

## Kanning av oljudálking við Flesjarnar – august 2007



**Katrin Hoydal og Maria Dam  
Umhvørvisstovan  
US frágreiðing 2009:3**

**Heiti á frágreiðing:**

Kanning av oljudálking við Flesjarnar – august 2007

**Skrivað hava:**

Katrin Hoydal og Maria Dam

Umhvørvisstovan

US frágreiðing: 2009:3

ISBN nr.: 978-99918-819-3-5

**Fyri hjálp við innsavning takka vit:**

Hans Eli Jacobsen

Finni Johannesen

Bjarta Torleifssyni

## Innihaldsvirlit

Fororð .....	4
Endamál .....	4
Inngangur .....	5
Mannagongd .....	7
Innsavning og sýnistøka.....	7
Kanningar.....	10
Kanningarhættir.....	11
Úrslit .....	12
Olja/vatn.....	12
Fiskur .....	13
Kræklingur .....	17
Sediment .....	19
Kjak .....	21
Samanumtikið .....	27
Tilvísingarlisti .....	28
Fylgiskjøl .....	29

## Fororð

Tann 2/8-07 rendi russiski trolarin Olshana á land á Flesjunum eftir stutt frammanundan at hava bunkrað 270t av gassolju (dieselolju). Hol kom á skipið, og olja lak úr beinanvegin, og tann 3/8-07 sakk skipið við oljuni umborð. Tað varð staðfest, at hol var á tveimum 15t oljutangum, umframt einum smyrjioljutanga, so 30t av gassolju og 9t av smyrjiolju lóku úr skipinum.

Oljan rak norður móti Sundalagnum og sást í Sundalagnum heilt frá Raktanga til brúnna við Streymin, umframt at olja rak inn á Skálafjørðin og sást frá Nesi til Skipanesar. Økið frá Kolbanagjógv til Selatraðar var mest dálkaða økið. Alibrúk í økinum vórðu rakt av dálkingini, og máttu taka avleiðingar av hesum við at steðga fóðringini og útseta tøku, og Heilsufrøðiliga starvsstovan ráddi til at seta veiðibann í verk í økinum, vegna móguliga dálking av fiski, hummara og skeljadjórum.

Roynt varð at taka oljuna upp við skimmara, og oljuverjur vórðu lagdar út við vrakstaðið, har oljan bráaði upp. Tann 8/8-07 varð mett, at tamarhald var á oljuni við tað, at olja bert sást við vrakstaðið, har olja enn bráaði upp, men nú í nógv minni mun enn áður, og oljuverjur vórðu lagdar allan vegin rundan um vrakstaðið.

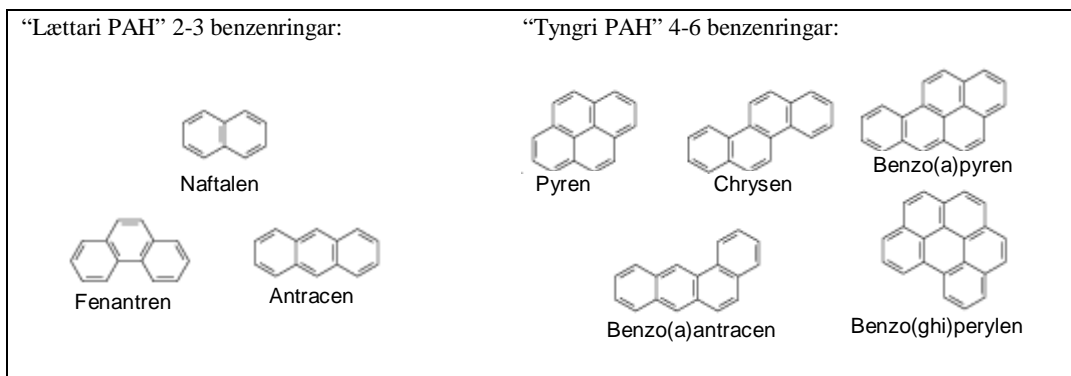
Frá 17/8-07 var ógvuliga lítið av olju at síggja við vrakstaðið, og lítið av olju kom í oljuverjurnar (absorbentarnar), sum lógu rundanum. Tann 24/8-07 vórðu oljuverjurnar tiknar upp vegna vánaligt veður, og vórðu ikki settar út aftur.

## Endamál

Hendan kanning er gjørd fyri at kanna, um dálkingin hevur haft árin á umhvørvið í økinum. Kanningar eru gjørdar av leivdum av olju í toski, kræklingi og sedimenti, og árin skanningar eru gjørdar av toski og kræklingi. Harumframt vórðu oljusýnir úr sjónum kannaði fyri at kenna innihaldið í sjálvari oljuni. Í kanningunum av oljuni og av oljuleivdum í sedimentum ella vevnaði hevur høvuðsdentur verið lagdur á polysyklisk aromatisk kolvetni, PAH. PAH-ini eru uppi í tí tyngru fraktiónini av oljuni, og hesin parturin inniheldur mýl, sum eru ella kunnu vera krabbameinselvandi.

# Inngangur

Olja er samansett av nógvum ymiskum evnum har meginparturin er kolvetni. Ein partur av hesum kolvetnunum eru polycyklisk aromatisk kolvetni, PAH .



Mynd 1 Dømir um PAH - lættari PAH (2-3 benzen ringar), tyngri PAH (4-6 benzen ringar).

PAH eru ofta ikki meir enn uml. 1% av innihaldinum í oljuni, men av tí at tey eru meiri persistent enn onnur kolvetni, og harumframt eru tey mest eitrandi evnini í oljuni og kunnu vera krabbameinselvandi, er tað ofta PAH innihaldið, sum verður kannað fyri at meta um árin av oljudálkingum á umhvørvið.

PAH dálking kann tó eisini standast av øðrum enn oljudálkingum, við tað at PAH eisini kann stava frá ófullfíggaðari forbrenning av lívrundum tilfari.

Fyri at skilja ímillum hesi bæði sløgini av dálking kann hyggjast eftir býtinum millum alkylerað mýl og mýl uttan slíkar alkyl-armar, og býtinum av teimum ymisku PAH-unum. PAH dálking frá olju nevnist eisini petrogen PAH dálking og inniheldur mest av teimum ”lættaru” PAH-unum, umframt at fleiri alkylerað PAH eru. Lættari PAH eru uppbygd av 2 og 3 aromatiskum ringum, sí Mynd 1. Dálking frá ófullfíggaðari forbrenning nevnist pyrogen og er mest samansett av teimum ”tyngru” PAH evnunum við 4-6 aromatiskum ringum, sí Mynd 1.

## PAH í djórum

Um eitt øki er dálkað við PAH, kunnu djórin, sum liva har, taka PAH upp.

Kræklingur upphópar PAH í vevnaðinum og er tí egnaður at kanna í sambandi við, hvussu dálkað eitt øki er við PAH. Fiskur, harafturímóti, er í størri mun førur fyri at skilja PAH úr kroppinum aftur, og sostatt er tað ikki nakað gott mát at kanna fisk fyri PAH, eftirsum tað verður úrskilt so við og við, og kanningin so bara gevur eina mynd av, hvussu nógv PAH fiskurin hevur verið útsettur fyri í heilt stutta tíð. Ístaðin kann eitt møguligt árin, sum PAH kann hava á fiskin, kannast við sokallaðum biomarkørkanningum.

## Biomarkørkningar

Tá fiskur upptekur PAH, aktiverast ein enzymskipan sum nevnist CYP1A enzymskipanin, og sum finst í kyknunum hjá fiskinum, serliga í livrini. CYP1A enzymskipanin virkar til at niðurbróta PAH-ini til meira vatnupploysilig niðurbrótingarprodukt, sum nevnast metabolittar. Hesir metabolittarnir verða fyri tað mesta úrskildir til gallið. Aktiviteturin av hesari skipan kann mátast við t.d. EROD kanninginini, og nógdin av teimum gjørdu enzymunum kann kannast sum CYP1A protein konsentratióin. Eisini kunnu PAH metabolittarnir mátast í gallinum. Fiskurin

tømir tó gallbløðruna viðhvørt í sambandi við sodning, so tað er avmarkað, hvussu langa tíð aftan á upptøkuna, metabolittarnir kunnu ávísast í fiskinum.

Nakrir av metabolittunum, sum verða gjørdir í sambandi við niðurbrótingina, eru tó krabbameinselvandi við tað, at teir kunnu binda seg til DNA mýlini í ílegunum, og gera DNA addukt, sum harvið broyta DNA. DNA addukt kunnu mátast rættiliga langa tíð aftaná fiskurin hevur verið fyri dálkingarevnum, men tað eru tó bert nøkur av PAH-unum, sum kunnu elva til hesar DNA adduktir.

Tað eru serliga tey tyngru PAH-ini, sum kunnu hava langtíðarárin á fiskin við tað, at tað eru tey, sum aktivera enzymskipanina, og tí at nøkur av teimum eisini elva til DNA adduktir. Akutt deyðiligheit av oljuni skyldast onnur evnir í og aðrar eginleikar hjá oljuni, og verður ikki nærri umrødd her.

# Mannagongd

## Innsavning og sýnistøka

### Fiskur

Toskur varð fiskaður í Tangafirði í økinum har vrakið av Olshanu liggur (Kort 1). Harumframt varð toskur fiskaður á Munkagrunninum, fyri at hava eina samanberingarstøð í einum ódálkaðum umhvørvi, og í Havnarvág, fyri at hava eina samanberingarstøð í einum dálkaðum umhvørvi.

Rannsóknarskipið “Magnus Heinason” fiskaði 9 toskar á Munkagrunninum við troli t. 2. oktober 2007. Fiskarnir vórðu koyrdir í trý fiskakør, har rennandi sjógvur rann í inntil komið var inn í Nólsoyarfjørð tíðliga morgunin eftir, t. 3. oktober 2007. Tá varð skrúvað fyri tí rennandi vatnskiftinum, fyri at fiskurin ikki skuldi verða ávirkaður av møguligari dálking nær landi og í havnarlagnum. Fiskurin varð fluttur livandi í kørum við sjógvi til starvsstovuna, har sýnini vórðu tikin.

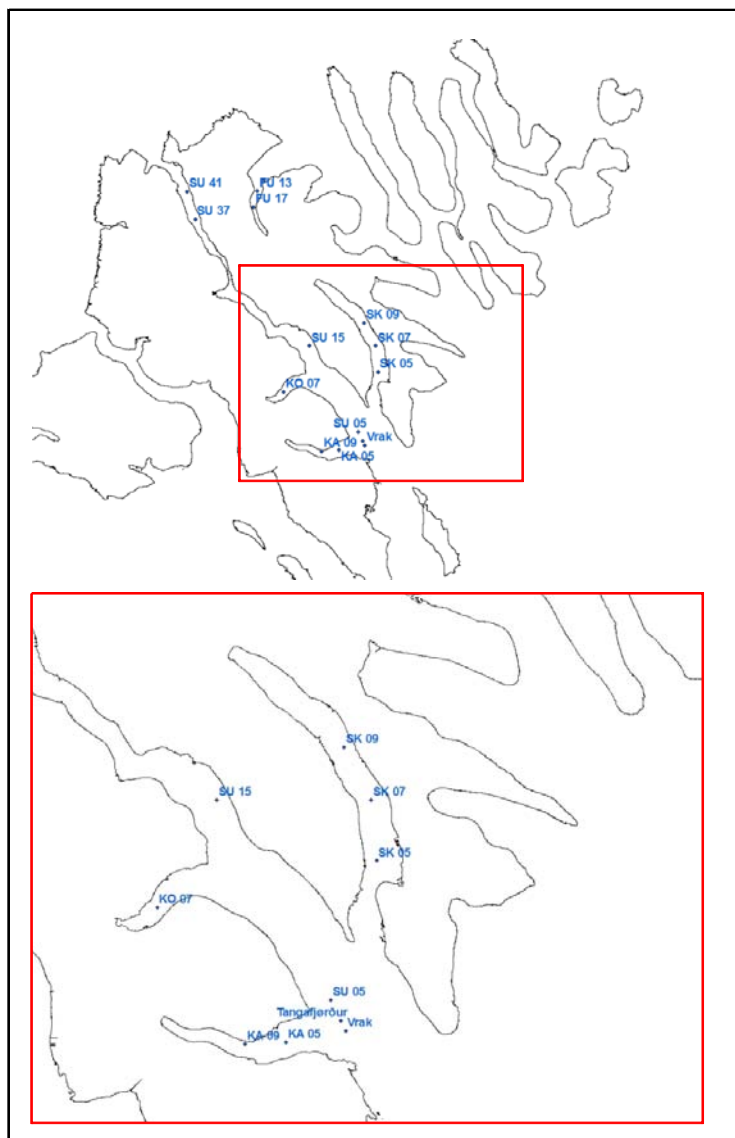
10 toskar vórðu fiskaðir í Tangafirði við Flesjarnar, har vrakið av Olsahanu liggur, t. 30. oktober 2007. Fiskurin varð hildin í kari við rennandi sjógvi til komið var til lands á Sundi, haðani fiskurin var fluttur livandi í kørum við sjógvi til starvsstovuna, har sýnini vórðu tikin.

9 toskar vórðu fiskaðir við tráðu á Havnarvág við molan, beint við havnarskrivstovuna, har Smyril og Norrøna leggja at, 9., 10. og 20. november 2007. Fiskurin varð koyrdur í kør við sjógvi frá staðnum og fluttur í hesum til starvsstovuna, har sýnini vórðu tikin.

Sýnir vórðu tikin av livur og galli til árinnskanningar. Harumframt vórðu blandsýnir tikin av livur og flaki til kanningar fyri PAH. Sera týdningarmikið er, at fiskurin er livandi heilt til sýnistøkuna, tá árinnskanningar skulu gerast so niðurbrótingin av enzymum og DNA ikki byrjar.

Fiskurin varð dripin við einum slagi í høvdið og longd og vekt vórðu mátaði. Síðan varð fiskurin skorin upp, gallið var tikið við eini eingangssprøytu, koyrt í cryorør og fryst í flótandi køvievni (N<sub>2</sub>). Síðani varð livurin tikin út, og trý sýnir á uml. 1g vóru tikin í cryorør og fryst í flótandi N<sub>2</sub> umgangandi. Restin av livrini varð koyrd í polymetylpentenglas og fryst við 20°C.

