LV-2011-091

Landsvirkjun

Varnarefnið DDT gegn mývargi við Steingrímsstöð

Mat á mengun svæðisins

Upplýsingablað

Landsvirkjun

Skýrsla LV nr:	LV-2011/091	Dags:	6.10.2011
Fjöldi síðna: 82	Upplag: 25	Dreifing:	☐ Opin ☐ Birt á vef LV ☐ Takmörkuð til

Titill: Varnarefnið DDT gegn mývargi við Steingrímsstöð. Mat á mengun svæðisins

Höfundar / fyrirtæki: Hugrún Gunnarsdóttir, Verkís

Verkefnisstjóri: Ragnheiður Ólafsdóttir, Landsvirkjun

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Náttúrufræðistofa Kópavogs og starfsmenn Landsvirkjunar á Sogssvæði

Útdráttur:

Greint er frá notkun varnarefnisins DDT á árunum 1957 og 1958 sem notað var gegn mývargi á byggingartíma Steingrímsstöðvar. Sagt er frá þrávirka lífræna efninu DDT, greint frá löggjöf og umhverfiskröfum hér á landi og erlendis. Gerð er grein fyrir mælingum á DDT efnum í jarðvegi og seti og lagt mat á mengun svæðis við Steingrímsstöð og í Úlfljótsvatni og áhrif á lífríki. DDT efni fundust bæði í seti og jarðvegi og var styrkur þeirra hærri en á viðmiðunarsvæðum. Styrkur DDT efna er hins vegar lítill í samanburði við viðmiðanir annarra þjóða og ekki talinn geta skapað hættu eða valdið mönnum eða dýrum skaða. Bitmý hvarf tímabundið af svæðinu í kjölfar aðgerða. Áhrif á lífríki eru talin staðbundin en ekki varanleg þar sem bitmý og annað vatnalíf hefur tekið við sér að nýju. Framhjárennsli í Efra Sogi á undanförnum árum hefur haft jákvæð áhrif á vatnalíf.

Lykilorð: DDT, varnarefni, skordýraeitur, bitmý, Efra Sog, Sog, Steingrímsstöð

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra Landsvirkjunar

Ragnheiður Ólafsdóttir

LV-2011-091

Landsvirkjun

Varnarefnið DDT gegn mývargi við Steingrímsstöð

Mat á mengun svæðisins

VERKÍS

Október 2011

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit iii
Yfirlit yfir myndir iv
Yfirlit yfir töflur iv
1 Inngangur 7
2 Lýsing svæðis og upphafsaðstæður 7
2.1 Vernd svæðis og vatns 11
3 Bygging Steingrímsstöðvar við Sog 13
4 Skordýraeitur og varnarefnið DDT 15
4.1 Almennar upplýsingar um skordýraeitrið DDT 15
4.2 Uppspretta mengunar 16
4.2.1 Notkun og dreifing efnisins 17
4.2.2 Stokkhólmssamningurinn um þrávirk lífræn efni 17
4.2.3 Löggjöf og umhverfisgæðakröfur á Íslandi 18
4.2.4 Umhverfisgæðakröfur vegna DDT í jarðvegi og seti í öðrum löndum 18
4.2.5 Vöktun á þrávirkum lífrænum efnum/klórlífrænum efnum á Íslandi 19
5 Dreifing á skordýraeitrinu DDT í Sogi 20
6 Vöktun vatnsgæða 21
7 Ástand lífríkis í Efra Sogi og Úlfljótsvatni 21
8 Mat á DDT mengun við Kaldárhöfða og Sog 22
8.1 Mælingar á DDT og afleiðum þess við Kaldárhöfða og í Úlfljótsvatni 22
8.2 Niðurstöður mælinga á DDT efnum í jarðvegi, gróðri og seti 24
8.3 Mælingar á DDT efnum á nálægum svæðum 25
9 Lokaorð 26
10 Heimildir 29
Viðaukar 31

Yfirlit yfir myndir

Mynd 1 Þingvallavatn, Úlfljótsvatn og hluta Sogsins. Steingrímsstöð við Dráttarhlíð, þá tekur við Úlfljótsvatn og Ljósafossstöð. Fremst á myndinni er Írafossstöð (Ljósm. Jón H. Gíslason, dags. 6.10.2006). 7
Mynd 2 Þingvallavatn, Efra Sog, Úlfljótsvatn og virkjanir í Sogi (Loftmynd frá Samsýn). 8
Mynd 3 Útfall Þingvallvatns og Efra Sog fyrir byggingu Steingrímsstöðvar (Ljósm. Pétur Thomsen, dag. 24.6.1957) 9
Mynd 4 Útfall Þingvallavatns og Efra Sog fyrir byggingu stíflu Steingrímsstöðvar (Ljósm. Pétur Thomsen, dags. 28.03.1958) 10
Mynd 5 Mynd af úr grein Tímanns frá 5. Júlí 1958 (Ljósm. Baldur Óskarsson). 11
Mynd 6 Mörk verndarsvæðis Þingvallavatns skv. lögum nr. 85/2005. 12
Mynd 7 Stíflubrestur við Steingrímsstöð veldur því að vatn gusast út um göng virkjunarinnar. Efst má sjá hús starfsmanna í Dráttarhlíð ofan Úlfljótsvatns (Ljósm. Björn Júlíusson, dags. 18.06.1959). 13
Mynd 8 Rauf í varnarstíflu í útfalli Þingvallavatns (Ljósm. Björn Júlíusson, dags. 25.06.1959). 14
Mynd 9 Rof í varnarstíflu í útfalli og Efra-Sog (Ljósm. Pétur Thomsen, dags. 18.06.1959). 14
Mynd 10 DDT var notað til að verjast plágum eins og lúsinni (Ljósm. Tekin af veraldarvef, http://www.whale.to/b/typhus_pic.html, dags. 8.09.2011). 16
Mynd 11 Skordýraeitrið DDT auglýst til sölu í Morgunblaðinu, dags. 19. júní 1946. 17
Mynd 12 Dreifing á DDT, til að eyða flugunni, er talin hafa farið fram á tanga við brú er liggur að Steingrímsstöð (1957) og síðan í farveg Efra Sogs (1958) (Loftmynd frá Loftmyndum ehf). 20
Mynd 13 Sýnatökustaðir setsýna í Úlfljótsvatni 4. maí 2011 (Mynd úr Viðauka 1). 23

Yfirlit yfir töflur

Tafla 1 Viðmiðunarmörk DDT efna í efsta lagi vatnasets í Kanada 19
Tafla 2 Niðurstöður mælinga á DDT efnum í seti í Úlfljótsvatni, sjá viðauka 1. 24
Tafla 3 Niðurstöður mælinga á DDT efnum í jarðvegi, sjá viðauka 1. 25

1 Inngangur

Í eftirfarandi skýrslu er greint frá notkun á varnarefninu DDT við Efra Sog og Kaldárhöfða á árunum 1957 og 1958, en efnið var notað til að eyða mývargi á þessu svæði. Á þessum árum var unnið að byggingu Steingrímsstöðvar við Sog en hún var gangsett á árunum 1959-1960. Mývargurinn gerði starfsmönnum sem unnu við byggingu Steingrímsstöðvar mjög erfitt fyrir við störf sín og reyndist þrautin þyngri að fá menn til að starfa við þessar aðstæður. Sagt er frá upphafsaðstæðum við byggingu Steingrímsstöðvar og dreifingu varnarefnisins. Tekið er saman yfirlit yfir þrávirka lífræna efnið DDT, greint frá núverandi löggjöf er varðar þrávirk lífræn efni og umhverfiskröfum hér á landi og erlendis. Þá er gerð grein fyrir þeim mælingum sem framkvæmdar voru á árunum 2000, 2001 og 2011 til að meta hvort mengun vegna DDT efna væri til staðar í jarðvegi og vatnaseti við Efra Sog og í Úlfljótsvatni. Einnig er lagt mat á möguleg áhrif DDT á lífríki þessa svæðis.

Mynd 1 Þingvallavatn, Úlfljótsvatn og hluta Sogsins. Steingrímsstöð við Dráttarhlíð, þá tekur við Úlfljótsvatn og Ljósafossstöð. Fremst á myndinni er Írafossstöð (Ljósm. Jón H. Gíslason, dags. 6.10.2006).

2 Lýsing svæðis og upphafsaðstæður

Úr Þingvallavatni, sem er um 84 km^2 að flatarmáli, rennur Sogið sem er stærsta lindá landsins með meðalrennsli við útrennsli um 100 m^3/s, sjá Mynd 1. Í Þingvallavatni er heilsárs forði vatns fyrir Sogið og innrennsli í vatnið er að mestu leyti grunnvatn eða um 90 m^3/s. Yfirborðsrennsli til Þingvallavatns er um 5 m^3/s og er um helmingur þess úr Öxará.[1] Í útfallinu í suðurhluta vatnsins tekur við Efra Sog sem er um 1,2 km farvegur milli Þingvallavatns og Úlfljótsvatns, sjá Mynd 2 og Mynd 3. Í farveginum rennur vatn úr vatnsmiklum lindum er koma undan hrauni árbakkans austan megin.

[1] Árni Snorrason 2002. Vatnafar á vatnasviði Þingvallavatns. Bók: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun.Bls. 110-119.

Mynd 2 Þingvallavatn, Efra Sog, Úlfljótsvatn og virkjanir í Sogi (Loftmynd frá Samsýn).

Kaldá er lítil lindá er fellur í Úlfljótsvatn við enda Efra Sogs. Fallhæð milli vatnanna er 21 m. Úlfljótsvatn er 3,6 km^2 að flatarmáli og um 3,5 km að lengd. Mesta dýpi þess er 34,5 m.

Steingrímsstöð er ein þriggja virkjana í Sogi er gangsett var á árunum 1959-1960. Við byggingu Steingrímsstöðvar og stíflu í útfalli vatnsins var vatni sem áður rann um farveg Efra Sogs veitt í göngum um Dráttarhlíð að stöðvarhúsi við Úlfljótsvatn. Samkvæmt núgildandi verklagi Landsvirkjunar er rennsli úr Þingvallavatni takarkað við 150 m^3/s. Þá skal rennsli í farvegi Efra Sogs vera minnst um 4 m^3/s.[2]

Mynd 3 Útfall Þingvallvatns og Efra Sog fyrir byggingu Steingrímsstöðvar (Ljósm. Pétur Thomsen, dag. 24.6.1957)

Nafnið Sog er talið vera komið af soginu á vatnskjafti Þingvallavatns þar sem vatnsflaumurinn sogaðist ofan í gljúfrin[3], eins og myndir 3. og 4. bera vitni um. Efra Sog var einkum annálað fyrir urriðastofn sem kunnur var langt út fyrir landsteinana fyrir mikla stærð og einnig fyrir sögur af bitmýi.

Þéttleiki bitmýs getur verið mikill nálægt útfalli frjósamra vatna en það nýtir sér það lífræna efni og þörunga sem berst þeim úr vötnunum. Sögur af mývargi í útfalli Þingvallavatns og við Efra Sog benda til að aðstæður fyrir vöxt og viðgang bitmýs og urriða í útfalli vatnsins hafi verið mjög góðar, en bitmýið er ein mikilvægasta fæða laxfiska.

Í íslenskum sagnaþáttum er sagt frá konu einni er Ragnheiður hét, öðru nafni Skerhetta, er göldrótt var og geðill. [4] Ef fólk varð ekki að kröfum hennar hafði hún í heitingum og forðuðust menn að móðga hana er hana þekktu. Hún kom eitt sinn að Úlfljótsvatni sem þótti mesta silungsveiðijörð sveitarinnar. Einkum veiddist þá vel við Kaldárhöfða. Ragnheiður biður húsbændur um silung. Við synjun þeirra bregst „Skerhetta" hin versta við og leggur það á að helmingur af öllum þeim silungi, er gengi um Sogið skyldi verða að mýbiti, mönnum og gangandi fénaði til ills og armæðu. Bregður þá svo við að mýbit mikið kemur úr vatninu en silungsveiði

[2] Landsvirkjun. 2010. LEI-76. Fastbundnar takmarkanir fyrir Sogsstöðvar.
[3] Sveinn Benediktsson. 1964. Efra Sog. Grein í Lesbók Morgunblaðsins, 39. Tbl. 1964
[4] Gunnar S. Þorleifsson. 1982. Íslenskir sagnaþættir. 1.b. Bls:195-196

minnkaði að því skapi. Mýbitið verður hinn leiðasti vágestur sveitarinnar á sumri hverju, mönnum og skepnum til meins og mæðu, einkum í björtu og blíðu veðri.

Í eldri heimildum er einnig að finna frásögn Hálfdáns Jónssonar frá árinu 1703 þar sem hann lýsir vel mýmergðinni við Sogið, *„.. þá hitnar og vætuhæg veðrátta gengur, er so þykkt í lofti að varla sést til sólar í heiðríku veðri*"[5]. Þá lýsir Jónas Hallgrímsson mýmergðinni í kvæði sem hann orti við Sogið árið 1840; *„ Og svo var mart af mýi/mökk fyrir sólu ber/ að Þórður sortnaði sjálfur/ og sópaði framan úr sér*". Samkvæmt Óskari Ögmundsson bónda á jörðinni Kaldárhöfða er liggur að Efra Sogi var stundum sporrækt á vatnsbakkanum og mýið hafi stöðugt plagað menn og skepnur.[6]

Mynd 4 Útfall Þingvallavatns og Efra Sog fyrir byggingu stíflu Steingrímsstöðvar (Ljósm. Pétur Thomsen, dags. 28.03.1958)

Aðstæðum við Kaldárhöfða á byggingarsvæði Steingrímsstöðvar er lýst svo í grein í Tímanum frá 5. júlí 1958[7]:

„Rútan fer ymjandi hlykkjótta brekkuna upp á Kaldárhöfðann. Þar er molluhiti; rútan staðnæmist við matskála verkamanna við Efra-Sog, farþegarnir týnast út og byrja þegar að krafsa blóðþyrstan mývarginn úr andlitinu".

[5] Sögufélagið. 1979. Árnessýsla. Sýslu- og sóknalýsingar Hins Íslenska bókmenntafélag 1838-1943. Sögufélagið Reykjavík. 277 bls.
[6] Óskar Ögmundsson 1985. Samantekt Óskars Ögmundssonar, bónda á Kaldárhöfða, Grímsneshreppi, úr dagbókum bróður hans, Jóns Ögmundssonar. Ljósrit. 12 bls ??
[7] Tíminn. 1958. Rafstöðin við Efra-Sog mun framleiða um 27000 kílóvött. Grein frá 5. Júlí 1958. Bls. 7.

Eins og sjá má á Mynd 5 hafa menn gripið til ýmissa ráða til að verjast flugunni. Eftirfarandi lýsing á mýbitinu við Sog er að finna í grein í Frjálsri Þjóð frá 9. ágúst 1958[8]:

„Mýbit er oft rakin plága við Sogið, svo sem kunnugt er, og hafa starfsmenn við Sogsvirkjunina orðið fyrir barðinu á því í þeim mæli, að þeir, sem þola það sérstaklega illa, hafa flúið úr vinnunni. Virðist mýbitið klekjast út í hrotum, og koma miklar göngur af því með nokkru millibili. Eru sveimirnir þá eins og ský í kringum menn og skepnur, þegar ásókn þess er áköfust, enda þarfnast kvenflugan blóðs til þess að geta þroskað egg sín og veitir engum grið."

Mynd 5 Mynd af úr grein Tímanns frá 5. Júlí 1958 (Ljósm. Baldur Óskarsson).

2.1 Vernd svæðis og vatns

Á árinu 2005 voru sett lög nr. 85/2005 um verndun Þingvallavatns og vatnasviðs þess. Samkvæmt lögunum er óheimilt að gera nokkuð það sem getur spillt eða mengað vatn, vernda skal lífríki Þingvallavatns og gæta þess að raska ekki búsvæðum og hrygningarstöðvum laxfiska sem lifa í vatninu. Mörk verndarsvæðis Þingvallavatns er að finna á meðfylgjandi korti,sjá Mynd 6. Um framkvæmd verndunar vatnasviðs og lífríkis Þingvallavatns gildir reglugerð nr. 650/2006.

Í aðalskipulagi Grímsness- og Grafningshrepps 2002-2014 er verndarsvæði á Úlfljótsvatni (H18-H229) talið upp sem eitt þeirra svæða er nýtur hverfisverndar samkvæmt Landnýtingaráætlun jarða Reykjavíkur í Grafningi og Ölfusi frá 1997.[9,10]

Í maí 2011 voru sett lög um stjórn vatnamála, nr. 36/2011, en með þeim voru innleidd ákvæði vatnatilskipunar ESB frá október 2000 (2000/60/EB), auk reglugerðar nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun. Markmið þessara laga er að vernda vatn og vistkerfi þess og hindra frekari rýrnun vatnsgæða.

Á byggingartíma Steingrímsstöðvar voru vatnalögin nr. 15/1923 einu lögin er snertu framkvæmdirnar.

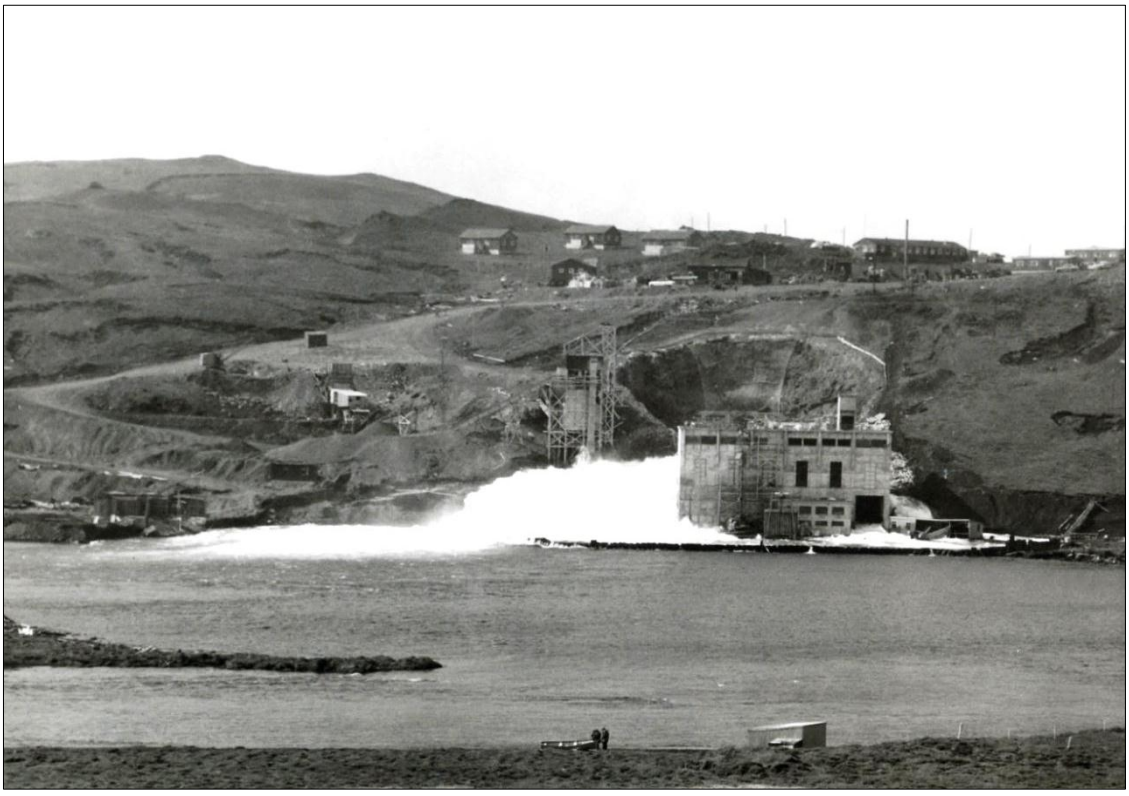
[8] Frjáls þjóð. Rannsókn á silungsdauða í Soginu: Eitrað fyrir mý með DDT og fleiri efnum. Grein á bls. 8.
[9] Aðalskipulag Grímsnes- og Grafningshrepps 2002-2014.
[10] Jarðir Reykjavíkur í Grafningi og Ölfusi. Landnýtingaráætlun 1997.

