefni geta skaðað miðtaugakerfið, bæði skyndileg eitrun og langvarandi eitúráhrif. Sum klóreruð leysiefni geta valdið krabbameini og skaðað lifur, nýru og hjarta.

Þungmálmar eins og blý, kadmíum og kvikasilfur safnast upp í líkamanum. Blý og kvikasilfur skaða taugakerfið og þar er ungvíðið sérlega viðkvæmt. Kadmíum hefur áhrif á efnaskipti líkamans og er sérstaklega skaðlegt fyrir nýrnastarfsemina. Kadmíum er einn eitradasti málmur sem við notum. Hann kemur aðallega út í umhverfið frá galvaniseruðu járn, úr sorphaugum og úr nikkell-kadmíum rafhlöðum, merktum NiCd. Króm er talið valda m.a. lungnakrabba. Það er töluvert notað í iðnaði og í málmblöndur s.s. í ryðfrítt stál og í galvaniseringu. Nikkel er nauðsynlegt til viðhalds og þroska en í of miklu magni getur það valdið ofnæmi og útbrotum. Þekkt eru ofnæmisviðbrögð við skartgripum sem innihalda nikkell. Allir þessir málmar leysast auðveldlega upp og berast í vatn.

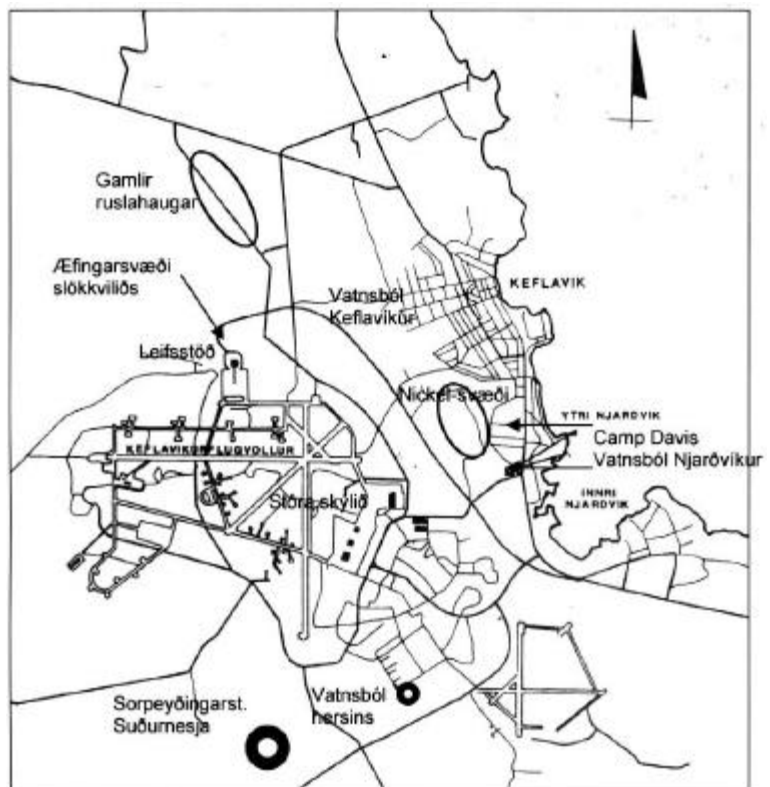
Arómatisku fjölhringa kolvatnsefnin, PAH, eru stór hópur efna sem mörg hver eru mjög krabbameinsvaldandi eins og t.d. benzopyren. Þau koma úr olíuefnum annað hvort við

ófullkominn bruna eða beint úr efnunum. Tjöruborin rör eru þar áhættuvaldur fyrir vatnsveitur. Einnig geta þau borist inn í plaströr úr olíumenguðum jarðvegi.

### 5.3.6 Dæmi um efnamengun á neysluvatni

Mesta efnamengun hjá íslenskum vatnsveitum er líklega mengun vatnsbóla Keflvíkinga og Njarðvíkinga af völdum Varnarliðsins á Keflavíkurflugvelli. Mengunin náði til grunnvatns á öllu flugvallasvæðinu og niður í sjó við Njarðvík og varð til þess, þegar hún upp-götvaðist, að allt vatnsnám á þessu svæði aflagðist og byggð var ný vatnsveita frá vatnsbólum í Lágum. Nýja vatnsveitan var vígð árið 1992. Mengunin var lífræn leysiefni, nítrat úr afísingarefni sem borið var á flugbrautir og olíumengun á afmörkuðum svæðum m.a. þar sem urðu olíuslys og mikið magn olíu lak niður í jarðveginn. Berggrunnurinn er grágrýti sem gleypir auðveldlega í sig vatn og aðra vökva (*Árni Hjartarson, 1992*).

Sumarið 1985 lét herinn athuga hvort grunnvatn við eitt af vatnsbólum hans í nágrenni Sorpeyðingarstöðvar Suðurnesja væri mengað og reyndis t svo vera. Þá kom í ljós að í grunnvatninu voru lífræn leysiefni. Vatnsból- inu var tafarlaust lokað. Við frekari rannsókn kom í ljós að þrjú skyld leysiefni, tetraklór- eten, tríklórethýlen og 1,1,1, tríklóretan var að finna í fleiri vatnsbólum varnarliðsins á Keflavíkurflugvelli (*Snorri P. Snorrason, 1991*).



Mynd 11 Afstöðumynd af Keflavíkurflugvelli og nágrenni (*Árni Hjartarson, 1992*)

Rúmu ári síðar, í september 1986, barst Heilbrigðiseftirliti Suðurnesja vitneskja um mengunina (*Magnús H. Guðjónsson, 1992*). Þá var strax hafist handa við að efnagreina vatn úr vatnsbólum Njarðvíkinga og vatnsbólum Keflvíkinga ofan við Eyjabyggð og voru sýni send út til Danmerkur.

Sú rannsókn leiddi í ljós að leysiefnin tetraklóreten og tríklóreten voru í báðum vatnsbólunum. Þegar þetta kom í ljós var sett af stað umfangsmikil rannsókn til að kortleggja grunnvatnsflæði á Rosmhvalanesi, umfang mengunarinnar og kanna sögu meðferðar efna á svæðinu. Rannsóknin var greidd af varnarliðinu og fengu þeir ameríska ráðgjafafyrirtækið R.E.Wright Associates til að framkvæma verkið en Orkustofnun og Heilbrigðiseftirlit Suðurnesja önnuðust hluta rannsóknanna. Haustið 1988 voru boraðar tuttugu rannsóknarholur og vatn úr þeim efnagreint. Þessar efnagreiningar leiddu í ljós umfangsmikla mengun grunnvatns á Rosmhvalanesi.

Uppruna mengunarinnar var leitað víða m.a. í nágrenni vatnsbóls Njarðvíkur við Bolafót, Camp Davids, þar sem rekin var þurrhreinsun á stríðsárunum og tetraklóreten var aðal hreinsiefnið. Þar í grenndinni voru einnig geymdar tunnur með hreinsiefninu og terpentínu. Vísbendingar voru um að tunnurnar hefðu ryðgað niður og innihald þeirra lekið í jarðveginn (*Magnús H. Guðjónsson, 1992*). Einnig beindist athyglin að hinu svonefnda Nikkelsvæði þar sem Sölunefnd varnarliðseigna var áður til húsa í nokkrum bröggum. Þar var m.a. geymdur glussi og hreinsiefni. Braggarnir brunnu um 1960 og var talið að eitthvað af efnunum hefði getað farið niður við brunann. Önnur og líklegri skýring var að leysiefni hefðu lekið niður við stóra flugskýlið á Keflavíkurflugvelli þar sem bæði þessi hreinsiefni voru mikið notuð. Þau eru ekki eldfim og eru að því leyti hentug fyrir flugstarfsemi. Niðurföll í flugskýlum voru leidd út fyrir hús og í jarðveginn en ekki tengd frárennsliskerfi (*Snorri P. Snorrason, 1991*). Lífræn leysiefni mældust í grunnvatni við flugskýlið. Gamalt æfingasvæði slökkviliðs austan við Leifsstöð reyndist einnig mengað af leysiefnum. Við æfingar var úrgangsolúu hellt í steypa gryfju eða plan

og kveikt í og talið var að olían hefði verið blönduð með leysiefnum enda var úrgangs-  
olían komin úr flugskýlunum.

Lífrænu leysiefnin sem fundust við efnagreiningu voru tetraklóreten, tríklóreten, cis-1,2 –  
diklóreten, 1,1,2,2-tetrachlorethane og carbon tetrachloride (*R.E. Wright Associate, Inc.*  
*1989*). Einnig mældist bensen.

Í íslensku neysluvatnsreglugerðinni frá árinu 2001 eru gefin leyfileg hámarksgildi fyrir  
**bensen, tetraklóreten og tríklóreten**. Leyfilegt hámark fyrir bensen er **1 µg/l** en það  
mældist við flugskýlið **8 µg/l** sem er langt yfir mörkum. Summa styrks efnanna tetra-  
klóreten og tríklóreten má ekki vera hærri en **10 µg/l**. Summa þeirra í vatnsbólum  
Keflavíkinga ofan við Eyjabyggð mældist **2 µg/l** og í vatnsbóli í Njarðvík **22 µg/l**. Hið  
síðastnefnda langt yfir leyfilegum mörkum. Summa tetraklóreten og tríklóreten var einnig  
yfir mörkum neysluvatnsreglugerðarinnar við flugskýlið, á svæði Camp Davis hreinsun-  
arinnar og á svæði Sölunefndarinnar á Nikkelsvæðinu. En hæsta gildið var á æfingasvæði  
slökkviliðsins austan við Leifsstöð **85 µg/l** (*R.E. Wright Associate. Inc. 1989*). Hæri  
gildi mældust annarsstaðar á flugvallasvæðinu einkum nærri Sorpeyðingarstöðinni  
(*Munnleg heimild: Snorri Páll Snorrason, 13. jan. 2005*). Sjá staðsetningu umræddra  
svæða á mynd nr. 11.

Á Keflavíkurflugvelli var afísingarefnið Urea ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO) notað í miklum mæli frá 1970  
(*Snorri P. Snorrason, 1991*). Vorið 1990 hóf Heilbrigðiseftirlit Suðurnesja mælingar á  
nitrati í grunnvatni á Rosmhvalanesi. Þær leiddu í ljós talsverða nítatmengun í borholum  
við flugbrautina þar sem hæstu gildi mældust **90 mg/l** en hæsta leyfilega gildi fyrir  
neysluvatn er **50 mg/l NO<sub>3</sub>** (eða **11,4 NO<sub>3</sub>-N**). Efnið fannst í grunnvatni á öllu  
sunnanverðu Rosmhvalanesi en ekki í Sandgerði og í Garðinum. Í vatnsbólum Keflavíkur  
og Njarðvíkur var nítatstyrkur **1 – 2 mg/l**. Þegar þetta kom í ljós var hætt við að nota  
þetta afísingarefni og farið yfir í annað umhverfisvænna (*Snorri P. Snorrason, 1991*).

