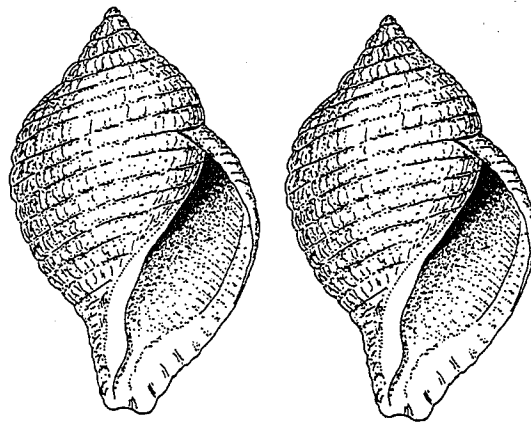


LÍFFRÆÐISTOFNUN HÁSKÓLANS  
FJÖLRIT NR. 36

**Vansköpun af völdum  
tríbútýltinmengunar hjá íslenskum  
nákuðungum**

Jörundur Svavarsson  
Halldóra Skarphéðinsdóttir



Reykjavík 1993

Forsíðumynd er af nákuðungi (*Nucella lapillus*).

## Efnisyfirlit

1. Úrdráttur.....	2
2. Inngangur.....	2
3. Aðferðir.....	3
4. Niðurstöður.....	4
4.1. Tíðni vansköpunar.....	4
4.2. Stærð pintla.....	5
4.3. Hlutfallsleg pintils stærð.....	5
4.4. Sáðrásarstig kvendýra.....	5
4.5. Kynjahlutföll.....	6
4.6. Loka (operculum).....	6
5. Ályktanir.....	6
6. Þakkarorð.....	9
7. Heimildir.....	9
Töflur.....	12
Myndir.....	16

# 1. Úrdráttur

Tríbútyltin, sem kemur úr botnmálningu skipa, veldur vansköpun hjá nákuðungum. Vansköpunin lýsir sér í afbrigðilegri þroskun kvendýra, þ.e. myndun karlkyns kynfæra (pintli og sáðrás) á kvendýrum nákuðungsins. Umfang vansköpunar af þessu tagi var kannað á Suðvesturlandi með athugun á 1370 nákuðungum. Vansköpunin er útbreidd á Suðvesturlandi, sem bendir til mikillar mengunar af völdum tríbútyltins. Umtalsverð vansköpunareinkenni er að finna víða, en mestu einkenni er að finna á nákuðungum við Reykjavík og nágrenni.

## 2. Inngangur

Tríbútyltin er lífrænt tinsamband, sem notað hefur verið í iðnaði og landbúnaði, einkum sem skordýraeitur (Piver 1973). Einna mest er þó notað af efninu í málningu sem ætluð er á botn skipa, en málningin hefur einnig verið notuð á fiskeldiskvíar (Ellis 1991). Efnið þjónar sem bindiefni í málningunni, en er auk þess eiturefnið sem varnar því að botngróður og dýr þrífist á botni skipanna eða á viðkomandi fiskeldiskvíum. Þungmálmurinn tin er skaðlaus einn sér, en verður hættulegur í sambandi með bútylhópunum.

Tríbútyltin hefur hins vegar borist víðar en því er ætlað. Þannig olli tríbútyltin því að tímgun og vöxtur ostra í Frakklandi misförst á árunum 1977 til 1979 (Alzieu o.fl. 1980) og leiddi til þess að um 600 milljón franka tekjutap varð í ostruiðnaði á sama tíma (Anonymous 1991). Tríbútyltin orsakar einnig vansköpun (imposex = imposed sex) hjá sniglum (Smith 1981), þar á meðal hjá nákuðungum (*Nucella lapillus*; Gibbs og Bryan 1986; Gibbs o.fl. 1987). Þetta er vansköpun sem felst í því að á kvendýrum myndast karlkyns kynfæri (pintill og sáðrás). Við mikla tríbútyltinmengun vex sáðrásin yfir kynop kvendýrsins og lokar því og dýrið verður ófrjótt. Þegar tegundin getur ekki lengur fjölgað sér hverfur hún úr viðkomandi samfélagi. Nákuðungar hafa víða horfið á Bretlandseyjum vegna tríbútyltinmengunar (Bryan o.fl. 1986). Karlkyns kynfæri geta myndast á kvendýrum við mjög lítinn styrk af tríbútyltini ( $< 0,5$  ng Sn/líter) og er talið að umtalsverð vansköpun verði hjá dýrunum við styrkinn 2 ng Sn/líter (Gibbs o.fl. 1991). Nákuðungur er því næmur gangvart tríbútyltinmengun og með athugun á tíðni þessarar vansköpunar má með einföldum hætti meta umfang tríbútyltinmengunar.

Nákuðungur lifir í fjörum og nokkuð neðan þeirra við Ísland. Hann hefur hérlendis fundist frá Vestmannaeyjum og síðan réttisælis í kringum landið allt til Vopnafjarðar,

þar sem mörk útbreiðslunnar liggja (Agnar Ingólfsson 1975). Hann er algengastur við Suðvesturland, Vesturland og Vestfirði. Ekki hefur til þessa verið leitað eftir vansköpun hjá nákuðungum hérlendis.

Að frumkvæði Mengunarvarnardeildar Siglingamálastofnunar hófu starfsmenn Líffræðistofnunar háskólans rannsóknir á íslenskum nákuðungum í því skyni að kanna tilvist og umfang vansköpunar hjá kvendýrum, bæði á svæðum þar sem umferð skipa er mikil og botnmálun skipa fer fram og á svæðum þar sem minna er um umferð og viðhald stærri skipa.

Notkun trúbútyltins hefur verið bönnuð á skipum styttri en 25 m víða um heim. Á Íslandi hefur notkun á trúbútyltini á skipum styttri en 25 m aðeins verið bönnuð frá árinu 1990, samkvæmt reglugerð nr. 33/1990.

### 3. Aðferðir

Alls var 1370 eintökum af nákuðungi safnað á 28 stöðum á Suðvesturlandi á tímabilinu frá 18. júní til 25. september 1992 (Tafla 1., 1. og 2. mynd). Sýna var aflað af svæðinu frá Höfnum á vestanverðu Reykjanesi að Klifi í innanverðum Hvalfirði og frá Herdísarvík að Stokkseyri. Staðir voru valdir m.a. með tilliti til skipaumferðar og því eru athugunarstaðir margir við Reykjavík og nágrenni, þar sem skipaumferð er umtalsverð. Sýnatökustaðir voru valdir af talsverðu handahófi, en staðsetning réðst nokkuð af því hversu auðvelt var að komast í fjöruna.

Á hverjum stað voru valdir 50 nákuðungar af handahófi, en á þremur athugunarstöðum var aðeins unnt að finna 34, 42 og 44 eintök. Jafnframt var safnað eintökum til mælinga á trúbútyltini í vef (samvinnuverkefni Líffræðistofnunar og rannsóknastofu í lyfjafræði, óbirt).

Nákuðungarnir voru þerraðir og vegnir og mesta lengd þeirra, mesta breidd og oplengd mæld með rennimáli. Skelin var síðan brotin með þvingu og vefurinn aðskilinn frá skelinni og veginn, auk þess sem lokulengd (operculum) var mæld.

Nákuðungarnir voru kyngreindir eftir kynkirtlum. Pintill karldýra og vanskapaðra kvendýra var teiknaður með hjálp teiknitúbu á víðsjá og lengd hans síðan mæld. Til

samanburðar var notaður mælikvarðinn hlutfallsleg pintil stærð (HPS), sem reiknaður var fyrir hvern athugunarstað og fundin á eftirfarandi hátt:

$$\frac{(\text{lengd pintils kvendýra})^3}{(\text{lengd pintils karldýra})^3} \times 100$$

Sáðrásarstig (SS) hjá kvendýrum var metið á skalanum 0 til 6, þar sem:

- 0 = engin vansköpun.
- 1 = vottur að sáðrás við kynop.
- 2 = sáðrás nokkuð stærri við kynop, auk þess sem vottar fyrir pintli aftan við hægri fálmara.
- 3 = sáðrás sést við pintil.
- 4 = sáðrás fullmynduð.
- 5 = þykkildi á sáðrás við kynop; kynop oft ekki sjáanlegt; dýr ófrjótt.
- 6 = eggjahylki innilokuð í eggjahylkiskirtli; dýr ófrjótt.