Sýnir av flaki frá høgri síðu av fiskinum vórðu tikin, pakkað í hitaviðgjørt aluminiumsfolie, koyrd í polyetylen (Minigrip®) plastikposar og fryst við 20°C. Áðrenn sýnini av livur og flaki vórðu send til kanningar fyri PAH vórðu blandsýni gjørd, har líka stór nøgd av livur ella flaki frá 5 individum varð blandað.



**Kort 1** Kort yvir stöðirnar har sýnir vórðu tikin av botntilfari til PAH kanningar. Økið har oljudálkingin var, er forstørrað í niðara parti av myndini.

## Kræklingur

Kræklingur var savnaður við Veðranes og í Kolbanagjógv, har oljudálkingin hevur verið, og í Funningsfirði sum samanberingarstöð.

Kræklingur frá aliringunum við Veðranes var savnaður t. 09.10.07. Roynt varð at fáa krækling frá aliringunum við Selatrað, men ringarnir høvdu ligið ov stutt úti til at kræklingur var at finna har. Í staðin varð roynt at savna krækling í fjøruni við Kolbanagjógv, men ongin varð funnin. Tó vórðu 10 kræklingar fingnir t. 08.11.07, sum høvdu ligið í einum posa í fjøruni í uml. eitt ár. Tá posin varð tikin upp kom olja upp úr móruni, har posin hevði ligið. Harafturat var kræklingur fingin úr Funningsfirði t. 11.11.07, sum varð nýttur til samanberingarsýni.

Kræklingurin varð hildin í flati við sjógvi frá staðnum við luftpumpu í uml. 24 tímar fyri at tømja tarmarnar á kræklingunum áðrenn sýnistøkuna (*deputation*). Táknur og hepatopancreas vórðu tikin frá 16 kræklingum frá Veðranesi og 12 frá Funningsfirði í



cryorør og fryst í flótandi N<sub>2</sub> umgangandi til DNA addukt kanningar. Harafturat vórðu gjörd 2 blandsýni frá hvørjari av støðunum til PAH kanningar. Kræklingarnir vórðu býttir í tveir støddarbólkar. Sýnistøkan fór fram við at kræklingarnir vórðu skornir upp og stillaðir at dryppa av í minst 5 min. Síðani vórðu bleytpartarnir savnaðir í hitaviðgjörd gløs sum 2 blandsýni og fryst við 20°C. Kræklingarnir frá Kolbanagjógv vóru bara 10 í tali, og tí vórðu bara tákurnar tiknar til DNA addukt kanningar, meðan restin av bleytpartunum varð savnað í blandsýni í hitaviðgjördum glasi til kanning fyri PAH.

**Talva 1** Blandsýnir av kræklingi til PAH kanningar

Stað:	Sýni	Dato:	Miðal- longd, cm	Tal í bl.sýni
Veðranes	A	09.10.2007	5,7	25
	B	09.10.2007	5,4	25
Kolbanagjógv	A	08.11.2007	7,4	10
Funningsfjørður	A	11.11.2007	5,5	26
	B	11.11.2007	7,0	18

## Sediment

Sedimentsýnini vórðu tikin við “Magnusi Heinasyni” í sambandi við árliku fjarðakanningarnar hjá Fiskirannsóknarstovuni í august 2007.

Sýni vórðu tikin við hapsi í Kaldbak, Kollafirði, Sundalagnum suður og Tangafirði t. 27. aug. og í Sundalagnum norður og Funningsfirði t. 28. aug. Kort 1 vísir støðirnar, har sýnini vórðu tikin. Fyrireikingin av sýnunum varð gjörd umborð, t.v.s. tveir teir ovastu cm av hvørjum haps-sýni vórðu koyrdir í hitaviðgjörd gløs. Á støðini á Tangafirði var eitt eykasýni tikið til datering fyri at vita, hvussu skjótt sediment legst á botnin. Hendan sedimentsúlan varð skorin í skivur á 1 cm, sum vórðu koyrdar í hvør sítt glas, í alt 19 skivur.

**Talva 2** Støðir har sediment sýnir vórðu tikin til PAH kanningar (haps)

Støðir	positiónir '07		Dýpi '07, m		Viðmerkingar
KA 05	62°03,301 N	6°49,041 V	50,2	0-2 cm	
KA 09	62°03,288 N	6°50,930 V	37	0-2 cm	Lítið í hapsinum (uml. 5 cm)
SK 05	62°07,126 N	6°44,626 V	59,8	0-2 cm	
SK 07	62°08,434 N	6°44,764 V	57,1	0-2 cm	
SK 09	62°09,592 N	6°45,926 V	65,7	0-2 cm	
KO 07	62°06,293 N	6°54,739 V	29	0-2 cm	Fingu ikki rørið niður um stemplið, og máttu taka sýnið við skeið. Tí ikki præcis 2 cm
SU 05	62°04,176 N	6°46,929 V	73,7	0-2 cm	
SU 15	62°08,548 N	6°51,845 V	41	(0-2 cm) ?	Lítill nøgd av sedimenti í hapsinum, ójavnt og møguliga blandað. Sýnið tikið við skeið. Grabb sýnið vísti nógván skeljasand.
SU 37	62°15,022 N	7°03,602 V	53,9	0-2 cm	
SU 41	62°16,415 N	7°04,388 V	37,6	0-2 cm	Sýnið sandkent - helst ikki rakt á støðina, tí grabbsýnið (Biofar) varð tikið á størri dýpi og var mórúkent.
FU 13	62°16,319 N	6°56,879 V	38	0-2 cm	
Tanga-fjørður	(A) 62°03,724 N (B) 62°03,736 N	(A) 6°46,517 V (B) 6°46,512 V	(A) 76,6 (B) 76	(A) 0-2 cm (B) skorið í 18 skivur á 1 cm	(A) Til PAH kanning (B) Til datering

## **Olja/sjógvur**

Eitt sýni varð tikið av oljuni, sum Skálafjarðar slökkilið tók upp við skimmara við Toftir, umframt at tvey sýnir vóru tikin av oljudálkaðum sjógvi á Morskranesi. Sýni av Toftum var skúm frá skimmaranum, sum varð tikið í eina tóma sodavatnsfløsku og, tá tað hevði staðið, hevði tað skilt seg sundur og innihelt mest olju við einum veti av sjógvi niðriundir. Hini bæði sýnini vórðu tikin í laboratoriufløskur og innihildu mest sjógv, við einum lagi av olju omaná. Hesi sýni vórðu konserverað við 2 ml av saltsýru (HCl) pr l av vatni. Partssýnini, sum vórðu send til kanningar, vórðu í øllum trimum førum tikin av oljulagnum við einari eingangspipettu í polymethylpentengløg.

## **Kanningar**

### **Fiskur**

Livrarar á hvørjum einstøkum fiski vórðu kannaðar fyri biomarkørarnar: CYP1A protein, EROD og DNA adduktir, umframt at blandsýnir av livur (á 5 individ í hvørjum) vóru kannaði fyri PAH.

Gallið á hvørjum fiski varð kannað fyri PAH metabolittar.

Blandsýnir av vødda (á 5 individ í hvørjum) frá fiskunum við Flesjarnar, vórðu kannaði fyri PAH.

Allar kanningarnar vórðu gjørdar á Norsk Institutt for vannforskning (NIVA), uttan DNA addukt kanningarnar, sum vórðu gjørdar á Stockholms Universitet, Institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM).

### **Kræklingur**

Táknurnar á kræklingunum vórðu kannaðar sum blandsýni (á 4-5 individ í hvørjum) fyri DNA adduktir á ITM, umframt at blandsýnir av heilum kræklingi vórðu kannaði fyri PAH á NIVA.



Mynd 2 Upplatin kræklingur. Pílarir visa táknurnar.

### **Sediment**

Sedimentsýnini vórðu kannaði fyri PAH á NIVA. Onnur sedimentsúlan, sum var tikin á Tangafirði, varð daterað á Risø DTU, Nationallaboratoriet for bæredygtig energi, í Danmark.

## **Olja/vatn**

Oljufraktiónin av øllum olju/vatnsýnunum varð kannað fyri PAH á NIVA.

## **Kanningarhættir**

PAH varð kannað við GC/MS.

PAH sum verður endurgivið her, er roknað sum summurin av mátaðu konsentratiónum av 16 einstøkum PAH-um. Tá ið roknað hevur verið saman, eru úrslit, sum eru rapporteraði sum minni enn ávísingarmarkið, sett at vera 0 í útrokningunum.

EROD varð kannað fluorimetriskt og CYP1A protein varð kannað við ELISA kanningarháttinum. DNA adduktir vórðu kannaðar við kanningarháttinum “<sup>32</sup>P postlabelling assay”.

Dateringín av sedimentunum var grundað á kanningar av <sup>210</sup>Pb.

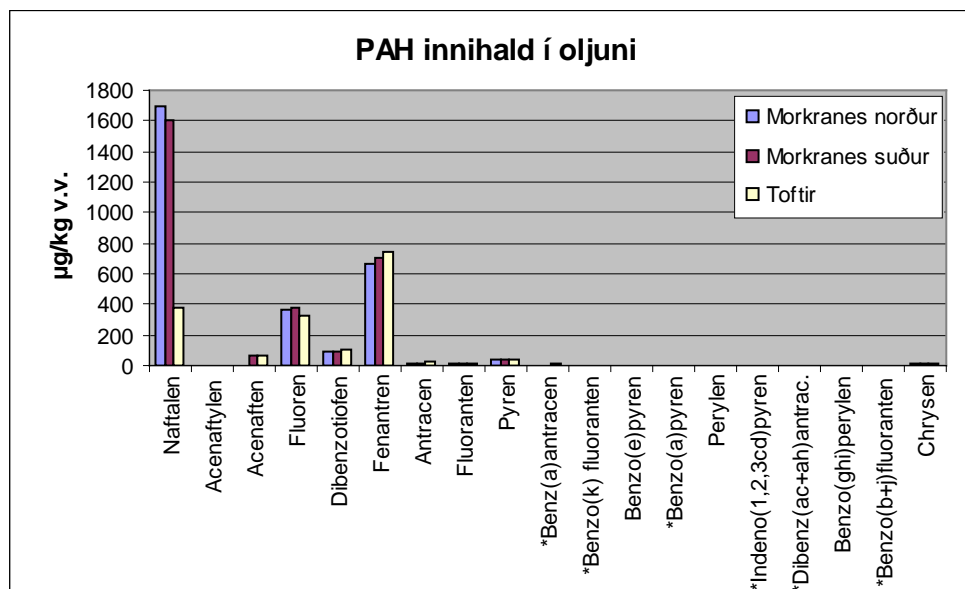
# Úrslit

## Olja/vatn

Mynd 3 vísir innihaldið av PAH í oljusýnunum, sum vóru tikin av oljublettinum og sjógvi við olju frá Olshanu.

Oljan, sum lak úr Olshanu, var fyri tað mesta dieselolja (30t), meðan ein lítill partur var smyrjilja (9t). Mynd 3 vísir, at oljan innihelt mest av teimum lættaru PAH-unum, solum naftalen, fluoren og fenantren, meðan innihaldið av teimum tyngru PAH-unum, bert finnst í sera smáum nøgdum. Samlað nøgd av KPAH<sup>1</sup>, sum eru tey PAH, sum sambært International Agency for Research on Cancer (IARC) verða mett at vera antin sannlík ella møguliga krabbameinselvandi (merkt við \* á Mynd 3), var ávikavist 4.30, 3.98 og 8.37 µg/kg í Morskranesi S, Morskranesi N og á Toftum.

Tað var ikki stórur munur á innihaldinum í teimum trimum sýnunum, tó var heldur størri konsentratió av naftalen í sýnunum frá Morskranesi enn í sýninum av Toftum.



Mynd 3 PAH innihaldið í oljusýnum tikin í sambandi við oljulekan hjá Olshanu.

Munurin á teimum tiknu sýnunum, er at við Toftir, varð sýnið tikið av oljuskúminum, sum varð tikið upp við skimmaranum av Skálfjarðar slökkiliði, meðan hini bæði sýnini úr Morskranesi vórðu tikin sum sýni av dálkaðum sjógvi og vórðu konserverað við saltsýru og stóðu í køliskápi inntil tey vórðu kannaði. Sýni av Toftum stóð í stovuhita til tað varð sent til kanningar. Oljan í báðum sýnunum úr Morskranesi virkaði meira molnað, meðan sýnið av Toftum var meiri rein olja. Kanningin var tó gjørd av oljupartinum av sýnunum í øllum trimum fòrunum.

Innihaldið í oljuni er mest lættari PAH, sum vanligt er í dieselolju, meðan bert sera lítið var av teimum tyngru PAH-unum. Tey lættaru PAH-ini eru tey, sum eru mest

<sup>1</sup> Chrysen og naftalen eru eisini komin uppí bólkin við møguliga krabbameinselvandi evnum tey seinnu árin, men verða ikki tald við uppí KPAH í teimum norsku flokkingarvegleiðingunum (Molvær *et al.*, 1997), og tískil heldur ikki í hesi frágreiðing.

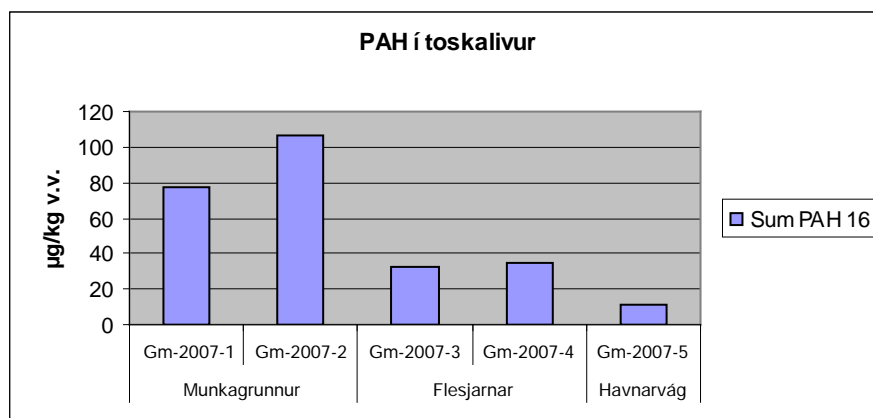
vatnupploysilig, og tískil eru mest atkomulig fyri at vera uppt ikin í djórum so sum fiski og kræklingi, men eru eisini lættari niðurbrótilig í umhvørvinum. Tey lættaru PAH-ini eru eisini meira luftfim, tað vil siga, at tey dampa skjótari av, og hvørva sostætt partvís upp í luftina. Hinvegin er tað millum tey tyngru PAH-ini, at tey krabbameinselvandi PAH-ini finnast og eru tað tískil tey, sum kunnu hava størst langtíðarárin á djórlívið í økinum.

