



# KVOSIN

Afrennsli Tjarnarinnar

Rennslisgreining



**VBV Verkfræðistofa**  
**Bjarna Viðarssonar ehf**  
Hlíðasmára 2, 201 Kóp, sími 588 62 88

September 2023

## Efnisyfirlit

1.	Forsaga verkefnis .....	2
1.1	Almennt.....	2
1.2	Fyrri hugmyndir.....	2
1.3	Núverandi fráveitukerfi.....	3
1.4	Ofanvatnsáætlun Verkís.....	5
1.5	Núverandi yfirfall Tjarnarinnar.....	9
2.	Forhönnun nýrrar afrennislagnar Tjarnarinnar .....	12
2.1	Grunnmynd og hæðarlega .....	12
2.2	Nýtt yfirfall Tjarnar.....	13
3	Ofanvatnsáætlun .....	16
3.1	Almennt.....	16
3.2	Forsendur um úrkomu .....	16
3.3	Afrennislissvæði og afrennislöglur.....	17
4	Rennslisgreining .....	21
4.1	Rennslisleiðin .....	21
4.2	Inntak við Tjörnina .....	21
4.3	Útrás í Reykjavíkurböfn.....	22
4.4	Rennslisreikningar .....	23
4.5	Tímaþróun vatnshæðar í Tjörninni og rennslis úr henni.....	27
4.6	Áhrif sjávarfalla .....	36
4.7	Varayfirfall og nýting þess.....	38
5	Samantekt og niðurstöður .....	39
6	Lokaorð .....	40
1	Viðauki 1 – Rennslisreikningar .....	41
2	Viðauki 2 – Sjávarhæð.....	51

Greinargerð þessi er unnin af Verkfræðistofu Bjarna Viðarssonar (VBV).  
Skýrsluna unnu verkfræðingarnir Gautur Þorsteinsson, Yanan Chen og Bjarni Viðarsson.

## 1. Forsaga verkefnis

### 1.1 Almennt

Unnið er að undirbúningi endurgerðar gatna við Austurvöll í miðborg Reykjavíkur. Í tengslum við þessa vinnu hefur VBV unnið að hönnun fráveitulagna í götunum fyrir Veitur. Verkefninu tilheyrir hönnun á hluta af nýrri afrennislögn Tjarnarinnar. Þessari afrennislögn er ætlað að vera framtíðar afrennislögn Tjarnarinnar í stað núverandi blandagnar sem liggur eftir Lækjargötu. Gerð hefur verið forhönnun af nýju afrennislögninni og hluti hennar hefur þegar verið byggður.

Tilgangurinn með gerð nýrrar afrennislagnar er aðgreining á fráveitu í skólplagnir og ofanvatnslagnir. Með því sparast verulegur kostnaður við dælingu, en fráveituvatni frá Kvosinni og Tjörninni er nú dælt að dælu- og hreinsistöð við Klettagarða í Sundahöfn. Mikill hluti þessa vatns er ofanvatn sem hægt væri að veita beint út í sjó án hreinsunar og dælingar um neðansjávarlagnir. Miðbakki í Reykjavíkurhöfn er heppilegur staður fyrir útrás ofanvatns úr Kvosinni og Tjörninni.

Afkastageta hinnar nýju lagnar á eftir því sem mögulegt er að anna meginhluta þess ofanvatns sem fellur á afrennissvæði hennar. Ýmislegt getur þó orðið til þess að takmarka flutningsgetu hennar. Sjávarföll valda því að útrásin kann að vera á kafi hluta sólarhringsins og við það minnkar rennislisgetan að meðaltali. Í einstaka tilvikum getur sjávarhæð farið yfir vatnsborð Tjarnarinnar og þá getur ofanvatn ekki runnið til sjávar eftir lögninni. Til þess að sjór renni ekki inn í lagnakerfið er nauðsynlegt að flóðloka verði á útrásinni. Vegna lítils hæðarmunar milli yfirborðs Tjarnarinnar og sjávar verður halli lagnarinnar og þar með flutningsgeta hennar lítil. Landhæð í lagnaleiðinni takmarkar enn fremur stærð lagnanna þar sem stórar lagnir myndu liggja of nærri götuyfirborði.

Miðlunaráhrif Tjarnarinnar eru lykilmáttur í getu afrennislagnarinnar til þess að anna afrennissvæðisins. Þegar rennsli í afrennislögninni hefur náð hámarki getur Tjörninn tekið við mjög miklu vatnsmagni með því að vatnsborðið í henni hækkar. Þessi hækkun má hins vegar ekki verða svo mikil að vatn standi upp á gluggum Tjarnarsalar Ráðhúss Reykjavíkur, sem er byggt úti í Tjörninni.

Í þessari greinargerð er gerð grein fyrir greiningu á væntanlegu rennsli og rennislisgetu í nýju afrennislögninni. Skoðað verður hver áhrif mismunandi sjávarstöðu eru á afkastagetu lagnarinnar og hver áhrif miðlunar í Tjörninni eru.

### 1.2 Fyrri hugmyndir

Verkfræðistofan Verkís vann árið 2020 skýrslu fyrir Veitur um frumhönnun að nýju regnvatnskerfi fyrir afrennissvæði að Vatnsmýrinni, Tjörninni og Kvosinni í Reykjavík, (Vatnsmýri-Ofanvatnsáætlun, Frumhönnun, Ágúst 2020). Í skýrslunni er lýst greiningu á afrennissvæðum, ofanvatnsáætlun fyrir Tjörnina og rennislisgreiningu á nýrri afrennislögn frá Tjörninni og að útrás við Miðbakka í Reykjavíkurhöfn. Í skýrslunni er sett fram sú skoðun að ný útrásarlögn úr Tjörninni þurfi að vera 800-1000 mm að stærð og mælt er með stærðinni 800 mm. Þar kemur fram að núverandi yfirfall og þar með núverandi vatnsyfirborð Tjarnarinnar sé í kóta 2,2 og að til greina komi að lækka vatnshæð hennar til þess að auka miðlunarrými í henni. Þá er mælt með því að núverandi yfirfall um lögn eftir Lækjargötu verði viðhaldið sem varayfirfalli.

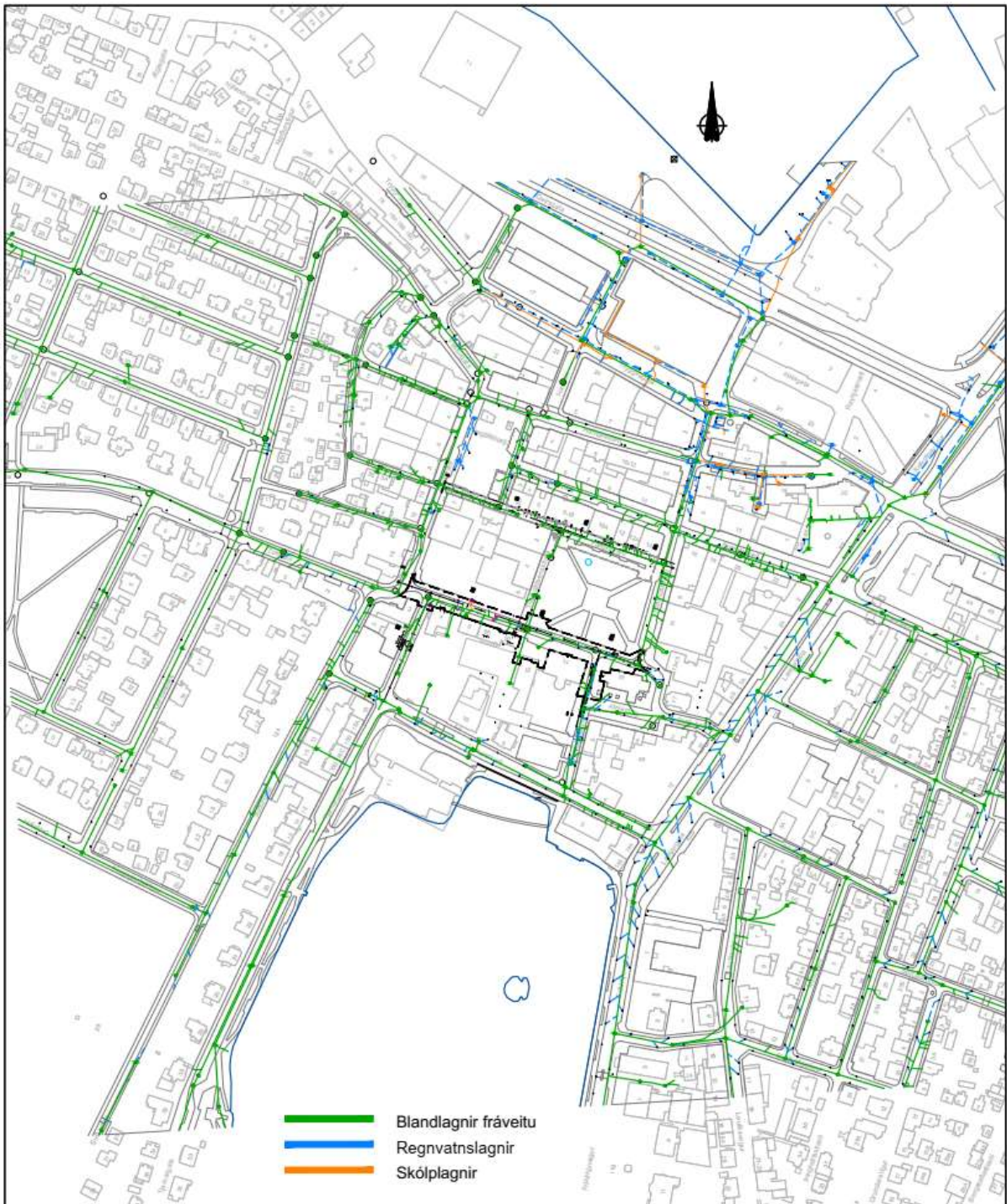
VBV og Veitur hönnuðu afrennislagnir sem þegar hafa verið lagðar í Tryggvagötu og Naustum og eru hluti af rennislleiðinni frá Tjörninni að útrás við Miðbakka.

### 1.3 Núverandi fráveitukerfi

Fráveitukerfi Kvosarinnar er að grunni til blandkerfi, þar sem skólpi og regnvatni er veitt saman í lagnakerfinu. Þessar lagnir eru stórar og liggja nokkuð djúpt. Lagnir sem liggja frá stórum hluta miðbæjar-svæðisins tengjast saman á gatnamótum Lækjargötu, Kalkofnsvegar og Geirsgötu. Frá þessari tengingu liggur lögn meðfram Kalkofnsvegi sem tengir svæðið við dælustöðina við Ingólfsstræti. Frá dælustöðinni liggja lagnir áfram að hreinsistöðinni við Klettagarða í Sundahöfn.

Að auki hafa sums staðar verið lagðar sérstakar grennri regnvatnslagnir og liggja þær gjarnan ofar en stóru lagnir blandaða kerfisins. Þessar lagnir enda oftast í brunnum blandaða kerfisins.

Eins og áður segir þá liggur blandaða lagnakerfið að dælustöð og þaðan áfram að hreinsistöð. Þetta kerfi verður framtíðar skólplagnakerfi Kvosarinnar, en nýtt regnvatnslagnakerfi verður lagt til þess að aðgreina kerfin og létta á dælustöðinni. Með því sparast kostnaður við að dæla regnvatni sem fellur á Kvosina alla leið inn í Klettagarða og senda það þar í gegnum hreinsistöð. Þessi umbreyting mun hins vegar taka langan tíma og vinnast í mörgum áföngum samhliða endurnýjun gatna. Gera þarf nýja útrás fyrir nýtt regnvatnslagnakerfi Kvosarinnar og afrennislögn Tjarnarinnar. Á Mynd 1 má sjá núverandi fráveitukerfi Kvosarinnar.

