

Áhrif gæðakerfa vatnsveitna á lýðheilsu

María J. Gunnarsdóttir^a, Sigurður M. Garðarsson^a, Guðrún Sigmundsdóttir^b

^aUmhverfis- og byggingarverkfræðideild, Vatnaverkefni, Háskóla Íslands, Hjarðarhagi 6, 107 Reykjavík.

^bEmbætti landlæknis, Barónsstíg 47, 101 Reykjavík.

Fyrirspurnir:

María J. Gunnarsdóttir
mariag@hi.is

Greinin barst 31. janúar 2014.

Samþykkt til birtingar 16. apríl 2014.

ÁGRIP

Aðgangur að nægu og hreinu drykkjarvatni er ein af undirstöðum lýðheilsu og velferðar í hverju samfélagi. Mikilvægt er að tryggja að vatn njóti verndar bæði lagalega og í allri umgengni um vatnsauðlindina. Á Íslandi var neysluvatn flokkað sem matvæli í matvælalöggjöf árið 1995. Með þeirri löggjöf voru lagðar skyldur á vatnsveitur að beita kerfisbundnu fyrirbyggjandi innra eftirliti til að tryggja gæði neysluvatns samhliða lögbundnu ytra eftirliti heilbrigðiseftirlits og var Ísland þar meðal fyrstu þjóða til að lögleiða innra eftirlit vatnsveitum, svonefnt gæðakerfi. Markmið þessarar rannsóknar var að meta áhrif þessarar lagasetningar á heilsufar íbúa. Það var gert með því að skoða skráningu á niðurgangi hjá heilsugæslustöðvum og bera saman tíðni hans við vatnsveitur sem voru með og án innra eftirlits og þjónuðu svæði heilsugæslustöðvanna. Niðurstöðurnar sýndu marktækt lægri tíðni niðurgangs á svæðum þar sem vatnsveitur höfðu sett upp innra eftirlit.

Lykilorð: Innra eftirlit vatnsveitna, neysluvatn, lýðheilsa

ABSTRACT

Access to adequate and clean drinking water is one of the fundamentals of public health and a good and prosperous society. A comprehensive regulatory framework as well as institutional guidelines and procedures are necessary to secure this at any time. Iceland was one of the first countries to categorize drinking water as food in legislation passed in 1995. According to the legislation water utilities are obligated to implement systematic preventive management, Water Safety Plan, to ensure good quality water in conjunction with the regular external control by the regulator. The aim of the research was to evaluate the effect of the legislation on public health. This was done by evaluating change in incidence of clinical cases of diarrhea using comprehensive surveillance data from Primary Health Care Centers and compare with water utilities serving the area with and without water safety plan. The results of the research show significant reduction in diarrhea risk.

Keywords: Water safety plan, drinking water, public health

Inngangur

Gnæð af heilnæmu neysluvatni er einn af mikilvægustu þáttum lýðheilsu. Heilnæmt vatn er vatn sem ekki inniheldur sjúkdómsvaldandi örverur, þungmálma eða önnur efni sem eru skaðleg heilsu manna. Til að afhenda íbúum gnæð af heilnæmu vatni þarf að vera aðgengi að nægum vatnslindum, sem eru vel verndaðar fyrir allri mengun. Kerfið sem flytur vatnið til notenda þarf að vera þannig hannað og viðhaldið að vatnið mengist ekki á leiðinni, og innanhússkerfið hjá notendum þarf að vera öruggt.

Aðgangur að vatni er sjaldan vandamál hér á landi, því Ísland er eitt af vatnsríkustu löndum í heimi miðað við íbúafjölda. Neysluvatnsforðinn hefur verið áætlaður um 600 þúsund tonn á mann á ári (UNESCO-WWAP, 2006). Vatnsauðlindin er að stórum hluta grunnvatn sem talið er ómengað og öruggara til neyslu en yfirborðsvatn og þarf sjaldan að meðhöndla á nokkurn hátt. Um 95% af neysluvatni landsmanna er ómeðhöndlað grunnvatn sem tekið er úr borholum, brunnum eða uppsprettum. Einungis um 5% af neysluvatni hér á landi er yfirborðsvatn og er það þá oft hreinsað með síun og síðan geislað (Umhverfisstofnun, 2010).