## Fiskur

Toskur varð kannaður fyri PAH í livur umframt at kanningar vórðu gjørdar av árininum av PAH á fiskin. Fiskurin frá Flesjunum varð eisini kannaður fyri PAH í flaki.

### PAH í fiski

Mynd 4 vísir samanlagda innihaldið av 16 av teimum ymisku PAH-unum, sum vórðu mátað í teimum ymisku blandsýnunum av toskalivur. Innihaldið var hægst í toskinum frá Munkagrunninum, meðan tað var lægri við Flesjarnar og lægst á Havnarvág.



**Mynd 4** Innihaldið av PAH 16 í toskalivur frá Munkagrunninum, Flesjunum og Havnarvág, kannað sum 5 blandsýni.

PAH kundi ikki ávísast í flakinum frá toski við Flesjarnar (<0.5 µg/kg v.v.).

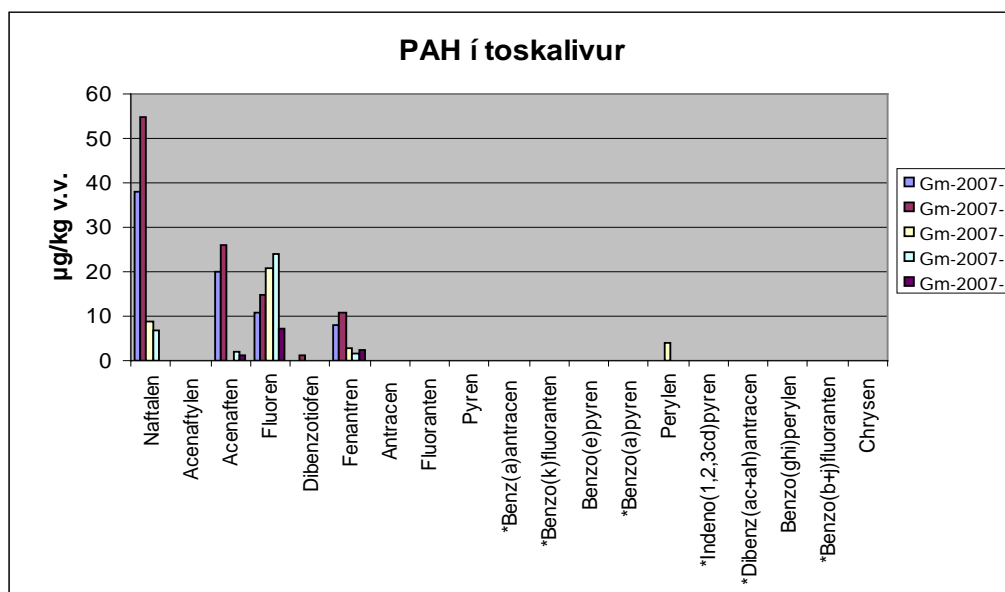
Mynd 5 vísir nøgdina og býtið av teimum ymisku PAH-unum í toskalivur.

Um hugt verður at innihaldinum av teimum ymisku PAH-unum í fiskinum frá Flesjunum (Gm-2007-3 og Gm-2007-4) sæst, at tað samsvarar rættiliga væl við innihaldið, sum varð mátað í sjálvari oljuni. Tó er eitt ávíst innihald av perylen mátað í fiskinum, sum ikki varð ávíst í oljuni.

Toskarnir frá Munkagrunninum innihildu tó væl meiri naftalen, acenaften og fenantren í livrini enn toskarnir frá Flesjunum, meðan livrarnar hjá toski úr Havnarvág bert innihildu acenaften, fluoren og fenantren og tað í heilt lágum nøgdum.

Innihaldið av PAH í toskalivrunum frá Munkagrunninum er heilt óvæntað. Kanningar av toskalivrum frá Mýlingsgrunninum í 1997 vístu 9-11 µg/kg v.v. av PAH (Larsen

og Dam, 1999), sum er ein tíggyndapartur av PAH-num, sum var í hesum toskalivrunum frá Munkagrunninum í 2007.

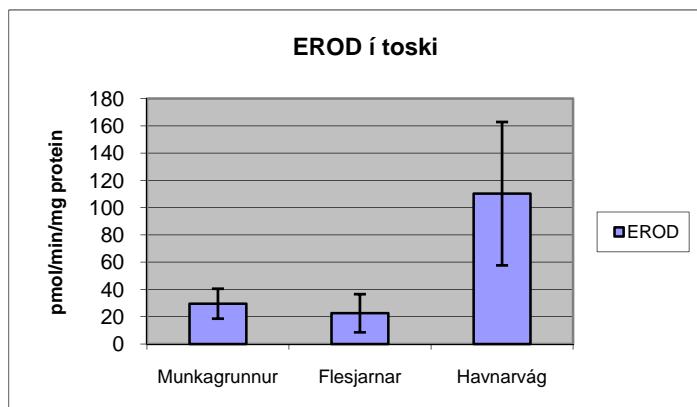


**Mynd 5** Býtið av teimum ymisku PAH evnunum í toskalivur frá teimum kannaðu økjunum. Gm-2007-1 og 2 eru frá Munkagrunninum, Gm-2007-3 og 4 eru frá Flesjunum, og Gm-2007-5 er frá Havnarvág.

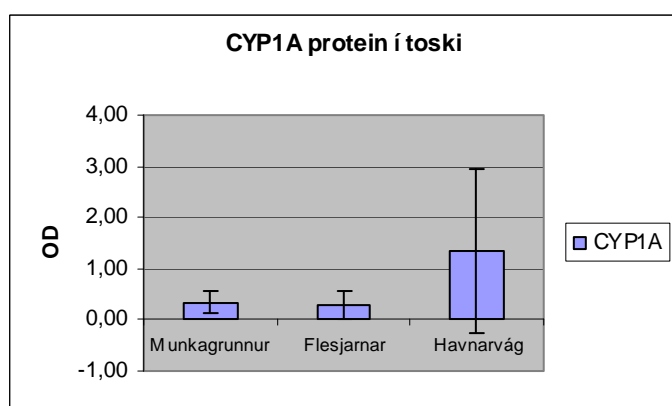
### Árinskanningar í fiski (biomarkørkanningar)

Mátingarnar av EROD aktiviteti og CYP1A konsentration eru í veruleikanum tvey mát fyri tað sama, eftirsum at onnur kanningin mátar innihaldið av CYP1A proteini meðan hin mátar enzymaktivitetin av sama proteini. Úrslitini frá hesum báðum kanningunum samsvara eisini rættiliga væl, við tað, at bæði EROD aktiviteturin og CYP1A innihaldið vórðu størst í fiski frá Havnarvág, meðan tey vóru á umleið sama støði í fiski frá Munkagrunninum og frá økinum kring Flesjarnar. Mynd 8 vísir samanhingin millum EROD og CYP1A protein fyri allar fiskarnar, ið var hagfrøðisliga týðandi ( $r^2=0.53$ ,  $p=0.000$ )<sup>2</sup>. Tað hevði tó verið væntandi, at innihaldið av hesum biomarkørum fylgdi konsentrationini av PAH, og tá hevði verið náttúrligt at væntað hægst EROD aktivitet og høga CYP1A konsentration í fiskunum frá Munkagrunninum.

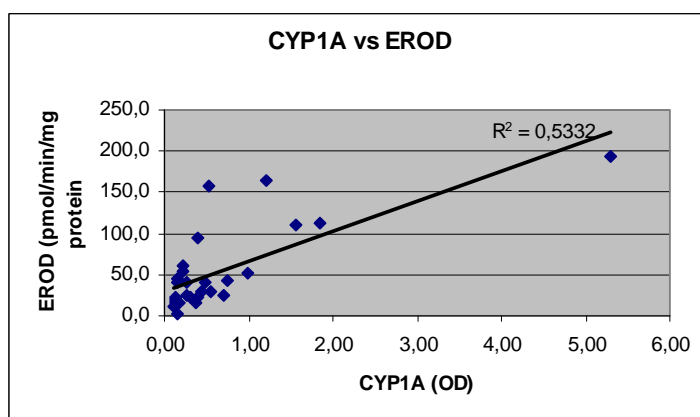
<sup>2</sup> Eitt punkt sær út til at gera stóran mun í hesum grafinum, men hóast hetta punktið verður tikið úr, er korrelatióin týðandi, ( $r^2=0.429$ ,  $p=0.000$ ).



**Mynd 6** Miðal EROD aktiviteturinn í livur frá toski, fiskaður á Munkagrunninum, við Flesjarnar og á Havnarvág.

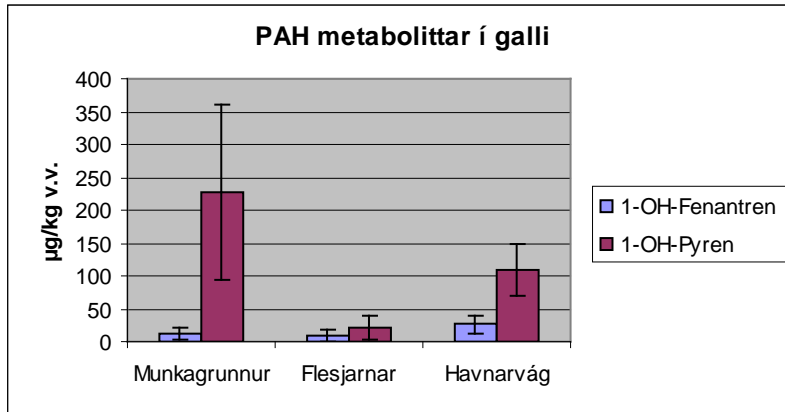


**Mynd 7** Miðal innihaldið av CYP1A proteini í livur frá toski, fiskaður á Munkagrunninum, við Flesjarnar og á Havnarvág.



**Mynd 8** Samanhangurinn millum EROD og CYP1A protein innihaldið í toskalivur.

Tað vórðu kannaðir fýra ymiskir PAH metabolittar í gallinum: 3-OH-benzo(a)pyren, 2-OH-naftalen, 1-OH-fenantren, 1-OH-pyren. Av teimum fýra, vóru tað bara 1-OH-fenantren og 1-OH-pyren, sum kundu ávísast. Innihaldið av 1-OH-fenantren var hægst í fiski frá Munkagrunninum og lægst við Flesjarnar, meðan innihaldið av 1-OH-pyren var hægst í fiski frá Havnarvág og lægst við Flesjarnar (Mynd 9).



**Mynd 9** Miðal innihaldið av PAH metabolittum í galli frá toski, fiskaður á Munkagrunninum, við Flesjarnar og í Havnarvág.

Innihaldið av 2-OH-naftalen kundi ikki ávísast orsakað av, at mátingin varð fjald av interferensi í kromatogramminum. Tað er spell, eftirsum at naftalen er tað av PAH-unum, sum varð funnið í størst nøgdum í oljuni.

Innihaldið av PAH metabolittum í gallinum verður ávirkað av, hvussu langt síðani tað er, at fiskurin hevur etið. Í sambandi við sodning, tømur fiskurin gallbløðruna, og beint eftir tað er konsentrationin av evnum í gallinum tynt, í mun til tá ein tíð er farin, og innihaldið í gallinum verður meir og meir konsentrerað. Hesa feilkeldu ber til at leggja upp fyri við at máta innihaldið av biliverdin, sum er eitt grønt pigment sum finst í gallinum, og síðani normaliserað við hesum innihaldinum. Úrslitini frá hesari kanning eru tó ikki normaliseraði.

Kanningarnar av DNA-adduktum í toskalivur vístu, at addukt bert kundu ávísast hjá trimum toskum frá Havnarvág, og at hesar lógu tætt við ávísingarmarkið, meðan tað í fiskunum frá hinum støðunum ikki kundi ávísast DNA addukt (Talva 3).

**Talva 3** Úrslit av DNA addukt mátingunum í toskalivur (nmol add/mol normal nucleotides).

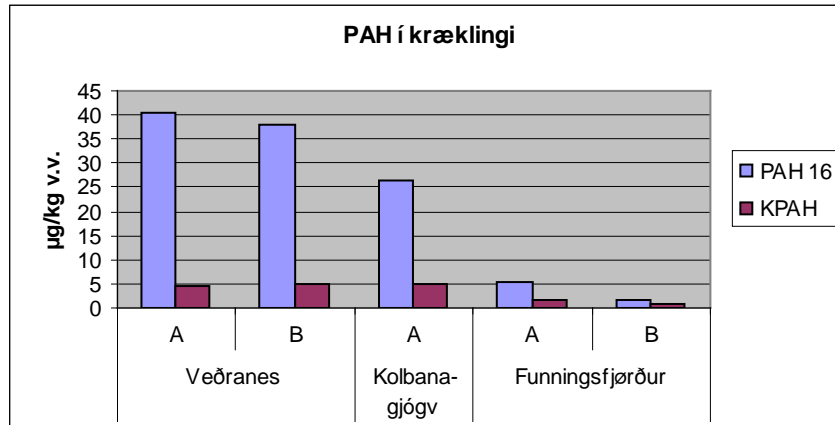
Munkagrunnurin		Tangafjørður		Tórshavn			
Innsavnað: 02-10-07		Innsavnað: 30-10-07					
Sýni nr.	DNA addukt	Sýni nr.	DNA addukt	Innsavnað:	Sýni nr.	DNA addukt	Til at rokna miðalvirði*
GM-0312	≤0.85	GM-0323	≤0.59	09-11-2007	GM-0333	≤0.58	0.29
GM-0313	≤0.67	GM-0324	≤0.38	09-11-2007	GM-0334	≤0.30	0.15
GM-0314	≤0.81	GM-0325	≤0.80	09-11-2007	GM-0335	≤0.48	0.24
GM-0315	≤0.77	GM-0326	≤0.40	09-11-2007	GM-0336	≤0.52	0.26
GM-0316	≤0.79	GM-0327	≤0.37	09-11-2007	GM-0337	≤1.84	0.92
GM-0317	≤0.65	GM-0328	≤0.84	10-11-2007	GM-0338	≤0.88	0.44
GM-0318	≤0.79	GM-0329	≤0.92	10-11-2007	GM-0339	<b>1.4</b>	<b>1.4</b>
GM-0319	≤0.66	GM-0330	≤0.41	20-11-2007	GM-0340	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>
GM-0320	≤0.53	GM-0331	≤0.36	20-11-2007	GM-0341	<b>0.87</b>	<b>0.87</b>
		GM-0332	≤0.67				
<b>Miðal:</b>							<b>0.59</b>

\* Fyri at rokna við úrslitum, sum eru undir ávísingarmarkið, er heytin av ávísingarmarkinum nýtt.