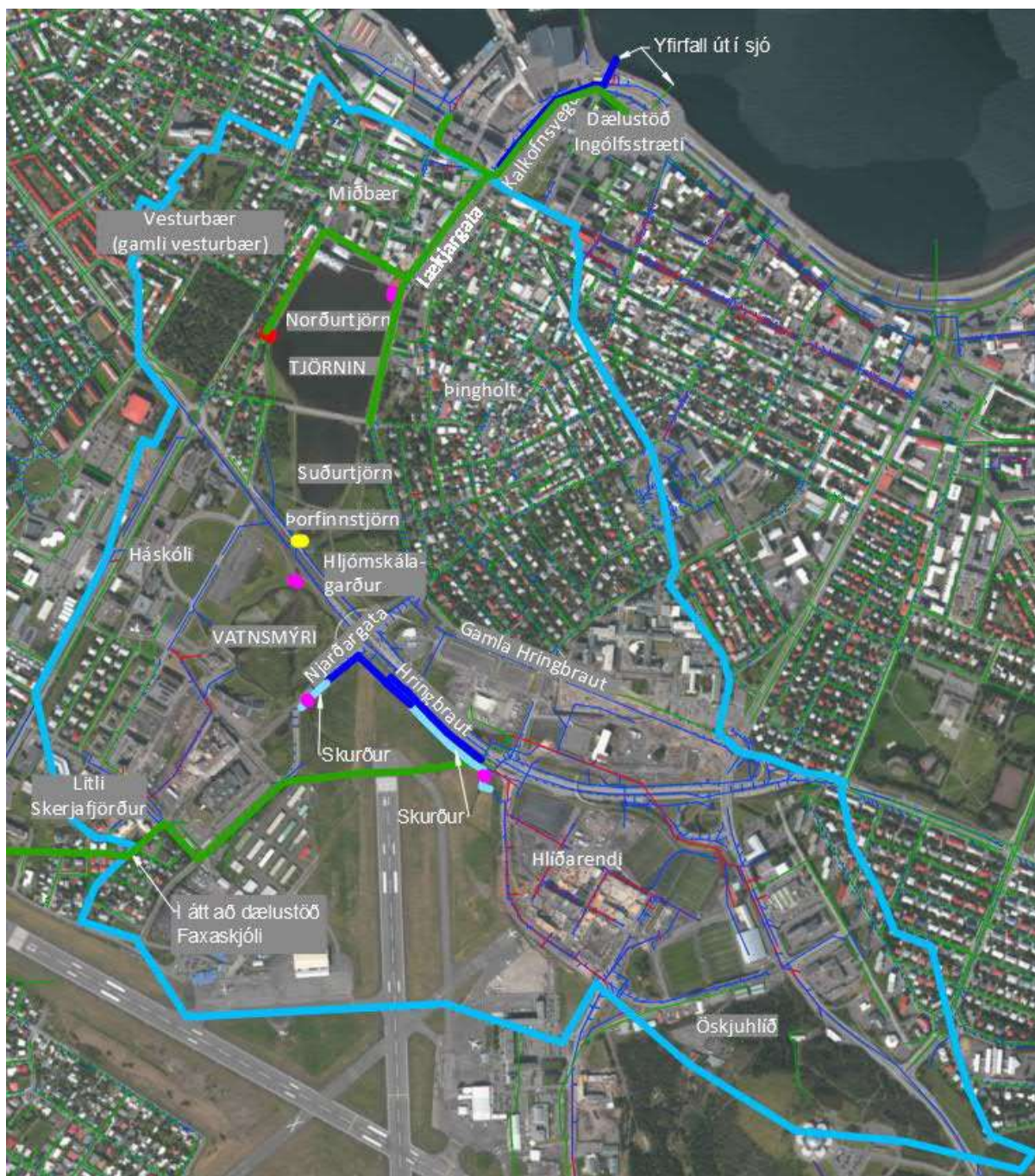


Mynd 1: Núverandi fráveitukerfi Kvosarinnar

Fyrsti áfangi við aðgreiningu í fráveitukerfinu var unninn á árinu 2021 og fólst í því að regnvatnslagnir í Tryggvagötu og nokkrum hliðargötum hennar voru endurnýjaðar og aðgreindar í skól- og regnvatnslagnir. Framkvæmdasvæðið náði frá gatnamótum við Pósthússtræti og að gatnamótum við Grófina. Lögnin í Tryggvagötu milli gatnamóta við Pósthússtræti og Naustanna var 800 mm að stærð, en lögnin eftir Naustunum og að Geirsgötu var 1000 mm að stærð. Sú lögn er nú tengd stofnlögn blandkerfisins í Geirsgötu en fyrirhugað er að framlengja henni að útrás við Miðbakka.

## 1.4 Ofanvatnsáætlun Verkís

Í skýrslu Verkís er greining á flatarmáli og afrennlistuðlum svæða sem hafa náttúrulegt afrennsli til Tjarnarinnar og Vatnsmýrarinnar. Þetta svæði er allstórt og er metið 270,9 hektarar. Mynd 2 úr skýrslunni sýnir afmörkun þessa svæðis með ljósbláum lit.



Mynd 2: Náttúrulegt afrennissvæði Tjarnarinnar og Vatnsmýrarinnar (Verkís 2020)

Afrennissvæðinu er skipt í 24 svæði og sýnir Mynd 3 úr skýrslunni skiptinguna í svæði.



Mynd 3: Skipting afrennissvæða og útrásarpunktar (Verkís 2020)

Afrennli af svæðum 1 – 6 leitt í Vatnsmýrina og þaðan í Tjörnina, afrennli af svæðum 7-16 veitt í Tjörnina og afrennli af svæðum 17-21 tengjast inn á nýju útrásarlögn Tjarnarinnar. Afrennli svæða 22 – 24 tengist ekki inn á hina nýju útrásarlögn. Tafla 1 hér neðar úr skýrslu Verkís sýnir þær forsendur um flatarmál svæða og afrennlistuðla sem settar voru fram í henni.

Afrennslissvæði - Lýsing	Svæði nr.	Heildarflatarmál (ha)	Afrennslisstuðull
Öskjuhlíð, Hlíðarendi	1	51,6	0,53
Hringbraut, Vatnsmýrarvegur	2	7,2	0,71
Landsspítali	3	13,9	0,65
Flugvallarsvæði, Litli Skerjafjörður	4	44,5	0,48
Gamla Hringbraut	5	3,4	0,72
Háskólasvæði	6	29,4	0,59
Hringbraut	7	6,3	0,74
Suðurgata, Hringbraut	8	12,5	0,61
Þingholt, Njarðargata	9	13,8	0,65
Þingholt, Bragagata	10	12	0,7
Þingholt, Skothúsvegur	11	4,3	0,65
Kirkjugarður	12	5,4	0,36
Þingholt, Skálholtsstígur	13	5	0,65
Tjarnargata	14	1,9	0,49
Lækjargata, Bókhöðustígur	15	3	0,65
Tjörnin	16	14,7	0,74
Vesturbær, Suðurgata	17	4,3	0,65
Miðbær	18	5,5	0,8
Vesturbær, Aðalstræti, Naustin	19	7,4	0,65
Vesturbær, Vesturgata, Tryggvagata	20	5,5	0,7
Geirsgata	21	4,6	0,89
Bankastræti	22	2	0,7
Skólavörðustígur, Hverfisgata	23	8	0,7
Kalkofnsvegur	24	4,6	0,76
<b>Samtals:</b>		<b>270,8</b>	

Tafla 1: Afrennslissvæði og afrennslisstuðlar úr skýrslu Verkis

Gildin sem Tafla 1 sýnir má draga saman í þá þrjá flokka sem tilgreindir eru hér að ofan. Tafla 2 sýnir niðurstöðurnar og eru afrennslisstuðlar flokkanna fengnir með því að veða afrennslisstuðla einstakra svæða með flatarmálum þeirra.

Afrennslissvæði - lýsing	Svæði nr.	Heildarflatarmál (ha)	Afrennslisstuðull
Vatnsmýrarsvæði	1 -6	150	0,55
Tjarnarsvæði	7 – 16	79	0,65
Kvosin	17 - 21	27	0,73
<b>Samtals/ vegið meðaltal:</b>	1-21	<b>256</b>	<b>0,60</b>

Tafla 2: Afrennslissvæði samandregin



Tafla 3 úr skýrslu Verkís sýnir niðurstöður hennar um rennsli ofanvatns frá afrennslissvæðunum.

Afrennslissvæði - Lýsing	Svæði nr.	Q 1 ár (l/s)	Q 5 ára (l/s)	Q 10 ára (l/s)
Öskjuhlíð, Hlíðarendi	1	770	1160	1330
Hringbraut, Vatnsmýrarvegur	2	170	260	290
Landsspítali	3	300	450	520
Flugvallarsvæði, LitliSkerjafjörður	4	610	910	1050
Gamla Hringbraut	5	80	120	140
Háskólasvæði	6	580	870	1000
Hringbraut	7	160	230	270
Suðurgata, Hringbraut	8	260	390	440
Þingholt, Njarðargata	9	300	450	520
Þingholt, Bragagata	10	280	420	480
Þingholt, Skothúsvegur	11	90	140	160
Kirkjugarður	12	60	100	110
Þingholt, Skálholtsstígur	13	110	160	190
Tjarnargata	14	30	50	50
Lækjargata, Bókhöðustígur	15	70	100	110
Tjörnin	16	360	550	630
Vesturbær, Suðurgata	17	90	140	160
Miðbær	18	150	220	250
Vesturbær, Aðalstræti, Naustin	19	160	240	280
Vesturbær, Vesturgata, Tryggvagata	20	130	190	220
Geirsgata	21	140	210	240
Bankastræti	22	50	70	80
Skólavörðustígur, Hverfisgata	23	190	280	320
Kalkofnsvegur	24	120	180	200

Tafla 3: Rennsli ofanvatns frá afrennslissvæðunum úr skýrslu Verkís

Niðurstöðuna úr töflunni má draga saman á eftirfarandi hátt:

Afrennsli rennur í	Svæði nr	Q 1 ár (l/s)	Q 5 ára (l/s)	Q 10 ára (l/s)
Vatnsmýrarsvæði	1-6	2.510	3.770	4.330
Tjarnarsvæði	7-16	1.720	2.590	2.960
Kvosin	17-21	670	1.000	1.150
Samtals:		<b>4.900</b>	<b>7.360</b>	<b>8.440</b>

Tafla 4: Rennslistölur samandregnar

Afrenslistölur í skýrslu Verkís eru miðaðar við 5 ára endurkomutíma og varanda 10 mínútur, nema að fyrir svæði 1 og 4 var notaður varandi 15 mínútur. Notast var við leiðbeiningar Veitna (LAV-503-10.0) og gert ráð fyrir 1M5 gildinu 40 mm fyrir sólarhringsúrkomu með 5 ára endurkomutíma.

Rétt er að taka fram að þetta er mat á rennsli í regnvatnslögnum fullaðgreinds lagnakerfis. Eins og áður segir þá rennur mestur hluti regnvatns nú eftir blandlagnakerfinu og svo mun verða í næstu framtíð. Eftir því sem endurnýjun gatna og lagnakerfa miðar fram þá mun æ stærri hluti hluti regnvatns flytjast í regnvatnslagnakerfið.

### 1.5 Núverandi yfirfall Tjarnarinnar

Núverandi afrennsli Tjarnarinnar er um yfirfall við norðausturhorn hennar. Sjá Mynd 4. Inntakið er réttthyrningur um 4,0 m á lengd og 0,25 m á hæð. Kóti á neðri brún yfirfallsins er 2,20 m í hæðarkerfi Reykjavíkur. Í afrennslisopinu er rist.

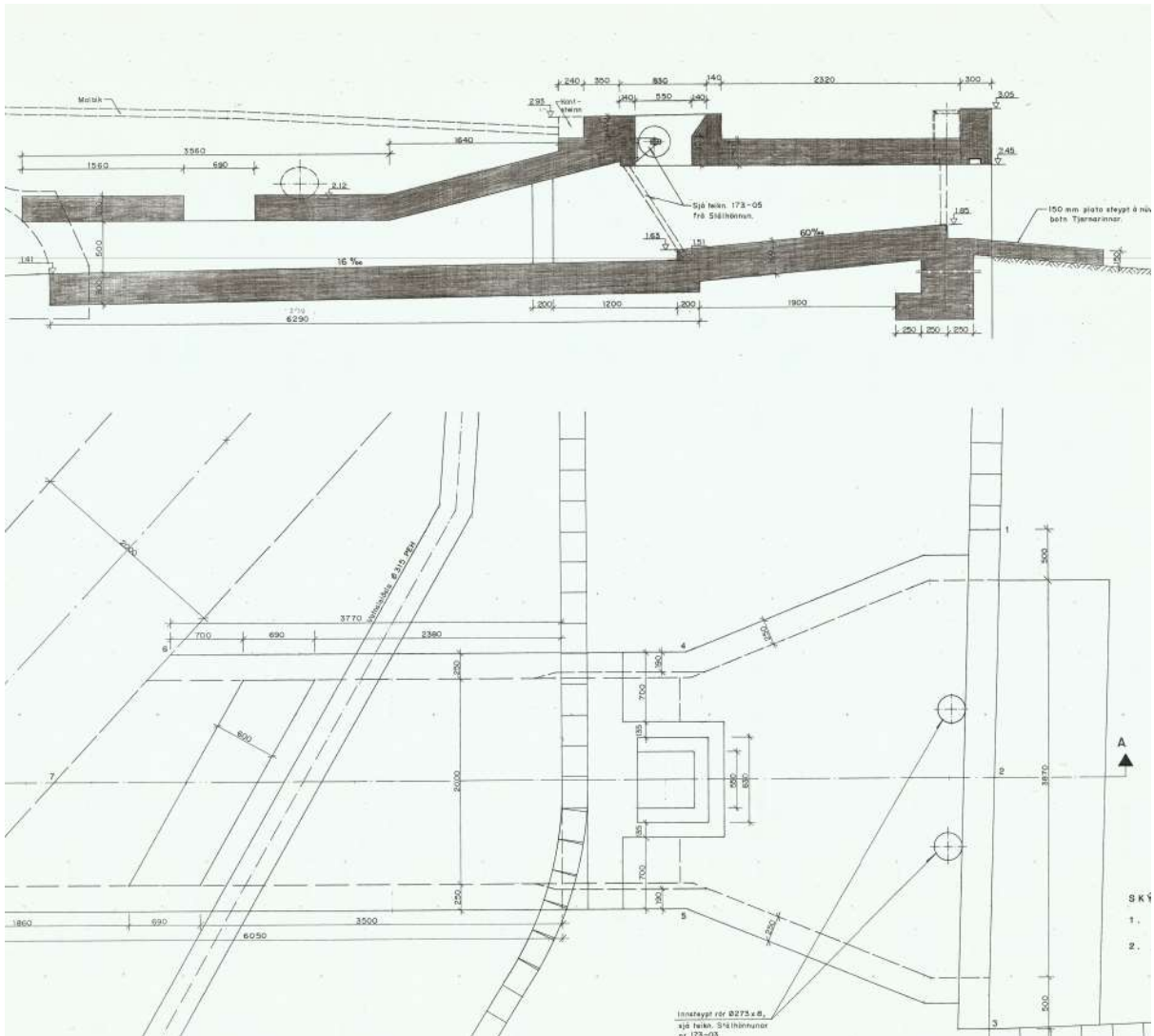


Mynd 4: Núverandi yfirfall afrennslis Tjarnarinnar

Mynd 5 sýnir yfirfallið í smíðum og Mynd 6 teikningu af yfirfallinu.



