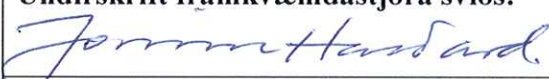


Íslensk stöðuvötn

Tölfræðileg greining formfræðilegra eðlisþátta stöðuvatna

Markús Karl Torfason, Veðurstofu Íslands

Lykilsíða

Greinargerð nr.: MKT/2013-01	Dags.: Nóvember 2013	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
		Skilmálar:
Heiti greinargerðar: Íslensk stöðuvötn Tölfræðileg greining formfræðilegra eðlisþátta stöðuvatna	Upplag: 10	
	Fjöldi síðna: 48	
Höfundar: Markús Karl Torfason	Framkvæmdastjóri sviðs: Jórunn Harðardóttir	
	Verkefnisstjóri: Gerður Stefánsdóttir	
Gerð greinargerðar/verkstig: Stöðuskýrsla	Verknúmer: 4605	
	Málsnúmer: 2011-203	
Unnið fyrir: Veðurstofu Íslands		
Samvinnuaðilar: Umhverfisstofnun		
Útdráttur: Megintilgangur þessarar skýrslu er að greina hvort og þá hvernig formfræðilegir eðlisþættir stöðuvatna endurspeglar mismunandi gerðir stöðuvatna. Unnið var með gögn sem gefa nægilega miklar upplýsingar til að vera metin með tölfræðilegri greiningu.		
Lykilorð: Stjórn vatnamála, wfd, eðlisþættir, stöðuvatnshlot	Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs: 	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirfarið af: SG	

Efnisyfirlit

Inngangur.....	7
1. Um verkefnið.....	7
1.1 Upphafsáherslur.....	7
1.2 Nýjar áherslur	8
2. Úrvinnsla	9
2.1 Yfirlit	9
2.2 Kassarit (e. boxplot).....	10
2.3 Tölfræðiþróf.....	11
2.3.1 ANOVA	12
2.3.2 Multcompare	12
2.4 Klasagreining (cluster analysis).....	13
3. Rúmmál og rennsli	14
3.1 Rúmmáli bætt við gögnin úr SQL	14
3.2 Leit að rúmmáls- og rennslisgögnum	15
4. Niðurstöður.....	16
4.1 Umfjöllun um niðurstöður	16
5. Umræða	23
5.1 Hugmyndir að framhaldi.....	23
5.1.1 Töflur úr multcompare	23
5.1.2 Töflur úr klasagreiningu 3.....	23
5.1.3 Önnur klasagreiningaraðferð.....	23
5.2 Samantekt	24
Heimildaskrá	24
Viðauki I Yfirlit yfir gerðir	25
Viðauki II Myndir	27

Inngangur

Á Íslandi er fjöldinn allur af stöðuvötnum. Ljóst er að sum eru gjörólík en önnur eiga margt sameiginlegt. Vötn geta, eins og annað, verið í misgóðu ástandi enda hefur álag af mannavöldum verið mikið í umræðunni á síðustu árum. Með innleiðingu laga um stjórn vatnamála 36/2011 hefur fagstofnunum verið falið að flokka vötnin niður og meta hvað er „gott ástand“ fyrir hvern flokk fyrir sig. Gerð hefur verið tilraun til að flokka vötnin með þetta að leiðarljósi, en í samræmi við reglugerðir sem settar hafa verið á grundvelli laga er lögð megináhersla á vötn stærri en 0,5 km².

Stöðuvötnum er skipt í gerðir út frá eftirfarandi þáttum (Gerður Stefánsdóttir & Halla Margrét Jóhannesdóttir, 2013):

Hlutfall jökuls á vatnasviði
Aldur berggrunns
Hæð yfir sjávarmáli
Dýpi

Skýringarmynd yfir gerðir er að finna í viðauka I og mælt er með að renna yfir hana áður en lengra er haldið.

En hvernig er hægt að meta hvað er gott ástand? Gengið er út frá framkvæmd tölfræðiprófs á hverri gerð fyrir sig og athugað hvort marktækur munur sé á meðaltölum. Þeir þættir sem lagt var upp með að skoða í þessum tölfræðiprófum eru rennsli í og úr stöðuvötnum, flatarmál, hámarks lengd, hámarksbreidd, dýpi, rúmmál og viðstöðutími stöðuvatna, ásamt mögulegum áhrifum þessara stærða.

1. Um verkefnið

1.1 Upphafsaáherslur

Í upphafi var lögð megináhersla á að safna rúmmáls- og rennslisgögnum með það að markmiði að meta viðstöðutíma, en viðstöðutími í stöðuvötnum er, samkvæmt einfaldasta líkani, reiknaður með jöfnunni

$$T = V/F$$

þar sem T er viðstöðutími, V er rúmmál og F er rennsli í eða úr vatninu. Það reyndist flóknara en til stóð að ná utan um þessi rúmmáls og rennslisgögn. Að auki eru þau afar fá en aðeins 77 vötn eru með fyrirbyggjandi rúmmáls mælingar. Vegna flækjupátta liggur ekki nákvæmlega fyrir, þegar þetta er skrifað, hversu mörg þessara vatna er einnig til rennsli fyrir, en ljóst er að þau eru nokkuð færri. Niðurstaðan er að vegna skorts á tíma og gögnum er ekki hægt að skoða rúmmál og rennsli í þessari atrennu. Þetta er skoðað betur seinna í samantektinni.

1.2 Nýjar áherslur

Fyrst það gekk ekki að notast við rennsli og rúmmál var ákveðið að athuga hvort meira væri til af öðrum gögnum. Í þeim gagnagrunni sem notaður var (SQL grunnurinn sqldev.vedur.is) eru gögn fyrir mörg vötn og í ljós kom að fyrir alls 288 vötn eru til upplýsingar um flatarmál, hámarksbreidd, hámarkslengd og hæð yfir sjó (z-hnit), ásamt stærð yfir 0,5 km² sem er viðmiðunarstærð vatna sem falla undir stjórn vatnamála. Ef aðeins eru skoðuð þau vötn sem einnig hafa dýptarmælingu eru vötnin samtals 65. Hér má sjá hversu mörg vötn af hverri gerð eru til, með og án dýptarmælinga:

Tafla 1. Yfirlit yfir fjölda stöðuvatna í hverri gerð.

Vötn án skráðs dýpis			Vötn sem einnig hafa skráð hámarks- og meðaldýpi		
	TypologyCode	(No column name)		TypologyCode	(No column name)
1	LIH111	2	1	LIH111	1
2	LIH112	5	2	LIH112	1
3	LIH122	1	3	LIH212	2
4	LIH211	7	4	LIH221	2
5	LIH212	9	5	LIL112	4
6	LIH221	14	6	LIL121	2
7	LIH222	4	7	LIL122	4
8	LIL111	2	8	LIL211	5
9	LIL112	7	9	LIL212	20
10	LIL121	4	10	LIL221	3
11	LIL122	6	11	LIL222	20
12	LIL211	37			
13	LIL212	42			
14	LIL221	90			
15	LIL222	58			

Eins og sjá má á seinni myndinni er dýpi enn meira takmarkandi en rúmmál. Dýpi hefur hins vegar þann kost fram yfir rúmmál að vera í sama grunni og restin af gögnunum, en rúmmálið er aðeins til í skýrslu eftir Sigurjón Rist. Í lok verkefnisins var rúmmáli bætt við gagnavigurinn sem unnið var með, en það er skoðað í hluta 3.

Hvaðan komu þessi gögn? Þau voru sótt í SQL grunninn að ofan og til að fá þau upp í töflu var notast við eftirfarandi SQL kóða:

```
select      b. TypologyCode ,  
           a. Stoduvatn ,  
           a. NAFN ,  
           a. ADALVATNSFALL ,
```



```

        a.X, a.Y, a.Z,
        a.FLATARMAL,
        a.MEDALDYPI, a.HAMARKSDYPI,
        a.HAMARKSLENGD, a.HAMARKSBREIDD
from dbo.Stoduvatn a
    ,dbo.lwb_typology b
where a.FLATARMAL >= 0.5
    AND a.STODUVATN = b.MSCode
    AND HAMARKSBREIDD is not null
    AND HAMARKSLENGD is not null
order by stoduvatn

```

2. Úrvinnsla

Gögn úr SQL grunni voru öll lesin inn í Matlab, þar sem öll gagnavinnsla fór fram. Sá fyrirvari er á niðurstöðum þessarar samantektar að notast er við óyfirfarin (ekki endanlega gæðaprófuð) gögn.

2.1 Yfirlit

Þegar tekin hafði verið ákvörðun um að láta rúmmál og rennsli bíða betri tíma var ekki eftir neinu að bíða með að byrja að teikna. Þegar þetta er skrifað er búið að skoða eftirfarandi 15 atriði, en hér eftir verður talað um þau sem „þætti“:

- Flatarmál
- Hámarksbreidd / Hámarkslengd
- Flatarmál* Meðaldýpi
- Flatarmál / Hámarkslengd
- (Hámarksbreidd / Hámarkslengd)* Flatarmál
- (Hámarksbreidd / Hámarkslengd)* Meðaldýpi
- Hámarkslengd
- Z-hnit
- $\log(\text{Flatarmál})$
- $\log(\text{Hámarksbreidd} / \text{Hámarkslengd})$
- $\log(\text{Flatarmál} * \text{Meðaldýpi})$
- $\log(\text{Flatarmál} / \text{Hámarkslengd})$
- $\text{Log}((\text{Hámarksbreidd} / \text{Hámarkslengd}) * \text{Flatarmál})$
- $\log((\text{Hámarksbreidd} / \text{Hámarkslengd}) * \text{Meðaldýpi})$
- Hámarksbreidd

Eins og sjá má er þetta ágætis listi en hann er ekki endanlegur og í kjölfar þessa verkefnis má vafalaust athuga aðra þætti. Varðandi val á þáttum þá var einfaldlega tekið hugarflug og allt teiknað upp í einu. Allir þættirnir hér að ofan voru skoðaðir með eftirfarandi tölfræðilegum aðferðum, sem eiga það sameiginlegt að skoða hvern þátt fyrir sig og skila ýmist mynd eða töflu með niðurstöðunum.

Aðferðirnar eru:

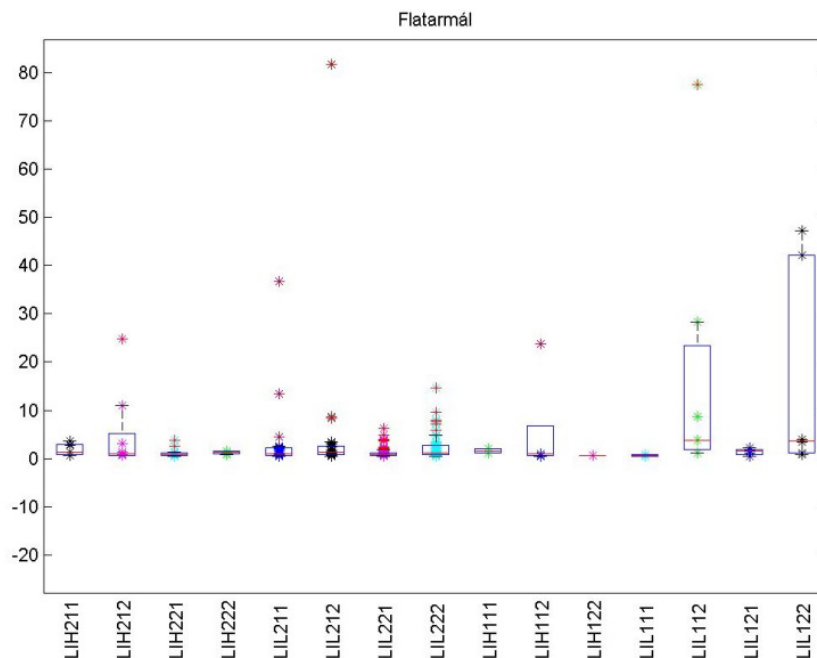
- Kassarit
- ANOVA
- Multcompare
- Klasa skoðun

Ákveðið var að teikna meira en minna, jafnvel þó að ekki séu not fyrir allt að svo stöddu, en í þeirri von að eitthvað gæti nýst seinna. Sýnd verða nokkur dæmi um myndir til að útskýra aðferðirnar hér fyrir neðan.

Fjallað verður nánar um hverja mynd fyrir sig í viðauka og niðurstöðum, en alla túlkun er að finna þar.

2.2 Kassarit (e. boxplot)

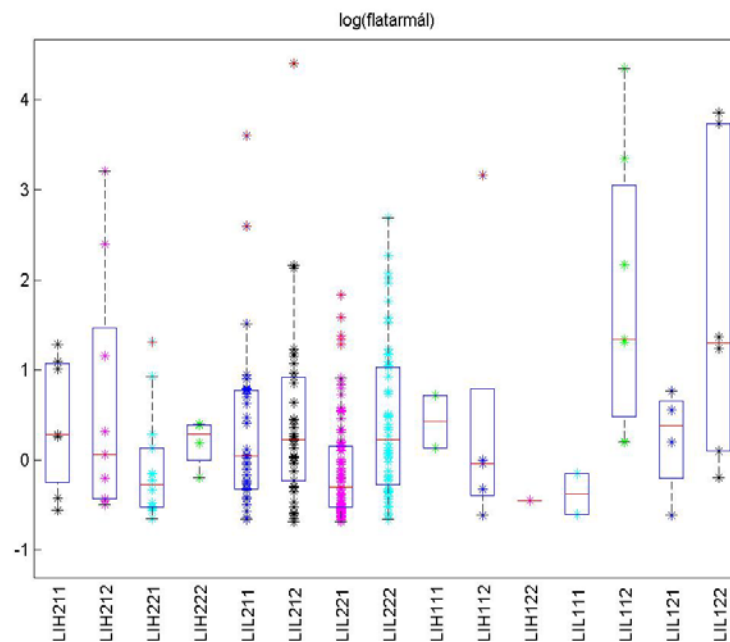
Fyrir hvern þátt eru allar mælingar flokkaðar niður eftir gerðum og teiknaðar inn á graf, þannig að hver gerð hefur sitt x-hnit. Þannig er hægt að skoða mun milli gerða, fyrir hvern þátt fyrir sig, á þægilegan máta.



Mynd 1. Flatarmál stöðuvatna flokkað eftir gerð.

Á sama graf eru svo teiknuð kassarit sem sýna dreifingu og fjórðungsmörk fyrir hverja gerð fyrir sig. Hér fyrir neðan má sjá dæmi um þetta fyrir þáttinn flatarmál.

Framsetning gagna á þessari mynd er í sumum tilvikum ekki nægilega skýr og til að vinna úr því var gert tvennt. Annars vegar voru myndirnar settar upp á lograskala og hins vegar var skalinn þrengdur þannig að útlagar detta út af myndinni. Þetta skal haft í huga við skoðun myndanna.



Mynd 2. Dæmi um framsetningu gagna á lograskala.

Mynd 2 er dæmi um hvað framsetningin getur verið mun skýrari á lograskala. Fleiri myndir á lograskala er að finna í viðauka ásamt stækkuðu myndunum. Á myndinni má sjá móta fyrir tveimur aðskildum klösum fyrir gerðir L1L211 og L1L222. Slíkt má greina á mörgum myndanna. Gæti það í einhverjum tilfellum gefið ástæðu til að skoða þau gögn nánar.

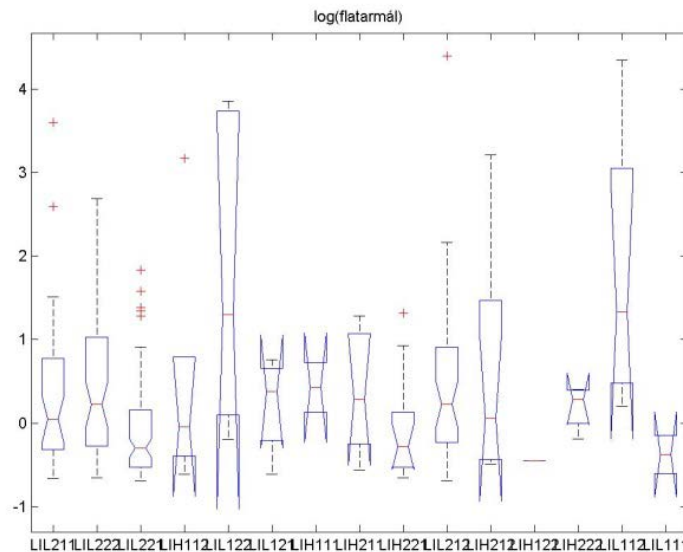
Unnið er með margar breytur og ýmis hlutföll milli þeirra. Einnig sést að greiningar á sumum gerðanna byggja á afar fáum mæliniðurstöðum. Taka þarf að taka mið af öllum þessum þáttum þegar flokkun vatna er skoðuð. Þetta skapar vandamál og útilokar í raun að meta flokkun sjónrænt út frá myndum af þessu tagi. Því verður eytt nokkru púðri seinna í skýrslunni í að fjalla um aðferðir til að vinna með slíka klasa.

2.3 Tölfræðiþróf

Þegar búið var að teikna gögnin upp sjónrænt með kassaritum þá var næsta skref að framkvæma tölfræðiþróf og urðu ANOVA og multcompare fyrir valinu. ANOVA skoðar hvort marktækur munur sé á meðaltölum tveggja gerða, en notast var við Matlab fallið ANOVA1

með $\alpha = 0,05$. Prófið gerir ráð fyrir að gögn innan hvorrar gerðar séu normaldreifð, en einnig að dreifni sé jöfn á milli gerða. Prófið er ekki viðkvæmt fyrir frávikum frá normaldreifingu.

ANOVA skoðar ekki hvaða gerðir hafa mismunandi meðaltöl. Þar kemur Matlab fallið multcompare inn. Fallið tekur við gögnum úr ANOVA og ber saman meðaltöl fyrir allar tvenndir af gerðum. Multcompare er stytting á multiple comparison test en notuð var Tukey-Kramer leiðrétting og $\alpha = 0,05$.



Mynd 3. ANOVA1 greining á flatarmáli stöðuvatna.