## Kræklingur

Kræklingurin varð kannaður fyri 19 ymisk PAH. Summurin av innihaldinum av 16 av PAH-unum, sum vórðu mátað í blandsýnum av kræklingi frá teimum trimum støðunum, sæst á Mynd 10.

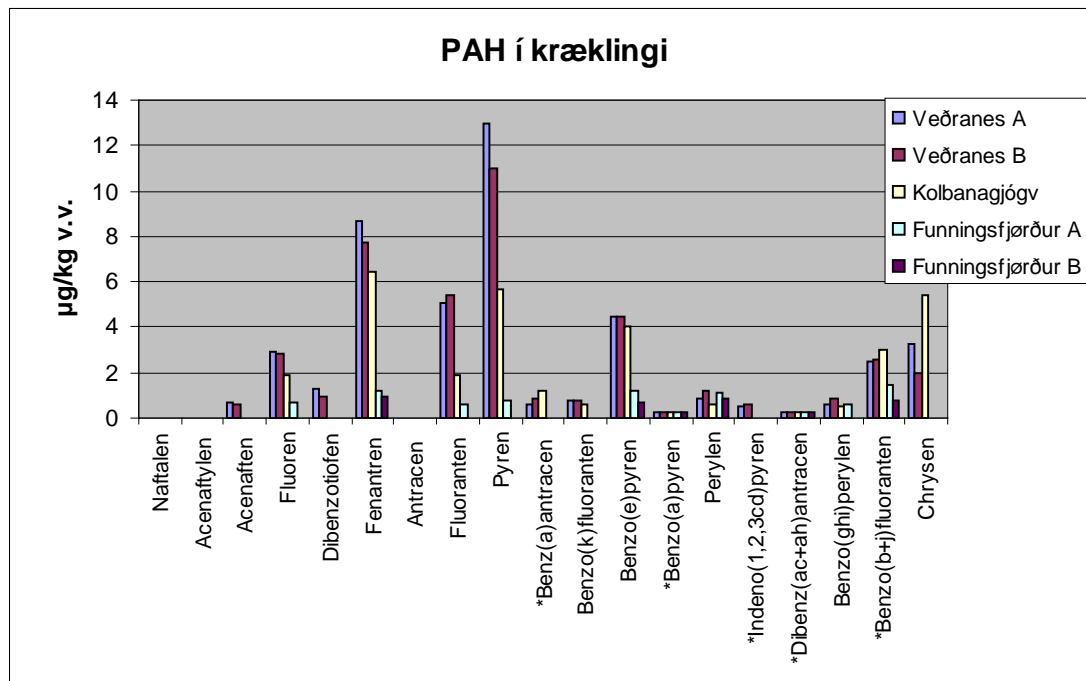


**Mynd 10** Innihaldið av PAH 16 og KPAH í kræklingi frá Veðranesi, Kolbanagjógv og Funningsfjørði, kannað sum blandsýni.

PAH innihaldið var hægst í kræklingi frá Veðranesi og næsthægst í kræklingi frá Kolbanagjógv, meðan kræklingurin í Funningsfjørði hevði sera lágt innihald. Innihaldið av KPAH var tað sama í kræklinginum frá Veðranesi og Kolbanagjógv og væl lægri í Funningsfjørði.

Samlaða innihaldið av PAH í kræklingi frá hesum trimum støðunum var tó rættiliga lágt samanborið við onnur øki í Føroyum, serliga í firðum, har nógv virksemi er.

Mynd 11 vísir býtið av teimum ymisku PAH-unum í kræklingi.



**Mynd 11** Býtið av teimum ymisku PAH evnunum í kræklingi frá teimum trimum støðunum.

Býtið av teimum ymisku PAH-unum í kræklingi avspeglar ikki beinleiðis innihaldið í oljuni frá Olshana dálkingini, men inniheldur lutvíst væl meiri av teimum tyngru PAH-unum. Hetta gevur ábendingar um, at dálkingin hevur pyrogen uppruna ella stavar frá dálking við tyngri olju.

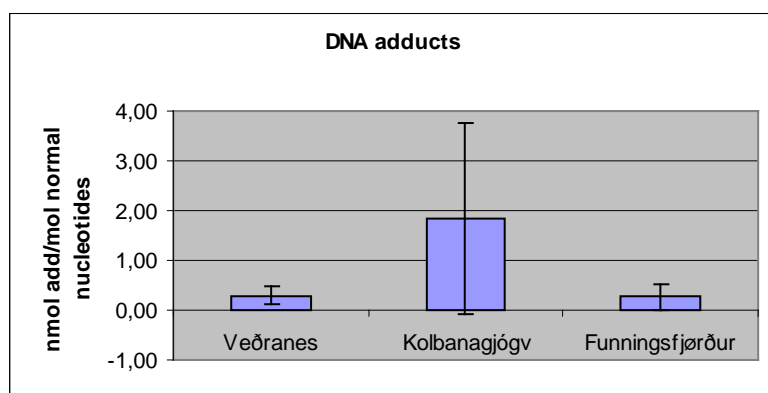
### DNA adduktir í kræklingi

DNA adduktir vórðu bert ávístar í 4 av teimum tíggu táknu-blandsýnunum, sum vórðu kannaði, - tveimum frá Kolbanagjógv og einum frá Veðranesi og einum frá Funningsfirði. Innihaldið var størst í kræklingi frá Kolbanagjógv, meðan hini høvdu nøgdir tætt við ávísingarmarkið (Talva 4 og Mynd 12).

**Talva 4** DNA adduktmátangar í blandsýnum av kræklingatáknum frá Veðranesi, Kolbanagjógv og Funningsfirði (nmol add/mol normal nucleotides).

Veðranes			Kolbanagjógv			Funningsfjørður Samanberingarstöð		
Sýni nr.	DNA addukt	Til at rokna miðalvirði*	Sýni nr.	DNA addukt	Til at rokna miðalvirði*	Sýni nr.	DNA addukt	Til at rokna miðalvirði*
1-4	≤0.23	0.12	17-19	≤0.48	0.24	27-30	<b>0.56</b>	<b>0.56</b>
5-8	≤0.42	0.21	20-22	<b>3.99</b>	<b>3.99</b>	31-33+35	≤0.29	0.15
9-12	≤0.64	0.32	23-26	<b>1.31</b>	<b>1.31</b>	36-38+34	≤0.21	0.11
13-16	<b>0.53</b>	<b>0.53</b>						
<b>Miðal:</b>		<b>0.30</b>			<b>1.85</b>			<b>0.27</b>
Std.frávik		0.18			1.93			0.25

\* Fyri at rokna við úrslitum, sum eru undir ávísingarmarkið, er helvtin av ávísingarmarkinum nýtt.



**Mynd 12** Miðalnøgðin av DNA adduktum í táknum á kræklingi frá Veðranesi, Kolbanagjógv og Funningsfirði

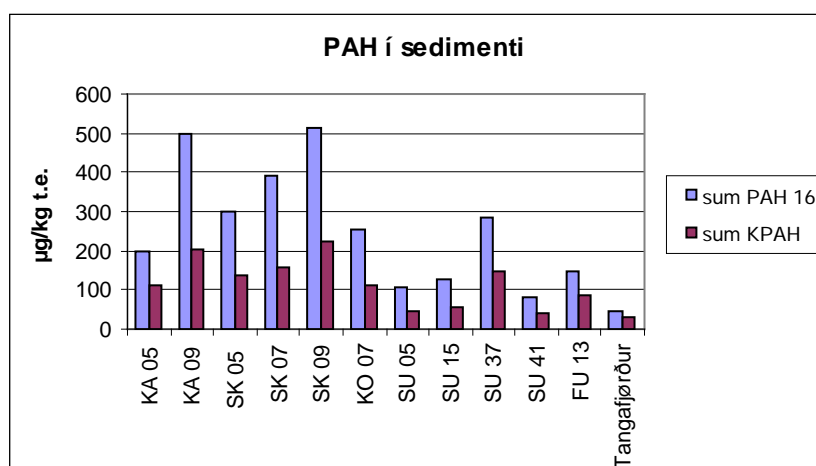
Kræklingurin frá Kolbanagjógv hevur livað í fjøruni og olja sást í fjøruni tá kræklingurin varð tikin. Hendan oljan kundi stavað frá Olshana dálkingini, men kundi eisini stavað frá øðrum dálkingartilburðum. Tó var PAH innihaldið ikki hægri í kræklingi frá Kolbanagjógv enn í kræklingi frá Veðranesi.

Kræklingurin frá Veðranesi og Funningsfirði hevur liva undir vatnsorpuni alla tíðina, meðan kræklingurin frá Kolbanagjógv hevur liva í fjøruni, soleiðis at teir viðhvørt hava verið undir vatni og viðhvørt á turrum orsakað av flóð og fjøru. Hetta kann hava ávirkan á DNA addukt innihaldið við tað, at DNA addukt stóðið í kræklingi, sum livur í fjøruni, kann vera hægri enn í kræklingi, sum er undir vatni alla tíðina (Skarpheðinsdóttir *et al.*, 2005).

## Sediment

Sedimentsýnir frá 12 støðum í Føroyum vórðu kannaði (Kort 1). Støðin Tangafjørður er tann støðin, sum kann metast at vera tann, ið varð mest ávirkað av oljudálkingini, av tí at hon liggur á tí djúpa staðnum nær við Flesjarnar. Tískil var sediment frá Tangafirði eisini tíðarfest (daterað) soleiðis, at sedimentatiónsratan og sostatt aldurin á teimum ymisku sedimentløgnum eru kend. Oljan rak eisini inn á Skálafjørðin og Sundalagið og partvís Kaldbak, so støðirnar SK05, SK07, SK09, SU05, SU15, (KO07), KA05 og KA09 kunnu eisini verða ávirkaðar av oljudálkingini. Tó er gongdin, í sambandi við at PAH verður bundið í sediment, helst ein longri tilgongd, sum hevur við sær at PAH-ini sum eru í sjónum, antin sum dropar ella upployst, verða bundin til bitlar, sum síðani søkka til botns. Sostatt sæst dálkingin frá Olshanu móguliga ikki aftur í sedimentinum, sum vórðu tikin í endanum av august 2007.

Innihaldið av PAH í sedimenti frá teimum ymisku støðunum sæst á Mynd 13.



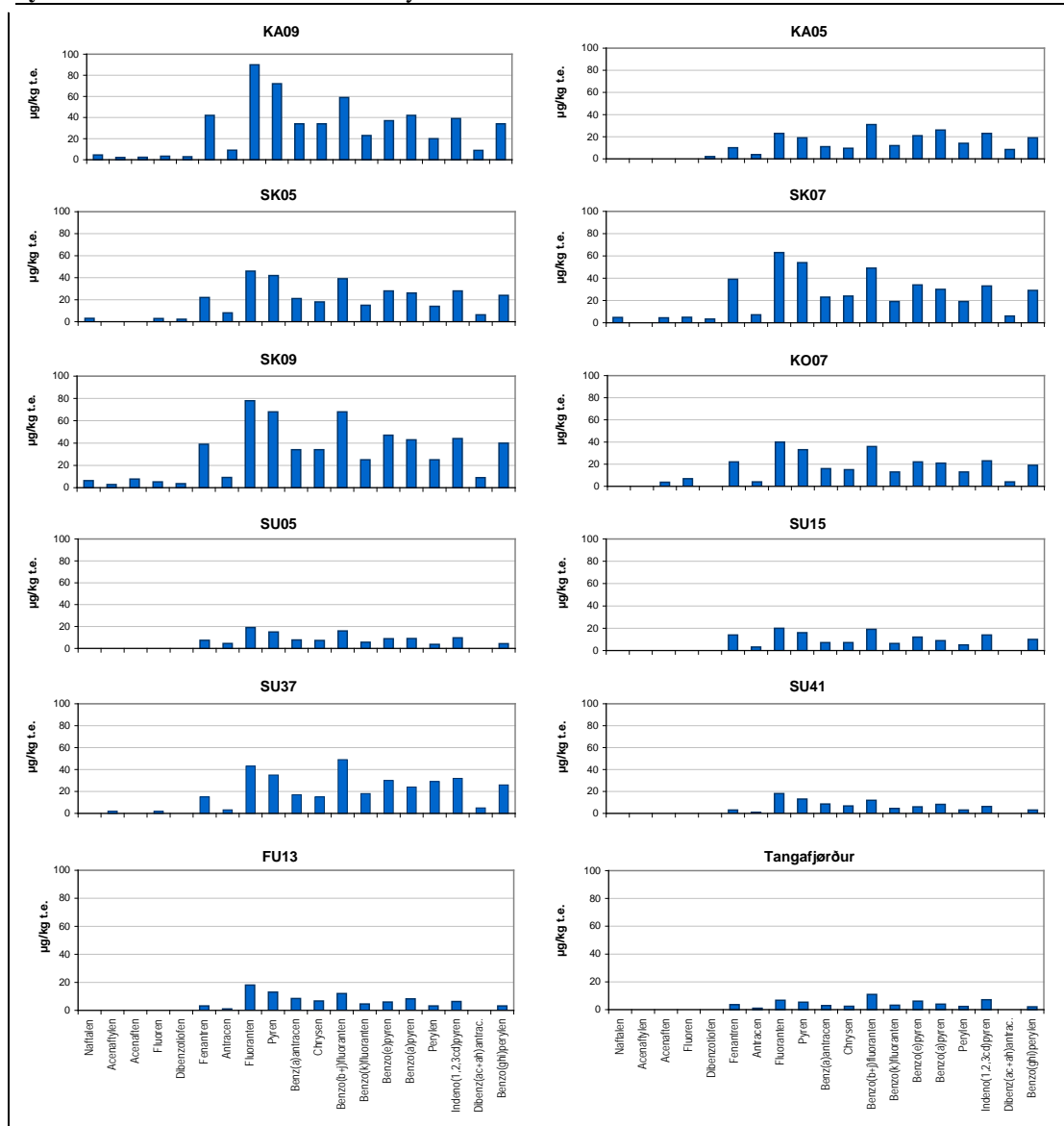
Mynd 13 Innihald av PAH í sedimenti frá føroyskum firðum.