Mynd 5: Yfirfall í smíðum



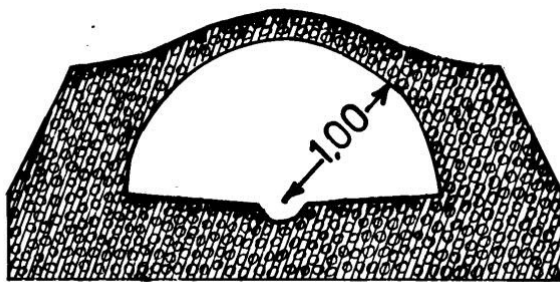
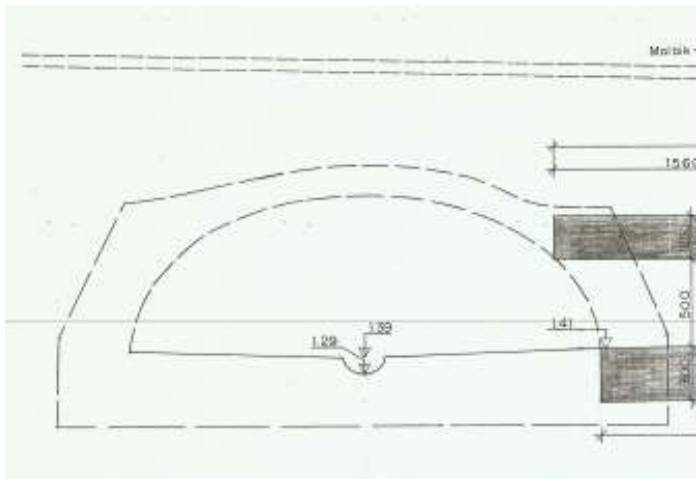
Mynd 6: Yfirfallsteikning

Stokkurinn frá yfirfallinu liggur að inn í stokk sem liggur eftir Lækjargötu og sýnir Mynd 7 tvö snið í hann. Annað sniðið er tekið á ská yfir stokkinn og ýkir form hans á þvervegin. Kótasetning í því gefur til kynna þverhallann 20 % á botni þess. Hitt sniðið er í réttum kvarða og málsetur hringbogann sem þak stokksins er formað eftir. Saman gefa þessi tvö snið góða mynd af formi afrennislisstokksins, sem liggur eftir Lækjargötu. Í vefsíðu Veitna má lesa að hallinn á þessum stokk er mismunandi eftir því hvar á rennislleiðinni er. Hann er þar auðkenndur sem 1400 mm lögn, en slík lögn hefur sama þverskurðarflatarmál og þversniðið á stokknum. Hallinn eftir Lækjargötu er breytilegur og eru leggirnir samkvæmt eftirfarandi:

27 m af 6,3 % – 38,58 m af 0,5 % – 51,13 m af 0,4 % – 35,21 m af 0,8 % – 83,65 m af 5 % – 14,53 m af 2,1 % – 54,33 m af 2 %.

Meðalhallinn á þessari 304 m leið eftir Lækjargötu er 2,66 %. Á gatnamótunum við Hverfisgötu tekur við ný 1200 m plastlögn með 73,5 % halla og síðan nýrri lagnir.

Allt afrennsli Tjarnarinnar rennur nú um gamla yfirfallið, eftir steinsteypta stokknum undir Lækjargötu og áfram um 1600 mm pípulögn frá gatnamótum við Hverfisgötu að dælustöð við Ingólfsstræti.



Lækurinn  
þverskurður 1:50

[Mynd 7: Snið í Lækjargötustokk](#)

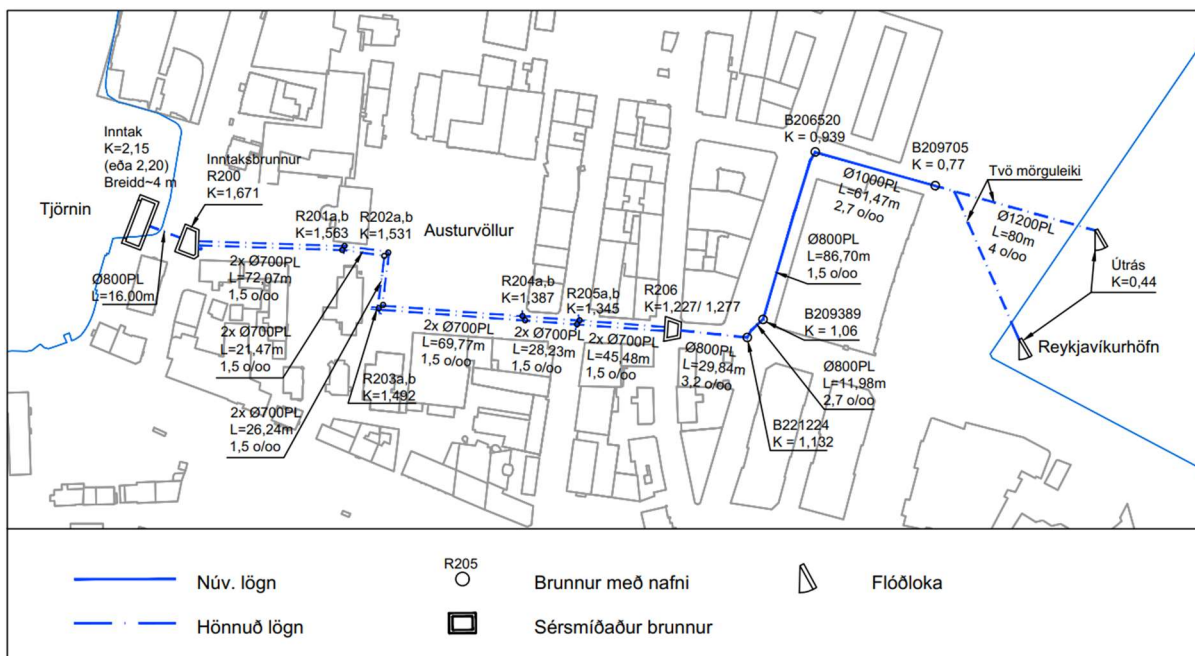
## 2. Forhönnun nýrrar afrennislagnar Tjarnarinnar

### 2.1 Grunnmynd og hæðarlega

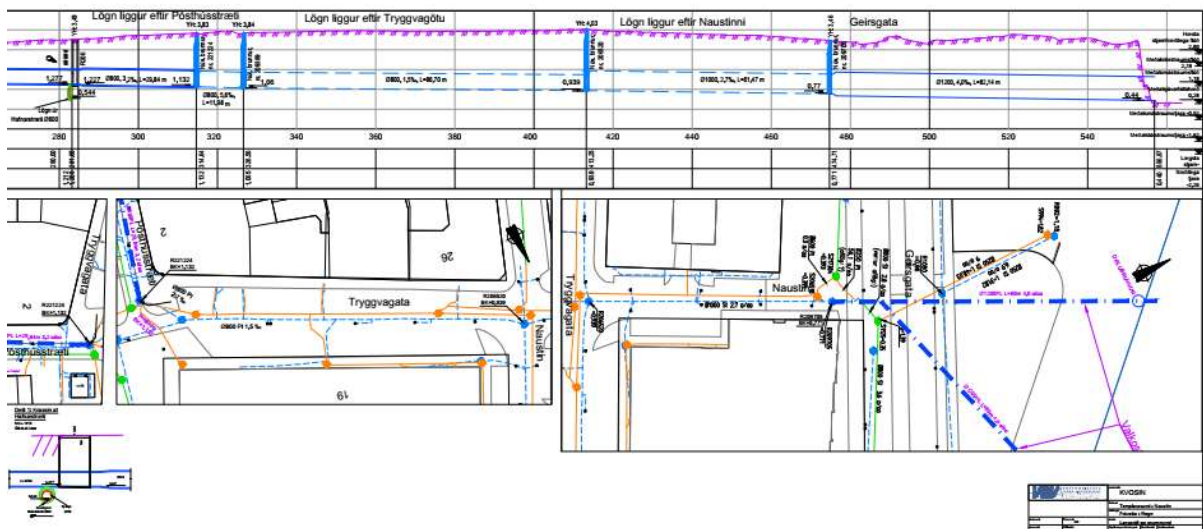
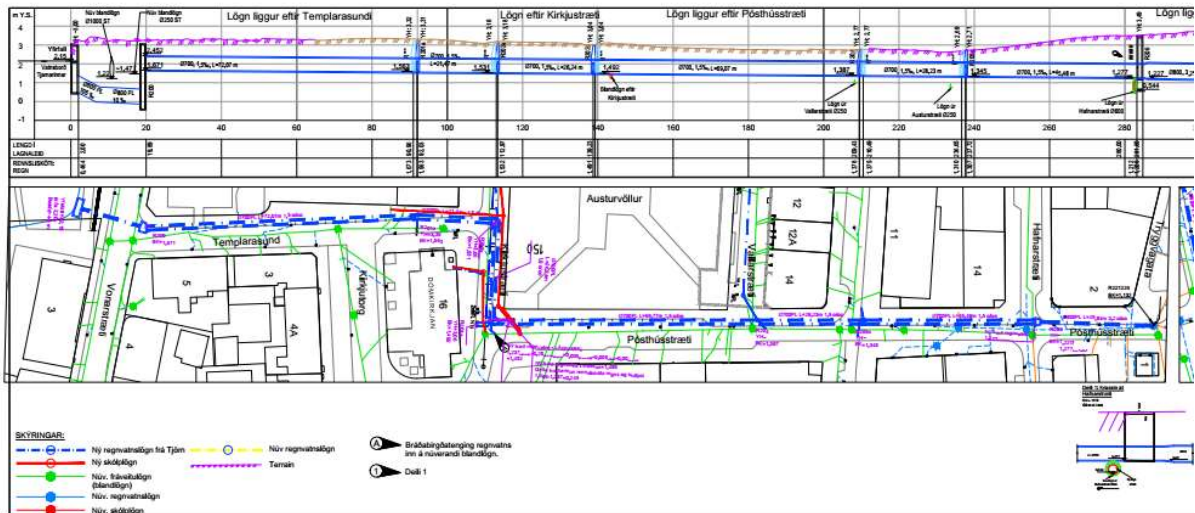
Ný afrennislögn hefur verið forhönnuð og hlutar hennar hafa verið verkannaðir og byggðir. Forsendur hennar eru þær að nýtt inntak verði með kóta +2,15 á yfirfalli. Rennsliskóti lagnar aftan við inntakið verði um +1,67 m og útrás verði í kóta +0,44 í hæðarkerfi Reykjavíkur og er hæðarmunur á rennsliskóta við inntak og útrás um 1,23 m. Heildarlengd lagnarinnar frá inntaki í Tjörninni og að útrás við Miðbakka er um 550 m. Meðalhali lagnarinnar á þessari leið verður 2,24 ‰, en hallinn verður eitthvað breytilegur á lagnarleiðinni. Á Mynd 8 er lagnaleiðin sýnd ásamt lengdum og hallatölum einstakra lagnalegga.

Inntak afrennislagnarinnar verður við lðnó og liggur hún undir Vonarstræti og að inntaksbrunni norðan Vonarstrætis. Þarna liggur lögnin undir núverandi blandlögn í Vonarstræti og verður undir þrýstingi á þessari leið. Í inntaksbrunninum verður síðan annað vatnsinntak og þaðan mun afrennslíð renna í tveimur 700 mm rörum eftir Templarasundi, Kirkjustræti og Pósthússtræti. Ástæðan fyrir því að gert er ráð fyrir tveimur rörum er að hæðarlega landsins leyfir ekki mikið stærri rör, en flutningsþörfin er meiri en eitt rör annar. Á horni Pósthússtrætis og Tryggvagötu tengjast rörin tvö við áður lagða 800 mm lögn sem liggur til vesturs eftir Tryggvagötu. Á gatnamótum Tryggvagötu og Naustanna er tengibrunnur þar sem fyrirhugað er að stórar regnvatnslagnir úr Kvosinni tengist inn á. Afrennislögnin beygir þarna til norðurs og rennur eftir 1000 mm röri að Geirsgötu þar sem nú er bráðabirgðatenging við blandlögn. Fyrirhugað er síðan að framlengja afrennislögnina til norður að útrás við Miðbakka og er gert ráð fyrir að útrásarrörið verði 1200 mm að nafnmáli.

Auk mótstöðu í rörum verða stakar mótstöður í inntökum og beygjum á leiðinni og einnig er gert ráð fyrir þrýstitapi við flóðloku útrásar. Til þess að vatn renni eftir lögninni þarf vatnsborð hennar að fara upp fyrir yfirfallið og til þess að ná fullu rennslí í lögninni þarf hún að nálgast það að fyllast.



Mynd 8: Forhönnun nýrrar afrennislagnar Tjarnarinnar



Mynd 9: Tjarnarlögn-grunnmynd og langsníð

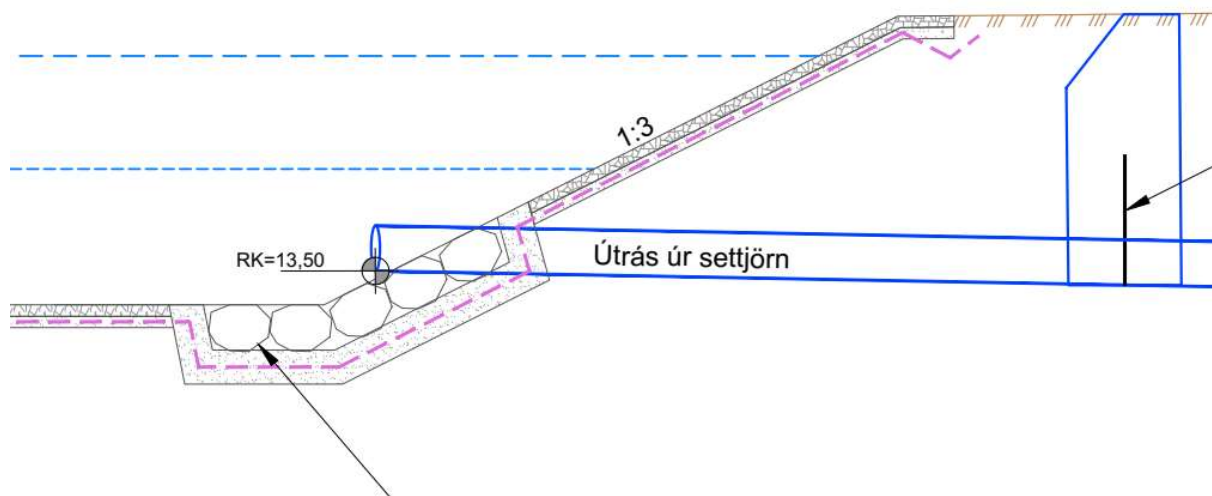
## 2.2 Nýtt yfirfall Tjarnar

Núverandi yfirfall Tjarnarinnar er í kóta 2,20. Gert hefur verið ráð fyrir að yfirfall nýrrar afrennslislagningar verði í kóta 2,15 og að það verði þá jafnframt yfirborðshæð Tjarnarinnar þegar jafnvægi er komið á eftir rigningar. Rétt er að það verði hannað með stillanlegri hæð þannig að breyta megi vatnsborði Tjarnarinnar eftir því sem reynslan segir til um. Tvær gerðir inntaks koma til greina.