Mynd 6 Mörk verndarsvæðis Þingvallavatns skv. lögum nr. 85/2005.

3 Bygging Steingrímsstöðvar við Sog

Steingrímsstöð var síðust Sogsvirkjana sem byggð var við Sogið en hún nýtir 20,5 m fall milli Þingvallavatns og Úlfljótsvatns. Eldri virkjanir við Sog eru Írafossstöð er gangsett var 1953 og Ljósafossstöð er gangsett var 1937. Reykjavíkurbær hlaut sérstakt leyfi árið 1933 til að virkja Sogið og var Sogsvirkjun stofnuð sem sérstakt fyrirtæki í eigu bæjarins. Íslenska ríkið gerðist síðan meðeigandi í Sogsvirkjun árið 1949 og átti helming í fyrirtækinu á móti Reykjavíkurbæ frá 1953 til ársins 1966 þegar Sogsvirkjanir voru lagðar til Landsvirkjunar sem hluti af stofnframlagi eigenda.

Virkjunarframkvæmdir vegna byggingar Steingrímsstöðvar hófust í maí 1957. Verktaki við byggingavinnuna var danskt-íslenskt byggingarfyrirtæki sem hét Efra Fall og var í eigu Phil og Sön í Kaupmannahöfn, Almenna Byggingafélagsins og Verklegra framkvæmda í Reykjavík.[11] Á árinu 1958 voru reist 15 timburhús fyrir menn og vélar í Dráttárhlíð, ofan Úlfljótsvatns og sumarið 1958 unnu 120-130 manns við byggingu stöðvarinnar, sjá Mynd 7.[12][13]



Mynd 7 Stíflubrestur við Steingrímsstöð veldur því að vatn gusast út um göng virkjunarinnar. Efst má sjá hús starfsmanna í Dráttarhlíð ofan Úlfljótsvatns (Ljósm. Björn Júlíusson, dags. 18.06.1959).

Á byggingartíma Steingrímsstöðvar var reist varnarstífla í útfalli vatnsins til að koma í veg fyrir að vatn færi um göngin um Dráttarhlíðina á meðan framkvæmdum stæði. Þann 17. júní 1959 brast á norðanáhlaup sem olli því að varnarstíflan sem reist hafði verið ofan stíflunnar í útfalli Þingvallavatns gaf sig og vatn þrýstist með miklum ofsa gegnum inntaksgöngin og olli áhlaup þetta miklu tjóni, sjá Mynd 8; Mynd 9.

[11] Sogsvirkjunin. 1966. Sogsvirkjunin 1965.
[12] Tíminn 1957. Framkvæmdir hafnar af fullum krafti við stórvirkjun Efra-Sogs. Grein frá 2. Október 1957.
[13] Tíminn 1958. Rafstöðin við Efra-Sog mun framleiða um 27000 kílóvött. Grein frá 5. Júlí 1958.

Mynd 8 Rauf í varnarstíflu í útfalli Þingvallavatns (Ljósm. Björn Júlíusson, dags. 25.06.1959).

Mynd 9 Rof í varnarstíflu í útfalli og Efra-Sog (Ljósm. Pétur Thomsen, dags. 18.06.1959).

Vatn flæddi um göngin í um 2 vikur er varð til þess að vatnsborð Þingvallavatns lækkaði um 1,6 m, uns tókst að lagfæra varnargarðinn. Talið er að rennsli Sogsins hafi rúmlega tvöfaldast strax

eftir rof varnarstíflunnar en náð síðan jafnvægi eftir að lækka tók í Þingvallavatni og við þessar hamfarir hafi sópast mikið af möl og grjóti úr varnargarðinum niður í Úlfljótsvatn auk timburs úr mótauppslætti, vinnuskúrum og ýmsu lauslegu.[14] Þegar byggingu stíflunnar í útfalli vatnsins var lokið var tekið fyrir rennsli um farveg Efra Sogs til margra ára eða allt til ársins 1993. Lokið var við byggingu Steingrímsstöðvar árið 1960 og stöðin gangsett á árunum 1959-1960.[15]

4 Skordýraeitur og varnarefnið DDT

4.1 Almennar upplýsingar um skordýraeitrið DDT

DDT (díklór-dífenýl-tríklóretan) er skordýreitur var fyrst framleitt af árið 1874 af þýskum efnafræðingi er nefndist Zeidler. Mikilvægi þessa efnis til að verjast skordýrum var hins vegar ekki ljós fyrr en 65 árum síðar þegar svissneski efnafræðingurinn Paul H. Müller uppgötvaði virkni efnisins og fékk í kjölfarið Nóbelsverðlaun fyrir sitt framlag. Efnið var notað víða undir lok seinni heimstyrjaldar og þótti gera kraftaverk við að berjast gegn skordýraplágum og útbreiðslu malaríu og taugaveiki. Eftir seinni heimstyrjöldina var hafin framleiðsla skordýraeitri og eftirspurn eftir þessu efni varð gríðarleg. Í framhaldinu varð DDT eitt mest notaða skordýraeitur í heimi. Efnið var einnig notað til að verjast almennum plágum eins og lús og húsflugum og það nýttist líka vel sem vörn gegn skordýrum er rýrðu uppskeru á korni og ávöxtum, sjá Mynd 10. Ljóst er að notkun skordýraeitursins DDT hefur bjargað milljónum mannslífa víða um heim. Efasemdir um notkun efnisins urðu í kjölfar bókar Rachel Carson er bar heitið Silent Spring[16] þar sem notkun DDT og sambærilegra efna var gagnrýnd. Minnkaði notkun efnisins mikið á næstu árum og í kring um 1990 höfðu flest ríki takmarkað notkun skordýraeitursins DDT.

DDT er skilgreint sem þrávirkt lífrænt efni en sagt er að efni sé þrávirkt ef það binst lífverum og eyðist mjög hægt. Þrávirk lífræn efni innihalda flest klór og er því oft talað um þrávirk lífræn klórsambönd. Þrávirk lífræn efni hafa tilhneigingu til að bindast ögnum í lofti, hafa litla vatnsleysni og eru lengi að brotna niður í umhverfinu. Þessir eiginlegar gera langdrægan flutning þessara efna mögulegan, en efnin flytjast með loftstraumum, sjávarstraumum og dýrum er ferðast landa á milli.

DDT er mjög stöðugt efnasamband sem brotnar mjög hægt niður en stöðugleiki þess ræðst af lágri leysni þess í vatni. Niðurbrotsefni DDT eru DDE og DDD, en DDE er enn stöðugra efnasamband. DDT leysist hins vegar upp í fituvef dýra og getur safnast upp eftir því sem ofar dregur í fæðukeðjunni, en kallast það lífuppsöfnun (bioaccumulation) eða lífmögnun (biomagnification). Styrkur þrávirkra lífrænna efna getur því verið hár hjá þeim dýrum sem eru efst í fæðukeðjunni.[17]

DDT er miklu eitraðra fyrir skordýr en dýr með heitt blóð. Hjá skordýrum sogast efnið greiðlega frá yfirborði beint yfir í taugakerfið en hjá dýrum með heitt blóð er ísogshraðinn lítill. DDT opnar natríumgöng í taugafrumum skordýra sem drepur dýrin. Síðan DDT var sett á markað hafa ýmsar tegundir skordýra þróað með sér ónæmi fyrir efninu. Gott dæmi um það eru lúsin, húsflugan og margar tegundir moskítóflugunnar. Lífverur í ferskvatni og sjó eru mun viðkvæmari fyrir eituráhrifum DDT en lífverur á landi. Fiskar verða fyrir beinum eituráhrifum af völdum DDT sem þeir taka inn með öndun en eru hins vegar ekki eins viðkvæmir fyrir DDT sem þeir fá inn í fæðu.

[14] Helgi M. Sigurðsson. 2002. Vatnsaflsvirkjanir á Íslandi. Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen. Reykjavík 2002.
[15] Sigmundur Freysteinsson. 2011. LJO, IRA, STE Sogsvirkjanir Gagnagrunnur 2011. Landsvirkjun. LV-2011/067.
[16] Rachel Carson. 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin.
[17] AMAP. 2000. Fact sheet #1. Persistent Organic Pollutants (POPs). Arctic Monitoring and Assessment Programme.

DDT getur borist í yfirborðsvatn með lofti eða með beinum hætti t.d. er þegar verið er að hefta útbreiðslu moskítóflugna. Helmingunartími DDT er 28 dagar í straumvatni og 56 dagar í stöðuvötnum.[18]

Sökum lítillar vatnsleysni DDT er niðurbrot efnisins í jarðvegi hægt. Við endurtekna notkun t.d. ef borið er á árlega getur DDT safnast fyrir í efsta jarðvegslaginu. Helmingunartími DDT í jarðvegi er 2-15 ár.[19] Í jarðvegi sem er með hærra hlutfall lífræns efnis er DDT efnum viðhaldið lengur.

Mynd 10 DDT var notað til að verjast plágum eins og lúsinni (Ljósm. Tekin af veraldarvef, http://www.whale.to/b/typhus_pic.html, dags. 8.09.2011).

4.2 Uppspretta mengunar

Helstu uppsprettur mengunar vegna DDT eru í dag lönd í Afríku, Asíu, Mið- og Suður-Ameríku þar sem efnið er notað við plágum eins og malaríu. Sýnt hefur verið fram á að DDT flyst frá megin uppsprettum við miðbaug með lofti og legi og safnast upp á norðurslóðum.[20] Hraðvirkasti flutningur þrávirkra lífrænna efna eins og DDT er með loftstraumum, en talið er að um 80% af lífrænum klórefnum flytjist til úthafa með þeim.[21] Mengaður jarðvegur er einnig uppspretta mengunar þar sem niðurbrotsefni DDT geta verið til staðar.

[18] US Environmental Protection Agency. 1989. Environmental Fate and Effects Division, Pesticide Environmental Fate One line Summary:DDT (P,P´). Washington, D.C.
[19] NPTN. National Pesticide Information Centre. DDT (General Fact Sheet). Oregon State University.
[20] AMAP. 2002. Fact Sheet: Transport of contaminants to the Arctic, and their fate. Arctic Monitoring and Assessment Programme.
[21] Stokkhólmssamningurinn um þrávirk lífræn efni (POP). Efni af vef Umhverfisstofnunar frá 1.09.2011.

4.2.1 Notkun og dreifing efnisins

Eins og áður sagði náði framleiðsla DDT hámarki á árunum um og eftir seinni heimstyrjöldina. Menn áttuðu sig fljótt á virkni efnisins til þess að eyða skordýraplágum eins og bitmýi og var DDT víða notað í Bandaríkjunum og Kanada þar sem efninu var m.a. dreift með flugvélum.

DICHLORODIPHENYLTRICHLOROETHAN

sem er skammstafað

D D T

DDT er hið nýja heimsfræga skordýraeitur.

DDT drepur flugur, allskonar pöddur, lýs o. fl.

DDT er óskaðlegt og má nota það á hænsni og önnur húsdýr.

DDT verkar ávalt, svíkur aldrei.

Fæst í tveggja, fjögra og fimm únsu glösum.

Heildsölubirgðir hjá:

Geir Stefánsson & Co. h.f.

Austurstræti 1, — Box 551, — sími 5898.

Í Evrópu var DDT fyrst bannað í Ungverjalandi árið 1968, Svíþjóð og Noregur fylgdu í kjölfarið og bönnuðu efnið árið 1970 og Bandaríkin árið 1972.

Notkun DDT auk PCB var algerlega bönnuð á Eystrasaltssvæðinu á áttunda áratugnum og hefur notkun og dreifing efnisins almennt verið bönnuð í hinum vestræna heimi.

Lítið hefur verið notað af varnarefnum eins og DDT á Íslandi miðað við mörg önnur lönd. Notkun DDT á Íslandi hefur þó verið nokkur fyrir og eftir 1950 og allt fram til 1970. Í auglýsingu í Morgunblaðinu frá 19. júní 1946 er DDT auglýst sem hið nýja heimsfræga skordýraeitur er drepur skordýr eins og lýs og einnig megi nota á hænsni og önnur húsdýr, sjá Mynd 11. Efnið var hvítt og í duftformi var selt í baukum. Það var víða notað af bændum til sveita.

Mynd 11 Skordýraeitrið DDT auglýst til sölu í Morgunblaðinu, dags. 19. júní 1946.

Könnun var gerð á notkun DDT hér á landi á 10 ára tímabili í kringum 1960-1970 með því að leita til söluaðila efnisins og kom í ljós að á þessu tímabili var heildarnotkun á hreinu DDT á Íslandi um 1645 kg.[22] DDT hér á landi var aðallega notað við garðrækt en upp úr 1970 var notkun þess bönnuð í þessum tilgangi. Á árinu 1977 var ennþá hægt að fá efnið keypt í litlum skömmtum til að drepa lúsina.[23]

Þó dregið hafi úr notkun efnisins í löndum eins og Afríku, Asíu og Rómönsku Ameríku er það enn í dag notað til varnar sjúkdómum eins og malaríu. Í dag er skordýraeitrið DDT ennþá framleitt í þremur löndum, Indlandi, Kína og Kóreu en mest er þó framleitt af efninu á Indlandi.[24]

4.2.2 Stokkhólmssamningurinn um þrávirk lífræn efni

Þann 23. maí 2001 í Stokkhólmi undirrituðu fulltrúar 90 ríkja heimsins samning sem nefndur var Stokkhólmssamningur um þrávirk lífræn efni (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants).[25] Ísland fullgilti samninginn fyrst Norðurlandanna, þann 29. maí 2002, en samningurinn varð ekki fullgildur fyrr en 17. maí 2004. Markmið samningsins eru að vernda heilsu manna og umhverfi gegn þrávirkum lífrænum efnum.

Samningurinn tekur á því hvernig aðildarríkin skuli gera ráðstafanir sem lúta að ýmsum málum tengdum þrávirkum lífrænum efnum. Ráðstafanir skulu gerðar til að draga úr eða takmarka

[22] Erla Salómónsdóttir 1970. DDT í fiski og fiskafurðum. Tímarit um lyfjafræði, 5 (2). Bls.3-10.

[23] Alda Möller. 1977. DDT. Böl eða blessun. Grein í Vísi, dags. 26. mars 1977. Bls. 15.

[24] UNEP. 2008. Global status of DDT and its alternatives for use in vector control to prevent disease. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants.

[25] Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Vefslóð: http://chm.pops.int

notkun efnanna og stöðva losun þeirra vegna framleiðslu. Einnig er kveðið á um hvernig standa eigi að losun á úrgangi sem getur innihaldið þrávirk lífræn efni og hvernig eyðingu þeirra skuli háttað. Aðildarríkin skuldbinda sig til að gera framkvæmdaáætlanir um hvernig þau ætla að standa við samninginn og koma upplýsingum innihald hans og hvað hann stendur fyrir til almennings. Einnig skuldbinda aðildarríkin sig til að efla rannsóknir og eftirlit með notkun og framleiðslu efnanna. DDT er eitt af tólf upphaflegra forgangsefna Stokkhólmssamningsins.

4.2.3 Löggjöf og umhverfisgæðakröfur á Íslandi

Skordýraeitrið DDT flokkast undir varnarefni, en það eru efni sem notuð eru í landbúnaði og garðyrkju og til eyðingar meindýra. Um varnarefni gilda m.a. lög nr. 52/1988, um eiturefni og hættuleg efni auk reglugerðar nr. 50/1984 um notkun eiturefna og hættulegra efna í landbúnaði og garðyrkju og til útrýmingar meindýra. Innflutningur, sala og notkun á DDT sem varnarefni í landbúnaði og garðyrkju og til útrýmingar meindýra var bannaður með reglugerð 449/1996 um bann við notkun tiltekinna eiturefna og hættulegra efna, sem felld var brott með reglugerð nr. 857/1999 og síðar 750/2008.

DDT er í flokki þrávirkra lífrænna efna en um þau gildir reglugerð nr. 103/2009 um þrávirk lífræn efni. Í 2. viðauka reglugerðar nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns, er sérákvæði um DDT en umhverfismörk.[26] DDT samkvæmt reglugerðinni eru 10 µg/l fyrir yfirborðsvatn (para-para DDT) og 25 µg/l fyrir strandsjó (DDD-total). Ekki eru til samsvarandi viðmiðunar- eða umhverfismörk fyrir DDT efni í jarðvegi á Íslandi. Í reglugerð nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns er öll bein losun efna í grunnvatn óheimil.

Samkvæmt Evróputilskipunum eru umhverfisgæðakröfur fyrir DDT og afleiður þess í yfirborðsvatni 0,025 µg/l og 0,01 µg/l fyrir straumvatn og strandsjó (Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council). Í X. viðauka Vatnatilskipunar (Decission No. 2455/2001/EC of the European Pariament and of the Council) er DDT hins vegar ekki skilgreint sem forgangsefni.[27]

Samkvæmt 3. viðauka reglugerðar nr. 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun og gildir um yfirborðsvatn og grunnvatn, kemur fram að ákveða skuli umhverfisgæðakröfur fyrir mengandi efni til að vernda lífríki í vatni. Samkvæmt upplýsingum frá Umhverfisráðuneytinu er fyrirhugað að setja reglugerð um forgangsefni, en það eru hættuleg og þrávirk efni sem valdið geta alvarlegri mengun eða eitrun í vatni.[28]

4.2.4 Umhverfisgæðakröfur vegna DDT í jarðvegi og seti í öðrum löndum

Í viðauka 1. er greint ítarlega frá viðmiðunarmörkum sem aðrar þjóðir hafa sett sér vegna aðskotaefna í seti vatna. Í Kanada hafa verið sett tvenn mörk þ.e. ISQG (Interim Sediment Quality Guidelines) og PEL (Probable Effect Level) sem gilda fyrir 5 cm yfirborðslag sets. [29]

[26] Umhverfismörk eru þau mörk sem óheimilt er að fara yfir og sett eru til að takmarka mengun í því skyni að koma í veg fyrir eða draga úr skaðlegum áhrifum á heilsu manna og/eða umhverfi.
[27] European Parliament and the Council. 20. Nov. 2001. Decision No. 2455/2001/EC. List of Priority Substances in the Field of Water Policy. (Water Framework Directive, Annex X).
[28] Samkvæmt tölvupósti frá Sigurbjörgu Sæmundsdóttir, Umhverfisráðuneyti, dags. 26.08.2011.
[29] Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. DDT, DDE, DDD. Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999.

Tafla 1 Viðmiðunarmörk DDT efna í efsta lagi vatnasets í Kanada

Viðmiðunarmörk	DDT (p,p´ og o,p´) µg/kg	DDE (p,p´ og o,p´) µg/kg	DDD (p,p´ og o,p´) µg/kg
ISQG	1,19	1,42	3,54
PEL	4,77	6,75	8,51

Í Bandaríkjunum eru ýmis mörk notuð fyrir DDT efni í vatnaseti og svipar þeim til þeirra marka sem sett hafa verið í Kanada nema fyrir DDE, afleiðu efnisins. Evrópusambandið hefur enn sem komið er ekki sett sér mörk fyrir DDT efni í seti en í tengslum við Vatnatilskipun er búist við að sett verði viðmiðunarmörk fyrir ýmis efni. Einstök lönd hafa hins vegar sett sér sín eigin mörk sbr. Holland og Þýskaland.

Víða erlendis hafa þjóðir sett sér mörk fyrir DDT efni í jarðvegi en þau mörk eru mjög breytileg á milli landa. Í Kanada eru lægstu mörk DDT efna (summa DDT, DDE og DDD) í jarðvegi 400 µg/kg þurrvigt, en þau gilda fyrir jarðveg í landbúnaði og á lóðum íbúðarhúsa.[30] Í Hollandi er markgildi (target value) DDT-efna (summa DDT, DDE, DDD) 10 µg/kg þurrvigt, en aðgerðarmörk (intervention values) eru aftur á móti 4.000 µg/kg þurrvigt[31], Viðauki 1.

