

## Greiningar á falskyni (imposex) og styrk lífrænna tinsambanda í nákuðungum (*Nucella lapillus*) við Ísland árið 2023

### Inngangur

Samkvæmt samningi Umhverfisstofnunar við Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurnesjum í Sandgerði fóru fram sýnatökur á nákuðungum (*Nucella lapillus*) og greiningar á falskyni og styrk lífrænna tinsambanda í sniglunum árið 2023. Um er að ræða vöktunarverkefni sem fram fer á 5 ára fresti og er hluti af ICES/OSPAR umhverfisvöktun Umhverfisstofnunar við Ísland. Halldór Pálmar Halldórsson, forstöðumaður Rannsóknaseturs Háskóla Íslands á Suðurnesjum, bar ábyrgð á sýnatökum, greiningum á falskyni, undirbúningi sýna fyrir efnagreiningar og samantekt gagna. Hermann Dreki Guls og Sandra Dögg Georgsdóttir hjá Rannsóknasetrinu unnu að öllum þáttum verkefnisins ásamt Halldóri. Sýni voru send til ALS Scandinavia í Svíþjóð til greininga á lífrænum tinsamböndum.

Af þeim lífrænu tinsamböndum sem voru mæld er tríbútýltin (TBT) þekktasta efnið í þessum efnahópi. TBT var lengi notað sem sæfiefni (e. biocide) í botnmálningu á skip og báta til að hindra vöxt gróðurs og lífvera. TBT er eitrað og getur einnig haft hormónaraskandi áhrif á lífverur og meðal annars leitt til myndunar falskyns hjá kvenkyns nákuðungum en tegundin er afar viðkvæm fyrir TBT og góð vöktunarlífvera fyrir slíka mengun. Þrátt fyrir bann við notkun TBT í botnmálningu hér á landi síðan 1990 sjást ennþá áhrif á sniglana en ástandið hefur þó batnað mikið frá upphafi vöktunar 1992/1993. Líkt og önnur lífræn tinsambönd getur TBT bundist lífrænum ögnum og safnast upp í seti, sem þá getur virkað sem mengunarpopspretta slíkra efna í jafnvel áratugi. Það er því mikilvægt að vakta áfram áhrif og styrk þessara efna í lífríkinu.

### Aðferðir

Nákuðungum var safnað í fjöru í september og október 2023 á 14 stöðum í heildina á Suðvesturlandi og á Vestfjörðum (sjá töflu 1).

Tekin voru sýni á sömu sýnatökustöðvum og 2018 að frádregnum þremur stöðvum (Svarthamrar, Miðhlíð og Seltjörn), þ.e. á 12 eftirfarandi vöktunarstöðum á Suðvesturlandi (Hafnir, Hliðsnes, Sæbraut, Látraströnd, Örfirisey og Laugarnes), á Vestfjörðum (Brjánslækur, Vatneyri og Súðavík) ásamt viðbótarstöðvum sem bætt var við 2018 (Sandgerðishöfn, Njarðvíkurhöfn og Grindavíkurhöfn) en með þeim fæst betri heildarmynd af umfangi mengunar af völdum TBT og annarra lífrænna tinsambanda við Ísland. Að auki bættust óvænt við tvær stöðvar í ár þar sem nákuðungar fundust í fjöru innan við hafnargarðinn við Örfirisey (Örfirisey innri) og við Njarðvíkurslipp (Njarðvík-slippur) en lítið hafði sést

til þeirra undanfarin ár á þessum tveimur stöðum. Viðbótarstöðvarnar nýtast afar vel við samanburð á hreinum og menguðum stöðum, hvort sem er innan sama svæðis/lands eða á heimsvísu.

Safnað var um 100 nákuðungum (> 25 mm) á hverri stöð til greininga á falskyni og til efnagreininga á lífrænum tinsamböndum. Sýni voru flutt til Rannsóknaseturs HÍ á Suðurnesjum í Sandgerði til greininga á falskyni ásamt því að hluti þeirra var krufinn til efnagreininga. Niðurstöðurnar voru jafnframt teknar saman og settar inn í gagnabanka ICES líkt og í fyrri vöktunum.