Nokkuð hefur verið um olíuslys á svæðinu fyrir utan það sem hefur lekið niður stöðugt í árána rás. Sem dæmi má nefna að í nóvember 1987 fóru 70 þús. lítrar af gasolíu um bilaða leiðslu úr geymi á Nikkelsvæðinu. Þar flýtur olía ofan á grunnvatnslinsunni. Reynt hefur verið að hreinsa hana upp með nokkrum árangri en stærstur hlutinn sígur smátt og smátt til sjávar. Mikil olíumengun er einnig í jarðvegi við gamalt æfingasvæði slökkviliðsins nærri Flugstöð Leifs Eiríkssonar. Nýtt æfingasvæði var tekið í gagnið á Keflavíkurflugvelli um miðjan tíunda áratuginn (*Munnleg heimild: Snorri P. Snorrason, 13.okt. 2004*).

Árið 1997 kom í ljós að töluverð blýmengun var í jarðvegi þar sem bensíntankar voru á Nikkelsvæðinu bæði vegna blýs í bensíni og eins þegar tankarnir voru málaðir með málningu sem innihélt blý. Nokkuð af þeim jarðvegi var flutt út á Stafnes og settur yfir ruslahaugana þar. Einnig fannst á sama svæði PCB mengun úr spennum. (*Munnleg heimild: Snorri P. Snorrason, 13.okt. 2004*).

Það er því ljóst að mengun grunnvatns á Rosmhvalanesi af völdum Varnarliðsins á Keflavíkurflugvelli er umtalsverð og sýnir svo ekki verður um villst að auðvelt er að spilla vatnsauðlindinni.



## 6 Niðurstöður og umræður

Samkvæmt þeirri greiningu sem rakin eru hér að framan eru gæði neysluvatns hjá umræddum vatnsveitum með tilliti til efnafræðilegra þátta í góðu lagi. Þessar vatnsveitur þjóna um 80% landsmanna. Efni sem finnast fara hvergi nálægt leyfðu hámarki í neysluvatnsreglugerð. Við skoðun á áhrifum landbúnaðar og ræktunar kemur í ljós að nítrat er hærra þar sem landbúnaður er á vatnsverndarsvæðum. Það er tölfraðilegur munur á meðaltali nitrats þar sem ræktun og búskapur er stundaður og þar sem hann er ekki. Það bendir til að viðhalda þurfi strangari reglum um áburðargjöf á vatnsverndarsvæðum. Einnig kemur fram að meðaltal á þungmálmunum nikkell og kadmíum er hærra þar sem sýni er tekið í dreifikerfi en við vatnsból. En munurinn er þó ekki tölfraðilega marktækur og er það trúlega vegna þess að sýni í hvorum flokki eru fá. En þessi munur bendir þó til að vatnið gæti tekið í sig nokkurt magn þessara þungmálma á leið þess um kerfið úr pípum og tengistykkjum.

Nokkuð er um ónákvæmni í mælingum og að greiningarmörk séu höfð of há. Þetta á við t.d. um nítrat. Til viðmiðunar er hægt að segja að styrkur nitrats í ómengðu vatni á láglandi sé allt að 0,1 mg/l –N. Þá er of ónákvæmt að hafa greiningarmörk við <0,5 mg/l. Með þeim upplýsingum er ekki hægt að segja til um hvort mengunar af völdum landbúnaðar sé farið að gæta. Leyfð greiningarmörk skv. neysluvatnsreglugerðinni eru einnig alltof há fyrir mörg efni og langt yfir meðaltali á mældum styrk margra efna og einnig töluvert yfir ómengðu íslensku grunnvatni þar sem það er þekkt. Mælingar með greiningarmörkum sem eru mun hærri en raunverulegur styrkur í neysluvatni getur valdið því að gæði vatns komi ver út í samanburði en ástæða er til.

Skipulegar mælingar á efnainnihaldi í grunnvatni og hvaðan þau efni koma eru á frumstigi. Í rammatilskipuninni um vatnsvernd er gert ráð fyrir að kortleggja gæði vatns og ef þau hafa raskast að gera ráðstafanir til að endurheimta þau. Þegar til eru orðnar góðar mælingar frá grunnvatni víða um land er frekar hægt að sjá hvort vatnið sé að

mengast og meta þróun. Mikilvægt fyrir vatnsveitur að eiga heildarúttekt á sínu vatni bæði við vatnsból og ekki síður við afhendingarstað.

Framkvæmd löggjafar um vatnsvernd hefur miðað nokkuð. Fyrir sjö árum höfðu 63% vatnsveitna lokið við að skilgreina verndarsvæði vatnsbóla sinna en sex árum síðar var það hlutfall 76%, sem er 13% aukning á hlutfalli. En sígið hefur á ógæfuhliðina með starfsemi á verndarsvæðum því hlutfallið hefur aukist um nær 20% á þessum sex árum. Veiturnar sem hér um ræðir eru allt stærri veitur þar sem slík mál eru í betra lagi. Því má reikna með að hjá minni veitum vanti mikið á að búið sé að skilgreina vatnsverndarsvæðin og fylgja eftir vernd þeirra.

Bann við mengun vatns er afdráttarlaus í íslenskri löggjöf. En ýmislegt vantar á eftirfylgni og eftirlit sérstaklega með minni vatnsveitum. Í reglugerðum eru opinberum stofnunum lagðar ýmsar skyldur á herðar með samantektir og skýrslugerð um ástand vatns sem ekki er alveg komið af stað. T.d. átti að vera búið að flokka allt vatn eftir ástandi þess í lok árs 2003 og er það verkefni heilbrigðisnefnda. Umhverfisstofnun á árlega að taka saman skýrslu um ástand vatns og birta aðgengilega neytendum. Slík skýrsla hefur ekki ennþá litið dagsins ljós en kemur út seinna á þessu ári í fyrsta skipti. Núverandi stjórnvöld eru að vinna að skýrara skipulagi á stjórn á nýtingu vatnsauðlindarinnar og vernd vatnsins. Verið er að vinna að heildstæðum vatnsverndarlögum í umhverfisráðuneytinu. Mikilvægt er að í þeirri löggjöf sé gert ráð fyrir að tekin séu frá vatnsból fyrir stækkun byggða og framtíðina.

Hér á landi eru hópsýkingar af völdum neysluvatns fremur sjaldgæfar en hafa þær heldur verið að aukast hin síðari ár. Og er skemmst að minnast tveggja faraldra af völdum nóróveiru (Norwalk veiru) sl. sumar (2004). Þar var á ferðinni veira sem ekki hafði verið greind í neysluvatni hér áður en er algengur orsakavaldur vatnsborinna hópsýkinga erlendis. Ekki er til tækjabúnaður til að greina hana í vatni hér á landi en hægt er að greina hana í saursýnum á Veirudeild Landspítalans. Því var gripið til þess ráðs að senda vatnssýni til greiningar til Finnlands. Veirur eru stærðargráðunni smærri en bakteríur og

Þær geta verið til staðar í vatninu þó að bakteríur mælist ekki, þannig að bakteríu-  
mælingar eru ekki öruggur vísir á tilvist þeirra. Í ljósi þessa þarf að skoða hvernig hægt  
er að tryggja öryggi vatnsins. Nokkru sinnum áður höfðu orðið hópsýkingar af völdum  
*Campylobacter* í neysluvatni og oftast var ástæðan sú að vatnsskortur var og gripið hafði  
verið til þess ráðs að leiða yfirborðsvatn í vatnsbólið úr nærliggjandi læk. Nú setja flestar  
stærri vatnsveitur orðið upp geislunarbúnað ef þær þurfa að nýta yfirborðsvatn  
tímabundið eða til lengri tíma.

Nauðsynlegt er að tryggja skráningu á hópsýkingum og ekki síður að leita orsaka fyrir  
sýkingum þannig að hægt sé að læra af mistökunum. Þar þarf að fara af stað formlegt ferli  
sem reynir að leiða hið sanna í ljós. Þetta er oft viðkvæmt í samfélögum og miklir  
fjárhagslegir hagsmunir í húfi en það má ekki stöðva að orsakanna sé leitað. Þessar  
sýkingar eru alvarlegt mál fyrir þá sem fyrir þeim verða og valda oft varanlegum skaða.  
Heilsa íbúanna hlýtur alltaf að ganga fyrir fjárhagslegum hagsmunum einstakra aðila eða  
fyrirtækja

Í neysluvatnsreglugerðinni er gerð krafa um aukna upplýsingagjöf til notenda. Þar er gerð  
krafa um að neytendur séu látnir vita strax ef *E.coli* og saurkokkar greinast í vatninu. En  
við aðra þætti er það metið eftir alvarleika. Alltaf er krafa um að gera ráðstafanir til að  
endurheimta gæði vatnsins.

Hægt er að draga helstu niðurstöður saman í eftirfarandi punkta:

- ☒☒ Gæði neysluvatns eru mikil og efni sem greinast fara hvergi nálægt leyfðu  
hámarki skv. neysluvatnsreglugerð.
- ☒☒ Nokkuð er um að greiningarmörk fyrir efnagreiningar séu of há miðað við  
ómengað vatn sem skapar erfiðleika á að fylgjast með breytingum.
- ☒☒ Nítrat er hærra í neysluvatn þar sem stundaður er landbúnaður á  
vatnsverndarsvæðum.

Skortur er á skipulögðum mælingum á efnainnihaldi í grunnvatni til að hægt sé að sjá hvort vatn er að mengast.

Mikilvægt fyrir vatnsveitur að eiga mælingar á efnainnihaldi í sínu vatni og þá bæði við uppsprettu og eins við afhendingu til neytenda.

Aukning hefur orðið á því að lokið sé við að skilgreina vatnsverndarsvæði vatnsbóla en á sama tíma hefur orðið mikil aukning á því að ýmis starfsemi sé á vatnsverndarsvæðum.

Bann við mengun er afdráttarlaus í lögum en vantar á eftirfylgni og eftirlit. Einnig vantar á að heildbrigðisyfirvöld sinni sínu hlutverki í að upplýsa neytendur almennt um gæði vatnsins.

Ef gæðum er ekki fullnægt skal alltaf gera ráðstafanir til að endurheimta þau.

Verið er að vinna að heildstæðri löggjöf á verndun, stýringu og skipulagi vatnsauðlindarinnar og verður það væntanlega til að tryggja frekar heilnæmi vatnsins.

Skráðar eru fimm hópsýkingar af völdum sjúkdómsvaldandi örvera í neysluvatni á Íslandi fram til ársloka 2004. Þær eru fleiri en ekki staðfest að þær séu úr neysluvatni þó líkur séu á því. Lög um skráningaskyldu smitsjúkdóma voru sett árið 1998. En það sem vantar er betri eftirfylgni og skýrslugerð þar sem orsaka fyrir menguninni er leitað og lærdómur dreginn af þeirri reynslu.