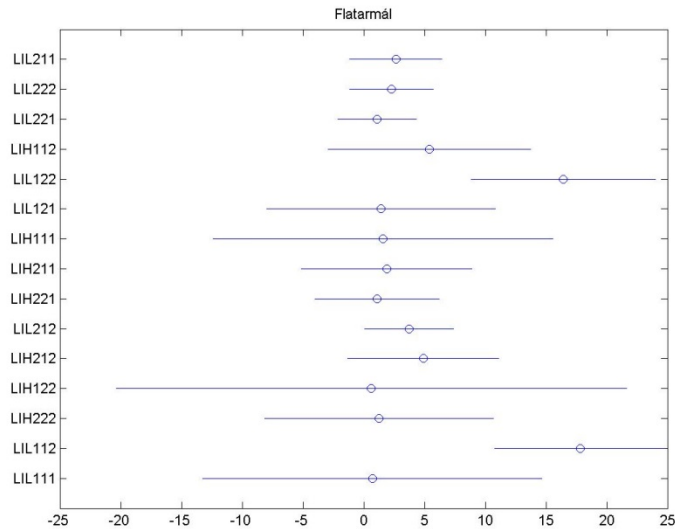
2.3.1 ANOVA

Þar sem þegar höfðu verið gerð kassarit var ákveðið að eyða ekki frekari tíma í kassaritin úr ANOVA en eins og sjá má eru þau af annarri gerð en kassaritin að ofan. Munurinn er sá að kassaritin úr ANOVA eru inndregin í kring um miðgildið en inndregni hlutinn á að gefa vísbendingu um hvort marktækur munur sé á milli miðgilda hvors kassaritsins fyrir sig.¹

2.3.2 Multcompare

Multcompare tölfræðiprófið tekur við upplýsingum úr ANOVA prófinu og teiknar upp annars konar myndir út frá þeim. Þessar myndir eru gagnvirkar en til að skoða gagnvirknina þarf að opna upprunalegu útgáfuna af þeim í Matlab. Það sem mulcompare prófið gerir er að leggja mat á hvort marktækur munur sé á meðaltölum allra tvennda af gerðum en það má sjá með því að bera saman einhverjar tvær línur á myndinni. Ef þær skarast þá er ekki marktækur munur á milli viðkomandi gerða. Samkvæmt mynd 4 er marktækur munur á milli gerða LIL221 og LIL122 en ekki á milli LIL221 og LIL222.

¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Box_plot



Mynd 4. Multcompare greining á flatarmáli.

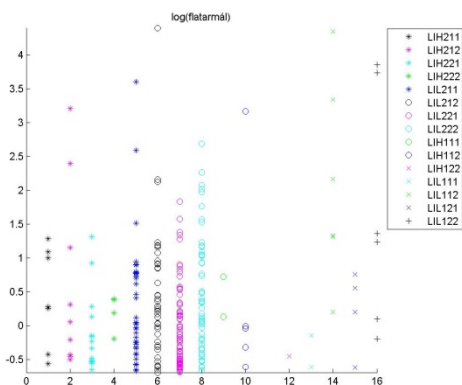
Hringirnir á mynd 4 tákna meðaltöl hvernar gerðar fyrir sig og línurnar sýna 95% öryggisbil þeirra.

X-ásinn byrjar í mínus sem er auðvitað rangt þar sem flatarmál getur ekki verið neikvætt. Fyrir þessu er þó rökrétt ástæða. Í fyrsta lagi gerir multcompare ráð fyrir normaldreifingu og hefur því öryggisbilið samhverft um miðgildið. Auk þess eru mælipunktur af hverri gerð fáir en öryggisbil er stórt fyrir fáa punkta. Ákveðið var að fjarlægja ekki neikvæðu gildin af myndinni til að þessi galli prófsins sjáist greinilega.

2.4 Klasagreining (cluster analysis)

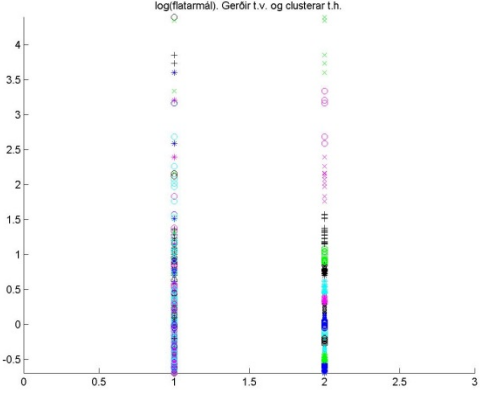
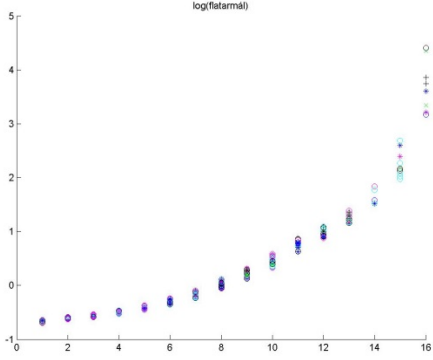
Samanburður á klasa aðferðum

Aðferð 1



Fyrsta aðferðin sem prófuð var til að skoða klasa var að teikna upp allar mælingarnar og gefa þeim öllum sama x-hnit. Á Y-ás var þá gildi mælingarinnar en hver gerð fékk sinn einkennislit.

Þetta varð afar óskýrt en mun skýrara var að auðkenna gerðirnar einnig með x-hniti. Sú útgáfa sést hér til vinstri.

<p>Aðferð 2</p> 	<p>Aðferð 1 sýnir ekkert umfram kassaritin svo leitað var að Matlab forriti sem flokkar í klasa. Prófað var að nota forritið kmeans og greiningin var sett upp þannig að punktar með hnitin (1,y) hafa liti eftir gerðum en punktar í (2,y) hafa liti eftir flokkun kmeans í klasa.</p> <p>Hér er þó sama vandamál og áður en punktum í aðferð 1 var hliðrað. Ekki er að sjá neinn aðskilnað klasa.</p>
<p>Aðferð 3</p> 	<p>Aðferð 3 var töluvert flóknari í framkvæmd en hinar tvær. Hér er punktum raðað á x-ás eftir flokkun úr kmeans en litir punktanna ráðast af gerðunum.</p> <p>Þessi mynd er skýrari en myndin úr aðferð 2. Það sem hún sýnir er að kmeans skiptir í flokka á ágætis hátt og einnig að flatarmál er ekki lýsandi fyrir gerðirnar.</p>

Ein leið til að halda áfram með aðferð 3 væri að búa til töflu. Fjallað verður nánar um það síðar.

3. Rúmmál og rennsli

3.1 Rúmmáli bætt við gögnin úr SQL

Eins og kom fram að ofan þá eru það 288 vötn í SQL-inu sem innihalda upplýsingar um flatarmál, lengd og breidd en 65 þeirra hafa upplýsingar um dýpi. Eins og tekið var fram að framan var rúmmáli bætt við þau vötn sem til eru rúmmálgögn fyrir og kom þá í ljós að af öllum 288 vötnunum eru til upplýsingar um rúmmál fyrir 51 stöðuvötn. Þessi viðbót var gerð í lok verkefnisins og því gafst ekki tími til að teikna rúmmál upp ásamt öðrum þáttum en það hefði t.d. verið spennandi að teikna á móti lögum á sama hátt og gert var með dýpi og flatarmál.

3.2 Leit að rúmmáls- og rennslisgögnum

Í byrjun samantektarinnar var nefnt að aðaláhersla verkefnisins var að safna rúmmáls- og rennslisgögnum til að geta reiknað út viðstöðutíma. Það reyndist vera mun flóknara en búist hafði verið við að ná utan um hvaða mælar voru til sem gætu nýst við slíka úrvinnslu. Í þessum hluta vinnunnar voru hins vegar tekin saman gögn sem geta nýst til frekari úrvinnslu. Skráðir eru þeir vatnshæða- og rennslismælar sem fundust í vefsjá og þeim raðað í hólfavigurinn „votn“ sem inniheldur öll þau stöðuvötn sem hafa skráð rúmmál. Það er ein lína fyrir hvert stöðuvatn, dálkur 1 er nafn, dálkur 2 er stöðuvatnsnúmer og dálkar 3 og 4 eru V og VHM númer. Næstu dálkar innihalda aðrar stærðir, t.d. flatarmál og dýpi. Þar sem V/VHM númerin eru fleiri en 1 eru þau hýst í hólfavigri í viðeigandi hólf í „votn“.

„Votn“ var síðan flokkað eftir gerðum og annars vegar birtur listi yfir vötn sem hafa V staðsetningu og hins vegar listi yfir vötn sem hafa rennslismælingar í eða við vatnshlotið. Á þessum listum er ekki búið að athuga hvort raunverulega væri hægt að nálgast þessi gögn. Látið er nægja að skráður sé mælir við vatnið.

Tafla 2. Fjöldi stöðuvatna af hverri gerð sem hafa skráð rúmmál auk rennslismælinga.

Gerðir:	LIH211	LIH212	LIH221	LIH222	LIL211	LIL212	LIL221	LIL222	LIX1xx
fj vatna af hverri gerð:	0	2	0	0	2	21	4	22	8
fj vatna af hverri gerð með V:	0	1	0	0	2	5	0	14	4
fj vatna af hverri gerð með VHM:	0	0	0	0	1	5	0	7	4
Listi yfir stöðuvatnsnúmer með V:		2033			1454	601		326	1386
					1448	1463		335	1857
						2193		358	2162
						2232		340	2262
						2279		594	
								647	
								742	
								754	
								1200	
								1197	
								1409	
								1421	
								1835	
								319	
Listi yfir stöðuvatnsnúmer með VHM:					1448	1463		358	1386
						2191		340	1857
						2232		594	2203
						2278		647	2262
						2279		742	
								1200	
								1197	

Síðasta gerðin í töflunni, LIX1xx, eru öll jökulvötn sem er ein gerð samkvæmt gerðargreiningu stöðuvatna vegna stjórnar vatnamála. Sjá nánari skýringar á gerðum í viðauka I.

Sjá má af töflu 2 að þau vötn sem hafa VHM mæla hafa nánast alltaf einnig V stað. Einu undantekningarnar eru VHM númerin sem tekin voru beint frá Sigurjóni Rist en þar voru ekki gefin upp V númer. Tafla 2 sýnir að eingöngu eru til VHM mælar fyrir 4 gerðir og V staður fyrir 5 gerðir.

Ítrekað er að númerin sem birt eru á listunum tveimur í töflu 2 eru stöðuvatnsnúmer vatna sem hafa ýmist skráðan V stað og/eða VHM mæli. Þetta eru ekki númer mælanna, enda eru í mörgum tilfellum fleiri en einn mælir á hvert vatn.

Rætt var við Gunnar Sigurðsson, hópstjóra vatnshæðarmælakerfis Veðurstofunnar, um að fá þessi rennslisgögn í hendurnar. Í ljós kom að fyrir eitthvað af V og VHM stöðunum sem skráðir höfðu verið eru eingöngu til stakar mælingar og í sumum tilfellum vatnshæðar- en ekki rennslismælingar. Því er líklegt að mælar sem hægt verður að vinna með verði enn færri en það sem tafla 2 gefur til kynna.

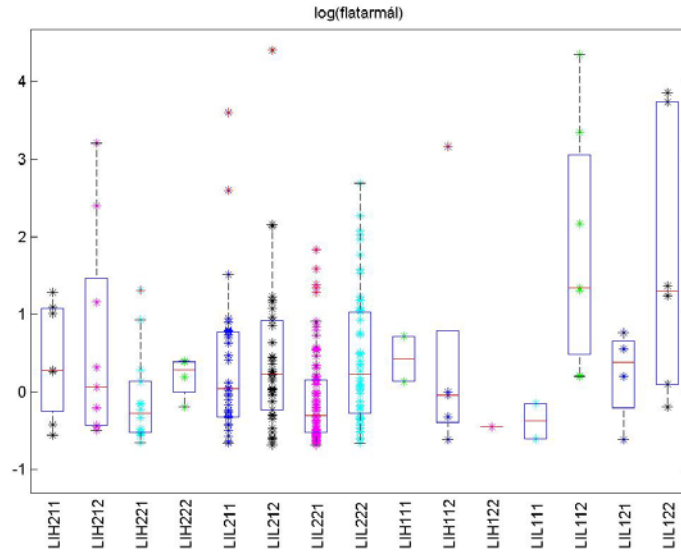
4. Niðurstöður

Í viðauka er að finna yfirlit yfir myndir úr úrvinnslu og skýringartexta við margar þeirra. Þær myndir sem þykja bitastæðar eru skoðaðar nánar hér í niðurstöðum. Í viðaukanum eru gögnin birt með gefnum skala í kassariti. Einnig eru gögnin sett fram með aðlöguðum y-ás og/eða lograskala, eftir því sem við á. [Hafa ber í huga að á kassaritum með aðlagðan y-ás fara útlagar gjarnan út fyrir kassaritið]. Einnig eru birtar niðurstöður úr multcompare greiningu.

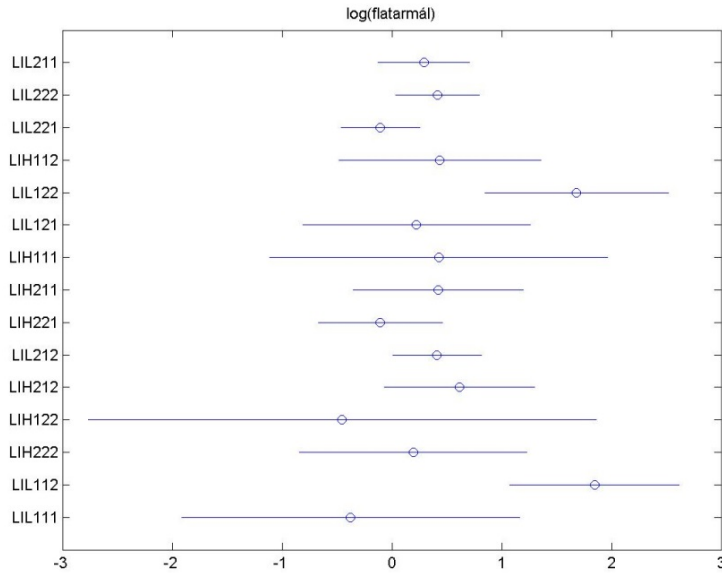
4.1 Umfjöllun um niðurstöður

Flatarmál mismunandi gerða á lograskala er sett fram á mynd 5. Jökulgerðirnar LIL122 og LIL112, þ.e. djúp jökulvötn á láglandi, skera sig ágætlega úr og virðast marktækt stærri en hinar en það eru einmitt þær sem eru áberandi stærstar á mynd 5. Þá virðast láglandis bergvötnin LIL222 og LIL221 sýna talsverðan aðskilnað skv. mynd 6. Munurinn á þessum vötnum er meðaldýpi stöðuvatnanna.

Ef við lítum á láglandisvötn með ríkjandi bergvatni sést að talsverður breytileiki er innan hverrar gerðar. Multcompare greiningin sýnir að ekki er marktækur munur milli þeirra (mynd 6). Greina má klasamyndun í þeim láglandisvötnum sem ekki eru jökulvötn. Áberandi lítið er um mælingar fyrir hálendis- og jökulvötn.

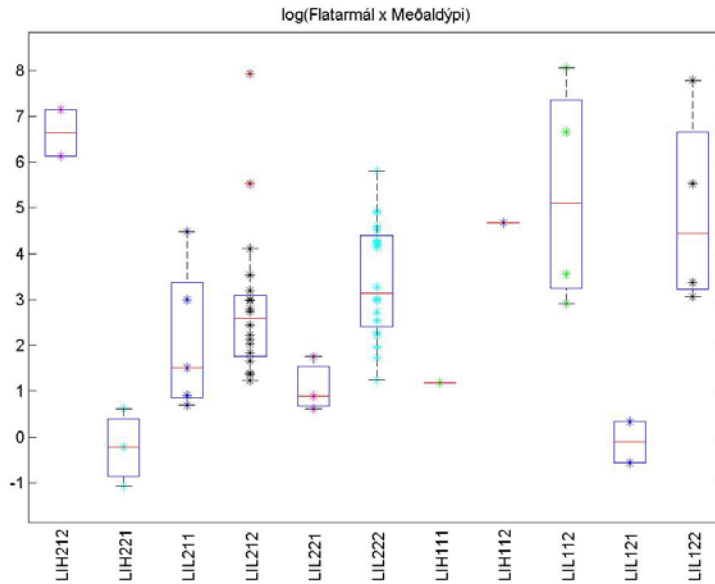


Mynd 5. Flatarmál flokkað eftir gerðum, á lograskala.



Mynd 6. Meðaltöl flatarmála og 95% öryggisbil þeirra á lograskala.

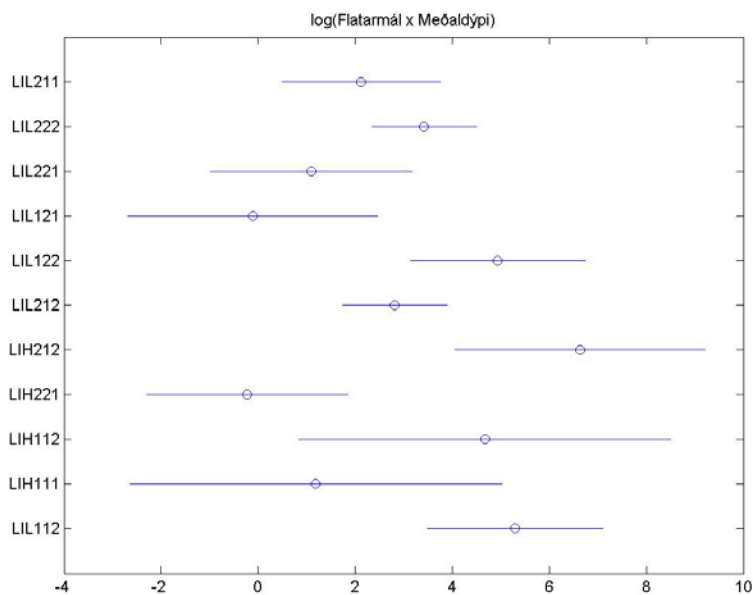
Hugmyndin að baki því að skoða þáttinn flatarmál* meðaldýpi er sú að fá grófa hugmynd um rúmmál vatnanna. Af sambærilegum ástæðum og fyrir mynd 5 virðist lograskalinn koma best út fyrir þessa greiningu (mynd 7).



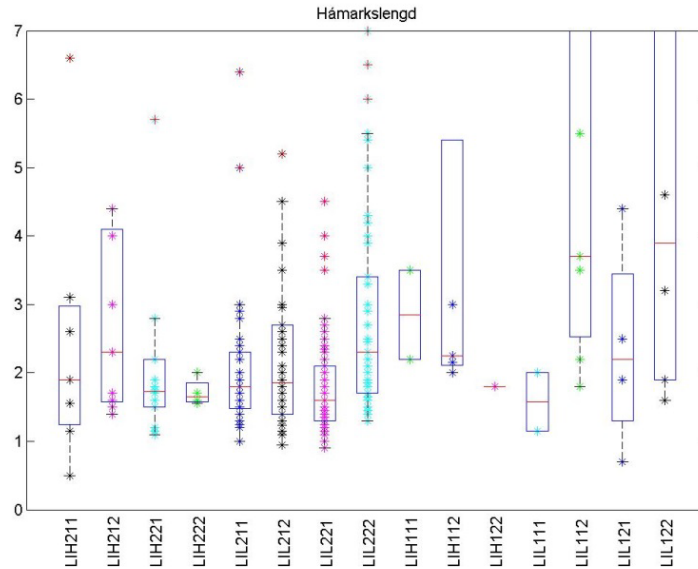
Mynd 7. Flatarmál * meðaldýpi flokkað eftir gerðum á lograskala.

Hér er þó áberandi minna af mælipunktum en á mynd 5, vegna skorts á dýptarmælingum. Það eru engir mælipunktar fyrir margar gerðanna og m.a. vantar tvær bergvatnsgerðir. Að auki eru samtals sex gerðir sem hafa aðeins einn til þrjá mælipunkta. Þetta takmarkar eðlilega verkefnið og væri því spennandi að fá fleiri mælingar.