Heilnæmi vatns er skilgreint í reglugerðinni um neysluvatn (Umhverfisstofnun, 2001), sem er sett í samræmi við tilskipun Evrópusambandsins um neysluvatnsgæði (European Council, 1998). Markmið reglugerðarinnar er að vernda heilsu manna með því að tryggja að neysluvatn sé heilnæmt og hreint og það eru vatnsveitur og aðrir sem dreifa neysluvatni sem bera þar ábyrgð. Báðar þessar reglugerðir byggja á leiðbeiningum Alþjóða heilbrigðismálastofnunarinnar um leyfð hámarksgildi (WHO, 2011). Í íslensku neysluvatnsreglugerðinni kemur fram að það eigi að mæla vatnsgæði reglulega og umsjón með því hefur viðkomandi heilbrigðiseftirlit. Alls eru kröfur um 46 rannsóknarþætti sem mæla á. Mest er áhersla á að finna lífræna mengun og þá sérstaklega vísbendingu um saurmengun frá mönnum eða dýrum þar sem slík mengun veldur flestum vatnsbornum faröldrum.

Algengustu vatnsbornu faraldrar sem hafa verið skráðir hér á landi undanfarna áratugi eru af völdum nóróveiru og kampýlóbakter. Á tímabilinu frá 1997 til ársloka 2010 voru tólf vatnsbornir faraldrar skráðir hér á land, sá síðasti árið 2007 (Geirsdóttir, 2011). Þeir hafa allir orðið hjá litlum vatnsveitum og engin þeirra var með innra eftirlit. Að minnsta kosti tvö óhöpp hjá vatnsveitu hafa verið skráð hjá heilbrigðiseftirlitum á þessu tímabili en væntanlega eru þau fleiri. Hjá annarri mengaðist neysluvatn íbúanna á Eskifirði árið 2010 í fiskimjölverksmiðju við krosstengingu inn á kerfið þegar verið var að hreinsa lestar skips en aðeins eitt tilfelli af niðurgangi var skráð hjá heilsugæslunni sem talið var að mætti rekja til mengunarinnar (HAUST, 2010). Hitt atvikið var olía sem lak niður á fjarsvæði vatnsverndar höfuðborgarsvæðisins í Bláfjöllum árið 2013 og er ítarleg skýrsla um það tilvik á vef Heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar og Kópavogssvæðis (HHK, 2013) en báðar þessar vatnsveitur hafa skráð innra eftirlit. Það kemur því ekki í veg fyrir óhöpp og mengun að hafa innra eftirlit en mikilvægt er að læra af reynslunni og bæta verkferla og innra eftirlit í kjölfarið. Kerfisbundinni skráningu og skoðun á vatnsbornum faröldrum er ábótavant hér á landi þannig að erfitt er að nálgast lærdóm af þeim. Auk þess er það ekki trygging fyrir því að undirliggjandi eða tímabundin mengun neysluvatns eigi sér ekki stað að enginn faraldur sé skráður. Almennt er álitid að skráning niðurgangstílfella sé mjög vanskráð (Craun o.fl., 2006; Roy o.fl., 2006).

Mengun getur átt sér margvíslegar orsakir. Vatnið getur mengast vegna mengandi starfsemi á vatnsverndarsvæðum eða lélegs frágangs á vatnstökumannvirkjum. Sýnt hefur verið fram á tengsl mikillar úrkomu og bæði mengunar og vatnsborinna faraldrar (Curriero o.fl., 2001; Beaudou o.fl., 2010). Almennt er álitid að mengun berist ekki inn í dreifikerfi ef nægur þrýstingur er á kerfinu en þrýstifall getur orðið í leiðslum við bilanir, dælustopp eða skyndilega aukningu í notkun. Þessi tilfelli geta staðið stutt yfir en samt valdið mörgum veikindatilfellum (LeChevallier o.fl., 2003; Teunis o.fl., 2010; Besner o.fl., 2011) og

hættan er meiri þar sem engin sóttþreinsun á sér stað í dreifikerfi. Áhættuþáttur hér á landi er einnig að skolplagnir eru oftast í sama skurði og neysluvatnslagnir í dreifikerfi vatnsveitna.