Þegar fjallað er um svo víðfeðmt efni sem neysluvatn, gæði þessi og verndun eru augljóslega margir þræðir sem freistandi hefði verið að fylgja frekar og gera skil hér í þessari ritgerð. Sérstaklega hefði verið áhugavert að skoða betur hinar ýmsu hreinsunar- aðferðir og virkni þeirra til að tryggja gæði vatnsins. Það fellur þó utan við ramma þessarar ritgerðar en ljóst er að nauðsynlegt er fyrir vatnsveitur að láta gera slíka úttekt og það fyrr en seinna.

## Heimildir

Adriana Hulsmann (October 2003). *Implementation of the Drinking Water Directive 98/83/EC in Europe*. WEKNOW – Web-based European Knowledge Network on Water. 25 s.

Aðalheiður Jóhannsdóttir (Maí 2003). *Verndun á grunnvatni í íslenskum lögum*, erindi flutt á Fagfundi hitaveitna og vatnsveitna Samorku 23. - 24. maí 2003 á Selfossi.

Amtrádsforeningin (Marts 2002). *Grundvandet som drikkevandsressource*. Beskrivelse af grundvand, vandindvinding, vandforsyning og grundvandsforurening. Ritstj. Birgitte Hansen, Richard Thomsen, Lærke Thorling og Brian Sørensen. ISBN 87-7723-275. 40 s. [www.arf.dk](http://www.arf.dk).

Arbejdsgruppe under Danske Vandværkers Forenings Medlems- og PR-Udvalg (Januar 2001). *Forbrugerinformation om drikkevand DVF Vejledning nr. 21*. Dansk Vandværkers Forening ISSN: 0909-7759. ISBN 87-90455-22-3.

Århus Amt Natur og Miljø (December 2002). *Arsen i grundvandet – et fænomen i de tertiære begravede dale?* ISBN: 87-7906-247-4. 26 sider.

Árni Hjartarson (1992). *Grunnvatnsmengun á Miðnesheiði*. Dagfari Tímarit Samtaka herstöðvarandstæðinga; 2. tbl. 18. árgangur maí 1992: bls. 12-13.

Árni Hjartarson (1993). *Vatnsveitur og vatnsból – samantekt um vatnsveitumál*. Vatnsorkudeild Orkustofnunar. OS-93061/VOD-04. 50 bls.

Ásbjörn Einarsson og Páll Árnason (Maí 2001). *Efnisval - tæringavarnir*. Vatnsveitufagráð Samorku (Ritstj.), *Vatnsveituhandbók* (kafli 6). Samorka.

Ásmundur E. Þorkelsson (Júní 1997). *Sýkjandi Escherichia coli: E.coli 0157:H7*.

Ásmundur E. Þorkelsson (September 1997). *Staða vatnsverndarmála og innra eftirlit í minni vatnsveitum*, erindi flutt á Tæknifundi Samorku á Höfn í Hornafirðir 12. - 13. sept. 1997.

ATSDR – Agency for toxic substances and disease registry (2004). [www.atsdr.cdc.gov](http://www.atsdr.cdc.gov).

Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. BEK nr. 871 af 21/09/2001 (gældende). <http://www.retsinfo.dk/DELFIN/HTML/B2001/0087105.htm>.

Bjarni Gíslason (2004). *Innra eftirlit Vatnsveitu Austurbyggðar - Stöðvarfirði – fimm skref fyrir minni vatnsveitur*. Apríl 2004.

Council Directive [98/83/EC](#) of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption [Official Journal L 330 of 05.12.1998].

C.H.Walker, S.P.Hopkin, R.M.Sibly, D.B.Peakal (2001). *Principles of Ecotoxicology*, Second Edition, Taylor & Francis.

C. Leygraf o.fl. 2004 (2004). *Environmental interaction of metals induced by atmospheric corrosion*, Norræn tæringarráðstefna á Grand Hotel í Reykjavík 19. – 20. apríl 2004.

C.R.Janssen, D.G. Heijerick, K.A.C.De Schamphealaere, H.E. Allen, 2003, Environmental risk assessment of metals: tool for incorporating bioavailability, Environmental International 28 (2003) 793-800

Daniel C. Esty, Beth Andonov, Christine Kim, Jessica Townsend, Tanja Srebotnjak, Kathleen Campbell, Qing Li, Baohui Zhang, Melissa Goodall, Kaitlin Gregg, Molly Martinez, Marc Levy, Alex de Sherbinin, Bridget Anderson, Andrea Saltelli, Michaela Saisana, Michela Nardo, Arthur Dahl (2005). *2005 Environmental Sustainability Index, Benchmarking National Environmental Stewardship*. Yale Center for Environmental Law & Policy, CIESIN Columbia University, Joint Research Centre European Commission, World Economic Forum. Available online at [www.yale.edu/esj](http://www.yale.edu/esj).

Danmarks og Grönlands Geologiske Undersøgelse GEUS Miljöministeriet (2002). *Grundvandsovervågning 2002*. ISBN 87-7871-105-3. Desember 2002. 93 s. , [www.geus.dk](http://www.geus.dk).

- Donald C. Reid, Anthony C. Edwards, David Cooper, Elaine Wilson, Brian A. McGaw (May 2002). *The quality of drinking water from private water supplies in Aberdeenshire, UK*. Water Research 37 (2003) 245-254.
- EEA – European Environment Agency – Umhverfisstofnun Evrópu (2003). *Ástand vatn í Evrópu: Mat byggt á vísitölum. Yfirlit*. ISBN 92-9167-590-3. 25 bls.
- EPA – Environmental Protection Agency (2002). *THE QUALITY OF DRINKING WATER IN IRELAND, A REPORT FOR THE YEAR 2001*.
- Elle Laursen, Afdelingslæge, MPH, Sundhedsstyrelsen, Danmark (2000), *Mikrobiologisk forurening af drikkevand i Norden*, NVK-2000 2. Nordiske Vandforsyningskonference – Drikkevandets kvalite, LO-Skolen, Helsingør Danmörku 6.-8. juni 2000, DANVA
- Erik Wahl (2002). *Trykklöst vannledningsnett kan forårsake sykdom*. VA bulletin, NORVAR – Norsk VA-verkforening, Mai/juni 2002.
- Foreningen af vandværker i Danmark (September 2003). *Håndbog for bestyrelsesmedlemmer. FVD Vandanalyser*. Ritstj. Solveg Nilsson, Bent Soelberg, Jörgen K. Andersen, Dorthe Michelsen, Anita M. Klitgaard. Håndbog nr. 4. 64 s.
- Franklín Georgsson (1999). *Gæði neysluvatns..* Erindi flutt á námstefnu Heilbrigðiseftirlits Suðurlands í Porlákshöfn 29. janúar 1999.
- Franklín Georgsson (2002). *Örverufræðilegt ástand neysluvatns, Reglubundið eftirlit heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga og Hollustuverndar ríkisins með neysluvatni*. Erindi á ráðstefnu Félags heilbrigðis- og umhverfisfulltrúa – Dagur Vatnsins. Haldinn í Eldborg í Svartsengi þann 7. október 2002.
- Freysteinn Sigurðsson & Guttormur Sigbjarnarson (1985): *Groundwater in Iceland*. Paper presented at the Nordic Hydrological Conference, Nyborg 6. – 8. Aug. 1984. 13 pp Orkustofnun. OS-85038/VOD-02.
- Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson (1989). Freshwater and geothermal water in Iceland. Greinargerð FS-GS-89/02. Vatnsorkudeild Orkustofnunar. 6 bls.
- Freysteinn Sigurðsson. (1990). Grunnvatn. Sigurjón Rist (ritstj.), *Vatns er þörf*: (bls. 71-74). Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs 1990.
- Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur Hafstað (1990). *Öflun nytjavatns á Íslandi*. Sérprent úr Vatnið og Landið. 9 bls.
- Freystinn Sigurðsson (1991). *Groundwater from glacial areas in Iceland*. Jökull no. 40, 119-146.
- Freysteinn Sigurðsson (1993). *Groundwater chemistry and aquifer classification in Iceland*. Memoires of the XXIVth Congress International Association of Hydrogeologists 28th June – 2nd July 1993, Ås (Oslo), Norway. HYDROGEOLOGY OF HARD ROCKS. Edited by Sheila and David Banks, International Association of Hydrogeologists. 1993, pg.507-518.
- Freysteinn Sigurðsson (1994). *Nytjavatnsauðlindin – hvers virði er vatnið?* Tímaritið Arkitektúr og skipulag 1994.
- Freysteinn Sigurðsson; (1995). *Um nítrat í grunnvatni á Íslandi – stutt yfirlit um greiningar Orkustofnunar*. Greinargerð FS-95/08, Vatnsorkudeild Orkustofnunar.
- Freysteinn Sigurðsson, Árni Hjartarson, Þórólfur H. Hafstað (Mars 1998). Vatnsleit og virkjun vatnsbóla. Vatnsveitufagráð Samorku (Ritstjr.), *Vatnsveituhandbók* (kaflí 4). Samorka. 68 bls.
- Freysteinn Sigurðsson (2002). *Náttúruleg mengun og verndun vatnsbóla*. Erindi á ráðstefnu Félags heilbrigðis- og umhverfisfulltrúa – Dagur Vatnsins. Haldinn í Eldborg í Svartsengi þann 7. október 2002.
- Guðni Alfreðsson, Hrafn V. Friðriksson, Ólafur Steingrímsson (1982). *Campylobacter og Salmonella í vatnsbóli Akurnesinga*. Læknablaðið 1982;68:231-5.
- Gunnar Steinn Jónsson (2003). *Er íslenskt vatn í 19. sæti?*. Erindi flutt á Fagfundi hitaveitna og vatnsveitna Samorku 23.-24. maí 2003 á Selfossi.