Gögnin eru þó áhugaverð til frekari skoðunar með þessum hætti þar sem nokkuð mikill breytileiki virðist vera til staðar. Til þess að draga raunhæfar ályktanir þarf þó frekari gögn.



Mynd 8. Meðaltöl nálgana á rúmmál og 95% öryggisbil þeirra, á lograskala.

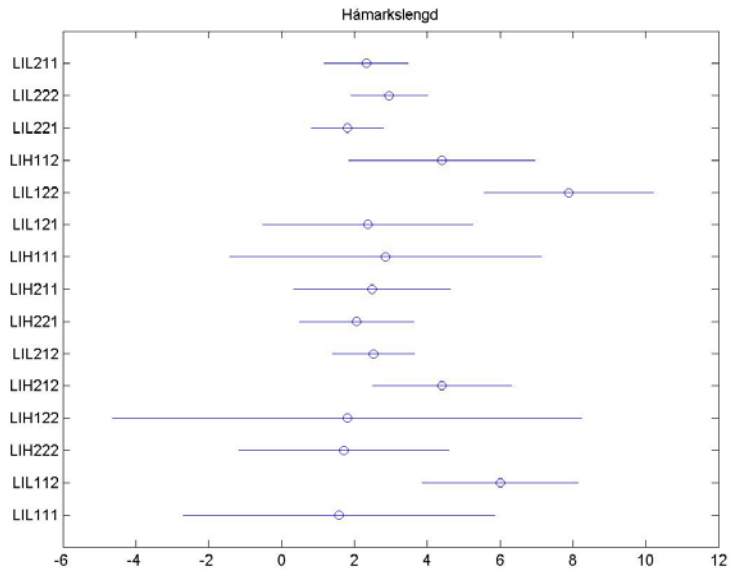


Mynd 9. Hámarkslegnd flokkuð eftir gerðum.

Svo virðist sem lengd stöðuvatna endurspegli gerðir betur en breidd (mynd 9). Ekki var gerð mynd á lograskala fyrir hámarkslegnd, sem sennilega hefði hentað í þessu tilfalli, en eins og sjá má á mynd 9 þá fara háu gildin á jökulvötnunum út af skalanum. Það sem vakti áhuga er að gerð LIL222 sem skiptist gjarnan í klasa hefur afar há lengdargildi á stórum hluta mælipunkta.

Rifjum upp að LIL222 eru djúp láglendisbergvötn á gömlu jarðlagi. Líklega eru það að stórum hluta til jökulsorfin dalvötn sem um ræðir. Það gætu verið sömu vötn og mynda klasa fyrir aðra þætti. Áhugavert væri að skoða þetta betur, t.d. með því að athuga hvaða vötn það eru sem hafa þessi háu gildi. Athuga svo hvort það séu einmitt þessi vötn sem mynda klasa á öðrum myndum.

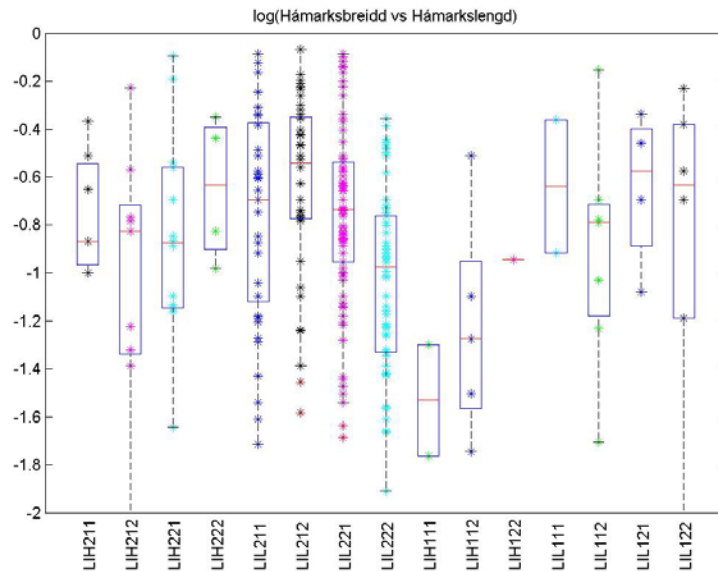
Lítum nú á mynd 10. Öfugt við það sem mynd 9 bendir til þá sker gerð LIH222 sig lítið frá öðrum gerðum. Þetta útilokar þó ekki neitt, enda gerir prófið ráð fyrir því að gögnin séu normaldreifð fyrir hverja gerð og öryggisbilið því jafn langt til beggja átta.



Mynd 10. Meðaltöl nálgana á rúmmál og 95% öryggisbil þeirra, á lograskala.

Í kjölfar þessarar umræðu skulum við nú skoða hlutfall lengdar og breiddar.

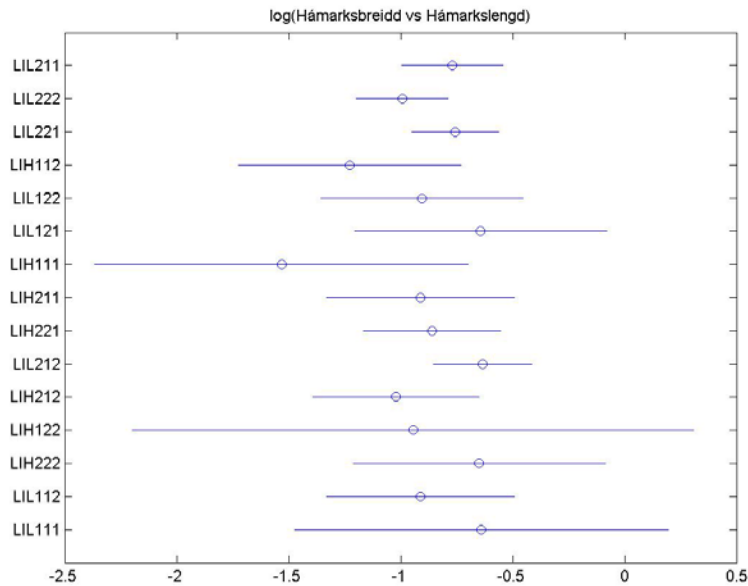
Hugmyndin að baki því að skoða hámarksbreidd/hámarkslengd er að fá nálgun á lögum stöðuvatna. Á venjulegum skala gildir að því nær sem þetta hlutfall er einum, því jafnari er lengd og breidd stöðuvatnsins. Sama er að segja á log skala nema að þar gildir að þegar hlutfallið jafnast nálgast talan núll en ekki einn.



Mynd 11. Hámarkslengd/hámarksbreidd flokkuð eftir gerðum á lograskala.

Þetta segir okkur er að ílöng vötn (t.d. Lögurinn) fá lág gildi, sjá mynd 11, en kringlótt vötn fá há gildi. Það takmarkast þó af því að stærð (rúmmál, flatarmál, dýpi) hefur ekki áhrif á hvar tiltekið vatn lendir á grafinu. Því verður prófað að margfalda þetta hlutfall með flatarmáli og dýpi en sú umræða kemur seinna.

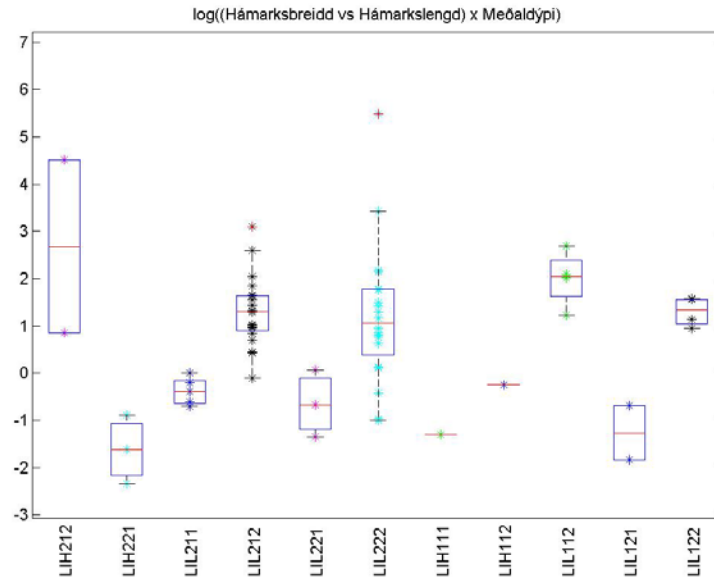
Matsatriði er hvort lograskalinn eða breytti skalinn sé skýrari, en ákveðið var að skoða lograskalann. Við sjáum að það er ekki verulegur munur milli gerða á mynd 11 en dreifnin er afar lík milli gerða. Hugsanlega kemur eitthvað meira út á myndum þar sem stærð er tekin með í reikninginn.



Mynd 12. Meðaltöl „lögunar“ vatna og 95% öryggisbil þeirra, á lograskala.

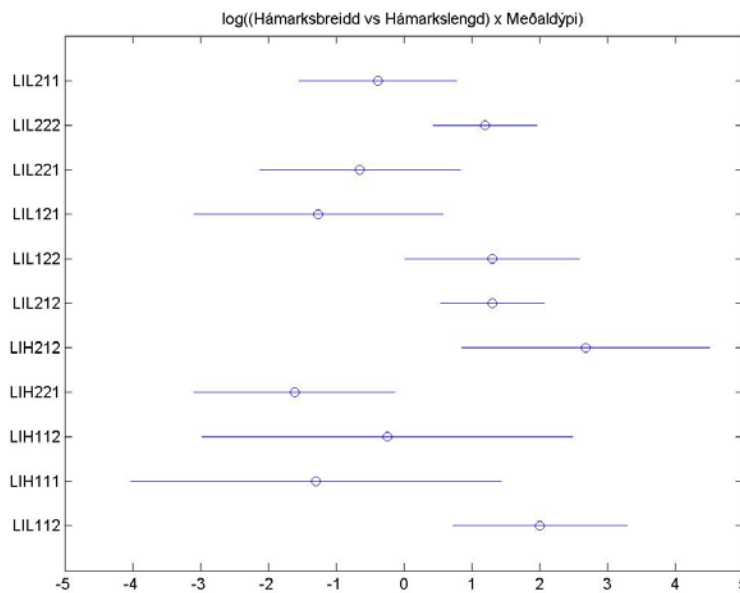
Hvað mynd 12 varðar þá virðist ekki vera mikill munur milli gerða fyrir þennan þátt. Engu að síður má greina mun fyrir einstaka gerðir en t.d. virðist vera greinilegur munur á milli LIL222 og LIL221.

Í viðauka eru borin saman kassarit þar sem hlutfall lengdar og breiddar er annars vegar margfaldað með flatarmáli og hins vegar með meðaldýpi (áhugavert hefði verið að nota rúmmál). Í viðauka III er umræða um myndirnar en niðurstaðan varð að lograskali þar sem margfaldað er með meðaldýpi. Talið var að það gæfi betri nálgun á gerðirnar og því var ákveðið að skoða það nánar. Meðaldýpi hefur þann galla m.v. flatarmál, eins og áður hefur verið fjallað um, að hafa langtum minna af gögnum.



Mynd 13. Meðaldýpi flokkað eftir gerðum á lograskala.

Hér á mynd 13 má sjá þessa dreifingu en greinilegur munur virðist vera á milli gerða þrátt fyrir mikinn gagnaskort. Spurningin er þó alltaf hvort þetta sé marktækt þar sem vötnin eru svo fá. Það er þó áhugavert að vötnin dreifast lítið innan þeirra gerða sem hafa tvo til þrjá mælipunkta. Þegar margfaldað var með flatarmáli virtist hins vegar ekki vera greinilegur munur á milli gerðanna þrátt fyrir mun meira gagnamagn. Því væri áhugavert að fá meira af dýptargögnum til að varpa ljósi á þetta.



Mynd 14. Meðaltöl „lögunar“ vatna * meðaldýpi og 95% öryggisbil þeirra, á lograskala.

En nú skulum við beina athygli að mynd 14 þar sem skoðað er hvort marktækur munur er á milli gerða. Það ætti ekki að koma á óvart að gerðir með djúpum vötnum raðist ofarlega hér enda er dýpi eitt af því sem notað er til að greina í gerðir. Þetta útskýrir mögulega hvers vegna gerðir djúpra stöðuvatna hafa hærri gildi fyrir þátt.

Ef við lítum aftur á mynd 13 þá má greina klasamyndun fyrir gerðir LIL212 og LIL222, en þetta eru einu gerðirnar sem nægilegt gagnamagn er fyrir. Áhugavert væri að sjá hvort hinar gerðirnar myndi einnig klasa ef fleiri mælingar bætast í þær.

5. Umræða

5.1 Hugmyndir að framhaldi

5.1.1 Töflur úr multcompare

Að ofan kom fram að búin var til ein multcompare mynd fyrir hvern þátt. Til að meta gerðirnar þyrfti að rýna í hverja mynd fyrir sig og bera saman við allar hinar til að meta hvort munur sé á milli gerða. Ein leið sem gæti mögulega einfaldað þennan samanburð væri að búa til töflur. Búa þyrfti til eina töflu fyrir hverja gerð, einn dálkur fyrir hvern þátt og ein lína fyrir hverja gerð, aðra en gerðina sem skoðuð er í þeirri töflu. Tökum dæmi:

Skoðuð er taflan fyrir gerðina RIL222. Ef marktækur munur væri á RIL222 og RIL212 fyrir flatarmál kæmi 1 í þann reit, ef ekki kæmi 0. Þetta yrði svo gert fyrir allar hinar gerðirnar og þættina en útkomuna mætti nota til að bera gerðirnar saman á mun auðveldari hátt en með því að bera myndirnar sjálfar saman.

5.1.2 Töflur úr klasagreiningu 3

Sambærilegt við multcompare myndirnar þá eru erfiðleikar fölgirnir í að bera saman margar klasa myndir í einu. Ein leið til að bera saman hvort gerðirnar séu að endurspeglast væri að telja hversu mörg vötn af hverri gerð eru í hverjum klasa fyrir sig og birta niðurstöðurnar í töflu. Útkoman yrði ein svona tafla fyrir hvern þátt (hverja klasa mynd).

5.1.3 Önnur klasagreiningaraðferð

Gallinn við klasagreiningaraðferðirnar að ofan er að aðeins er skoðaður einn þáttur í einu. Það gæti vissulega hjálpað eitthvað að útbúa töflur til að draga þetta saman en betra væri ef hægt væri að skoða alla þættina í einu, á einni mynd.

Mitt mat er að ef fara á lengra með að skoða klasa þá er best að skoða klasa forrit sem bjóða upp á að skoða margar stærðir í einu. Til er Matlab fall sem virðist bjóða upp á að gera einmitt þetta og væri afar sniðugt að skoða það nánar. Þá væri markmiðið að enda með mynd eins og sést neðst á þessari slóð:

<http://www.mathworks.se/help/stats/linkage.html>.

5.2 Samantekt

Fyrir myndir 8, 13 og 14 hefði verið sérstaklega áhugavert að hafa meira af gögnum en þær eiga það allar sameiginlegt að skorta dýptarmælingar. Áberandi munur virtist vera á milli gerða, en fyrir margar gerðirnar var til of lítið af gögnum til þess að hægt væri að meta hvort þar væri um marktækan mun að ræða. Einnig voru margar gerðir sem ekki voru til nein gögn fyrir, þar á meðal þrjár bergvatnsgerðir.

Sér í lagi var áberandi lítið um gögn fyrir hálendisvötn. Gerðin LIL222, þ.e. djúp bergvatnsvötn á gömlu láglandisundirlagi myndaði gjarnan klasa og virtist skera sig úr á sumum myndanna. Þetta væri áhugavert að skoða nánar. Ætti að skipta þessari gerð niður?

Einnig voru niðurstöður úr lengdarmælingum athyglisverðar. Áhugavert væri að skoða þær á lograskala, en það gæti varpað betra ljósi á þær þar sem óbreyttur skali nær ekki almennilega utan um þær.

Viðstöðutímahluti þessa verkefnis gekk ekki upp en stærsta orsökina fyrir því var hversu dreifð gögnin eru og ýmsar upplýsingar ekki til á stafrænu formi. Ef skoða á viðstöðutíma nánar er því nauðsynlegt að tengja betur ólík gagnasett og huga að tengingum milli upplýsinga um mælistaði í vatnsvöllum, viðeigandi rennismælingar á þeim stöðum og tengingar þeirra við stöðuvötn. Einnig væri spennandi að komast yfir fleiri rúmmálmælingar.

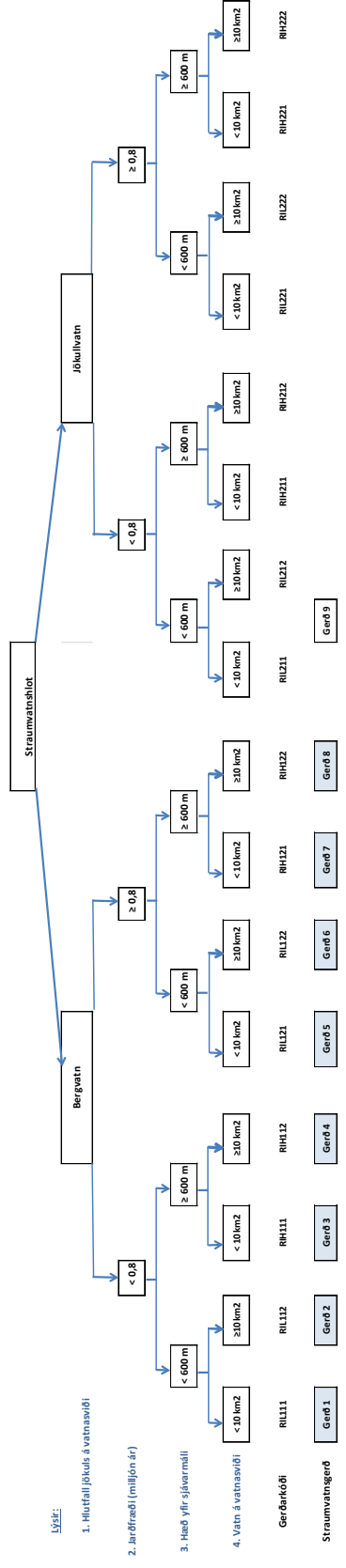
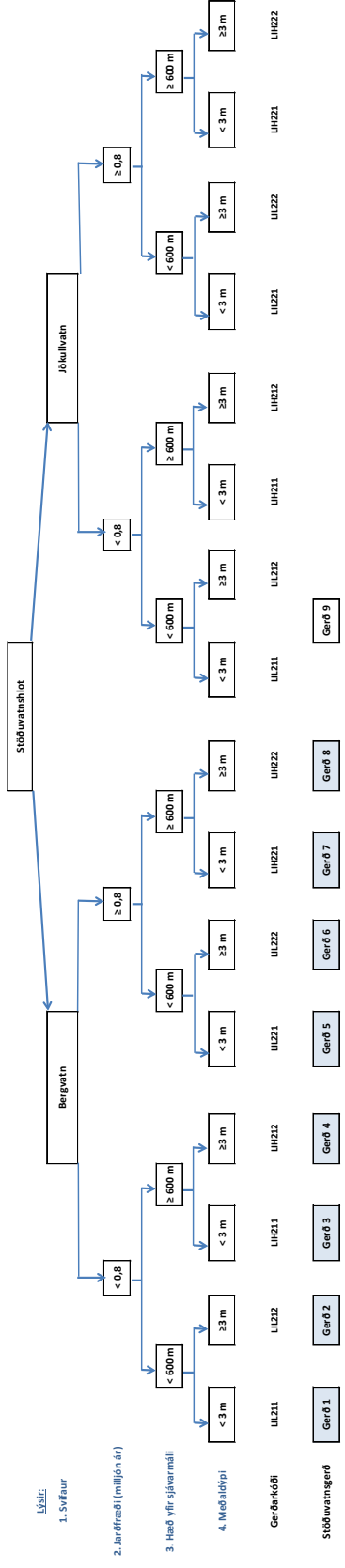
Heimildaskrá

Gerður Stefánsdóttir & Halla Margrét Jóhannesdóttir (2013). *Gerðir straumvatna og stöðuvatna. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands og Veiðimálastofnun.

