



Áfangaskýrsla

Áhrif díoxínmengunar á framtíð búskapar í Engidal í Skutulsfirði

Álit sérfræðihóps MAST



Efnisyfirlit

1. Forsaga	2
2. Upplýsingamiðlun	3
3. Díoxín og díoxínlik PCB-efni	3
4. Hámarksgildi.....	4
5. Aðgerðarmörk.....	5
6. Afdrif díoxína í lífverum og jarðvegi.....	6
6.1. Íslenskur jarðvegur	6
7. Hegðun díoxín efnasambanda í jarðvegi.....	7
7.1. PCB efnasambönd í jarðvegi.....	7
7.2. Líkleg hegðun díoxín og díoxín líkra og PCB efnasambanda í jarðvegi í Skutulfirði	7
8. Upptaka díoxíns í mönnum og dýrum	8
9. Niðurstöður sýnatöku	8
10. Tölfræði díoxína	9
11. Álit um mengun	9
12. Ástand á svæðinu.....	10
13. Framtíð	10

1. Forsaga

Þann 16.des 2010 hafði MS samband við MAST og greindi frá niðurstöðu mælinga á mjólk frá bænum Efri Engidal í Skutulsfirði. Mjólkin reyndist vera yfir viðmiðunargildum fyrir díoxín og díoxínlík PCB efni. Í framhaldi var send út fréttatilkynning og framleiðsluvörum haldið tilbaka. Einnig var kannað af hálfu MAST hvort gripir af svæðinu hefðu farið til slátrunar og þá hvert. Jafnframt var ráðist í sýnatökur af kjöti frá frístundabændum og bóndanum í Efri Engidal og tekin mjólkursýni á 5 bæjum á Vestfjörðum og einum í Örfæum. Þau sýni voru rannsökuð hjá Matvælastofnuninni í Danmörku. Niðurstöður komu í byrjun febrúar og var styrkur díoxína í mjólkursýni frá Efri Engidal yfir viðmiðunargildum og hærri en en í mjólkursýninu sem MS lét mæla. Gildi fyrir nautgripakjöt frá bænum voru einnig yfir viðmiðunargildi. Sýni af ærkjöti voru hækkuð miðað við íslensk bakgrunnsgildi sem til eru m.a. úr rannsóknum frá 2003 og 2004(ref). Sýni af heyi frá bænum mældist með gildi við viðmiðunarmörk. Kjöt frístundabænda var einnig mengað, en mismikið, þó var þar mæling yfir viðmiðunargildum í lambakjöti og ærkjöti.

Vegna þessa ákvað MAST að setja saman sérfræðingahóp til að fjalla um mengun í búfé og framtíð búskapar í Skutulsfirði.

Hópin skipa:

- Kjartan Hreinsson, sérgreinadýralæknir heilbrigðiseftirlits með búfjárafurðum, MAST.
- Dr. Ólafur R. Dýrmundsson, Landsráðunautur í lífrænum búskap og landnýtingu, Bændasamtökum Íslands.
- Dr. Guðjón Atli Auðunsson, efnafræðingur, Nýsköpunarmiðstöð Íslands.
- Dr. Þórhallur I. Halldórsson, efnafræðingur, tölfræðingur, doktor í lýðheilsu og lektor á Rannsóknarstofu í næringarfræði, HÍ.
- Dr. Rannveig Guicarnaud, jarðvegsefnafræðingur, aðstoðarprófessor LBHÍ.

2. Upplýsingamiðlun

Fréttatilkynningar hafa verið sendar út bæði innanlands og til erlendra aðila. MAST boðaði til fundar með búfjáreigendum á svæðinu þann 10.febrúar 2011, sá fundur var vel sóttur, 16 aðilar auk þriggja fulltrúa MAST. Einnig var haldinn á Ísafirði borgarafundur um díoxínsmál viku síðar, þar sem fleiri aðilar og stofnanir komu að.

3. Díoxín og díoxínlik PCB-efni

Díoxín eru þrávirk lífræn efnasambönd sem aldrei hafa verið framleidd af ásettu ráði. Díoxín er samheiti fyrir 210 skyld efnasambönd, 75 fjöklóruð díbenzódíoxín (PCDD-efni) og 135 fjöklóruð díbenzofúrön (PCDF-efni). Díoxínin myndast við efnaframleiðslu ýmissa klórlífrænna efna, t.d. margra varnarefna, og PCB-efna, brennslu lífrænna efna s.s. sorps, klórbleikingu pappírs en einnig við endurvinnslu ýmissa málma. Af þessum sökum voru t.d. PCB-efni oft illa menguð með díoxínum. Um náttúrulegar uppsprettur er einnig að ræða eins og t.d. skógarbruna og þegar bráðið hraun rennur yfir lífrænan jarðveg, en þetta eru þó litlar uppsprettur í samanburði við losun af manna völdum. Dregið hefur verulega úr losun díoxína út í umhverfið eftir að gripið var til aðgerða til að hefta losunina og mönnum varð ljóst að þetta eru meðal eitruðustu efna sem maðurinn þekkir í dag, t.d. er áætlað að losunin í andrúmslofti í 17 Evrópuríkjum hafi lækkað um 73-86% á árunum 1985 til 2005 (eða úr 13,7 kg TEQ í 2,0-3,8 kg)¹. Efnin brotna mjög hægt niður í náttúrunni og vex helmingunartími PCDD-efna í mönnum með stærð sameindanna (fjölda klóratóma) og hefur verið metinn til að vera frá um 8 ár fyrir það eitruðasta eða 2,3,7,8-TCDD í yfir hundrað ár fyrir það stærsta, OCDD². Helmingunartímar díoxína og PCB-efna í jarðvegi og seti við Eystrasalt eru af sömu stærðargráðu en mun skemmri í vatni og enn styttri í andrúmslofti³. Eins og önnur þrávirk klórlífræn efni þá eru díoxínin fituleysanleg og safnast fyrir í fituvef lífvera en þær fá þessi efni í sig að mestu með fæðu. Efnin safnast síðan upp eftir fæðukeðjunni.