- Haraldur Briem (1999). *Farsóttafréttir*. Læknablaðið 1999;85: 649.
- Héðinn Friðjónsson (2003). Rannsóknarstofa Umhverfisstofnunar. *Niðurstöður heildarefnagreininga hjá nokkrum vatnsveitum* – erindi flutt á Fagfundi hita-og vatnsveitna á Selfossi 23. – 24. maí 2003.
- Henning Karlby og Inga Sörensen (Redaktion) (2002). *Vandforsyning*. Köbenhavn: Ingeniören/bøger, ISBN 87-571-2430-2.
- Hollustuvernd ríkisins - Matvælasvið (september 2002). *Val og hönnun minni vatnsveitna*.
- Hollustuvernd ríkisins, Landlæknisembættið-sóttvarnarlæknir, yfirdýralæknisembættið, Sýklafræðideild Landspítalans, Tilraunastöð H.Í. í meinafræði að Keldum (1999). *Campylobacter sýkingar*. Skýrsla til umhverfissráðherra um könnun á útbreiðslu *Campylobacter* i umhverfi, húsdýrum og matvælum, orsökum sýkinga í mönnum, ásamt tillögum um aðgerðir. Nóvember 1999, 19 bls.
- IWA- International Water Association (September 2004). *The Bonn Charter for Safe Drinking Water*. 18 s. ([www.iwahq.org.uk/template.cfm?name=bonn\\_charter](http://www.iwahq.org.uk/template.cfm?name=bonn_charter)).
- Jamie Bartram (2003). *Water Quality – A Health Concern World-wide*, Erindi flutt á ráðstefnu í Berlín 28-30. Apríl 2003- Water Safety Risk Management Strategies for Drinking Water, skipulagður af Umwelt Bundes Amt and WHO.
- Janos Sandor, Istvan Kiss, Orsolya Farkas & Istvan Ember (September 2001). *Association between gastric cancer mortality and nitrate content of drinking water: Ecological study on small area inequalities*. European Journal of Epidemiology **17**: 443-447, 2001.
- Laurence G. Grimm. (1993). *Statistical Applications for the Behavioral Sciences*. John Wiley & Sons, Inc. Canada, 1993.
- Lýður Björnsson (1979). *Saga sveitarstjórna á Íslandi II*. Reykjavík: Almenna Bókafélagið. 451 bls.
- Kang S. Lu and Jeffery S. Allen (May 2002). *Animal Agriculture and Watershed impairment in South Carolina, A GIS Bases Spatial Assessment*. South Carolina Water Resources Center Strom Thurmond Instituet Glemson University SCWRC Report.
- Lög um vatnsveitur sveitarfélaga nr. 81/1991 með breytingum nr. 149/1995.
- Magnús H. Guðjónsson (1991). *Mengun í vatnsbólum Njarðvíkur og Keflavíkur*. Rit um Vatnsveitu Suðurnesja .
- Magnús Ólafsson (1997). *Íslenskt neysluvatn (nytjavatn)*. Fyrirlestur á námskeiði endurmenntunarstofnunar Háskóla Íslands: Hvernig má tryggja gæði vatns frá miðlun til neytenda? 13.-14. febrúar 1997.
- Margrét Geirsdóttir, Umhverfisstofnun (munnleg heimild, 29.9.2004)
- María J. Gunnarsdóttir (2002). *Sikkerhed i vandforsyning*. Erindi á 3. Nordisk vandforyningskonference. Gautaborg 2002.
- María J. Gunnarsdóttir (2004). *Fem stegs kvalitetsystem för små vattenverk*. Den 4:e Nordiska Dricksvattenkonferensen. Esbo, Finland. 18. – 20. oktober 2004. [www.vvy.fi/nvk](http://www.vvy.fi/nvk).
- Nicholas John Ashbolt, (2004). *Risk analysis of drinking water microbial contamination versus disinfection by-products (DBPs)*. Toxicology 198(2004)255-262.
- Peter M. Chapman, Eiyue Wang, Colin R. Janssen, Richard R. Goulet and Collins N. Kamunde (2003). *Conduction Ecological Risk Assessments of Inorganic Metals and Metalloids: Current Status, Human and Ecological Risk Assessment: Vol. 9, No.4 pp. 641-697 (2003)*.
- R..E. Wright Associates, Inc. (1989). *Accelerated phase II remedial investigation for Naval Air Station Keflavik, Iceland*, vol I and II. Preliminary draft. Atlantic Division Naval Facilities Engineering Command Norfolk Virginia. Mars 1989.
- Reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn.

- Sigurður B. Þorsteinsson, Björn Logi Björnsson, Sigurður Greipsson, Ólafur Steingrímsson (1985). *Campylobacter jejuni-faraldur á Stöðvarfirði vegna mengaðs vatnsbólís í júní 1984*. Læknablaðið 1985;71:182-6
- Sigurjón Þórðarson og Sigríður Hjaltadóttir (febrúar 2001). *Vatnssýni í Húnaþingi vestra*. Heilbrigðiseftirlit Norðurlands vestra.
- Sigurður Reynir Gíslason (1993). *Efnafræði úrkomu, jökla, árvatns, stöðuvatna og grunnvatns á Íslandi*. Náttúrufræðingurinn, Tímarit hins íslenska Náttúrufræðifélags. 63. ár 1.-2.hefti 1993.
- Skipulagsreglugerð nr. 400/1998 gr.1.3.
- Snorri P. Snorrason, (1991). *Mengun grunnvatns á Rosmhvalanesi*. Ráðstefna um jarðfræði og umhverfismál 12. apríl 1991, Jarðfræðafélag Íslands: bls. 32-35.
- Starfshópur um mengunarmælingar (1999). *Mælingar á mengandi efnum á og við Ísland – niðurstöður vöktunarmælinga*, Umhverfissráðuneytið mars 1999.
- Steve E. Hrudey and Elizabeth J. Hrudey (2004). *Safe Drinking Water Lessons from Recent Outbreaks in Affluent Nations*. UK: IWA Publishing. ISBN:1 84339 042 6.
- Tryggvi Þórðarson (2003). *Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Varmá*. Heilbrigðiseftirlit Kjósasvæðis og Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði. Mars 2003. 41 bls. Sjá vefsíðu Heilbrigðiseftirlits Kjósasvæðis [www.eftirlit.is](http://www.eftirlit.is).
- Tryggvi Þórðarson (2003). *Flokkun vatna á Kjósarsvæði, Botmsá*. Heilbrigðiseftirlit Kjósasvæðis og Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði. Maí 2003. 33 bls. Sjá vefsíðu Heilbrigðiseftirlits Kjósasvæðis [www.eftirlit.is](http://www.eftirlit.is).
- Trond Peter Flaten (2001). *Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water*. Brain Research bulletin. Vol 55, No.2, pp. 187-196, 2001.
- UN World Water Assessment Programme (2003). *Water for People Water for Life, The United Nations World Water Development Report*. Published by UNESCO and Berghahn Books. ISBN UNESCO: 92-3-103881-8 and ISBN Berghahn: 1-57181-627-5 8 (cloth), 1-57181-628-3 (paperback), UNESCO-WWAP2003, 576 s.
- Umhverfisstofnun (2004). *Report concerning Art.10 of EU's Nitrate Directive 2004 report*.
- U.S. Environmental Protection Agency, Vefsíða: <http://www.epa.gov/safewater/hfacts.html>.
- WHO Guidelines for Drinking- water Quality- 3rd edition (2004). World Health Organization. Geneva, 2004. 515 s. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/](http://www.who.int/water_sanitation_health/).
- Vegagerð ríkisins (1997). *Mengun meðfram þjóðvegum Rannsóknir við Rauðavatn*. Greinargerð: Unnin af Almennu verkfræðistofunni hf og Iðntæknistofnun, Febrúar 1997.
- Þráinn Friðriksson, Ragnar Jóhannsson, Karyn Lynne Rogers og Elsa Þórey Eysteinsdóttir (2000). *Kvikasilfur í uppistöðulónum á grónu landi*. Náttúrufræðingurinn 70 bls. 27-36, 2000.



**Viðauki A HANDBÓK VATNSVEITNA**  
**Umfjöllun um hvern eftirlitsþátt neysluvatnsreglugerðarinnar**

Tafla 13 Lýsing á örverulegum þáttum, uppruna og áhrifum

Skýringar: HMG=hámarksgildi, GM=greiningarmörk. (Heimildir: efekki getið sérstaklega eru WHO Guidelines for drinking water quality – 3rd edition 2004 og Foreningen af vandværker i Danmark, Håndbog for bestyrelsesmedlemmer 2003)

Kóligerlar	Total coliform bacteria
<p>Kóligerlar finnast náttúrulegir í jarðvegi, yfirborðsvatni og rotnandi jurtaleifum en sjaldan í grunnvatni. Tilvist þeirra í vatni bendir til lífrænna efna í vatninu. Þeir eru notaðir sem vísar á sjúkdómsvaldandi mengun en hún þarf þó ekki að vera til staðar. Ef þeir eru til staðar benda þeir til mengunar t.d. frá yfirborðsvatni. Getur einnig bent til mengunar frá óþéttum frárennslisrörum eða leka frá rotþróum. Ef kóligerlar mælast skal mæla <i>E.Coli</i>. Þeir eyðast auðveldlega við hreinsun og mikið betur en veirur og einfrumungar. Því geta síðastnefndu örverurnar verið til staðar þó kóligerlar mælist ekki.</p>	
Escherichia coli	<i>E.coli</i>
<p><i>E.coli</i> er baktería sem tilheyrir svokölluðum kóligerlum en er afbrigði sem lifir í þörmum lífvera með heitt blóð og kemur því með saur manna og dýra. Veldur venjulega ekki sjúkdómum en bendir til nýlegrar saurmengunar á drykkjarvatni. Er því talinn besti vísir á saurmengun. Fjögur afbrigði af <i>E. coli</i> valda niðurgangspesit þ.e. <i>Enterohaemorrhagic E.coli</i> (EHEC), <i>enterotoxigenic E. coli</i> (ETEC), <i>enteropathogenic E. coli</i> (EPEC) og <i>enteroaggregative E.coli</i> (EAEC). EHEC lifir fyrst og fremst í saur dýra s.s. nautgripa og sauða. Hægt að fjarlægja <i>E.coli</i> við suðu.</p>	
Saurkokkar	<i>Enterococcus faecalis</i>
<p>Saurkokkar eru bakteríur sem koma úr þörmum manna og dýra en öfugt við <i>E.coli</i> lifa þessar bakteríur utan við þarmana og fjölga sér þar. Gefa því vísbendingu um eldri mengun.</p>	
Clostridium perfringens	
<p>Finnst náttúrulegt í jarðvegi og þörmum manna og dýra. Gefur vísbendingu um saur-mengun. Þeir framleiða spora sem eru mjög þolnir gegn hreinsun vatns s.s. UV- hreinsun og klórur. <i>C.perfringens</i> aðeins mælt fyrir yfirborðsvatn og ef hætta er á mengun frá yfirborðsvatni. Ef gildi er yfir hámarksgildum skal mæla sjúkdómsvaldandi örverur s.s <i>Cryptosporidium</i>. Af þeim eru a.m.k. átta þekktar tegundir og <i>Cryptosporidium parvum</i> er sá sem veldur sjúkdómi í mönnum. Algengast er að hann smitist með drykkjarvatni eða 56% tilfella og á bað- og sundstöðum 44% (WHO).</p>	

Tafla 14 Eðlisfræðilegir þættir

Skýringar: HMG=hámarksgildi, GM=greiningarmörk. (Heimildir: ef ekki getið sérstaklega eru WHO Guidelines for drinking water quality – 3rd edition 2004 og Foreningen af vandværker i Danmark, Håndbog for bestyrelsesmedlemmer 2003)