4.2.5 Vöktun á þrávirkum lífrænum efnum/klórlífrænum efnum á Íslandi

Á Íslandi fer fram kerfisbundin vöktun á þrávirkum lífrænum efnum og í lofti og úrkomu og í lífríki. Ísland er aðili að OSPAR samningnum en hlutverk hans er að vernda Norðaustur-Atlantshaf. Mengunarvöktun á lífríki sjávar við Ísland hefur farið fram síðan 1989 en markmið þessarar vöktunar er að uppfylla skuldbindingar landsins vegna OSPAR. Árlega fara fram mælingar á þrávirkum lífrænum efnum eins og DDT í þorski og kræklingi.[32]

Allt frá árinu 1995 hefur staðið yfir vöktun á þungmálmum og þrávirkum lífrænum mengunarefnum (Persistent Organic Pollutants (POPs)) í lofti og úrkomu við Stórhöfða í Vestmannaeyjum.[33] Þrávirk efni geta borist langt að með vindum en einnig með ám og hafstraumum. Vegna skaðsemi þessara efna fyrir lífríki hefur notkun og losun þeirra verið bönnuð eða þeim settar þröngar skorður. Þjóðir heims hafa gengist undir skuldbindingar um að mæla útbreiðslu þessara efna og hefur athyglin beinst að pólsvæðunum. Stórhöfði er því vel staðsettur til slíkra mælinga. Styrkur þrávirkrar efna í lofti við Stórhöfða er sambærilegur eða lægri en t.d. á Svalbarða og miklu lægri en á suðlægari slóðum. Styrkur efna eins og DDT og PCB fer almennt minnkandi í náttúrunni en stöðugt eru framleidd ný þrávirk efni sem ber að varast.

Ísland skilar niðurstöðum vöktunar til Stokkhólmssamningsins, til Umhverfisstofnunar Evrópu (EEA) og EFTA.

[30] Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Sept. 2007.
[31] Ministry of housing, Spatial Planning and Evironment, Netherlands, 4. February 2000.
[32] Hrönn Ólína Jörundsdóttir, Natasa Desnica, Sonja H. Guðjónsdóttir, Þuríður Ragnarsdóttir og Helga Gunnlaugsdóttir. 2010. Mengunarvöktun í lífríki sjávar við Ísland 2008 og 2009. Matís, Skýrsla: 30-10.
[33] Árni Sigurðsson, Jóhanna M. Thorlacius, Elín V. Magnúsdóttir og Kristín Ólafsdóttir 2011. Þrávirk lífræn mengunarefni í lofti og úrkomu við Stórhöfða. Erindi á ráðstefnunni „Umhverfismengun á Íslandi. Vöktun og rannsóknir".

5 Dreifing á skordýraeitrinu DDT í Sogi

Á meðan unnið var að byggingu Steingrímsstöðvar var að sumarlagi mikill mökkur af bitmýi við útfall Þingvallavatns, Efra Sog og á byggingarsvæðinu í Kaldárhöfðanum. Í gamalli kvikmynd um Steingrímsstöð frá þessum tíma er að finna myndbrot er sýnir vel mergð bitmýsins á byggingarsvæðinu.[34] Bitmýið gerði starfsmönnum verktakafyrirtækisins mjög erfitt fyrir við störf sín. Það varð jafnvel til þess að menn lögðu niður vinnu og erfitt reyndist að fá iðnaðarmenn til starfa við byggingu Steingrímsstöðvar sökum flugunnar. Því var á árinu 1957 gerð fyrsta tilraun til þess að eyða flugunni með því að dreifa DDT meðfram bökkum Úlfljótsvatns. Dreift var um 5% blöndu af DDT með físibelg meðfram bökkum Úlfljótsvatns, norðan við innrennsli Efra-Sogs í Úlfljótsvatn þar sem núverandi vegur liggur að stöðvarhúsi, sjá Mynd 12. Þessi aðgerð dugði skammt og voru því kallaðir til sérfræðingar frá Háskóla Íslands til að rannsaka hegðun flugunnar. Niðurstöður þeirra voru að klak flugunnar væri að stærstum hluta í Efra Sogi, rétt neðan útfallsins úr Þingvallavatni, sem er í samræmi við það sem vel þekkt er í dag að mergð bitmýs er gjarnan mest þar sem mest framboð er af fljótandi lífrænum ögnum sem er gjarnan í útfalli frjósamra vatna. Sérfræðingarnir lögðu til að eitrað yrði á þeim tíma er flugan klektist út. Einnig að díselolíu væri blandað við DDT lausnina til þess að skordýraeitrið flyti betur á yfirborði vatnsins niður farveginn. Starfsmenn byggingafyrirtækisins Efrafalls sáu um að dreifa skordýraeitrinu rétt neðan útfallsins. Líklegt er að dreifing efnisins hafi að mestu átt sér stað á árinu 1958 og talið er að um 85-95% sterkri blöndu af DDT hafi verið blandað saman við steinolíuna, en settir voru 5-10 kg pokar af DDT í 200 lítra tunnu af díselolíu sem látið var leka úr í árvatnið. Dreifingin átti sér stað á klaktíma flugunnar en hún var endurtekin 2-3 sinnum.[35]

Mynd 12 Dreifing á DDT, til að eyða flugunni, er talin hafa farið fram á tanga við brú er liggur að Steingrímsstöð (1957) og síðan í farveg Efra Sogs (1958) (Loftmynd frá Loftmyndum ehf).

[34] Rafmagnsveita Reykjavíkur. 1993. Virkjunarframkvæmdir í Sogi. Myndskeið á geisladiski. Höfundur myndefnis: Erlendur S. Ólafsson.

[35] Samkvæmt viðtali við Sigurð Jónsson, fyrrverandi starfsmann Efrafalls, frá 13.08.2011.

Að mati fyrrverandi starfsmanns verktakafyrirtækisins sem tók þátt í dreifingu efnisins gegn gegn mývarginum, þá hafi þær aðgerðir orðið til þess að bitmýið hvarf við Efra Sog sumarið 1959.[36]

6 Vöktun vatnsgæða

Kerfisbundin vöktun hefur farið fram á vatnsgæðum Þingvallavatns og Sogs um nokkurt skeið. Vöktun á vatnsgæðum og lífríki í Þingvallavatns hefur staðið yfir allt frá árinu 2007. Verkefnið er unnið samkvæmt samningi við Umhverfisstofnun, Landsvirkjun, Orkuveitu Reykjavíkur og Þjóðgarðinn á Þingvöllum. Vöktuninni er skipt í þrjá megin þætti en þeir skiptast í vöktun á efna- og eðlisþáttum í í rennsli og útfalli vatnsins, á lífríkis-, efna og eðlisþáttum í vatnsbol og á fiskistofnum. Niðurstöður vöktunar á þessum þáttum sýna að mengandi efni eru í lágum styrk í Þingvallavatni og vatnsgæði eru almennt góð.[37,38] Allt frá árinu 1998 hefur farið fram árleg vöktun á efnasamsetningu vatns, rennsli og aurburði í Sogi. Niðurstöður sýna að mengunarefni eru þar í lágum styrk.[39]

7 Ástand lífríkis í Efra Sogi og Úlfljótsvatni

Aðstæður fyrir vöxt og viðgang bitmýs í útfalli Þingvallavatns og Efra Sogi hafa verið mjög góðar fyrir byggingu Steingrímsstöðvar. Mergð bitmýs er gjarnan mest í útfalli vatna þar sem nægt framboð er af lífrænum ögnum, en það er algengt þar sem um frjósöm vötn er að ræða eins og við Mývatn og Elliðavatn.

Bitmýið er ein mikilvægasta fæða fiska og fugla í straumvatni. Mestan hluta lífsferilsins síns lifir bitmýið sem lirfa á botni straumvatna en þar festa þær sig við steina og þrífast á lífrænum ögnum sem berast niður farveginn. Hér á landi eru 4 tegundir bitmýs en aðeins ein þeirra mývargurinn, *Similium vittatum*, sýgur blóð úr spendýrum. Lífsferlar bitmýs geta verið breytilegur milli straumvatna og fjöldi kynslóða getur verið breytilegur innan viðkomandi straumvatns. Á Suðurlandi er hefst klaktími seint í maí en á norðurlandi í júníbyrjun. Þar sem aðstæður eru góðar eru oft fleiri en ein kynslóð af bitmýi eða göngur sem fljúga upp á tímabilinu frá júlí til september. Í Laxá, S-Þingeyjarsýslu eru tvær kynslóðir bitmýs í efri hluta árinnar en aðeins ein kynslóð neðar í ánni.[40] Á sumum ám á Suðvesturlandi er talið að geti verið allt að þrjár göngur bitmýs yfir sumarið.[41] Í Sogi eru taldar hafa verið tvær bitmýsgöngur á sumri, með stærri göngu um Jónsmessuna og síðan minni í lok ágúst.[42]

Dreifing DDT á klaktíma flugunnar við Efra Sog og síðan stíflun farvegarins í framhaldinu hefur að öllum líkindum orðið til þess að mýið við Efra Sog nánast hvarf. Það má hins vegar ekki gleyma því að með tilkomu stíflunnar var tekið fyrir rennsli um Efra-Sogs, sem haft hefur þau áhrif að lirfur bitmýsins þrifust þar ekki lengur fyrr en að rennsli var hleypt um nýjan leik um farveg Efra Sogs. Hrun á bitmýsstofnum á svæðinu hefur að öllum líkindum leitt til minna fæðuframboðs

[36] Samkvæmt viðtali við Sigurð Jónsson, fyrrverandi starfsmann Efra Falls, frá 20.08.2009.
[37] Eydís Salome Eiríksdóttir og Sigurður Reynir Gíslason. 2011. Efnasamsetning Þingvallavatns 2007-2010. Jarðvísindastofnun Háskólans, RH-07-2011.
[38] Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason og Stefán M. Stefánsson. 2009. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Náttúrufræðistofa Kópavogs, Fjölrit nr. 1-10.
[39] Eydís Salome Eíríksdóttir et. al. 2011. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XIV. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar. Jarðvísindastofnun háskólans, RH-05-2011.
[40] Gísli M. Gíslason og Vigfús Jóhannsson. 1985. Bitmýið í Laxá í Suður-Þingeyjarsýslu. Náttúrufræðingurinn 55 (4). Bls. 175-194
[41] Vigfús Jóhannsson. 1988. The life cycle of *Simulium vittatum* Zett. in Icelandic lake-outlets. Verh. Internat. Verein. Limnol. 23. Bls. 2170-2178.
[42] Pétur M. Jónasson. 2002. Líf í stríðum straumi. Úr: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun. Mál og Menning, Reykjavík 2002. Bls. 220-223.

fyrir fiskstofna Úlfljótsvatns. Samkvæmt heimildum Óskars Ögmundssonar, fyrrverandi bónda á Kaldárhöfða sást lítið af lirfum í silungamögum í Úlfljótsvatni sumarið 1959.[43] Einnig verður að telja að rof varnarstíflunnar í útfalli Þingvallavatns þann 17. júní 1959 ásamt þeim rennslistruflunum er urðu í kjölfarið, hafi valdið töluverðri röskun á lífríki Sogsins.

Allt frá árinu 1993 hefur Landsvirkjun að jafnaði hleypt um 4 m^3/s vatni úr Þingvallavatni undir lokur í stíflu Steingrímsstöðvar niður farveg Efra Sogs. Rennsli í farveginum fer ekki undir 4 m^3/s en meira vatni er hleypt framhjá ef vatnsborð Þingvallavatns hækkar ört. Stöðugt framhjárennsli um farveg Efra Sogs hefur fyrst og fremst haft þann tilgang að auka framleiðslugetu þessa svæðis fyrir lífríki. Fylgst hefur verið með botndýralífi og flugnagildrum við Efra Sog allt frá árinu 1997. Niðurstöður sýna að lífrænt rek úr Þingvallavatni um Efra Sog hefur aukist vegna aukins rennslis þar síðustu ár. Botndýralíf neðan við stíflu Steingrímsstöðvar hefur aukist þó að breytileiki sé töluverður í stofnstærð bitmýs á milli ára.[44] Sveiflur í stærð bitmýsstofna stafa væntanlega að hluta til af óstöðugu rennslismynstri neðan stíflunnar. Bitmý á þessu svæði hefur þó ekki náð sömu hæðum og það var í fyrir byggingu Steingrímsstöðvar.

Í Úlfljótsvatni er mikið af smávaxinni, hægvaxta bleikju en þar er einnig að finna urriða. Rannsóknir sýna að bitmý er að finna í fæðu silungs í vatninu og lífrænt rek hefur aukist úr Þingvallavatni um Efra Sog sem kemur lífríki Úlfljótsvatns til góða.[45] Niðurstöður nýlegrar rannsóknar á gönguhegðun urriða í Efra Sogi og Úlfljótsvatni sýna að töluvert er af urriðaseiðum og göngufiski efst í Efra Sogi.[46]

8 Mat á DDT mengun við Kaldárhöfða og Sog

Safnað var jarðvegs-, gróður- og setsýnum við Kaldárhöfða í þeim tilgangi að meta mögulega DDT mengun á þessu svæði. Sýnataka á gróður- og jarðvegssýnum fór annars vegar fram á árunum 2000 og 2001 og hins vegar á árinu 2011. Á árinu 2011 var ákveðið að endurtaka sýnatöku á jarðvegssýnum til að svara því betur hve hratt DDT-efni losna úr jarðvegi á Kaldárhöfða og hve lengi megi vænta þess að efnin verði þar til staðar. Endurtekin sýnataka gæfi einnig hugmynd um styrk DDT í jarðvegi þegar það var notað síðast eða árið 1959. Til samanburðar við jarðvegssýnin voru tekin setsýni í Úlfljótsvatni. Nýsköpunarmiðstöð Íslands sá um sýnatöku jarðvegssýna og Náttúrufræðistofa Kópavogs um setsýnatöku í Úlfljótsvatni, sjá viðauka 1.

8.1 Mælingar á DDT og afleiðum þess við Kaldárhöfða og í Úlfljótsvatni

<u>Gróður- og jarðvegssýnataka 2000 og 2001</u>

Á árunum 2000 og 2001 lét Landsvirkjun taka sýni úr gróðri og jarðvegi í Kaldárhöfða og við brúna við Efra Sog í þeim tilgangi meta styrk DDT-efna á þessu svæði.

Þrjú sýni voru tekin af gróðurþekju við Kaldárhöfða þann 10.febrúar 2000. Bakgrunnssýni var tekið sunnan með vegi í um 500 m fjarlægð frá Kaldárhöfð. Sýni voru send til SGAB Analytica í Svíþjóð til efnagreiningar.

[43] Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Sigurður Guðjónsson. 1996. Sog, lífríki þess og virkjanir. Veiðimálastofnun, VMST-S/00007.

[44] Magnús Jóhannson, Guðni Guðbergsson og Jón Ólafsson. 2011. Lífríki Sogs. Samantekt og greining á gögnum frá árunum 1985-2008. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun, VMST/11049; LV-2011/089.

[45] Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson. 2000. Úlfljótsvatn. Fiskrannsóknir árið 2000. Veiðimálastofnun, VMST-S/00007.

[46] Jóhannes Sturlaugsson. 2011. Gönguhegðun urriða í Efra-Sogi og Úlfljótsvatni. Framvinda 2010. Laxfiskar.

Þann 23. október 2001 voru tekin fjögur sýni af jarðvegsýni á nokkurra fermetra svæði rétt neðan við brúna að Steingrímsstöð. Sýnin voru tekin á sama stað og sýni af gróðurþekjunni árið áður. Sýni voru efnagreind af SGAB Analytica í Sviþjóð.

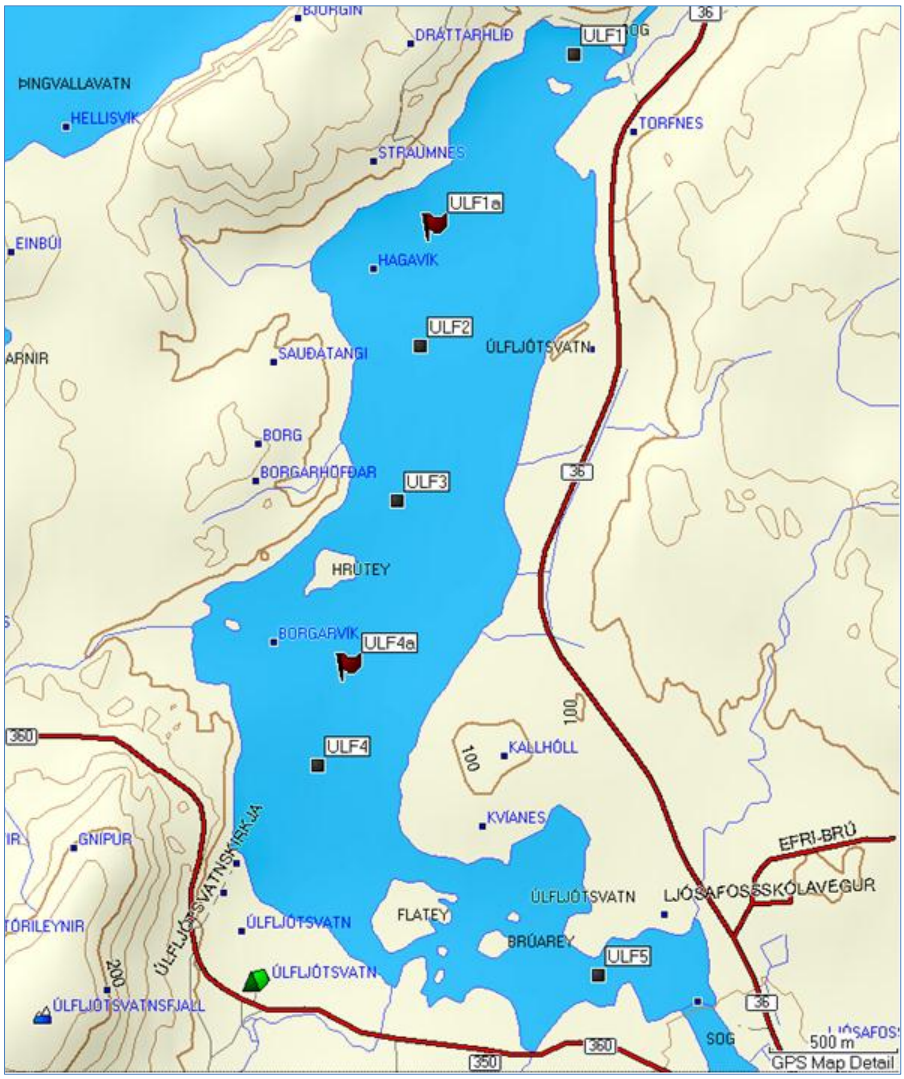
Jarðvegssýnataka 2011

Fjögur jarðvegssýni voru tekin við 28.06.2011 á svipuðum slóðum og gert var árið 2001 eða á móts við brúna að Steingrímsstöð. Teknir voru 3 sívalningar á hverjum stað (3,5 cm í þvermál og 12 cm langir), sjá viðauka 1.

Setsýnataka 2011

Sýnataka á seti í Úlfljótsvatni fór fram þann 4. maí 2011. Fimm stöðvar voru hnitsettar fyrirfram á korti, dreifðar jafnt niður eftir lengd vatnsins, Mynd 13. Siglt var á báti á hvern punkt og botngerð könnuð. Sýnum var safnað á 5 stöðvum en hnika þurfti til tveimur sýnatökustöðvum vegna botngerðar (stöð 1 og 4), sjá viðauka 1. Setsýnum var komið samdægurs til Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands til greiningar.

Jarðvegs- og setsýni voru send til ALS Scandinavia AB til efnagreiningar. Í set- og jarðvegssýnum var áætlað að mæla þurrefni, heildarmagn lífræns kolefnis (TOC), glæðitap og DDT efni. Ekki tókst að mæla TOC og glæðitap vegna mikils vatnsinnihalds í sýnum.



Mynd 13 Sýnatökustaðir setsýna í Úlfljótsvatni 4. maí 2011 (Mynd úr Viðauka 1).

8.2 Niðurstöður mælinga á DDT efnum í jarðvegi, gróðri og seti

Niðurstöður mælinga 2000 og 2001

DDT-efni mældust í einu gróðurþekjusýnanna (jöfn greiningarmörkum) en annars undir greiningarmörkum. Styrkur DDT-efna var mjög lágur í gróðursýnunum og með öllu hættulaus dýrum, sjá viðauka 1.