Í flestum þéttbýggðari löndum er skylda að sóttþreinsa vatn, oftast með klórur, þar sem hún sóttþreinsar vatnið alla leið til notenda. Slík meðhöndlun hefur áhrif á vatnsgæði og jafnframt er hætta á að ýmis aukaefni sem eru hættuleg heilsu manna verði til ef íblöndun klórs er ekki vandlega stýrt (Richardson, 2003). Hér á landi hefur verið meiri áhersla á vatnsvernd og fyrirbyggjandi aðgerðir. Árið 1995 var sett ný matvælaöggjöf á Íslandi. Þar var neysluvatn skilgreint sem matvæli og þeim sem dreifa matvælum gert skylt að hafa fyrirbyggjandi innra eftirlit, svonefnt gæðakerfi, þar með talið vatnsveitum (Lög nr. 93/1995 um matvæli). Á árabílinu 1997 til 2009 innleiddu þrjátíu og ein vatnsveita, sem þjóna u.þ.b. 80% landsmanna, innra eftirlit (Gunnarsdóttir og Gissurarson, 2008; Gunnarsdóttir o.fl., 2012a). Fyrst í stað voru það aðallega stærri vatnsveiturnar sem þetta gerðu og flestar notuðu leiðbeiningar sem voru þróaðar innan vébanda Samorku – samtökum veitna (Pálmadóttir o.fl., 1996). Seinna var þróað einfaldara eftirlit fyrir minni vatnsveitur (Samorka, 2009) og hefur það verið notað af mörgum minni vatnsveitum síðan 2004. Ellefu vatnsveitur sem þjóna færri en eitt þúsund íbúum eru með innra eftirlit. Lauslega áætlað eru tuttugu og átta vatnsveitur sem þjóna fleiri en 500 íbúum sem ekki eru með innra eftirlit. Alþjóða heilbrigðismálastofnunin hefur mælt með að nota kerfisbundið fyrirbyggjandi innra eftirlit í vatnsveitum síðan 2004 og gefið út leiðbeiningar fyrir slík kerfi bæði stór og lítil (WHO, 2004 & 2011; Bartram et al., 2009; WHO, 2012).

Markmiðið með þessarar rannsóknar var að skoða hvort virkt innra eftirlit á Íslandi hafi áhrif á heilsu fólks og tryggi heilnæmi neysluvatns eins og til stóð með lagasetningunni.

Aðferðarfræði

Í þessari rannsókn voru fjöldatölur um niðurgang í gagnagrunnum sóttvarnalækni greind með tilliti til innleiðingu innra eftirlits hjá vatnsveitum. Sóttvarnalög voru sett árið 1997 (nr. 19) og þar er sóttvarnalækni gert skylt að safna upplýsingum um tilfelli smitsjúkdóma. Skráningaskylda er skipt niður í ópersónugreinanlega skráningarskylda sjúkdóma og tilkynningaskylda sjúkdóma þar sem senda skal sóttvarnalækni persónugreinanlegar upplýsingar um sjúkdómstilvik. Skráning á skráningarskyldum sjúkdómum er byggð á alþjóðlegu skráningarakerfi ICD-10 fyrir sjúkdóma (WHO, 2007). Sjúkdómstilfellin eru skráð hjá viðkomandi heilsugæslulækni og síðan send til sóttvarnalækni. Fengnar voru mánaðarlegar skráningar á tveimur skráningarskyldum sjúkdómum sem voru niðurgangur og maga og þarmabólga með ICD-10 kóða A09 og aðrar matareitranir af völdum baktería sem ekki flokkaðar annars staðar með ICD-10 kóða A05. Safnað var saman öllum skráningum frá janúar 1997 til ársloka 2009, alls þrettán ár (156 mánuðir). Jafnframt var upplýsingum um íbúafjölda viðkomandi svæðis aflaðs fyrir hvert ár af vef Hagstofunnar og tíðni reiknuð út frá því.

Skráning sóttvarnalækni á smitsjúkdómum byrjaði um svipað leyti og innleiðing innra eftirlits hjá vatnsveitum. Heilsugæslustöðvar voru valdar með tilliti til samræmis milli þjónustusvæða vatnsveitna og heilsugæslustöðva og þess gætt að samræmið næði til alls tímabilsins

Tafla 1 Yfirlit heilsufarsgagna

Staða innra eftirlits í vatnsveitu á svæðinu		Fjöldi heilsugæslustöðva	Íbúafjöldi 2009 Samtals (dreifisvið)	Fjöldi mánaða tiltæk 1997-2009
Samanburður I	Fyrir innleiðingu innra eftirlits	7	59.957 (1.573-19.942)	358
	Eftir innleiðingu innra eftirlits			638
Samanburður II	Án innra eftirlits allan tímann	7	23,727 (625-17.554)	895*
	Með innra eftirlit allan tímann	4	36.581 (4.086-12.240)	517*
Samtals		18	120.265	2408

*Fjöldi mánaða frá 1998 til 2009

sem greint var. Skil á gögnum frá heilsugæslustöðvum voru nokkuð mismunandi. Af 60 heilsugæslustöðvum í landinu voru 18 heilsugæslustöðvar, sem voru með um 90% skil á gögnum, teknar með í rannsóknina. Samanburðurinn var tvíþættur. Tíðni niðurgangs var skoðaður hjá sjö heilsugæslustöðvum fyrir og eftir innleiðingu. Að auki var tíðni niðurgangs á fjórum stöðvum, sem voru á vatnsveitusvæðum með innra eftirlit frá 1998, borin saman við tíðni niðurgangs á sjö stöðvum á vatnsveitusvæðum án innra eftirlits á sama tímabili. Heildarfjöldi mánaða sem hægt var að skoða var 2408. Íbúafjöldi sem þessar átján heilsugæslustöðvar þjóna var um 38% af íbúafjölda landsins árið 2009. Tafla 1 sýnir yfirlit yfir heilsufarsgögnin.