<b>Bragð og lykt</b>			
Vatnið skal væri sem næst lyktar- og bragðlaust Bragðgæði og lykt metið með skynmati.			
<b>Leiðni</b>			
Leiðni er mælikvarði á heildarmagn jóna í vatninu. Leiðni gefur vísbendingu um styrk uppleystra salta (jóna) í vatninu. Ákveðið magn uppleystra jóna er nauðsynlegt til að vatnið bragðist vel. Ef leiðnin er há getur það bent til að saltvatn leki inn í grunnvatnsgeyminn eða að áhrifa leysinga gæti í vatni.			
<b>Litur</b>	<b>ME: mgPt/l</b>	<b>HMG: (5 mg Pt/l)</b>	<b>GM:</b>
<p>Há litartala orsakast venjulega af háu innihaldi af lífrænum efnum. Hafi vatnið gulleitan eða brúnleitan blæ bendir það til lífrænna efna í vatninu eða jarðvegsgerla. Rauðleitt eða svartleitt getur verið vegna járn og mangan. Ekki er gefin upp tala í neysluvatns-reglugerð. Þar segir aðeins að hún eigi að vera fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting.</p> <p>Í dönsku neysluvatnsreglugerðinni er hæsta leyfilega gildi frá vatnsveitu 5 mg Pt/l en ef liturinn kemur frá jarðvegsgerlum þá má það vera 10 mg Pt/l. Gert er ráð fyrir að litartala úr krana hjá notenda megi ekki vera hærri en 15 mg Pt/l.</p>			
<b>Sýrustig</b>	<b>pH</b>	<b>=6,5 - =9,5 pH</b>	
<p>Oftast er sýrustig á köldu vatni á bilinu 7-9. Sýrustig er vísir sem sýnir hversu súrt vatnið er. Við pH = 7 er vatnið neutralt. Ef pH er hærra en 7 er það baskiskt og ef minna en 7 er það súrt. Breyting á sýrustigi gefur til kynna að efnasamsetning vatnsins sé að breytast og það getur þá verið vísbending um t.d. áhrif leysinga.</p> <p>Ef pH-gildið fer niður fyrir 7 er auknar líkur á tæringu í rörum (<i>Ásbjörn Einarsson o.fl. 2001</i>). Þó pH hafi ekki bein áhrif á heilsufar þá er það einn af mikilvægari eftirlitsþáttum með gæðum vatnsins. Það liggur þó undir grun um að valda ertingu á húð og augum þegar pH er yfir 11.</p>			

Tafla 15 Efni sem eru óæskileg í neysluvatni í miklu magni

Skýringar: HMG=hámarksgildi, GM=greiningarmörk (Heimildir: ef ekki getið sérstaklega eru WHO Guidelines for drinking water quality – 3rd edition 2004 og Foreningen af vandværker i Danmark, Håndbog for bestyrelsesmedlemmer 2003)

Ammoníum(ammonia)	NH <sub>4</sub>	HMG: 0,50 mg/l	GM: e.g.
<p>Ammoníum finnst náttúrulegt í jörðu og kemur frá niðurbroti á lífrænum efnum. Ammoníum í umhverfi getur einnig komið frá landbúnaði, iðnaðarferlum og sóttþreinsun með klóramín. Hækkun á magni ammóníum bendir oftast til mengunar t.d. frá landbúnaði. Náttúrulegt gildi í grunnvatni og yfirborðsvatni er oftast minna en 0,2 mg/l (WHO) og hærra gildi er vísbending um mengun frá landbúnaði eða skolpi.</p> <p>Aukið magn getur aukið vöxt gerla og einnig tæringu. Það getur hamlað virkni sía til að fjarlægja mangan. Einnig valdið slæmri lykt og bragði af vatninu. Það getur valdið myndun nitríts í dreifikerfi vatnsveitna sem er hættulegt ungbörnum (sjá hér síðar). Hægt er að fjarlægja ammoníum með hefðbundinni meðhöndlun vatns. Með súrefnisblöndun hvarfast það fyrir tilstilli örvera í níturat og nítít. Þetta þarf að gerast undir stýrðum aðstæðum annars er hætta á of miklu magni af nítít hjá notendum.</p> <p>Ammóníum er ekki talið hafa mikil áhrif á heilsu manna og eitrunaráhrifa verður aðeins vart við 200 mg/kg af líkamspunga. WHO hefur ekki gefið út hámarksgildi vegna heilsufarshættu en í WHO Guidelines 1993 var sagt að ammóníum gæti gefið slæmt bragð við 35 mg/l og ólykt við 1,5 mg/l.</p>			
Níturat (nitrate)	NO <sub>3</sub> -N	HMG: 11,4 mg/l	GM: 0,0228 mg/l
<p>Níturat er plöntunæringarefni sem finnst helst í efstu moldarlögum. Náttúrulegt níturat í grunnvatni kemur úr rotandi lífmassa. Talið er að grunnildi þess hér á landi á grónu láglendi sé 0,06-0,1 mg/l- N og á hálendi yfirleitt lægra en 0,034 mg/l-N (<i>Freysteinn Sigurðsson, 1995</i>).</p> <p>Of mikið magn nitrats kemur frá of mikilli áburðargjöf, fráveituvatni, mykjuhaugum eða rotþróum. Til að auka vöxt plantna er borið á köfnunarefni (N). Það er plöntum nauðsynlegt til vaxtar. Því er dreift annað hvort í formi tilbúins áburðar eða sem lífrænn áburður s.s. mykja á tún. Þar breytist það í NO<sub>3</sub> sem plönturnar geta auðveldlega tekið upp. Það köfnunarefni sem er umfram sígur niður í grunnvatnið, sérstaklega á haustin. Það getur einnig farið í vötn og valdið þar næringaefnaofauðgun sem síðan skaðar lífríkið. Erfitt og kostnaðarsamt er að fjarlægja níturat úr vatni. Suða á vatninu eykur styrk nitrats.</p> <p>Of mikið níturat í drykkjarvatni er talið hættulegt heilsu manna, sérstaklega ungbörnum. Það breytist í nítít í meltingarveginum sem síðan hindrar upptöku súrefnis í blóðið og húðin verður blá, svonefnd blá börn. Því þarf sérstaklega að gæta þess að gefa ekki börnum undir 6 mánaða aldri vatn sem inniheldur meira en 10 mg/l af NO<sub>3</sub>.</p>			

Rannsóknir benda til að hátt nítratinnihald í drykkjarvatni geti valdið krabbameini í meltingarfærum og þvagblöðru ( <i>Janos Sandor o.fl. 2001</i> ).			
<b>Nítrít (nitrite)</b>	<b>NO<sub>2</sub>-N</b>	<b>HMG: 0,046 mg/l</b>	<b>GM: 0,0012 mg/l</b>
Nítrít hvarfast úr nítrat eða ammoníaki fyrir tilstilli örvera. Nítrít í vatni gefur til kynna mikla rotnun við súrefnislitlar aðstæður. Eins og segir hér á undan hindrar nítrít upptöku súrefnis í blóðið hjá ungabörnum og húðin verður blá, svonefnd blá börn.			
<b>Ál (aluminium)</b>	<b>Al</b>	<b>HMG: 0,2 mg/l</b>	<b>GM: e.g.</b>
<p>Ál er þriðji algengasta frumefni jarðar og er um 8% af jarðskorpunni. Það er mest í vatni þar sem vatn er súrt og leysir upp ál í jarðvegi. Ál fellur út við pH 5,8-6,2 og sést sem óhreinindi í vatni. Það er aðeins hættu á áli ef pH gildi er lágt.</p> <p>Álsúlfat er víða notað við vatnshreinsun til að fella út óhreinindi í vatni. Ef hreinsunin virkar ekki sem skyldi þá getur styrkur áls aukist í vatninu. Ál getur einnig komið frá iðnaði.</p> <p>Ál í miklu magni hefur áhrif á miðtaugakerfið. Kenningar eru uppi um að ál í miklu magni auki líkur á sjúkdómnum alzheimer í fólki og hafa verið gerðar á því faraldfræðilegar rannsóknir víða m.a. í Noregi (<i>Trond Peder Flaten, 2001</i>).</p>			
<b>Bór (Boron)</b>	<b>B</b>	<b>HMG: 1 mg/l</b>	<b>GM: 0,2 µg/l</b>
<p>Efni sem finnst náttúrulegt í jarðskorpunni og í grunnvatni en í yfirborðsvatni er það oft af völdum óhreinsað frárennslis þar sem það kemur úr þvottaefnum. Náttúrulegt bór í grunnvatni fer eftir jarðfræðilegum aðstæðum á hverjum stað en er oft á bilinu 0,1 til 0,3 mg/l.</p> <p>Bór er notað sem efni í framleiðslu á gleri, sápu og þvottaefni. Einnig notað sem eldvarnarefni. Bór í drykkjarvatni getur verið vísbending um mengun frá frárennslis. Erfitt og kostnaðarsamt er að fjarlægja það úr vatni og etv. hagkvæmast að þynna það með öðru vatni.</p> <p>Hefur áhrif á æxlunarfæri og sýnt hefur verið fram á að það veldur skemmdum á eistum í rottum, músum og hundum að gefa þeim bórsýru í mat og drykkjarvatni.</p>			
<b>Flúoríð (Fluoride)</b>	<b>F</b>	<b>HMG: 1,5 mg/l</b>	<b>GM: 0,01 mg/l</b>
<p>Flúoríð er náttúrulegt í jarðskorpunni sem hluti af bergtegundum. Kemur úr jarðlögum t.d. á eldvirkum svæðum. Það berst í vatnsból strax eftir eldgos og skolast fljótt í burt. Þetta hefur gerst t.d. við Heklugos.</p> <p>Flúoríð getur einnig bent til mengunar frá iðnaði t.d. áliðnaði. Tiltölulega auðvelt er að hreinsa flúoríð úr drykkjarvatni með síun.</p>			

Áhrif flúoríð eru aðallega á bein og tennur. Ef magn þess er u.þ.b. 1 mg/l í drykkjarvatni þá kemur það í veg fyrir tannskemmdir en magn yfir 3-4 mg/l getur skaðað tannglerjunginn og bein í of miklu magni. Flúor í vatni er hættulegt jörturdýrum s.s kindum á eldfjallasvæðum og fá þær sjúkdóm í tannhold sem nefnist gaddur og veslast upp. Þekktar eru afleiðingar þess t.d. í móðuharðindunum eftir Skaftárelda og Heklugos.

**Járn (iron)**

**Fe**

**HMG: 0,2 mg/l**

**GM: e.g.**

Járn er einn algengasti málmur í jarðskorpunni. Finnst í jarðlögum og oft í töluverðu magni og er því náttúrulega í vatni. Er sjaldan til skaða. Getur einnig komið frá leiðslukerfum aðallega úr stálrörum og seigjárnsteypurörum (ductile iron pipes).

Járn gefur málmbragð af vatni og gruggugt vatn. Einnig útfellingar í leiðslur, vatnsmæla og blöndunartæki. Það getur einnig gefið þvotti gulleitan blæ og sest í vaska og klósett. Hægt er að fjarlægja járn með loftun eða síun.