Inntak í yfirborði Tjarnar. Þetta er sambærileg útfærsla og við núverandi inntak, sem er í vatnsyfirborði Tjarnarinnar og stýrir þar með vatnshæð hennar (sjá Mynd 4). Gæta þarf þess að ætíð verði íslaut við slíkt yfirfall til dæmis með því að veita afrennsli hitaveitu að því eða á annan viðeigandi hátt. Gert er ráð fyrir því að bak við yfirfallið verði brunnur og frá honum verði djúpt liggjandi lögn undir núverandi stóra blandlögn í Vonarstræti. Þessi lögn verður undir þrýstingi og tengist öðrum djúpum brunni norðan Vonarstrætis. Útrennsli úr honum inn í hina eiginlegu lögn verður með rennislíkóta 1,67. Þrýstitap á leiðinni frá Tjarnarinntaki og að þessu inntaki er áætlað 0,07 m við fullt rennsli. Ef lögnin á bak við brunninn er 700 mm að innanmáli þá þarf yfirborð Tjarnarinnar því að hækka í  $k=2,44$  til þess að lögnin fyllist alveg við fullt rennsli. Flutningsgetan minnkar þó lítið þótt lögnin sé ekki alveg full.

Samkvæmt jöfnu Brettings fyrir flutningsgetu hlutfylltra lagna, minnkar flutningsgetan einungis um 3% við það að lögnin sé 90% full, en þá er kótinn á vatnsborðinu í  $K=2,32$ .

Inntak í botni Tjarnar. Annar möguleiki á hönnun inntaks er að láta inntakið vera neðan vatnsborðs (sjá dæmi á Mynd 10). Vegna þess hve grunn Tjörninn er þyrfti að gera pytt framán við inntakið og verja fláa hans með grjóti þannig að hliðarnar skríði ekki saman með tímanum. Pytturinn þyrfti að vera 0,6-0,8 m dýpri en rennislíkóti á inntaksrörinu. Pyttinn þyrfti að hreinsa við og við því líklegt er að þar safnist fyrir með tímanum botnfall og kusk. Yfirfallið í inntaksbrunninum norðan Vonarstrætis verður þá ráðandi fyrir vatnshæð Tjarnarinnar utan rigningartíðar. Miðað er við að hæð yfirfallsins verði í kóta 2,15 og að rennislíkóti á lögninni á bak við það verði einnig 1,67.



Mynd 10: Dæmi um útrás úr tjörn undir vatnsborði

Staðsetning nýs inntaks afrennislagnarinnar er fyrirhuguð í horninu rétt vestan við Vonarstræti 3 (lðnó) sjá Mynd 11.



Mynd 11: Staðsetning nýs inntaks frá Tjörninni

Til þess að inntakið geti þjónað hlutverki sínu á öllum árstímum er nauðsynlegt að það verði íslaust allt árið. Til þess að það megi verða er mælt með því að affallsvatni hitaveitu verði að einhverju leyti veitt í Tjörnina við fyrirhugað inntak. Eftir Vonarstræti liggur ST1000 mm blandlögn sem afrennislögnin þarf að liggja undir og þarf fyrsti hluti hennar því að liggja miklu neðar en annars og í raun að vera undir einhverjum þrýstingi. Gert er ráð fyrir inntaksbrunni norðan Vonarstrætis þar sem raunverulegt inntak hinnar hallandi flutningslagnar verður staðsett. Sjá Mynd 12. Í inntaksbrunninum þarf að vera mögulegt að hreinsa botnfall sem borist hefur frá Tjörninni og sest á botn hans.

Afköst yfirfalls má reikna samkvæmt jöfnunni:

$$Q_y = C \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

þar sem b er breidd yfirfalls, h er þrýstihæð vatnsborðs yfir yfirfalli, g er þyngdarhröðunin og C er yfirfallsstuðull sem fer eftir því hvernig form yfirfallsins er. Hann er á milli 0,38 og 0,5 og verður hér gert ráð fyrir gildinu C=0,40. Með 4 m breiðu yfirfalli og kóta á yfirfallskrónu 2,15, þá verður sambandið á milli vatnshæðar í Tjörninni og afkasta yfirfallsins

$$Q_y(h) = 0,40 \cdot 4,0 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot (h - 2,15)^{1,5} = 7,1(h - 2,15)^{1,5} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

	Nýtt yfirfall K= 2,15		
Breidd=	4,0	m	
Vatnshæð	Hæð yfir yfirfalli	Afköst yfirfalls	Athugasemdir
(m)	(m)	(l/s)	
2,20	0,05	79	
2,25	0,10	224	Flutningsgeta
2,30	0,15	412	lagnar er um
2,35	0,20	634	690 l/s
2,40	0,25	886	
2,45	0,30	1.165	
2,50	0,35	1.467	

Tafla 5: Afköst 4 m breiðs yfirfalls

Flutningsgeta lagnarinnar úr Tjörninni og að útrás miðað við fulla lögn við inntak og ekkert innrennsli úr Kvosinni er áætlað um 690 l/s, sem svarar til afkasta yfirfalls við 0,21 m vatnshæð yfir yfirfalli og vatnshæð um 2,36 í Tjörninni. Þrýstitapið á leiðinni samsvarar hæðarmuninum 1,23 m á rennisliskótum lagnanna við inntak og útrás. Útreikningar eru sýndir í viðauka (Viðauki 1 – Rennslisreikningar). Í þessu ástandi er fyrsti hluti lagnarinnar nánast fullur, en neðsti hlutinn sem liggur eftir Tryggvagötu og út eftir Naustunum er með 60% - 90% fyllingu. Þetta er eðlilegt því þessar lagnir eiga að taka við rennsli úr regnvatnskerfum Kvosarinnar og þurfa að hafa rennislisgetu til viðbótar við það að anna útrennsli úr Tjörninni.

Af þessum útreikningum má ráða að afköst lagnakerfisins við tæmingu Tjarnarinnar þegar ekki er annað rennsli í lögnunum sé allt að 690 l/s.



### 3 Ofanvatnsáætlun

#### 3.1 Almennt

Í leiðbeiningum Veitna LAV-503-15.0 um hönnunarrennsli skólps og ofanvatns eru reglur um forsendur fyrir ákvörðun á þeim úrkomustyrk sem hanna skal regnvatnslagnir eftir. Nota skal M5 aðferð Vatnaverkræðistofu Háskóla Íslands.

Reglurnar um endurkomutíma eru mismunandi fyrir almenn svæði og miðbæjarsvæði, þar sem strangari kröfur eru gerðar. Tafla 6 sýnir reglurnar í leiðbeiningum Veitna.

Svæði	Lagnir ekki undir þrýstingi og vatnsyfirborð ná ekki yfirborði	Vatnsyfirborð (þrýstihæð) ná ekki yfirborði
Almenn svæði	5 ára endurkomutími	10 ára endurkomutími Vatnsyfirborð má ná yfirborði ef flóðavatn veldur ekki tjóni og rennsli til viðtaka er tryggt.
Miðbæjarsvæði	20 ára endurkomutími	50 ára endurkomutími

Tafla 6: Reglur um endurkomutíma úrkomu

Svæðið sem afrennislögn Tjarnarinnar liggur um er óumdeilanlega miðbæjarsvæði. Kröfur eru því strangari en þær sem gerðar voru í greinargerð Verkís, þar sem miðað var við 5 ára endurkomutíma. Umfjöllun hennar náði líka til miklu stærra svæðis en miðbæjarsvæðisins og enn fremur var greinargerðin samin fyrir útgáfu nýjustu reglna Veitna.

Reglur um varanda regnskúrar eru þær að lágmarksvarandi skal vera 10 mínútur, en síðan skal skoða varanda á tímabilinu 10 mínútur til samrennlistíma kerfisins og óhagstæðasti varandi notaður við hönnun ofanvatnskerfisins. Samrennlistími er skilgreindur í Fráveituhandbók Samorku sem sá tími sem afrennsli frá fjarlægasta svæði vatnasviðsins tekur að ná þeim punkti sem rennslið er reiknað fyrir.

#### 3.2 Forsendur um úrkomu

Við ákvörðun á forsendum um úrkomu var stuðst við M5 aðferðina eins og henni er lýst í Flóðahandbókinni eftir Jónas Elíasson. Miðað er við gildi úrkomunnar fyrir miðbæ Reykjavíkur samkvæmt korti sem fylgir Flóðahandbókinni og gefur auðkennandi gildið  $1M5 = 40 \text{ mm/sólarhring}$ . Hallastuðullinn er valinn  $C_i=0,22$ . Forrit sem fylgir Flóðahandbókinni gefur gildi  $I_a$  fyrir hönnunarskúrir með mismunandi forsendum um endurkomutíma og varanda. Lesin eru gildi fyrir hönnunarskúrir með varanda 10 mínútur, 1 klst, 6 klst, 12 klst, 24 klst og 48 klst og endurkomutíma 5 ár, 20 ár og 50 ár. Tafla 7 hér að neðan sýnir niðurstöður M5 aðferðarinnar við val á hönnunarskúrum.

Varandi	5 ára endurkomutími i	20 ára endurkomutími i	50 ára endurkomutími i
10 mín	50,3 l/s/ha	65,2 l/s/ha	75,1 l/s/ha
1 klst	24,1 l/s/ha	31,3 l/s/ha	36,1 l/s/ha
6 klst	11,5 l/s/ha	15,0 l/s/ha	17,2 l/s/ha
12 klst	7,91 l/s/ha	10,3 l/s/ha	11,8 l/s/ha
24 klst	4,74 l/s/ha	6,15 l/s/ha	7,09 l/s/ha
48 klst	2,83 l/s/ha	3,67 l/s/ha	4,23 l/s/ha

Tafla 7: Úrkomutölur M5 aðferðarinnar

Eins og áður segir þá getur Reykjavíkurtjörn miðlað úrkomu í aftaka skúrum vegna stærðar sinnar. Þess vegna þarf ekki að gera ráð fyrir öllu afrennsli hönnunarskúrar á afrennslissvæði hennar við hönnun lagna frá henni. Þær þurfa þó að geta annað meðalúrkomu yfir lengra tímabil í rigningartíð. Eftir því sem tímabilið sem til skoðunar er lengist, þá minnkar meðalúrkoman á því, en heildarúrkoman eykst. Því er nauðsynlegt að skoða einnig gögn um úrkomu á lengri tímabilum til þess að finna þann varanda sem óhagstæðastur er miðað við stærð miðlunarinnar í Tjörninni. Aðferð M5 er nothæf fyrir tímabil allt að 24-48 klst, en fyrir lengri tímabil er stuðst við gögn frá Veðurstofunnar um úrkomu í Reykjavík. Tafla 8 hér að neðan sýnir samantekt á mælingum Veðurstofunnar á árs-, mánaðar- og sólarhringsúrkomu.

Tímabil	Meðaltalsúrkoma		Mesta mælda gildi (70 ár)		Athugasemd
1 ár	900 mm	0,285 l/s/ha	1125 mm	0,357 l/s/ha	Hámark 2007
1 mánuður	85,6 mm	0,326 l/s/ha			Október
1 mánuður			260 mm	0,99 l/s/ha	Nóvember 1993
1 sólarhringur			48,2 mm	5,58 l/s/ha	1. janúar 1989

Tafla 8: Úrkomutölur samkvæmt mælingum Veðurstofu

Í töflunni koma fram hámarks gildum síðastliðin 70 ár. Áhugavert er að bera hæsta mælda gildi sólarhringsúrkomu við gildi M5 aðferðarinnar fyrir sólarhringsúrkomu. Hæsta mælda gildið er 5,58 l/s/ha, en M5 aðferðin gefur um 7,1 l/s/ha fyrir sólarhringsúrkomu með 50 ára endurkomutíma og 6,15 l/s/ha fyrir 20 ára endurkomutíma. Þegar haft er í huga að mælingatímabilið er hlutfallslega ekki langt miðað við endurkomutímamann þá virðist vera þökkalegt samræmi milli mælinga og fræðilegrar niðurstöðu.

### 3.3 Afrennslissvæði og afrennslistölur

Til þess að meta afrennslistölur svæðanna sem til skoðunar eru verða notuð gildi fyrir flatarmál og afrennslisstuðla úr töflum 2 og 4 og úrkomutölur úr töflum 6 og 7. Hæstu gildi fyrir mánaðarúrkomu og ársúrkomu síðastliðin 70 ár eru notuð til þess að nálga gildi fyrir 50 ára endurkomutíma.

Afrennsli af Vatnsmýrarsvæði og Tjarnarsvæði rennur í Tjörnina. Lítil tímaseinkun rennslis verður á þeim svæðum sem talin eru til Tjarnarsvæðisins, en meiri seinkun verður á rennsli frá Vatnsmýrarsvæðinu, enda tilheyra því Öskjuhlíð og Hlíðarendi, auðkennd sem svæði 1 í skýrslu Verkís og síðan Flugvallarsvæði og Litli Skerjafjörður, auðkennd sem svæði 4 í skýrslu Verkís. Búast má við því að áhrif seinkunar á rennsli minnki eftir því sem varandi rigningarinna eykst.