Niðurstöður efnagreininga á jarðvegssýnum leiddu í ljós að DDT-efni voru að finna í tveimur sýnum af fjörum. Í tveimur sýnum var summa DDT-efna undir greiningarmörkum en í hinum tveimur mældust DDT-efni 5 og 17 µg/kg þurrvigt.

Niðurstöður mælinga 2011

Niðurstöður setsýnatöku voru þær að DDT efni fundust í 3 sýnum af 5 og var þar aðallega að finna DDE afleiðu efnisins sem myndast við loftfirrtar aðstæður, Tafla 2. Það bendi til þess að DDT sem upphaflega hafi verið losað í yfirborðsvatn sé nú að hluta til undir setlagi þar sem loftfirrtar aðstæður ráða. Ekki reyndist unnt að mæla glæðitap og heildarmagn lífræns kolefnis í sýnum (TOC=Total Organic Carbon) en þær upplýsingar hefðu nýst til að bera saman niðurstöður á milli svæða og til samanburðar við síðari mælingar. Niðurstöður benda til að DDT efni sé helst að finna norðarlega í Úlfljótsvatni eins og við var að búast. Hlutfallslega hátt gildi á DDD afleiðu efnisins á stöð 4 í Úlfljótsvatni gæti bent til að uppsprettur væru fleiri, sjá viðauka 1.

Tafla 2 Niðurstöður mælinga á DDT efnum í seti í Úlfljótsvatni, sjá viðauka 1.

Efnaþáttur	**Mælieining***	**Stöð**									
		1		**2**		**3**		**4**		**5**	
		0-3cm	3-6cm	0-3cm	3-6cm	0-3cm	3-6cm	0-3cm	3-6cm	0-3cm	3-6cm
o,p'-DDT	µg/kg þv	<0.1	<0.1	<0.30	<0.20	<0.40	<0.30	<0.60	<0.30	<0.90	<0.30
p,p'-DDT	µg/kg þv	<0.1	<0.1	<0.30	<0.20	<0.40	<0.30	<0.60	<0.30	<0.90	<0.30
o,p'-DDD	µg/kg þv	<0.1	0,2	<0.30	<0.20	<0.40	<0.30	<0.60	<0.30	<0.90	<0.30
p,p'-DDD	µg/kg þv	0,38	6	0,32	0,44	<0.40	<0.30	3,3	<0.30	<0.90	<0.30
o,p'-DDE	µg/kg þv	<0.1	<0.1	<0.30	<0.20	<0.40	<0.30	<0.60	<0.30	<0.90	<0.30
p,p'-DDE	µg/kg þv	0,12	0,26	<0.30	<0.20	<0.40	<0.30	<0.60	<0.30	<0.90	<0.30
Summa DDT-efna (LB)**	µg/kg þv	0,5	6,46	0,32	0,44	0	0	3,3	0	0	0
Summa DDT-efna (UB*)**	µg/kg þv	**0,9**	**6,76**	**1,82**	**1,44**	**2,4**	**1,8**	**6,3**	**1,8**	**5,4**	**1,8**

* Niðurstöður mælinga eru á þurrefnisgrunni.

** LB, lágstyrkur (lower bound) þar sem styrkur undir greiningarmörkum er settur jafn núlli.

*** UB, hástyrk (upper bound) þar sem styrkur undir greiningarmörkum er settur jafn greiningamörkum.

DDT efni í jarðvegssýnum mældust vel yfir greiningarmörkum í öllum jarðvegssýnum. Í eldri sýnatöku mældist summa DDT <3 til 17 µg/kg þurrvigtar, en í sýnum frá 2011 mældist þau 3,7 til 276 µg/kg þurrvigtar, Tafla 3.

Tafla 3 Niðurstöður mælinga á DDT efnum í jarðvegi, sjá viðauka 1.

Efnaþáttur	Mælieining	Sýni			
		1	**2**	**3**	**4**
Þurrefni (105°C)	%	65,9	60,0	57,0	53,3
Glæðitap	%	20,1	21,1	21,5	27,8
TOC	%	9,33	9,27	8,78	10,70
o,p'-DDT	µg/kg	16	1	0,17	0,16
p,p'-DDT	µg/kg	100	14	1	1,9
o,p'-DDD	µg/kg	1,9	<0.10	0,24	<0.10
p,p'-DDD	µg/kg	8,5	0,7	0,38	0,36
o,p'-DDE	µg/kg	1	<0.10	<0.10	<0.10
p,p'-DDE	µg/kg	140	13	1,7	4,9
Summa DDT-efna (LB)	µg/kg	267,4	28,7	3,5	7,3
DDE/(DDT+DDE+DDT)	**%**	**52,7**	**45,3**	**45,8**	**65,8**

Af DDT efnum var hlutfall DDE nokkuð hátt sem bendir til að DDT efni hafi legið lengi í jarðveginum. Þrátt fyrir að styrkur DDT efna sé hærri en mældist í eldri sýnum, er styrkur þessara efna lítill í samanburði við þau mörk er aðrar þjóðir hafa sett sér fyrir DDT efni í jarðvegi. Gera má ráð fyrir að leifar DDT efna verði enn til staðar í jarðvegi á tanganum við Steingrímsstöð í nokkurn tíma, en styrkur DDT efnanna er ekki talinn mikill og ekki er talið að hann geti skapað hættu eða valdið mönnum eða dýrum skaða á þessu svæði, sjá viðauka 1.

8.3 Mælingar á DDT efnum á nálægum svæðum

Mælingar á styrk þrávirkra lífrænna efna í íslensku lífríki og seti eru fáar en hefur þó fjölgað á síðustu árum. Athyglin hefur einna mest beinst að styrk þessara efna í fuglum og sjávarlífverum m.a. vegna lífuppsöfnunar og lífmögnunar.

Nokkrar rannsóknir hafa farið fram á yfirborðsvatni, straumvatni og lífríki á vatnasviði Þingvallavatns og Sogs. Á árunum 1994 til 1996 fór fram könnun á ólífrænum og klórlífrænum efnum þ.m.t. DDT-efnum í vistkerfi Þingvallavatns. Tekin voru sýni úr lifur silunga í vatninu og úr seti í Vatnskoti og Varmagjá. Styrkur DDT-efna í lifur silunga var almennt mjög lágur en var hæstur í Sílableikju og murtu. Styrkur þessara efna var almennt undir greiningarmörkum. Í setsýnum mældist styrkur DDT-efna lágur en styrkur þeirra lækkaði með dýpi.[47]

Rannsókn for fram á þrávirkjum klórlífrænum efnum úr 4 vatnssýnum úr Ölfusá, Hvítá og Þjórsá ásamt einu setsýni úr Hvítá við Brúarhlöð á árinu 1999 fyrir Veiðifélag Árnesinga. Lítið magn DDT efna greindist í setsýni úr Hvítá en engin DDT-efni voru yfir greiningarmörkum í vatnssýnum.[48]

[47] Guðjón Atli Auðunsson. 1997. Könnun á ólífrænum og klórlífrænum snefilefnum í vistkerfi Þingvallavatns. Sýnataka 1994-1996. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, RF27-1997.

[48] Kristín Ólafsdóttir 1999. Rannsókn á þrávirkum klórlífrænum efnum í ár- og setsýnum frá Suðurlandi. Minnisblað til AMSUM, Hollustuvernd ríkisins, dags. 19.1.1999.

Nýleg rannsókn fór fram á mengun varnarefna í yfirborðsvatni, en tekin voru sýni úr Ölfusá og Elliðaám og í strandsjó en sýnatökustaðir voru valdir m.t.t. mengunarálags af völdum mannsins.[49] DDT efni mældust undir greiningarmörkum og heildarstyrkur DDT var minni en 0,06 µg/l.

9 Lokaorð

Á byggingartíma Steingrímsstöðvar var skordýraeitrið DDT vel þekkt sem mikilvægt vopn í baráttunni við plágur eins og malaríu. Sem dæmi um það hóf Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin (WHO) mikla útrýmingarherferð gegn malaríu í heiminum árið 1955 þar sem aðallega var notast við skordýraeitrið DDT. Eituráhrif þrávirkra lífrænna efna eins og DDT voru lítt þekkt á þessum tíma. Það var ekki fyrr en að bók Rachel Carson um „Þögla vorið" (Silent Spring) kom út á árinu 1962 að menn fara að gera sér grein fyrir eituráhrifum efnisins og í kjölfar hennar var dregið verulega úr notkun þess. Á áttunda áratugnum höfðu flestar þjóðir í hinum vestræna heimi bannað framleiðslu og notkun efnisins. Notkun varnarefna á Íslandi hefur verið lítil í samanburði við önnur lönd en efnið var þó selt hér á landi til að verjast meindýrum í landbúnaði og til að verjast höfuðlúsinni. Ráðgjöf sérfræðinga Háskóla Íslands til byggingaraðila við Steingrímsstöð hefur verið í samræmi við þá þekkingu sem þá var við lýði um virkni efnisins gegn skordýraplágum. Eins og fram hefur komið í viðtali við fyrrverandi starfsmann byggingaverktaka skiluðu aðgerðirnar þeim árangri að flugan hvarf. Engu að síður verður að telja að stíflubrestur og það að tekið var fyrir rennsli um farveg Efra Sogs um langa hríð hafi án efa átt sinn hlut í hruni bitmýsstofna á þessu svæði.

Niðurstöður mælinga á jarðvegs- og setssýnum frá árunum 2001 og 2011 staðfesta notkun DDT við Steingrímsstöð. Í setsýnum fannst aðallega DDD sem er afleiða efnisins, en sundrun DDT í lífverum og jarðvegi leiðir alla jafna til myndunar á DDD, sem myndast við loftfirrtar aðstæður. Niðurstöður benda einnig til að helsta uppspretta DDT efnanna sé norðarlega í vatninu. Styrkur DDT efna í jarðvegssýnum frá árinu 2011 reyndist töluvert hærri en styrkur þessara efna í sýnum sem tekin voru árið 2001. Það gæti stafað af breytilegri dreifingu DDT-efna á tanganum við brúna eða vegna mismunandi aðferða við sýnatöku. Gera má ráð fyrir að styrkur DDT efna verði mælanlegur til lengri tíma á þessu svæði.

Samanburður á styrk DDT efna í seti í Úlfljótsvatni og jarðvegi við Steingrímsstöð við styrk þessara efna á nálægum viðmiðunarsvæðum sýnir að styrkur DDT efna er hærri þar en á nálægum svæðum. Styrkur DDT efna í Úlfljótsvatni er hins vegar sambærilegur við styrk þessara efna í háfjallavötnum Colorado og á norðurslóðum Kanada. Hann er hins vegar umtalsvert lægri en víða í vatnaseti í Bandaríkjunum, sjá viðauka 1.

Ef litið er á mældan styrk þessara efna á grundvelli eiturefnafræðilegra áhrifa og að teknu tilliti til þeirra viðmiðana sem aðrar þjóðir hafa sett sér um DDT efni, þá er styrkur DDT efna á þessu svæði lítill. Styrkur DDT efna á þessu svæði er ekki talinn það hár að hann geti skapað hættu eða valdið mönnum eða dýrum skaða, sjá viðauka 1.

Rannsóknir á lífríki Sogs og Úlfljótsvatns sýna aukna framleiðslu á botndýralífi í Efra Sogi auk þess að seiði og göngufiskur eru farin að nýta sér svæðið. Gamli farvegurinn neðan stíflunnar var á þurru til margra ára, en allt frá árinu 1993 hefur Landsvirkjun hleypt vatni undir árlokur stíflu í útfalli Þingvallavatns. Viðvarandi 4 m^3/s rennsli er nú um farveg Efra Sogs en meira vatni er þó hleypt framhjá ef vatnsborð Þingvallavatns hækkar ört. Framhjárennslið hefur fyrst og fremst þann tilgang að auka framleiðslugetu Efra Sogs fyrir lífríki.

Áhrif dreifingar á varnarefninu DDT á árunum 1957 og 1958 á lífríki Sogs eru talin vera nokkuð staðbundin en ekki varanleg í þeim skilningi að mý, annað botndýralíf og silungastofnar hafi horfið með öllu. Hins vegar verður að telja að þær aðgerðir sem miðuðu að því að eyða flugunni

[49] Anna Dröfn Guðjónsdóttir. 2011. Mengun í yfirborðsvatni – Vöktunaráætlun fyrir forgangsefni Vatnatilskipunar Evrópusambandsins. Masters ritgerð í Umhverfis- og auðlindafræði við Háskóla Íslands.

auk þess að girt var fyrir rennsli um farveg Efra Sogs með stíflu í útfalli Þingvallavatns, hafi valdið verulegri skerðingu á bitmýsstofnum sem og öðru botndýralífi á svæðinu um nokkurt skeið. Með rennsli um farveg Efra Sogs hefur rek lífrænna efna aukist en það nýtist botndýralífi og þar með bitmýi neðan stíflunnar. Þrátt fyrir að breytileiki sé á milli ára í bitmýsframleiðslu á þessu svæði og að bitmý á þessu svæði hafi ekki náð sömu hæðum og var fyrir byggingu Steingrímsstöðvar þá eru seiði og göngufiskur farin að nýta sér svæðið á nýjan leik, er bendir til jákvæðrar þróunar og er vonandi skref í átt að endurheimt þess vistkerfis sem var.

10 Heimildir

1. Aðalskipulag Grímsnes- og Grafningshrepps 2002-2014.
2. Alda Möller. 1977. DDT. Böl eða blessun. Grein í Vísi, dags. 26. mars 1977. Bls. 15.
3. AMAP. 2000. Fact sheet #1. Persistent Organic Pollutants (POPs). Arctic Monitoring and Assessment Programme.
4. AMAP. 2002. Fact Sheet: Transport of contaminants to the Arctic, and their fate. Arctic Monitoring and Assessment Programme.
5. Anna Dröfn Guðjónsdóttir. 2011. Mengun í yfirborðsvatni – Vöktunaráætlun fyrir forgangsefni Vatnatilskipunar Evrópusambandsins. Masters ritgerð í Umhverfis- og auðlindafræði við Háskóla Íslands.
6. Árni Sigurðsson, Jóhanna M. Thorlacius, Elín V. Magnúsdóttir og Kristín Ólafsdóttir 2011. Þrávirk lífræn mengunarefni í lofti og úrkomu við Stórhöfða. Erindi á ráðstefnunni „Umhverfismengun á Íslandi. Vöktun og rannsóknir".
7. Árni Snorrason 2002. Vatnafar á vatnasviði Þingvallavatns. Bók: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun.Bls 110-119.
8. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. DDT, DDE, DDD. Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999.
9. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Sept. 2007.
10. Erla Salómónsdóttir 1970. DDT í fiski og fiskafurðum. Tímarit um lyfjafræði, 5 (2). Bls. 3-10.
11. European Parliament and the Council. 20. Nov. 2001. Decision No. 2455/2001/EC. List of Priority Substances in the Field of Water Policy. (Water Framework Directive, Annex X).
12. Eydís Salome Eiríksdóttir og Sigurður Reynir Gíslason. 2011. Efnasamsetning Þingvallavatns 2007-2010. Jarðvísindastofnun Háskólans, RH-07-2011.
13. Eydís Salome Eíríksdóttir et. al. 2011. Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XIV. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar. Jarðvísindastofnun háskólans, RH-05-2011.
14. Frjáls þjóð. Rannsókn á silungsdauða í Soginu: Eitrað fyrir mý með DDT og fleiri efnum. Grein á bls. 8.
15. Gísli M. Gíslason og Vigfús Jóhannsson. 1985. Bitmýið í Laxá í Suður-Þingeyjarsýslu. Náttúrufræðingurinn 55 (4). Bls. 175-194
16. Guðjón Atli Auðunsson. 1997. Könnun á ólífrænum og klórlífrænum snefilefnum í vistkerfi Þingvallavatns. Sýnataka 1994-1996. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, RF27-1997.
17. Guðjón Atli Auðunsson. 2011. Greinargerð: DDT-efnasambönd í jarðvegi á Tanganum sunnan við brú yfir Efra-Sog að Steingrímsstöð og í seti í Úlfljótsvatni. Nýsköpunarmiðstöð Íslands.
18. Gunnar S. Þorleifsson. 1982. Íslenskir sagnaþættir. 1.b. Bls:195-196
19. Helgi M. Sigurðsson. 2002. Vatnsaflsvirkjanir á Íslandi. Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen. Reykjavík 2002.
20. Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason og Stefán M. Stefánsson. 2009. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Náttúrufræðistofa Kópavogs, Fjölrit nr. 1-10.
21. Hrönn Ólína Jörundsdóttir, Natasa Desnica, Sonja H. Guðjónsdóttir, Þuríður Ragnarsdóttir og Helga Gunnlaugsdóttir. 2010. Mengunarvöktun í lífríki sjávar við Ísland 2008 og 2009. Matís, Skýrsla: 30-10.
22. Jarðir Reykjavíkur í Grafningi og Ölfusi. Landnýtingaráætlun 1997.
23. Jóhannes Sturlaugsson. 2011. Gönguhegðun urriða í Efra-Sogi og Úlfljótsvatni. Framvinda 2010. Laxfiskar.
24. Kristín Ólafsdóttir 1999. Rannsókn á þrávirkum klórlífrænum efnum í ár- og setsýnum frá Suðurlandi. Minnisblað til AMSUM, Hollustuvernd ríkisins, dags. 19.1.1999.
25. Landsvirkjun. 2010. LEI-76. Fastbundnar takmarkanir fyrir Sogsstöðvar.

26. Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson. 2000. Úlfljótsvatn. Fiskrannsóknir árið 2000. Veiðimálastofnun, VMST-S/00007.
27. Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Sigurður Guðjónsson. 1996. Sog, lífríki þess og virkjanir. Veiðimálastofnun, VMST-S/00007.
28. Magnús Jóhannson, Guðni Guðbergsson og Jón Ólafsson. 2011. Lífríki Sogs. Samantekt og greining á gögnum frá árunum 1985-2008. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun, VMST/11049; LV-2011/089.
29. Ministry of housing, Spatial Planning and Evironment, Netherlands, 4. February 2000.
30. NPTN. National Pesticide Information Centre. DDT (General Fact Sheet). Oregon State University.
31. Óskar Ögmundsson 1985. Samantekt Óskars Ögmundssonar, bónda á Kaldárhöfða, Grímsneshreppi, úr dagbókum bróður hans, Jóns Ögmundssonar. Ljósrit. 12 bls.
32. Pétur M. Jónasson. 2002. Líf í stríðum straumi. Úr: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun. Mál og Menning, Reykjavík 2002. Bls. 220-223.
33. Rachel Carson. 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin.
34. Rafmagnsveita Reykjavíkur. 1993. Virkjunarframkvæmdir í Sogi. Myndskeið á geisladiski. Höfundur myndefnis: Erlendur S. Ólafsson.
35. Sigmundur Freysteinsson. 2011. LJO, IRA, STE Sogsvirkjanir Gagnagrunnur 2011. Landsvirkjun. LV-2011/067.
36. Sogsvirkjunin. 1966. Sogsvirkjunin 1965.
37. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Vefslóð: http://chm.pops.int
38. Stokkhólmssamningurinn um þrávirk lífræn efni (POP). Efni af vef Umhverfisstofnunar frá 1.09.2011.
39. Sveinn Benediktsson. 1964. Efra Sog. Grein í Lesbók Morgunblaðsins, 39. Tbl. 1964
40. Sögufélagið. 1979. Árnessýsla. Sýslu- og sóknalýsingar Hins Íslenska bókmenntafélag 1838-1943. Sögufélagið Reykjavík. 277 bls.
41. Tíminn 1957. Framkvæmdir hafnar af fullum krafti við stórvirkjun Efra-Sogs. Grein frá 2. Október 1957.
42. Tíminn. 1958. Rafstöðin við Efra-Sog mun framleiða um 27000 kílóvött. Grein frá 5. Júlí 1958. Bls. 7.
43. UNEP. 2008. Global status of DDT and its alternatives for use in vector control to prevent disease. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants.
44. US Environmental Protection Agency. 1989. Environmental Fate and Effects Division, Pesticide Environmental Fate One line Summary:DDT (P,P´). Washington, D.C.
45. Vigfús Jóhannsson. 1988. The life cycle of Simulium vittatum Zett. in Icelandic lake-outlets. Verh. Internat. Verein. Limnol. 23. Bls. 2170-2178.