**Klóríð (Chloride)**

**Cl**

**HMG: 250 mg/l**

**GM: 0,01 µg/l**

Kemur úr saltlögum í jörðu eða blöndun við sjó og er vísbending um að sjór sé að renna í grunnvatnsgeymi eða blöndun við jarðhitavatn. Það gefur saltbragð. Mörk fyrir saltbragð er 200 mg/l. Það getur einnig komið úr frárennsli, iðnaðarskolpi, yfirborðsafrennsli í þéttbýli sem getur innihaldið afísingarefni. En mesta uppspretta klóríðs er úr salti í mat og það er margfalt meira magn en kemur úr drykkjarvatni.

Hátt innihald klóríðs eykur hættu á tæringu í lagnakerfum, sérstaklega á svört, galvanhúðuðu og ryðfríu stáli (*Ásbjörn Einarsson ofl. 2000*). Það getur síðan aukið magn málna í vatninu. Því herra sem klóríð er, þeim mun meiri hætta er á ryðburði úr galvanhúðuðum lögnum og stíflum í þeim af ryðhraukum.

Ekki hafa verið sett nein heilsufarsleg mörk fyrir klóríð en mörk sett við 250 mg/l vegna bragðgæða.

**Kopar (copper)**

**Cu**

**HMG: 2 mg/l**

**GM: 0,02-0,1 µg/l**

Kopar er frumefni sem finnst náttúrulega í jarðskorpunni. Hann er bæði nauðsynlegur sem næringarefni en er einnig mengun í drykkjarvatni yfir æskulegu magni.

Kopar er mikið notaður í lagnir og tengistykki aðallega í innanhússlagnir. Hann er notaður í málmlöndur og í varnarhúð. Koparsúlfat pentahýdrat er stundum notað í vatn til að eyða þörungagróðri. Finnst það í vatni bendir það oftast til tæringar í innanhús dreifikerfi. Mest er hættan í lögnum sem eru sjaldan notaðar eða dauðum endum. Getur mengað drykkjavatn frá pípum og tengistykkjum í dreifikerfi (*WHO*).

<b>Mangan (Manganese)</b>	<b>Mg</b>	<b>HMG: 50 µg/l</b>	<b>GM: 0,05 µg/l</b>
<p>Mangan er einn algengasti málmur í jarðskorpunni og er þar oftast með járni. Það er nauðsynlegt til vaxtar og viðhalds manna og dýra. Það hefur sömu ókosti og járn í drykkjarvatni.</p> <p>Mangan er notað í framleiðslu á járn- og stálblöndum. Einnig sem oxari í hreinsun og bleikingu. Auk þess sem efni í ýmsa framleiðslu. Ef mangan er í vatni þá sést það á svartri olíukenndri fitu. Vatnið verður gruggugt og útfellingar verða í rörum, tengistykkum og klósettskálum og þvottur upplitast.</p> <p>Sumar faraldsfræðilegar rannsóknir hafa bent til aukningar á sjúkdómum tengdum taugakerfi ef drykkjarvatn er manganríkt en sannanir eru misvísandi.</p>			
<b>Natríum (Sodium)</b>	<b>Na</b>	<b>HMG: 200 mg/l</b>	<b>GM: n.a.</b>
<p>Natríum er oftast sem natríumklóríð (borðsalt). Saltbragð finnst af vatni við natríuminnihald 175 mg/l. Börn þola minna salt en fullorðnir. Talið valda hækkuðum blóðþrýstingi. Þeir sem eru nýrnaveikir eiga ekki að borða mikið natríum. Salt sem framleitt var á Suðurnesjum hafði lítið natríum og því talið sérstaklega gott fyrir sjúklinga með háan blóðþrýsting.</p> <p>Hækkað magn getur bent til sjávarmengunar eða mengunar frá vegsalti, frárennsli, húsdýraáburði eða leka frá sorpurðunarstöðum.</p>			
<b>Súlfat (Sulfate)</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>HMG: 250 mg/l</b>	<b>GM: n.a.</b>
<p>Súlfat er náttúrulegt efni í mörgum steintegundum og er notað í ýmsa framleiðslu, aðallega í efnaiðnaði.</p> <p>Gefur til kynna salt grunnvatn og getur það stafað af jarðfræðilegum aðstæðum þar sem sjór lekur inn í grunnvatnsgeyminn. Það getur einnig bent til leka frá sorphaugum eða frárennsli frá iðnaði eða að það hafi borist með loftmengun. Það getur valdið tæringu í lagnakerfum.</p> <p>Súlfat getur gefið biturt bragð eins og klóríð og getur með magnesíum valdið niðurgangi. Þess vegna er 250 mg/l sett sem hámarksgildi.</p>			

Tafla 16 Eitruð efni - þungmálmur, PAH efni og varnarefni

Skýringar: HMG=hámarksgildi, GM=greiningarmörk. (Heimildir: ef ekki getið sérstaklega eru WHO Guidelines for drinking water quality – 3rd edition 2004 og Foreningen af vandværker i Danmark, Håndbog for bestyrelsesmedlemmer 2003)

<b>Antimon (antimony eða stibium)</b>	<b>Sb</b>	<b>HMG: 5 µg/l</b>	<b>GM: 0,01 µg/l</b>
<p>Silfurhvítur harður málmur. Frumefni sem finnst náttúrulegur í jörðu. Notaður til að herða málmblöndur. Antimon trioxíð er notað sem brunavarnarefni. Notað í lækningaskyni og talið geta leyst blý af hólmi sem lóðmálmur.</p> <p>Getur mengað drykkjarvatn frá pípum og tengistykkjum í dreifikerfi (WHO) Talinn krabbameinsvaldandi.</p>			
<b>Arsen (Arsenic)</b>	<b>As</b>	<b>HMG: 10 µg/l</b>	<b>GM: 0,1 µg/l</b>
<p>Arsen er náttúrulegt frumefni í jarðskorpunni og er víða í bergi oftast sem arsensúlfíð eða málmarsenöt og málmarsenið. Hátt arseninnihald er aðallega í setbergsleirlögum, kalklögum og bergi á eldvirkum svæðum.</p> <p>Arsen í grunnvatni kemur úr efnahvörfum í bergi eða við að járnnoxíð sem innihalda arsen leysast upp. Einnig getur jarðhitavökvi innihaldið mikið arsen. (<i>Århus Amt, 2002</i>). Arsen finnst helst í vatni úr dýpri lögum þar sem ekkert súrefni og nítrat er til staðar. Náttúrulegt magn í vatni er oft á bilinu 1 til 2 µg/l.</p> <p>Arsen í grunnvatni er vandamál víða um heim. Arsen í grunnvatni kemur oftast úr bergi en getur einnig komið af mannavöldum s.s.við fúavörn, við framleiðslu á brennisteinssýru, skordýraeitri í landbúnaði, bætiefni í fóður, fosfóraburði og kolanámum. (<i>Århus Amt, 2002</i>) Getur einnig komið frá fokösku. Hægt er að fjarlægja arsen með járn og mangan í filter (<i>Arbejdsgruppe under DVF, 2001 bls. 37</i>).</p> <p>Arsen er ekki nauðsynlegt til næringar fyrir fólk. Það er bráðeitrað í stórum skömmtum. Sýnt hefur verið fram á með faraldsfræðilegum rannsóknum að yfirgnæfandi líkur séu á að arsen valdi krabbameini í fólki, aðallega á húð, þvagblöðru og lungum.</p>			
<b>Blý (lead)</b>	<b>Pb</b>	<b>HMG: 10 µg/l</b>	<b>GM: 0,1 µg/l</b>
<p>Málmur sem finnst náttúrulega í bergi en í miklu magni á sama stað er hann af mannavöldum. Ekki algengur í grunnvatni því hann binst jarðvegi við hefðbundnar aðstæður. Blý í neysluvatni bendir oftast til mengunar frá pípukerfi.</p>			



Mikið notað í lagnaefni blandað öðrum málum, rör, tengistykki og lóðmálma. Tærist úr lögnum og berst þannig í drykkjarvatn. Blý er notað í rafgeyma. Blýsambönd hafa einnig verið notuð í íblöndunarefni í bensín en er nú að mestu hætt. Mengun frá blýi er frá skotsvæðum og frá sorphaugum. Mengun frá blýi hefur fundist í jarðvegi frá skotsvæðum á Íslandi (*Munnleg heimild: Gunnar Steinn Jónsson, 9.11.2004*). Blý frá pípukerfum er háð sýrustigi, hitastigi, hörku vatnsins og tíma í lögnum. Mjúkt og súrt vatn leysir frekar upp blý. Vatn getur mengast frá blýi í tengistykkjum (WHO).

Safnast upp í lífverum. Eituráhrif á taugakerfi og talið krabbameinsvaldandi. Minnkar vöxt og hefur áhrif á æxlun. Í fullorðnum einstaklingum getur það valdið nýrnasjúkdómum og háum blóðþrýstingi. Dregur úr líkamlegum og andlegum þroska barna. Börn eru viðkvæmari fyrir blýeitrun því þau taka upp 4 til 5 sinnum meira blý en fullorðnir og helmingunartími blýs í þeim er umtalsvert lengri. Smábörn, börn upp að 6 ára aldri og ófrískar konur eru í mestri hættu. Blý safnast fyrir í beinum. Eituráhrif á taugar og taugavef jafnvel við lítið blýmagn.

<b>Kadmíum (Cadmium)</b>	<b>Cd</b>	<b>HMG: 5 µg/l</b>	<b>GM: 0,01 µg/l</b>
--------------------------	-----------	--------------------	----------------------

Kadmíum er málmur sem finnst náttúrulega í jörðu en sjaldan í hreinu formi og oft með sínki. Hann er mönnum ekki nauðsynlegur til vaxtar og þroska og veldur eitrunum. Aðeins kvikasilfur er talið eittraðra en kadmíum.

Kadmíum er mikið notaður í stáliðnaði, í plastiðnaði og í rafhlöður. Hann fer út í umhverfið með frárennsli og út í andrúmsloftið. Mengun í vatni getur einnig komið frá óhreinindum í sínki í galvaniseruðum rörum og tengistykkjum. Reykingar valda einnig kadmíummengun.

Eituráhrif frá kadmíum uppgötvuðust fyrst árið 1961 þegar viðurkennt var að stöðug áhrif valda afmyndun á beinum. Kadmíum er þrávirkt og safnast upp í lífverum. Safnast einkum í lifur og nýrum og veldur þar skemmdum. Krabbameinsvaldandi. Hefur áhrif á vöxt, tímgun og ljóstillíf. Aðallega langtímaáhrif af ólífrænu Cd.