Eins og áður segir þá er þess langt að bíða að aðgreiningu lagnakerfanna verði lokið og verða hér að neðan settar fram rennslistölur fyrir þrjár sviðsmyndir. Fyrir hverja sviðsmynd i (1,2,3) og hvert afrennslissvæði er metinn stuðullinn  $k_i$  ( $k_1, k_2, k_3$ ) sem táknar hve mikill hluti regnvatns af svæðinu rennur í Tjörnina fyrir þessa tilteknu sviðsmynd.

- Sviðsmynd 1: Núverandi ástand lagnakerfis. Afrennsli margra svæði rennur nú beint í blandlagir og er dælt inn í Sundahöfn. Stuðullinn  $k_1$  er því 0 fyrir þessi svæði.
- Sviðsmynd 2: Aðgreind lagnakerfi þar sem allt afrennsli vatnasviðsins rennur í Tjörnina án blágrænna lausna. Stuðullinn  $k_2$  er 1,0 fyrir öll svæðin.
- Sviðsmynd 3: Aðgreind lagnakerfi en minna aftaka úrkomuvatn leitt í Tjörnina með hagstæðari útfærslu nýs regnvatnskerfis og blágrænum lausnum. Hér er reiknað með að 80% af aftaka regni á land renni í Tjörnina. Stuðullinn  $k_3$  verður því 0,8 nema fyrir Tjörnina verður hann 1,0.

Afrennslissvæði		Upprunaleg gildi		Sviðmynd 1		
Afrennslissvæði - Lýsing	Svæði nr.	Flatarmál	Afrennslis-stuðull	Stuðull k1	Flatarmál A1	Afrennslis-stuðull C1
		(ha)	(l)	(l)	(ha)	(l)
Öskjuhlíð, Hlíðarendi	1	51,6	0,53	0,9	46,4	0,53
Hringbraut, Vatnsmýrarvegur	2	7,2	0,71	0,0	0,0	0,71
Landsspítali	3	13,9	0,65	0,5	7,0	0,65
Flugvallarsvæði, LitliSkerjafjörður	4	44,5	0,48	0,3	13,4	0,48
Gamla Hringbraut	5	3,4	0,72	1,0	3,4	0,72
Háskólasvæði	6	29,4	0,59	0,5	14,7	0,59
Hringbraut	7	6,3	0,74	0,5	3,2	0,74
Suðurgata, Hringbraut	8	12,5	0,61	0,0	0,0	0,61
Þingholt, Njarðargata	9	13,8	0,65	0,0	0,0	0,65
Þingholt, Bragagata	10	12	0,7	0,0	0,0	0,7
Þingholt, Skothúsvegur	11	4,3	0,65	0,0	0,0	0,65
Kirkjugarður	12	5,4	0,36	0,0	0,0	0,36
Þingholt, Skálholtsstígur	13	5	0,65	0,0	0,0	0,65
Tjarnargata	14	1,9	0,49	0,0	0,0	0,49
Lækjargata, Bókhöðustígur	15	3	0,65	0,0	0,0	0,65
Tjörnin	16	14,7	0,74	1,0	14,7	0,74
<b>Samtals Flatermál (ha):</b>					<b>102,7</b>	
<b>Veginn afrennslisstuðull í Tjarnir:</b>					<b>0,58</b>	

Tafla 9: Afrennslisstuðlar og flatarmál – Núverandi ástand lagnakerfis

Afrennslissvæði		Upprunaleg gildi		Sviðmynd 2		
Afrennslissvæði - Lýsing	Svæði nr.	Flatarmál	Afrennslisstuðull	Stuðull k2	Flatarmál A2	Afrennslisstuðull C2
		(ha)	()	()	(ha)	()
Öskjuhlíð, Hlíðarendi	1	51,6	0,53	1,0	51,6	0,53
Hringbraut, Vatnsmýrarvegur	2	7,2	0,71	1,0	7,2	0,71
Landsspítali	3	13,9	0,65	1,0	13,9	0,65
Flugvallarsvæði, LitliSkerjafjörður	4	44,5	0,48	1,0	44,5	0,48
Gamla Hringbraut	5	3,4	0,72	1,0	3,4	0,72
Háskólasvæði	6	29,4	0,59	1,0	29,4	0,59
Hringbraut	7	6,3	0,74	1,0	6,3	0,74
Suðurgata, Hringbraut	8	12,5	0,61	1,0	12,5	0,61
Þingholt, Njarðargata	9	13,8	0,65	1,0	13,8	0,65
Þingholt, Bragagata	10	12	0,7	1,0	12,0	0,7
Þingholt, Skothúsvegur	11	4,3	0,65	1,0	4,3	0,65
Kirkjugarður	12	5,4	0,36	1,0	5,4	0,36
Þingholt, Skálholtsstígur	13	5	0,65	1,0	5,0	0,65
Tjarnargata	14	1,9	0,49	1,0	1,9	0,49
Lækjargata, Bókhöðustígur	15	3	0,65	1,0	3,0	0,65
Tjörninn	16	14,7	0,74	1,0	14,7	0,74
<b>Samtals Flatermál (ha):</b>					<b>228,9</b>	
<b>Veginn afrennslisstuðull í Tjarnir:</b>					<b>0,59</b>	

Tafla 10: Afrennslisstuðlar og flatarmál – Aðgreind lagnakerfi án blágrænna lausna

Afrennissvæði		Upprunaleg gildi		Sviðmynd 3		
Afrennissvæði - Lýsing	Svæði nr.	Flatarmál	Afrenniss- stuðull	Stuðull k3	Flatarmál A3	Afrenniss- stuðull C2
		(ha)	(l)	(l)	(ha)	(l)
Öskjuhlíð, Hlíðarendi	1	51,6	0,53	0,8	51,6	0,42
Hringbraut, Vatnsmýrarvegur	2	7,2	0,71	0,8	7,2	0,57
Landsspítali	3	13,9	0,65	0,8	13,9	0,52
Flugvallarsvæði, LitliSkjerjafjörður	4	44,5	0,48	0,8	44,5	0,38
Gamla Hringbraut	5	3,4	0,72	0,8	3,4	0,58
Háskólasvæði	6	29,4	0,59	0,8	29,4	0,47
Hringbraut	7	6,3	0,74	0,8	6,3	0,59
Suðurgata, Hringbraut	8	12,5	0,61	0,8	12,5	0,49
Þingholt, Njarðargata	9	13,8	0,65	0,8	13,8	0,52
Þingholt, Bragagata	10	12	0,7	0,8	12,0	0,56
Þingholt, Skothúsvegur	11	4,3	0,65	0,8	4,3	0,52
Kirkjugarður	12	5,4	0,36	0,8	5,4	0,29
Þingholt, Skálholtsstígur	13	5	0,65	0,8	5,0	0,52
Tjarnargata	14	1,9	0,49	0,8	1,9	0,39
Lækjargata, Bókhöðustígur	15	3	0,65	0,8	3,0	0,52
Tjörnin	16	14,7	0,74	1,0	14,7	0,74
<b>Samtals Flatermál (ha):</b>				<b>228,9</b>		
<b>Veginn afrennissstuðull í Tjarnir:</b>				<b>0,47</b>		

Tafla 11: Afrennissstuðlar og flatarmál - Aðgreind lagnakerfi og 80% ofanvatns í lagnir

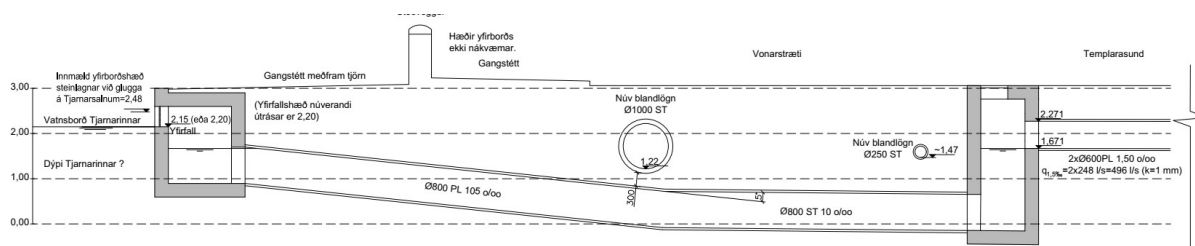
Loks má geta þess að fleiri þættir geta haft áhrif á innrennsli í Tjörnina og útrennsli úr henni. Leki úr vatnslögnum var á árum áður tilgreindur sem umtalsverður hluti þess vatns sem í hana rynni. Ekki er þó hér gerð tilraun til þess að meta þetta.

## 4 Rennslisgreining

### 4.1 Rennslisleiðin

Afkastageta hinnar nýju lagnar ætti að anna eins miklu af því ofanvatni sem fellur á afrennslissvæði Tjarnarinnar og raunhæft er. Ýmislegt getur þó orðið til þess að takmarka flutningsgetu hennar. Sjávarföll valda því að útrásin kann að vera á kafi í hluta sólarhringsins og við það minnkar meðaltalsrennslisgeta hennar. Í ítrustu tilvikum getur sjávarhæð farið yfir vatnsborð Tjarnarinnar og þá getur ofanvatn ekki runnið til sjávar eftir lögninni. Til þess að hún veiti ekki sjó inn í lagnakerfið er nauðsynlegt að flóðloka verði á útrásinni. Vegna lítils hæðarmunar verður halli lagnarinnar og þar með flutningsgeta hennar takmörkuð. Landhæð í lagnaleiðinni takmarkar enn fremur stærð lagnanna þar sem stórar lagnir myndu liggja of nærri yfirborði. Ef ekki er mögulegt að lögnin geti annað öllu innrennslis í Tjörnina með stuttan varanda þarf að treysta að á miðlun með hækkun vatnsborðs í Tjörninni geymi hluta af ofanvatninu þar til úrkomunni linni. Afrennslislögnin veitir síðan vatninu til sjávar eftir því sem flutningsgeta hennar leyfir.

### 4.2 Inntak við Tjörnina



Mynd 12: Nýtt inntak við Tjörnina

#### Samanlögð afköst yfirfalla Tjarnarinnar

Eins og áður segir er núverandi yfirfall með kóta á yfirfallskrónu 2,20 og er það 4 m breitt. Talið er nauðsynlegt að nota þetta yfirfall sem varayfirfall þegar vatnsborð Tjarnarinnar hækkar of mikið. Hins vegar er æskilegt að takmarka rennslis um varayfirfallið eins og mögulegt er. Hér verður gert ráð fyrir að króna varayfirfallsins verði hækkuð í kóta 2,30. Afköst yfirfallanna verða þá samkvæmt eftirfarandi útreikningi þar sem  $Q_1$  er rennslis yfir nýtt yfirfall og  $Q_2$  er rennslis yfir varayfirfall.

$$Q_1(h) = 0,40 \cdot 4,0 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot (h - 2,15)^{1,5} = 7,1(h - 2,15)^{1,5} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

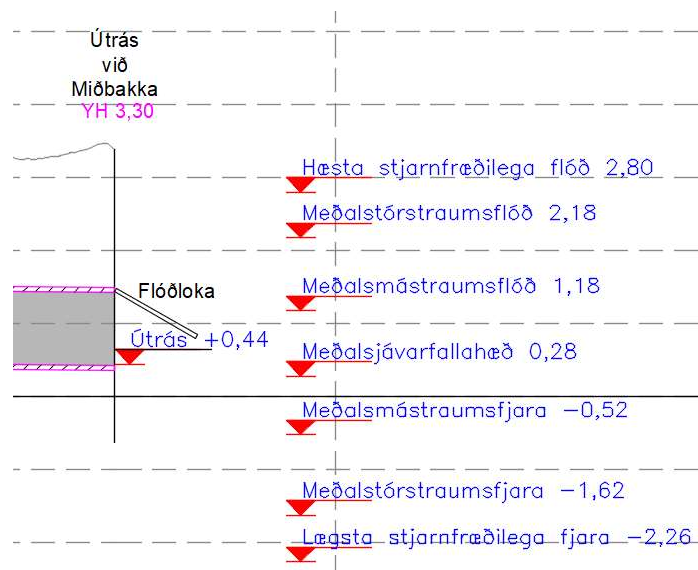
$$Q_2(h) = 0,40 \cdot 4,0 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot (h - 2,30)^{1,5} = 7,1(h - 2,30)^{1,5} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Útrennsli Tjarnar við mismunandi vatnshæð						
Breidd=	Nýtt yfirfall K= 2,15	Afrennislögn Tjarnar	Neyðaryfirfall K= 2,30	Bæði yfirföll og lögn		
Vatnshæð (m)	Hæð yfir yfirfalli (m)	Afköst yfirfalls (l/s)	Afköst lagnar (l/s)	Hæð yfir yfirfalli (m)	Afköst yfirfalls (l/s)	Afköst samtals (l/s)
2,20	0,05	79	79	0,00	0	79
2,25	0,10	224	224	0,00	0	224
2,30	0,15	412	412	0,00	0	412
2,35	0,20	634	634	0,05	79	713
2,40	0,25	886	690	0,10	224	914
2,45	0,30	1.165	690	0,15	412	1.102
2,50	0,35	1.467	690	0,20	634	1.324

Tafla 12: Afköst yfirfalla Tjarnarinnar

### 4.3 Útrás í Reykjavíkurhöfn

Gert er ráð fyrir því að útrásarlögn verði lögð frá núverandi nýjum brunni BR209706 við gatnamót Naustanna og Geirsgötu, yfir Geirsgötu að útrás við Miðbakka. Útrásin við Miðbakka verður með rennislíkóta um  $k=+0,44$  m í hæðarkerfi Reykjavíkur. Hún verður með flóðloku sem hindrar bakrennsli sjávar við háa sjávarstöðu.