Innihaldið av PAH í sedimenti í Tangafirði er tað lægsta samanborið við hinar støðirnar, meðan tey hægstu virðini eru á Skálafjørðinum og í Kaldbak.

Um hugt verður eftir teimum ymisku PAH-unum í sedimentunum (Mynd 14) sæst, at fyri allar støðirnar eru mest av teimum tyngru PAH-unum (4-6 ringar). Hetta hongur saman við upploysiligheitini hjá PAH-unum, har tey lættaru (2-3 ringar) so sum naftalen og fenantren, eru meiri upploysilig í vatni, og fordampa skjótari, meðan tey tyngru PAH-ini eru minni upploysilig, og tí hefta seg til bitlar, sum síðani verða sedimenteraðir.

Olja inniheldur vanliga størst nøgdir av teimum lættaru PAH-unum, meðan dálking við PAH frá ófullfíggaðari brenning (pyrogen) inniheldur mest av teimum tyngru PAH-unum. Sostatt tykist PAH innihaldið í sedimentunum frá gáttafirðunum í Føroyum at benda á eina blanding av pyrogenari dálking (t.d. brenning, bilaferðslu, o.s.fr.) og dálking við olju.

**Mynd 14** PAH í sedimenti frá teimum ymisku stöðunum.



### Tíðarfesting

Fyri at kenna sedimentatiónsrátuna fyri kanningarstöðina á Tangafirði varð onnur sedimentúsulan av Tangafirði send til tíðarfestingar (dating). Sedimentatiónsrátan var staðfest at vera í miðal 1.5 cm pr. ár, sum kann sigast at vera rættiliga høgt. Sostatt ber bert til at data sedimentúsuluna uml. 12 ár aftur. Tveir teir ovastu cm eru tó lagstir á seinastu tvey árin, so tað, sum man vera lagst á aftaná Olshana sakk (3. august) og til sýnini vórðu tikin 27. august sama árið, er so í mesta lagi ein tíggjunda partur av tí, sum varð kannað.

**Talva 5** Aldur í mun til dýpi á sedimentúsulu av Tangafirði

Dýpi í cm	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Aldur, ár	-0.7	-1.3	-2.0	-2.7	-3.3	-4.0	-4.7	-5.3	-6.0	-6.7	-7.3	-8.0	-8.7	-9.3	-10.0	-10.7	-11.3	-12.0	-12.7

Til ber at kanna hvørja av teimum dataraðu sedimentskivunum fyri dálkingarevni, soleiðis at innihaldið av dálkingarevnum sæst aftur í tíðina. Av tí at sedimentið av Tangafirði ikki innihelt stórar nøgdur av PAH, var hetta ikki gjørt fyri sedimentið í hesum førum.

# Kjak

## Oljan

Oljan frá Olshanu, sum lak á sjógv, var fyrri tað mesta dieselolja, tó eisini eitt sindur av smyrjiolju. Diesel inniheldur mest av teimum lættaru PAH-unum og kanningarnar av teimum oljusýnunum, sum vórðu tikin, vísa eisini, at tað næstan bara eru PAH við 2-3 ringum, sum verða funnin. Oljusýnini vórðu tikin beint eftir óhappið (t. 3/8-07), men sýnini stóðu langa tíð, áðrenn tey vórðu kannað. Sýnini, sum vórðu tikin við Morskranes, hava tó verið konserverað og goymd kalt, men stórir partur av dieselolju kann tó fordampa eftir fáum tímum, so møguliga kann samansetingin vera broytt í mun til uppruna oljuna. Av tí at onnur evni í oljuni fordampa skjótari enn PAH, verður PAH innihaldið lutfalsliga størri í forvitraðari olju samanborið við uppruna oljuna (Neff *et al.*, 2000). Av teimum ymisku PAH-unum eru tað tey lættaru PAH-ini sum fordampa skjótast, so innihaldið av teimum tyngru PAH-unum kann væntast at vera óbroytt.

## Fiskur

Tað er eitt tíðarperspektiv í kanningunum av PAH dálking í fiski við tað, at fiskurin fyrst tekur upp PAH evni, sum síðani verða førd við blóðinum til m.a. livrina, har PAH innihaldið kann mátast. Í livurkyknunum verður CYP1A enzymskipanin aktiverað og kann mátast sum EROD aktivitetur og CYP1A konsentratióin, og hesi enzymini virka síðani til at metabolisera PAH-ini, sum síðani verða úrskild til gallið, har metabolittarnir kunnu mátast. Summi av evnunum kunnu tó í sambandi við metaboliseringina “aktiverast”, sum merkir, at tey gerast før fyri at binda seg til DNA (t.d. í livurkyknunum), har tað kann mátast sum DNA adduktir.

Um vit hyggja at innihaldinum av PAH í fiskalivur, kann tað undra, at hægsta innihaldið var í toski av Munkagrunninum, tá tað skuldi eitast at vera eitt ódálkað øki, meðan innihaldið var væl lægri í toski av Flesjunum og lægst í toski av Havnarvág. Hetta undrar, tí á Havnarvág komu oljudálkingar oftani fyri um tað tíðina, toskurin var fingin og áðrenn, og millum annað kundu smáir oljublettir síggjast á sjónum, meðan fiskað varð á Havnarvág, umframt at tað vanliga er nógv skipaferðsla á vágini. Fiskarnir av Munkagrunninum mugu sostatt vera dálkaðir við PAH innanfyri stutta tíð, áðrenn sýnini vórðu tikin, og hóska tí ikki væl til endamálið at vera sýnir úr einum ódálkaðum øki. Innihaldið av metabolittum í galli var eisini hægst hjá fiski av Munkagrunninum, men lægst í fiski av Flesjunum og næstlægst í fiski av Havnarvág. EROD aktiviteturin har aftur ímóti var hægstur í fiski av Havnarvág og áleið tann sami í fiskinum av Munkagrunninum og av Flesjunum. Tað sama var galdandi fyri CYP1A protein mátingarnar.

At EROD/CYP1A virðini ikki samsvara við innihaldið av PAH og metabolittum kann vera orsakað av tíðarperspektivinum, nær fiskurin er dálkaður, og nær tilgongdin við at niðurbóta tey kemur í gongd. Tó kunnu onnur evni enn PAH eisini ávirka CYP1A skipanina, t.d. dioksin og nøkur PCB. Kanningar av Havnarvág í 2008 hava víst, at vágini umframt at vera sera illa dálkað við PAH-um í støðum, eisini er dálkað við PCB (Dam og Hansen, í gerð)

DNA adduktir vórðu bert ávístar í 3 av 9 sýnum av Havnarvág, meðan DNA adduktir ikki kundu ávísast í nøkrum av sýnunum av Munkagrunninum og Flesjunum. Sostatt

týða kanningarnar av enzyminduktiónini og DNA adduktum á, at Havnarvág er tað mest dálkaða øki, tó at livrarnar og gallið ikki innihalda mest PAH.<sup>3</sup>

PAH 16 nøgdin í livur úr fiski við Flesjarnar var í miðal 33.6 µg/kg v.v., sum var hægri enn nøgdin funnin í toski av Havnarvág. Hetta var fyri tað mesta tey lættaru PAH-ini, og bendir sostatt á, at dálkingin stavar frá olju. Av tí tað fyri tað mesta er talan um løtt PAH, sum helst skjótt verða úrskild, er talið tó ikki órógvandi, við tað at árinnskanningarnar vísa sera lítla PAH dálking. Kanningarnar av vødda/flaki vístu, at innihaldið var <0.5 µg/kg v.v. Markvirðið hjá ES, sum nú eisini er lýst fyri Føroyar, fyri PAH í fiskaflaki er, at innihaldið av benzo(a)pyren skal vera minni enn 2.0 µg/kg v.v. Sostatt er innihaldið í toski av Flesjunum væl niðanfyrir markvirðið. Eisini í fiskinum av Munkagrunninum, sum innihelt mest av PAH, var innihaldið av benzo(a)pyren undir ávísingarmarkinum (<0.5 µg/kg v.v), og sostatt væl undir markvirðinum.

Uppsetingin við at hava eina “reina” samanberingarstøð og eina “dálkaða” samanberingarstøð riggaði sostatt ikki so væl, við tað at fiskar úr tí “reina” økinum innihildu meira PAH enn fiskar úr tí “dálkaða” økinum, og tískil kann vera hugt at úrslitum frá kanningum, sum eru gjørdar áður, fyri at samanbera.

Kanningar hava verið gjørdar í 2002 fyri at ávísa bakgrundsvirðir fyri PAH biomarkørar í fiski, sum liva fram við landi í Føroyum (Hoydal, 2004), umframt at árinnskningar hava verið gjørdar av fiski av Havnarvág eisini í 2002 (Dam og Danielsen, 2002). Samanbering av miðal innihaldinum av EROD, 1-OH-pyren og DNA adduktum fyri áður gjørdar kanningar í toski og hesa kanning er víst í Talva 6.

**Talva 6** Miðal virðir fyri biomarkørkanningar av toski í Føroyum.

			EROD, pmol/min/mg protein		1-OH-PYR, µg/kg		DNA adducts, nmol/mol	
matrix			Livur		Gall		Livur	
Stað	Ár	Mør.	miðal	min-max	miðal	min-max	miðal	min-max
Havnarvág	2002	juni	<b>68</b>	7-152	<b>66</b>	45-120	<b>15</b>	2.7-31
	2007	nov	<b>110</b>	44-193	<b>109</b>	32-155	<b>0.59</b>	≤0.3-1.4
Kaldbak	2002	apr./mai	<b>55.8</b>	1.4-287	<b>12.5</b>	4.6-39	<b>nd</b>	≤0.9-≤1.4
		juli	<b>39.2</b>	2-152	<b>10.8</b>	3.5-33	<b>nd</b>	≤0.7-≤1.0
<b>Flesjarnar</b>	2007	okt	<b>22.6</b>	3-40	<b>21</b>	2.2-54	<b>nd</b>	≤0.4-≤0.9
Munkagrunnur	2007	okt	<b>29.6</b>	16-45	<b>228</b>	79-450	<b>nd</b>	≤0.7-≤0.9

Hyggja vit at hesum tølum, eru fiskar av Flesjunum millum teir minst dálkaðu av teimum, sum eru kannaðir í Føroyum, viðvíkjandi PAH. Úrslitini av biomarkørkanningunum av fiski av Flesjunum tykjast tí at kunna nýtast sum bakgrundsvirðir fyri eitt ódálkað øki.

### Kræklingur

Innihaldið av PAH er hægri í kræklingi á Veðranesi og í Kolbanagjógv enn í samanberingarstøðini í Funningsfirði. Um hetta hægra innihaldið av Veðranesi og úr

<sup>3</sup> Hetta, at PAH innihaldið í livrunum og gallinum vóru lægri í fiski við einum høgum enzym-aktiviteti kann júst vera orsakað av úrskiljingini, sum fer fram, tá ið PAH-ini eru vorðin metaboliserað, og tískil er ikki endiliga ein andsøgn í hesum, at enzymaktivitetur ikki fylgir PAH konsentratióini.

Kolbanagjógv hefur samband við Olshana dálkingina er ringt at siga, hóast hesi økini vóru millum tey mest dálkaðu av oljuni frá Olshanu. Verður hugt at samansetingini av teimum ymisku PAH-unum, vísir myndin í kræklingunum ikki somu mynd, sum PAH innihaldið mátað í oljuni, men vísir størri innihald av teimum tyngru PAH-unum, og kundi bent á meiri pyrogena dálking.

Samanbera vit við kanningar frá undanfarnum árum, sum eru gjørdar í Føroyum, er innihaldið av PAH í kræklingi á Veðranesi og í Kolbanagjógv at samanbera við tey lægstu virðini, sum vóru funnin í Svínáum og Kaldbak í juli mánaði í 2002 (Hoydal, 2004). Tó eru KPAH virðini lægri á Veðranesi og í Kolbanagjógv, enn tey vóru í Kaldbak og Svínáum í 2002. Kanningarnar frá 2002 vóru eisini gjørdar í Hvannasundi og Trongisvági, og har var innihaldið av PAH í kræklingi nógv hægri enn í hesi kanningini.

Samanborið við norsk viðurskifti, har eitt øki kann bólkast sum ”týdningaleyst - lítið dálkað (tilstandsklasse I)” um samlaða PAH innihaldið í kræklingi er  $<50 \mu\text{g/kg}$ , samlaða KPAH innihaldið er  $<10 \mu\text{g/kg}$  og innihaldið av B(a)P er  $<1 \mu\text{g/kg}$  (Molvær *et al.*, 1997) eru eingi av teimum kannaðu økjunum at rokna sum dálkað við PAH, um hugt verður at innihaldinum í kræklingi.

Kanningarnar vístu, at flest DNA addukt vóru í kræklingi úr Kolbanagjógv, men DNA addukt vórðu eisini ávíst í einum sýni úr hvørjari av hinum støðunum, tó vóru virðini í teimum beint omanfyri ávísingarmarkið. Kræklingurin úr Kolbanagjógv var tikin í fjøruni, og hefur verið í sambandi við sand og móru, sum møguliga savna dálkingarevnir.