<b>Króm (Chromium)</b>	<b>Cr</b>	<b>HMG: 50 µg/l</b>	<b>GM: 0,05-0,2µg/l</b>
------------------------	-----------	---------------------	-------------------------

Algengur málmur í jarðskorpunni. Oftast í minna magni en 2 µg/l í vatni. Aðaluppspretta fyrir fólk er í gegnum fæðu. Grunnmálmur sem litar vatnið. Töluvert notaður í iðnaði. Mest notað í málmlöndur s.s. í ryðfrítt stál og málmhúðun þ.e. galvaniseringu. Einnig sem litarefni í málningu, steypu, pappír og gúmmí. Hægt er að hreinsa króm að mestu úr vatni með því að fella það út með efnahleypingu.

Safnast upp í náttúrunni og líklegt til að lenda í grunnvatni. Nauðsynlegt til vaxtar og viðhalds í réttu magni en talið geta valdið lungnakrabbu í of miklu magni.

<b>Kvikasilfur (Mercury)</b>	<b>Hg</b>	<b>HMG: 1 µg/l</b>	<b>GM: 0,001 µg/l</b>
<p>Kvikasilfur er frumefni sem finnst náttúrulegt í jarðskorpunni. Þungmálmur sem er ekki nauðsynlegur mannverum til vaxtar. Málmur sem er í fljótandi formi við stofuhita. Um 50% af kvikasilfursnotkun er í rafmagnstækjum s.s. rafhlöður, flúorperur, rofa og önnur stýritæki. Áður notað í tannfyllingar.</p> <p>Safnast upp í náttúrunni. Verður mjög eittraður þegar hann gengur í samband við lífrænt efni. Hefur áhrif á taugakerfið og skemmir nýrun við tiltölulega lágan styrk. Veldur fósturskemmdum og hefur áhrif á hreyfiþroska barna.</p>			
<b>Nikkel (Nickel)</b>	<b>Ni</b>	<b>HMG: 20 µg/l</b>	<b>GM: 0,1 µg/l</b>
<p>Nikkel er frumefni sem finnst náttúrulegt í jarðskorpunni. Hann er þungmálmur sem er mannum nauðsynlegur til viðhalds og þroska. Það leysist auðveldlega upp og berst fljótt í grunnvatnið. Breyting á innihaldi bendir til mengunar úr lagnakerfum. Nikkel er aðallega notað í framleiðslu á ryðfríu stáli og nikkelblöndum í t.d. blöndunartækjum. Getur mengað drykkjarvatn frá pípum og tengistykkjum í dreifikerfi (<i>WHO</i>). Getur valdið ofnæmi og exemi. Þekkt er nikkelofnæmi af skartgripum.</p>			
<b>Selen (Selenium)</b>	<b>Se</b>	<b>HMG: 10 µg/l</b>	<b>GM: 0,5 µg/l</b>
<p>Selen er náttúrulegt í jarðskorpunni oft með brennisteinssamböndum. Það er mikilvægt í fæðu manna en í of miklu magni er það talið valda eitrunaráhrifum. Magn þess í drykkjarvatni er mjög mismunandi eftir jarðfræðilegum aðstæðum en er oftast mikið minna en 0,01 mg/l. Mest notað í rafmagnstækjum og ljósrítunavörum og einnig í gler, gúmmí, málmblöndur o.fl.</p> <p>Safnast upp í lifur og nýrum. Hefur áhrif á vöxt og æxlun. Það er talið valda eitrunaráhrifum við langvarandi inntöku sem sést helst á nöglum, hári og lifur.</p>			
<b>Sýaníð (Cyanide)</b>	<b>CN</b>	<b>HMG: 50 µg/l</b>	<b>GM: 2 µg/l</b>
<p>Er kolefnis-nitur efni. Er oftast notað í nylónvörum og líkum vörum og einnig í illgresis eyði. Verður einnig til sem aukaefni við klórur. Bendir til mengunar frá iðnaði, sorphaugum eða galvaniseringu. Sýaníð finnst í sumum matvælum sérstaklega í þróunarlöndunum. Finnst stundum í drykkjarvatni og bendir þá til mengunar frá iðnaði. Bendir til mengunar frá urðunarstöðum eða galvaniseringu. Það er ekki hægt að fjarlægja það úr vatni.</p> <p>Bráðeitrunaráhrif sýaníðs eru mikil. Bráðeittrað og hefur áhrif á skjaldkirtil og taugakerfi.</p>			
<b>1,2-diklóretan</b>		<b>HMG: 3,0 µg/l</b>	<b>GM: 0,03-0,2 µg/l</b>
<p>Lífrænt klórefnasamband. Það er m.a. notað sem lífrænt leysiefni, einnig við framleiðslu á plasti, gúmmí og gerviefnum. Notað við ljósmyndagerð, ljósrítun, snyrtivörur, við lyfjagerð og til sóttþreinsunar við ræktun.</p>			

<p>Það hefur eitúrahrif m.a. skemmir augu, húð og sljógvar. Talið krabbameinsvaldandi. Hefur áhrif á ónæmiskerfið, miðtaugakerfið, lifur og nýru</p>			
<b>Akrýlamíð (acrylamide)</b>		<b>HMG: 0,1 µg/l</b>	<b>GM: 0,032 µg/l</b>
<p>Polyakrýlamíð er notað við meðhöndlun á drykkjarvatni til efnahleypingar og niðurbrotsefni frá því er akrýlamíð. Getur einnig komið úr fæðu þar sem polyakrýlamíð er notað við meðhöndlun á mat og akrýllamíð verður til við háan eldunarhitna.</p> <p>Akrýlamíð er tekið upp í þörmunum og kemst auðveldlega inn í blóðrásina. Mjög krabbameinsvaldandi efni.</p>			
<b>Arómatísk fjölhringa kolvatnsefni</b>	<b>PAH</b>	<b>HMG: 0,1 µg/l</b>	<b>GM: 0,01 µg/l</b>
<p>Stór efnaflokkur sem kemur úr olíuefnum annað hvort beint úr hráolíu, bensíni eða tjöru eða verða til við ófullkominn bruna. Hámarksildið 0,1 µg/l í neysluvatnsreglugerðinni á við summu eftirfarandi efnasambanda: benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyren.</p> <p>PAH efnin eru lífræn efnasambönd sem bæði finnast í náttúrunni í olíum og sum verða til sem hliðarefni við ófullkominn bruna og dreifast langa leiðir með lofti. Styrkur þeirra í hráolíu er frá 0,2-7%. Þau eru rokgjörn og gufa því fljótt upp í náttúrunni. Leysast illa upp í vatni. Koma úr olíu, við ófullkominn bruna og úr sígarettureyk. Einnig við grillun á mat. Getur komið frá rörum sem er tjöruborin, sem eru fyrst og fremst járnsteypurör (cast iron pipes) og seigjárnsteypurör (ductile iron pipes). Flúoranten er ein helsta vísbending um slíka mengun. PAH efnin geta einnig borist inn í leiðslukerfið úr olíumenguðum jarðvegi t.d. í gegnum plastör.</p> <p>Þau eru eitruð og sum eru krabbameinsvaldandi.</p>			
<b>Bensen</b>		<b>HMG: 1,0 µg/l</b>	<b>GM: 0,2 µg/l</b>
<p><b>Bensen</b> er eldfimt efni. Það verður einnig til við sígarettureyk. Bensen er notað í framleiðslu á öðrum lífrænum efnunum. Notað í efnaiðnaði, í gúmmí, smurolíu, litun, leysiefni og skordýraeitur. Það er í bensíni og kemur með útblæstri frá brennslu þess. Tilheyrir hópnun arómatísk einhringa kolvatnsefni, einnig nefnt BTXN. Er í olíuvörum og hreinsiefnum.. Mengun kemur frá og finnst með mengun frá bensíntönkum og ýmsum iðnaði.</p> <p>Það safnast ekki upp í lífverum Eitrað efni og langtímaáhrif eru að minnka rauðu blóðkornin og skemma beinmerg. Langvarandi áhrif eru hvítblæði. (<i>Heimild: vefsíða ATSDR -Agency for toxic substances and disease registry</i> <a href="http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html">http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html</a>).</p>			

<b>Benzo(a)pyren</b>	<b>B<sub>(a)</sub>P 3,4 Benzopyren</b>	<b>HMG: 0,01 µg/l</b>	<b>GM:</b>
<p>Er hluti af PAH hópnum og talið þeirra varhugaverðast. Það hefur sjö benzen hringi. Leysist illa upp í vatni og binst fast í jarðvegi. Kemur úr olíuvörum s.s. bensíni og díselolíu. Aðaluppsprettan er við ófullkominn bruna og þá berast þau langar leiðir. Það myndast t.d. við sigarettureyk. Getur mengað drykkjarvatn frá pípum og tengistykkjum í dreifikerfi sem er með tjöru (WHO). Benzopyren er það af PAH efnunum sem er talið vera mest krabbameinsvaldandi.</p>			
<b>Brómat (bromate)</b>	<b>BrO<sub>3</sub></b>	<b>HMG: 10 µg/l</b>	<b>GM: 0,2 µg/l</b>
<p>Brómat er eitt af þeim aukaefnum sem verður til við ósoneringu og talið þeirra varasamast. Ósonering er mjög áhrifamikil til að eyða einfrumungum s.s. <i>Cryptosporidium</i> meðan klórun eyðir þeim illa. Sýnt hefur verið fram á að brómat geti valdið myndun æxlis í nýrum og skjaldkirtli í rottum og einnig að það valdi nýrnakrabbameini í músunum (<i>Nicholas John Ashbolt, 2004</i>).</p>			
<b>Epiklórhýdrin (epichlorohydrin)</b>		<b>HMG: 0,1 µg/l</b>	<b>GM: 0,01 µg/l</b>
<p>Epiklórhýdrin er efni sem notað er við framleiðslu á glýseról, epoxyetani (kvoðu) og efni til vatnshreinsunar. Mælt ef vatnið er klórað.</p> <p>Upptaka gerist hratt við inntöku, þef eða snertingu við skinn. Eitrað, ertir húð og getur valdið skemmdum á miðtaugakerfi. Talið krabbameinsvaldandi.</p>			
<b>Tetraklóreten og tríklóreten</b>		<b>HMG: 10 µg/l</b>	<b>GM: 0,2 µg/l</b>
<p>Summa styrks efnanna er leyfilegt hámarksgildi. Efnin eru tilbúin efni notuð m.a. sem leysiefni til hreinsunar. Mest notað í þurrhreinsun og við að hreinsa fitu af málmhlutum. Við loftfirrtar aðstæður geta þessi efni hvarfast í vínklóríð sem er eitradra efni.</p> <p><b>Tetraklóreten</b> PCE er óeldfimur vökvi með sterka lykt. Hann er aðallega notaður í þurrhreinsun og til að hreinsa málma. Talinn krabbameinsvaldandi og skemmir lifur og nýru. <b>Tríklóreten</b> TCE er lyktarlaus óeldfimur vökvi sem er notaður til að hreinsa málma og einnig í lím, málningarleysi og blettahreinsi. Hann leysist lítillega upp í vatni en getur þó verið lengi í grunnvatni en safnast ekki upp í lífverum. Að innbyrða hann með vökva getur valdið flökurleika, skemmd á lifur, meðvitundarleysi og að lokum dauða. En að drekka í litlum mæli í langan tíma getur skemmt lifur og nýru og er sérstaklega hættulegt ófrískum konum. Það er einnig talinn geta aukið hættu á krabbameini. . (<i>Heimild: vefsíða ATSDR - Agency for toxic substances and disease registry <a href="http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html">http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html</a></i>).</p>			