Lengdarmælingar, krufningar, kyngreiningar og greiningar á falskyni og penislengd fóru fram á lifandi sniglum en heil dýr voru sett í frysti (-25°C) strax eftir söfnun til efnagreininga á lífrænum tinsamböndum. Mesta lengd sniglanna var mæld með skíðmáli ( $\pm 0,1$  mm) og skelin í kjölfarið brotin í skrúfstykki og þeir krufnir og greindir undir víðsjá (20–40x stækkun). Kvendýr voru greind á sæðismóttökukirtli. Stigskipting falskyns (VDSI; Vas Deferens Sequence Index) og hlutfallsleg penisstærð kvendýra (RPSI; Relative Penis Size Index) voru greind samkvæmt Gibbs og félögum (1987). VDSI er skipt í 7 stig þar sem stig 0 gefur til kynna engin áhrif og stig 5 og 6 mest áhrif þar sem sáðrás er fullmótuð og vaxin fyrir kynopið, og penis orðinn stór en kvendýrin eru þá orðin ófrjó. Penisstærð var mæld í víðsjá og hlutfallsleg penislengd reiknuð samkvæmt eftirfarandi jöfnu:

$$RPSI = [(meðallengd penis kvendýra)^3 / (meðallengd penis karldýra)^3] \times 100.$$

Fyrir efnagreiningar á lífrænum tinsamböndum voru 30 nákuðungar notaðir frá hverri stöð eða að lágmarki 15 g votvigt af mjúkum vef per stöð. Sniglarnir voru lengdarmældir, kyngreindir og allur mjúkvefur fjarlægður úr skel og vigtaður í sýrupvegna glerkrukkur. Sýnin voru send í efnagreiningar (10 lífræn tinsambönd, sjá töflu 2) til ALS Scandinavia í Svíþjóð í nóvember 2023.

## Niðurstöður og umræður

Alls voru 50 nákuðungar frá hverri stöð (nema Njarðvík - slippur, n = 33) notaðir til greininga á falskyni (tafla 1). Þrjátíu sniglar frá hverri stöð voru krufðir fyrir efnagreiningar og voru alls 10 lífræn tinsambönd mæld (tafla 2).

Tafla 1. Heiti vöktunarstöðva og stöðvanúmer fyrir vöktun á falskyni hjá nákuðungum árið 2023. Hnit og dagsetning söfnunar í fjöru, fjöldi greindra kvendýra, hlutfall kvendýra af heild í sýnum, meðallengd kvendýra og meðallengd penis hjá kvendýrum og Relative Penis Size Index (RPSI) og stig falskyns (imposex): Vas Deferens Sequence Index (VDSI).