## 4. Niðurstöður

### 4.1. Tíðni vansköpunar

Vansköpuð kvendýr, þ.e. kvendýr með karlkyns kynfæri, fundust á 23 af 28 athugunarstöðum. Vansköpun var til staðar á kvendýrum á öllum athugunarstöðum frá Höfnum (stöð 1) á Reykjanesi vestanverðu að Hjarðarnesi í Hvalfirði (stöð 21), en aðeins í innanverðum Hvalfirði (stöðvar 22 og 23) voru öll kvendýr án vansköpunar (3. mynd). Tíðni vansköpunar var há á öllum athugunarstöðum á norðanverðum Reykjaneskaga, en 78 til 100 % kvendýranna voru þar vansköpuð. Á svæðinu frá Herdísarvík að Stokkseyri (stöðvar 28 til 24) fundust vansköpuð kvendýr aðeins við Þorlákshöfn (stöð 26; 100% kvendýra) og Eyrarbakka (stöð 27; 70% kvendýra), en ekki á öðrum athugunarstöðum.

#### 4.2. Stærð pintla

Stærð pintla hjá nákuðungakarl-dýrum er háð stærð dýranna sjálfra, en talið er að tríbútýltinmengun auki einnig stærð pintla karldýra (Bailey og Davies 1991). Stærð pintla hjá kvendýrum er hins vegar háð magni tríbútýltins, svo stærðir pintla kynjanna eru ekki að fullu sambærilegar.

Pintlar á kvendýrum voru að meðaltali frá 0,1 mm til 6,0 mm (Tafla 3). Við Hafnir voru kvenpintlar að meðaltali 3,9 mm, en á svæðinu frá Hvalsnesi að Straumsvík voru kvenpintlar frá 0,1 að 0,5 mm að meðaltali (4. mynd; Vatnsleysa). Á svæðinu frá Hlíðsnesi að Álftanesi að Hofsvík voru pintlar að meðaltali stærri en 1,3 mm (5. mynd; Seltjörn), en stærstu pintlarnir fundust hjá kvendýrum á Ingólfsgarði (6. mynd).

Nokkrir pintlar nákuðunga við Ingólfsgarð voru afmyndaðir (7. mynd) og í stað þess einnar totu (genital papillu) mynda þessir pintlar tvær til þrjár totur. Þetta kom fyrir bæði á karl- og kvendýrum.

#### 4.3. Hlutfallsleg pintils stærð (HPS)

Hlutfallsleg pintils stærð (HPS) var mest á Ingólfsgarði (stöð 15), en minnkaði ört bæði til vesturs og austurs (8. mynd, Tafla 3). Hlutfallsleg pintils stærð var einnig mikil við Þorlákshöfn (stöð 26), við Hafnir (stöð 1) og við Hlíðsnes á Álftanesi (stöð 9). Líklega hefur afmyndun pintla áhrif á hlutfallslegu stærð pintla á Ingólfsgarði, þar sem nokkrir pintlar voru afmyndaðir (7. mynd).

#### 4.4. Sáðrásarstig kvendýra (SS)

Sáðrásarstig kvendýra reyndist að meðaltali nokkuð hátt í Höfnum (4,14, stöð 1), en var frá 1,09 til 1,85 á svæðinu frá Hvalsnesi að Straumsvík (stöðvar 2 til 8) og > 3,4 frá Hlíðsnesi á Álftanesi að Hofsvík (stöðvar 20; 9. mynd; Tafla 3). Við Þorlákshöfn (stöð 26) var sáðrásarstig svipað og fannst nærri Reykjavík og nágrenni, en við Eyrarbakka (stöð 27) var sáðrásarstig svipað og á svæðinu frá Hvalsnesi að Straumsvík.

Ef aðeins er annars vegar litið til svæðisins frá Hvalsnesi að Straumsvík (stöðvar 2 til 8) og hins vegar til svæðisins frá Hlíðsnesi að Hofsvík (stöðvar 9 til 20), kemur í ljós nokkuð mikill munur á tivist vansköpunarstiga. Á fyrrnefnda svæðinu eru rúmlega 10% kvendýranna án vansköpunar, en meginhluti kvendýranna (> 50%) með SS stig 2, þ.e.

með nokkuð stóra sáðrás við kynop, auk þess sem lítill pintill er til staðar (10. mynd). Á svæðinu frá Hlíðsnesi að Hofsvík er hins vegar meginhluti einstaklinga á stigi 4, sem einkennist af fullmyndaðri sáðrás og töluverður hluti einstaklinga er á stigi 5 og 6, þ.e. dýrin eru ófrjó (11. mynd).

#### 4.5. Kynjahlutföll

Talið er að tríbútyltinmengun leiði til aukinna dauðsfalla hjá kvendýrum vegna stíflunar á kynopi og vegna þess að í eggjahylkiskirtli safnast upp dauð eggjabú (Gibbs og Bryan 1986). Kvendýr á stigum 5 og 6 ættu samkvæmt þessu að vera hlutfallslega færri en karldýr á þeim svæðum sem hafa mikla mengun.

12. mynd sýnir hlutfall kvendýra á móti meðal sáðrásarstigi á viðkomandi stað. Þar sem hæstu sáðrásarstig finnast, er hlutfallslega minnst um kvendýr.

#### 4.6. Loka (*Operculum*)

Á öllum athugunarstöðum nema við Ingólfsgarð reyndist stærð loku (*operculum*) vera í línulegu sambandi við stærð nákuðungsins (sjá t.d. Vatnsleysu, 13. mynd). Við Ingólfsgarð reyndist hins vegar fjöldi eintaka hafa tapað lokunni og útlit og stærð fundinna loka (14. mynd) var mjög mismunandi. Ekki er ljóst hvort þetta tengist tríbútyltinmengun, en fáein dæmi eru um vansköpun eða vöntun á loku erlendis og var fyrirbærið þekkt löngu áður en tríbútyltin var framleitt.

## 5. Ályktanir

Tríbútyltinmengun er nú mjög útbreidd víða um heim (Short o.fl. 1989; Alvarez og Ellis 1990; Ellis og Pattisina 1990; Stewart o.fl. 1992) og fundist hefur vansköpun í um 45 tegundum snigla, sem ótvírætt hefur verið rakin til tríbútyltinmengunar (Ellis og Pattisina 1990). Leitað hefur verið eftir vansköpun í nákuðungi víða í vestur- og austurhluta Norður-Atlantshafs og við Bretlandseyjar hefur vansköpun allstaðar fundist þar sem eftir henni hefur verið leitað, nema á einu afskekktu svæði í Skotlandi (Gibbs o.fl. 1987). Tríbútyltinmengun hefur leitt til þess að nákuðungur hefur horfið víða við



Bretlandseyjar (Bryan o.fl. 1986). Í norðausturhluta Kyrrahafs voru vansköpuð kvendýr til staðar á 36 af 38 athugunarstöðum meðal 6 tegunda snigla, og jafnvel á svæðum þar sem umferð skipa er lítil (Alvarez og Ellis 1990).

Hérlandis fundust vanskapaðir nákuðungar á 23 af 28 athugunarstöðum, þar af aðeins á tveimur af fimm athugunarstöðum á sunnanverðu Reykjanesi, en á 21 af 23 athugunarstöðvum á svæðinu frá Höfnum að Klifi í innri hluta Hvalfjarðar. Þetta bendir til umtalsverðrar mengunar af völdum tríbútyltins hérlandis, einkum við Faxaflóa, enda hefur tríbútyltin nú fundist í vef nákuðunganna (Samstarfsverkefni Líffræðistofnunar og rannsóknastofu í lyfjafræði, óbirt). Á öllum stöðum þar sem vansköpun var fyrir hendi, var tíðni hennar há meðal kvendýra (oftast > 80 %). Þetta er nokkuð í samræmi við athuganir erlendis.

Sáðrásarstig hjá nákuðungum við Reykjavík og nágrenni er svipað (aðallega stig 4) og fundist hefur í Frakklandi og víða við Bretlandseyjar. Á Bretagneskaga reyndust flestir einstaklingar (> 60 %) vera á stigi 4, og töluverður fjöldi einstaklinga var á stigi 5 og 6 (Gibbs o.fl. 1991). Á norðurströnd Suðvestur-Englands reyndust flestir einstaklingar vera á stigi 3, en á mengaðri svæðum sunnar voru einstaklingar gjarnan á stigum 4 til 6 (Gibbs o.fl. 1987). Svipað ástand var að finna í Skotlandi (Bailey og Davies 1991). Mengun við Reykjavík og nágrenni, í Höfnum og við Þorlákshöfn er því svipuð því sem verst gerist erlendis ef litið er til þroskunar sáðrása í kvendýrum, en einstaklingar á svæðinu frá Hvalsnesi að Straumsvík, Hjarðarnes og við Eyrarbakka eru með nokkuð mildari einkenni en fundist hafa víða erlendis. Hér er þó um umtalsverða vansköpun að ræða.