Til að kanna hvort aðrir þættir, t.d. breyttar starfsaðferðir við skráningu sjúkdóma á heilsugæslustöð breyttu tíðni sjúkdóma á tímabilinu frekar en aðgerðir í vatnsveitu, var gerður samanburður við annan sjúkdóm sem ekki er talinn vatnsborinn. Lungnabólga, með ICD10 kóða J12-J18 er skráningaskyldur sjúkdómur sem er með svipaða tíðni og niðurgangur varð fyrir valinu. Mögulegt var að fá samhliða gögn um niðurgang og lungnabólgu hjá þremur af þeim sjö heilsugæslustöðvum þar sem hægt var að skoða fyrir og eftir innleiðingu innra eftirlits hjá vatnsveitu.

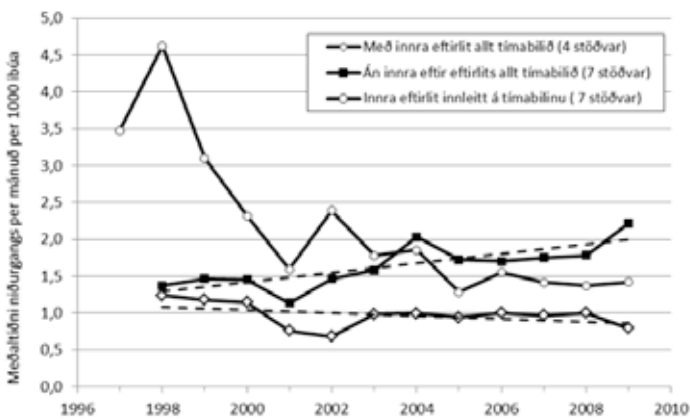
Tölfræðileg úrvinnsla ganga var með SPSS 19. Meðaltal, miðgildi, 5% og 95% mark (percentile) og dreifisvið (range) var reiknað fyrir öll gögnin. Fyrir tölfræðilega marktækan mun var gerð krafa um tveggja þátta greiningu og 5% (p=0,05). F-próf byggt á einvíðri tveggja þátta fervikagreiningu var notað til að bera saman tilfelli niðurgangs fyrir og eftir innleiðingu innra eftirlits. Munurinn í meðaltali fyrir og eftir innleiðingu var greindur með t-prófi leiðréttu með tilliti til fjölda samanburða. Til að leiðrétta fyrir fjölda samanburði var Bonferroni leiðréttingin notuð og marktækni var deild með fjölda prófa (n=7) p=0,007 (0,05/7). Fylgnin milli niðurgangs og lungnabólgu var fundin með stikalaus Kendall's tau prófi.

Niðurstöður og umræður

Tafla 2 sýnir tíðni niðurgangs með gögnum frá 18 heilsugæslustöðvum, samkvæmt stöðu innra eftirlits. Tíðni niðurgangs fyrir allt tímabilið er 1,71 á mánuði á 1000 íbúa. Í samanburði I voru sömu sjö heilsugæslustöðvar bornar saman fyrir og eftir innleiðingu innra eftirlits með litlum eða engum breytingum á ytri aðstæðum, en í samanburði II voru borin saman mismunandi svæði og þar sem ytri aðstæður geta verið mjög mismunandi. Meðaltal og miðgildi tíðni niðurgangs lækkar marktækt í báðum tilfellum (p<0,001) eftir innleiðingu innra eftirlits. Jafnframt lækkar 95% markið um helming í báðum tilfellum.

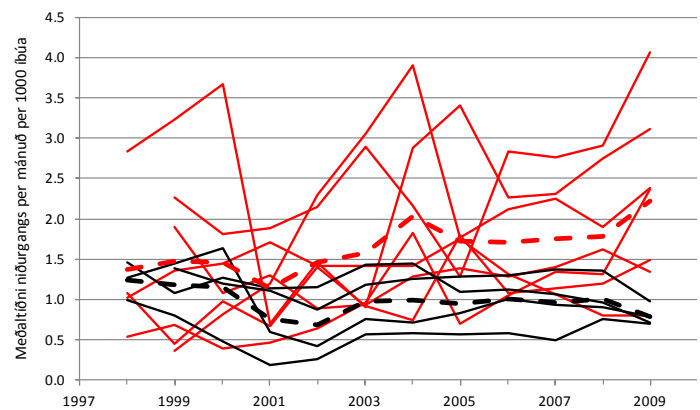
Tafla 2 Tölfræðileg samantekt á niðurstöðum samanburðar I og II (tíðni niðurgangs á mánuði á hverja 1000 íbúa)