Stöð nr.	Stöð	Breiddargr N	Lengdargr V	Dags söfnunar (2023)	Fjöldi kvk greint	% kvk í sýni	Meðallengd kvendýra (mm ± SD)	Meðallengd kvk penis (mm ± SD)	RPSI (%)	VDSI
1	Hafnir	63°56.196'	22°40.887'	19.09	27	54	31 ± 1,2	0,02 ± 0,09	0	0.22
9	Hliðsnes	64°05.210'	22°00.327'	27.09	24	48	30 ± 1,7	0,09 ± 0,20	0	0.88
11	Sæbraut	64°08.803'	21°59.262'	27.09	25	50	28 ± 1,6	0	0	0.04
12	Seltjörn	SLEPPT								
13	Látraströnd	64°09.370'	21°59.175'	27.09	26	52	28 ± 1,6	0,02 ± 0,04	0	0.42
14 - a	Örfirisey	64°09.590'	21°56.795'	27.09	34	68	30 ± 3,0	0,01 ± 0,02	0	0.21
14 - b	Örfirisey innri	64°09.612'	21°56.280'	27.09	32	64	28 ± 1,4	0,58 ± 0,70	0.33	2.2
16	Laugarnes	64°09.338'	21°52.788'	27.09	26	52	31 ± 1,9	0,00 ± 0,02	0	0.31
37	Brjánslækur	65°31.814'	23°11.448'	14.09	34	68	27 ± 1,0	0,02 ± 0,09	0	0.15
39	Vatneyri	65°36.152'	24°00.816'	14.09	27	54	32 ± 3,3	0	0	0.04
40	Svarthamrar	SLEPPT								
44	Miðhlíð	SLEPPT								
45	Súðavík	66°01.988'	22°59.327'	15.09	42	84	27 ± 1,6	0	0	0
46	Grindavík	63°50.267'	22°25.333'	02.10	25	50	29 ± 4,2	0,13 ± 0,17	0.01	1.4
47	Sandgerði	64°02.280'	22°42.940'	18.09	24	48	37 ± 2,9	0,50 ± 0,42	0.24	1.9
48	Njarðvík	63°59.193'	22°31.971'	18.09	32	64	34 ± 1,9	0,76 ± 0,57	0.76	2.9
49 (ný)	Njarðvík Slippur	63°59.104'	22°32.485'	27.10	15	45	36 ± 5,0	2,94 ± 0,51	39	4.6

Tafla 2. Niðurstöður efnagreininga á lifrænum tinsamböndum í nákuðungum (µg/kg þurrvigt) safnað á Suðvesturlandi og á Vestfjörðum árið 2023. Gildi yfir greiningarmörkum eru feitletruð og áhersla er lögð á tríbútýltin (TBT) sem hefur mest áhrif á myndun falskyns hjá nákuðungi.

Stöð	MBT - Mónóbútýltin	DBT - Dibútýltin	TBT - Tribútýltin	TeBT - Tetrabútýltin	MOT - Mónóóktýltin	DOT - Díóktýltin	TCHT - Trísýklóhexýltin	MPhT - Mónófenýltin	DPhT - Difenýltin	TPhT - Trifenýltin
Hafnir	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Hliðsnes	<1.0	<1.0	<b>11</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Sæbraut	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Seltjörn	SLEPPT									
Látraströnd	<1.0	<1.0	<b>7.9</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Örfirisey	<1.0	<b>4.3</b>	<b>17</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Örfirisey innri	<b>6.3</b>	<b>26</b>	<b>67</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Laugarnes	<1.0	<1.0	<b>17</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Brjánslækur	<1.0	<1.0	<b>4.7</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Vatneyri	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Svarthamrar	SLEPPT									
Miðhlíð	SLEPPT									
Súðavík	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Grindavík	<1.0	<b>3.5</b>	<b>15</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Sandgerði	<1.0	<b>3.6</b>	<b>11</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<b>4.7</b>
Njarðvík	<b>5.6</b>	<b>7.7</b>	<b>20</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<b>12</b>
Njarðvík Slippur	<b>74</b>	<b>145</b>	<b>258</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<b>3.9</b>	<b>4.9</b>	<b>223</b>

Falskyn hjá nákuðungum árið 2023 var áberandi hæst í Njarðvík - slippur, en sniglarnir fundust þar óvænt og verður því mikilvægt að vakta þessa nýju stöð í framhaldinu og fylgjast með þróun þessara