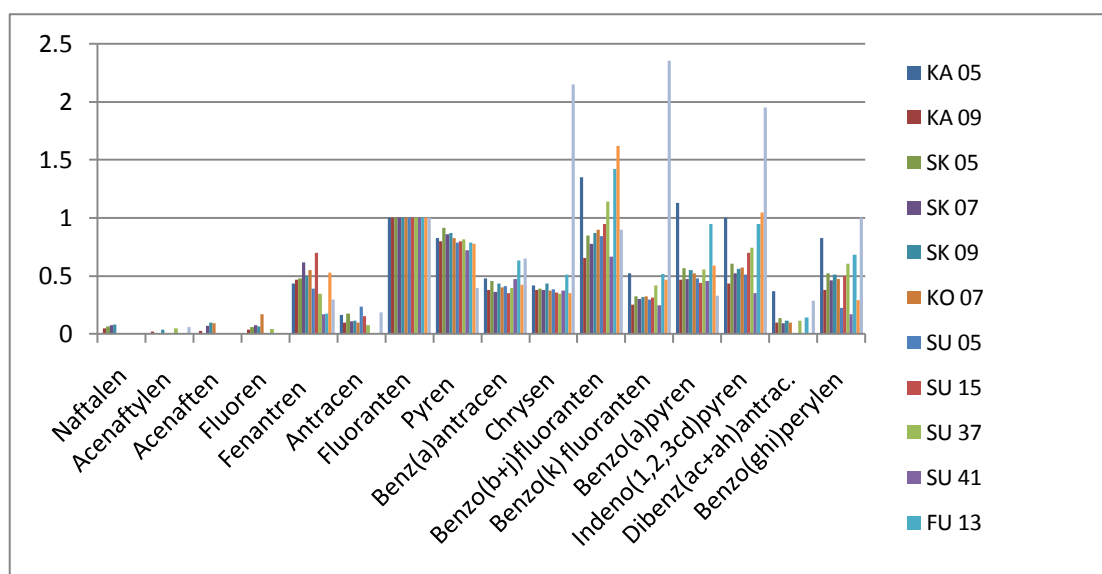
Kanningar aðrastaðni hava víst, at DNA adduktir finnast í størri tali í kræklingi, sum livir í fjøruni, enn í kræklingi, sum livir undir vatnskorpuni alla tíðina (Skarpheðinsdóttir *et al.*, 2005). Orsøkin kann vera, at kræklingur í fjøruni fær meiri PAH og onnur evni í seg av tí, at hesi evni savnast í teimum ovastu mm av sjónum. Í hesum førinum var innihaldið av PAH tó minni í kræklinginum úr Kolbanagjógv enn av Veðranesi, so um so er, at omanfyri nevnda er orsøkin, so hava aðrar orsøkir ella onnur evni verið í sjónum, sum hava elvt til DNA adduktir. Aðrar orsøkir kunnu til dømis vera, at kræklingurin verður meira strongdur, tí hann livir partvíst á turrum og partvíst í sjógvi. Hetta skapar meira skiftandi hitaumstøður, skiftandi atgongd til føði, súrevni og umstøður til at tømja tarmarnar fyri eiturevnini, sum hann hefur fingið í seg. Harumframt kunnu UV strálar frá sólarljósi, sum ikki so væl røkka longur niður í sjógvin, ávirka oljuevnir til at gerast meira eitrandi og kunnu eisini føra til skaðar á DNA (Skarpheðinsdóttir *et al.*, 2005).

### **Sediment**

Kanningin av sedimentum úr føroyskum firðum, umframt einari støð á Tangafirði, tætt við har, Olshana sakk, vístu, at innihaldið av teimum tyngru PAH-unum var lutfalsliga høgt samanborið við tey løttu PAH-ini (2-3 ringar). Tey tyngru PAH-ini, (4 – 6 ringar) sum eru fluoranten til benzo(ghi)perylene í Mynd 14, verða ofta roknað sum stavandi frá brennings reaktiónum. Tey tyngru PAH-ini koma tó eisini fyr í olju, og tí er neyðugt at hyggja eitt sindur nærri at úrslitunum fyri at kunna meta um, hvør keldan ella keldurnar eru til PAH-ini, sum finnast í sedimentunum.

Í 2006 vórðu sediment úr tveimum vøtnum kannað fyri PAH í sambandi við eina umhvørvisstøðukanning av Sørvágsvatni/Leitisvatni við serligum atliti til at kanna dálkingarkeldur fram við Vatninum (Dam og Hoydal, 2007). Sýnir úr Fjallavatni vórðu kannað til samanberingar, men av tí, at fleiri av PAH-unum ikki kundu ávísast í hesum sýnum, eru tey ikki veruliga nýtilig her, og tískil eru sýnini úr Vatninum nýtt til samanberingar<sup>4</sup>. Við støði í, at oljudálkingar munnu hava verið fáar í tali á Vatninum, og at PAH profilurin har sostatt stavar frá brenning (ella samlað frá ferðslu), kunnu vit samanbera innihaldið av ymisku PAH-unum í hesum sýnum við tey, sum vórðu funnin í sedimentunum frá firðunum, og nýta hetta sum stuðul í tulkingini. Av tí, at tað er tað lutfalsliga innihaldið av PAH-um, sum er áhugavert í hesum sambandinum, eru øll PAH-ini í sýnunum roknað í mun til fluoranten (Mynd 15), sum er tað PAH-ið, sum mest var av í sýnunum úr teimum kannaðu firðunum í 2007 (Mynd 14).

Mynd 15 vísir, at týðandi munur er ímillum PAH profilarnar á firðunum samanborið við tað, sum varð ávíst í Sørvágsvatni/Leitisvatni (støðin nevnd S2 í myndini). Tað sum serliga brýtur frá er, at innihaldið av chrysen, benzo(k)fluoranten og indeno (1,2,3-cd)pyren er lutfalsliga nógv hægri í Vatninum enn í firðunum.



**Mynd 15** Lutfalsligt innihald av PAH-um í sedimentum úr føroyskum firðum í 2007 og úr Sørvágsvatni/Leitisvatni í 2007 (Dam og Hoydal, 2007). Innihaldið av ymisku PAH-unum eru roknað lutfalsliga í mun til fluoranten, sum er sett at vera 1.

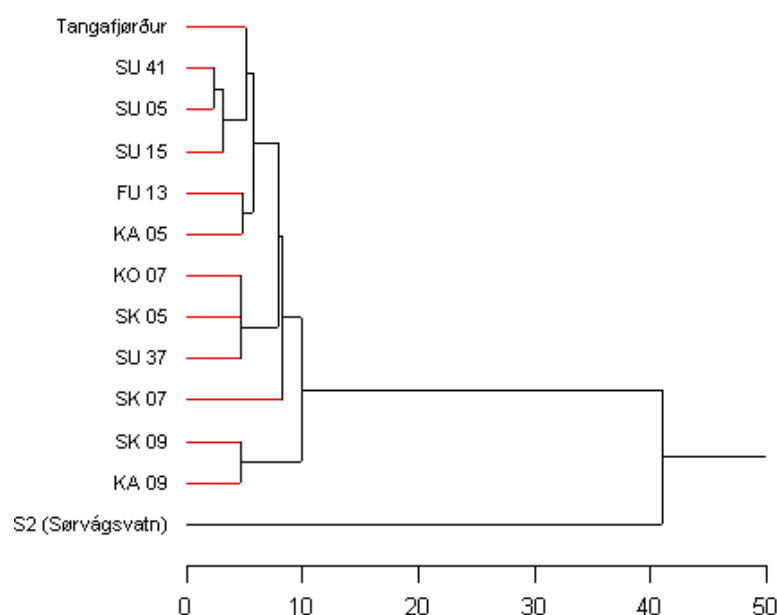
Vit kunnu greina munir og felagseyðkenni betur við at gera eina hagfrøðiliga mynd (dendogram) sum víst í Mynd 16. Her síggja vit, at støðirnar á firðunum yvirhøvur hava nógv til felags, meðan støðin á Vatninum líkist heilt burturúr. Hetta einsamalt er ikki nokk til at gera nakra niðurstøðu út fra, tí vit vita ikki um sedimentini av Sørvágsvatni/Leitisvatni eru umboðandi fyri olju, sum verður brend í Føroyum

<sup>4</sup> Lutfalsliga innihaldið av ymisku PAH-unum í hesum báðum vøtunum, Sørvágsvatni/Leitisvatni og Fjallavatni, líktust fyrri lutfallið millum fenantren og antracenen og samsvarandi millum fluoranten og pyren. Hesi lutføllini broyttust tó við dýpinum at meta, soleiðis, at úrslitini frá djúpastu støðunum á vøtunum líktust sínámillum. Tískil eru úrslitini frá djúpastu sýnistøkustaðnum í Sørvágsvatni/Leitisvatni nýtt sum samanberingarsýni her.



yvirhøvur. Til dómis er ein óvissa knýtt afturat tí, at vit ikki hava hugt serliga eftir brennievni, sum verður nýtt til flogferðslu, og vit hava heldur ikki kannað nærri, um tað kann hugsast, at munandi nøgdur av biogenum PAH (biogen = tað sum er gjørt av onkrum livandi) kunnu koma frá mýrilendum fram við Vatninum. Tí má hyggjast nærri eftir móguligum mynstrum í myndini (Mynd 16).

Myndin vísir, at støðirnar í Sundalagnum hava nógv til felags víðvíkjandi PAH profili við støðina á Tangafirði, men eisini at støðir, sum liggja lutfalsliga langt burturi, sum t.d. støðin í Funningsfirði (FU 13) og ein støð í Sundalagnum norður (SU 41) hava nógv til felags við støðina beint við Flesjarnar, har sum Olshana sakk. Út frá hesum er sostatt ikki grundarlag fyri at halda, at oljulekin frá Olshanu hevur merkt økið munandi, tí so áttu vit at sæð, at eitt ávíst lutfall var millum bólkingarnar og frástøðuna frá har, sum vit vita, at oljan rak tíðina aftaná tilburðin. Tað gera vit ikki, tí yvirhøvur er tað ikki so, at dendogrammið vísir, at PAH profilarnir á støðunum tætt við Flesjarnar kunnu bólkast saman, men kunnu eins væl bólkast saman við støðum, sum vit vita ikki eru merkt, ella í minni mun eru merkt av oljuni frá Olshana.



**Mynd 16** Dendrogram sum vísir, hvussu støðirnar bólkast í mun til innihaldið av ymisku PAH-unum

PAH dálkingin í sedimentunum av Tangafirði og í økinum har um leiðir, sum er kannað í august 2007, hevur sostatt helst ikki samband við Olshanu dálkingina. Hetta sæst av, at nøgdin av teimum ymisku PAH-unum bendir á eina pyrogena dálking heldur enn petrogena, men eisini frá samanberingunum av PAH profilunum yvirhøvur.

Sedimentini, sum eru mest dálkað við PAH finnast á Skálafjørðinum og á Kaldbaksfirði á støðini út fyri Sund. Hetta eru økir, har oljan frá Olshanu rak, men bæði á Kaldbaksfirði og serliga á Skálafjørðinum er nógv virkseimi, sum eisini kann hava PAH-dálking við sær. PAH innihaldið í sedimentunum er tó sambært norsk flokkingarkriteriu ikki hægri enn at tey fyri tey ymisku evnini kunnu flokkast í antin “tilstandsklasse I: bakgrunn” ella “tilstandsklasse II: God”, har virðið skal upp um “tilstandsklasse II”, áðrenn tað sambært kanningum kunnu síggjast árin av eiturevnunum á djór, sum liva í sedimentinum ella sjónum (Bakke et al, 2007; Molvær et al., 1997).

Tíverri hava vit ikki tøl fyri PAH í sedimenti frá undanfarnum árum, uttan av Tangafirði, har sýnir vórðu tikin í 1994 (Granmo, 1996). Úrslitini frá 1994 vístu eitt hægri innihald av PAH á Tangafirði enn úrslitini í hesi kanning (Talva 7). Samlaða KPAH nógðin var í 1994 heili 143  $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.e., meðan hon í 2007 var 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.e.

**Talva 7** PAH í sedimenti á Tangafirði,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.e

	1994	2007
Fenantren	7.9	7.2
Fluoranten	21.0	13.6
Pyren	39.0	10.6
Benzo(a)pyren	22.0	8.0
Sum KPAH	143.0	50.0

Í sambandi við Olshanu sedimentkanningarnar varð roynt at raka á somu støð á Tangafirði sum í 1994, bæði fyri at kunna samanbera, men eisini tí at hetta vegna dýpið allarhelst er eitt stað, har dálkandi evnir verða savnað. Ivasamt er tó, um vit hava rakt akkurát á støðina, tí støðin frá 1994 skuldi hava eitt dýpi uppá uml. 96 m, men støðin, har sýnið var tikið í 2007, var uml. 76 m.

At tað sær út til at Olshana dálkingin ikki hevur merkt botnin, kann hava samband við at sýnini vóru tikin rættiliga stutt eftir dálkingina, og at tað tekur eina ávísa tíð, áðrenn dálkingarevni verða botnsett. Serliga kann ein tíðarfaktorur væntast at gera seg galdandi fyri olju, sum flýtur omaná vatni, og tískil má emulgera ella binda seg til partiklar fyri at søkka niður á botn. Tí er tað helst skilagott at halda eyga við dálkingini í botntilfarinum, av tí at olja framvegis er í skipinum og møguliga kann byrja at leka út seinni, ella í sambandi við, um so er, at avgjørt verður, at oljan skal takast upp. Tá eru sedimentkanningarúrslitini frá 2007 sera týðningarmikil at hava at samanbera við.

## Samanumtikið

Kanningarnar, sum eru gjørdar av toski, kræklingi, sedimenti og olju av sjónum í sambandi við, at trolarin Olshana sakk, vísa ikki, at oljan hevur havt nakað stórvegis árin á umhvørvið. PAH kanningarnar av botntilfari, kræklingi og fiski benda á, at økið ikki er dálkað av olju í stóran mun, og biomarkørkanningarnar í fiski vísa virðir, sum eru at kalla bakgrundsvirðir.