Heilsugæslustöðvar		Fjöldi mán.	Meðaltal	Miðgildi	Hundraðsmark 5 th and 95 th	Bil	Mark-tækni p_{param} 2tail	Mark-tækni $p_{non-param}$ 2tail
Samanburður I	7 fyrir innra eftirlit	358	2,74	1,60	0,30 – 9,37	20,37	<0,001	<0,001
	7 eftir innra eftirlit	638	1,88	1,37	0 - 4,90	28,52		
Samanburður II	7 án innra eftirlits	895	1,63	1,23	0 – 5,16	16,78	<0,001	<0,001
	4 með innra eftirlit	517	0,94	0,80	0,11 – 2,25	4,29		
Alls 18 heilsugæslustöðvar		2408	1,71	1,16	0 – 5,35	28,52		



Mynd 1 Meðaltíðni niðurgangs frá heilsugæslustöðvum með vatnsveitum með og án innra eftirlits. Brotnu línurnar sýna leitnilínur fyrir tvö af gagnasöfnunum.

Mynd 1 sýnir þróun á tíðni niðurgangs yfir tímabilið sem rannsóknin nær til í bæði samanburði I og II. Hjá þeim sjö heilsugæslustöðvum, á vatnsveituvæðum sem innleiddu innra eftirlit á tímabilinu, varð töluverð lækkun, sem virtist vera orðin stöðug árið 2005, en þá höfðu stærri veitur sett upp innra eftirlit. Á þeim fjórum heilsugæslustöðvum, sem voru á vatnsveituvæðum með innra eftirlit frá 1998 til loka árs 2009 virtist tíðni niðurgangs lækka en munurinn var ekki marktækur ($p=0,159$). Tíðni niðurgangs hjá þessum heilsugæslustöðvum var að meðaltali 0,94 á mánuði á 1000 íbúa, sbr. töflu 2. Veitur sem þjónuðu þessum fjórum heilsugæsluvæðum voru allar stórar. Marktæk hækkun ($p>0,001$) var á tíðni niðurgangs á sjö heilsugæslustöðvum fyrir íbúa á vatnsveituvæðum stöðva án innra eftirlits, með yfir 70% hækkun á tíðni niðurgangs. Rétt er að taka þessa hækkun með fyrirvara því svæðin eru mismunandi og flestar veiturnar litlar með miklum mun á hæsta og lægsta gildi eins og mynd 2 sýnir. Hins vegar gæti þetta verið vísbending um versnandi ástand, sem gæti til dæmis skýrst af versnandi ástandi veitukerfis.



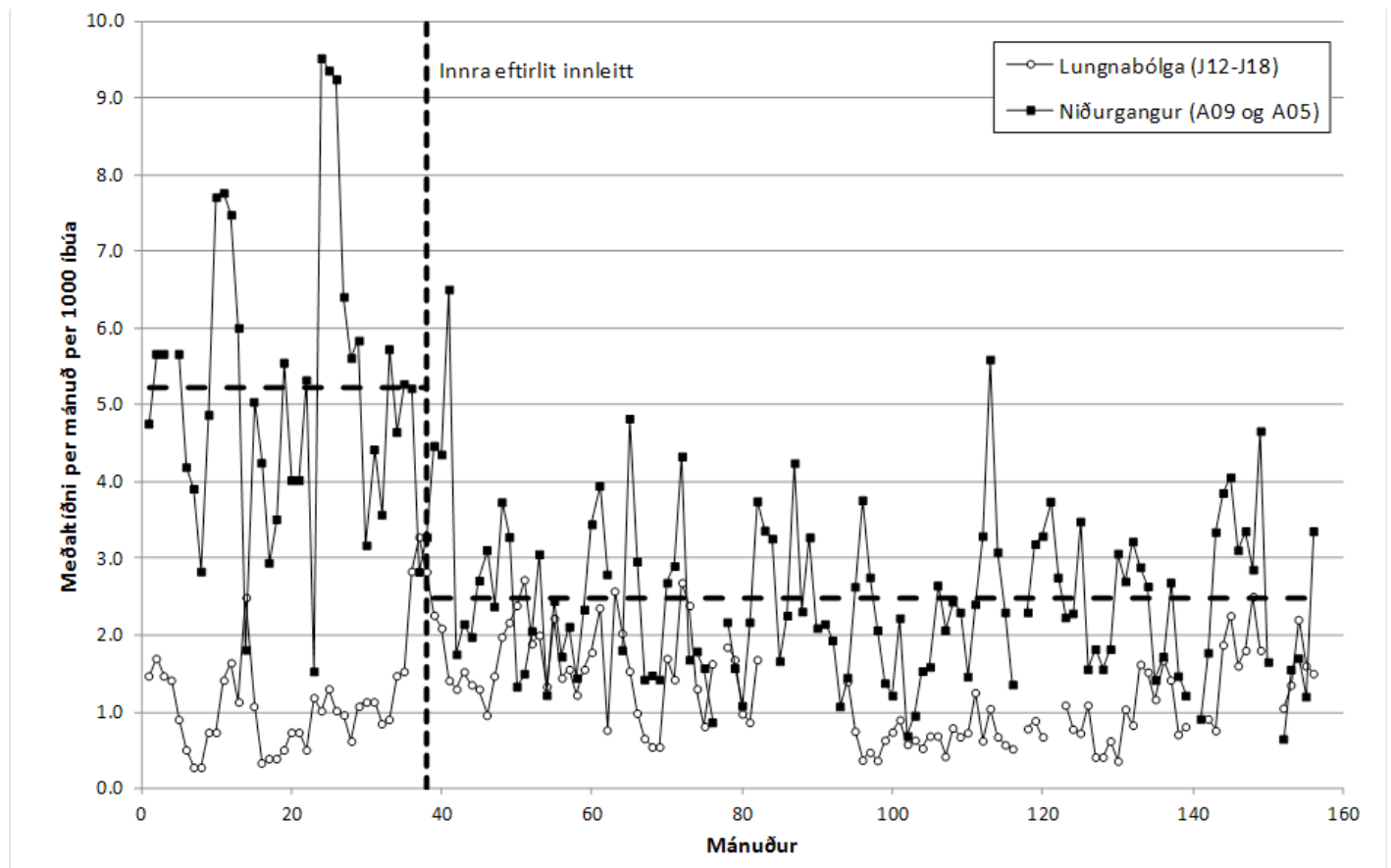
Mynd 2 Samanburður á tíðni niðurgangs hjá heilsugæslustöðvum þar sem vatnsveitur hafa innra eftirlit (svartar línur) og án innra eftirlits (raudar línur). Brotnu línurnar sýna meðaltal hvors hóps um sig.