17 díoxínanna eru eitruð, 7 PCDD-efni og 10 PCDF-efni. Eiturverkun þessara 17 efna er sama eðlis en efnin eru þó miseitruð og því hefur hvert þeirra eiturjafngildisstuðul, TEF (toxic equivalent factor), sem notaður er til að umbreyta styrk þeirra í eiturjafngildi, TEQ (toxicity equivalent). TEF mismunandi díoxína er hlutfall af eitrunaráhrifum eitruðasta díoxínsins eða 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-para-dioxin).

PCB-efni (polychlorinated biphenyls) er flokkur 209 efnasambanda og reynast 12 þeirra hafa díoxínlika eiturverkun og því kölluð díoxínlik PCB-efni. Þessi 12 efni hafa einnig eiturjafngildisstuðla á sama hátt og díoxínin sjálf. Efnablandan var fyrst framleidd um 1929 og notuð í miklu magni. PCB-efni voru notuð ein sér eða blönduð öðrum olíum sem varma-, eld- og rafeinangrun í spennum, þéttum og varmaskiptum, en einnig notuð í vökvastýriolíur, í olíur í lofttæmipumpum, sem rykbindiefni, sem hjálpar- og mýkingarefni í smurolíum, gúmmí og plastefnum (áklæði, pökkunarefni í matvælaíðnaði o.s.frv.), lími, prentbleki, málningu, kalkípappír og jafnvel varalit. Af þessum sökum er unnt að finna PCB-efni nær hvar sem er á byggðu bóli. PCB-efni hafa einnig flust með loftmössum og sjó til staða mjög fjarri upphaflegum notkunarstöðum, m.a. til Norðurpóls og Suðurheimskautsins. Áætlað er að um 1,2 milljónir tonna hafi verið framleidd í heiminum og að um þriðjungur hafi hafnað í náttúrunni⁴. Langmest var notkunin á Norðurhveli jarðar.

Þrávirkni eða stöðugleiki í náttúrunni er mjög mismunandi eftir því um hvern þátt blöndunnar er að ræða og vex með auknum fjölda klóratóma. Helmingunartími í náttúrunni vex með fjölda klóratóma í sameindinni og er frá þremur árum (3 klóratóm) í tæp fjörutíu ár (7 klóratóm) í seti og jarðvegi, nokkru skemmri í vatni en stuttur í andrúmslofti, 3 dagar í 1,5 ár.

Eiturjafngildisstuðlar eru endurskoðaðir reglulega en þeir stuðlar, sem notaðir eru í matvælaöggjöf Evrópu í dag fyrir díoxín og díoxínlík PCB, voru samþykktir á fundi Alþjóðaheilbrigðisstofnunarinnar 1997⁵ og nefnast WHO-TEF. Nýrri endurskoðun hefur þó farið fram en við það lækkuðu nokkrir eiturjafngildisstuðlar nokkuð⁶. Heildarstyrkur díoxína eða díoxínlíkra PCB-efna er samtala TEQ-gildanna. Díoxíneiturvirkni í tilraunadýrum er af ýmsum toga en fyrstu eitureinkenni koma m.a. fram sem hömlun á getu ungvíðis til að læra, skemmd á æxlunarfærum og ónæmiskerfi. Vísindanefnd Alþjóðaheilbrigðisstofnunarinnar (JECFA) áhættumat díoxín og díoxínlík PCB-efni árið 2001 og komst að þeirri niðurstöðu að ásættanleg mánaðarinntaka (PTMI: provisional tolerable monthly intake) væri 70 pg WHO-TEQ á hvert kíló líkamspunga eða rúm 2 pg á kíló líkamspunga og dag. Sama ár lauk áhættumati vísindanefndar Evrópusambandsins á díoxínum og díoxínlíkum PCB-efnum og fékkst sama niðurstaða eða 14 pg WHO-TEQ á kíló líkamspunga og viku (TWI: tolerable weekly intake).

4. Hámarksgildi

Hámarksgildi fyrir díoxín og díoxínlík PCB-efni í matvælum eru sett í reglugerðum Evrópusambandsins nr. 1881/2006 og nr. 565/2008 en fyrir fóður eru þau sett í tilskipun nr. 13/2006. Þegar styrkur í matvælum eða fóðri er borinn saman við hámarksgildi er ávallt reiknaður svokallaður hámarksstyrkur (upper-bound level), þ.e. þegar ákveðinn mæliþáttur er ekki mælanlegur þá er styrkur settur jafn greiningarmörkum aðferðarinnar. Af þessum sökum eru mæliniðurstöður ávallt hærri en núll.