Hákon Aðalsteinsson, Sigurjón Rist, Stefán Hermannsson & Svanur Pálsson (1989). *Stöðuvötn á Íslandi. Skrá um vötn stærri en 0,1 km²* (OS-8044/VOD-02). Reykjavík, Orkustofnun.

Sigurjón Rist (1956). *Íslensk vötn*. Reykjavík: Raforkumálastjóri, Vatnamælingar.

Viðauki I. Yfirlit yfir gerðir

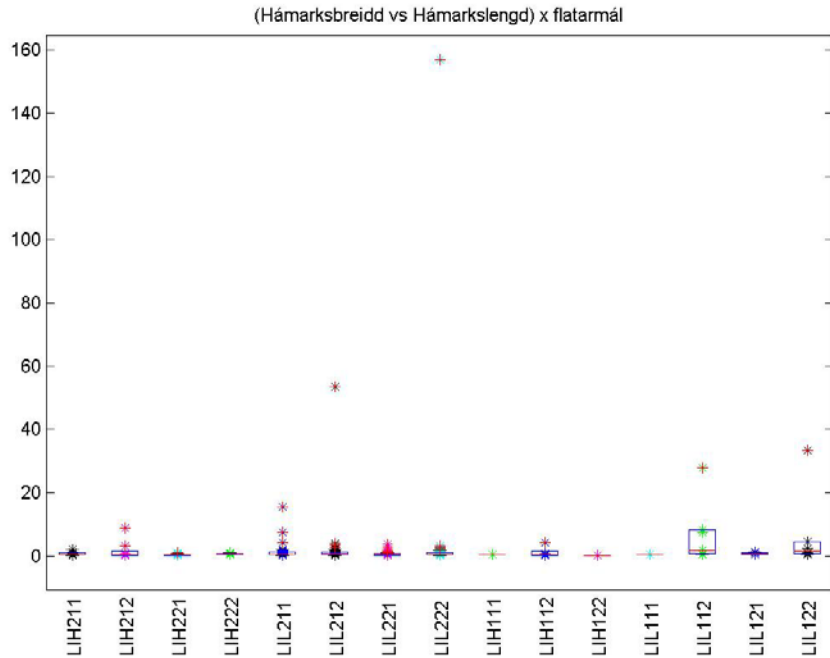


Skýringarmynd af skiptingu vatnshlota í gerðir og gerðarkóðunum eins og þeir koma fyrir í gagnagrunni Væðurstofunnar.

Viðauki II. Myndir

Í viðauka þessum eru birtar allar myndir sem framkallaðar voru í þessu verkefni og fjallað stuttlega um þær. Skipt er í kafla eftir aðferð. Fjallað er sérstaklega um bitastæðar niðurstöður í niðurstöðum. Þegar skalinn teygist verulega á kassaritunum, vegna útlaga, er gerð aukaútgáfa af myndinni þar sem skalinn á y-ás er minnkaður og útlagarnir þá fyrir utan myndina.

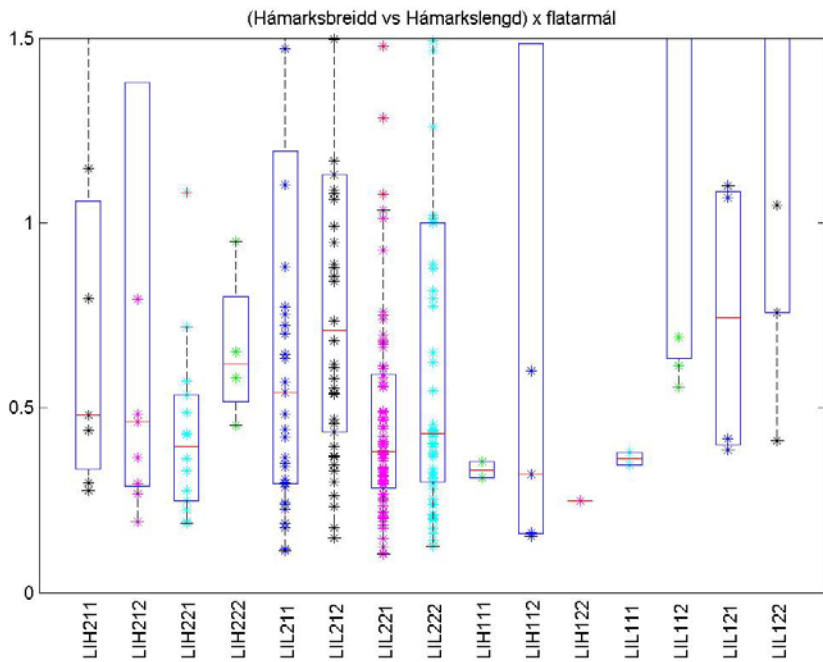
II.1 Kassarit – óbreytt, stækkuð og log



V-mynd 1

Eins og sjá má á þessari mynd þá er skalinn vel teygður vegna útlaga. Til að fá einhverja tilfinningu fyrir hvað er að gerast á þessari mynd þarf annað hvort að setja hana upp á log skala eða breyta skalanum á y-ás þ.a. útlagarnir fari útaf myndinni. Stækkaða myndin er hér á sömu blaðsíðu en ljóst er að hún er mun skýrari. Log myndin kemur seinna.

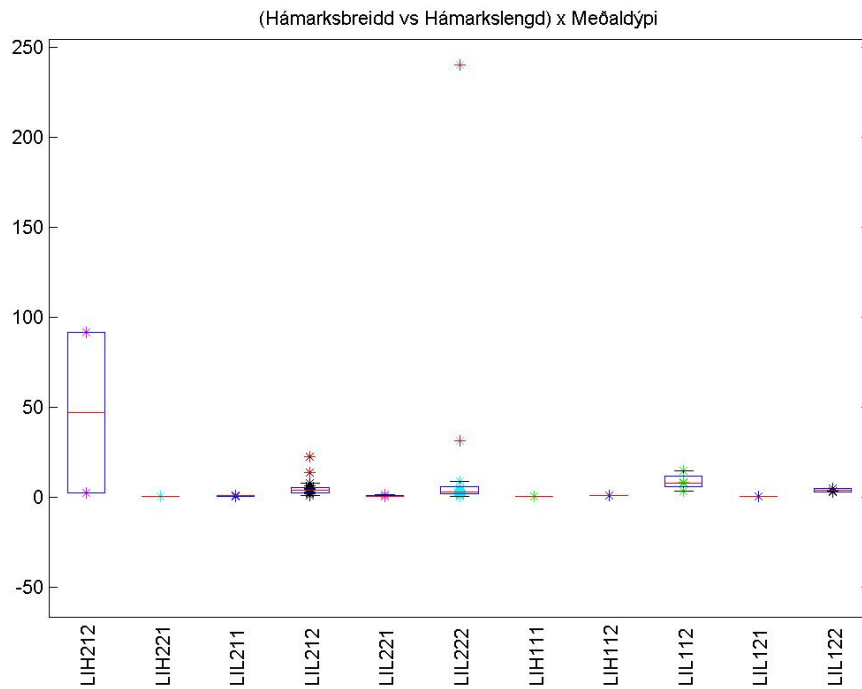
Þetta er gert við margar myndir og verður ekki útskýrt frekar.



V-mynd 2

Hugmyndin að baki þessum þætti er að skoða tengsl lögunar vatns og stærðar þess. Einnig er gerð tilraun með þetta með að nota dýpi í stað flatarmáls en þær myndir koma hér á eftir. Nánari umræða um þetta verður við myndirnar á lograskala því þær virðast skýrari

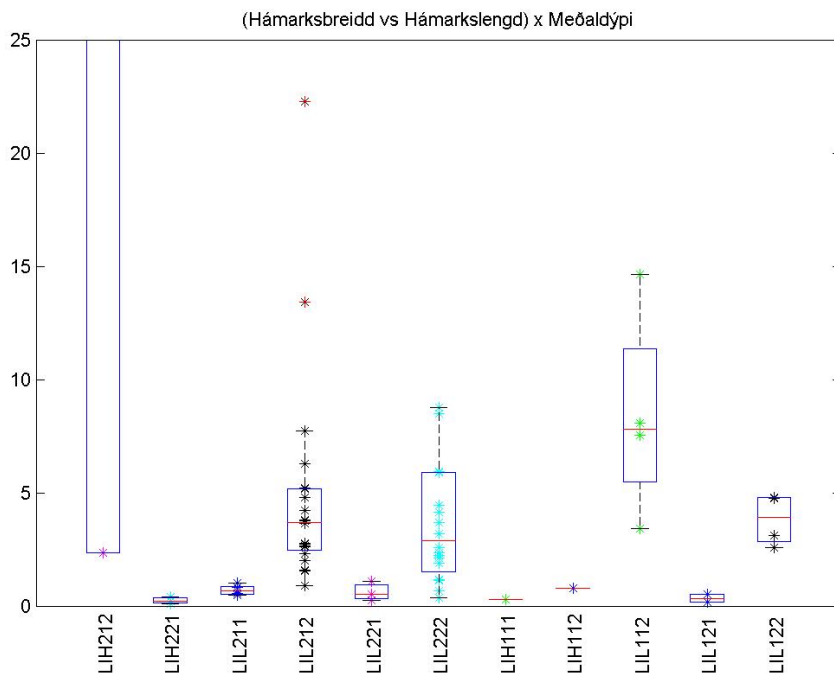
Við sjáum að margar gerðirnar eru að haga sér á mjög svipaðan hátt en áhugavert er að gerð LIL222 virðist vera skipt í klasa.



V-mynd 3

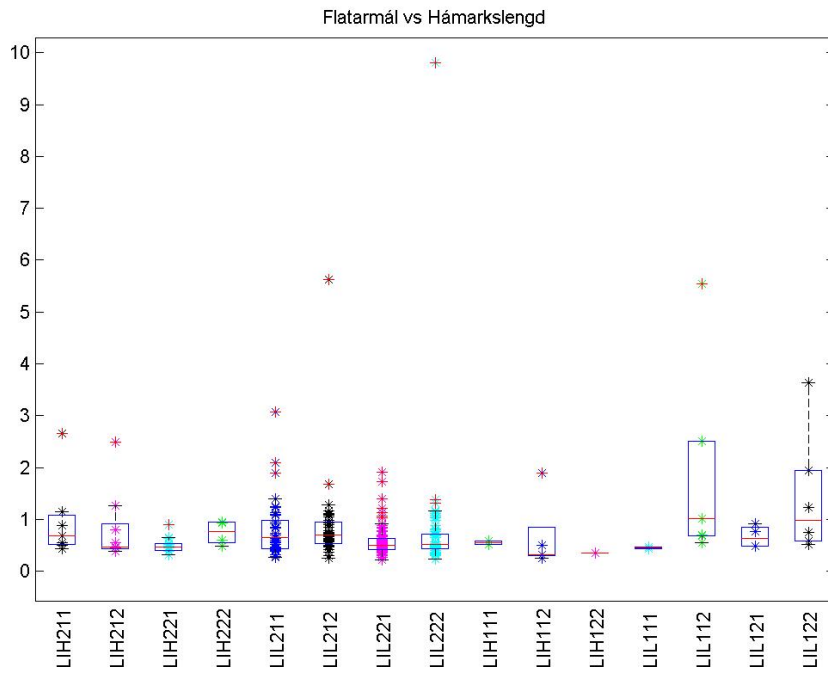
Framar í samantektinni er tekið fram að til eru gögn fyrir 288 vötn án dýptarmælinga en eingöngu 65 með dýptarmælingum. Þetta skilar sér í færri punktum fyrir hverja gerð.

Þetta sést skýrt með að bera saman myndir 1 og 2, við myndir 3 og 4.

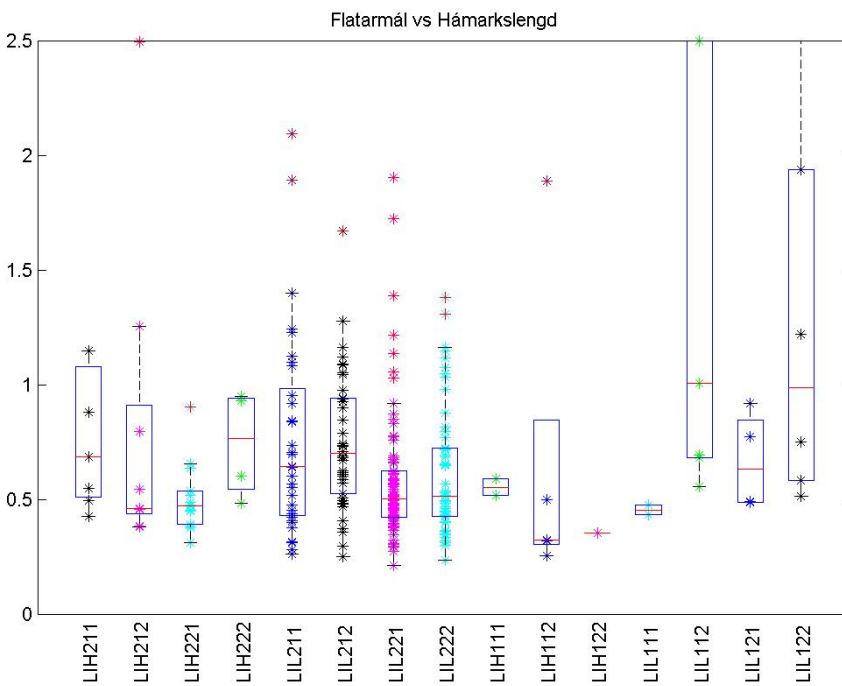


V-mynd 4

Hér má, þrátt fyrir lítið gagnamagn, greina talsverðan mun milli gerða en einnig skiptist gerð L1L212 í tvo klasa.

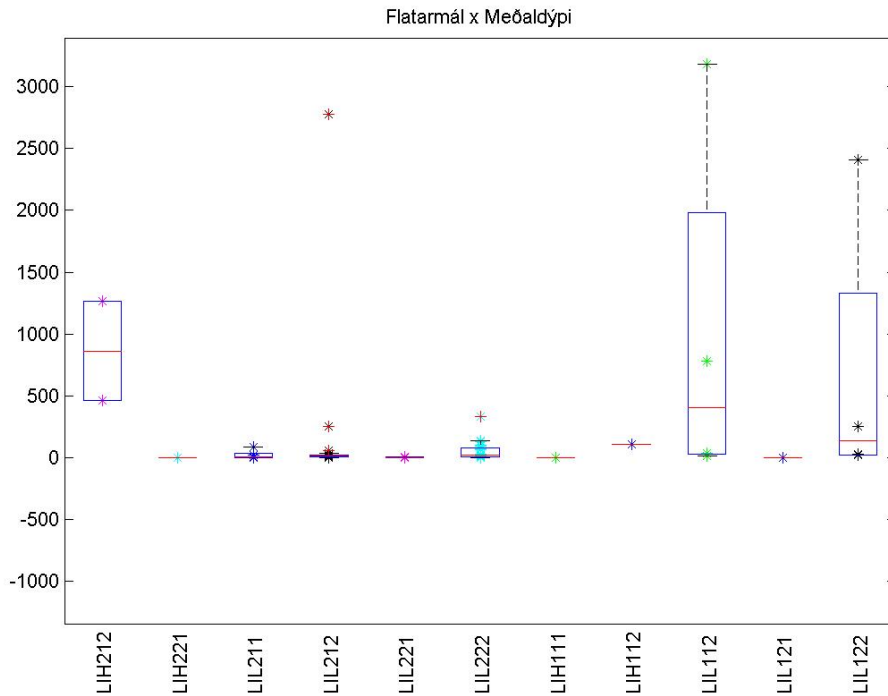


V-mynd 5



V-mynd 6

Fyrir þennan, auk margra annarra þátta, má sjá að jökulvötnin hafa áberandi hátt gildi.

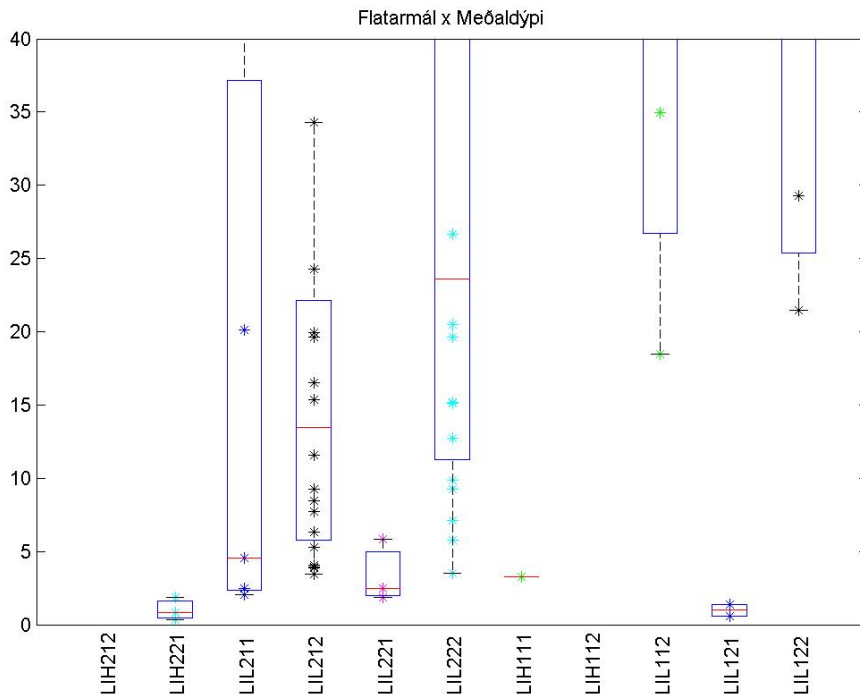


V-mynd 7

Hugmyndin að baki því að teikna flatarmál * meðaldýpi er sú að fá nokkurs konar nálgun á rúmmál.