Tafla 3 sýnir tíðni niðurgangs fyrir og eftir innleiðingu gæðakerfis á vatnsveituvæðum fyrir þær sjö heilsugæslustöðvar sem skoðaðar eru í samanburði I. Tíðni niðurgangs lækkaði hjá sex af sjö heilsugæslustöðvum, munurinn var marktækur hjá fimm þeirra með $p < 0,007$. Bæði meðaltal og miðgildi eru umtalsvert lægri eftir innleiðingu innra eftirlits. Hjá þessum fimm heilsugæslustöðvum lækkaði 95% markið einnig umtalsvert.

Fækkun á niðurgangstilfellum getur líka verið vegna breyttrar aðstæðna í heilbrigðiskerfinu á tímabilinu eða annarra ytri þátta í þjóðfélaginu. Til að styðja við tilgátuna um að umbætur í vatnsveitu fækki niðurgangstilfellum var athugað hvort lungnabólga breyttist á samsvarendi hátt á tímabilinu hjá þremur heilsugæslustöðvum sem voru hluti af rannsókninni. Svo reyndist ekki vera og er engin fylgni milli tíðni þessara sjúkdóma (V1: $r=0,094$, $p=0,119$, $n=129$; V16: $r=0,053$, $p=0,363$, $n=135$; V17: $r=-0,053$, $p=0,377$, $n=144$). Mynd 3 sýnir tímaröðina fyrir V16 þar sem glöggst má sjá að niðurgangstilfellum fækkar eftir innleiðingu en lungnabólga er óbreytt. Það styður tilgátuna um jákvæð áhrif innra eftirlits vatnsveitna á tíðni niðurgangs en ekki einhverri óskilgreindri breytingu í rekstri heilsugæslustöðvarinnar á tímabilinu.

Tafla 3 Tölfræðilegar niðurstöður á tíðni niðurgangs í hverjum mánuði á hverja 1000 íbúa á sjö heilsugæslustöðvum fyrir og eftir innleiðingu innra eftirlits í vatnsveitu.