Hámarksgildi fyrir matvæli eða hverja fóðurtegund er annars vegar fyrir díoxínin og hins vegar fyrir samtölu díoxína og díoxínlíkra PCB-efna. Hámarksgildin fyrir matvæli eru gefin í Tafla 1 en þau tóku gildi á Íslandi með reglugerð nr. 265/2010.

Tafla 1

Matvæli	Hámarksgildi	
	Summa díoxína (WHO-PCDD/F-TEQ)	Summa díoxína og díoxínlíkra PCB-efna (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ)
5.1 Kjöt og kjötafurðir (að undanskildum ætum sláturmat) af eftirfarandi dýrum:		
-nautgripum og sauðfé	3,0 pg/g fitu	4,5 pg/g fitu
-alifuglum	2,0 pg/g fitu	4,0 pg/g fitu
-svínum	1,0 pg/g fitu	1,5 pg/g fitu
5.2 Lifur úr þeim landdýrum, sem um getur í lið 5.1 og afurðum úr henni	6,0 pg/g fitu	12,0 pg/g fitu
5.3 Fiskhold og fiskafurðir og afurðir úr þeim, að undanskildum ál. Hámarksgildið gildir fyrir krabbadýr, að undanskildu brúnu krabbakjöti og kjöti af haus og frambol humars og svipaðra stórra krabbadýra (<i>Nephropidae</i> og <i>Palinuridae</i>)	4,0 pg/g blautvigt	8,0 pg/g blautvigt
5.4 Fiskhold af ál (<i>Anguilla anguilla</i>) og afurðir úr því	4,0 pg/g blautvigt	12,0 pg/g blautvigt
5.5 Hrámjólk og mjólkurafurðir, þ.m.t. fita	3,0 pg/g fitu	6,0 pg/g fitu
5.6 Hænu egg og eggjaafurðir	3,0 pg/g fitu	6,0 pg/g fitu
5.7 Fita af eftirtöldum dýrum:		
-nautgripum og sauðfé	3,0 pg/g fitu	4,5 pg/g fitu
-alifuglum	2,0 pg/g fitu	4,0 pg/g fitu
-svínum	1,0 pg/g fitu	1,5 pg/g fitu
5.8 Blönduð dýrafita	2,0 pg/g fitu	3,0 pg/g fitu
5.9 Grænmetisolía og –feiti	0,75 pg/g fitu	1,5 pg/g fitu
5.10 Olía úr sjávardýrum (fisklýsi, lifrarlýsi og olíur úr öðrum sjávardýrum sem er ætlað til manneldis).	2,0 pg/g fitu	10,0 pg/g fitu
5.11* Fisklifur og afurðir úr henni	-	25,0 pg/g votvigt

Þess er að geta að með reglugerð Evrópusambandsins nr. 1883/2006 kemur einnig fram að þegar niðurstaða fyrir matvæli er borin saman við hámarksildi, þá þarf að taka tillit til óvissu við mælinguna og er vöru t.d. því aðeins hafnað ef niðurstaðan er óyggjandi (95 % öryggismörk) yfir hámarksgildinu að teknu tilliti til óvissu en óvissa í mælingu getur verið umtalsverð.

5. Aðgerðarmörk

Í tilmælum Evrópusambandsins nr. 88/2006 eru tilgreind aðgerðarmörk (action limits) fyrir matvælin í Tafla 1 að viðbættum ávöxtum, grænmeti og kornvöru, en aðgerðarmörk fyrir fóður koma fram í tilskipun nr. 13/2006. Þessi aðgerðarmörk eru lægri en hámarksgildin og hafa það hlutverk að fari styrkur yfir þau, þá skuli fara fram rannsókn sem miði að því að finna uppsprettu díoxínanna og díoxínlíku PCB-efnanna og í kjölfarið draga úr losuninni eða stöðva hana. Lækkun á losun þessara efna út í umhverfið er árangursríkasta leiðin til að lækka styrk þeirra í matvælum og fóðri og þar með inntöku dýra og manna á þessum efnum. Þessi aðgerðarmörk eru annars vegar fyrir díoxínin og hins vegar fyrir díoxínlíku PCB-efnin því uppsprettur þessara efna þurfa ekki að vera þær sömu. Þessi aðgerðarmörk fyrir matvæli koma fram í Tafla 2. **Það er því eðlilegt að miða við þessi aðgerðarmörk þegar mat er lagt á styrk díoxína og díoxínlíkra PCB-efna í Skutulsfirði og á öðrum stöðum þar sem grunur leikur á að uppsprettur þessara efna séu í nágrenninu.**