<b>Trihalómetans</b>	<b>THM</b>	<b>HMG: 100 µg/l</b>	<b>GM: 0,1 µg/l</b>
<p>Trihalómetan efni, THM, eru aukaefni sem verða til við klórun. Þau eru summa efna-sambandanna klóróform, brómóform, díbrómóklórmetan og brómodíklórmetan. Magn þeirra er háð hitastigi, sýrustigi og magni klór- og bróm jóna. Einungis mælt þegar neysluvatn er klórað.</p> <p>Eituráhrif þessara efna eru aðeins mismunandi en valda aðallega skemmdum á lifur og auka líkur á krabbameini í lifur.</p>			
<b>Einstök varnarefni</b>		<b>HMG: 0,1 µg/l og 0,03 µg/l</b>	<b>GM:</b>
<p>Varnarefnin eru lífrænt skordýraeitur, illgresiseyðir, sveppaeyðir, þráðormaeyðir, mauraeyðir, þörungaeýðir, nagdýraeyðir, slímeyðir og skyldar vörur. Aðeins þarf að mæla þau varnarefni sem líkur eru á að séu til staðar í vatninu.</p> <p>Hámarksgildi fyrir hvert er 0,1 µg/l en hámarksgildi fyrir varnarefnin aldrín, dieldrín, heptaklór og heptaklórepoxíð er 0,030 µg/l.</p> <p>Aldrín og dieldrín eru klórblönduð varnarefni sem eru notuð gegn óværu í jarðvegi og í trjávið. Aldrín breytist hratt í dieldrín og dieldrín er mjög þrávirkt. Þau hafa líka eiturvirkni og aðallega á taugakerfi og lifur. Bannað er að nota þau á Íslandi.</p> <p>Heptaklór og heptaklórepoxíð eru skordýraeitur. Þau eru víða bönnuð eða notkun takmörkuð. Langvarandi áhrif eru talin valda skemmdum á lifur og taugakerfi. Einnig hefur verið sýnt fram á að heptaklór er krabbameinsvaldandi í dýrum en ekki hefur verið sýnt fram á sömu áhrif í mönnum.</p>			
<b>Varnarefni-heildarmagn</b>		<b>HMG: 0,5 µg/l</b>	<b>GM:</b>
<p>Merkir samtölu allra varnarefna sem finnast og eru magngreind við eftirlit.</p>			
<b>Víníklóríð</b>		<b>HMG: 0,5 µg/l</b>	<b>GM: 0,01 µg/l</b>
<p>Víníklóríð er tilbúið mjög rokgjarnt efni sem er m.a. notað sem hráefni í plast. Vegna þess hvað það er rokgjarnt finnst það sjaldan í yfirborðsvatni. Getur mengað drykkjarvatn þegar pípur og tengistykki í dreifikerfi eru úr PVC plasti (<i>WHO</i>) en aðaluppsprettan er við innöndun í menguðu lofti. Víníklóríð hefur fundist í grunnvatni sem niðurbrotsefni af tetraklóreten og tríklóreten. Aðeins mælt ef þau efni finnast í vatninu.</p> <p>Það eru nægar sannanir fyrir því að víníklóríð sé krabbameinsvaldandi í iðnaði þar sem fólk andaði að sér slíkum gufum til lengri tíma. Starfsmenn í slíkum iðnaði hafa umtalsvert hærri tíðni á öllum tegundum lifrakrabba miðað við aðra. Talið valda erfðaskemmdum.</p>			

## Viðauki B Kröfur um eftirlit í Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001

Tafla 17 Reglubundið eftirlit skv. neysluvatnsreglugerð

Rannsóknarþáttur	Mæli-eining	Hámarksgildi	Athugasemdir
<b>Örverufræðilegir þættir</b>			
Heildargerlafjöldi við 22°C		Engin óeðlileg breyting	
Kólígerlar	pr.100 ml	0	
Escherichia coli (E.Coli)	pr. 100 ml	0	
Clostridium perfringens (þ.m.t.gró)	pr. 100 ml	0	Aðeins fyrir yfirborðsvatn eða ef hætta er á mengun vatnsból frá yfirborðsvatni. Ef gildi mælast yfir hámarksgildi skal mæla sjúkdómsvaldandi örverur s.s. <i>Cryptosporidium</i>
<b>Efna- og eðlisfræðilegir þættir</b>			
Litur		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Leiðni	µS/cm	2500 við 20°C	Vatnið má ekki vera tærandi
Lykt		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Bragð		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Grugg		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Sýrustig	pH	=6,5 og =9,5	Vatnið má ekki vera tærandi
Ál (Al)	µg/l	200	Á aðeins við þegar ál er notað við að mynda kekki
Ammoníum (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0,5	
Járn (Fe)	µg/l	200	Á einungis við þegar járn er notað við meðhöndlun á vatni
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	0,5	Á einungis við ef klóramín er notað til sóttreinsunar

Tafla 18 Heildarúttekt skv. neysluvatnsreglugerð

Rannsóknarpáttur	Mæli-eining	Hámarksgildi	Athugasemdir
<b>Örverufræðilegir þættir</b>			
Heildargerlafjöldi við 22°C		100/ml	
Kólígerlar	pr.100 ml	0	
Escherichia coli (E.Coli)	pr. 100 ml	0	
Saurkokkar	pr. 100 ml	0	
<i>Clostridium perfringens</i> (þ.m.t.gró)	pr. 100 ml	0	Aðeins mælt fyrir yfirborðsvatn eða ef hætta er á mengun vatnsbólís frá yfirborðsvatni. Ef gildi mælast skal mæla sjúkdómsvaldandi örverur s.s. Cryptosporidium
<b>Eðlis- og efnafræðilegir þættir</b>			
Bragð		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Grugg		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Leiðni	µS/cm	2500 við 20°C	Vatnið má ekki vera tærandi.
Litur		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Lykt		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Oxunarhæfni (O <sub>2</sub> )	mg/l	5	Þarf ekki að mæla ef TOC er mælt
Sýrustig	pH	=6,5 - =9,5	Vatnið má ekki vera tærandi
Heildarmagn lífræns kolefnis TOC			Engin óeðlileg breyting
<b>Efni óæskileg í miklu magni</b>			
Ammoníum (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0,5	
Nítrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	50	Uppfylla þarf skilyrði um að NO <sub>3</sub> /50+NO <sub>2</sub> /4=1
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	0,5	Uppfylla þarf skilyrði um að NO <sub>3</sub> /50+NO <sub>2</sub> /4=1 og að NO <sub>2</sub> fari ekki yfir 0,1 mg/l í vatni frá vatnsveitu
Ál (Al)	µg/l	200	
Bór (B)	mg/l	1,0	
Flúoríð (F)	mg/l	1,5	
Járn (Fe)	µg/l	200	Einungis mælt þegar járn er notað við meðhöndlun á vatni.
Klóríð (Cl)	mg/l	250	Vatnið má ekki vera tærandi
Kopar (Cu)	mg/l	2,0	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn
Mangan (Mn)	µg/l	50	
Natríum (Na)	mg/l	200	
Súlfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	250	
<b>Eitruð efni – þungmálmar, PAH efni og varnarefni</b>			
Antímon	µg/l	5	
Arsen (As)	µg/l	10	
Blý (Pb)	µg/l	10	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn
Kadmíum (Cd)	µg/l	5	
Krómi (Cr)	µg/l	50	
Kvikasilfur (Hg)	µg/l	1	
Nikkel (Ni)	µg/l	20	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn

Rannsóknarþáttur	Mæli-eining	Hámarksgildi	Athugasemdir
Selen (Se)	µg/l	10	
Sýaníð (CN)	µg/l	50	
1,2-díklóretan	µg/l	3	Lífrænt klórefnasamband
Akrýlamíð	µg/l	0,1	
Aromatísk fjölhringa kolvatns efni PAH	µg/l	0,1	Hámarksgildið á við summu af styrk eftirfarandi efnasambanda: benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3cd)pyren
Bensen	µg/l	1	
Bens(a)pyren	µg/l	0,01	
Brómat (BrO <sub>3</sub> )	µg/l	10	
Epíklórhydín	µg/l	0,1	
Tetraklóreten og tríklóreten	µg/l	10	Summa styrks efnasambandanna
Tríhalómetan	µg/l	100	Summa styrks efnasambandanna: klóróform, brómóform, díbrómóklórmetan, brómódíklórmetan
Varnarefni	µg/l	0,1	Hámarksgildi á við hvert einstakt varnarefni. En hámarksgildi fyrir aldrín, díeldrín, heptaklór og heptaklórepoxíð er 0,030 µg/l fyrir hvert efni
Heildarmagn varnarefna	µg/l	0,5	Merkir samtölu allra einstakra varnarefna sem finnast og eru magngrein við eftirlit. Þarf aðeins að mæla þau varnarefni sem líkur eru á að séu til staðar í vatninu á hverjum stað
Víníklóríð	µg/l	0,5	



## **Viðauki C Lög og reglugerðir um neysluvatngæði og vatnsvernd**

### **Helstu lög sem gilda um neysluvatn og vatnsvernd:**

Vatnalögin nr. 15/1923

Lög nr. 93/1995 um matvæli

Skipulags – og byggingarlög nr. 73/1997

Lög nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu

Lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir

Lög nr. 106/2001 um mat á umhverfisáhrifum

Lög nr. 55/2003 um meðhöndlun úrgangs

Lög nr. 32/2004 um vatnsveitur sveitarfélaga

### **Helstu reglugerðir sem gilda um neysluvatn og vatnsvernd**

Reglugerð nr. 522/1994 um matvælaeftirlit og hollustuhætti við framleiðslu og dreifingu matvæla

Skipulagsreglugerð nr. 400/1998

Reglugerð nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun

Reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns með breytingum nr. 533/2001 og nr. 913/2003

Reglugerð nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns

Reglugerð nr. 798/1999 um fráveitur og skólp

Reglugerð nr. 799/1999 um meðhöndlun seyru

Reglugerð nr. 804/1999 um varnir gegn mengun vatns af völdum köfnunarefnissambanda frá landbúnaði og öðrum atvinnurekstri

Reglugerð nr. 809/1999 um olíuúrgang

Reglugerð nr. 536/ 2001 um neysluvatn

Reglugerð nr. 438/2003 um aðbúnað nautgripa og eftirlit með framleiðslu mjólkur og annarra afurða þeirra.

Reglugerð nr. 738/2003 um urðun úrgangs