áhrifa. Stig falskyns (VDSI: 4,6) er það hæsta sem sést hefur hér við land í 20 – 30 ár og mikil hlutfallslega penislengd (RPSI: 39) hjá kvendýrunum sýnir einnig hversu alvarleg áhrif er að finna á þessari stöð. Niðurstöðurnar koma þó ekki á óvart þegar litið er til efnainnihalds í sniglunum því styrkur TBT er langhæstur við slippinn í Njarðvík (258 µg/kg þ.v.) í samanburði við allar hinar stöðvarnar en næst hæsti styrkur TBT reyndist í sniglum frá Örfirisey innri (67 µg/kg þ.v.). Einnig má benda á háan styrk af mónóbútýltin (MBT) og díbútýltin (DBT) sem eru meðal annars niðurbrotsefni TBT en þau eru líka notuð sem t.d. íblönduarefni í PVC plast (PVC plast) og húsamálningu (Hoch, 2001). TBT er jafnan talið skaðlegasta lífræna tinsambandið ásamt trífényltini (TPHT) og var styrkur þess einnig langhæstur við slippinn í Njarðvík (223 µg/kg þ.v.) en óvíst er hvað veldur þessum háa styrk. Uppruni efnisins getur verið af ýmsum toga og þarfnast frekari skoðunar við en þó er talið að TPHT geti líkt og TBT haft hormónaraskandi áhrif. Jafnvel þótt notkun þessara efna (sem sæfiefni) hafi verið að mestu bönnuð undanfarna áratugi finnast þau enn í háum styrk í sjávarseti í nokkrum höfnum landsins. Efnin bindast setögnum og getur setið í kjölfarið virkað sem geymsla fyrir ýmis efni sem síðan geta seytilað aftur út í umhverfið í mörg ár.

Falskyn hjá nákuðungum á Suðurnesjum er enn yfir viðmiðum OSPAR/ICES (2004) sem er stig 1. Flest VDSI stigin á höfuðborgarsvæðinu eru við eða undir því viðmiði að Örfirisey innri (VDSI: 2,2) undanskilinni. Nú í vöktuninni 2023 fundust óvænt nákuðungar á þessu svæði en þeir höfðu ekki fundist þar í nægum fjölda síðan 2008. Sem fyrr segir var styrkur TBT í þeim sniglum næst hæstur sem útskýrir einnig hækkun í stigi falskyns hjá sniglum sem þar var safnað við innanverða Örfirisey.

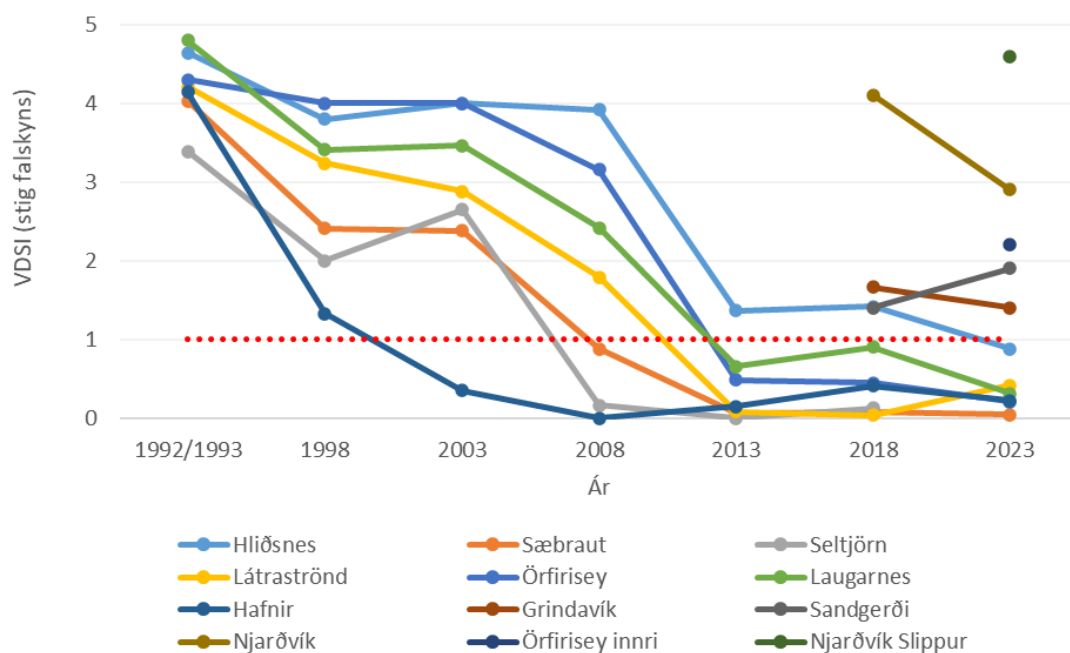
Tafla 3. Samanburður á niðurstöðum nákuðungavöktunar frá árunum 2018 og 2023.