Viðaukar

Viðauki 1 – Guðjón A. Auðunsson. 2011. DDT-efnasambönd á Tanganum sunnan við brú yfir Efra-Sog að Steingrímsstöð og í seti í Úlfljótsvatni. NMI 11-07.30.08.2011. Nýsköpunarmiðstöð Íslands, NMI 11-07.

Viðauki 1 – DDT-efnasambönd á Tanganum sunnan við brú yfir Efra-Sog að Steingrímsstöð og í seti í Úlfljótsvatni

NMI 11-07
September 2011

DDT-efnasambönd í jarðvegi á Tanganum sunnan við brú yfir Efra-Sog að Steingrímsstöð og í seti í Úlfljótsvatni

Höfundur:
Guðjón Atli Auðunsson

Nýsköpunarmiðstöð Íslands

efnagreiningar
KELDNAHOLTI

DDT-efnasambönd í jarðvegi á Tanganum sunnan við brú yfir Efra-Sog að Steingrímsstöð og í seti í Úlfljótsvatni

1 Inngangur 2
1.1 Forsaga 2
1.2 DDT og niðurbrots- (eða umbrots-) efni þess. 2
1.3 Tilgangur rannsóknar og fyrri rannsóknir á DDT-efnum við Úlfljótsvatn 4
1.4 Framkvæmdaraðilar rannsóknar 5
2 Sýnataka 2011 6
2.1 Setsýnataka 6
2.2 Jarðvegssýnataka 9
3 Mælingar 10
4 Niðurstöður efnamælinga og umfjöllun 11
4.1 Niðurstöður mælinga á setsýnum. 11
4.2 Niðurstöður mælinga á jarðvegssýnum. 16
5 Niðurstaða 18

VIÐAUKI I Greinargerð um niðurstöður sýnatöku og mælinga á gróðurþekju og jarðvegi á nefi sunnan brúar að Steingrímsstöð 2000 og 2001.

VIÐAUKI II Niðurstöður mælinga á seti og jarðvegi 2011.

1 Inngangur

1.1 Forsaga

Að ósk Landsvirkjunar fór fram sýnataka og mælingar vegna hugsanlegrar mengunar af völdum DDT-notkunar við byggingu Steingrímsstöðvar. Notkun DDT fór fram árin 1957-1958 til að eyða bitmýi á svæðinu.
Samkvæmt upplýsingum frá Landsvirkjun var á árinu 1957 5% DDT-dufti úðað með fýsibelg í grasið meðfram bökkum Úlfljótsvatns, norðan við innrennsli Efra Sogs í Úlfljótsvatn (þar sem nú liggur vegurinn að stöðvarhúsinu). Þessi aðgerð hafði lítil áhrif á bitmýið. Árið 1958 var hins vegar sterk blanda (líklega 85-95%) af DDT í steinolíu látið leka út í Efra-Sog rétt við útfallið úr Þingvallavatni og var líklega 5-10 kg af DDT látið fara í Efra-Sog með þessum hætti og endurtekið e.t.v. 2-3 sinnum. Við þetta hvarf bitmýið.
Samkvæmt upplýsingum frá heimamönnum rann Kaldáin milli Tangans og Torfness fram til 1957 er farvegi árinnar var breytt í núverandi horf til að auðvelda brúargerð. Sjá má eldri farveg Kaldár á mynd 1. Heimamenn segja einnig að DDT hafi verið sett í alla læki og vatnsfarvegi, sem leiddu út í Úlfljótsvatn.

Mynd 1 *Tanginn við Úlfljótsvatn. Greina má eldri farveg Kaldár milli Tangans og Torfness.*

1.2 DDT og niðurbrots- (eða umbrots-) efni þess.

Skammstöfunin DDT er líklega sú, sem almennt er mest þekkt af öllum þrávirkum klórlífrænum efnasamböndum og stendur fyrir p,p'-DDT (eða 1,1'-[2,2,2-trichloroethylidine]-bis-[4-chlorobenzene]). Þessi skammstöfun hefur einnig verið notuð um ýmsar framleiðslutegundir af skordýraeitri, sem að mestu samanstanda af p,p'-DDT. Dæmigerð

framleiðslutegund hefur eftirfarandi samsetningu, en DDT hefur verið selt undir ýmsum verslunarheitum (t.d. Anofex, Cezarex, Dinocide, Gesarol, Guesapon, Guesarol, Gyron, Ixodex, Neocid, Neocidol, Zerdane) :

Skammstöfun á efni	Hundraðshluti af massa
p,p'-DDT	77,1%
o,p'-DDT	14,9%
p,p'-DDD (eða p,p'-TDE)	0,3%
o,p'-DDD (eða o,p'-TDE)	0,1%
p,p'-DDE	4,0%
o,p'-DDE	0,1%
Önnur óþekkt efnasambönd	3,5%

Sem lyf kallast DDT clofenotane eða Dicophane (British Pharmocopoeia), Klorfenoton (Swedish Pharmacopoeia), og Chlorophenothane (U.S. Pharmocopoeia).

DDD var einnig sem slíkt notað sem skordýraeitur og selt undir nafninu Rothane. DDD og DDE myndast einnig við niðurbrot DDT í t.d. rottum. Lífverur nota annars mismunandi leiðir til niðurbrots á DDT, þar sem upphafsmyndefnið er annars vegar DDD, sem veldur hraðari losun, en hins vegar myndast DDE, sem er stöðugra (þrávirkara). DDD brotnar áfram niður með mörgum milliefnum til myndunar DDA, sem oft má finna í ýmsum lífverum og umhverfissýnum, en það eiga lífverur yfirleitt betur með að losa úr líkama sínum. Fituleysni þessara efnasambanda er mjög mikil. Hlutfall DDE af heildarsummu DDT-efna er oft notað sem mælikvarði á hversu gamalt það DDT er, sem er að finna í lífverum, þ.e. hátt hlutfall DDE þýðir að DDT hefur ekki verið notað nýlega í nágrenni lífverunnar.

DDT kemur ekki fyrir í náttúrunni en var fyrst útbúið á rannsóknarstofu 1874. Það var ekki fyrr en 1939 að menn komust að eiturvirkni þess gagnvart skordýrum. 1942 var fyrst farið að framleiða það sem skordýraeitur og uppúr 1945 í stórum stíl. Í fyrstu var það notað til að verja hermenn gegn malaríu, taugaveiki og öðrum farsóttum, sem dreifðust með skordýrum. Með þessum hætti var t.d. malaríu útrýmt í Bandaríkjunum 1953. Þessi notkun krafðist hlutfallslega lítils magns af DDT miðað við það mikla magn, sem þurfti í landbúnaði. Áætluð heimsframleiðsla á árunum 1950-1993 er 2,6 milljónir tonna, þar af 990.000tonn frá 1970-1993[1] og er til þessa mest framleidda skordýraeitrið í heiminum. Eitthvað mun hafa verið notað af DDT á Íslandi, einkum sem flugnabani (rúmlega 1600kg frá 1960-1970[2]) og eins og fyrir PCB-efni sýna rannsóknir, sem fram hafa farið vegna fráveituframkvæmda við Reykjavík, að styrkur DDE lækkar í lífverum er frá dregur höfuðborginni vegna fyrri tíma notkunar.
Þar sem ýmsar plágur tóku að verða ónæmar fyrir DDT en þó sérstaklega vegna hinna miklu vandamála, sem DDT tók að valda í lífríkinu, fóru þjóðir að banna notkun þess í byrjun áttunda áratugarins og voru Svíar fyrstir, 1.janúar 1970. Í stað DDT var farið að nota aðallega toxafen í landbúnaði, en malathion er varðar baráttuna gegn malaríu en það jók kostnaðinn 3,5-8,5 falt. Ljóst er að DDT bjargaði milljónum mannslífa, bæði vegna útrýmingar taugaveiki, malaríu, gulu og fleiri skordýraborinna sjúkdóma en einnig vegna margbættrar uppskeru. Af þessum sökum og bættri heilsu hermanna kallaði Winston Churchill efnið "hið

[1] E.C.Voldner and Y.F.Li 1995. Global usage of selected persistent organochlorines. Sci.Tot.Environ., 160/161: 201-210.
[2] Tíminn 25. nóvember 1970. Mest DDT í lifur og lýsi (frétt byggð á gögnum frá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins).

undursamlega duft" upp úr 1940, en það var Rachel Carson, sem hóf baráttuna gegn DDT og öðrum þrávirkum efnum í náttúrinni í hinni frægu bók sinni "Þögult vor" 1965, þar sem hún kallaði DDT "elexír dauðans". Í dag er DDT bannað víðast um heim með Stókkhólmssamningnum en undanþága fékkst fyrir nokkur svæði í Afríku, þar sem fá efni jafnast á við það í baráttunni við sjúkdómsberandi skordýr.

DDT og umbrotsefni þess eru mjög varasöm efni í náttúrunni. Þessi efni safnast upp í fitu dýra, og verður styrkur því hærri sem þau verða eldri og standa ofar í fæðukeðjunni. Lífverur vatna og sjávar eru mun viðkvæmari fyrir eituráhrifunum en lífverur á landi og því yngri sem lífverurnar eru því viðkvæmari. Eiturvirkni gagnvart lindýrum er sú að viðkoma dregst saman, þroski ungviðis seinkar, hjarta- og æðasjúkdómar gera vart við sig, og taugakerfi truflast (eituráhrif yfirleitt alvarleg ef styrkur í sjó er meiri en 0,3µg/L). Fiskar eru yfirleitt viðkvæmir fyrir eituráhrifum DDT, sem er að finna í sjálfu vatninu og deyr helmingur fiska á 96 stundum (LC_{50}) við styrk á bilinu 1,5 og 56 µg/L (háð fisktegund og umhverfisþáttum) en eituráhrif af völdum DDD og DDE eru minni[3]. Eiturvirkni DDT í fiskum vex einnig með lækkandi hitastigi. Fiskar eru hins vegar ekki eins viðkvæmir fyrir DDT, sem þeir fá inn með fæðu, og hafa menn áætlað að hæsti skammtur DDT, sem ekki eykur dauðatíðni hjá ungviði laxfiskanna chinook og coho sé 6,25 mg/kg í fæðunni í 95-daga tilraun[2]. Áætla má NOAEL (no observed adverse effect level) út frá þessum styrk í fæðunni og er það á bilinu 0,1-0,3 mg/kg líkamsþyngdar og dag. Rannsóknir sýna að síld sé sérstaklega viðkvæm og fari styrkur DDE yfir 18 µg/kg (0,018mg/kg) votvigt í hrognum síldar í Eystrasalti, hefur það marktæk áhrif á getu seiða til að lifa af[4]. Fuglar eru misviðkvæmir, en eiturvirknin felur yfirleitt í sér þynningu eggjaskurnar og þar með aukna hættu á að egg brotni og tekur þetta að gerast þegar styrkur DDT fer yfir 0,6 mg/kg í fæðu þeirra.

1.3 Tilgangur rannsóknar og fyrri rannsóknir á DDT-efnum við Úlfljótsvatn

Tilgangur þeirrar rannsóknar, sem þessi greinargerð fjallar um, var að kanna hvort og þá að hve miklu leyti leifar af þessari DDT-notkun kynnu að vera í jarðvegi á Tanganum sunnan brúar að Steingrímsstöð og í seti Úlfljótsvatns. Að hluta til er um endurtekna rannsókn að ræða því sýnataka fór einnig fram á gróðurþekju á Tanganum 10/02/ 2000 og jarðvegi 23/10/2001. 10/02/2000 voru 4 sýni tekin af gróðurþekju og í þeim mæld DDT-efni (Minnisblað Ingibjargar Elsu Björnsdóttur, Línuhönnun 10/02/2000) og 23/10/2001 voru tekin 4 sýni af jarðvegi “á nokkurra fermetra svæði rétt fyrir neðan brúna sem liggur að Steingrímsstöð” eða á svipuðum stöðum og sýni höfðu verið tekin af gróðurþekju (Minnisblað Ingibjargar Elsu Björnsdóttur, Línuhönnun, 23/10/2001). Sýnatökustöðvar sýnatökunnar 2000 og 2001 koma fram á mynd 2. Gögnin frá 2000 og 2001 voru tekin saman og túlkuð í greinargerð 20/09/2010 (Guðjón Atli Auðunsson, Nýsköpunarmiðstöð), sjá greinargerðina í viðauka I.

Sú rannsókn, sem þessi greinargerð fjallar um, lýtur að sýnatökum á bæði seti úr Úlfljótsvatni og jarðvegssýnum af Tanganum.

[3] Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the Commission related to DDT as an undesirable substance in animal feed. The EFSA Journal (2006) 433, 1 – 69.

[4] P.-D. Hansen, H.von Westerhagen, and H.Rosenthal 1985. Chlorinated Hydrocarbons and Hatching Success in Baltic Herring Spring Spawners. Mar.Environ.Res., 15: 59-76.

Mynd 2 *Sýnatökustöðvar gróður- og jarðvegssýna 10/02/2000 og 23/10/2001 (mynd fengin frá Ingibjörgu Elsu Björnsdóttur).*

1.4 Framkvæmdaraðilar rannsóknar

Verkefnisstjóri þessa verkefnis var Guðjón Atli Auðunsson, efnafræðingur á Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Sýnatökustöðvar sets og sneiðing kjarna voru ákveðnar af verkefnisstjóra en framkvæmd setsýnatöku var í höndum Náttúrufræðistofu Kópavogs. Við setsýnatökuna unnu líffræðingarnir Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason og Stefán Már Stefánsson.

Um sýnatökur á jarðvegi sá verkefnisstjóri í samvinnu við Ingibjörgu Elsu Björnsdóttur, sjálfstætt starfandi umhverfisfræðing.

Greinargerðin er unnin af verkefnisstjóra en kaflinn um setsýnatökur er unninn af Náttúrufræðistofu Kópavogs.

2 Sýnataka 2011

2.1 Setsýnataka

Höfundar: Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason og Stefán Már Stefánsson, Náttúrufræðistofa Kópavogs

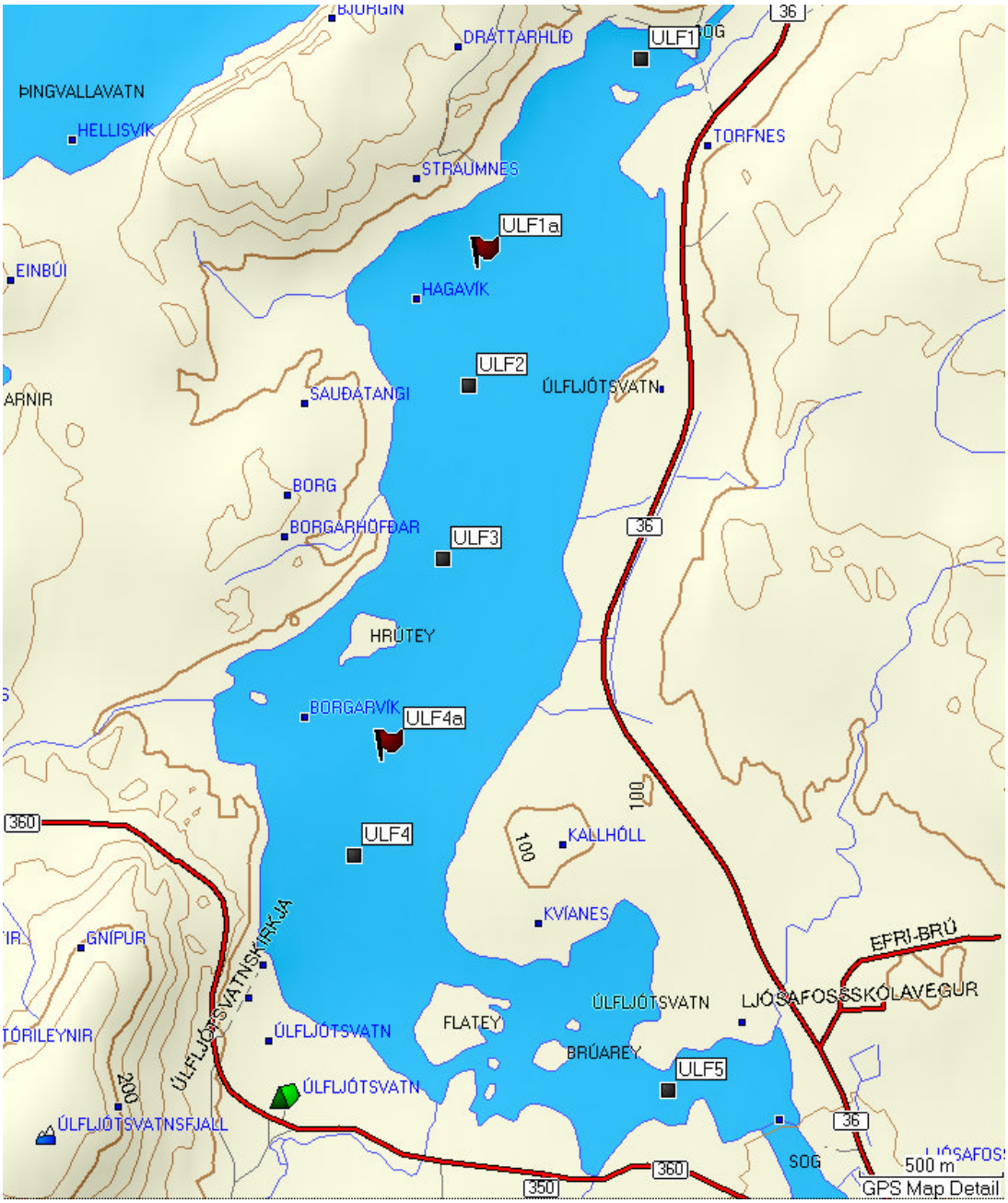
Sýnataka var framkvæmd þann 4. maí 2011. Fyrirfram voru fimm stöðvar hnitsettar í korti sem áttu að vera nokkuð jafnt dreifðar eftir lengd vatnsins eða eftirfarandi, sjá mynd 3.

1. nálægt innrennsli Efra–Sogs í Úlfljótsvatn,
2. í pytti út af Sauðatöngum (mesta dýpi vatnsins),
3. í austur út af Djúpugróf,
4. mitt á milli Hrúteyjar og Flateyjar og
5. í ál milli Hamra og Grjótness.

Siglt var á báti á hvern punkt og botngerð könnuð. Flest sýni náðust á þessum fyrirfram ákveðnu stöðum en hnika þurfti til tveimur sýnatökustöðvum (stöð 1 og stöð 4), þar sem botn var mjög malarkenndur. Þannig var stöð 1 (ULF1) færð nokkuð til suðurs (ULF1a) og stöð 4 (ULF4) nokkuð til norðurs (ULF4a) eins og sést á mynd 3. Mesta dýpi sem mældist á stöð 2 voru 36 metrar, en sýni voru tekin á 33,4 m dýpi.
Til að ná sýnum af botnseti Úlfljótsvatns var notaður s.k. kajak kjarnasýnataki sem er plexígler hólkur með hnífi á neðri enda en þyngingar- og lokubúnaði á efri enda. Kajakinn er látinn síga í línu að botni en síðustu 50 - 100 cm er hann látinn falla nokkuð ákveðið þannig að rörið sökkvi í setið og taki þannig kjarna úr því. Þegar hann hættir að sökkva, slaknar átakið á línunni og þá fellur gúmmítappi í efri enda rörsins og lokar því. Þá er hægt að draga kjarnasýnið upp með kajaknum. Þegar búið er að innbyrða kajakinn er gúmmíbulla sett í neðri enda rörsins og kjarnanum þrýst upp í gegnum það. Á efri enda rörsins er komið fyrir plastbakka í stað lokubúnaðarins þar sem hægt er að sneiða kjarnann. Í þessari rannsókn voru teknir 2 kajakar á hverri stöð og efstu 9 cm hvors kjarna sneiddir í þrjár 3 cm þykkar sneiðar, sjá myndir 4-6. Hver sneið var sett í krukku sem var vandlega merkt með staðsetningu og setdýpi. Krukkur höfðu verið sérstaklega útbúnar á Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir sýnatökur á seti og rannsókna á lífrænum aðskotaefnum. Áður en sýnataka hófst, var á hverri stöð tekinn auka kajak til að „skola“ sýnatakann úr leðju og á eftir var skolað vel með vatni af staðnum.
Sýnunum var komið til Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands samdægurs þar sem sýni voru fryst.
Upplýsingar um staðsetningu stöðva og nokkra eðlisþætti við yfirborð er að finna í töflu 1.