Mynd 13: Útrás við Miðbakka og sjávarhæðir

Þegar sjávarstaða er ofan við botnkóta rörs útrásar þá minnkar sá hæðarmunur sem knýr fram rennslið. Því minnkar þetta flutningsgetuna því sjávarföll verða tvisvar á sólarhring.

Eftirfarandi gildi eiga við um sjávarföll í Reykjavíkurhöfn, hæðir eru í hæðarkerfi Reykjavíkur.

Hæsta stjarnfræðilega flóð:	+ 2,80 m
Meðalstórstraumsflóð:	+ 2,18 m
Meðalsmástraumsflóð:	+ 1,18 m
Hæð útrásar:	+ 0,44 m
Meðalsjávarfallahæð:	+ 0,28 m
Meðalsmástraumsfjara:	- 0,52 m

Meðalstórstraumsfjara: - 1,62 m  
Lægsta stjarnfræðilega fjara: - 2,26 m

Ef útrásin er í kóta +0,44 m þá fer sjávarhæð upp fyrir hana á hverjum degi.

Meðalstórstraumsflóð nær upp í sömu hæð og er á vatnsborði Tjarnarinnar. Því er nauðsynlegt að koma fyrir bakflæðisvörn við útrásina til þess að koma í veg fyrir innflæði sjávar í regnvatnskerfið. Án slíkrar varnar má gera ráð fyrir að verulegur hluti regnvatnslagnakerfisins í Kvosinni fyllist af sjó á hverjum degi. Sjór myndi þá hugsanlega einnig geta runnið inn í jarðlögin og auka á dælingarþörf í dælubrunnum kjallara í hverfinu. Því er gert ráð fyrir að flóðloku verði komið fyrir í útrásinni. Flóðlokan verður í sérstökum brunni til þess að auðvelda viðhald, aðgengi og minnka hættu á truflunum starfsemi hennar vegna frosta.

#### 4.4 Rennslisreikningar

Til þess að reikna mótstöðu á rennslisleiðinni og flutningsgetu lagnarinnar þá var sett upp líkan út frá Manning jöfnunni. Samkvæmt henni er þrýstifall á tilteknum hluta lagnarinnar:

$$\Delta H_L = \frac{L}{M^2 \cdot R^{4/3} \cdot A^2} \cdot Q^2$$

Þar sem L er lengd lagnarhlutans í m, Q er rennsli í m<sup>3</sup>/sek, R er hydrauliskur radius í m og M er Manningtalan fyrir rörið. Fyrir fullt rör verður R= D/4 þar sem D er þvermál rörsins. Manningtalan er reiknuð út frá hrýfinu k (í m) samkvæmt líkingunni:

$$M = \frac{25,4}{\sqrt[6]{k}}$$

Þessi líking gildir ef  $4,7 < R/k < 300$ . Við gerum ráð fyrir hrýfi k=1 mm og rörstærð D= 600 – 800 mm þannig að stærðin R/k verður á bilinu 75-200 og vel innan gildissviðs líkingarinnar.

Stakar mótstöður á rennslisleiðinni voru metnar fyrir hverja mótstöðu samkvæmt jöfnunni:

$$\Delta H_S = \frac{\zeta}{2g \cdot A^2} \cdot Q^2$$

Þar sem stærðin  $\zeta$  er töflugildi fyrir þrýstítap í hverju tilviki hveðrar stakrar mótstöðu í rennslisleiðinni.

Þegar mótstöður í rennslisleiðinni eru lagðar saman þá fæst jafnan:

$$\sum \Delta H = \sum \frac{L \cdot Q^2}{M^2 \cdot R^{4/3} \cdot A^2} + \sum \frac{\zeta \cdot Q^2}{2g \cdot A^2}$$

Samanlagða þrýstítapið  $\Delta H$  á að jafngilda þeim hæðarmun sem knýr rennslið. Rennslið Q breytist á rennslisleiðinni, því við rennslið úr Tjörninni bætist rennsli úr öðrum regnvatnslögnum í Kvosinni. Óþekkt stærðin í þessari jöfnu er rennslið út úr Tjörninni og byggist lausnaraðferðin á því að ítra gildið fyrir rennsli úr henni þar til heildarþrýstítapið í lögninni er jafnt hæðarmun lagnar við inntak og útrás. Sérstakt tilvik á við ef einungis er verið að tæma úr Tjörninni og ekkert rennur í afrennislögnina úr Kvosinni. Þetta getur átt við stuttu eftir mjög stóra, en stutta regnskúr, þegar lagnir í Kvosinni hafa hreinsað sig og Tjörninn hefur safnað í sig miklu afrennsli sem þarf að tæmast til sjávar.



Tafla 13 sýnir mat á svörun lagnakerfisins við aftaka úrkomu sviðsmynd 1 en hún miðast við núverandi ástand lagna, þar sem meginhluti regnvatns sem fellur á byggð svæði rennur í blandlagnir, en afrennsli óbyggðra svæða rennur í Tjörnina. Miðað er við afrennslistölur úr töflu 9. Áhrif á Tjörnina miðast við lok skúrarinnar og er metið hve mikil uppsöfnun á vatni hefur orðið í henni og mikið vatnsborð hennar hafi hækkað við það.

Tjörnin rennslibókhalda - Sviðsmynd 1: Núverandi ástand lagna													
Afrennslistuðull C= 0,58										Flatarmál A= 102,7 ha			
Úrkomutilvik			Innrennsli		Flutningsgeta og rennsli					Áhrif á Tjörnina			
Varandi	Endurkomutími	Úrkomugildi (i)	Tjörnin og Vatnsnýri	Kvosin í lögn	Inntak nýtt	Neyðar-yfirfall	Afköst lagnar	Útrás miðbakka	Útrennsli úr Tjörn	Tjörnin miðlun	Miðlun samtals	Hækkun í Tjörninni	Vatnsborð Tjarnar
		(l/s/ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m3)	(mm)	(m)
10 mín	5 ár	50,3	2.996	-	17	-	187	17	17	2.979	1.788	18	2,17
10 mín	20 ár	65,2	3.884	-	140	-	42	42	42	3.842	2.305	23	2,22
10 mín	50 ár	75,1	4.473	-	31	-	34	31	31	4.442	2.665	27	2,18
1 klst	5 ár	24,1	1.436	-	77	-	390	77	77	1.359	4.891	49	2,20
1 klst	20 ár	31,3	1.864	-	112	-	340	112	112	1.752	6.309	63	2,21
1 klst	50 ár	36,1	2.150	-	137	-	336	137	137	2.013	7.248	72	2,22
6 klst	5 ár	11,5	685	-	224	-	469	224	224	461	9.958	100	2,25
6 klst	20 ár	15,0	893	-	313	-	449	313	313	580	12.539	125	2,28
6 klst	50 ár	17,2	1.025	-	371	-	435	371	371	654	14.116	141	2,29
12 klst	5 ár	7,9	471	-	231	-	489	231	231	240	10.349	103	2,25
12 klst	20 ár	10,3	614	-	317	-	476	317	317	297	12.810	128	2,28
12 klst	50 ár	11,8	703	-	375	-	468	375	375	328	14.164	142	2,29
24 klst	5 ár	4,7	280	-	179	-	506	179	179	101	8.723	87	2,24
24 klst	20 ár	6,2	369	-	245	-	499	245	245	124	10.740	107	2,26
24 klst	50 ár	7,1	423	-	287	-	494	287	287	136	11.743	117	2,27
48 klst	5 ár	2,8	167	-	126	-	516	126	126	41	7.048	70	2,22
48 klst	20 ár	3,7	220	-	173	-	512	173	173	47	8.190	82	2,23
48 klst	50 ár	4,2	250	-	198	-	508	198	198	52	9.016	90	2,24
1 mánn	50 ár	1,0	60	-	-	-	133	-	-	60	-	-	-
1 ár	50 ár	0,36	21	-	-	-	47	-	-	21	-	-	-

Tafla 13: Rennsli í aftaka úrkomu – núverandi ástand lagna

Í töflunni kemur fram fyrir margs konar varanda úrkomu og endurkomutíma hvert innrennslið er í Tjörnina. Þá er tilgreint hvert innrennslið er í lögnina úr Kvosinni og síðan hvert útrennslið úr Tjörninni verður til þess að fullnýta flutningsgetu lagnarinnar eða afköst inntaks. Það sem eftir verður safnast upp í Tjörninni og er hækkun yfirborðs hennar reiknuð miðað við 10 ha flatarmál. Þegar vatnsborðið fer yfir krónu varayfirfallsins þá bætist við útrennslið sem nemur afköstum þess.

Niðurstöðurnar sýna að við núverandi ástand lagnakerfa þá muni Tjörnin þjóna miðlunarhlutverki sínu vel með hinu nýja fyrirkomulagi afrennslis. Fyrir allar samsetningar af varanda og endurkomutíma þá hækkar vatnsborð hennar. Mesta hækkun er fyrir 12 klst skúrir og er hækkunin á bilinu 103-142 mm eftir því við hvaða endurkomutíma er miðað. Við hækkun vatnsborðsins þá eykst rennslið um yfiröllin og vatnsmagnið sem í Tjörnina hefur bæst rennur smám saman út.

Tafla 14 sýnir mat á svörun lagnakerfisins við sviðsmynd 2 með fulla aðgreiningu lagna án blágrænna lausna, þar sem allt afrennsli regnvatns sem fellur á byggð svæði rennur í Tjörnina. Miðað er við afrennslistölur úr töflu 10.

Tjörnin rennslibókhald - Sviðsmynd 2: Full aðgreining fráveitulagna - allt regnvatn í regnvatnslagnir													
Afrennslistuðull C= 0,59											Flatarmál A= 228,9 ha		
Úrkomutilvik			Innrennsli		Flutningsgeta og rennsli					Áhrif á Tjörnina			
Varandi	Endurkomutími	Úrkomugildi (i)	Tjörnin og Vatnsmýri	Kvosin í lögn	Inntak nýtt	Neyðar-yfirfall	Afköst lagnar	Útrás miðbakka	Útrennsli úr Tjörn	Tjörnin miðlun	Miðlun samtals	Hækkun í Tjörninni	Vatnsborð Tjarnar
		(l/s/ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m3)	(mm)	(m)
10 mín	5 ár	50,3	6.793	991	57	-	187	1.048	57	6.736	4.042	40	2,19
10 mín	20 ár	65,2	8.805	1.285	234	-	42	1.327	42	8.763	5.258	53	2,25
10 mín	50 ár	75,1	10.142	1.480	107	-	34	1.514	34	10.108	6.065	61	2,21
1 klst	5 ár	24,1	3.255	475	252	-	390	727	252	3.003	10.810	108	2,26
1 klst	20 ár	31,3	4.227	617	371	-	340	957	340	3.887	13.994	140	2,29
1 klst	50 ár	36,1	4.875	712	466	11	336	1.059	347	4.528	16.302	163	2,31
6 klst	5 ár	11,5	1.553	227	687	107	469	803	576	977	21.105	211	2,36
6 klst	20 ár	15,0	2.026	295	1.016	309	449	1.053	758	1.268	27.384	274	2,42
6 klst	50 ár	17,2	2.323	339	1.223	454	435	1.228	889	1.434	30.972	310	2,46
12 klst	5 ár	7,9	1.067	156	667	96	489	741	585	482	20.818	208	2,36
12 klst	20 ár	10,3	1.391	202	989	291	476	969	767	624	26.958	270	2,42
12 klst	50 ár	11,8	1.594	233	1.182	424	468	1.125	892	702	30.309	303	2,45
24 klst	5 ár	4,7	635	93	445	5	506	543	450	185	15.962	160	2,31
24 klst	20 ár	6,2	837	121	672	99	499	719	598	239	20.677	207	2,36
24 klst	50 ár	7,1	959	140	828	188	494	822	682	277	23.921	239	2,39
48 klst	5 ár	2,8	378	55	306	-	516	361	306	72	12.466	125	2,27
48 klst	20 ár	3,7	500	71	412	-	512	483	412	88	15.153	152	2,30
48 klst	50 ár	4,2	567	82	462	9	508	553	471	96	16.626	166	2,31
1 mánn	50 ár	1,0	135	19	132	-	668	151	132	3	7.908	79	2,22
1 ár	50 ár	0,36	49	7	50	-	680	57	50	-	-	-	2,19

Tafla 14: Rennsli í aftaka úrkomu - full aðgreining lagna

Niðurstöðurnar sýna að við úrkomu með stuttan varanda á við 10 mínútur þá hækkar yfirborð Tjarnarinnar nokkuð, 40-60 mm. Lagnakerfi Kvosarinnar fær hins vegar gríðarlegt innrennsli úr Kvosinni sjálfri og nær því ekki að anna afrennsli Tjarnarinnar. Lagnakerfi Kvosarinnar mun hins vegar fljótlega hreinsa sig eftir hina stuttu skúr og taka við að veita vatni úr Tjörninni til sjávar.

Við langan varanda, allt frá 2 dögum og upp í 1 mánuð og ár þá er úrkoman mun minni og lögnin annar öllu rennslinu af afrenslissvæðunum, bæði því sem fellur á Kvosina og rennur í Tjörnina.

Samkvæmt þessum útreikningum þá reynir úrkomuvarandi á milli 6 klst og 24 klst mest á miðlunina í Tjörninni og einna mest virðast áhrifin vera af 6-12 klst varanda úrkomu. Samspil úrkomumagns og tímalengdar veldur hækkun í vatnsborði hennar sem er umfram það sem útrásarlögnin ræður við og hefst þá rennsli um varayfirfallið. Hækkun á vatnsborði Tjarnarinnar verður í allt að kóta 2,46 fyrir 6 klst skúr með 50 ára endurkomutíma.

Tafla 15 sýnir mat á svörun lagnakerfisins við sviðsmynd 3 með fulla aðgreiningu lagna en með blágrænum lausnum, þar sem 80% afrennsli regnvatns sem fellur á byggð svæði rennur í Tjörnina. Miðað er við afrennslistölur úr töflu 11.