Stöð	Meðallengd kvendýra (mm ± SD)		Meðallengd kvk penis (mm ± SD)		RPSI (%)		VDSI		TBT - Tríbútýltin (µg/kg þurrvigt)	
	2018	2023	2018	2023	2018	2023	2018	2023	2018	2023
	Hafnir	32 ± 1,6	31 ± 1,2	0,04 ± 0,12	0,02 ± 0,09	0	0	0.41	0.22	<1.0
Hlíðsnes	35 ± 2,7	30 ± 1,7	0,29 ± 0,44	0,09 ± 0,20	0.03	0	1.4	0.88	16	11
Sæbraut	31 ± 2,3	28 ± 1,6	0,01 ± 0,05	0	0	0	0.08	0.04	<1.0	<1.0
Seltjörn	32 ± 2,8	-	0,03 ± 0,14	-	0	-	0.13	-	<1.0	-
Látraströnd	32 ± 2,5	28 ± 1,6	0	0,02 ± 0,04	0	0	0.04	0.42	<1.0	7.9
Örfirisey	29 ± 2,3	30 ± 3,0	0,04 ± 0,13	0,01 ± 0,02	0	0	0.45	0.21	5.6	17
Örfirisey innri	-	28 ± 1,4	-	0,58 ± 0,70	-	0.33	-	2.2	-	67
Laugarnes	31 ± 1,5	31 ± 1,9	0,03 ± 0,16	0,00 ± 0,02	0	0	0.9	0.31	15	17
Brjánslækur	26 ± 1,4	27 ± 1,0	0,03 ± 0,14	0,02 ± 0,09	0	0	0.31	0.15	<1.0	4.7
Vatneyri	26 ± 3,9	32 ± 3,3	0	0	0	0	0.07	0.04	<1.0	<1.0
Svarthamrar	29 ± 2,3	-	0	-	0	-	0.06	-	<1.0	-
Miðhlíð	30 ± 2,5	-	0,02 ± 0,13	-	0	-	0.08	-	<1.0	-
Súðavík	25 ± 0,9	27 ± 1,6	0	0	0	0	0.02	0	<1.0	<1.0
Grindavík	37 ± 3,6	29 ± 4,2	0,41 ± 0,51	0,13 ± 0,17	0.11	0.01	1.7	1.4	17	15
Sandgerði	37 ± 3,2	37 ± 2,9	0,16 ± 0,35	0,50 ± 0,42	0.01	0.24	1.4	1.9	11	11
Njarðvík	35 ± 3,0	34 ± 1,9	1,53 ± 0,54	0,76 ± 0,57	4.36	0.76	4.1	2.9	44	20
Njarðvík Slippur	-	36 ± 5,0	-	2,94 ± 0,51	-	39	-	4.6	-	258

Þegar bornar eru saman niðurstöður falskyns frá 2018 og 2023 (tafla 3) má sjá minnkandi áhrif yfir tíma hjá nákuðungum. Áhugavert er að sjá að Látraströnd hefur hækkað örlítið í VDSI sem að líkindum útskýrist af hærri styrk TBT í sniglunum. Aftur á móti hefur VDSI einnig hækkað í Sandgerði þó styrkur TBT hafi haldist óbreyttur á milli árunna.