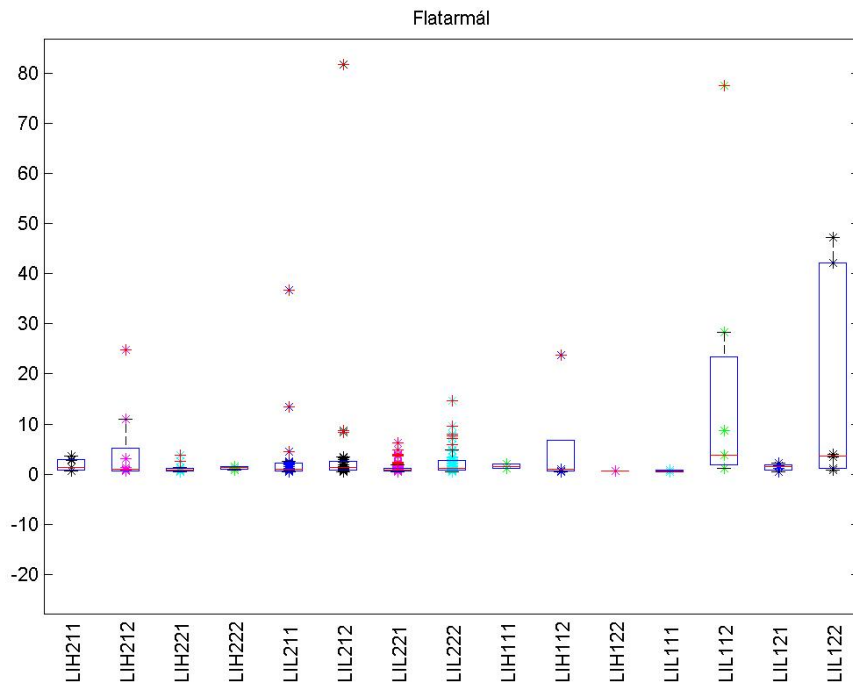
Það þarf ekki að koma á óvart að jökulgerðirnar hafa áberandi mikið rúmmál.

Það þarf að minnka skalann svo mikið að nokkrar hlotanna fara út af á V-mynd 8.



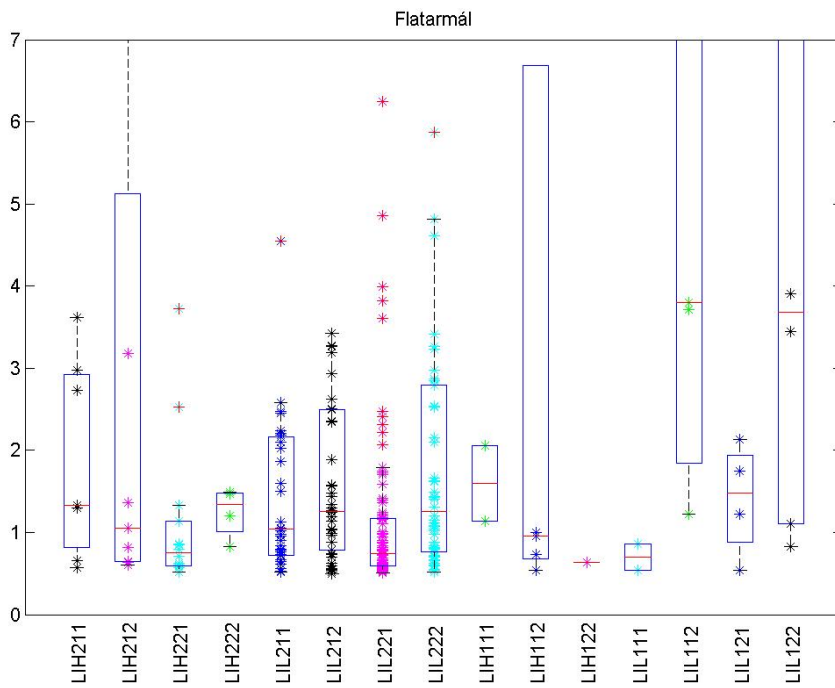
V-mynd 8

Skortur á gögnum kemur í veg fyrir að hægt sé að túlka þessar niðurstöður með marktækum hætti. Þó kemur upp sú spurning hvort nota ætti flatarmál við gerðargreininguna með þremur flatarmálsflokkum.



V-mynd 9

Aftur eru jökulvötnin áberandi stór. Þarf ekki að koma á óvart að jökulvötn hafi umtalsvert flatarmál.

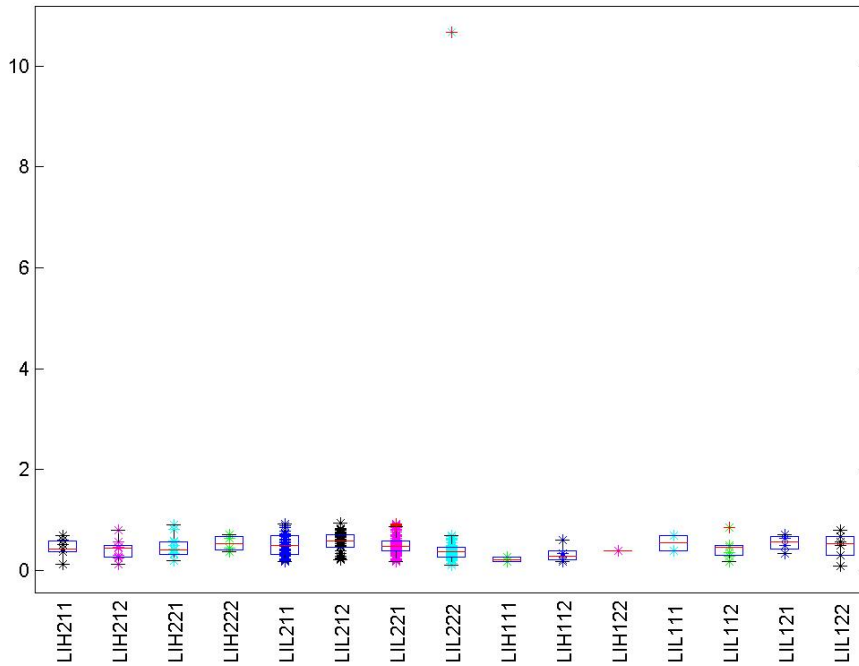


V-mynd 10

Hér sést móta fyrir miklu af mögulegum klösum.

Afar áberandi fyrir gerðir LIL211, LIL221 og LIL222.

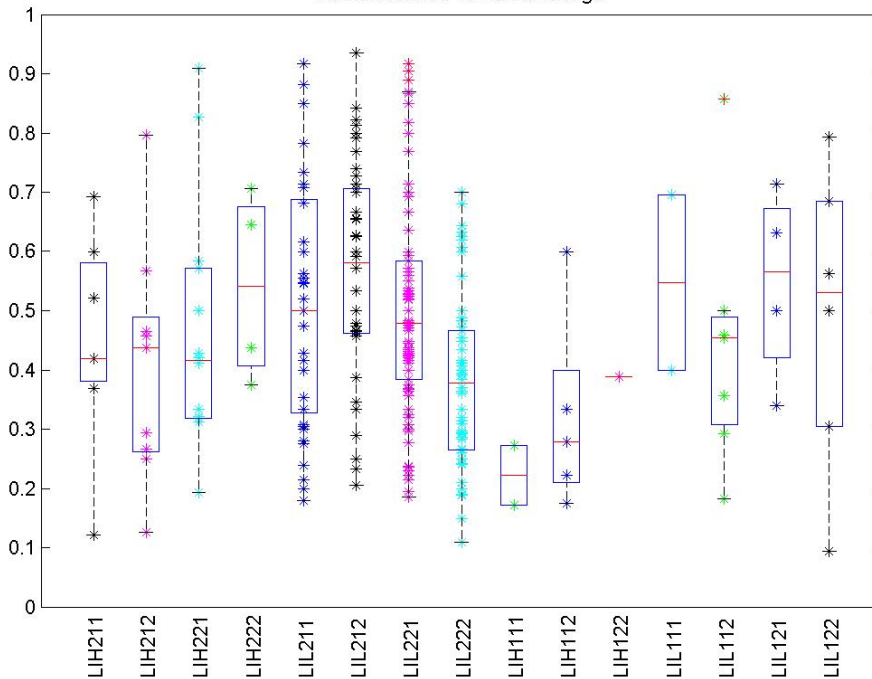
Hámarksbreidd vs Hámarks lengd



V-mynd 11

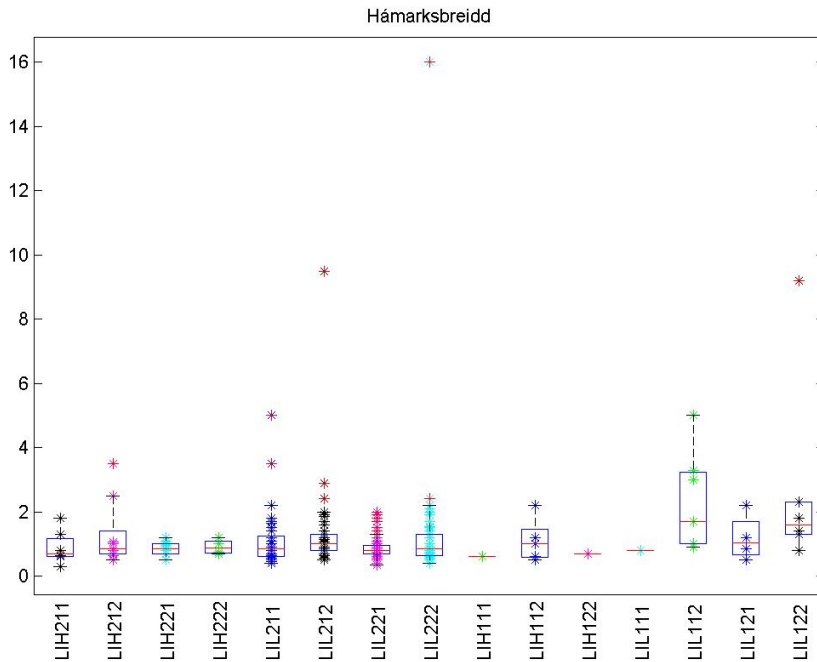
Hugmyndin hér er að fá nálgun á lögum stöðuvatns. Gallinn er sá að með þessu móti geta tvö vötn af gjörólíkri stærð farið í sama flokk. Því var gerð tilraun með að margfalda annarsvegar með rúmmáli og hinsvegar með flatarmáli til að stærð vatnsins komi einnig fram á grafinu.

Hámarksbreidd vs Hámarks lengd



V-mynd 12

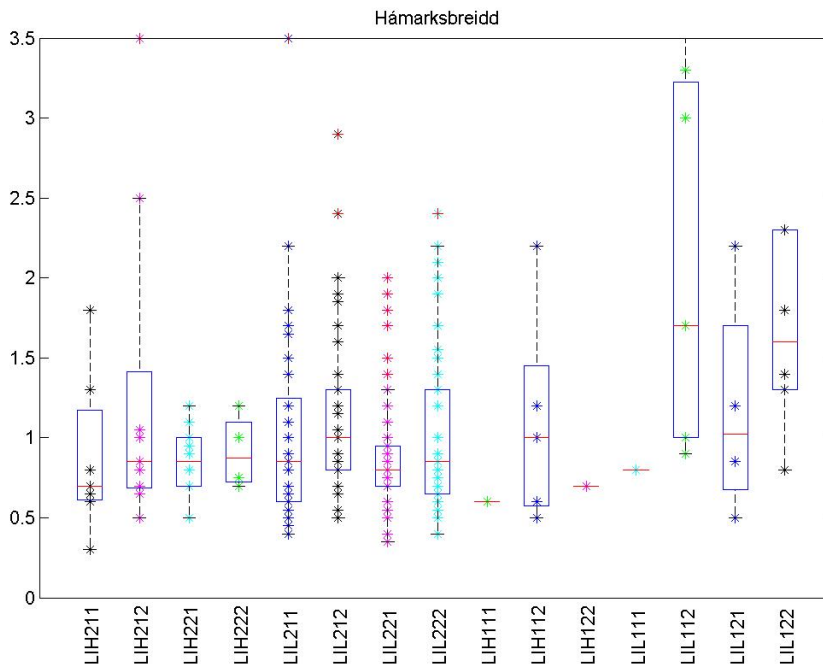
Þessi mynd bendir til að lögum sé óhád gerðum.



V-mynd 13

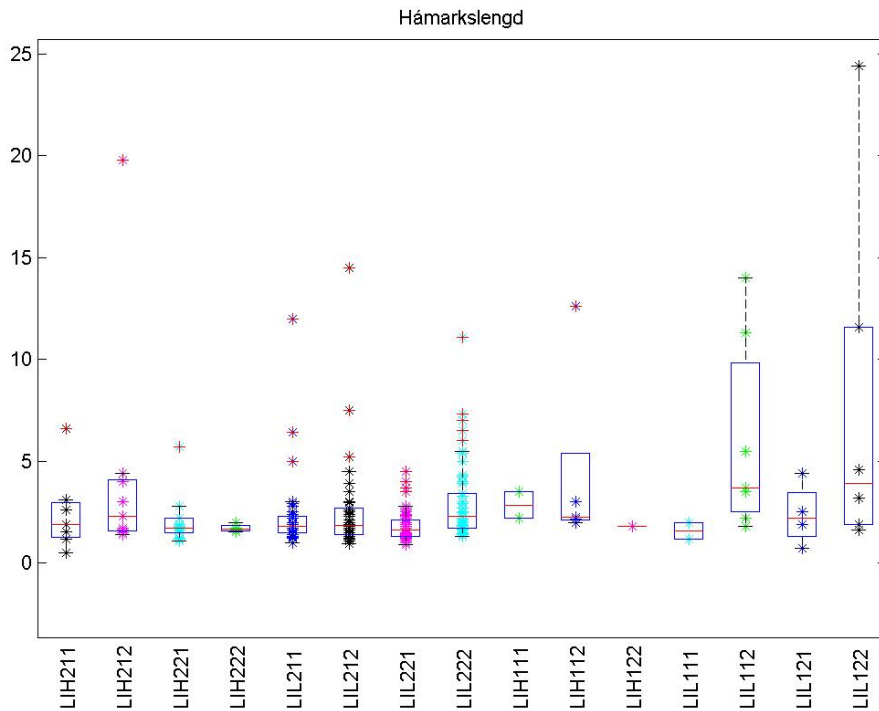
Berum nú saman V-myndir 13 og 14 við V-myndir 15 og 16, þ.e. breidd við lengd.

Í báðum tilfellum eru útlagar sem teygja skalann verulega svo breytti skalinn kemur mun betur út. Ekki voru gerðar myndir á lograskala fyrir þessa þætti. Það ætti kannski að bæta úr því.



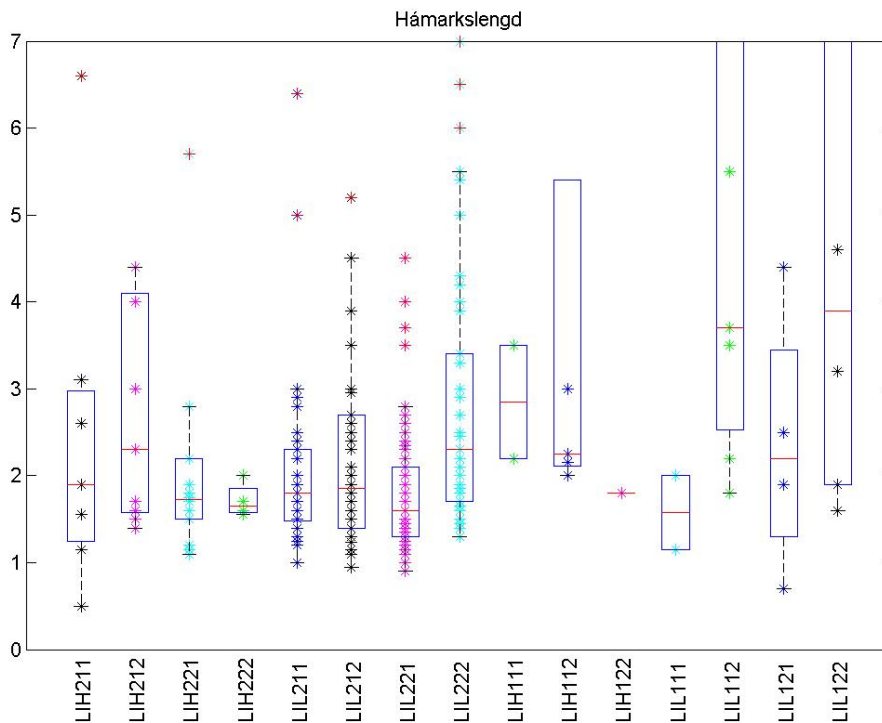
V-mynd 14

Aftur má sjá móta fyrir klösnum í gerð LIL222. Svo virðist sem breidd vatns endurspegli ekki gerðirnar. En hvað með lengd? Skoðum það á næstu blaðsíðu.



V-mynd 15

Sjá umræðu við V-myndir 13 og 14.

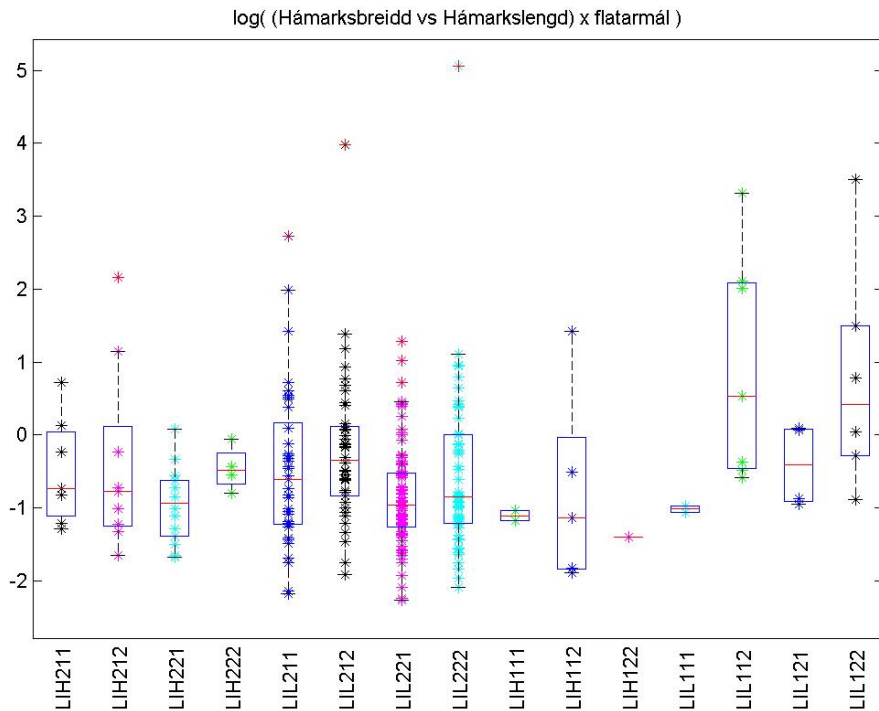


V-mynd 16

Þessi mynd virðist eitthvað líflegri en V-mynd 13. Jökulgerðirnar sprengja skalann og því kæmi þetta e.t.v. betur út á lograskala.