Tjörnin rennslistgreining - Sviðsmynd 3: Full aðgreining fráveitulagna - 80% regnvatns í regnvatnslagdir													
Afrennslistuðull C= 0,47													
Flatarmál A= 228,9 ha													
Úrkomutílik			Innrennsli		Flutningsgeta og rennsli					Áhrif á Tjörnina			
Varandi	Endurkomutími	Úrkomugildi (i)	Tjörnin og Vatnsmýri	Kvosin í lögn	Inntak nýtt	Neyðaryfirfall	Afköst lagnar	Útrás miðbakka	Útrennsli úr Tjörn	Tjörnin miðlun	Miðlun samtals	Hækkun í Tjörninni	Vatnsborð Tjarnar
		(l/s/ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m <sup>3</sup> )	(mm)	(m)
10 mín	5 ár	50,3	5.411	991	41	-	184	1.032	41	5.370	3.222	32	2,18
10 mín	20 ár	65,2	7.014	1.285	198	-	39	1.324	39	6.975	4.185	42	2,24
10 mín	50 ár	75,1	8.079	1.480	75	-	31	1.511	31	8.048	4.829	48	2,20
1 klst	5 ár	24,1	2.593	475	182	-	388	657	182	2.411	8.679	87	2,24
1 klst	20 ár	31,3	3.367	617	266	-	337	883	266	3.101	11.165	112	2,26
1 klst	50 ár	36,1	3.884	712	325	-	334	1.037	325	3.559	12.811	128	2,28
6 klst	5 ár	11,5	1.237	227	471	12	467	706	479	758	16.377	164	2,31
6 klst	20 ár	15,0	1.614	295	741	137	447	879	584	1.030	22.242	222	2,37
6 klst	50 ár	17,2	1.850	339	913	241	433	1.013	674	1.176	25.411	254	2,41
12 klst	5 ár	7,9	850	156	462	9	487	627	471	379	16.369	164	2,31
12 klst	20 ár	10,3	1.108	202	721	126	474	802	600	508	21.950	220	2,37
12 klst	50 ár	11,8	1.269	233	886	224	465	922	689	580	25.077	251	2,40
24 klst	5 ár	4,7	506	93	348	-	504	441	348	158	13.620	136	2,28
24 klst	20 ár	6,2	667	121	466	11	496	598	477	190	16.417	164	2,31
24 klst	50 ár	7,1	764	140	578	52	491	683	543	221	19.081	191	2,34
48 klst	5 ár	2,8	301	55	241	-	513	296	241	60	10.408	104	2,26
48 klst	20 ár	3,7	398	71	325	-	509	396	325	73	12.624	126	2,28
48 klst	50 ár	4,2	452	82	371	-	506	453	371	81	13.971	140	2,29
1 mánn	50 ár	1,0	108	19	105	-	668	124	105	3	6.695	67	2,21
1 ár	50 ár	0,36	39	7	39	-	680	46	39	-	-	-	2,18

Tafla 15: Rennsli í aftaka úrkomu - full aðgreining lagna, 80% regnvatns í lagnir

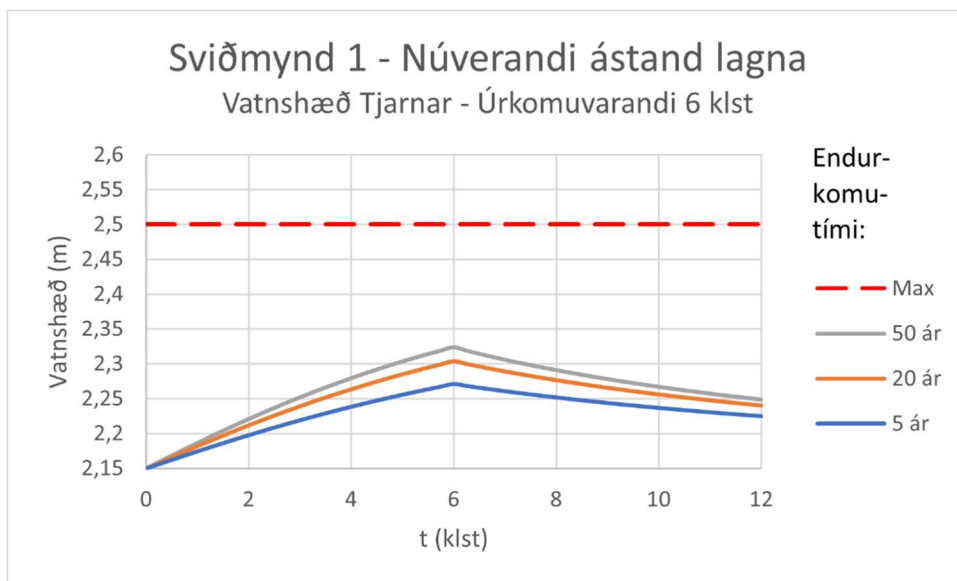
Niðurstöðurnar sýna að það hefur nokkur áhrif á vatnsborð Tjarnarinnar þegar 20% regnvatnsins er beint í brágræna ofanvatnskerfið. Mest eru áhrifin við varanda 6-24 klst þegar vatnsborðið hækkar um 5 cm minna en fyrir sviðsmynd 2. Hækkun verður mest í kóta 2,41 fyrir 6 klst skúr með 50 ára endurkomutíma. Einnig er minna treyst á varayfirfallið til þess að létta á lagnakerfinu.

Framangreindir útreikningar miða við að reikna út ástand Tjarnarinnar við lok skúrar með ákveðin einkenni eins og að rennslið úr Tjörninni sé í samræmi við vatnshæð hennar við lok þeirrar skúrar. Þetta er ekki allskostar rétt aðferðafræði því ekki er tekið tillit til þeirrar þróunar sem verður við að vatnsborðið hækkar smám saman við aukið innrennsli regnvatns og útrennslið eykst eftir því sem vatnsborðið hækkar. Þannig má búast við að hækkun vatnsborðs Tjarnarinnar verði meira en þessi aðferð gefur til kynna. Útreikningarnir sýna hins vegar hvaða tilvik þurfi að skoða nánar til þess að finna mestu áraun á lagnakerfin og miðlun Tjarnarinnar. Það er umfangsmeira verkefni að greina þessa hvernig rennsli og vatnshæð þróast með tíma. Hér verður valið að greina tímaþróun vatnshæðar og rennslis fyrir 6, 12 og 24 klst skúrir með 5, 20 og 50 ára endurkomutíma. Þessi kafla greining er sett fram í kafla 4.5 hér að neðan.

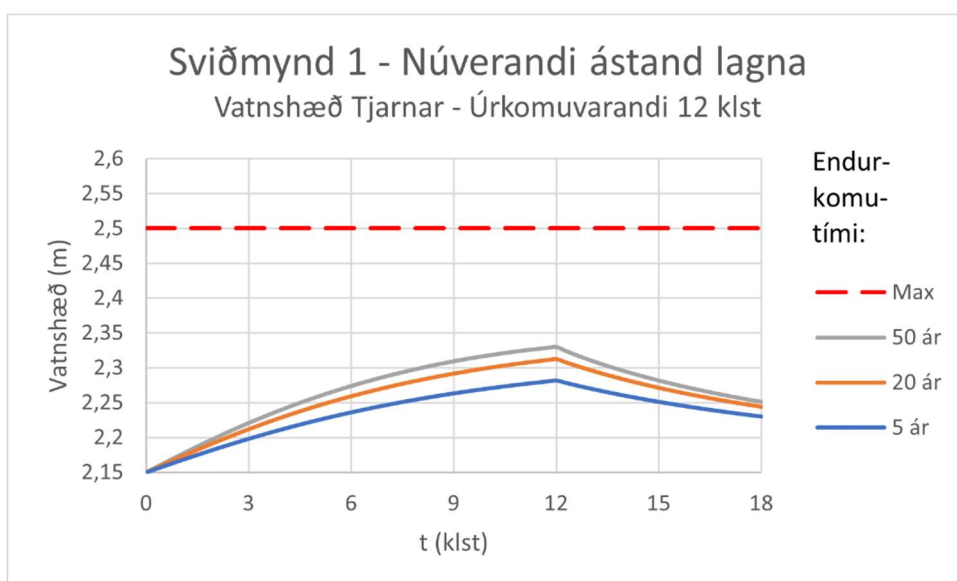
#### 4.5 Tímaþróun vatnshæðar í Tjörninni og rennslis úr henni

Vatnshæð Tjarnarinnar og rennslid úr henni var reiknað í 15 mínútna skrefum með því að vega saman innrennslí í Tjörnina og útrennslí samkvæmt lægra gildinu af afköstum yfirfalls eða lagnar. Afköst yfirfallsins aukast eftir því sem vatnsborðið hækkar (Tafla 12) en afköst lagnarinnar takmarkast við útreiknað gildi 690 l/s. Þetta rennslisgildi byggir á því að við núverandi ástand rennur lítið sem ekkert regnvatn inn í lögnina úr Kvosinni og Vesturbænum og hægt er að fullnýta rennslisgetu hennar til þess að tæma úr Tjörninni. Útreikningar voru gerðir fyrir 6, 12 og 24 klst varanda og 5, 20 og 50 ára endurkomutíma.

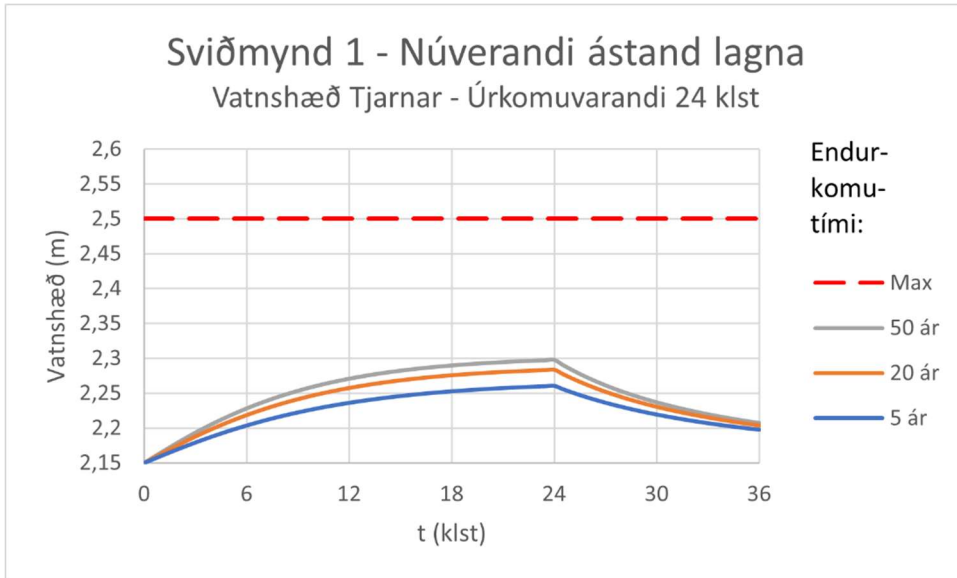
Sviðsmynd 1. Niðurstöður fyrir sviðsmynd 1 eru sýndar á Mynd 14 - Mynd 19. Á rennslismyndunum tákna Q1 rennslí um afrennslislögnina og Q2 rennslí um varayfirfall.



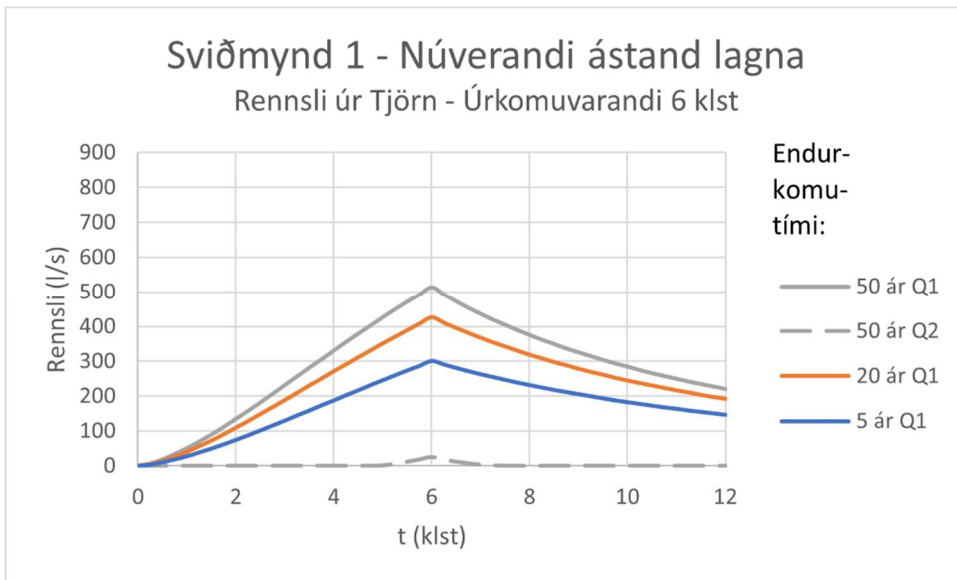
Mynd 14: Vatnshæð Tjarnarinnar – sviðsmynd 1, núverandi ástand lagna, úrkomuvarandi 6 klst