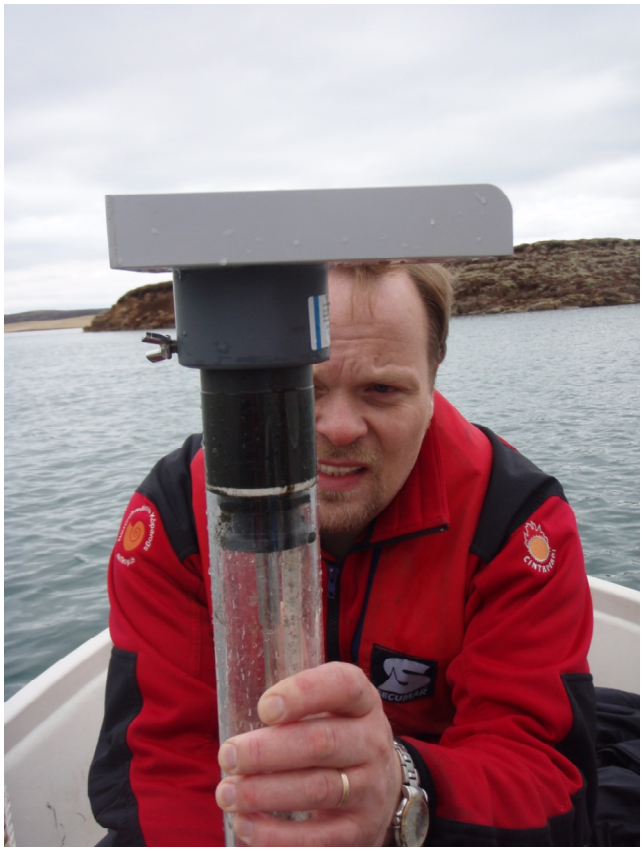
Tafla 1 Upplýsingar um sýnatökustöðvar setsýna

Stöð	Dags.	Staðsetning	Dýpi (m)	Vatnshiti	pH	Leiðni	Leiðrétt leiðni (25°C)
1	4.5.2011	N 64°07.326 V 021°01.998	4,1	2,4	7,89	40,7	71,7
2	4.5.2011	N 64°07.081 V 021°02.063	33,4	2,8	8,06	41,1	71,4
3	4.5.2011	N 64°06.746 V 021°02.190	7,5	2,9	7,98	41,1	71,2
4	4.5.2011	N 64°06.398 V 021°02.416	5,3	2,9	8,03	41,2	71,2
5	4.5.2011	N 64°05.749 V 021°01.202	8,5	3,3	8,05	41,7	71,3



Mynd 3 *Sýnatökustöðvar sets í Úlfljótsvatni. Stöðvarnar sem færðust til frá upphaflegri áætlun, ULF1a og ULF4a eru merktar með flaggi.*

***Mynd 4**. Kajak með setkjarna.*



***Mynd 5**. Búnaður til að sneiða setkjarnann.*

Mynd 6. *Sneiðing kjarna.*

2.2 Jarðvegssýnataka

Þann 28/06/2011 (milli kl 14 og 15) voru tekin sýni af jarðvegi á Tanganum sunnan brúar að Steingrímsstöð en Ingibjörg Elsa Björnsdóttir var með við sýnatökuna til að sýnatökustaðir væru á svipuðum slóðum og 2001 Bjart veður var og sól og um 15,5°C lofthiti. Eftirfarandi eru lýsingar á sýnatökustöðvunum:

Sýni 1	2 skref hornrétt út frá brúarstöpli (horninu næst á) og um 3 skref frá vatnsbakka (þessi stöð er í námunda við stöð 3 í sýnatöku 2001).
Sýni 2	4,5 skref eftir vatnsbakka frá brúarstöpli,- við klett, sem þar er, og um 2 skref frá árbakka (þessi stöð er í námunda við stöð 2 í sýnatöku 2001).
Sýni 3	Um 5 skref hornrétt út frá brúarstöpli (horninu næst á) og um 6 skref frá árbakka (þessi stöð er í námunda við stöð 4 í sýnatöku 2001).
Sýni 4	Um 10 skref í átt að þjóðveg frá stöð 3 og u.þ.b. 15 skref frá árbakka (þessi stöð er í námunda við stöð 1 í sýnatöku 2001)

Á hverjum stað voru teknir 3 sívalningar, 3,5 cm í þvermál og 12 cm langir. Sýnin voru sett í glerkrukkur sem sérstaklega voru útbúnar til sýnatöku efniviðs til lífrænna aðskotaefnamælinga. Við komu á Nýsköpunarmiðstöð Íslands (um kl 17) voru sýni fryst m.a. til að tryggja að upggufun DDT-efna ætti sér ekki stað.

3 Mælingar

Í set- og jarðvegssýnum var áætlað að mæla þurrefni, TOC, glæðitap og DDT-efni. Við efnagreiningar á DDT-efnum eru önnur klórlífræn pláguefni (varnarefni) einnig mæld sem hluti af staðlaðri aðferðafræði á varnarefnum. Efnin sem mæld voru koma fram í töflu 2.

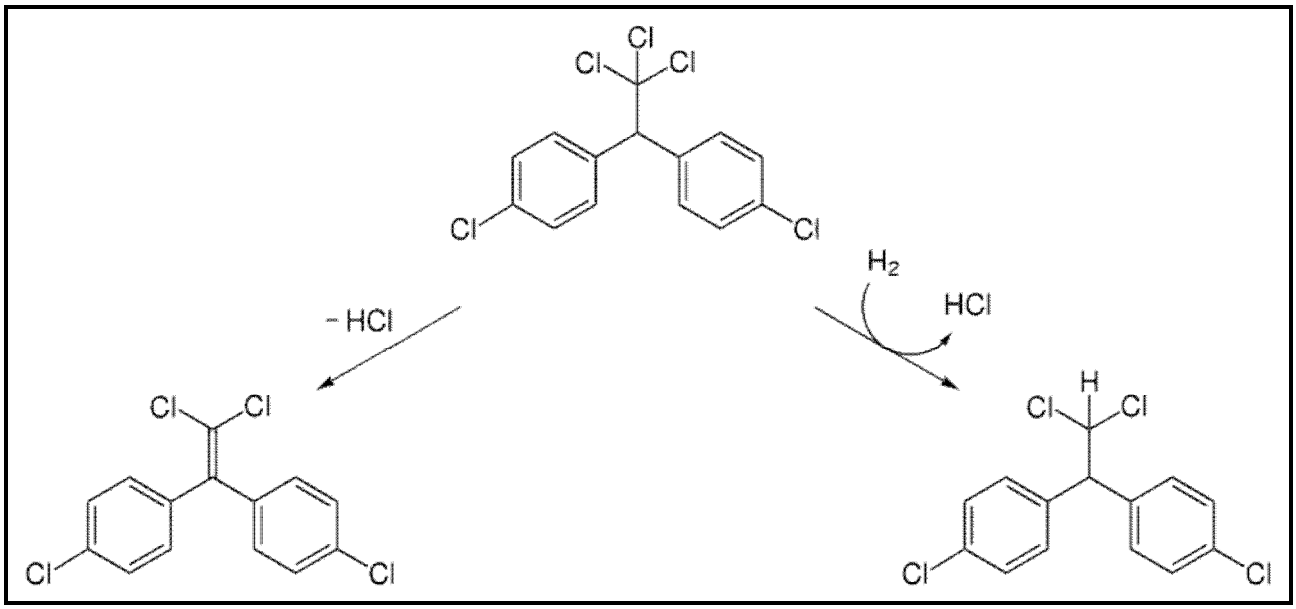
Tafla 2 Lífrænir varnar-efnaþættir, sem mældir voru í jarðvegs- og setsýnum

Hexaklorbensen
Pentaklorbensen
α-HCH
β-HCH
γ-HCH (lindan)
Aldrin
Dieldrin
Endrin
Isodrin
Telodrin
Heptaklor
cis-Heptaklorepoxid
trans-Heptaklorepoxid
o,p'-DDT
p,p'-DDT
o,p'-DDD
p,p'-DDD
o,p'-DDE
p,p'-DDE
α-endosulfan
Hexaklorbutadien
Hexakloretan

Sýni voru send til ALS Scandinavia AB til efnagreininga 29/06/2011. Sýnin voru send með DHL til að tryggja skamman flutningstíma því æskilegast var að sýnin bærust rannsóknastofunni fryst eða vel kæld til að forðast uppgufun lífrænna aðskotaefna. Í ljós kom að hlutfall vatns í sýnunum var mjög hátt og setmagn hvers sýnis því of lítið til að lægri greiningarmörk aðferðarinnar næðust, þ.e. 0,1 µg/kg þv fyrir DDT-efnin. Hitt par hvers setsýnis var því sent utan þann 06/07/2011 og voru sýnapörin sameinuð fyrir efnagreiningar. Þrátt fyrir sameiningu setsýnanna náðust lægstu greiningarmörk aðeins á stöð 1 en á öðrum stöðvum voru greiningarmörkin á bilinu 0,2-0,9 µg/kg þurrvigt. Af þessum sökum var ekki unnt að mæla TOC og glæðitap setsýnanna.

Frostþurrkun sýnanna (bæði jarðvegs- og setsýni) fór fram samkvæmt DIN 38414-S22. Samkvæmt DIN ISO 10382 voru lífræn efni dregin út meða hexan, útdráttarlausn hreinsuð og að lokum mælt með GC-MS. Mæling TOC (total organic carbon; heildarmagn lífræns kolefnis) í jarðvegssýnum grundvallast á CSN ISO 10694 og CSN EN 13137 (greiningarmörk 100 mg/kg) og glæðitap á CSN EN 12879, CSN 72 0103 og CSN 46 5735. Aðferðir ALS Scandinavia AB fyrir alla þessa mæliþætti eru faggiltar.

Mynd 7 sýnir byggingu DDT og helstu umbrotsefna þess, DDE og DDD.



Mynd 7 *p,p'-DDT(dichlorodiphenyltrichloroethane) efst og helstu umbrotsefni þess, p,p'-DDE (dichlorodiphenyldichloroethylene) til vinstri og p,p'-DDD(dichlorodiphenyldichloroethane) til hægri.*

4 Niðurstöður efnamælinga og umfjöllun

Niðurstöður allra mælinga koma fram í viðauka II.

4.1 Niðurstöður mælinga á setsýnum.

Aðeins DDT-efni mældust yfir greiningarmörkum í setsýnunum og eru niðurstöður fyrir DDT-efnin teknar saman í töflu 3. Að vísu mælist HCB (hexachlorobenzene) í efsta laginu á stöð 2 en ekki á öðrum stöðvum en þetta HCB tengist ekki notkun á DDT og er líklegast loftborið á svæðið.

HCB var áður mikið notað sem sveppaeitur (fungicide) á kornökrum (hveiti, bygg, hafrar, rúgur) en hætt víðast hvar á áttunda áratugnum er mönnum varð ljós hættan, sem vistkerfinu, þ.m.t. manninum, stafaði af því. Það var notað svo seint sem 1986 í Túnis, bæði sem sveppaeitur og til að kláðamaurahreinsunar (scabicide) á fé. Til tæknilegra nota inniheldur það 98% HCB en 2% pentachlorobenzene (PeCB, sjá neðar). HCB var einnig notað í ýmsum tilgangi í iðnaði og má þar nefna t.d. flugeldagerð, við álframleiðslu, sem hjálparefni við gúmmíframleiðslu, sem viðarvörn og við framleiðslu kolaskauta. HCB flyst mjög auðveldlega með loftmössum og er eitt þeirra efna, sem lýtur vel að hnatteimingarlíkaninu, þ.e. styrkur þess í lífverum og lofti vex er norðar dregur á norðurhveli jarðar eða því lægri sem lofthiti er. T.d. hefur verið reiknað út frá mældum styrk þess í loftmössum til og í Kanada að flutningur HCB með loftmössum á kanadíska grund sé svipað magn og allar uppsprettur innan Kanada gefa samanlagt. Það brotnar niður fyrir áhrif ljóss (helmingunartími 80 dagar í andrúmslofti), við loftháð örveruniðurbrot (helmingunartími 2,5-5,7 ár) og loftfirrt örveruniðurbrot (helmingunartími 10,6-22,9 ár).

Þessi styrkur HCB, sem mælist á stöð 2 er 3,4 µg/kg þv., en þetta gildi er langt undir lægsta gildi sem ætla má að geti haft áhrif á lífríki sets í Bandaríkjunum en það er 20 µg/kg þv.

(LEL, lowest effect level) en mikilla áhrifa myndi gæta við 200 µg/kg þv. (SEL, severe effect level)[5] en ekki eru til mörk fyrir HCB eða önnur varnarefni í seti á Íslandi. Hollenskar reglur miða við markigildið (target value) 1,4 µg/kg þv., þ.e. það gildi sem stefnt skuli að en aðgerðarmörk (intervention) í Hollandi eru 2000 µg/kg þv.[6]. Fara verður varlega þegar erlend gildi eru notuð til viðmiðunar á Íslandi því vistkerfi geta verið mjög misviðkvæm auk þess sem mismunur getur verið mikill frá einu landi til annars í aðferðafræði við að fá fram viðmiðunargildi (tegundasamsetning, gagnamagn og úrvinnsluaðferðir). Þess er þó að geta að viðmiðunarmörkin í Kanada og Bandaríkjunum eru byggð á miklum fjölda rannsókna á ýmsum lífverum og eru viðmiðunarmörkin oft meðaltal úr niðurstöðum margra rannsókna.

Tafla 3 Niðurstöður mælinga á DDT-efnum í seti.
Niðurstöður eru uppgefnar á þurrefnisgrunni

Sýni	o,p'-DDT	p,p'-DDT	o,p'-DDD	p,p'-DDD	o,p'-DDE	p,p'-DDE	Summa DDT-efna LB*	Summa DDT-efna UB**
	µg/kg þv	µg/kg þv	µg/kg þv	µg/kg þv	µg/kg þv	µg/kg þv	µg/kg þv	µg/kg þv
Stöð 1 0-3cm	<0.1	<0.1	<0.1	**0,38**	<0.1	**0,12**	0,50	0,90
Stöð 1 3-6cm	<0.1	<0.1	**0,20**	**6,00**	<0.1	**0,26**	6,46	6,76
Stöð 2 0-3cm	<0.30	<0.30	<0.30	**0,32**	<0.30	<0.30	0,32	1,82
Stöð 2 3-6cm	<0.20	<0.20	<0.20	**0,44**	<0.20	<0.20	0,44	1,44
Stöð 3 0-3cm	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	0,00	2,40
Stöð 3 3-6cm	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	0,00	1,80
Stöð 4 0-3cm	<0.60	<0.60	<0.60	**3,30**	<0.60	<0.60	3,30	6,30
Stöð 4 3-6cm	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	0,00	1,80
Stöð 5 0-3cm	<0.90	<0.90	<0.90	<0.90	<0.90	<0.90	0,00	5,40
Stöð 5 3-6cm	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	0,00	1,80

*Með LB er átt við lágstyrk (lower bound) þar sem styrkur undir greiningarmörkum er settur jafn núlli.
**Með UB er átt við hástyrk (upper bound) þar sem styrkur undir greiningarmörkum er settur jafn greiningarmörkunum.

Tafla 3 sýnir að DDT-efni mælast á stöðvum 1, 2 og 4. Það vekur athygli að aðallega er um DDD að ræða í þessum sýnum en sundrun DDT í lífverum og jarðvegi leiðir alla jafna til myndunar á DDE. DDD myndast við loftfirrðar aðstæður en DDE við loftháðar aðstæður. Auk DDD er einnig von á að þrjú önnur umbrotsefni DDT séu í háum styrk í setinu en það eru DDMS (1-chloro-2,2-bis(chlorophenyl)ethane), DDMU (1-chloro-2,2-bis(chlorophenyl)ethylene) og DDNU (1,1-Bis(chlorophenyl)ethane) en þesssi efni eru sjaldnast mæld[7]. Um mjög sundrað DDT er að ræða þar sem sjálft DDT mælist aldrei yfir greiningarmörkum. Þetta bendir til að það DDT, sem upphaflega var losað í vatnið sé nú að hluta undir setlagi þar sem loftfirrðar aðstæður ráða, og að DDD leiti upp á yfirborðið. Hér gæti komið til sú staðreynd að 17. júní 1959 brast stífla í Efra-Sogi, sem olli mikilli flóðbylgju niður ánna og í Úlfljótsvatni. Við þessa flóðbylgju má búast við að set hafi flust til í vatninu og að það DDT, sem var þá að finna í yfirborðsseti hafi að hluta flust sunnar í vatnið og að hluta til urðast í seti.

[5] Buchman, M.F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.
[6] Buchman, M.F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.
[7] Frische, K. 2010. Investigations on the environmental fate and contamination potential of DDT-residues in river sediment and its implication for DDA pollution of corresponding surface waters. PhD-thesis. Rhenische-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

Við mat á hugsanlegum skaða þessara efna er hins vegar oftast miðað við efsta setlagið, t.d. efstu 5 cm. Erfitt er að bera saman sundrunarhraða DDT í mismunandi vötnum en til að gefa hugmynd þá hefur helmingunartími DDT-sundrunar í Ontario-vatni, Kanada, verið áætlaður á bilinu 14-21 ár[8].

Hæstan styrk DDT-efna er að finna á 3-6 cm dýpi á stöð 1, p,p´-DDD-styrkur 6,0 µg/kg þv., en næst kemur sýni á 0-3 cm dýpi á stöð 4 með p,p'-DDD-styrk 3,3, µg/kg þv. Varlega verður að fara við túlkun á þessum niðurstöðum er varðar hvar helsta uppspretta DDT hefur verið því auk áhrifa flóðbylgjunnar 17/06/1959, sem gæti hafa flutt set til í vatninu, þá getur setmyndunarhraði verið breytilegur innan vatnsins (líklegast mestur í holunni á stöð 2 og þ.a.l. mest þynning á DDT-efnum) en einnig torvelda mishá greiningarmörk þessa túlkun. Að ekki hafi náðst í sýni nyrst í vatninu gerir túlkun einnig erfitt fyrir svo og sú staðreynd að ekki hafi verið unnt að mæla glæðitap og TOC (total organic carbon; heildarmagn lífræns kolefnis). Glæðitap og TOC nýtast við að bera saman niðurstöður innbyrðis, milli svæða og til samanburðar við mælingar, sem síðar gætu farið fram. Þess má einnig geta að lífaðgengi lífrænna aðskotaefna ræðst m.a. af TOC (eða glæðitapi), þ.e. því hærra sem TOC er því fastar eru aðskotaefnin bundin. Einnig má nefna að því lengur sem lífrænu aðskotaefnin hafa verið í seti eða jarðvegi því fastar eru þau bundin, þ.e. því óaðgengilegri eru þau lífverum á og í seti. Niðurstöður í töflu 3 benda þó til að helsta uppspretta DDT-efnanna hafi verið norðarlega í vatninu eins og fyrirfram mátti búast við en hlutfallslega hátt gildi p,p'-DDD á stöð 4 gæti bent til að uppsprettur gætu verið fleiri.