Að hæstu sáðrásarstigin og mesta hlutfallslega pintils stærðin skuli finnast við Reykjavík og nágrenni kemur ekki á óvart. Frá Straumsvík í vestri að Gufunesi í austri eru a.m.k. fimm hafnarsvæði, með töluverða umferð stærri skipa, þ.e. Straumsvíkurhöfn, Hafnarfjarðarhöfn, Reykjavíkurhöfn (Austur- og Vesturhöfn = H1; 2. mynd), Sundahöfn (Vatnagarður = H2, Holtabakki = H3) og höfnin við Gufunes (H4), auk þess sem olfuskip liggja við legufæri út af Örfirisey og Laugarnesi. Skipum > 25 er enn heimilt að nota tríbútyltin málningu, en notkun efnisins á skipum < 25 m hefur verið bönnuð frá árinu 1990. Mesta umferð stærri skipa er um Austur- og Vesturhöfn Reykjavíkur. Alls voru 582 legudagar skipa > 25 m (fjórir hvalbátar, Sæbjörg og þrjú önnur skip sem liggja í höfninni að staðaldri eru undanskilin) í september 1992 í Austur- og Vesturhöfn (Gunnbjörn Jónsson, Reykjavíkurhöfn, munnl. uppl.). Þar er einnig að finna skipasmíðastöð, sem notar tríbútyltinmálningu í starfsemi sinni. Legudagar í Sundahöfn í september 1992 voru 120 (Vatnagarðar 60 legudagar, Holtabakki 60 legudagar), við Gufunes lá ekkert skip í september (4 legudagar í ágúst).

Legudagar olfuskipa við Örfirisey voru 23, en fimm við Laugarnes. Mikil umferð stórra skipa í Vestur- og Austurhöfn endurspeglast í umtalsverðum einkennum trúbútýltinmengunar nærri höfninni. Við Ingólfsgarð var að finna eintök með mestu hlutfallslegu pintils stærðina og þar var líka að meðaltali hæsta sáðrásarstigið.

Í september 1992 voru um 269 legudagar (og komudagar) skipa stærri en 25 m í Hafnarfirði og 15 legudagar í Straumsvík (Viðar Þórarinsson, Hafnarfjarðarhöfn, munnl. upplýs.). Ef aðeins er litið til hlutfallslegrar pintils stærðar er áberandi hversu hlutfallsleg pintils stærð er mikil við Hlíðsnes á Álftanesi, en lítil hlutfallsleg pintils stærð vestan Straumsvíkur. Hér skiptir eflaust máli að töluverð skipaumferð er í tengslum við Hafnarfjarðarhöfn, auk þess sem straumur liggur eftir ströndinni í austurátt og ber lífrænu tinsamböndin til austurs.

Athygli vekur hversu afgerandi vansköpunareinkenni er að finna við Hafnir, en í Höfnum er ekki að finna aðstöðu fyrir stærri skip. Ef til vill er þar að finna skip styttra en 25 m sem hefur tímálningu, en einnig er hugsanlegt að í botni hafnarinnar sitji enn trúbútýltin frá fyrri tíð. Trúbútýltin getur setið allengi í seti og heldur áfram að menga, þótt notkun þess sé hætt (Stewart og de Mora 1990).

Trúbútýltin hefur verið nefnt eitradasta efni, sem nokkurn tíma hefur verið komið í sjó af manna völdum (Goldberg 1986). Þessi staðhæfing er m.a. tilkomin vegna þess hversu lítinn styrk þarf til að framkalla vanskapnað, en nýlegar rannsóknir hafa sýnt fram á að trúbútýltinstyrkur sem samsvarar  $<0,5$  ng Sn/líter er nægilegur til að kalla fram vansköpun hjá nákuðungum (Gibbs o.fl. 1991). Þetta gæti skýrt tilvist vansköpunar á svæðum eins og t.d. Vatnsleysu, sem eru fjarri hafnarsvæðum, en til þessara svæða berst líklega trúbútýltin með sjávarstraumum.

Óljóst er hvort vanskapaðar lokur (operculum) og vöntun loka hjá dýrum á Ingólfsgarði tengist trúbútýltinmengun á einhvern hátt. Vansköpuð og vöntun loka er aðeins þekkt frá fáeinum stöðum við Bretland (Cooke 1917; Crothers 1985), en fyrirbærið var þekkt löngu áður en notkun á trúbútýltini hófst.

Trúbútýltin og afleiða þess, dibútýltin, virðast hafa margvísleg áhrif á lífverur. Þannig misfórust músafóstur og vansköpun (klofinn kjálki o.fl.) varð algeng (50%) hjá músafóstrum, ef móðirin varð fyrir mengun af völdum afleiðu trúbútýltins; þ.e. dibútýltins, á 7. til 9. degi meðgöngu (Noda o.fl. 1992). Hjá fiskum, t.d. hornsli, verða tálknaskemmdir þar sem orkukorn (mitochondria) rýrna og skemmdir verða í lifur (Holm o.fl. 1991). Mikil dauðsföll (80%) urðu hjá hornsílum við styrkinn  $10 \mu\text{g}$  trúbútýltin/líter eftir tvo mánuði. Enn er óljóst hvaða starfsemi fiska trúbútýltin truflar, sem síðan kemur fram í skemmdum í tálknun og í lifur. M.a. hefur verið nefnt að

tríbútyltin hemji starfsemi lípoxýgenasa í tálknum (Josephson o.fl. 1989), en einnig er líklegt að það hamli ensímin NaK-ATPasa og Mg-ATPasa (Pinkney o.fl. 1989).

Áhrif tríbútyltins á nákuðunga felast í myndun karlkyns kynfæra (pintli og sáðrás) á kvendýrum og við mikla mengun verða kvendýrin ófrjó. Þetta ferli er óafturvirk, þannig að dýr sem einu sinni er orðið ófrjótt verður ekki frjótt aftur þó mengunarvaldurinn hverfi (Gibbs og Bryan 1986). Lífefnafræðilegu breytingarnar sem standa að baki þessu fyrirbæri eru enn óljósar, en talið er samband sé á milli tríbútyltinmengunar og magns karlkynhormónsins testósteróns í kvendýrunum (Spooner o.fl. 1991). Mögulegt er að testósterón aukning sé afleiðing hindrunar cytokróm p-450 háðum arómatasa sem er nauðsynlegur breytingu testósteróns í estradíól-17 β. Þessu er stjórnað af hormónum, en tríbútyltin og hormón hafa samskonar niðurbrotsferli, þannig að mögulegt er að það sé tríbútyltin sem hindri umbreytingu testósteróns í estradíól.

## 6. Þakkarorð

Við viljum þakka Mario Amacker fyrir aðstoð við söfnun og skoðun nákuðunga, Agnari Ingólfssyni fyrir gagnlegar athugasemdir og Davíð Egilssyni og Helga Jenssyni, Mengunarvarnardeild Siglingamálastofnunar, fyrir margháttða fyrirgreiðslu. Reykjavíkurbörn veitti styrk til rannsóknanna og kunnum við hafnarstjórninni bestu þakkir fyrir.

## 7. Heimildir

Agnar Ingólfsson (1975). Lífríki fjörunnar. Bls. 61-99 í *Votlendi, Rit Landverndar* 4. Arnþór Garðarsson, ritstjóri, 238 bls., Reykjavík.

Anonymous (1991). Emission of organotin compounds contained in antifouling paints. Ministère de l'environnement, Organisation et Environnement, Gentilly, France.

Alvarez, M.M.S., & Ellis. D.V. (1990). Widespread neogastroid imposex in the Northeast Pacific: implications for TBT contamination surveys. *Mar. Poll. Bull.* 21, 244 - 247.

Alzieu, Cl., Thibaud, Y., Heral, M. & Boutier, B. (1980). Evaluation des risques des á l'emploi des peintures antisalissures dans les zones conchylicoles. *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.* **44**, 301 - 348.

Cooke, A.H. (1917). A colony of *Nucella* (olim *Purpura*) *lapillus* (Linn.) with operculum malformed or absent. *Proc. Malacol. Soc. London* **12**, 231 - 232.

Crother, J.H. (1985). Dogwhelks: an introduction to the biology of *Nucella lapillus* (L.). *Field Studies* **6**, 291 - 360.

Bailey, S.K. & Davies, I.M. (1991). Continuing impact of TBT, previously used in mariculture, on dogwhelk (*Nucella lapillus* L.) populations in a Scottish sea loch. *Mar. Env. Res.* **32**, 187 - 199.

Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Hummerstone, L.G. & Burt, G.R. (1986). The decline of the gastropod *Nucella lapillus* around south-west England: evidence for the effect of tri-n-butyltin from antifouling paints. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **66**, 611 - 640.

Ellis, D.V. & Pattisina, L.A. (1990). Widespread neogastropod imposex: a biological indicator of global TBT contamination? *Mar. Pollut. Bull.* **21**, 248 - 253.

Gibbs, P.E. & Bryan, G.W. (1986). Reproductive failure in populations of the dogwhelk, *Nucella lapillus*, caused by imposex induced by tributyltin from antifouling paints. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **66**, 767 - 777.

Gibbs, P.E., Bryan, G.W., Pascoe, P.L. & Burt, G.R. (1987). The use of the dogwhelk *Nucella lapillus* as an indicator of tributyltin (TBT) contamination. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **67**, 507 - 523.

Gibbs, P.E., Bryan, G.W. & Pascoe, P.L. (1991). TBT-induced imposex in the dogwhelk, *Nucella lapillus*: Geographical uniformity of the response and effects. *Mar. Env. Res.* **32** 79 - 87.

Goldberg, E.D. (1986). TBT: an environmental dilemma. *Environment* **28**, 17 - 44.

- Holm, G., Norrgren, L. & Lindén, O. (1991). Reproductive and histopathological effects of long-term experimental exposure to bis(tributyltin)oxide (TBTO) on the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus. *J. Fish Biol.* **38**, 373 - 386.
- Josephson, D.B., Lindsay, R.C. & Stubier, D.A. (1989). Inhibition of trout gill and soybean lipoxygenases by organotin compounds. *J. Environ. Sci. Health B24*, 539 - 558.
- Noda, T., Nakamura, T., Shimizu, M., Yamano, T. & Morita, S. (1992). Critical gestational day of teratogenesis by di-n-butyltin diacetate in rats. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.* **49**, 715 - 722.
- Pinkney, A.E., Wright, D.A., Jepson, M.A. & Towle D.W. (1989). Effects of tributyltin compounds on ionic regulation and gill ATPase activity in estuarine fish. *Comparative Biochemistry and Physiology* **92C**, 125 - 129.
- Piver, W.T. (1973). Organotin compounds: Industrial applications and biological investigation. *Environ health perspect*, **4**, 61-79.
- Short, J.W., Rice, S.D., Brodersen, C.C. & Stickle, W.B. (1989). Occurrence of tri-n-butyltin-caused imposex in the North Pacific marine snail *Nucella lima* in Auke Bay, Alaska. *Mar. Biol.* **102**, 291 - 297.
- Smith, B.S. (1981). Tributyltin compounds induce male characteristics on female mud snails *Nassarius obsoletus* = *Ilyanassa obsoleta*. *J. Appl. Toxic.* **1**, 141 - 144
- Spooner, N., Gibbs, P.E., Bryan, G.W. & Goad, L.J. (1991). The effect of tributyltin upon steroid titres in the female dogwhelk, *Nucella lapillus*, and the development of imposex. *Mar. Environ. Res.* **32**, 37 - 49.
- Stewart, C., & de Mora, S.J. (1990). A review of the degradation of tri(n-butyl)tin in the marine environment. *Environ. technology* **11**, 565 - 570.
- Stewart, C., de Mora, S.J., Jones, M.R.L. & Miller, M.C. (1992). Imposex in New Zealand neogastropod. *Mar. Poll. Bull.* **24**, 204 - 209.

### Tafla 1. Sýnatökustaðir.

---

- Stöð 1. Hafnir.** Nákuðungum var safnað 100 m austan við bryggjuna í Höfnum.
- Stöð 2. Hvalsnes.** Sýnataka fór fram um 500 m norðan við Hvalsneskirkju.
- Stöð 3. Garðskagi.** Sýni voru tekin í fjörunni norðvestur af Garðskagavita.
- Stöð 4. Ritunípa.** Sýni voru tekin við fyrsta afleggjara að fjöru norður af golfvellingum Hólmsvelli í Leiru, um 4,6 km frá afleggjara að Sandgerði.
- Stöð 5. Stakksfjörður.** Sýna var aflað í fjörunni 100 m vestur af strandeldisstöðinni Vogavík.
- Stöð 6. Vatnsleysa.** Sýni voru tekin í fjörunni neðan við bæinn Knarrarnes.
- Stöð 7. Vatnsleysuvík.** Sýnataka fór fram í lítilli vík vestan við Látra.
- Stöð 8. Straumsvík.** Nákuðungum var safnað 500 m vestan við Straumsvík.
- Stöð 9. Hlíðsnes.** Sýni voru tekin í hnúllungafjöru suðaustur af Hlíðsnesi.
- Stöð 10. Álftanes.** Sýna var aflað í fjörunni norðan við vesturenda Sjávangötu.
- Stöð 11. Sæbraut.** Sýnum var safnað í fjörunni norðan og austan við gatnamót Sæbrautar og Hamarsgötu.
- Stöð 12. Seltjörn.** Nákuðungum var safnað í norðaustanverðri Seltjörn.
- Stöð 13. Látraströnd.** Sýni voru tekin í fjörunni um 100 m norðvestan við gatnamót Látrastrandar og Fornustrandar.
- Stöð 14. Örfirisey.** Sýnataka fór fram í fjörunni út af Skeljaslóð, á móts við Grunnslóð.
- Stöð 15. Ingólfsgarður.** Nákuðungum var safnað á utanverðum Ingólfsgarði.
- Stöð 16. Laugarnes.** Sýna var aflað á norðurodda Laugarness.
- Stöð 17. Grafarvogur.** Nákuðungum var safnað norðvestan brúarstæðis Gullinbrúar, Gufunes megin.
- Stöð 18. Gufunes.** Sýnataka fór fram á bryggjufæti Gufunesbryggju, suðvestan megin.

tafla 1, frh.

**Stöð 19. Lundey.** Nákuðungum var safnað á eyjunni norðanverðri.

**Stöð 20. Hofsvík.** Sýnataka fór fram í vikinni austanverðri, í hnullungafjöru 50 m sunnan við bæinn Skrauthóla.

**Stöð 21. Hjarðarnes.** Sýni voru tekin í fjörunni um 300 m austan við bæinn Hjarðarnes.

**Stöð 22. Laxárvogur.** Nákuðungum var safnað í fjörunni til móts við afleggjara að Eilífsdal.

**Stöð 23. Klif.** Sýni voru tekin í fjöru við Klif.

**Stöð 24. Herdísarvík.** Nákuðungum var safnað af skerjum sem liggja fyrir vikinni.

**Stöð 25. Selvogur.** Sýnataka fór fram í fjörunni beint niður af Strandakirkju.

**Stöð 26. Þorlákshöfn.** Nákuðungum var safnað um 100 m vestan við höfnina.

**Stöð 27. Eyrarbakki.** Sýna var aflað um 100 m austan við höfnina.

**Stöð 28. Stokkseyri.** Nákuðungum var safnað í fjörunni um 500 m suðaustan við Knararósvita.

---

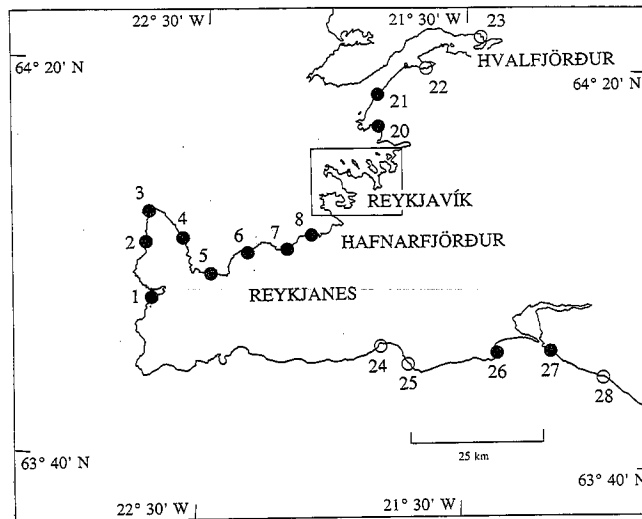
Tafla 2. Dagsetning sýnatöku, fjöldi safnaðra dýra og hlutfall kvendýra.