Heilsugæslustöð	Staða í vatnsveitu	Fjöldi mánaða	Meðaltal	Miðgildi	Hundraðsmark 5 th , 95 th	Bil	Marktækni $p_{post-hoc}$
V0	Fyrir IE	68	1,12	1,04	0,30 – 2,13	2,56	<0,001
	Eftir IE	87	0,84	0,73	0,25 – 1,66	2,17	
V1	Fyrir IE	48	2,16	1,88	0,50 – 4,76	8,04	0,005
	Eftir IE	93	1,59	1,45	0,49 – 2,78	5,06	
V3	Fyrir IE	17	6,01	5,91	2,30 – 10,99	10,11	<0,001
	Eftir IE	103	2,15	1,09	0 – 7,27	12,67	
V9	Fyrir IE	117	2,07	1,58	0,29 – 5,95	10,26	0,362
	Eftir IE	32	1,76	1,50	0,46 – 4,55	4,29	
V15	Fyrir IE	53	0,84	0,80	0,10 – 2,12	2,34	0,056
	Eftir IE	80	1,02	1,00	0,27 – 2,05	2,37	
V16	Fyrir IE	34	5,22	5,16	1,74 – 9,40	7,99	<0,001
	Eftir IE	116	2,48	2,30	1,06 – 4,50	5,86	
V17	Fyrir IE	21	11,19	12,22	4,57 – 20,00	16,21	<0,001
	Eftir IE	127	2,59	1,54	0 – 7,61	28,52	



Mynd 3 Samanburður á tilfellum niðurgangs og lungnabólgu fyrir 13 ár fyrir heilsugæslustöð V16. Lárétta brotalínurnar sýna meðaltal niðurgangs fyrir og eftir innleiðingu innra eftirlits.

Það eru takmarkaðar upplýsingar til um tíðni vatnsborinna veikinda á heimsvísu og erfitt er að áætla hana þar sem orsök er flókið samspil mengunar og smitleiða. Samkvæmt nýlegu mati virðist vera hægt að koma í veg fyrir 6,6% sjúkdómstilfella á heimsvísu með einföldum fyrirbyggjandi aðgerðum í vatnsveitu, fráveitu og í hreinlæti (Bartram og Cairncross, 2010; Pruess-Ustun o.fl., 2008). Ýmsar rannsóknir hafa verið gerðar í tengslum við einstakar aðgerðir í vatnsveitum og benda þær til að frá um 8,5% og upp í 15% af iðrakveisu sé hægt að skrifa á mengun í vatnsveitu. Nánar er fjallað um þessar rannsóknir í Gunnarsdóttir o.fl. (2012b). Þessi rannsókn gefur til kynna að rekjanleg áhætta (AR=attributable risk) sé um 14%, þ.e. að 14% af niðurgangi megi rekja til vatnsveitu. Þá er borið saman miðgildi í tíðni niðurgangs fyrir og eftir innleiðingu innra eftirlit hjá sjö vatnsveitum, sbr. töflu 2, og er reiknað á eftirfarandi hátt: $AR\% = ((1,6 - 1,37) / 1,6) * 100 = 14\%$. Líkur benda því til að við innleiðingu innra eftirlits í vatnsveitum, þar sem kerfisbundið er reynt að fyrirbyggja mengun með aðgerðum í vatnsveitu, viðhaldi, verklagsreglum og reglulegu eftirliti, komi í veg fyrir mengun og bæti þannig lýðheilsu.

Samantekt

Gögn um niðurgang frá átján heilsugæslustöðvum voru greind með hliðsjón af innleiðingu innra eftirlits vatnsveitna á viðkomandi svæði. Niðurstöðurnar benda til að verulega dragi úr tíðni niðurgangs með innleiðingu fyrirbyggjandi innra eftirlit í vatnsveitum og er sá árangur mælanlegur. Rannsóknin bendir einnig til að 14% af niðurgangstilfellum eigi sér uppruna í neysluvatni og að öflugt fyrirbyggjandi eftirlit og aðgerðir séu mikilvægur áhrifaþáttur í að koma í veg fyrir vatnsborna faraldra og þannig bæta lýðheilsu.

Þakkir

Þessi rannsókn var styrkt af Umhverfis- og orkurannsóknasjóði Orkuveitu Reykjavíkur (ORUS-2010-06-30:00109731) og Rannsóknasjóði Háskóla Íslands. Höfundar vilja einnig þakka starfsfólki vatnsveitna, Samorku – samtökum vatnsveitna, heilbrigðisstofnana, sóttvornalækni ásamt starfsfólki Embættis landlæknis fyrir aðstoð og samvinnu við söfnun og úrvinnslu gagna fyrir þessa rannsókn.

Heimildir

- Bartram, J., Corrales, I., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A. & Stevens, M. (2009). Water Safety Plan Manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Geneva: World Health Organization. Available: http://www.who.int/water_sanitation_health/publication_9789241562638/en/ [accessed 10 January 2012]
- Bartram, J. & Cairncross, S. (2010). Hygiene, Sanitation, and Water: Forgotten Foundations of Health. *PLoS Med* 7(11): e1000367. doi:10.1371/journal.pmed.1000367
- Beaudeau, P., Valdes, D., Mouly, D., Stempfelet, M. & Seux, R. (2010). Natural and technical factors in faecal contamination incidents of drinking water in small distribution networks, France, 2003-2004: a geographical study. *J. Water Health* 8(1):20-34.
- Besner, M.-C., Prévost, M. & , S. (2011). Assessing the public health risk of microbial intrusion events in distribution systems: Conceptual model, available data, and challenges. *Water Research* 45:961-979.
- Craun, G.F., Calderon, R.L. & Wade, T. (2006). Assessing waterborne risks: an introduction. *J Water Health* 4(suppl 2):3-18.