Tafla 2

Matvæli	Aðgerðarmörk	
	Summa díoxína (WHO-PCDD/F-TEQ)	Summa díoxínlíkra PCB-efna (WHO-PCB-TEQ)
Kjöt og kjötafurðir (að undanskildum ætum sláturmat) af eftirfarandi dýrum:		
-nautgripum og sauðfé	1,5 pg/g fitu	1,0 pg/g fitu
-alifuglum	1,5 pg/g fitu	1,5 pg/g fitu
-svínum	1,0 pg/g fitu	1,5 pg/g fitu
Lifur úr þeim landdýrum, sem um getur í lið 5.1 og afurðum úr henni	4,0 pg/g fitu	4,0 pg/g fitu
Fiskhold og fiskafurðir og afurðir úr þeim, að undanskildum ál. Hámarksgildið gildir fyrir krabbadýr, að undanskildu brúnu krabbakjöti og kjöti af haus og frambol humars og svipaðra stórra krabbadýra (<i>Nephropidae</i> og <i>Palinuridae</i>)	3,0 pg/g blautvigt	3,0 pg/g blautvigt
Fiskhold af ál (<i>Anguilla anguilla</i>) og afurðir úr því	3,0 pg/g blautvigt	6,0 pg/g blautvigt
Hrámjólk og mjólkurafurðir, þ.m.t. fita	2,0 pg/g fitu	2,0 pg/g fitu
Hænuegg og eggjaafurðir	2,0 pg/g fitu	2,0 pg/g fitu
Fita af eftirtöldum dýrum:		
-jörturdýrum	1,5 pg/g fitu	1,0 pg/g fitu
-alifuglum	1,5 pg/g fitu	1,5 pg/g fitu
-svínum	0,6 pg/g fitu	0,5 pg/g fitu
Blönduð dýrafita	1,5 pg/g fitu	0,75 pg/g fitu
Grænmetisolia og -feiti	0,5 pg/g fitu	0,5 pg/g fitu
Olía úr sjávardýrum (fisklýsi, lifrarlýsi og olíur úr öðrum sjávardýrum sem er ætlað til manneldis).	1,5 pg/g fitu	6,0 pg/g fi
Ávextir, grænmeti og kornvara	0,4 ng/kg votvigt	0,2 ng/kg votvigt

6. Afdrif díoxína í lífverum og jarðvegi.

6.1. Íslenskur jarðvegur

Á Íslandi er móðurefni jarðvegs fyrst og fremst eldfjallagjóska sem fellur á jörðina í gosum eða er endurborin sem áfok. Jarðvegur myndaður úr gjósku hefur ýmsa eiginleika sem ekki finnast í jarðvegi úr öðru móðurefni. Þar sem jarðvegur er myndaður úr gjóskuríku móðurefni þróast sérstök jarðvegsgerð sem nefnd hefur verið Andosol samkvæmt flokkun⁷ en á Íslandi hefur þessi jarðvegsgerð verið nefnd *eldfjallaörð* en sú jarðvegsgerð tilheyrir eingöngu eldvirkum svæðum. Veðrun á eldfjallaösku gefur þessari jarðvegsgerð ákveðna eiginleika en þeir eru m.a. mikil bindigeta vegna leirsteinda sem myndast við hraða veðrun á gjóskunni annars vegar og hás hlutfalls lífrænna efna hins vegar. Um 86 % af íslenskum jarðvegi hefur verið flokkaður sem eldfjallaörð⁸ sem er fyrst og fremst að finna umhverfis virka gosbeltið á Íslandi. Á Vest- og Austfjörðum er hins vegar að finna tvo undirflokkar eldfjallajarðar sem nefndir hafa verið *svartjörð* (Histic Andosol) og *votjörð* (Gleyic Andosol) en báðar jarðvegsgerðir hafa hærra hlutfall lífrænna efna en hin dæmigerða *eldfjallaörð*. Er þetta fyrst fremst vegna hins þetta tertier berggrunns sem er að finna á bæði Vest- og Austfjörðum en þetta

veldur því að jarðvegur á svæðinu er illa framræstur þar sem vatn nær ekki að hripa niður um berggrunninn. Í illa framræstum jarðvegi verður niðurbrot lífrænna efna hægt vegna loftfirtra aðstæðna sem hægir á virkni jarðvegsörvera og þar með niðurbroti lífrænna efna. Almenn er því jarðvegur á Vest- og Austfjörðum með hátt hlutfall lífræna efna (12 til >20% heildar kolefni)⁹.

7. Hegðun díoxín efnasambanda í jarðvegi

Díoxín efnasambönd (PCDDs og PCDFs) eru afar þrávirk í jarðvegi og sogast í jarðveginn vegna þess hversu lítt vatnleysanleg þau eru og hversu vel þau bindast í lífrænum efnasamböndum í jarðvegi. Þegar díoxín efnasambönd fastbindast lífrænu efni í jarðvegi eru þau illhreyfanleg um jarðvegslög og geta safnast þar upp til margra ára. Líkt og með uppsöfnun í lífverum er almenna reglan er sú að díoxín efnasambönd í jarðvegi eru þrávirkari eftir því sem fleiri klóratóm er að finna í efnasambandinu.

Hlutfall lífrænna efna er því sá þáttur sem skiptir hvað mestu máli hvað varðar hegðun og uppsöfnun slíkra efna í jarðvegi^{10, 11}. Fyrri rannsóknir hafa sýnt fram á að flest díoxín efnasambönd bindast í lífrænu efni jarðvegs^{12, 13} og almennt getur niðurbrot PCDDs og PCDFs átt sér stað í sólarljósi. Er það meginástæða þess að helmingunartími þessara efnasambanda getur verið styttri í efstu lögum jarðvegs (9-15 ár í yfirborðslagi) og 25-100 ár í neðri lögum¹¹.