Setsýni, sem tekin voru í Vatnskoti (norðanverðu Þingvallavatni) og Varmagjá (vestanverðu Þingvallavatni) 1996[9], sýndu ávallt lægri styrk DDT en 0,1 µg/kg þv. Í einu tilviki mældist DDD jafnt og 0,1 µg/kg þv. (efsta lagið í Vatnskoti) og í efsta lagi sets í bæði Vatnskoti og í Varmagjá mældist DDE jafnt greiningarmörkunum, 0,1 µg/kg þv. Niðurstöður mælinga á seti í læk frá Kirkjuferjuhjáleigu og í Ölfusá neðan Kirkjuferjuhjáleigu 1998 sýndu styrk p,p'-DDD í báðum tilvikum lægri en 0,06 og 0,09 µg/kg[10] á þurrefnisgrunni (í skjali voru niðurstöður gefnar upp á votvigtargrunni; þurrefnistölur voru fengnar hjá Kristínu Ólafsdóttur, Rannsóknastofu lyfja- og eiturefnafræði, ágúst 2011). Styrkur p,p'-DDE var einnig undir 0,06 og 0,09 µg/kg þv. í þessum tveimur sýnum, p,p'-DDT var undir 0,26 og 0,37 µg/kg, og o,p´-DDT var undir 0,12 og 0,17 µg/kg þv.
Setið í Úlfljótsvatni sýnir því ótvíræð merki um notkun á DDT í og/eða við vatnið þegar svæðin tvö í Þingvallavatni eru notuð til viðmiðunar svo og setið í Ölfusá, ummerki sem enn sjást glögglega. Jafnlága styrki í vatnaseti og í Þingvallavatni og Ölfusá má víða sjá á norðlægum slóðum s.s. í Alaska[11] og á Grænlandi[12]
Svipaða styrki DDT-efna og í Úlfljótsvatni má hins vegar sjá í háfjallavötnum Colorado[13], á norðurslóðum Kanada (Great Slave Lake)[14] og víðar á heimskautasvæðum Kanada[15] og á

[8] Oliver, B.G., M.N. Charlton, and R.W. Durham. 1989. Distribution, redistribution and geochronology of PCB congeners and other chlorinated hydrocarbons in Lake Ontario sediments. Environ. Sci. Technol. 23:200–208.
[9] Guðjón Atli Auðunsson, 1997. Könnun á ólífrænum og klórlífrænum snefilefnum í vistkerfi Þingvallavatns. Sýnataka 1994-1996. Skýrsla Rf 27-1997. Desember 1997
[10] Kristín Ólafsdóttir, Skjal 20/01/1999, Rannsóknastofa í Lyfjafræði, HÍ.
[11] Allen-Gil, S. M. *et al.* 1997. Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Sediments and Biota from Four US Arctic Lakes. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 33: 378–387.
[12] Cleeman *et al.* 2000. Organochlorines in Greenland lake sediments and landlocked Arctic char (*Salvelinus alpinus*). Sci.Tot.Env., 245: 173-185.
[13] Mast, M. A. *et al.* 2007. Current-Use Pesticides and Organochlorine Compounds in Precipitation and Lake Sediment from Two High-Elevation National Parks in the Western United States. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 52: 294–305

heimskautasvæðum Noregs, Finnlands og Rússlands[11] en í flestum þessara tilvika er jafnari dreifing á milli DDT, DDE og DDD en í Úlfljótsvatni. Styrkurinn í Úlfljótsvatni er hins vegar umtalsvert lægri en víðast í vatnaseti í Bandaríkjunum[16].

Ýmsar þjóðir hafa sett sér viðmiðunarmörk fyrir mörg aðskotaefni í seti vatna. Algengast er að miða við mörk í Kanada og Bandaríkjunum. Evrópusambandið hefur enn ekki sett sér mörk fyrir DDT-efni í seti og jarðvegi en viðmiðunarmörk fyrir ýmis efni eru þó væntanleg í tengslum við Vatnatilskipunina[17]. Af þessum sökum hafa einstök lönd sín eigin mörk og verður hér tekið dæmi af Hollandi (set og jarðvegur) og Þýskalandi (jarðvegur). Ekki eru til viðmiðuarmörk fyrir DDT-efni í seti eða jarðvegi á Íslandi

Í Kanada er um tvenn mörk að ræða, þ.e. annars vegar ISQG (Interim Sediment Quality Guidelines) og PEL (Probable Effect Level) og gilda fyrir yfirborðslag sets, þ.e. efstu 5 cm[18]. Þessi viðmiðunarmörk koma fram töflu 4 en tilurð þeirra hefur fengið ítarlega umfjöllun[19].

Tafla 4 Mörk fyrir DDT-efni í efsta lagi vatnasets (5 cm) í Kanada
Einingin er µg/kg þurrvigt.

Efnaþáttur	Tegund viðmiðunarmarks	Gildi á viðmiðunarmarki
DDD (p,p' og o,p')	ISQG	3,54
"	PEL	8,51
DDE (p,p' og o,p')	ISQG	1,42
"	PEL	6,75
DDT (p,p' og o,p')	ISQG	1,19
"	PEL	4,77

Samanburður á töflum 3 og 4 sýnir að setið í Úlfljótsvatni stenst þessi kanadísku gæðamörk vel er varðar bæði DDT og DDE. Er varðar DDD, þá fer set á 3-6 cm dýpi á stöð 1 yfir gæðamörkin (ISQG) en er undir þeim mörkum sem líkleg eru til að hafi áhrif á lífverur (PEL). Þar sem mörk í Kanada miða við efstu 5 cm, þá má sjá að stöð 1 er í reynd aðeins undir gæðamörkum í Kanada, þ.e. setið með hæstan styrk DDT-efna í þessari rannsókn stenst strangasta gæðaviðmiðið.

Í Bandaríkjunum eru ýmis mörk notuð og má sjá þau í töflu 5[20] en um er að ræða TEL (threshold effect level), TEC (threshold effect consensus), LEL (low effect level), PEL (probable effect level), PEC (probable effect level consensus), og SEL (severe effect level).

---

[14] Murdoch et al. 1992. Geochemistry and Organic Contaminants in the Sedimeonft sG reat Slave Lake, Northwest Territories, Canada. Arctic, 45: 10-19.

[15] Muir, D.C.G. *et al.* 1995. Spatial trends and historical profiles of organochlorine pesticides in Arctic lake sediments. Sci.Tot.Env., 160/161: 447-457.

[16] Van Metre,P.C. *et al.* 2005. Trends in Hydrophobic Organic Contaminants in Urban and Reference Lake Sediments across the United States, 1970-2001. Environ.Sci.Technol., 39: 5567-5574

[17] Crane, M. 2003. Proposed development of Sediment Quality Guidelines under the European Water Framework Directive: a critique. Toxicol.Letters, 142: 195- 206.

[18] Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. DDT, DDE, DDD. Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of tghe Environment, 1999. Updated 2001.

[19] MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., and Berger, T.A. 2000. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. Arch.Environ.Contam.Toxicol., 39: 20-31.

[20] Buchman, M.f. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.

Af töflum 4 og 5 má sjá að gildin á PEL í Kanada og Bandaríkjunum eru þau sömu og að ISQG í Kanada er það sama og TEL í Bandaríkjunum. Tafla 5 gerir ljóst að áhrif af þeim DDT-efnum, sem nú er að finna í seti Úlfljótsvatns, eru hverfandi við núverandi aðstæður, líklegast engin ef miðað er við efstu 5 cm setsins.

Tafla 5 Mörk fyrir DDT-efni í vatnaseti í Bandaríkjunum.
Einingin er µg/kg þurrvigt.

Efnaþáttur	TEL	TEC	LEL	PEL	PEC	SEL
p,p'-DDD	3,54	4,88	8	8,51	28	60
p,p'-DDE	1,42	3,16	5	6,75	31,3	190
p,p'-DDT	1,19	4,16	8	4,77	62,9	710
Summa DDT, DDE og DDD	7	5,28	7	4.450	572	120

Að lokum mætti nefna hollensk viðmið fyrir set og koma þau fram í töflu 6[21].

Tafla 6 Viðmiðunarmörk fyrir set í Hollandi
Einingin er µg/kg þurrvigt.

Efnaþáttur	Markgildi (target)	Aðgerðarmörk (intervention)
p,p'-DDD	3,9	34.000
p,p'-DDE	5,8	1.300
p,p'-DDT	9,8	1.000
Summa DDT, DDE og DDD	10	4.000

Eins og fyrir ISQG í Kanada og TEL í Bandaríkjunum, lægstu viðmiðunargildin, þá er það aðeins stöð 1, 3-6 cm, sem fer yfir markgildið í Hollandi og miðað við efstu 5 cm sets, stenst stöð 1 einnig lægstu mörk í Hollandi. Aðgerðarmörk í Hollandi eru hins vegar margfalt hærri en líkleg eitrunarmörk í Kanada og Bandaríkjunum.

Af þessu má ráða að þó að styrkur í seti Úlfljótsvatns sé hærri en á viðmiðunarsvæðunum í Þingvallavatni og Ölfusá, þá er hann mjög ólíklegur til að valda skaða eins og málum er nú háttað því setið stenst ströngustu gæðaviðmið í Kanada, Bandaríkjunum og Hollandi (sjá þó umræðu í upphafi kafla um notkun á erlendum viðmiðunarmörkum). Þessar niðurstöður geta ekki gefið svar við því hversu langan tíma það gæti tekið set Úlfljótsvatns að ná styrk viðmiðunarsvæða í Þingvallavatni. Sundrunin er loftfirrð að miklu leyti þar sem helsta umbrotsefnið er DDD í efstu 6 cm setsins en DDD er þrávirkara en móðurefnið, DDT. Þetta bendir svo aftur til þess að DDT hafi urðast nokkuð djúpt í setinu og því megi búast við lágum en mælanlegum styrk í mörg ár enn.

[21] Buchman, M.F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.

4.2 Niðurstöður mælinga á jarðvegssýnum.

Aðalega DDT-efni mældust yfir greiningarmörkum í jarðvegssýnunum og eru niðurstöður fyrir DDT-efnin teknar saman í töflu 7 auk HCB (hexachlorobenzene) og PeCB (pentachlorobenzene). Mælanlegu styrkir HCB og PeCB eru nánast jöfn greiningarmörkum, 0,1µg/g þv., og er líklegasta ástæða fyrir HCB og PeCB í jarðveginum langvega flutningur með lofti, sjá umræðu að ofan fyrir set.

Hlutfall DDE af heildarmagni DDT-efna er nokkuð hátt, sjá töflu 7, sem bendir til að DDT-efnin hafi setið lengi í jarðveginum.

Tafla 7 Niðurstöður mælinga á DDT-efnum í jarðvegi auk HCB og PeCB.
Niðurstöður eru uppgefnar á þurrefnisgrunni

Efnaþáttur	Mælieining	Sýni			
		1	2	3	4
Þurrefni (105°C)	%	65,9	60,0	57,0	53,3
Glæðitap	%	20,1	21,1	21,5	27,8
TOC	%	9,33	9,27	8,78	10,70
HCB	µg/kg	<0.10	<0.10	0,11	0,13
PeCB	µg/kg	<0.10	<0.10	0,11	<0.10
o,p'-DDT	µg/kg	16	1	0,17	0,16
p,p'-DDT	µg/kg	100	14	1	1,9
o,p'-DDD	µg/kg	1,9	<0.10	0,24	<0.10
p,p'-DDD	µg/kg	8,5	0,70	0,38	0,36
o,p'-DDE	µg/kg	1	<0.10	<0.10	<0.10
p,p'-DDE	µg/kg	140	13	1,7	4,9
Summa DDT-efna (LB)	µg/kg	267,4	28,7	3,5	7,3
DDE/(DDT+DDE+DDT)	%	52,7	45,3	45,8	65,8

Samanborið við niðurstöður sem fengust 23/10/2001, sjá viðauka I, þá er um talsvert hærri styrk DDT-efna að ræða í þessari sýnatöku 28/06/2011. DDT-efni mælast vel yfir greiningarmörkum í öllum sýnunum og þó svo greiningarmörk séu tífalt lægri 2011 en 2001, þá má sjá að niðurstöður 2011 hefðu mælst yfir þeim greiningarmörkum sem áttu við 2001 en þá voru þau 1 µg/kg þurrvigtar í öllum sýnunum en 0,1 µg/g 2011. Árið 2001 mældist summa DDT-efna á bilinu <3 til 17 µg/kg þurrvigtar en nú á bilinu 3,7 til 267 µg/kg þurrvigtar. Geta hér komið til ýmsar skýringar, m.a.

i) Dreifing DDT-efna á tanganum er breytileg á svæðinu en bæði þessar niðurstöður og niðurstöðurnar frá 2001 benda eindregið til þess.
ii) Sýnataka 2011 var líklegast dýpri en 2001 en DDT-efni eru líklegri til að hverfa úr efsta laginu, m.a. vegna uppgufunar og áhrifa ljóss.
iii) Ef sýnataka 2001 fór fram með skóflu, þá má búast við að yfirborð sýnisins hafi verið stærra en nú og líkur á uppgufun meiri fram að mælingu, sérstaklega ef sýni voru ekki kæld eða fryst fram að mælingu.

Beinast liggur við að bera þann styrk, sem mældist á Tanganum við brúna að Steinsgrímsstöð saman við mörk, sem þjóðir hafa sett á DDT-efni í jarðvegi. Mismunur er mjög mikill milli þeirra marka sem þjóðir hafa sett sér. Ekki eru til samsvarandi viðmiðanir fyrir jarðveg á Íslandi.
Lægstu mörk fyrir DDT-efni (summa DDT, DDE og DDD) í jarðvegi í Kanada eru 700 µg/kg þurrvigt, sem gilda um jarðveg í landbúnaði og á lóðum íbúðarhúsa[22]. Jarðvegur iðnaðar- og verslunarlóða í Kanada má hins vegar vera með allt að 12000 µg/kg þurrvigt. Mældur styrkur á Tanganum sunnan brúar að Steingrímsstöð er því langt undir þessum viðmiðunargildum í Kanada.

Í Hollandi er markgildi (target value) DDT-efna (summa DDT, DDE og DDD) í jarðvegi 10 µg/kg þurrvigt, þ.e. gildi sem stefna skuli að með aðgerðum, en aðgerðarmörk (intervention value) í Hollandi eru hins vegar 4000 µg/kg þurrvigt[23]. Af þessu má sjá að 2 af 4 sýnanna á Tanganum er undir markgildinu, sem telst bakgrunnsstyrkur, en meðaltal þessara fjögurra sýna er yfir markgildinu. Hins vegar eru gildin langt undir aðgerðarmörkum, þ.e. því gildi sem krefst aðgerða vegna mengunar.
Að lokum á nefna aðgerðarmörk (trigger values) í Þýskalandi, sem eru 40000 µg/kg þv. fyrir jarðveg á leikvöllum, 80000 µg/kg þv. fyrir jarðveg á lóðum ibúðarhúsa og 200000 µg/kg þv. fyrir jarðveg í listigörðum og á útivistarsvæðum[24]. Styrkurinn í jarðvegssýnum á nefinu sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð er því hverfandi miðað við þessi aðgerðarmörk í Þýskalandi.

Þó svo styrkur DDT-efna mælist umtalsvert hærri en 2001, þá er um hlutfallslega lágan styrk að ræða samanborið við þau mörk, sem þjóðir hafa sett sér fyrir DDT-efni í jarðvegi. Því miður reynist sýnataka og mælingar 2001 og 2011 ekki vera sambærilegar og því ekki unnt að draga ályktanir um hugsanlegan helmingunartíma í jarðveginum. Helmingunartími DDT í jarðvegi hefur hins vegar verið áætlaður frá því að vera 2 ár í >15 ár[25] [26] [27] [28] en ógerlegt er að gera sér grein fyrir hver hann kann að veras á Tanganum. Helmingunartímar DDE og DDD eru líklegast talsvert lengri en fyrir DDT. Óhætt er að fullyrða að DDT hefur verið til meðferðar á Tanganum og að leifar þess eiga eftir að sitja þar lengi enn. Hins vegar er styrkur DDT og umbrotsefna þess, DDE og DDD, ekki í það háum styrk í jarðveginum að dýrum og mönnum stafi hætta af.

[22] Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Sept. 2007.
[23] Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, the Netherlands, 4 February 2000
[24] Federal Soil Protection and Contaminated Site Ordinance (BBodSchV), 12 July 1999
[25] Lichtenstein EP, Schulz KR, 1959; J Econ Entomol 52: 124-31
[26] Tu CM, Miles JRW, 1976; Res Rev 64: 17-65
27 Jury WA et al. 1983; Hazard Assessment of Chemicals, Saxena J, ed. New York, NY: Academic Press, 2: 1-43.
[28] Stewart DKR, Chisholm D, 1971. Can J Soil Sci 61: 379-83.

5 Niðurstaða

Styrkur DDT-efna í seti Úlfljótsvatns er hærri en á viðmiðunarsvæðum í Þingvallavatni og Ölfusá og setið því undir áhrifum fyrri tíma notkunar á DDT í og/eða við vatnið. Styrkurinn er þó mjög ólíklegur til að valda lífverum skaða eins og málum er nú háttað því setið stenst ströngustu gæðaviðmið í Kanada, Bandaríkjunum og Hollandi. Þessi rannsókn gefur ekki svar við því hversu langan tíma það gæti tekið set Úlfljótsvatns að ná styrk viðmiðunarsvæða en búast má við lágum en mælanlegum styrk í mörg ár enn.

Styrkur DDT-efna í jarðvegssýnum á Tanganum sunnan brúar að Steingrímsstöð mælist talsvert hærri en í fyrri sýnatöku 2001. Niðurstöðurnar benda eindregið til meðferðar á DDT á svæðinu á árum áður. Miðað við helmingunartíma DDT-efna í jarðvegi, sérstaklega undir efsta laginu, og í ljósi fyrri sýnatöku 2001, má búast við að styrkur DDT-efna eigi eftir að vera í mælanlegu magni í langan tíma enn. Styrkur DDT-efna, sem mældist í þessari rannsókn, er talsvert lægri en flest viðmiðunarmörk þjóða segja til um. Hins vegar er hann vel yfir þeim styrk sem skilgreinir bakgrunnsstyrk eða ósnortna náttúru. Styrkur DDT-efna eru þó ekki í það háum styrk í jarðveginum að dýrum og mönnum stafi hætta af.

Endurtekin sýnataka á set- og jarðvegssýnum á sem næst sömu stöðvum og í þessari rannsókn og með sama hætti og hér hefur verið lýst að 5-10 árum liðnum mun líklegast geta svarað þeirri spurningu hve hratt þessi DDT-efni lækka með tíma.

Keldnaholti 06/09/2011

Guðjón Atli Auðunsson, PhD
Efnafræðingur

VIÐAUKI I

GREINARGERÐ UM NIÐURSTÖÐUR SÝNATÖKU OG MÆLINGA Á GRÓÐURÞEKJU OG JARÐVEGI Á NEFI SUNNAN BRÚAR AÐ STEINGRÍMSSTÖÐ 2000 og 2001

efnagreiningar
KELDNAHOLTI

ERINDI: DDT-efnasambönd í gróðurþekju og jarðvegi á nefi sunnan við brú yfir Efra-Sog að Steingrímsstöð.