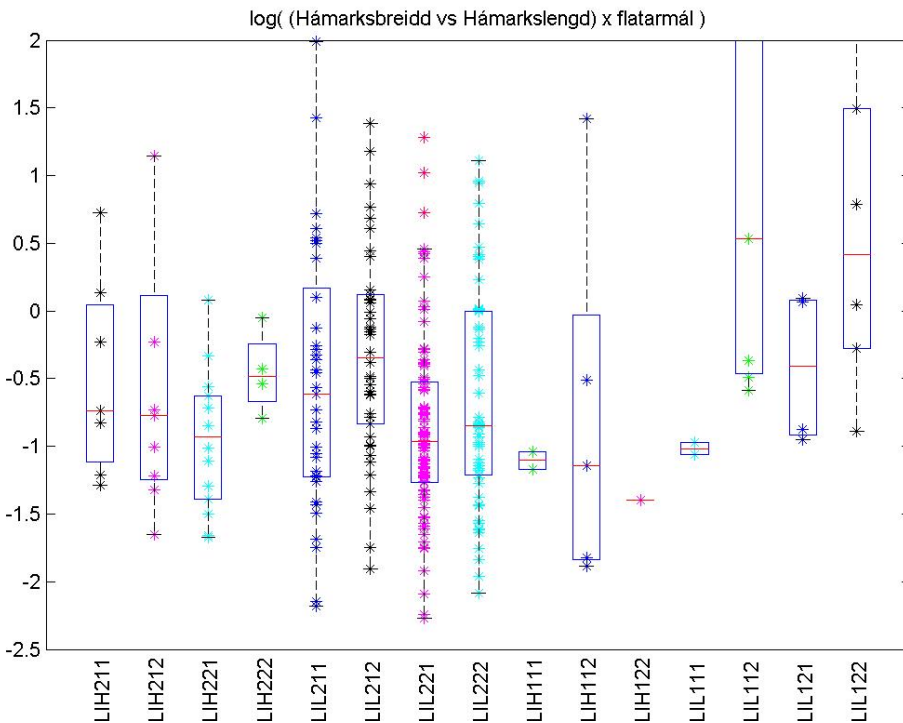
Munur milli gerða virðist vera mun meiri fyrir lengd heldur en breidd. Áhugavert er að mörg vötn af gerð LIL222, sem myndar gjarnan klasa, hafa afar há lengdargildi.

Rifjum upp að LIL222 eru djúp láglandisbergvötn á gömlu jarðlagi. Eru þetta jökulsorfin dalvötn sem hafa þessi háu lengdargildi? Gætu það verið þessi sömu vötn sem mynda klasa fyrir aðra þætti.



V-mynd 17

Hér erum við með log útgáfuna af V-mynd 1.

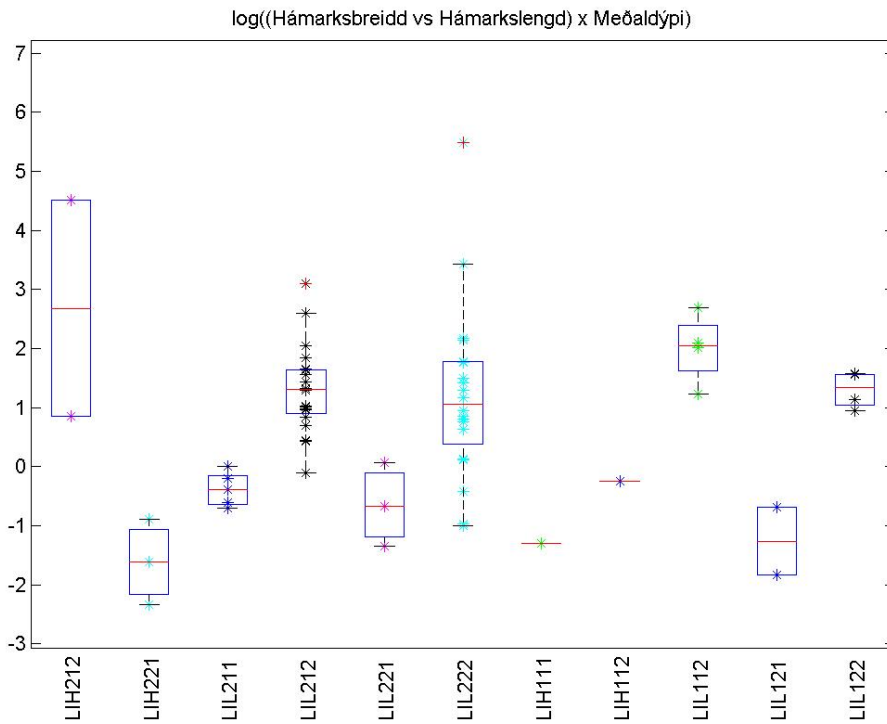


V-mynd 18

Hér er aftur hægt að sjá sömu klasana og á V-mynd 2. Matsatriði hvort hægt sé að sjá meira af V-mynd 18 eða V-mynd 2.

Hér er a.m.k. sá kostur að færri punktar lenda útaf myndinni og teygðara er á skalanum. Á móti er minni tilfinning fyrir lograskala.

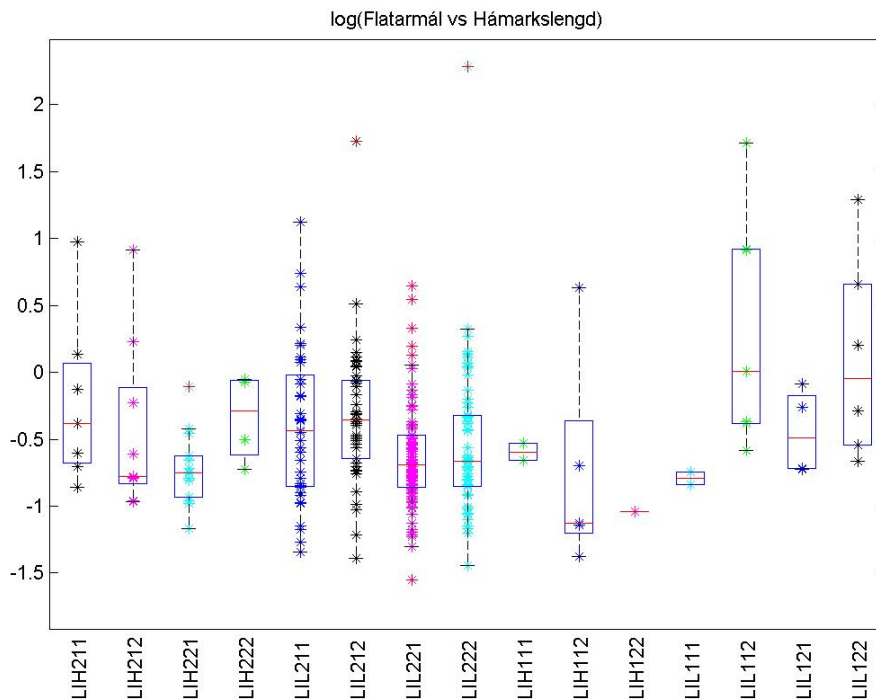
Persónulegt mat skýrsluhöfundar er að lograskalinn segi meira og því er hann skoðaður í niðurstöðum.



V-mynd 19

Hér virðist log skalinn eiga vel við en þessi mynd kemur talsvert betur út en myndir 3 og 4.

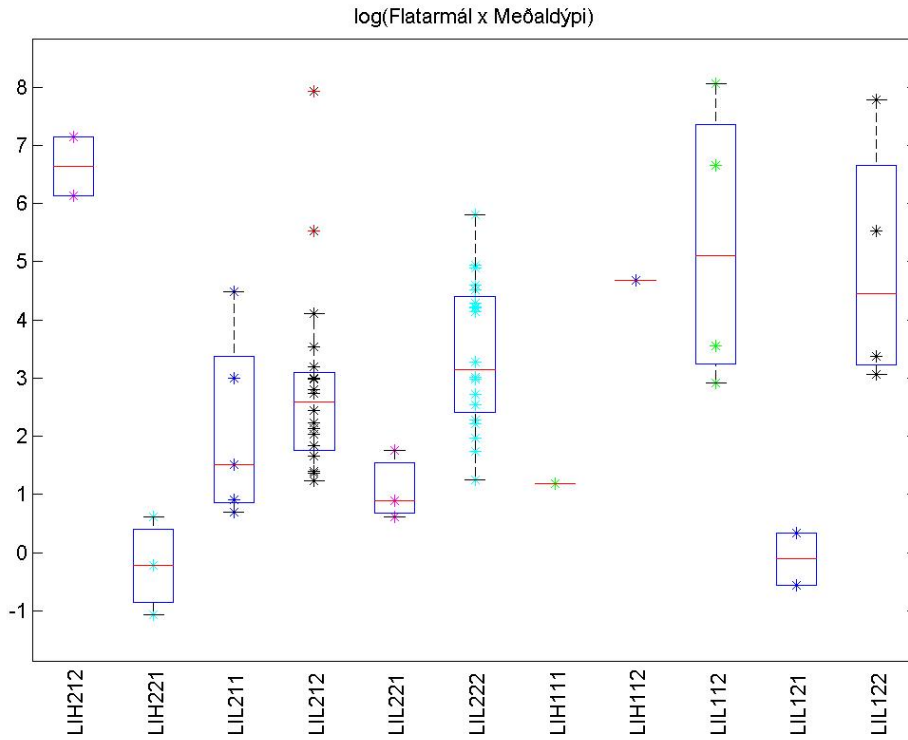
Klasa myndun í gerðum LIL212 og LIL222. Of fá gögn til að geta lagt mat á aðrar gerðir en þó er áhugavert að gerð LIL211 er afar þétt fyrir þennan þátt. Tilviljun?



V-mynd 20

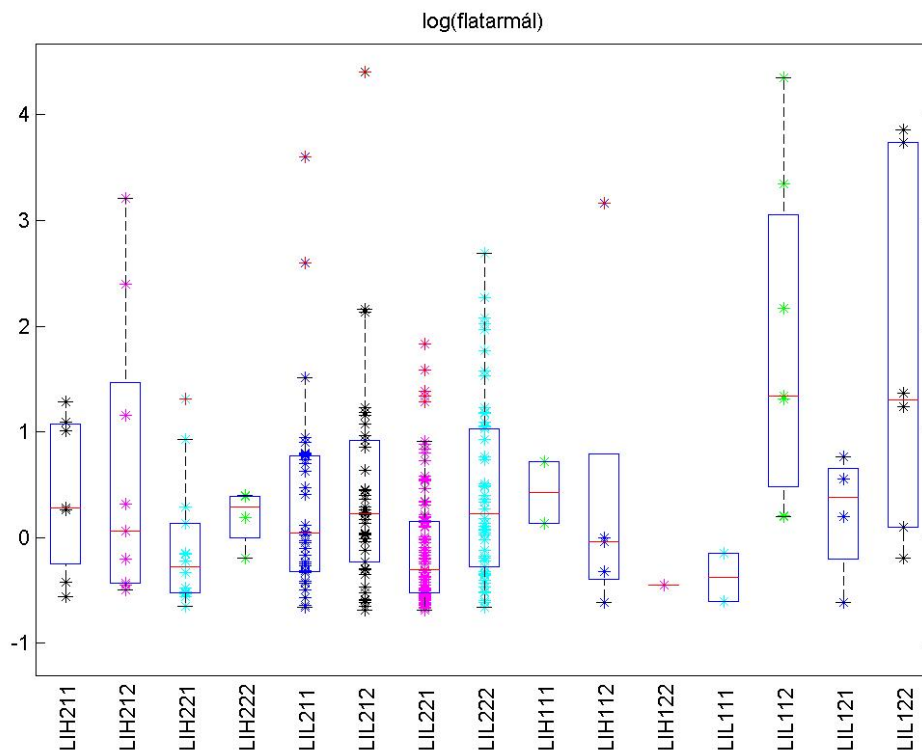
Þéttir skalann verulega að hafa lograskala hér. Kemst allt á sömu myndina.

Lítill munur milli gerða en aftur sést klasa myndun í LIL222.



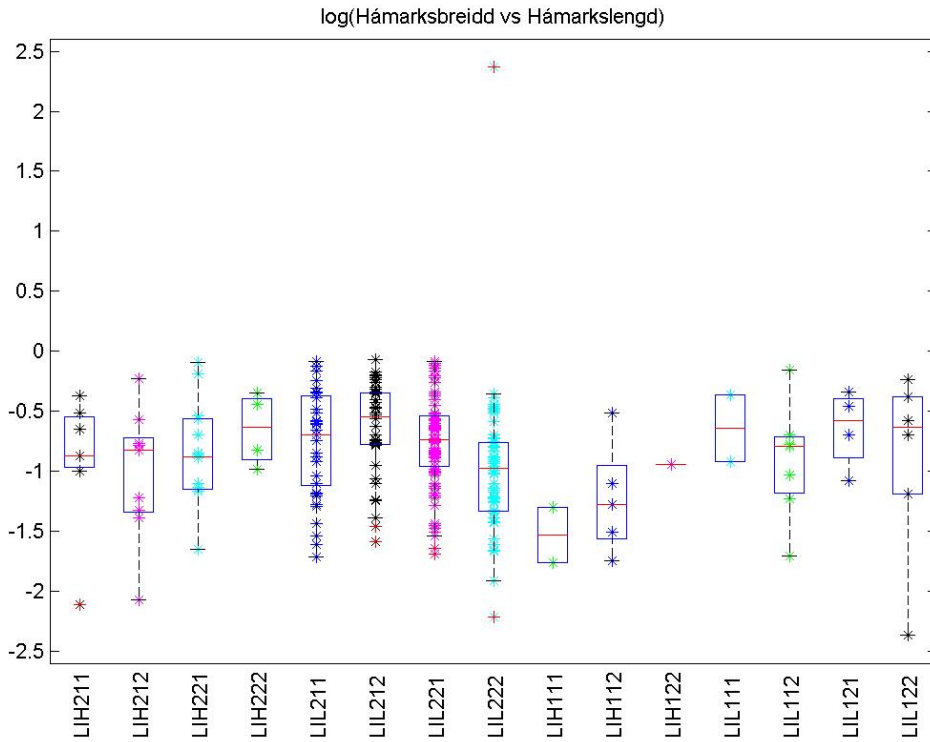
V-mynd 21

Aftur á log skalinn vel við en þetta er talsvert skýrara en stækkaða útgáfan þar sem þar fara margar gerðirnar alveg útaf myndinni.



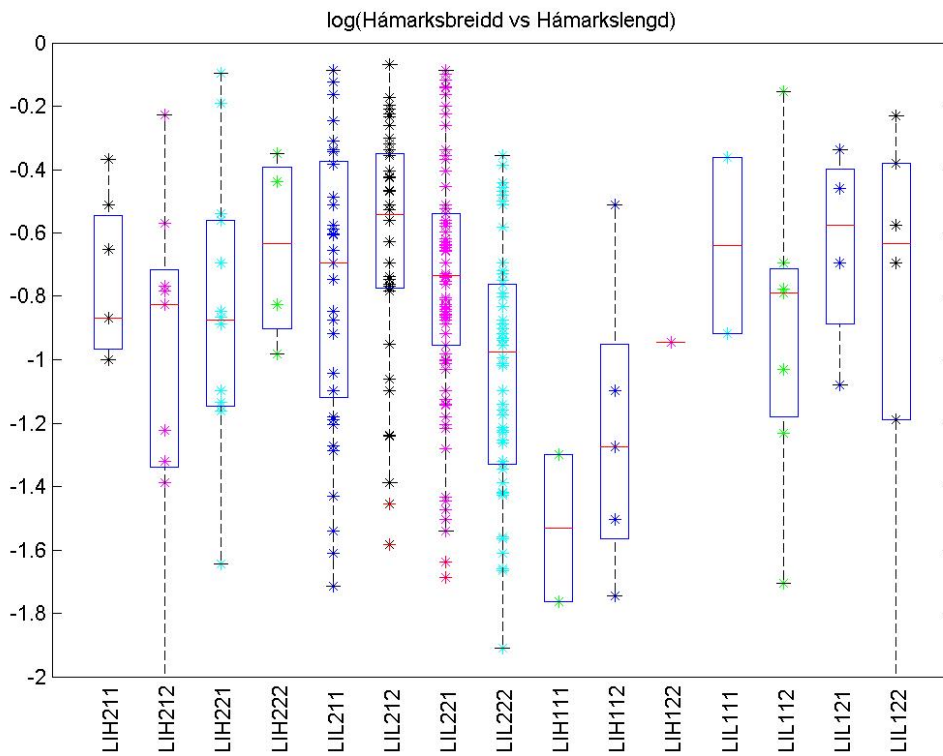
V-mynd 22

Eins og á V-mynd 21 þá kemur log skalinn í veg fyrir að punktarnir fari útaf myndinni. Enn og aftur klasar í LIL222 en einnig áberandi fyrir LIL211.



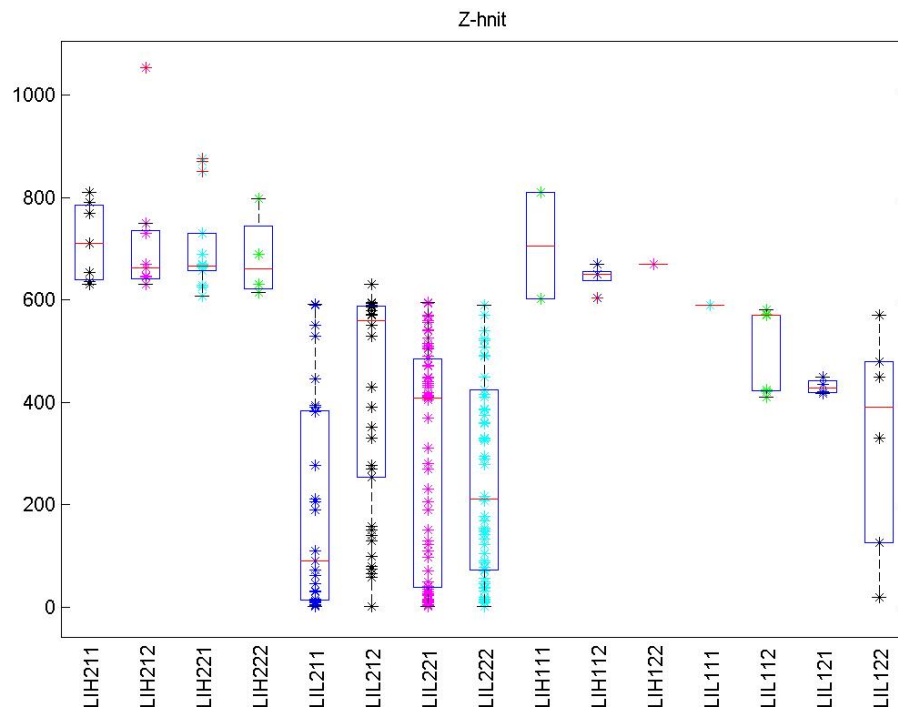
V-mynd 23

Útlaginn hefur mun minni áhrif hér en á óbreyttu myndinni.



V-mynd 24

Aftur sést ekki greinilegur munur milli gerða. Virðist þurfa að taka aðra breytu með, t.d. stærð til að endurspeglar gerðirnar.