- Curriero, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B., & Lele, S. (2001). The Association Between Extreme Precipitation and Waterborne Disease Outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health*, 91 (8), 1194-1199.
- Geirsdóttir, M. (2011). Óopinber listi yfir vatnsborna faraldra frá Matís ohf.
- Gunnarsdóttir, M.J. & Gissurason, L.R. (2008). HACCP and water safety plans in Icelandic water supply: Preliminary evaluation of experience. *J Water Health* 6(3):377-382.
- Gunnarsdóttir, M.J., Gardarsson, S.M. & Bartram, J. (2012a). Icelandic Experience with Water Safety Plans. *Water Science & Technology* 65 (2):277-288.
- Gunnarsdóttir, M.J., Gardarsson, S.M., Elliott, M., Sigmundsdóttir, G. & Bartram, J. (2012b) Benefits of Water Safety Plans: Microbiology, Compliance, and Public Health. *Environmental Science & Technology* 46, 7782-7789.
- European Council (1998). Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption.
- HAUST (Heilbrigðiseftirlit Austurlands). (2010). *Greinargerð – Mengun neysluvatns á Eskifirði í júlí 2010*. Retrieved from http://fjardabyggd.is/media/PDF/2010_08_neysluvatnsmengun_a_Eskifirdi.pdf [accessed 23 October 2011]
- HHK Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar og Kópavogssvæðis. 2013. Olíuslys á Bláfjallavegi 8. Maí 2013 http://www.heilbrigðiseftirlit.is/Innihald_heimasida/Vatnsverd/Oliluslys%20f%20Bláfjöllum%20%208.%20maí%202013.pdf
- LeChevallier, M.W., Gullick, R.W., Karim, M.R., Friedman, M. & Funk, J.E. (2003). The potential for health risks from intrusion of contaminants into the distribution system from pressure transients. *J. Water Health* 1(1):3-14.
- Palmadóttir, E., Bjarnason, E., Bergmann, J., Gunnarsdóttir, M.J., Pálsson, P. & Stefansson, S. (1996). Leiðbeiningar um innra eftirlit vatnsveitna. Samorka – Samtök orku- og veitufyrirtækja.
- Pruess-Ustun, A., Bos, R., Gore, F. & Bartram J. (2008). Safer Water, Better Health. World Health Organization, Geneva. Available: http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241596435_eng.pdf [accessed 14 January 2012]
- Richardson, S.D. (2003). Disinfection by-products and other emerging contaminants in drinking water. *Trends in Analytical Chemistry* 22 (10):666-684.
- Roy, S.L., Scallan, E. & Beach, M.J. (2006). The rate of acute gastrointestinal illness in developed countries. *J Water Health* 04(suppl 2):31-70.
- Samorka – Association of Icelandic utilities. (2009). *Water safety plan for smaller waterworks. – Five step model*. (in Icelandic). Retrieved from <http://samorka.is/doc/1659?download=false>. [Accessed 29.6.2011].
- Teunis, P.F.M., Xu, M., Fleming, K.K., Yang, J., Moe, L.C. & LeChevallier, M.W. (2010). Enteric virus Infection Risk from Intrusion of Sewage into a Drinking Water Distribution Network. *Environ.Sci.Technol.* 44:8561-8566.
- Umhverfiráðuneytið (2001). Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001.
- Umhverfisstofnun (2010). *Report to the EFTA Surveillance Authority regarding the implementation of Directive 91/271/EU on the treatment of wastewater from built-up areas*. Retrieved from http://cdr.eionet.europa.eu/is/eu/coltufcgw/envtp0zhg /ICELAND_UWWWD_Report_2010_revised_edition.pdf
- UNESCO-WWAP. (2006). Water a shared responsibility. The United Nations World Water Development Report 2. New York, p.132.
- WHO - World Health Organization (2004). Guidelines for Drinking- water Quality- 3rd edition Volume 1 Recommendations, Geneva.
- WHO -World Health Organization (2007). International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th Revision. Version for 2007. Available: <http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online/> [accessed 10 July 2011]
- WHO - World Health Organization (2011). Guidelines for Drinking- water quality, fourth edition. Geneva, World Health Organization.
- WHO -World Health Organization (2012). Water safety planning for small community water supplies: step-by-step risk management guidance for drinking-water supplies in small communities. Geneva: World Health Organization.