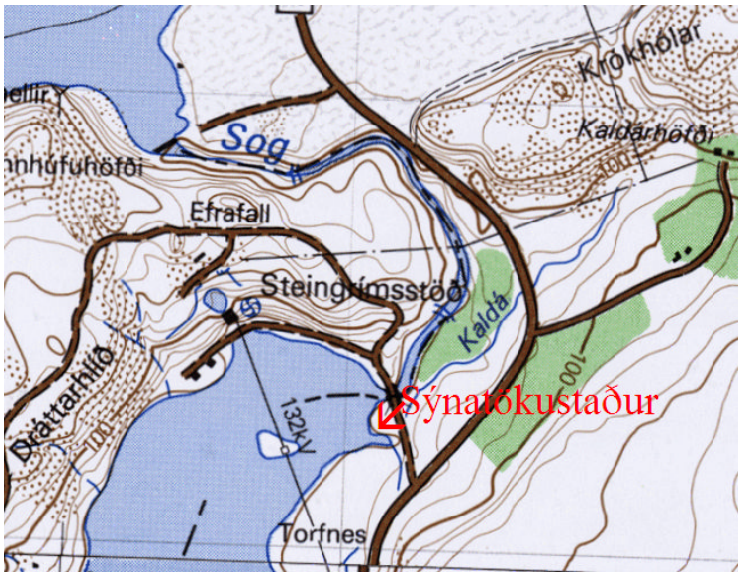
Efniviður

Fyrir liggja niðurstöður mælinga á þremur sýnum af ***gróðurþekju*** á nefi sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð, sem tekin voru 10/02/2000. Eitt bakgrunnssýni hafði verið tekið "sunnan með veginum í um 500 metra fjarlægð frá Kaldárhöfða" (Minnisblað Ingibjargar E. Björnsdóttur 10/02/2000). Niðurstöður mælinga á DDT-efnum í þessum sýnum voru eftirfarandi (einingin hér er µg/kg þurrefnis):

Gróðursýni	Þurrefni %	o,p'-DDD	o,p'-DDE	o,p'-DDT	p,p'-DDD	p,p'-DDE	p,p'-DDT
0	23,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1	46,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2	17,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
3	15,0	<1	<1	<1	<1	1	1

Einnig liggja fyrir niðurstöður mælinga á DDT-efnum í fjórum sýnum af ***jarðvegi*** frá 23/10/2001 en þá voru sýni tekin "á nokkurra fermetra svæði rétt fyrir neðan brúna sem liggur að Steingrímsstöð" og á sama stað og sýni höfðu verið tekin af gróðurþekju (Minnisblað, Línuhönnun, 23/10/2001). Ekki verður séð hvort hluti jarðvegssýna hafi verið tekin á nákvæmlega sömu stöðvum og gróðursýnin. Niðurstöður mælinganna urðu eftirfarandi samkvæmt minnisblaðinu (einingin hér er µg/kg þurrvigt):

Jarðvegssýni	o,p-DDD	p,p-DDE	p,p-DDT
1	<1	<1	<1
2	<1	10	7
3	<1	<1	<1
4	<1	3	2



Umfjöllun

Er varðar gróðurþekjuna, mælast DDT-efnin jöfn greiningarmörkunum í einu sýni en annars undir greiningarmörkunum. Í tilviki jarðvegssýnanna mælast DDT-efni yfir greiningarmörkum í tveimur tilvikum af fjórum. Í þeim tilvikum, þar sem DDT-efni mælast yfir greiningarmörkum í gróðri og jarðvegi, er um að ræða samsetningu DDT-efna sem endurspeglar breytingar sem eiga sér stað á upphaflegri DDT-blöndu á nokkuð löngum tíma.

Gróðursýni

Styrkur DDT-efna er mjög lágur í þessum gróðursýnum og miðað við leyfilegt hámarksgildi í fóðri (öðru en fitu) í ESB, 50 µg/kg m.v. 12 % raka (Directive 2002/32/EC), þá er styrkurinn sem hér um ræðir u.þ.b. 50-falt lægri en þau mörk og þessi gróður því talinn dýrum hættulaus með öllu. Þess má geta að í fitu til fóðurgerðar er leyfilegur hámarksstyrkur 500 µg/kg m.v. 12 % raka. Miðað við leyfilegan hámarksstyrk DDT-efna í matvælum, þá er hæsti leyfilegi styrkur í grænmeti og ávöxtum 50 µg/kg ferskvigt (Directive 2005/396/EC), sem er a.m.k. hundraðfalt hærri styrkur en er að finna í þessum gróðursýnum við Kaldárhöfða.

Ef miðað er við PTDI (provisional tolerable daily intake) fyrir DDT-efni fyrir menn eða 0,01 mg/kg b.w. á dag (FAO/WHO, 2001), má sjá að neysla á þessum gróðri á nefinu sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð (sem nemur 3% af líkamsþyngd á dag), er þúsundfalt lægri en PTDI og gróðurinn því hættulaus mönnum og dýrum. Þess má geta að upptaka gróðurs á DDT-efnum úr jarðvegi er almennt mjög takmörkuð. Upptaka lífvera á DDT-efnum úr jarðvegi minnkar þar að auki því lengri tími sem liðið hefur frá því DDT-efnin voru notuð á svæðinu en, eins og fram kom að ofan, þá sýnir samsetning DDT-efnanna að langt er síðan það DDT var notað sem er til staðar á nefinu sunnan við Steigrímsstöðvarbrúnna. Samsetning þess DDT sem er að finna við Efra-Sog gæti hins vegar bæði komið til vegna langt að kominnar loftborinnar mengunar og/eða vegna eldri beinnar notkunar DDT á svæðinu.

Jarðvegssýni

Er varðar jarðveg er um að ræða summu DDT-efna sen annars vegar lægri en greiningarmörk í tveimur tilvikum (<3 µg/kg þurrvigt) í að vera 5 og 17 µg/kg þurrvigt. Sýnin eru fá og breytileiki mikill í niðurstöðunum en ekki kemur fram um hvað þykkt sýnis sé að ræða né á hvaða dýpi sýnin voru tekin eða hver gerð sýnanna var (eðlis- og efnaeiginleikar s.s. TOC, þurrefni, kornastærð o.s.frv.), sem hefði gefið þessum mælingum aukið gildi og hugsanlega skýringu á breytileika. Ekki eru lagðar fram niðurstöður fyrir viðmiðunarsvæði fyrir jarðveg en auk notkunar á DDT-efnum er loftborin mengun langvega að möguleg, mengun sem gæti varðveist mjög lengi í jarðvegi.

Ýmsar þjóðir hafa sett sér mörk fyrir ýmis mengunarefni er varðar jarðveg og liggur beinast við að bera þann styrk, sem mældist við brúna að Steinsgrímsstöð í október 2001, saman við slík DDT-mörk. Mismunur er mjög mikill milli þeirra marka sem þjóðir hafa sett sér. Ekki eru til samsvarandi viðmiðanir fyrir jarðveg á Íslandi.

Í Hollandi er markgildi (target value) DDT-efna í jarðvegi 10 µg/kg þurrvigt, þ.e. gildi sem stefna skuli að með aðgerðum, en aðgerðarmörk (intervention value) í Hollandi eru hins vegar 4000 µg/kg þurrvigt (Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, the Netherlands, 4 February 2000). Af þessu má sjá að 75% gildanna á nefinu sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð er undir markgildinu og á það einnig við um meðaltalið. Hins vegar eru gildin langt undir aðgerðarmörkum, þ.e. því gildi sem krefst aðgerða vegna mengunar.

Lægstu mörk fyrir DDT-efni í jarðvegi í Kanada eru 700 µg/kg þurrvigt, sem gilda um jarðveg í landbúnaði og á lóðum íbúðarhúsa (Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Sept. 2007). Jarðvegur iðnaðar- og verslunarlóða í Kanada má hins vegar vera með allt að 12000 µg/kg þurrvigt. Mældur styrkur

á nefinu sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð er því langt undir þessum viðmiðunargildum í Kanada.
Að lokum má nefna aðgerðarmörk (trigger values) í Þýskalandi, sem eru 40000 µg/kg d.w. fyrir jarðveg á leikvöllum, 80000 µg/kg d.w. fyrir jarðveg á lóðum ibúðarhúsa og 200000 µg/kg d.w. fyrir jarðveg í listigörðum og á útivistarsvæðum (Federal Soil Protection and Contaminated Site Ordinance (BBodSchV), 12 July 1999). Styrkurinn í jarðvegssýnum á nefinu sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð er því hverfandi miðað við þessi aðgerðarmörk í Þýskalandi.

Set
Styrkur DDT-efna í seti í Þingvallavatni 30/08/1996 reyndist jafn eða undir greiningarmörkum (0,1 µg/kg þurrvigtar fyrir einstaka þætti (Guðjón Atli Auðunsson, 1997. Könnun á ólífrænum og klórlífrænum snefilefnum í vistkerfi Þingvallavatns. Sýnataka 1994-1996. Skýrsla Rf 27-1997. Desember 1997) en setsýni í Ölfusá undan Kirkjuferjuhjáleigu í júní 1998 voru undir 0,04 til 0,17 µg/kg votvigtar (Kristín Ólafsdóttir, Skjal 20/01/1999, Rannsóknastofa í Lyfjafræði, HÍ). Þessar niðurstöður fyrir set sýna að um áhrif vegna mengunar af völdum DDT-efna er vart að ræða á þessum stöðum.

Niðurstaða
Samantekið má því segja að mældur styrkur DDT-efna í gróðri og jarðvegi á sýnatökustöðvum á á nefinu sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð sé hverfandi ef niðurstöðurnar eru metnar á grundvelli leyfilegs hámarksstyrks DDT-efna í fóðri og fæðu, hugsanlegra eiturefnifræðilegra áhrifa eða að teknu tilliti til þeirra viðmiðana sem þjóðir hafa sett sér um hættu af DDT-efnum í jarðvegi.
Það virðist hins vegar mega draga þá ályktun að styrkur DDT-efna sé líklegast hærri í jarðvegssýnum á nefinu sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð en á viðmiðunarsvæðum á Íslandi og kemur þar til notkun þess við byggingu Steingrímsstöðvar. Endurtekin sýnataka á jarðvegssýnum á sem næst sömu stöðvum og 23/10/2001 myndi svara þeirri spurningu hve hratt þessi efni losna úr jarðveginum á nefinu sunnan brúarinnar að Steingrímsstöð og hversu lengi mega vænta þess að þau muni vera þar til staðar. Endurtekin sýnataka gæfi einnig hugmynd um hve hár styrkurinn kann að hafa verið í jarðveginum þegar DDT var þar síðast notað eða 1959.
Gera má ráð fyrir að stór hluti þess DDT, sem notað var á byggingartíma Steingrímsstöðvar, hafi hins vegar hafnað í vatninu. Öruggasta og einfaldasta leiðin til mats á því hvort vistkerfi Úlfljótsvatns og Sogs kunni að hafa verið hætta búin af notkun DDT á sínum tíma væri því setsýnataka, gjarnan kjarnasýni, á sniði í straumstefnu út frá brúnni yfir Efra-Sog að Steingrímsstöð. Slík sýnataka svaraði einnig þeirri spurningu hvort vistkerfinu kunni enn að vera hætta búin. Rannsóknir á DDT-efnum í seti í Ölfusá og í Þingvallavatni og lýst er að ofan munu þá nýtast sem haldgóðar viðmiðunarrannsóknir.

Virðingarfyllst

_____

Keldnaholti, 20/09/2010.
Guðjón Atli Auðunsson, PhD
Efnafræðingur

VIÐAUKI II
NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA Á SETI OG JARÐVEGI 2011

Rapport

T1109643

BF89KFPE1G

Projekt jord
Bestnr
Registrerad 2011-07-06
Utfärdad 2011-07-25

Innovation Center Iceland
Gudjon Atli Audunsson
Analytical Chemistry
Keldnaholti
IS-112 Reykjavik
Iceland

Analys av fast prov

Er beteckning 1

Labnummer O10387796

Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
frystorkning	ja			1	1	JOHN
TS_105°C	67.2		%	2	1	JOHN
hexaklorbensen	<0.10		µg/kg TS	2	1	JOHN
pentaklorbensen	<0.10		µg/kg TS	2	1	JOHN
alfa-HCH	<0.1		µg/kg TS	2	1	JOHN
beta-HCH	<0.1		µg/kg TS	2	1	JOHN
gamma-HCH (lindan)	<0.1		µg/kg TS	2	1	JOHN
aldrin	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
dieldrin	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
endrin	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
isodrin	<1		µg/kg TS	2	1	JOHN
telodrin	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
heptaklor	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
cis-heptaklorepoxid	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
trans-heptaklorepoxid	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDT	16		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDT	100		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDD	1.9		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDD	8.5		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDE	1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDE	140		µg/kg TS	2	1	JOHN
alfa-endosulfan	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
hexaklorbutadien	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
hexakloretan	<1.0		µg/kg TS	2	1	JOHN
TS_105°C	64.6	6.46	%	3	2	AKR
TOC	9.33		% av TS	3	2	AKR
glödförlust	20.1	1.01	% av TS	4	2	AKR

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.07.25 15:42:21
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Er beteckning	2					
Labnummer	O10387797					
Parameter	**Resultat**	**Osäkerhet (±)**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
frystorkning	**ja**			1	1	JOHN
TS_105°C	**61.3**		%	2	1	JOHN
hexaklorbensen	**<0.10**		µg/kg TS	2	1	JOHN
pentaklorbensen	**<0.10**		µg/kg TS	2	1	JOHN
alfa-HCH	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
beta-HCH	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
aldrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
dieldrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
endrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
isodrin	**<1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
telodrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
heptaklor	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDT	**1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDT	**14**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDD	**<0.10**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDD	**0.70**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDE	**<0.10**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDE	**13**		µg/kg TS	2	1	JOHN
alfa-endosulfan	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
hexaklorbutadien	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
hexakloretan	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
TS_105°C	**58.6**	5.86	%	3	2	AKR
TOC	**9.27**		% av TS	3	2	AKR
glödförlust	**21.1**	1.06	% av TS	4	2	AKR

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.07.25 15:42:21
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Er beteckning	3					
Labnummer	O10387798					
Parameter	**Resultat**	**Osäkerhet (±)**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
frystorkning	**ja**			1	1	JOHN
TS_105°C	**57.6**		%	2	1	JOHN
hexaklorbensen	**0.11**		µg/kg TS	2	1	JOHN
pentaklorbensen	**0.11**		µg/kg TS	2	1	JOHN
alfa-HCH	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
beta-HCH	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
aldrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
dieldrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
endrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
isodrin	**<1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
telodrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
heptaklor	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDT	**0.17**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDT	**1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDD	**0.24**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDD	**0.38**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDE	**<0.10**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDE	**1.7**		µg/kg TS	2	1	JOHN
alfa-endosulfan	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
hexaklorbutadien	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
hexakloretan	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
TS_105°C	**56.4**	5.64	%	3	2	AKR
TOC	**8.78**		% av TS	3	2	AKR
glödförlust	**21.5**	1.08	% av TS	4	2	AKR

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.07.25 15:42:21
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Er beteckning	4					
Labnummer	O10387799					
Parameter	**Resultat**	**Osäkerhet (±)**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
frystorkning	**ja**			1	1	JOHN
TS_105°C	**52.6**		%	2	1	JOHN
hexaklorbensen	**0.13**		µg/kg TS	2	1	JOHN
pentaklorbensen	**<0.10**		µg/kg TS	2	1	JOHN
alfa-HCH	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
beta-HCH	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
aldrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
dieldrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
endrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
isodrin	**<1**		µg/kg TS	2	1	JOHN
telodrin	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
heptaklor	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDT	**0.16**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDT	**1.9**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDD	**<0.10**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDD	**0.36**		µg/kg TS	2	1	JOHN
o,p'-DDE	**<0.10**		µg/kg TS	2	1	JOHN
p,p'-DDE	**4.9**		µg/kg TS	2	1	JOHN
alfa-endosulfan	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
hexaklorbutadien	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
hexakloretan	**<1.0**		µg/kg TS	2	1	JOHN
TS_105°C	**54.0**	5.40	%	3	2	AKR
TOC	**10.7**		% av TS	3	2	AKR
glödförlust	**27.8**	1.39	% av TS	4	2	AKR

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.07.25 15:42:21
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Frystorkning enligt metod DIN 38414-S22.
2	Paket OJ-3A sed Provet homogeniseras och extraheras med n-hexan. Extraktet renas och mätning utförs med GC-MS.
3	Bestämning av TOC med coulometri enligt metod baserad på CSN ISO 10694 och CSN EN 13137.
4	Bestämning av glödförlust enligt metod baserad på CSN EN 12879, CSN 72 0103, CSN 46 5735.

	Godkännare
AKR	Anna-Karin Revell
JOHN	Johan Nilsson

	Utf[1]
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.
2	För mätningen svarar ALS Laboratory Group, Na Harfê 9/336, 190 00, Prag 9, Tjeckien, som är av det tjeckiska ackrediteringsorganet CAI ackrediterat laboratorium (Reg.nr. 1163). CAI är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade i; Prag, Na Harfê 9/336, 190 00, Praha 9, Ceska Lipa, Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa, Pardubice, V Raji 906, 530 02 Pardubice. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

[1] Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.07.25 15:42:21
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Rapport

T1109643

BF89KFPE1G

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

Den digitalt signerade PDF filen representerar orginalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.07.25 15:42:21
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Rapport

T1109873

C3K46T7F9O

Projekt **sediment**
Bestnr
Registrerad **2011-07-08**
Utfärdad **2011-08-02**

Innovation Center Iceland
Gudjon Atli Audunsson
Analytical Chemistry
Keldnaholti
IS-112 Reykjavik
Iceland

Analys av fast prov

Er beteckning **Stöd 1**
0-3cm

Labnummer O10387800

Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<0.10**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.10**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**0.38**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**0.12**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	-------	% av TS	4	2	CL
glödförlust	-------	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Rapport

T1109873

C3K46T7F9O

Er beteckning	Stöd 1 3-6cm				
Labnummer	O10387801				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.1**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**0.26**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<1.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	**------**	% av TS	4	2	CL
glödförlust	**------**	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Rapport

T1109873

C3K46T7F9O

Er beteckning	**Stöd 2 0-3cm**				
Labnummer	O10387802				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**3.4**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**0.32**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	**-------**	% av TS	4	2	CL
glödförlust	**-------**	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Er beteckning	**Stöd 2 3-6cm**				
Labnummer	O10387803				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**0.44**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**<0.20**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<2.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	**------**	% av TS	4	2	CL
glödförlust	**------**	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Rapport

T1109873

C3K46T7F9O

Er beteckning	**Stöd 3 0-3cm**				
Labnummer	O10387804				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.4**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**<0.40**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<4.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	**-------**	% av TS	4	2	CL
glödförlust	**-------**	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Er beteckning	Stöd 3 3-6cm				
Labnummer	O10387805				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	**------**	% av TS	4	2	CL
glödförlust	**------**	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Er beteckning	**Stöd 4 0-3cm**				
Labnummer	O10387806				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**3.3**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**<0.60**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<6.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	**-------**	% av TS	4	2	CL
glödförlust	**-------**	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Er beteckning	Stöd 4 3-6cm				
Labnummer	O10387807				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	**-------**	% av TS	4	2	CL
glödförlust	**-------**	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Er beteckning	Stöd 5 0-3cm				
Labnummer	O10387808				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**<0.90**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<9.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	-------	% av TS	4	2	CL
glödförlust	-------	% av TS	5	2	CL

Er beteckning	**Stöd 5 3-6cm**				
Labnummer	O10387809				
Parameter	**Resultat**	**Enhet**	**Metod**	**Utf**	**Sign**
samlingsprov*	**ja**		1	1	JAPR
frystorkning	**ja**		2	2	CL
TS (frystorkning)	**ja**	%	3	2	JOHN
hexaklorbensen	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
pentaklorbensen	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-HCH	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
beta-HCH	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
gamma-HCH (lindan)	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
aldrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
dieldrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
endrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
isodrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
telodrin	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
heptaklor	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
cis-heptaklorepoxid	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
trans-heptaklorepoxid	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDT	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDT	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDD	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDD	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
o,p'-DDE	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
p,p'-DDE	**<0.30**	µg/kg TS	3	2	JOHN
alfa-endosulfan	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexaklorbutadien	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
hexakloretan	**<3.0**	µg/kg TS	3	2	JOHN
TOC	**------**	% av TS	4	2	CL
glödförlust	**------**	% av TS	5	2	CL

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Tillverkning av samlingsprov.
2	Frystorkning enligt metod DIN 38414-S22.
3	Paket OJ-3A sed Provet homogeniseras och extraheras med n-hexan. Extraktet renas och mätning utförs med GC-MS.
4	Bestämning av TOC enligt DIN ISO 10694.
5	Bestämning av glödförlust vid 550°C enligt DIN EN 12879.

	Godkännare
CL	Camilla Lundeborg
JAPR	Jane Prochazka
JOHN	Johan Nilsson

	Utf[1]
1	För mätningen svarar ALS Scandinavia AB, Box 511, 183 25 Täby som är av det svenska ackrediteringsorganet SWEDAC ackrediterat laboratorium (Reg.nr. 2030).
2	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

[1] Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

Den digitalt signerade PDF filen representerar orginalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Dokumentet är godkänt och digitalt signerat av

Johan Nilsson
2011.08.02 14:23:20
ALS Scandinavia AB
Client Service
johan.nilsson@alsglobal.com

Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavik
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

Prentað eftir