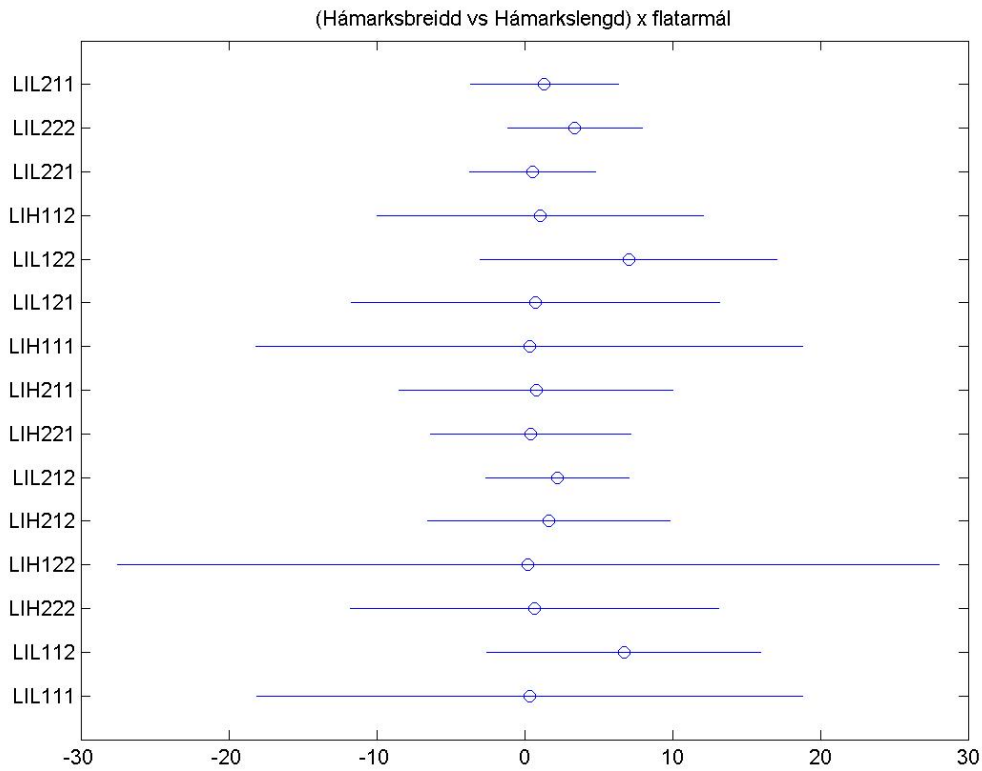
V-mynd 25

Hæð yfir sjávarmáli er ein af 4 breytum sem notaðar voru til að flokka í gerðir. Því kemur ekki á óvart að gerðirnar raði sér sitt hvoru megin við 600 m.

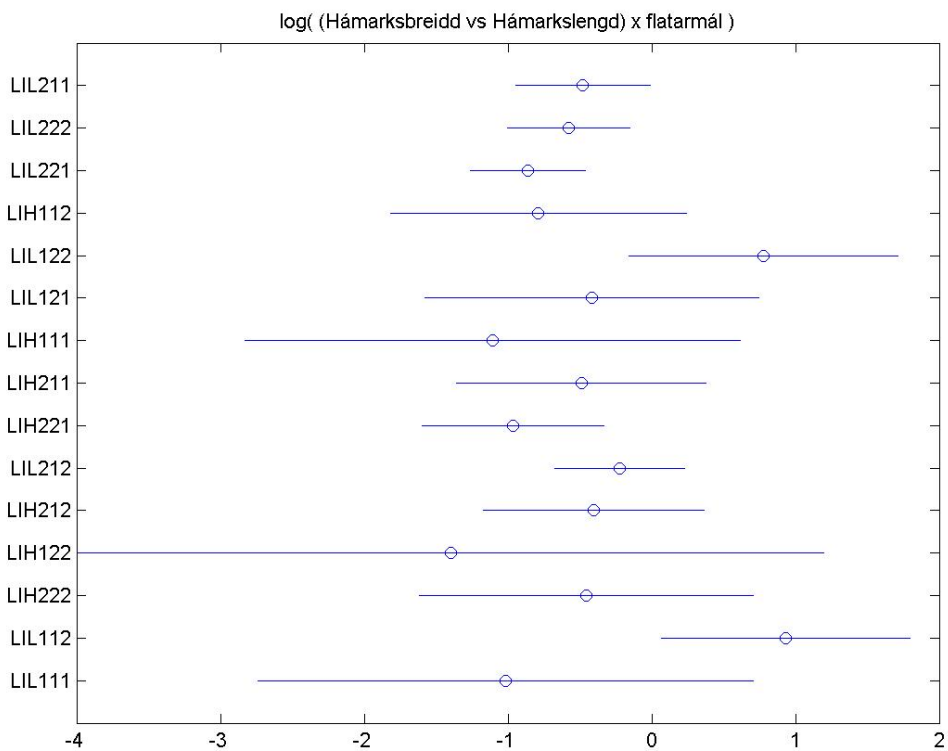
II.2 Anova

Eins og fjallað var um að ofan var anova eingöngu notað til að keyra multcompare. Myndirnar voru ekki bitastæðar og því ekki birtar hér. Þær eru hinsvegar til á rafrænu formi á skrársvæði verkefnisins. .