Ef jarðvegur inniheldur hátt hlutfall lífrænna efna er líklegt að díoxín og díoxínlik efnasambönd séu það fastbundin að plöntuupptaka um rætur sé hverfandi^{11, 12, 14} og gegni því litlu hlutverki í ferli díoxín efnasambanda um fæðukeðjuna. Helsta leið díoxín efnasambanda í fæðukeðjuna er með (1) blautri ákomu (wet deposition), (2) þurrri ákomu (dry deposition) sem sest á yfirborð grass / plöntu / uppskeru, (3) frá jarðvegi sem lofttegundir og (4) með menguðum jarðvegsögnum sem loða við gras / plöntu / uppskeru.

7.1. PCB efnasambönd í jarðvegi.

PCB efnasambönd hegða sér líkt og díoxín efnasambönd í jarðvegi og fer hegðun þeirra mikið eftir fjölda klóratóma. Því fleiri klóratóm því þrávirkari eru efnasamböndin og hvarfgirni þeirra verður hverfandi. Líkt og díoxín efnasambönd leysast þau illa upp í vatni og sogast á yfirborð lífrænna efna í jarðvegi¹⁵. PCB efnasambönd geta þó einnig sogast á yfirborð leirsteinda og er talið að leirsteindir geti jafnvel haft meiri áhrif á bindingu PCB efnasambanda í jarðvegi en lífrænt efni. PCB efnasambönd geta brotnað niður í jarðvegi bæði við loftfirrtar og loftháðar aðstæður en rannsóknir á PCB niðurbroti í íslenskum jarðvegi hafa sýnt fram á að niðurbrotið sé hægt, meðal annars vegna leirsteinda sem gjarnan er að finna í íslenskri eldfjallajörð¹⁶.

Plöntuupptaka PCB efnasambanda er fyrst og fremst með þurrri ákomu en einnig þegar plöntur taka upp PCB efnasambönd í gasformi en á það eingöngu við lítt klórberandi PCB efnasambönd en styrkur þeirra er yfirleitt hverfandi samanborið við þyngri PCB efnasambönd. Almenn er upptaka PCB efna um plönturætur hverfandi líkt og á við um díoxín og díoxín lík efnasambönd¹⁷.

7.2. Líkleg hegðun díoxín og díoxín líkra og PCB efnasambanda í jarðvegi í Skutulfirði

Ef tekið er mið af ofangreindum þáttum er sennilegt að jarðvegur þess mengaða svæðis sem um ræðir innihaldi hátt hlutfall lífrænna efna (sjá málsgreinina *Íslenskur jarðvegur* í texta) vegna hins þetta berggrunns sem þar er að finna. Helstu jarðvegsgerðir þessa svæðis eru *svartjörð* og *votjörð* þótt til séu undantekningar frá því. Ef tekið er mið af þeim díoxín og díoxín líku efnasamböndum sem og PCB efnasamböndum sem greinst hafa nú þegar í bæði mjólkur- og kjötsýnum er um þung klórberandi efni að ræða.

Íslenskt veðurfar er bæði kalt og rakt og er meðal hiti jarðvegs 12°C yfir sumartíma á Íslandi sem veldur því að almennt er niðurbrot í jarðvegi á þessu svæði í lágmarki. Hið loftfirra umhverfi samfara illa framræstum jarðvegi hægir enn frekar á niðurbroti. Enn fremur hefur nýleg rannsókn sýnt fram á að niðurbrot PCB efna í jarðvegi á Íslandi sé almennt afar hægt¹⁶.

Í ljósi þessa má gera ráð fyrir að díoxín og díoxín lík efnasambönd sem og PCB efnasambönd séu einkar þrávirk í jarðvegi þessa svæðis og mjög fastbundin. Því er flutningur í jarðvegi um plönturætur lítill, sem og niður í grunnvatn, en getur borist með jarðvegsögnum frá yfirborðslagi jarðvegs. Það skal tekið fram að ekki liggja fyrir niðurstöður úr jarðvegssýnum og því er eingöngu um hugleiðingar að ræða sem byggja á fyrri rannsóknum.

8. Upptaka díoxíns í mönnum og dýrum

Díoxín myndast aðallega við bruna þar sem lífræn efnasambönd komast í snertingu við klór og eru sorpbrennslur oft meginuppspretta losunar¹⁸. Við brennsu loða efnin við rykagnir og útseyting grasbíta er því aðallega bundin við upptöku ryks við fæðuöflun. Upptaka díoxíns gegnum rætur plantna er í flestum tilfellum óveruleg¹⁹. Styrkur díoxíns magnast svo upp eftir því sem ofar dregur í fæðukeðjunni, þar sem tiltölulega lítil aukning í styrk fódurs getur leitt af sér tiltölulega mikla hækkun ofar í fæðukeðjunni. Af þessu leiðir að yfir 90% af útseytingu díoxíns í mönnum má undir venjulegum kringumstæðum rekja til neyslu matvæla, sér í lagi dýraafurða s.s. fisks, kjöts, eggja og mjólkurafurða²⁰. Útseyting gengum húð og innöndun er oftast óveruleg (<10%). Ef nærupspretta díoxíns er til staðar, svo sem sorpbrennslustöð, geta þessi hlutföll riðlast og útseyting vegna innöndunar getur haft mælanleg áhrif²¹.