Stöð nr.	Staður	Dags. sýnatöku	Fjöldi dýra	Hlutfall kvendýra
1	Hafnir	03.07.92	50	44
2	Hvalsnes	25.09.92	50	56
3	Garðsviti	25.09.92	50	56
4	Ritunípa	25.09.92	50	68
5	Stakksfjörður	25.09.92	50	54
6	Vatnsleysa	16.07.92	50	64
7	Vatnsleysuvík	10.07.92	50	48
8	Straumsvík	14.09.92	50	68
9	Hlíðsnes	14.09.92	42	29
10	N. Álftanes	09.09.92	50	58
11	Sæbraut	10.08.92	50	62
12	Seltjörn	05.08.92	50	40
13	Látraströnd	10.08.92	50	46
14	Örfirisey	27.07.92	50	40
15	Ingólfsgarður	18.06.92	50	40
16	Laugarnes	18.06.92	50	40
17	Grafarvogur	02.09.92	50	32
18	Gufunes	02.09.92	50	32
19	Lundey	16.07.92	50	48
20	Hofsvík	16.07.92	50	64
21	Hjarðarnes	28.07.92	50	42
22	Laxárvogur	28.07.92	50	50
23	Klif	28.07.92	50	54
24	Herdísarvík	13.08.92	50	50
25	Selvogur	13.08.92	34	62
26	Þorlákshöfn	13.08.92	50	54
27	Eyrbakkí	13.08.92	50	58
28	Knararós	13.08.92	44	48

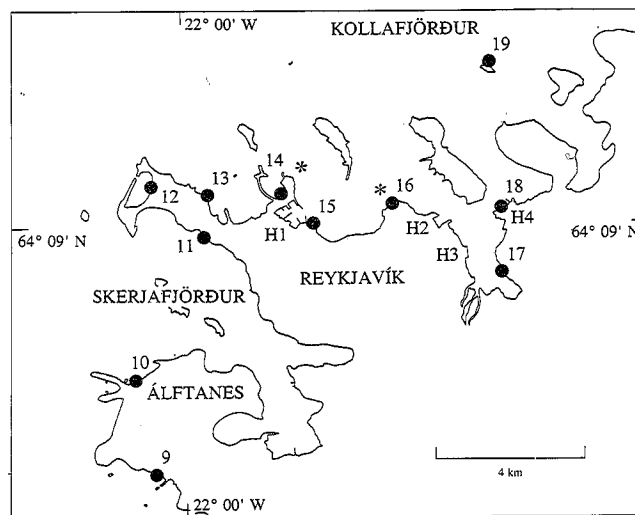


Tafla 3. Meðallengd pintla karl - og kvendýra, hlutfallsleg pintils stærð (HPS) og meðal sáðrásarstig (SS).

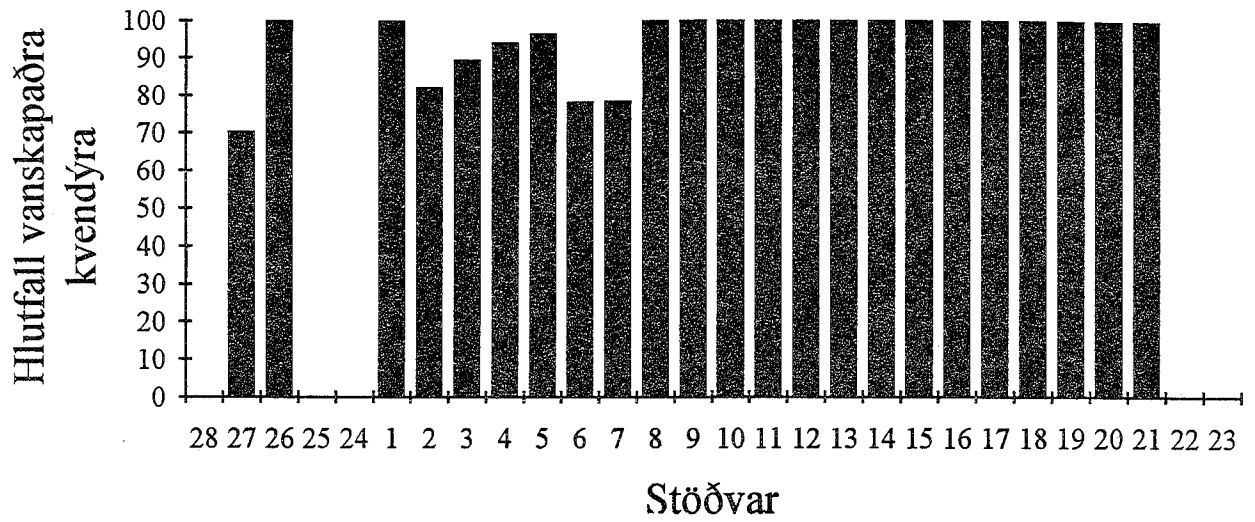
Stöð nr.	Staður	Meðal pintillengd (mm)				HPS	SS	staðal- frávik (S.D.)
		karldýr	staðal- frávik (S.D.)	kvendýr	staðal- frávik (S.D.)			
1	Hafnir	4.5	1.5	3.9	1.1	66.9	4.1	0.5
2	Hvalsnes	2.1	1.2	0.1	0.2	0.0	1.2	0.7
3	Garðsviti	2.9	1.0	0.2	0.3	0.0	1.4	0.7
4	Ritunípa	2.4	0.9	0.3	0.3	0.2	1.8	0.6
5	Stakksfjörður	3.6	0.6	0.5	0.3	0.3	1.9	0.6
6	Vatnsleysa	4.9	2.0	0.1	0.2	0.0	1.2	0.8
7	Vatnsleysuvík	4.7	1.5	0.2	0.3	0.0	1.1	0.8
8	Straumsvík	5.8	2.2	0.5	0.5	0.1	1.8	0.9
9	Hlíðsnes	4.0	0.7	3.1	0.8	49.5	4.6	0.8
10	N. Álftanes	3.2	1.0	1.3	0.6	7.5	3.4	0.6
11	Sæbraut	5.4	1.3	2.0	0.6	4.9	4.0	0.3
12	Seltjörn	4.0	0.9	1.4	0.5	4.6	3.4	0.8
13	Látraströnd	5.1	1.3	3.4	0.9	28.7	4.2	0.4
14	Örfrisey	7.3	1.4	5.6	1.3	44.6	4.3	0.5
15	Ingólfsgarður	6.2	0.8	6.0	0.9	89.3	5.3	0.5
16	Laugarnes	5.8	1.0	4.9	0.9	62.0	4.8	0.7
17	Grafarvogur	5.5	0.8	4.5	0.6	57.1	4.5	0.5
18	Gufunes	4.2	0.7	3.3	0.8	46.7	4.1	0.4
19	Lundey	5.5	1.5	3.4	0.8	22.8	4.2	0.4
20	Hofsvík	3.1	1.4	1.5	1.3	10.7	3.7	0.6
21	Hjarðarnes	3.5	1.2	0.6	0.5	0.6	1.9	0.4
22	Laxárvogur	5.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	Klif	4.4	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	Herdísarvík	4.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	Selvogur	7.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	Þorlákshöfn	3.9	1.0	2.6	0.7	27.9	4.2	0.4
27	Eyrarbakki	3.2	1.5	0.2	0.2	0.0	1.2	0.9
28	Knararós	3.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



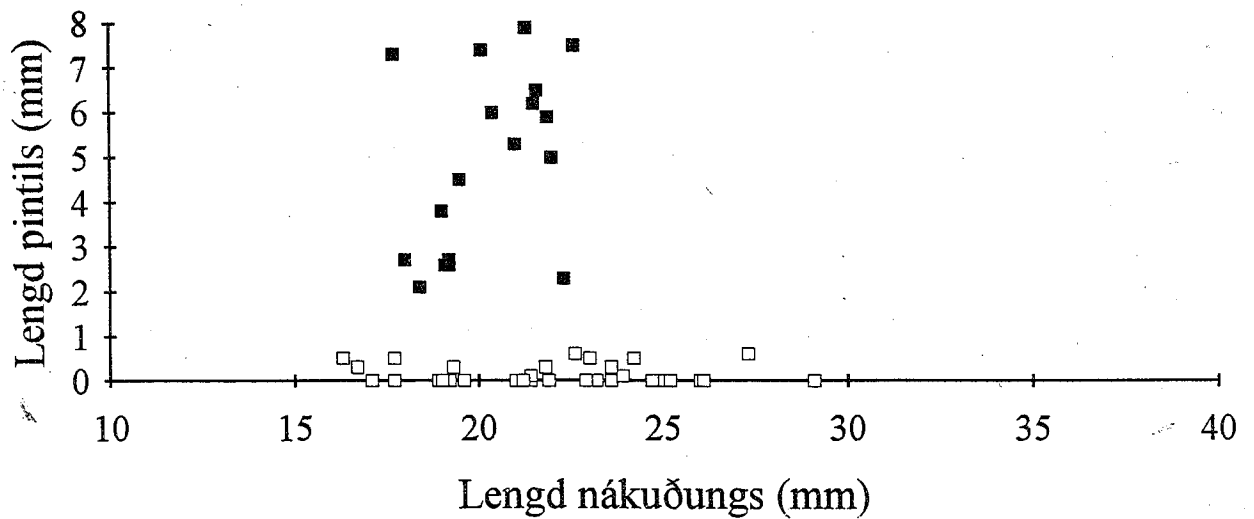
1. mynd. Sýnatökustaðir á Suðvesturlandi. Fylltir hringir = vansköpun til staðar; opnir hringir = vansköpun ekki til staðar.