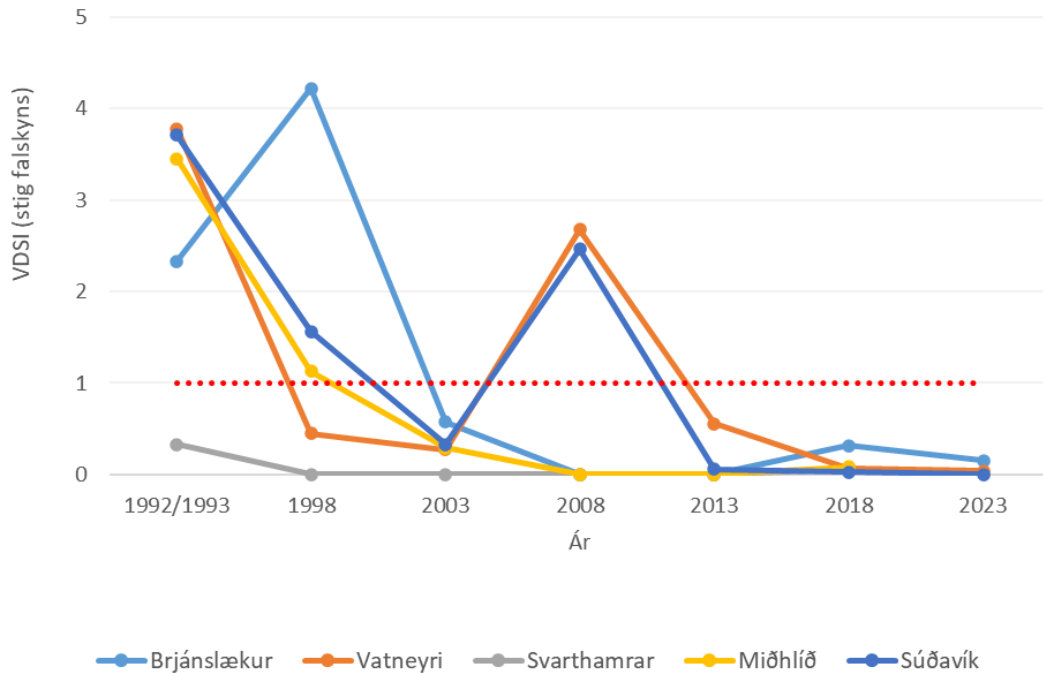
Falskyn hjá nákuðungum á Suðvesturlandi (mynd 1) hefur almennt lækkað síðan 1992/1993 og eru mörg gildi nú undir viðmiði frá OSPAR/ICES, en nokkur gildi eru enn frekar há og því nauðsynlegt að halda þessari vöktun áfram. Falskyn hjá nákuðungum á Vestfjörðum (mynd 2) hefur enn lækkað og eru öll gildin undir OSPAR/ICES viðmiði.

Falskyn hjá nákuðungum á Suðvesturlandi 1992 - 2023



Mynd 1. Falskyn hjá nákuðungum á Suðvesturlandi frá 1992/1993 til 2023. Rauða punktalínan sýnir OSPAR/ICES viðmið (VDSI = 1).

## Falskyn hjá nákuðungum á Vestfjörðum 1992 - 2023



Mynd 2. Falskyn hjá nákuðungum á Vestfjörðum 1992/1993 til 2023, frádregnum þremur stöðvum (Svarthamrar, Miðhlíð og Seltjörn) fyrir 2023. Rauða punktalínan sýnir OSPAR/ICES viðmið (VDSI = 1).

### Heimildir

Gibbs, P.E., Bryan, G.W., Pascoe, P.L. og Burt, G.R. (1987). The use of the dogwhelk, *Nucella lapillus*, as an indicator of tributyltin (TBT) contamination. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 67, 506–523. <https://doi.org/10.1017/S0025315400027260>

Hoch, M. (2001). Organotin compounds in the environment – an overview. *Applied Geochemistry* 16, 719 – 743. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(00)00067-6)

OSPAR/ICES. (2004). *OSPAR/ICES Workshop on the evaluation and update of background reference concentrations (B/RCs) and ecotoxicological assessment criteria (EACs) and how these assessment tools should be used in assessing contaminants in water, sediment and biota*, 8 – 13. february 2004, The Hague, The Netherlands Bls. 169.