Díoxín eru þrávirk efni og er helmingunartími þeirra í flestum lífverum mjög langur. Í mönnum er helmingunartími mismunandi efnamynda metinn á bilinu 1 til 30 ár²². Því fleiri klóratóm sem hver efnamynd inniheldur því lengri er helmingunartíminn. Sama gildir með önnur spendýr. Ástæður þessa má meðal annars rekja til þess að díoxín eru (1) mjög varmafræðilega stöðug; (2) fituleysanleg sem hindrar eðlilegan útskilnað; (3) og að útseyting fyrir þessum efnum er tiltölulega nýleg í sögulegu samhengi (var óveruleg fyrir iðnbyltingu). Flestar lífverur hafa því ekki náð að þróa ensím sem nýst geta til niðurbrots.

Hægt niðurbrot í mönnum og spendýrum leiðir af sér að þó að neyslu díoxínsmengaðra matvæla (menn) eða fódurs (dýr) sé skyndilega hætt þá hefur sú aðgerð til skemmri tíma nær engin áhrif til lækkunar sökum hægs niðurbrots. Undantekning frá þessu er þó þegar konur eru með barn á brjósti því þá flyst díoxín frá móður til barns með brjóstamjólk og díoxín í blóði móður getur lækkað um allt að 70% eftir 2 ára gjöf²³. Að sama skapi eykst styrkur díoxíns hjá afkvæmi tiltölulega hratt þar sem útseyting per kíló líkamsþyngd er hlutfallslega meiri hjá börnum en fullorðum. Áhrif brjóstgjafar á ungbarnaskeiði eru jafnvel enn mælanleg við 10 ára aldur²⁴. Almennt mælast konur sem haft hafa fleiri en eitt barn á brjósti með tiltölulega lægri díoxín gildi í blóði borið saman við karlmenn á svipuðum aldri en jafnvægi næst aftur nokkrum árum eftir að brjóstgjöf lýkur. Sömu rök má færa fyrir afdrifum díoxíns í búfé, þar sem afkvæmið drekkur mjólk móður. Lífaldur er annar mikilvægur þáttur er varðar uppsöfnun díoxína í mönnum og dýrum, eykst frekar hratt frá fæðingu en svo hægir á þessari aukningu þegar fullorðinsaldri er náð²⁵.

9. Niðurstöður sýnatöku

Tekin voru alls 13 sýni af kjötafurðum frá bændum í Skutulsfirði. Af þessum 13 sýnum reyndust 2 vera eðlileg og í samræmi við niðurstöður sem fengist hafa við fyrri rannsóknir á búfjárafurðum. Tvö sýni sýndu væga hækkun en fimm sýni sýndu verulega hækkun en þó undir viðmiðunarmörkum. Tvö sýni

voru yfir viðmiðunarmörkum. Einnig var sýni úr kú sem hafði verið eitt ár á bænum Efri Engidal, en fengin annars staðar frá, við viðmiðunarmörk. Sama má segja um niðurstöðu sýnis úr 5 vetra gamalli kind sem slátrað var í rannsóknarskyni og hafði gengið á beit í Engidal en á heyfóðri annars staðar frá.

Auk þessa voru tekin 6 sýni af mjólk hjá framleiðendum. Fimm sýni voru tekin á Vestfjörðum og eitt í Örafum. Sýni tekið í Skutulsfirði (Efri Engidal) reyndist yfir mörkum, hin voru eðlileg. Einnig var tekið heysýni í Skutulsfirði (Efri Engidal). Þar var um að ræða safnsýni tekið úr nokkrum heyrúllum. Mæligildi þessa meðaltalssýnis reyndist einnig það hátt, að þeir gripir sem éta það fóður að staðaldri, fara mjög líklega yfir viðmiðunargildi sbr. niðurstöður mjólkur- og nautgripakjötssýna frá Efri Engidal. Af því leiðir að þetta fóður leiðir til ónýtanlegra afurða.

10. Tölfræði díoxína

Við túlkun mælinga á díoxíni og díoxín líkra PCB efna í matvælum verður að hafa í huga að töluverður breytileiki er oft til staðar í sýnum innan sömu tegundar, jafnvel þótt þau komi öll frá sama svæði. Ekki er óalgengt að munur milli hæsta og lægsta sýnis geti verið allt að þrefaldur, sér í lagi ef dýr hafa ekki öll verið á sama fóðri og fengið að ganga frjáls. Einnig má vænta að breytileiki milli sýna aukist verulega ef ekki er hægt að velja sýni fyrirfram til mælinga m.t.t. aldurs dýra og fóðurgjafar. Í þeim frummælingum sem nú hafa farið fram var slíkt ekki mögulegt heldur varð að notast við þau kjötsýni sem til voru fryst á hverjum stað, auk sýnis úr kind sem slátrað var í rannsóknarskyni.

Í ljósi þessa verður að hafa eftirfarandi í huga við túlkun mælinga frá Skutulsfirði:

- Einungis hafa verið mæld 13 kjötsýni úr Skutulsfirði. Af þessum sýnum eru þrjú yfir viðmiðunarmörkum (nautgripur, lamb og ær). Sýnin af lambi og ær voru þó svo nálægt mörkum að endurtekin mæling þyrfti að fara fram til að fá út því skorið hvort kjötið mætti tæknilega fara á markað. Annað kýrsýni mældist rétt undir viðmiðunarmörkum. Flest önnur kjötsýni (sauðfé) frá Skutulsfirði sýndu verulega (10-20 falda) hækkun miðað við fyrri mælingar frá öðrum svæðum.
- Mjólkursýni úr Efri Engidal var yfir viðmiðunarmörkum sem er sambærilegt við fyrri mælingu frá MS.
- Fóður safnsýni, sem er meðaltals sýni, er við viðmiðunarmörk.