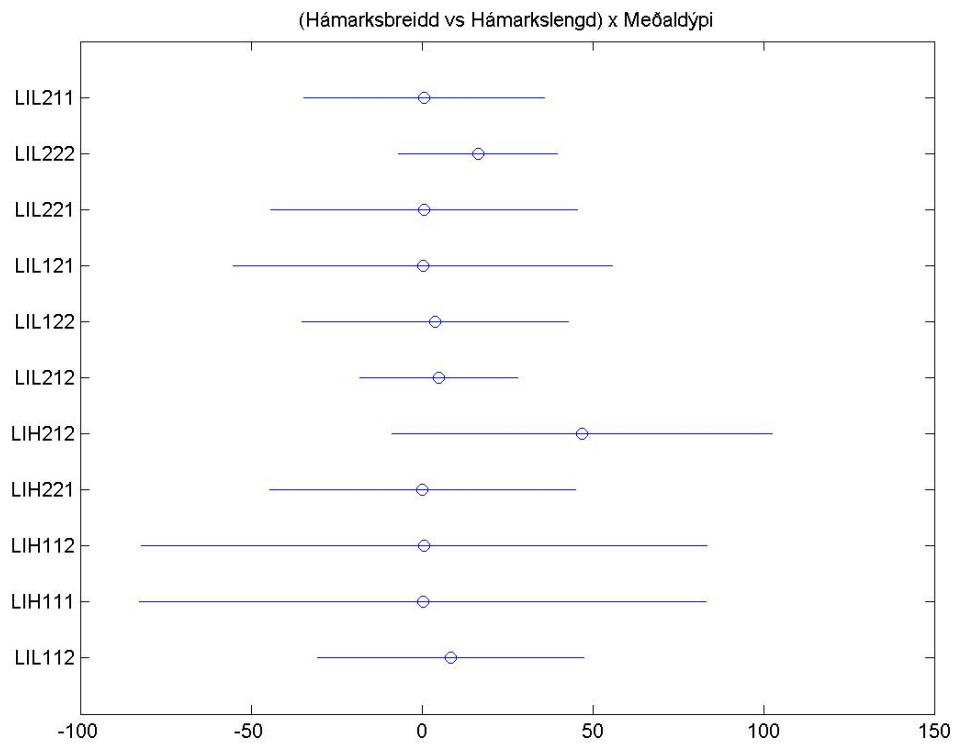
II.3 Multcompare



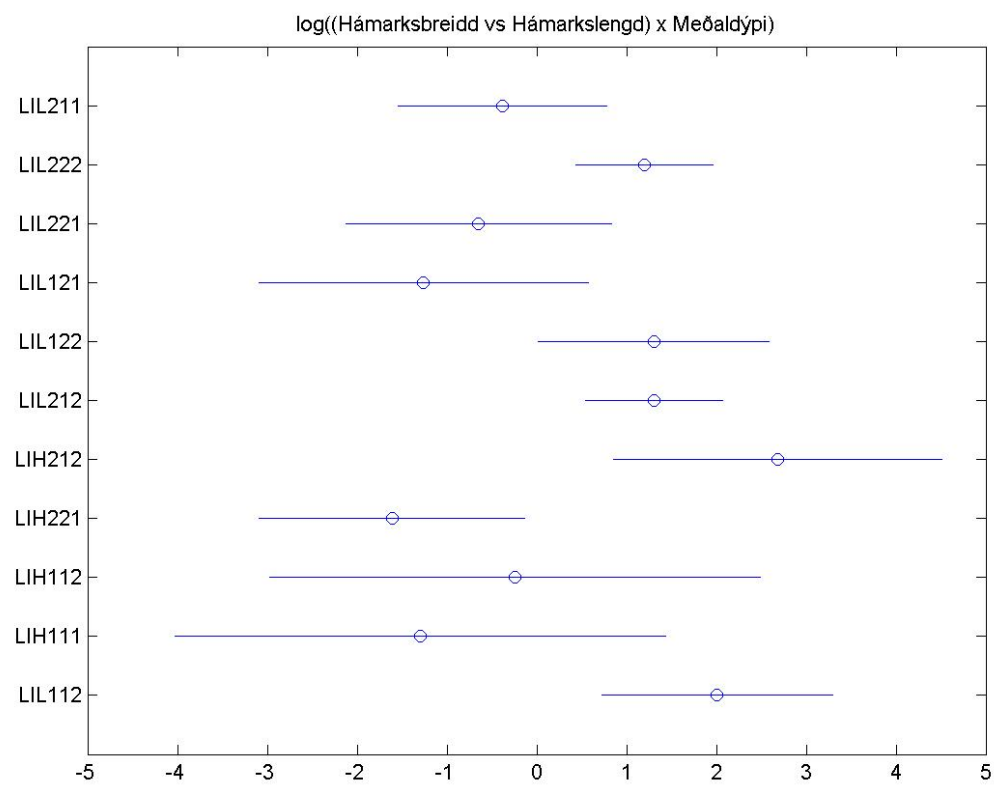
V-mynd 26



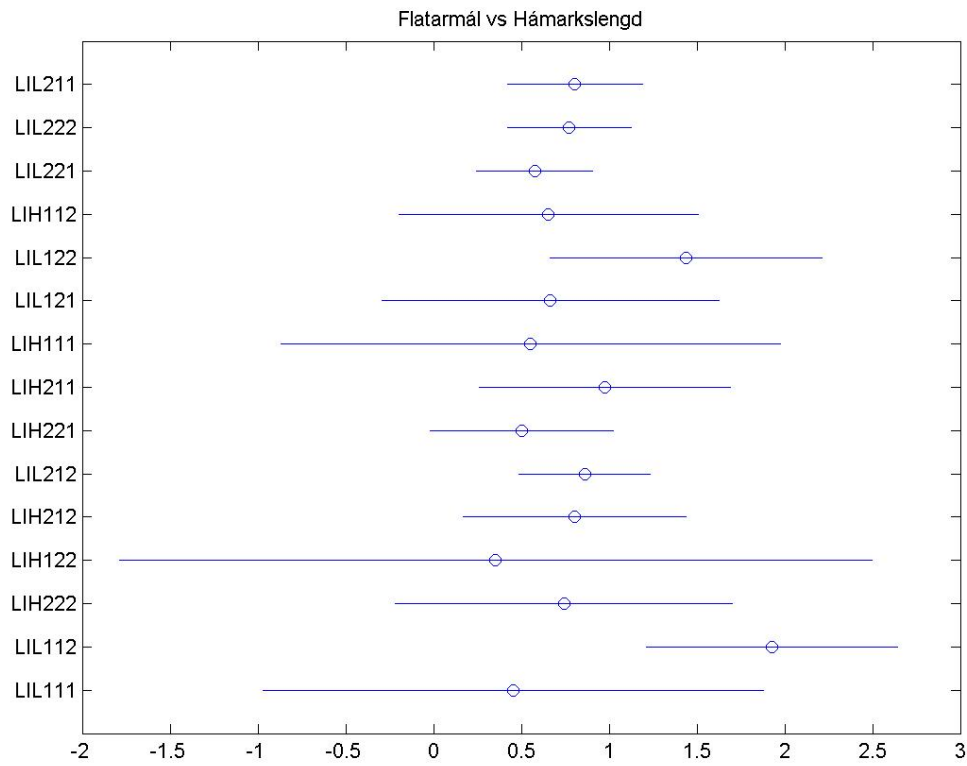
V-mynd 27



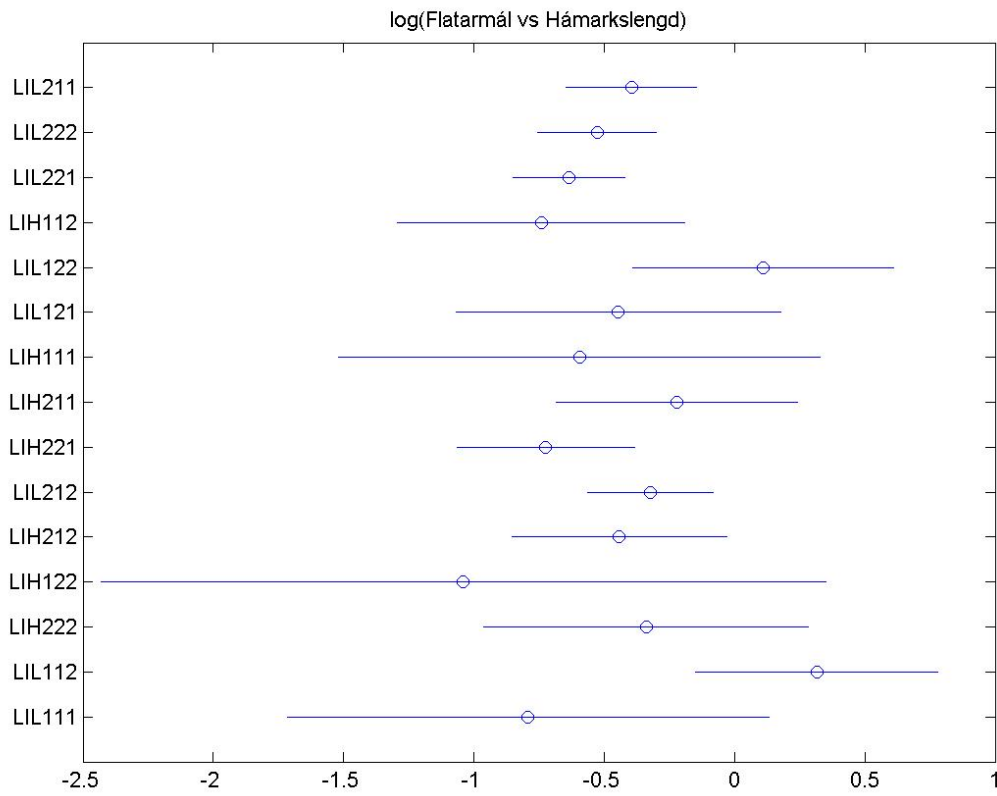
V-mynd 28



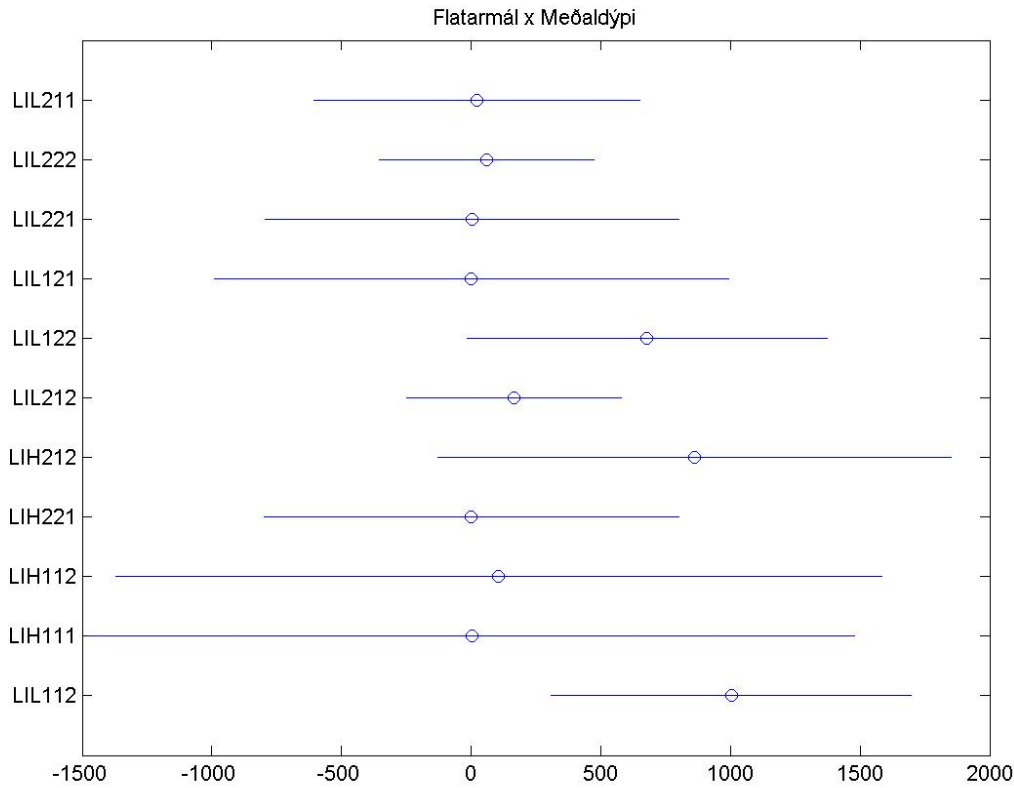
V-mynd 29



V-mynd 30



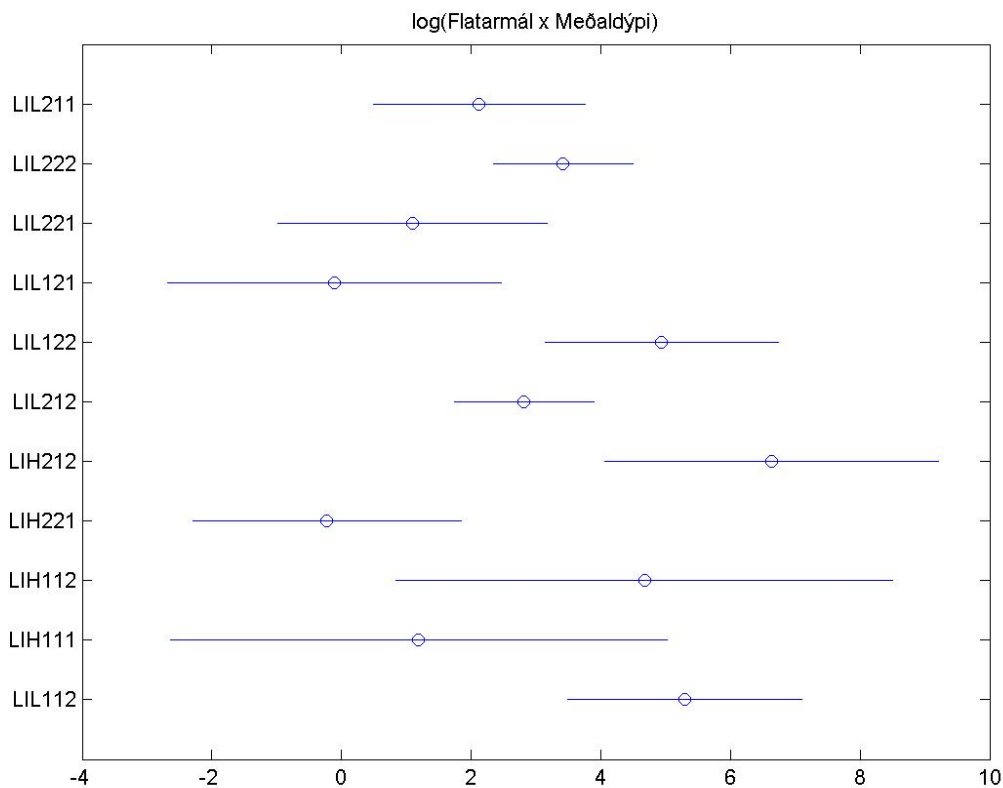
V-mynd 31



V-mynd 32

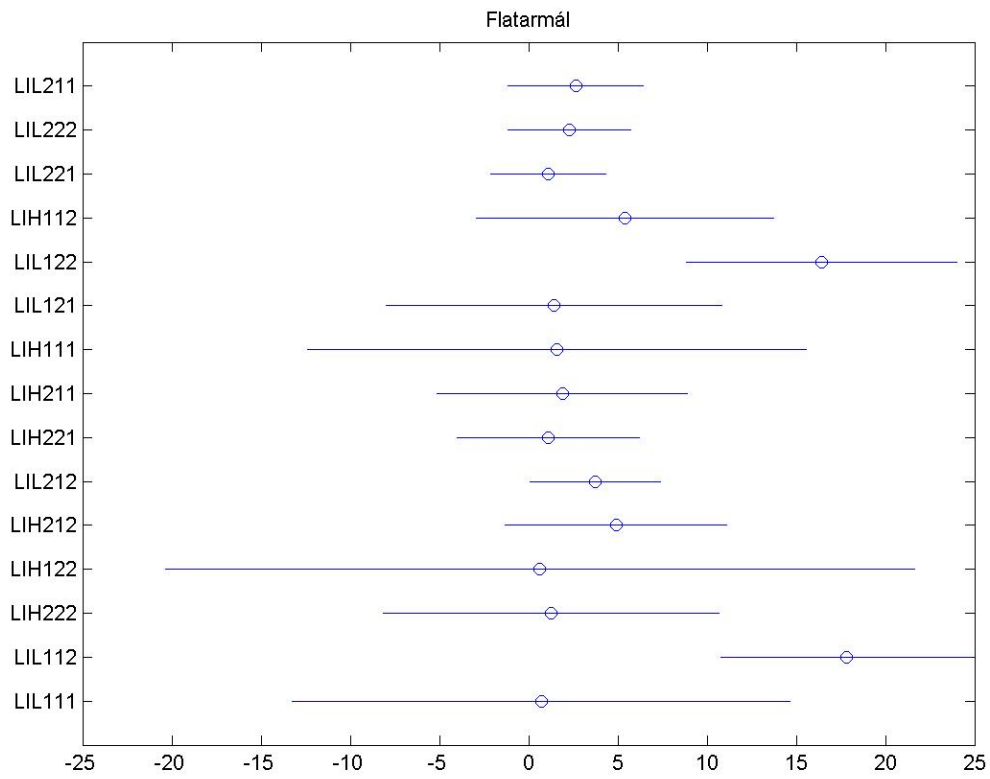
Þessi þáttur virðist endurspegla gerðirnar betur en margir mæliþáttanna hér á undan.

Hugsanlega er nálgun á rúmmáli afgerandi þáttur.

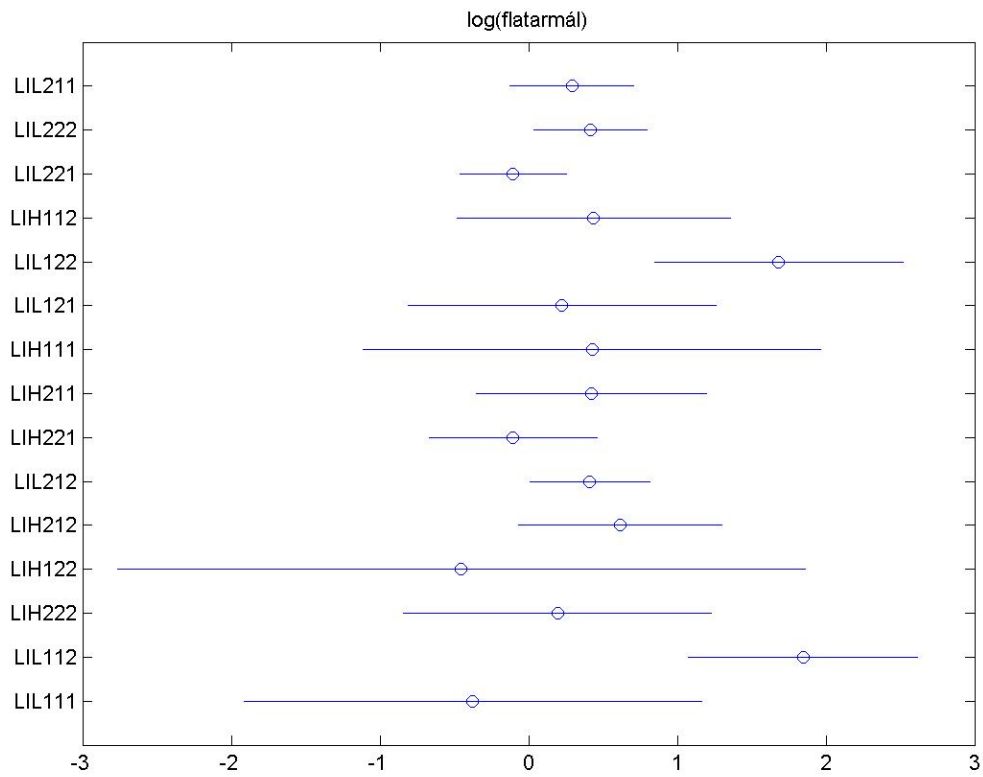


V-mynd 33

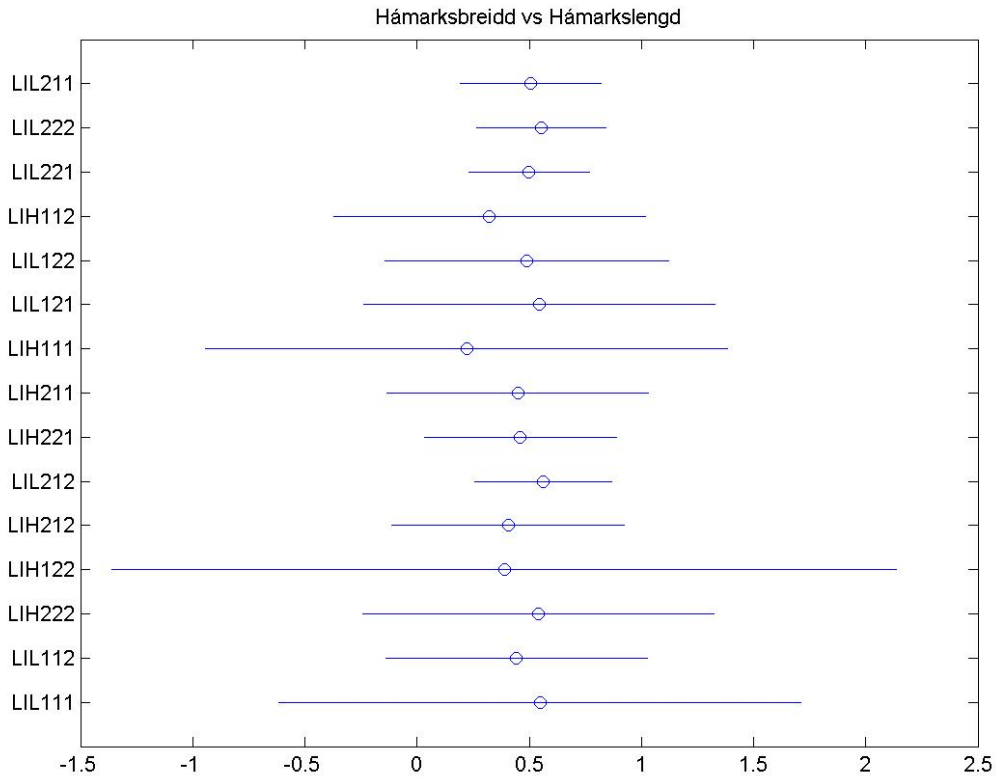
Rúmmálið er mjög breytilegt og því munar hér e.t.v. meira um log en venjulega. Þessi mynd lítur amk út fyrir að endurspegla gerðirnar vel.



V-mynd 34

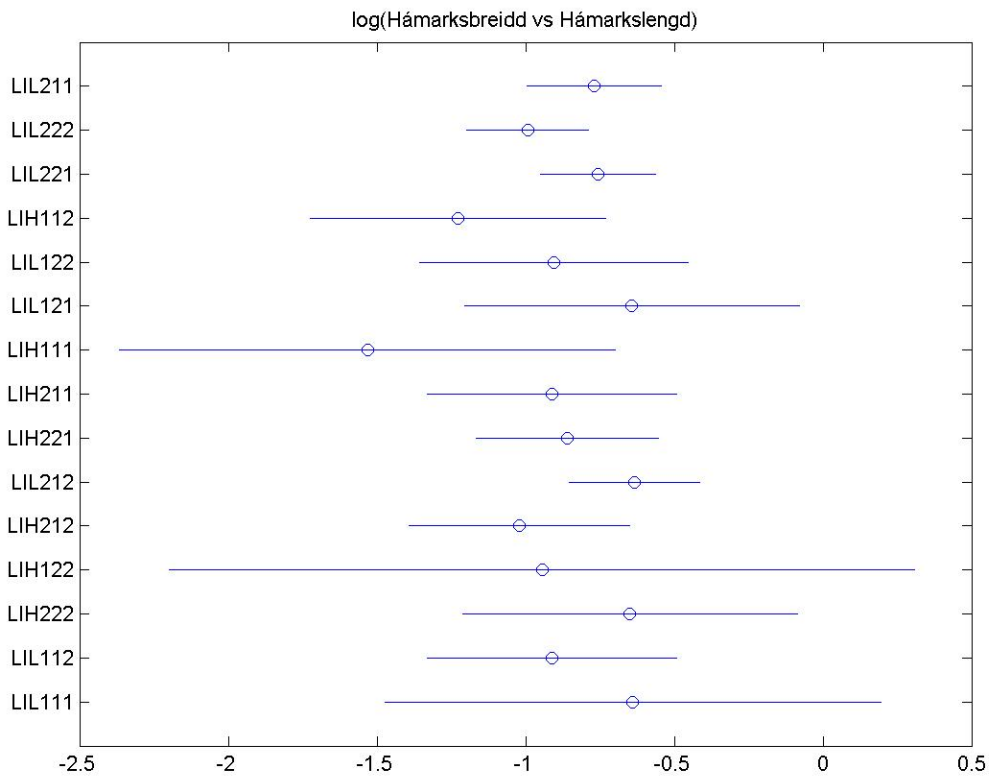


V-mynd 35

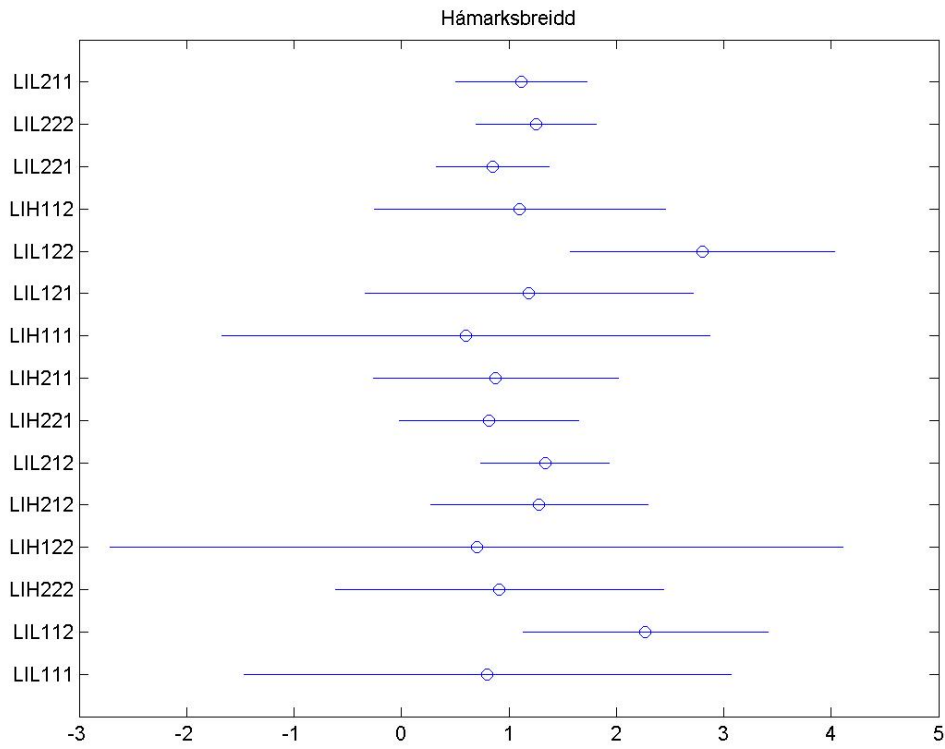


V-mynd 36

Svo virðist sem lögun vatns ein og sér endurspegli ekki gerðirnar.



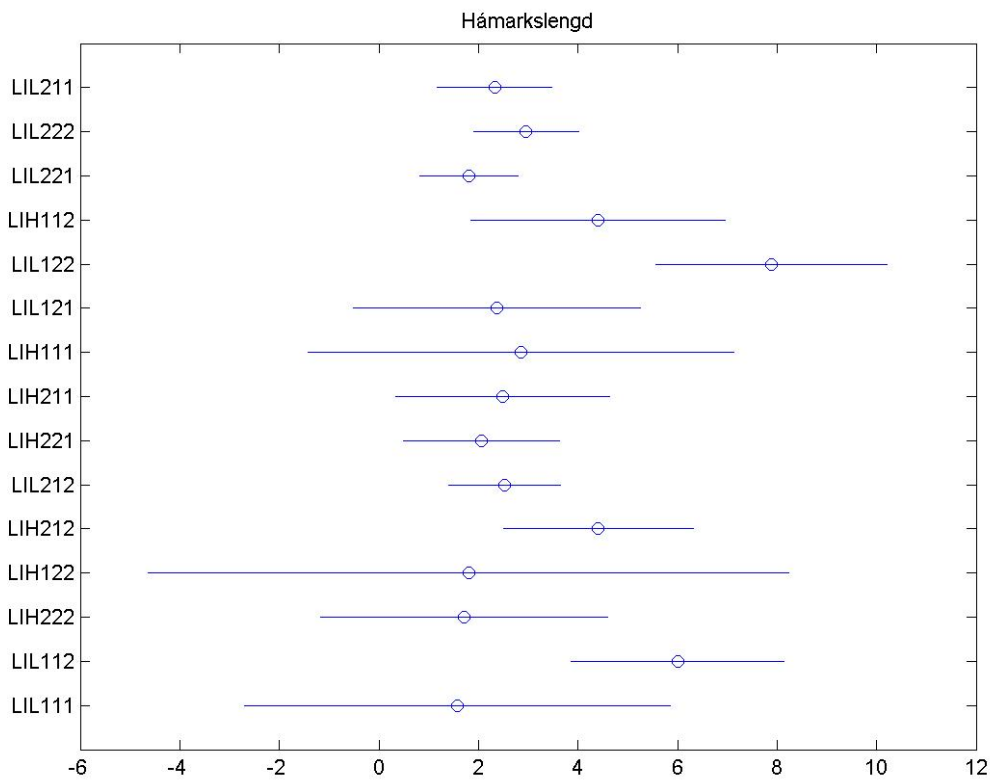
V-mynd 37



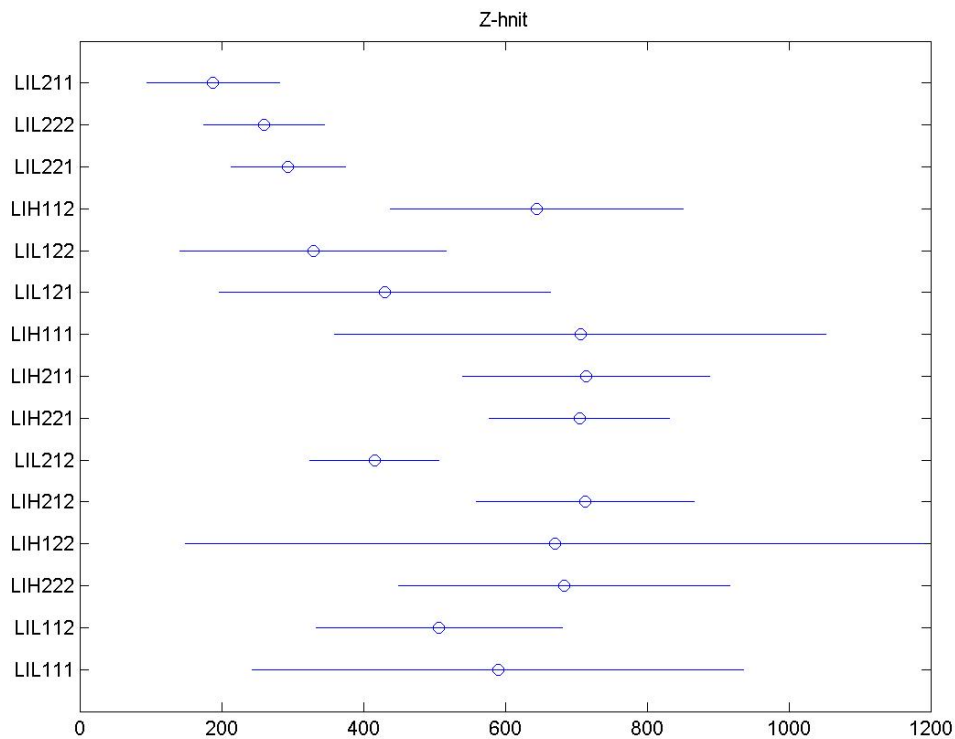
V-mynd 38

Ekki var tekinn log skali af þessari og næstu tveimur stærðum.

Lengd og breidd virðast hafa einhver tengsl við gerðirnar. T.d. eru nokkrar gerðanna fyrir jöklvötn áberandi stórar. Myndi þó segja að það þurfi að skoða fleiri þætti með.



V-mynd 39



V-mynd 40

Eins og kom fram í umræðu um kassarit þá er hæð notuð til að skipta í gerðir og því raðast þær sitt hvorum megin við 600 m. Engu að síður virðist vera einhver munur milli gerða en það væri áhugavert að skoða þennan þátt með öðrum. T.d. í klasa mynd sem skoðar alla þætti í einu.

II.4 Klasagreining

Framar í skýrslunni er fjallað um hverja gerð af klasamyndum, en eins og kom fram þar er langsótt að ætla að lesa eitthvað úr þeim. Þær eru því ekki birtar hér þó að haldið sé utan um þær í skrásafni.