Har er eitt ávíst innihald av PAH í livrunum á fiskinum á Flesjunum, men einki er mátað í flakinum. Fiskur er ikki meiri staðbundin enn so, at hann fær flutt seg, um økið, hann livir í, verður dálkað, og ikki ber til at vita, hvussu leingi fiskurin, sum er fingin í sambandi við hesa kanning, hevur verið í økinum. Tó geva kanningarnar eina mynd av, at fiskurin, sum fæst í økinum, ikki er dálkaður.

Eisini er innihaldið av PAH í kræklingi av økinum hægri enn í kræklingi í samanberingarstöðini, og stavar møguliga partvíst frá Olshanu oljudálkingini, men hesi virðir eru tó so lág, at sambært norskum flokkingarvegleiðingum er økið at kalla ódálkað.

Kanningarnar av botntilfari vísa, at støðirnar við Kaldbak og á Skálafjørðinum innihalda meiri PAH enn økini norðanfyri (Sundalagið norður og Funningsfjørður), men PAH dálkingin tykist at vera av eini blanding av pyrogenum og petrogenum uppruna, og PAH profílarnir benda ikki á nakað felags mynstur í økjunum, sum vórðu rakt av oljudálkingini frá Olshanu. Harafturat er støðan ikki ring, men kann fyri flestu evnir sambært norskum flokkingarkriterium flokkast í “*tilstandsklasse II - god*“, sum er flokkingin beint uppi yvir bakgrundarvirðum, og har væntandi eingi árin av eiturevnum sæst á djóralívið í sedimentinum og sjónum.

Orsøkin til, at dálkingin ikki sæst serliga væl aftur í økinum, kemur helst av, at oljan, sum lak úr skipinum, var diesololja, sum ikki hevur innihildið stórvegis av teimum tyngru PAH-unum, sum eru tey, ið hava størst langtíðarárin á lívið í sjónum. Eisini var tað heppið, at øll oljan ikki lak úr skipinum, tí tað hevði gjørt støðuna verri.

Havast skal tó í huga, at ein ávís dálking hevur verið av alifiskinum í økinum, umframt av fugli, sum hevur hildið til í økinum, men tann dálkingin er ikki við í hesari kanning. Frágreiðingin “Oljudálking á føroyskum firðum” lýsir dálking av alifiskinum nærri (Hoydal *et al.*, í gerð).

Eisini er týðningarmikið at minnst til, at sambært tí vitanini, vit hava, eru 9/10 av oljuni, sum Olshana hevði bunkrað, beint áðrenn hon fór á land, enn umborð á skipinum, sum liggur á havsins botni, og at eingin trygd er fyri, at oljan ikki aftur kann byrja at leka úr skipinum.

## Tilvísingarlisti

Bakke, T., Breedveld, G., Källquist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A. Helland, A. og Hylland, K. (2007) Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann - Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter vann og sedimenter. 2229: 2007. Statens Forurensnings Tilsyn. ISBN nr. 978-82-7655-537-0, pp 12.

Dam, M. og Danielsen, J. (2002) Havnarvág 2002 – ein kanning av dálkingarstöðuni á Havnarvág og Yviri við Strond á sumri 2002. Tórshavnar kommuna, Tekniska deild, pp 72 + fylgiskjøl.

Dam, M. og Hansen, J.F. (í gerð) Dálkingarstöðan á Havnarvág 2008. US mál nr. US-6-004/08.

Dam, M. og Hoydal, K. (2007) Kanning av dálkingarstöðuni í Sørvágsvatni/Leitisvatni. Heilsufrøðiliga starvsstovan. Frágreiðing 2007:3, pp. 51 + fylgiskjøl.

Granmo, Å. (1996) Persónlig fráboðan.

Hoydal, K. (2004) Background levels of oil-derived pollution in fish and invertebrates from the coastal zone of the Faroe Islands. – Biomarker analyses in fish and analyses of PAH and metals in invertebrates. Master thesis, University of Copenhagen, March 2004, pp 88 + fylgiskjøl.

Hoydal, K., Hansen, M.G., Dam, M. og Mikkelsen, B. (Í gerð) Oljudálking á føroyskum firðum. Umhvørvisstovan og Heilsufrøðiliga starvsstovan.

Larsen, R.B. og Dam, M. 1999. AMAP phase I the Faroe Islands. Heilsufrøðiliga starvsstovan ISBN 99918-940-2-0. pp 70.

Molvær, J., Ktutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J. (1997) Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvand. Vejledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn. ISBN 82-7655-367-2, pp 36.

Neff, J.M., Ostazeski, S., Gardiner, W. og Stejskal, I. (2000) Effects of weathering on the toxicity of three offshore Australian crude oils and a diesel fuel to marine animals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19 (7) 1809-1821.

Skarpheðinsdóttir, H., Ericson, G. Halldórsson, H.P. and Svavarsson, J. (2005) Seasonal and intertidal impact on DNA adduct levels in gills of blue mussels (*Mytilus edulis* L.) *Environmental Pollution* 136: 1-9.

## Fylgiskjøl

- Fylgiskjal 1: **PAH í olju/sjógv sýnum**
- Fylgiskjal 2: **PAH í sedimenti**
- Fylgiskjal 3: **Datering av sedimentum**
- Fylgiskjal 4: **PAH í kræklingi**
- Fylgiskjal 5: **DNA adduktir í kræklingi**
- Fylgiskjal 6: **PAH í toski**
- Fylgiskjal 7: **DNA adduktir í toski**
- Fylgiskjal 8: **Árinskanningar í toski**
- Fylgiskjal 9: **Lívfrøðiligir parametrar fyri tosk**

**PAH í olju/sjógv sýnum:**

	Støð	Morskranes norður	Morskranes suður	Flesjarnar
	dato	03-08-2007	03-08-2007	03-08-2007
<b>Naftalen</b>	µg/kg v.v.	s1700	s1600	s380
<b>Acenaftylen</b>	µg/kg v.v.	0.061	<0,07	<0,8
<b>Acenaften</b>	µg/kg v.v.	<0,07	66	59
<b>Fluoren</b>	µg/kg v.v.	s360	s380	s330
<b>Dibenzotiofen</b>	µg/kg v.v.	87	88	s100
<b>Fenantren</b>	µg/kg v.v.	s670	s700	s750
<b>Antracen</b>	µg/kg v.v.	15	15	23
<b>Fluoranten</b>	µg/kg v.v.	13	13	13
<b>Pyren</b>	µg/kg v.v.	42	42	38
<b>Benz(a)antracen</b>	µg/kg v.v.	2.7	2.4	7
<b>Benzo(k) fluoranten</b>	µg/kg v.v.	0.065	0.076	0.069
<b>Benzo(e)pyren</b>	µg/kg v.v.	1.6	1.6	1.4
<b>Benzo(a)pyren</b>	µg/kg v.v.	0.25	0.22	0.21
<b>Perylen</b>	µg/kg v.v.	0.27	0.27	0.27
<b>Indeno(1,2,3cd)pyren</b>	µg/kg v.v.	0.034	0.033	0.042
<b>Dibenz(ac+ah)antrac.</b>	µg/kg v.v.	0.055	0.055	0.052
<b>Benzo(ghi)perylene</b>	µg/kg v.v.	0.088	0.081	0.14
<b>Benzo(b+j)fluoranten</b>	µg/kg v.v.	1.2	1.2	1
<b>Chrysen</b>	µg/kg v.v.	9.7	9.2	8.9
<b>Sum PAH Beregnet</b>	µg/kg v.v.	<b>s2903</b>	<b>s2919</b>	<b>s1712</b>
<b>Sum PAH16 Beregnet</b>	µg/kg v.v.	<b>s2814</b>	<b>s2829</b>	<b>s1610</b>
<b>Sum KPAH Beregnet</b>	µg/kg v.v.	<b>4.30</b>	<b>3.98</b>	<b>8.37</b>
<b>Sum NPD Beregnet*</b>	µg/kg v.v.	<b>s2457</b>	<b>s2388</b>	<b>s1230</b>

Við bláum: PAH16

## Fylgiskjal 2

### PAH í sedimenti:

	ID	KA 05	KA 09	SK 05	SK 07	SK 09	KO 07	SU 05	SU 15	SU 37	SU 41	FU 13	Tanga- fjörður
Tørrstoff	%	58	45	41	39	35	54	46	53	41	70	58	50
Naftalen	µg/kg v.v.	<2	4.6	3.1	4.8	6.3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Acenaftýlen	µg/kg v.v.	<2	2.2	<2	<2	2.8	<2	<2	<2	2.1	<2	<2	<2
Acenaften	µg/kg v.v.	<2	2.4	<2	4.5	7.8	3.7	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Fluoren	µg/kg v.v.	<2	3.3	2.9	4.9	5.2	6.8	<2	<2	2	<2	<2	<2
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	2	2.8	2.2	3.3	3.6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Fenantren	µg/kg v.v.	10	42	22	39	39	22	7.4	14	15	3.1	3.4	3.6
Antracen	µg/kg v.v.	3.8	9.1	8	7.1	9.2	4	4.5	3.1	3.3	<2	<2	<2
Fluoranten	µg/kg v.v.	23	90	46	63	78	40	19	20	43	18	19	6.8
Pyren	µg/kg v.v.	19	72	42	54	68	33	15	16	35	13	15	5.3
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	11	34	21	23	34	16	7.8	7.1	17	8.5	12	2.9
Benzo(k)fluoranten	µg/kg v.v.	12	23	15	19	25	13	5.7	6.3	18	4.5	9.8	3.2
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	21	37	28	34	47	22	8.9	12	30	5.9	15	6.1
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	26	42	26	30	43	21	9.1	8.8	24	8.2	18	4
Perylen	µg/kg v.v.	14	20	14	19	25	13	3.7	5.1	29	3.1	8.9	2.3
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	23	39	28	33	44	23	9.7	14	32	6.3	18	7.1
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg v.v.	8.5	8.8	6.3	6	9	4	<2	<2	5	<2	2.7	<2
Benzo(ghi)perylene	µg/kg v.v.	19	34	24	29	40	19	4.3	10	26	3.1	13	2
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v.	31	59	39	49	68	36	16	19	49	12	27	11
Chrysen	µg/kg v.v.	9.6	34	18	24	34	15	7.3	7.2	15	6.7	9.7	2.4
Sum PAH Beregnet	µg/kg v.v.	232.9	559.2	345.5	446.6	588.9	291.5	118.4	142.6	345.4	92.4	171.5	56.7
Sum PAH16 Beregnet	µg/kg v.v.	195.9	499.4	301.3	390.3	513.3	256.5	105.8	125.5	286.4	83.4	147.6	48.3
Sum KPAH Beregnet	µg/kg v.v.	111.5	205.8	135.3	160	223	113	48.3	55.2	145	39.5	87.5	28.2
Sum NPD Beregnet*	µg/kg v.v.	12	49.4	27.3	47.1	48.9	22	7.4	14	15	3.1	3.4	3.6

Við bláum: PAH16

KPAH





### Datering av sedimentum:

Dybde i cm	Inds. Nr. 2007-	Måle nr.	Pb-210		Am-241		Cs-137		Ra-226		Th-232		Tl-208		Kalium		Tælle- tid i sek.	Målt antal g.	Frisk vægt i kg	Tør vægt i kg	% tør stof
			Bq kg <sup>-1</sup> dry	SD %	Bq kg <sup>-1</sup> dry	SD %	Bq kg <sup>-1</sup> dry	SD %	Bq kg <sup>-1</sup> dry	SD %	Bq kg <sup>-1</sup> dry	SD %	Bq kg <sup>-1</sup> dry	SD %	g kg <sup>-1</sup> dry	SD %					
0-1	8060	3/5330	296.6	1.7	1.48	32.8	2.30	26.4	10.76	8.9	5.66	DL	7.95	30.5	5.03	6.8	187058	15.392	0.0992	0.0439	44.25
1-2	8061	4/4684	307.2	1.4	1.13	39	2.15	17.2	9.49	8.6	7.87	44.4	7.52	29.5	5.00	6.2	261489	16.239	0.2282	0.1096	48.03
2-3	8062	3/5332	303.4	1.4	1.69	24.0	2.05	22.6	10.62	7.7	6.30	39.6	9.84	19.7	4.49	6.5	256901	15.712	0.1386	0.0812	58.59
3-4	8063	952/0809	301.0	1.4	0.87	DL	2.96	17.0	10.23	10.1	4.98	DL	6.22	37.0	4.86	6.8	248016	15.771	0.2121	0.1036	48.84
4-5	8064	6/4175	272.7	1.0	1.14	20.2	2.34	15.4	7.09	6.8	2.72	DL	4.59	23	4.87	4.3	251411	16.315	0.1892	0.0948	50.11
5-6	8065	4/4686	264.7	1.6	1.61	27.1	2.72	19.7	7.52	10.9	5.41	DL	4.48	DL	4.52	7.0	246827	16.641	0.1972	0.0990	50.20
6-7	8066	3/5334	253.6	1.6	1.50	26.9	1.69	28.3	8.15	10.0	4.94	DL	4.12	DL	4.55	6.7	243718	15.874	0.1756	0.0902	51.37
7-8	8067	4/4690	249.9	2.6													98242	15.669	0.2095	0.1072	51.17
8-9	8068	6/4181	254.8	2.1													64815	15.367	0.1687	0.0868	51.45
9-10	8069	6/4179	259.0	1.8													92255	15.941	0.2230	0.1123	50.36
10-11	8070	952/0815	263.8	2.9													64605	15.965	0.1749	0.0944	53.97
11-12	8071	3/5340	239.0	3.1													65288	15.855	0.2072	0.1072	51.74
12-13	8072	4/4688	244.5	1.5	1.439	26.5	2.76	17.8	8.93	8.4	4.74	DL	3.82	DL	4.68	6.1	344551	16.092	0.1987	0.1036	52.14
13-14	8073	4/4693	244.9	3.2													64454	16.244	0.1832	0.0972	53.06
14-15	8074	3/5338	235.2	2.6													98396	16.681	0.2017	0.1065	52.80
15-16	8075	952/0811	219.4	1.5	0.88	30.0	1.93	21.5	10.20	6.8	4.04	DL	3.68	DL	4.10	6.4	342168	16.213	0.2109	0.1130	53.58
16-17	8076	952/0817	208.6	2.9													86334	16.587	0.1963	0.1082	55.12
17-18	8077	952/0813	222.8	2.5													101745	16.651	0.1779	0.0968	54.41
18-19	8078	6/4177	215.8	1.0	1.10	18	3.34	9.7	8.48	5.1	4.10	19	3.45	25	4.61	3.9	349276	16.345	0.2441	0.1315	53.87