Það að öll þrjú sýni úr nautgripum/kúm séu yfir viðmiðunarmörkum (2 mjólkursýni MAST og MS og 1 kjötsýni) bendir sterklega til þess að að mjólkurafurðir og nautgripir frá Efri Engidal eigi ekki að fara á markað og hafi ekki átt að fara á markað.

Niðurstöður fyrir sauðfé eru ekki eins afgerandi. Ástæður fyrir því má m.a. rekja til þess að sum dýr hafa einungis verið á beit í Engidal en á fóðri annars staðar frá. Sum hafa verið á fóðri frá Engidal en gengið annars staðar. Þar sem sterklega má gera ráð fyrir að styrkur díoxíns í því sauðfé sem nú er á fæti sé a.m.k ekki lægri en það sem núverandi mælingar sýna og að lömb að vori muni því verða fyrir útseytingu vegna hækkaðra gilda í mjólk, þá er ljóst að viðamiklar mælingar þurfa að fara fram ef koma á að fullu í veg fyrir að kjöt yfir viðmiðunarmörkum fari á markað frá Skutulsfirði.

11. Álit um mengun

Eftir ítarlegar umræður, rýni niðurstaðna, greiningu ýmissa efnamynda díoxíns, lestur greina og annarrar þekkingaröflunar (sjá umfjöllun um díoxín framar), þá eru þessar niðurstöður helstar.

1. Búfé í Efri Engidal.
2. Er líklega töluvert mengað, svo og afurðir.
3. Búfé frístundabænda.
4. Er líklega töluvert mengað, svo og afurðir.
5. Fóður fyrir búfé fengið í Engidal.
6. Er líklega töluvert mengað.
7. Ber.
8. Ekki hægt að segja til um fyrr en að loknum rannsóknum á jarðvegi og ryki.
9. Villt dýr, fiskur og fuglar.
10. Líklegt er að rjúpa geti verið menguð. Villtur fiskur í ánni og lóninu þarfnast rannsóknar, (setið getur verið mengað).

Það eru því varla forsendur til að undanskilja nein dýr á svæðinu þegar talað er um mengun.

12. Ástand á svæðinu

Brennslu var hætt í desember 2010 og samkvæmt gögnum frá Ísavia og Veðurstofu Íslands er ríkjandi vindátt inn dalinn. Fram að þeim tíma að brennslu var hætt, hefur sennilega borist stöðug mengun út í umhverfið í formi ryks og agna. Um mörg mismunandi efni getur verið að ræða. Mikið af þessu efni er enn á svæðinu og sennilegt er að það verði á ferðinni þar um nokkurn tíma, hversu lengi er erfitt að segja til um. Þetta lausa efni og ryk hefur smogið víða og líka í gripahús. Einnig verður að gera ráð fyrir að ryk frá heyi sé til staðar og það sé amk. jafnmengað og heyið. Því er líklegt að mengun sé enn að eiga sér stað á svæðinu, alla vega hvað skepnur varðar. Eldri heyforði úr Engidal er mengaður.

Á meðan ekki hafa farið fram frekari rannsóknir og að teknu tilliti til þeirra mælinga sem þegar liggja fyrir eru ekki forsendur til annars en að ætla að sömu aðstæður gildi fyrir árið 2011, að mestu leyti, og fyrir árið 2010. Mengun er á svæðinu og endurmengun frá lausum ögnum á sér sennilega stað ennþá.

13. Framtíð

Óráðlegt er að beita skepnum í Engidal þar til rannsóknaniðurstöður sýna að í lagi sé að beita þar.

Lagt er til að gerð verði lítil beitartilraun (3 kindur með lömbum af ómenguðu svæði) til að kanna upptöku díoxína og etv. fleiri efna í Engidal. Án slíkrar tilraunar er ekki óhætt að hleypa afurðum á markað nema að undangengnum ítarlegum rannsóknum

- Bægja þarf aðkomufénaði frá Engidal.
- Heyskapur mun minnka álag díoxína á landið, en heyinu ætti að farga.
- Gera þarf ítarlegar rannsóknir á jarðvegi.
- Taka þarf sýni af villtum fiski í sumar.
- Huga þarf að sýnatöku á rjúpu og berjum fyrir veiðitíma / uppskeru.
- Hreinsa þarf öll gripahús, hlöður og fóðurgeymslur vandlega.