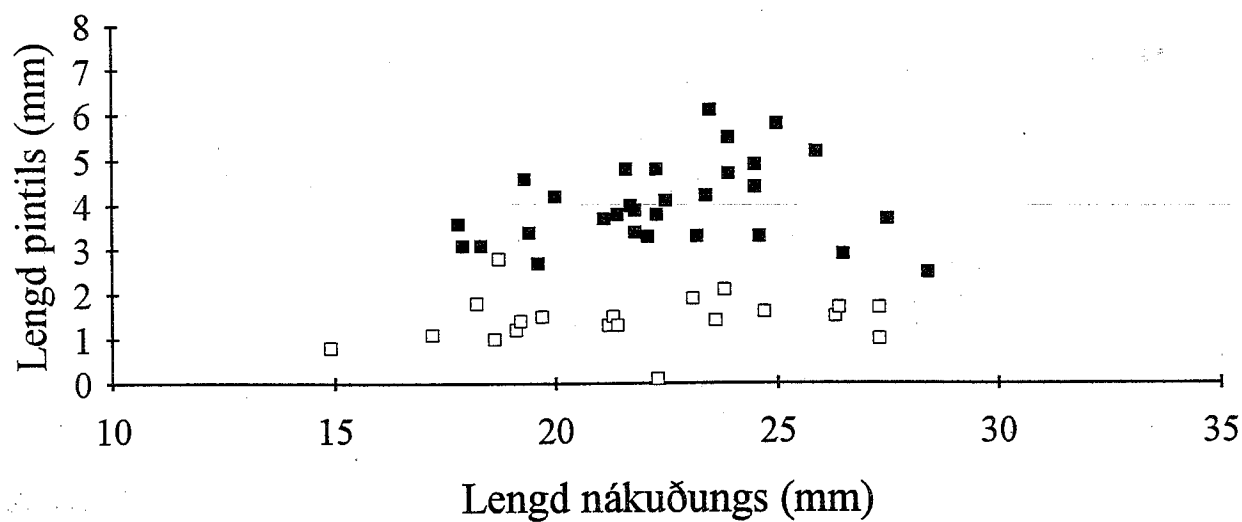
2. mynd. Sýnatökustaðir við Reykjavík og nágrenni. Fylltir hringir = vansköpun til staðar; opnir hringir = vansköpun ekki til staðar. H1 til H4 = Hafnarsvæði (sjá texta); \* = Legufæri olúskipa.



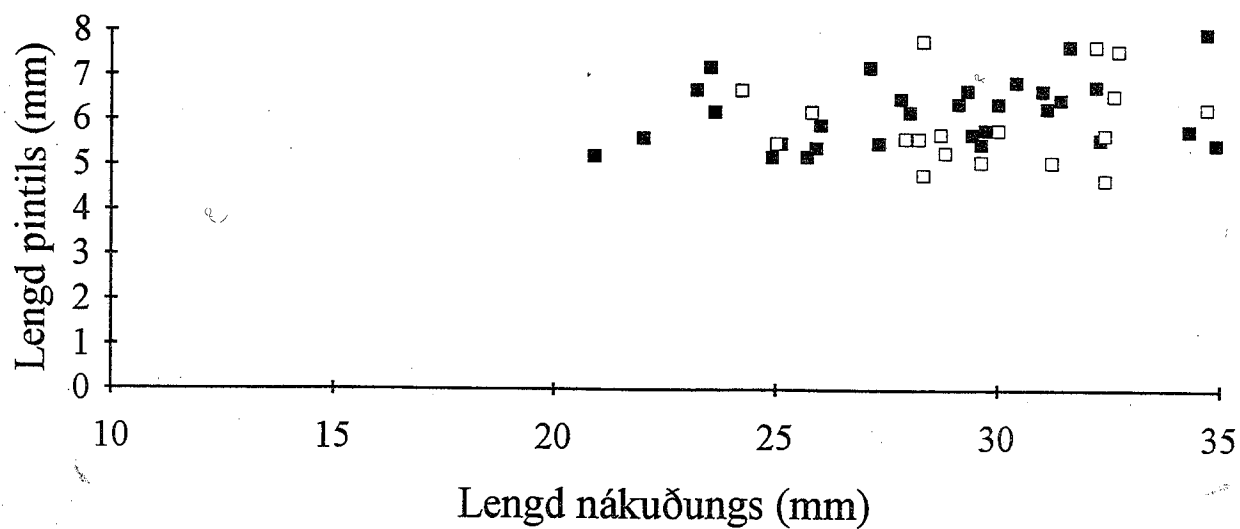
3. mynd. Hlutfallslegur fjöldi vanskapaðra kvendýra á svæðinu frá Herdísarvík að Stokkseyri (stöðvar 28 til 24) og á svæðinu frá Höfnum að Klifi í Hvalfirði (stöðvar 1 til 23).



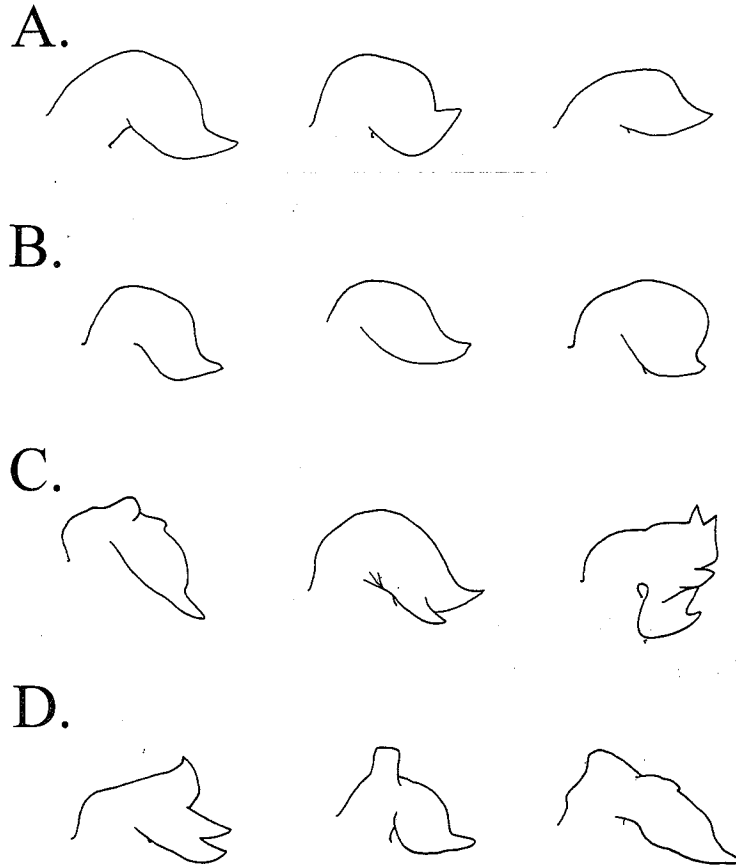
4. mynd. Pintil lengd hjá karli- og kvendýrum við Vatnsleysu. Fylltir ferningar = karldýr; opnir ferningar = kvendýr.