PAH í kræklingi:

Stöð:	Dato:	Tørstoff %	Naftalen	Acenaftýlen	Acenaften	Fluoren	Dibenzotiofen	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren	Benz(a)antracen	Benzo(k) fluoranten	Benzo(e)pyren	Benzo(a)pyren	Perylen	Indeno(1,2,3cd)pyren	Dibenz(ac+ah)antrac.	Benzo(ghi)perýlen	Benzo(b+j)fluoranten	Chrysen	Sum PAH Beregnet	Sum PAH16 Beregnet	Sum KPAH Beregnet	Sum NPD Beregnet*
		%	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.
Veðranes A	09.10.07	25	<2	<0,6	0.68	2.9	1.3	8.7	s1,8	5.1	13	0.6	0.76	4.5	<0,5	0.89	0.53	<0,5	0.6	2.5	3.3	<b>s47,2</b>	<b>s40,51</b>	<b>4.4</b>	<b>10</b>
Veðranes B	09.10.07	25	<2	<0,5	0.64	2.8	0.95	7.7	s2,6	5.4	11	0.9	0.79	4.5	<0,5	1.2	0.58	<0,5	0.8	2.6	2	<b>s44,49</b>	<b>s37,84</b>	<b>4.9</b>	<b>8.7</b>
Kolbana-gjógv A	08.11.07	12	<2	<0,5	<0,7	1.9	<0,5	6.4	<0,7	1.9	5.7	1.2	0.59	4	<0,5	0.63	<0,5	<0,5	0.5	3	5.4	<b>31.22</b>	<b>26.59</b>	<b>4.8</b>	<b>6.4</b>
Funnings-fjørður A	11.11.07	18	<2	<0,5	<0,5	0.65	<0,5	1.2	<0,5	0.6	0.7	<0,5	<0,5	1.2	<0,5	1.1	<0,5	<0,5	0.6	1.5	<0,5	<b>7.6</b>	<b>5.3</b>	<b>1.5</b>	<b>1.2</b>
Funnings-fjørður B	11.11.07	19	<2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0.96	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0.7	<0,5	0.85	<0,5	<0,5	<0,5	0.8	<0,5	<b>3.3</b>	<b>1.72</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>

### DNA adduktir í kræklingi:

Veðranes 2007-10-09 exposed			Kolbanagjógv 2007-11-08 exposed			Funningsfjørður 2007-11-11 control		
Sample nr.	DNA adducts	For calculating average values*	Sample nr.	DNA adducts	For calculating average values*	Sample nr.	DNA adducts	For calculating average values*
1-4	≤0.23	0.12	17-19	≤0.48	0.24	27-30	<b>0.56</b>	<b>0.56</b>
5-8	≤0.42	0.21	20-22	<b>3.99</b>	<b>3.99</b>	31-33+35	≤0.29	0.15
9-12	≤0.64	0.32	23-26	<b>1.31</b>	<b>1.31</b>	36-38+34	≤0.21	0.11
13-16	<b>0.53</b>	<b>0.53</b>						
<b>Average</b>		<b>0.30</b>			<b>1.85</b>			<b>0.27</b>
95% conf. Interval		0.28			4.80			0.62
Stdev		0.18			1.93			0.25
n		4			2			3

\* To calculate with results that are below the detection limits: Half the detection value is used, since that is considered to be the average of possible values for that particular result.

## Fylgiskjal 6

### PAH í toski:

Pooled sample ID*		Gm-2007-1	Gm-2007-2	Gm-2007-3	Gm-2007-4	Gm-2007-5	Gm-2007-3	Gm-2007-4
<b>Tissue</b>		Liver	Liver	Liver	Liver	Liver	Muscle	Muscle
<b>Tørrstoff</b>	%	54	55	64	64	57	6.6	7.6
<b>Naftalen</b>	µg/kg v.v.	38	55	9	7	<5	<0,5	<0,5
<b>Acenaftýlen</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Acenaften</b>	µg/kg v.v.	20	26	<1	1.9	1.4	<0,5	<0,5
<b>Fluoren</b>	µg/kg v.v.	11	15	21	24	7.2	<0,5	<0,5
<b>Dibenzotiofen</b>	µg/kg v.v.	<1	1.1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Fenantren</b>	µg/kg v.v.	8	11	2.8	1.5	2.5	<0,5	<0,5
<b>Antracen</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Fluoranten</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Pyren</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Benz(a) antracen</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Benzo(k) fluoranten</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Benzo(e)pyren</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Benzo(a)pyren</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Perylen</b>	µg/kg v.v.	<2	<2	4.2	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Indeno(1,2,3cd) pyren</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Dibenz(ac+ah) antracen</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<0,5	<1	<0,5	<0,5
<b>Benzo(ghi) perylen</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Benzo(b+j) fluoranten</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Chrysen</b>	µg/kg v.v.	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5
<b>Sum PAH, Beregnet</b>	µg/kg v.v.	<b>77</b>	<b>108.1</b>	<b>37</b>	<b>34.4</b>	<b>11.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Sum PAH16, Beregnet</b>	µg/kg v.v.	<b>77</b>	<b>107</b>	<b>32.8</b>	<b>34.4</b>	<b>11.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Sum KPAH, Beregnet</b>	µg/kg v.v.	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Sum NPD, Beregnet*</b>	µg/kg v.v.	<b>46</b>	<b>67.1</b>	<b>11.8</b>	<b>8.5</b>	<b>2.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

\* Gm-2007-1: Gm-0312, Gm-0313, Gm-0314, Gm-0315, Gm-0316

Gm-2007-2: Gm-0317, Gm-0318, Gm-0319, Gm-0320

Gm-2007-3: Gm-0323, Gm-0324, Gm-0325, Gm-0326, Gm-0327

Gm-2007-4: Gm-0328, Gm-0329, Gm-0330, Gm-0331, Gm-0332

Gm-2007-5: Gm-0333, Gm-0334, Gm-0335, Gm-0336, Gm-0338

## Fylgiskjal 7

### DNA adduktir í toski:

Munkagrunnurin - control Sampled 2007-10-02			Tangafjörður - site of oil spill Sampled 2007-10-30			Havneomráðet i Tórshavn - pos. control			
Sample nr.	DNA adducts	For calculating average values*	Sample nr.	DNA adducts	For calculating average values*	Date of sampling	Sample nr.	DNA adducts	For calculating average values*
GM-0312	≤0.85	0.43	GM-0323	≤0.59	0.30	09-11-2007	GM-0333	≤0.58	0.29
GM-0313	≤0.67	0.34	GM-0324	≤0.38	0.19	09-11-2007	GM-0334	≤0.30	0.15
GM-0314	≤0.81	0.41	GM-0325	≤0.80	0.40	09-11-2007	GM-0335	≤0.48	0.24
GM-0315	≤0.77	0.39	GM-0326	≤0.40	0.20	09-11-2007	GM-0336	≤0.52	0.26
GM-0316	≤0.79	0.40	GM-0327	≤0.37	0.19	09-11-2007	GM-0337	≤1.84	0.92
GM-0317	≤0.65	0.33	GM-0328	≤0.84	0.42	10-11-2007	GM-0338	≤0.88	0.44
GM-0318	≤0.79	0.40	GM-0329	≤0.92	0.46	10-11-2007	GM-0339	<b>1.40</b>	<b>1.40</b>
GM-0319	≤0.66	0.33	GM-0330	≤0.41	0.21	20-11-2007	GM-0340	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>
GM-0320	≤0.53	0.27	GM-0331	≤0.36	0.18	20-11-2007	GM-0341	<b>0.87</b>	<b>0.87</b>
			GM-0332	≤0.67	0.33				
<b>Average</b>		<b>0.36</b>			<b>0.29</b>				<b>0.59</b>
95% conf. Interval		0.04			0.08				0.32
Stdev		0.02			0.11				0.42
n		9			10				9

\* To calculate with results that are below the detection limits: Half the detection value is used, since that is considered to be the average of possible values for that particular result.

## Fylgiskjal 8

### Árinskanningar í toski:

ID	3-OH-Benzo(a)pyren	2-OH-Naftalen	1-OH-Fenantren	1-OH-Pyren	DNA adducts	EROD	CYP1A	CYP1A
	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	nmol add/mol normal nucleotides	(pmol/min/mg protein)	(OD value)	abs/mg protein
Gm-0312	<2	i	6	133	≤0.85	17.0	0.13	133.6
Gm-0313	<2	i	10	411	≤0.67	45.1	0.15	145.4
Gm-0314	<2	i	11	290	≤0.81	15.6	0.12	123.3
Gm-0315	<2	i	33	450	≤0.77	21.6	0.40	395.4
Gm-0316	<2	i	11	194	≤0.79	41.6	0.15	149.0
Gm-0317	<2	i	4.8	79	≤0.65	24.8	0.70	703.2
Gm-0318	<2	i	25	243	≤0.79	41.5	0.49	487.2
Gm-0319	<2	i	8.8	132	≤0.66	29.4	0.44	437.5
Gm-0320	<2	i	6	117	≤0.53	29.6	0.55	552.5
Gm-0323	<2	i	5.7	6.5	≤0.59	10.5	0.11	114.0
Gm-0324	-	-	-	-	≤0.38	20.1	0.13	130.6
Gm-0325	<2	i	13	40	≤0.80	22.3	0.13	129.6
Gm-0326	<2	i	5.7	8.7	≤0.40	15.5	0.18	175.5
Gm-0327	<2	i	25	54	≤0.37	15.5	0.36	363.8
Gm-0328	<2	i	1.4	20	≤0.84	40.1	0.26	260.4
Gm-0329	<2	i	<1	2.2	≤0.92	22.2	0.30	302.6
Gm-0330	<2	i	5.8	7.4	≤0.41	25.2	0.26	260.1
Gm-0331	<2	i	<1	24	≤0.36	51.1	1.00	997.9
Gm-0332	<2	i	<1	27	≤0.67	3.0	0.14	144.5
Gm-0333	<2	i	22	92	≤0.58	110.8	1.56	1561.5
Gm-0334	<2	i	43	141	≤0.30	43.8	0.74	741.3
Gm-0335	<2	i	33	101	≤0.48	54.5	0.22	221.5
Gm-0336	<2	i	42	150	≤0.52	61.6	0.21	214.2
Gm-0337	<2	i	39	155	≤1.84	164.2	1.21	1205.4
Gm-0338	<2	i	27	80	≤0.88	95.1	0.39	392.4
Gm-0339	<2	i	21	91	<b>1.40</b>	111.9	1.84	1835.7
Gm-0340	<2	i	13	135	<b>0.76</b>	193.3	5.30	5298.7
Gm-0341	<2	i	1.9	32	<b>0.87</b>	157.2	0.53	532.2

1,5 times more protein

2,2 times more protein

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet

**Lívfrøðiligir parametrar fyri tosk:**

ID	Slag	Stað	Dato	Longd, cm	Vekt, g	Livur, g	Kyn	Gonadur, g	GSI	Gall, g
Gm-0312	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	54	1663	32.34	F	5.6	0.34	1.45
Gm-0313	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	52.5	1745	58.07	M	4.6	0.26	0.55
Gm-0314	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	52.5	1598	38.6	M	3.1	0.19	0.85
Gm-0315	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	53.5	1777	45.32	M	1.8	0.10	0.35
Gm-0316	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	54	1701	59.5	F	6.4	0.38	0.95
Gm-0317	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	53	1458	41.1	M	1.8	0.12	0.95
Gm-0318	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	51	1402	36.1	F	5.4	0.39	0.55
Gm-0319	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	58	2114	45.7	M	1.3	0.06	0.25
Gm-0320	Gadus morhua	Munkagrunnurin	02-10-2007	48	1146	34.2	F	4	0.35	0.45
Gm-0323	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	76	4300	156.3	F	51.8	1.20	5.8
Gm-0324	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	48	1130	59.5	F	0.8	0.07	- *
Gm-0325	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	51.5	1420	33.5	F	7.1	0.50	0.07
Gm-0326	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	53	1520	59.5	M	13.3	0.88	0.87
Gm-0327	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	44.5	926	24.5	F	6.46	0.70	0.01
Gm-0328	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	51	1540	43.4	M	7.04	0.46	0.22
Gm-0329	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	53.5	1660	78.8	F	23.6	1.42	0.72
Gm-0330	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	54	1560	51.2	F	13	0.83	0.66
Gm-0331	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	53	1670	39.9	F	8.5	0.51	0.06
Gm-0332	Gadus morhua	Flesjarnar	30-10-2007	46	1090	43.7	M	0.2	0.02	0.05
Gm-0333	Gadus morhua	Havnarvág	09-11-2007	42	890	40.26	M	8.08	0.91	0.015
Gm-0334	Gadus morhua	Havnarvág	09-11-2007	42	820	38.3	M	6.93	0.85	0.665
Gm-0335	Gadus morhua	Havnarvág	09-11-2007	49	1300	57.9	M	15.29	1.18	0.899
Gm-0336	Gadus morhua	Havnarvág	09-11-2007	56	2080	109.11	M	20	0.96	0.45
Gm-0337	Gadus morhua	Havnarvág	09-11-2007	27.5	210	3.72	F	0.378	0.18	0.1
Gm-0338	Gadus morhua	Havnarvág	10-11-2007	37.5	560	23.8	F	0.7	0.13	0.67
Gm-0339	Gadus morhua	Havnarvág	10-11-2007	33.5	430	12.7	M	0.31	0.07	0.09
Gm-0340	Gadus morhua	Havnarvág	20-11-2007	28	214	3.83	F	0.5	0.23	0.17*
Gm-0341	Gadus morhua	Havnarvág	20-11-2007	27	203	3.15	F	0.37	0.18	0.1**