Reference List

- (1) Quass U, Fermann M, Broker G. The European dioxin air emission inventory project--final results. *Chemosphere* 2004 March;54(9):1319-27.
- (2) Geyer HJ, Schramm KW, Feicht EA, Behechti A, Steinberg C, Bruggemann R, Poiger H, Henkelmann B, Ketttrup A. Half-lives of tetra-, penta-, hexa-, hepta-, and octachlorodibenzo-p-dioxin in rats, monkeys, and humans--a critical review. *Chemosphere* 2002 August;48(6):631-44.
- (3) Sinkkonen S, Paasivirta J. Degradation half-life times of PCDDs, PCDFs and PCBs for environmental fate modeling. *Chemosphere* 2000 May;40(9-11):943-9.
- (4) Tanabe S. PCB problems in the future: foresight from current knowledge. *Environ Pollut* 1988;50(1-2):5-28.
- (5) Van den BM, Birnbaum L, Bosveld AT, Brunstrom B, Cook P, Feeley M, Giesy JP, Hanberg A, Hasegawa R, Kennedy SW, Kubiak T, Larsen JC, van Leeuwen FX, Liem AK, Nolt C, Peterson RE, Poellinger L, Safe S, Schrenk D, Tillitt D, Tysklind M, Younes M, Waern F, Zacharewski T. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environ Health Perspect* 1998 December;106(12):775-92.
- (6) Van den BM, Birnbaum LS, Denison M, De VM, Farland W, Feeley M, Fiedler H, Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Rose M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A, Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson RE. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and Mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicol Sci* 2006 October;93(2):223-41.
- (7) FAO-UNESCO. World References Base for Soil Resources. Food and Agricultural Organization of the United Nations. 1998.
- (8) Arnalds O. Volcanic soils of Iceland. *Catena* 2004 April 21;56(1-3):3-20.
- (9) Arnalds O, Ólafsdóttir B, Guicharnaud R. Aðferðir við að lýsa jarðvegsniðum. *Rit LBHÍ* 2005;nr. 5:53.
- (10) US Department of Health and Human Services AfTSaDR. Toxicological profile for chlorodibenzofurans. Atlanta, GA: ATSDR; 1994.
- (11) Department of Health and Human Services AfTSaDR. Toxicological profile for chlorinated dibenzo-p-dioxins. Atlanta, GA: ATSDR; 1998.
- (12) ENVIRONMENT AGENCY. Supplementary information for estimating human exposure to dioxins, furans and dioxin-like PCBs from soil. Science ReportSC050021/ Technical Review Dioxins, furans and dioxin-like PCBs. Bristol; 2009.
- (13) Wild SR, Beck AJ, Jones KC. Predicting the fate of non-ionic organic chemicals entering agricultural soils following sewage sludge application. *Land Contamination and Reclamation* 1995;3:181-9.
- (14) Meneses M, Schuhmacher M, Domingo JL. A design of two simple models to predict PCDD/F concentrations in vegetation and soils. *Chemosphere* 2002 March;46(9-10):1393-402.
- (15) US Department of Health and Human Services AfTSaR. Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs). Atlanta, GA: ATSDR; 2000.
- (16) Lehtinen T. Bioremediation trial on PCB polluted soils – A bench study in Iceland Líf- og umhverfiseild Háskóla Íslands; 2010.

- (17) ENVIRONMENT AGENCY. Environmental concentrations of polychlorinated biphenyls (PCBs) in UK soil and herbage, UK SHS Report No. 8. Bristol; 2007.
- (18) Weber R, Gaus C, Tysklind M, Johnston P, Forter M, Hollert H, Heinisch E, Holoubek I, Lloyd-Smith M, Masunaga S, Moccarelli P, Santillo D, Seike N, Symons R, Torres JP, Verta M, Varbelow G, Vijgen J, Watson A, Costner P, Woelz J, Wycisk P, Zennegg M. Dioxin- and POP-contaminated sites--contemporary and future relevance and challenges: overview on background, aims and scope of the series. *Environ Sci Pollut Res Int* 2008 July;15(5):363-93.
- (19) Engwall M, Hjelm K. Uptake of dioxin-like compounds from sewage sludge into various plant species--assessment of levels using a sensitive bioassay. *Chemosphere* 2000 May;40(9-11):1189-95.
- (20) Liem AK, Furst P, Rappe C. Exposure of populations to dioxins and related compounds. *Food Addit Contam* 2000 April;17(4):241-59.
- (21) Schechter A, Papke O, Ball M, Lis A, Brandt-Rauf P. Dioxin concentrations in the blood of workers at municipal waste incinerators. *Occup Environ Med* 1995 June;52(6):385-7.
- (22) Milbrath MO, Wenger Y, Chang CW, Emond C, Garabrant D, Gillespie BW, Jolliet O. Apparent half-lives of dioxins, furans, and polychlorinated biphenyls as a function of age, body fat, smoking status, and breast-feeding. *Environ Health Perspect* 2009 March;117(3):417-25.
- (23) Schechter A, Ryan JJ, Papke O. Decrease in levels and body burden of dioxins, dibenzofurans, PCBS, DDE, and HCB in blood and milk in a mother nursing twins over a thirty-eight month period. *Chemosphere* 1998 October;37(9-12):1807-16.
- (24) Link B, Gabrio T, Zoellner I, Piechotowski I, Paepke O, Herrmann T, Felder-Kennel A, Maisner V, Schick KH, Schrimpf M, Schwenk M, Wuthe J. Biomonitoring of persistent organochlorine pesticides, PCDD/PCDFs and dioxin-like PCBs in blood of children from South West Germany (Baden-Wuerttemberg) from 1993 to 2003. *Chemosphere* 2005 March;58(9):1185-201.
- (25) Verner MA, Charbonneau M, Lopez-Carrillo L, Haddad S. Physiologically based pharmacokinetic modeling of persistent organic pollutants for lifetime exposure assessment: a new tool in breast cancer epidemiologic studies. *Environ Health Perspect* 2008 July;116(7):886-92.