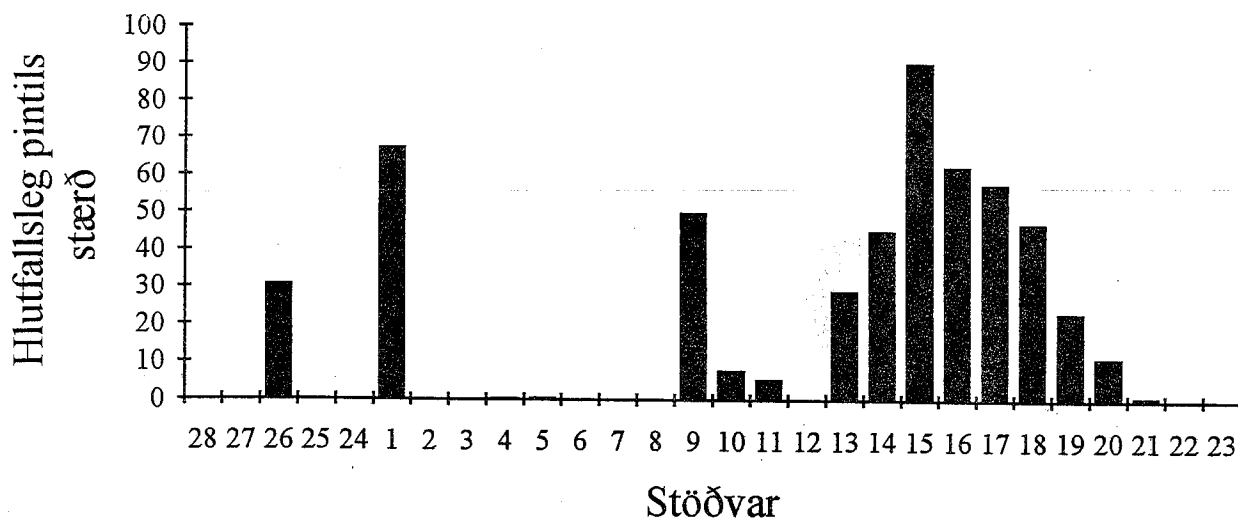
5. mynd. Pintil lengd hjá karl- og kvendýrum við Seltjörn. Fylltir ferningar = karldýr; opnir ferningar = kvendýr.



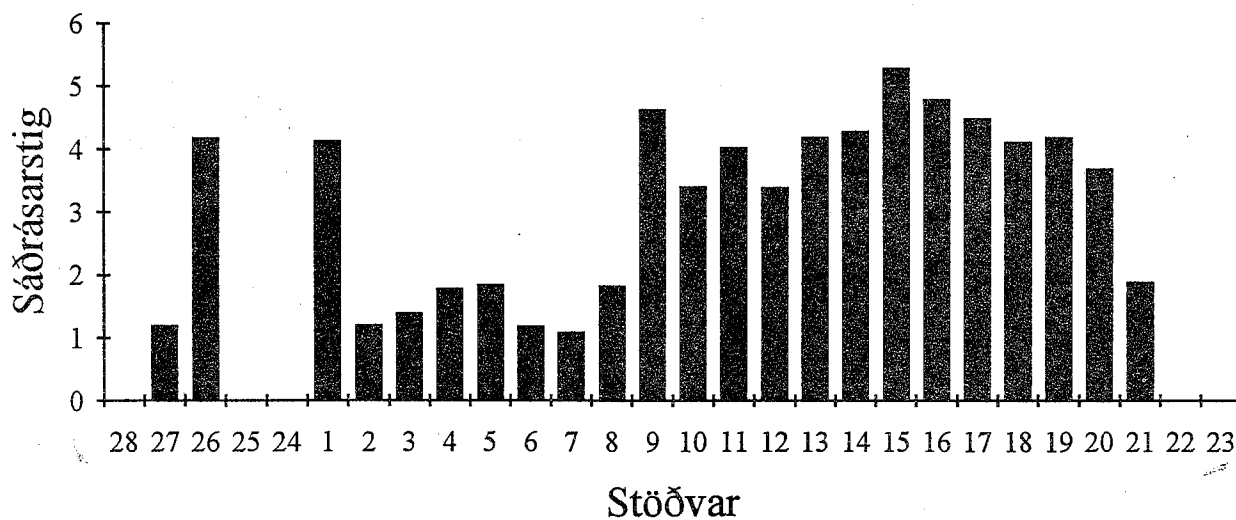
6. mynd. Pintil lengd hjá karl- og kvendýrum við Ingólfsgarð. Fylltir ferningar = karldýr; opnir ferningar = kvendýr.



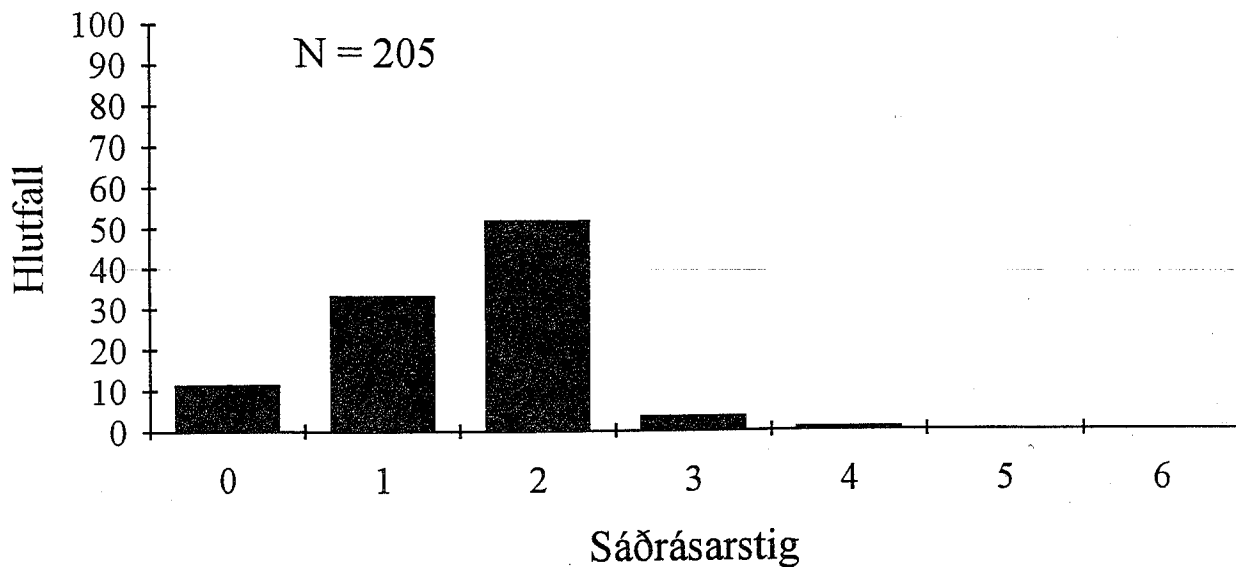
7. mynd. Pintlar. a. eðlilegir karldýrapintlar; b. kvendýrapintlar með eðlilegt karldýraútlit; c. vanskapaðir karldýrapintlar; d. kvendýrapintlar, sérlega afmyndaðir.



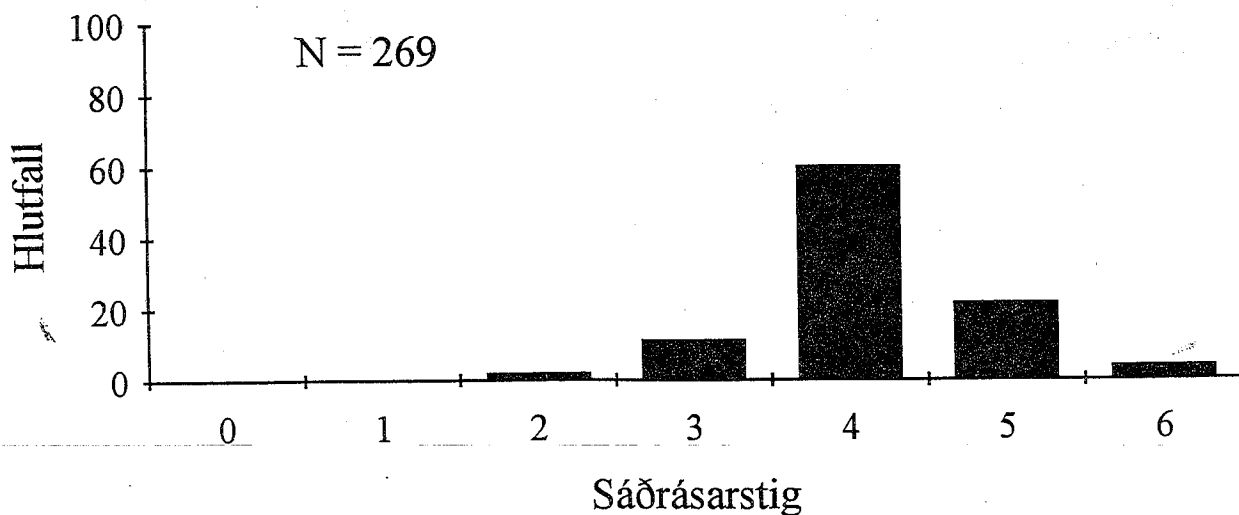
8. mynd. Hlutfallsleg pintils stærð hjá nákuðungum á svæðinu frá Herdísarvík að Stokkseyri (stöðvar 28 til 24) og á svæðinu frá Höfnum að Klifi í Hvalfirði (stöðvar 1 til 23).



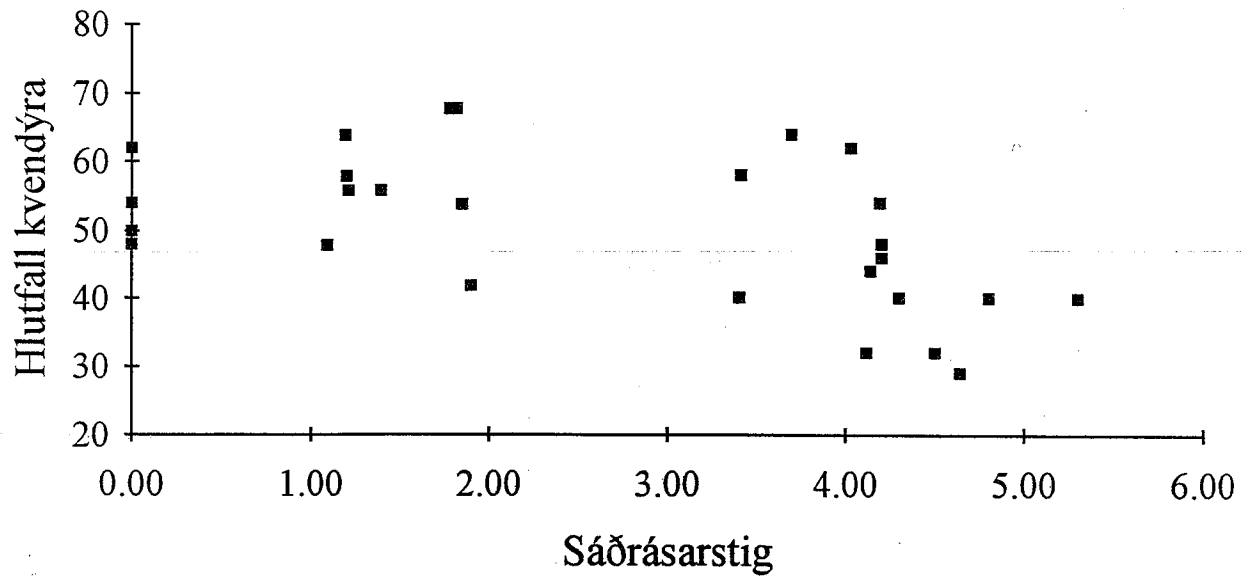
9. mynd. Meðaltals sáðrásarstig hjá kvendýrum á svæðinu frá Herdísarvík að Stokkseyri (stöðvar 28 til 24) og á svæðinu frá Höfnum að Klifi í Hvalfirði (stöðvar 1 til 23). Skalin er frá 0 til 6; 0 = engin vansköpun; 1 = vottur að sáðrás; 2 = sáðrás nokkuð stærri, auk vottar að pintli; 3 = sáðrás sést við pintil; 4 = sáðrás fullmynduð; 5 = þykkildi á sáðrás við kynop, dýr ófrjótt; 6 = eggjahylki í eggjahylkiskirtli, dýr ófrjótt.



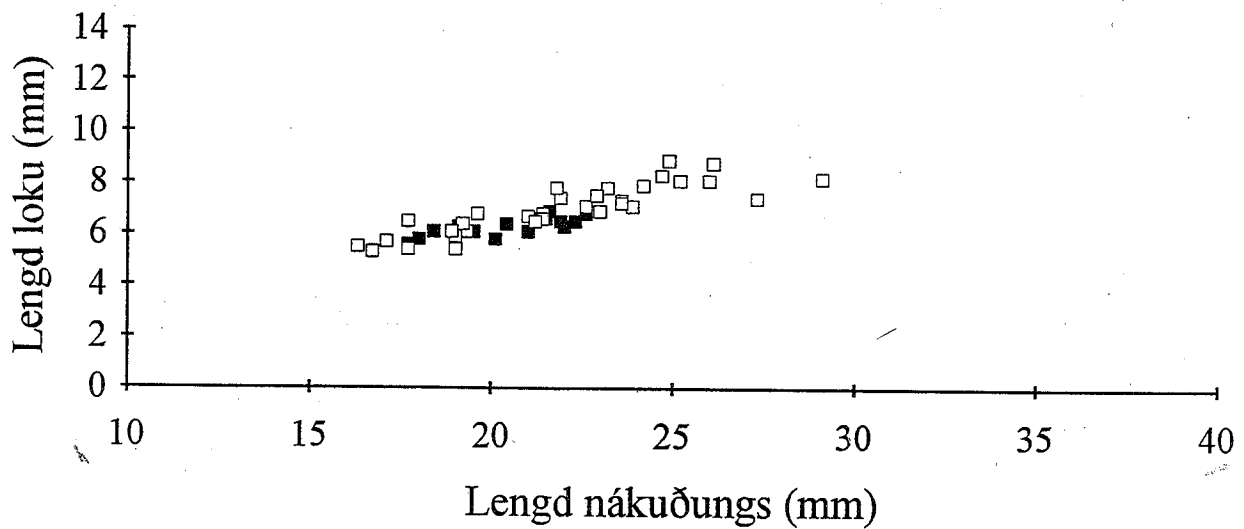
10. mynd. Hlutfallslegur fjöldi kvendýra með mismunandi sáðrásarstig á svæðinu frá Hvalsnesi að Straumsvík (athugunarstaðir 2 til 8). Skalinn er frá 0 til 6; 0 = engin vansköpun; 1 = vottur að sáðrás; 2 = sáðrás nokkuð stærri, auk vottar að pintil; 3 = sáðrás sést við pintil; 4 = sáðrás fullmynduð; 5 = þykkildi á sáðrás við kynop, dýr ófrjótt; 6 = eggjahylki í eggjahylkiskirtli, dýr ófrjótt.



11. mynd. Hlutfallslegur fjöldi kvendýra með mismunandi sáðrásarstig á svæðinu frá Hlíðsnesi á Álftanesi að Hofsvík (athugunarstaðir 9 til 20). Skali sáðrásarstigs er sami og á 10. mynd.

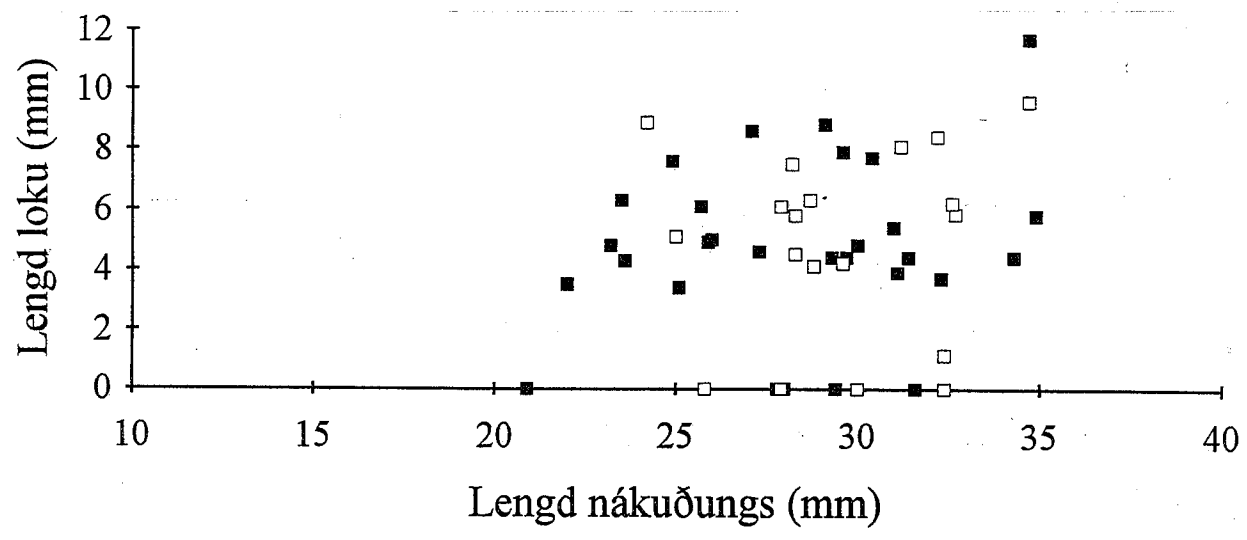


12. mynd. Hlutfall kvendýra á móti meðal sáðrásarstigi á sama stað.



13. mynd. Lengd loku (operculum) á móti lengd nákuðungs við Vatnsleysu. Fylltir ferningar = karldýr; opnir ferningar = kvendýr.





14. mynd. Lengd loku (operculum) á móti lengd nákuðungs við Ingólfsgarð. Fylltir ferningar = karldýr; opnir ferningar = kvendýr.