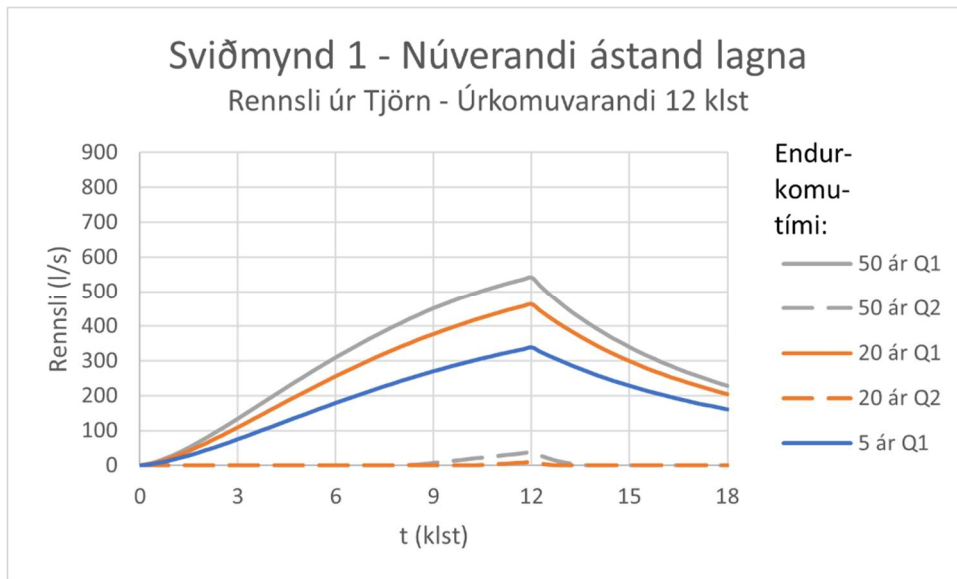
Mynd 15: Vatnshæð Tjarnarinnar - sviðsmynd 1, núverandi ástand lagna, úrkomuvarandi 12 klst



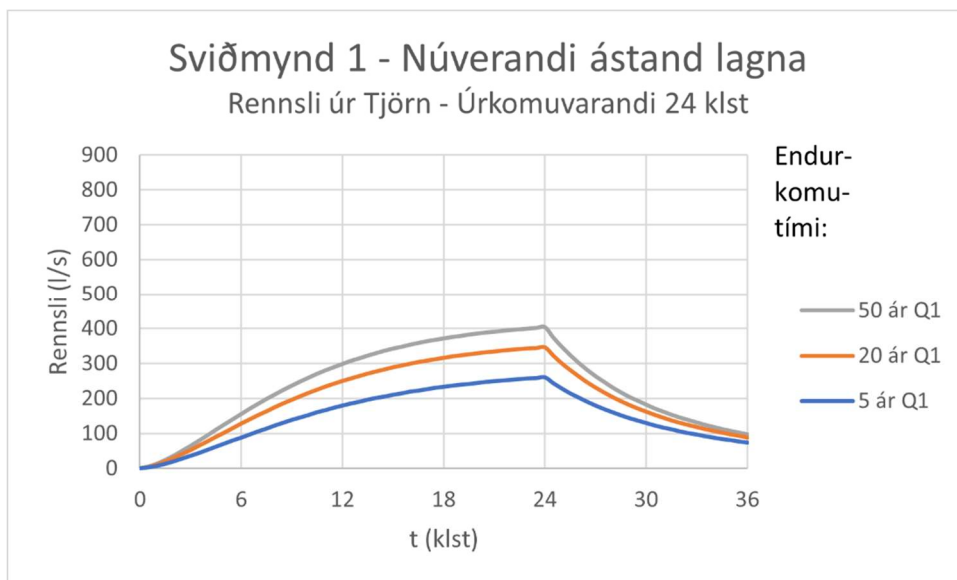
Mynd 16: Vatnshæð Tjarnarinnar sviðsmynd 1, núverandi ástand lagna, úrkomuvarandi 24klst



Mynd 17: Rennsli úr Tjörninni - Sviðsmynd 1, núverandi ástand lagna, varandi 6 klst



Mynd 18: Rennsli úr Tjörninni - Sviðmynd 1, núverandi ástand lagna, varandi 12 klst



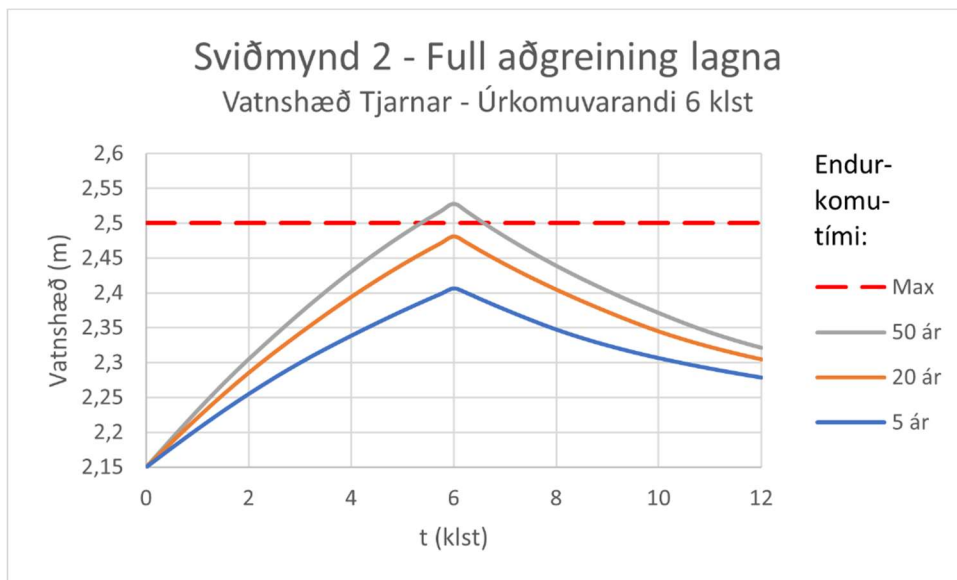
Mynd 19: Rennsli úr Tjörninni - Sviðmynd 1, núverandi ástand lagna, varandi 24 klst

Eins og sjá má eykst vatnshæðin allan varanda skúranna og hefur ekki háð jafnvægi þegar þeim lýkur þó að jafnvægi virðist vera að koma á fyrir 24 klst varanda. Mesta vatnshæð er við kóta  $K=2,33$  fyrir 6 og 12 klst skúrir með 50 ára endurkomutíma. Þetta er lítillega hærra gildi en gildin 2,29 úr töflu 13 því hér hefur verið tillit til tímaþróunar útrenslis eftir því sem vatnsstaðan hækkar. Þetta er minna en gildið 2,50 m sem miðað hefur verið við sem hámarksgildi vatnshæðarinnar og merkt er inn á myndir sem sýna þróun vatnshæðarinnar. Rennslið úr Tjörninni eykst stöðugt með vatnshæðinni og nær ekki hámarksafköstum lagnarinnar í neinu tilviki. Í nokkrar klukkustundir fyrir 12 klst skúr með 50 ára endurkomutíma og styttri tíma fyrir 6 klst skúr með 50 ára endurkomutíma fer vatnshæðin hins vegar yfir tilgreinda hæð varayfirfallsins  $K=2,30$  og dálítið rennsli fer í yfirfallslögnina, merkt sem Q2 á línuritum fyrir útrennsli.

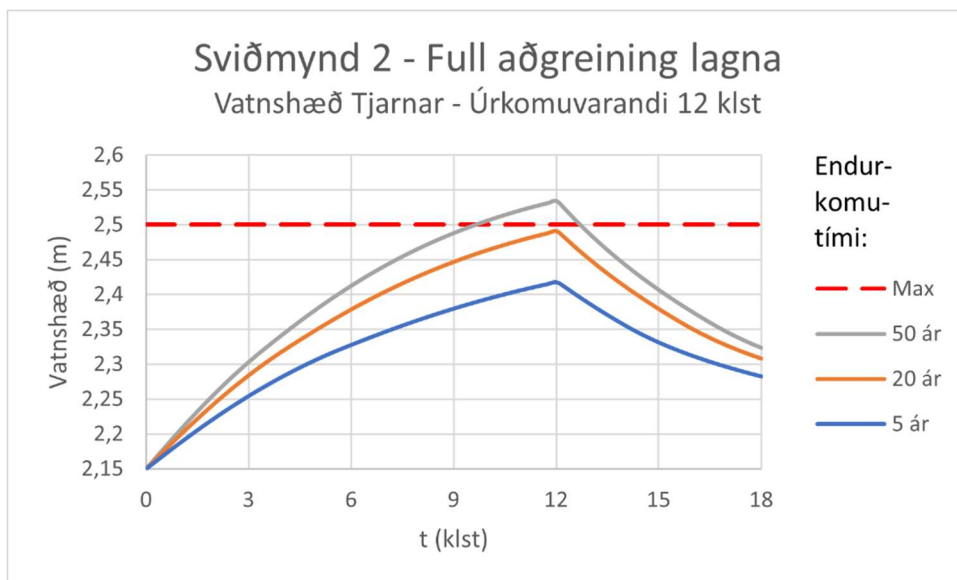
Reglur í leiðbeiningum Veitna sem Tafla 6 tilgreina að við 20 ára endurkomutíma megi lögnin ekki vera undir þrýstingi. Telja má að lögnin verði ekki undir þrýstingi ef hæð Tjarnarinnar, að frádregnu þrýstítapi í inntakslögn fer ekki yfir efri brún á lögn við inntak úr inntaksbrunni við Tjörnina. Kóti lagnar í inntaksbrunni er 1,67 m og lagnarþvermálið 0,60 m. Þrýstifall í inntakslögnum frá Tjörninni og inn í

brunninn er metið 0,11 m. Þannig er lögnin talin geta verið undir þrýstingi ef vatnsborð Tjarnarinnar fer yfir  $1,67 + 0,6 + 0,11 = 2,38$  m. Lægsti staður á yfirborði í rennisleiðinni er í kóta um 2,60. Vatnsborð Tjarnarinnar fer yfir hvorugt þessara marka við sviðsmynd 1 og því má álykta að við hana séu allar kröfur Veitna uppfylltar.

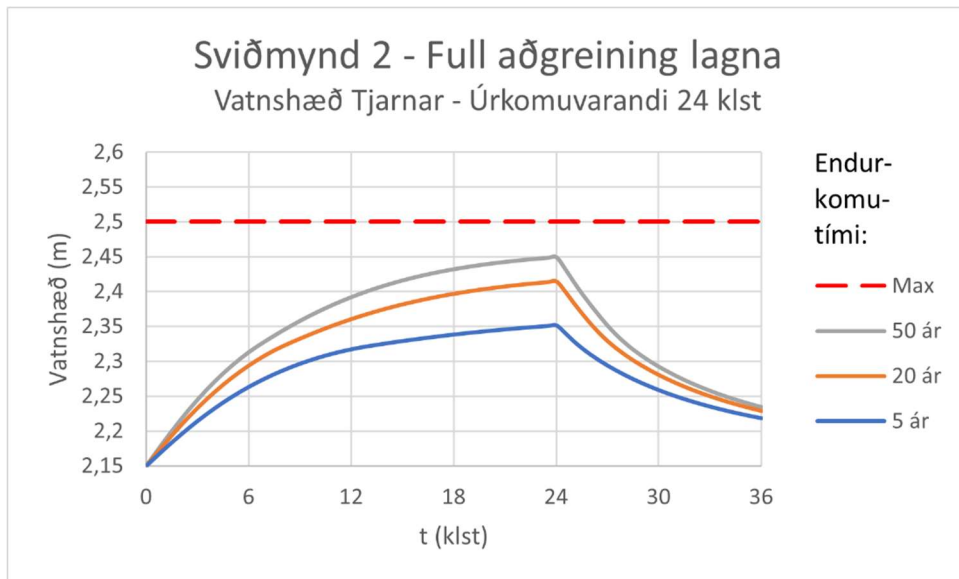
Sviðsmynd 2. Mynd 20 - Mynd 25 sýna sams konar línurit fyrir sviðsmynd 2, fulla aðgreiningu lagna. Afköst yfirfalla eru óbreytt frá fyrri sviðsmynd, en afköst lagnarinnar eru minni vegna þess að hún þarf auk afrennslis Tjarnarinnar að flytja ofanvatn úr Kvosinni og hluta vesturbæjarins. Geta lagnarinnar til þess að flytja afrennslis Tjarnarinnar er reiknað sem tæpir 500 l/s.



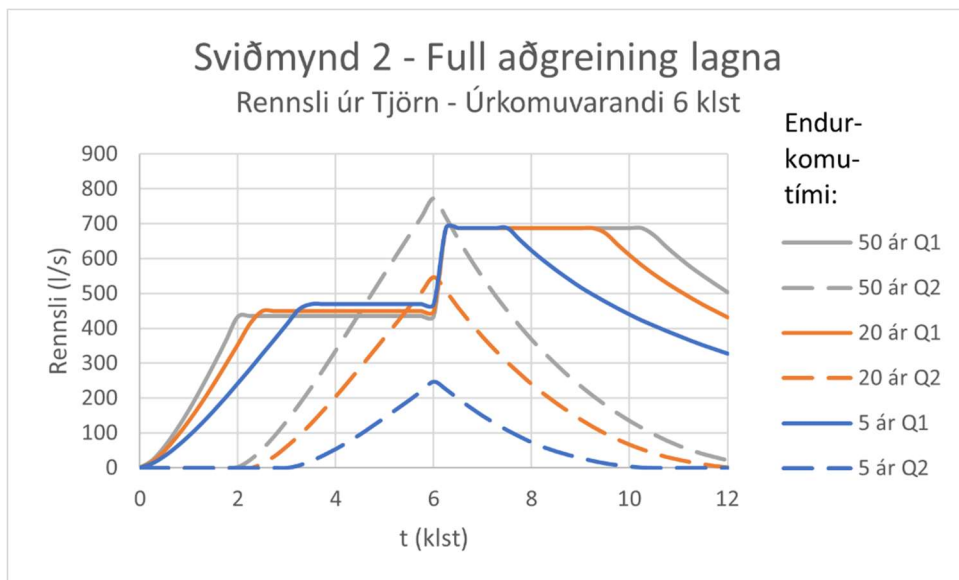
Mynd 20: Vatnshæð Tjarnarinnar - Sviðsmynd 2, full aðgreiningu lagna, varandi 6 klst



Mynd 21: Vatnshæð Tjarnarinnar - Sviðsmynd 2, full aðgreiningu lagna, varandi 12 klst

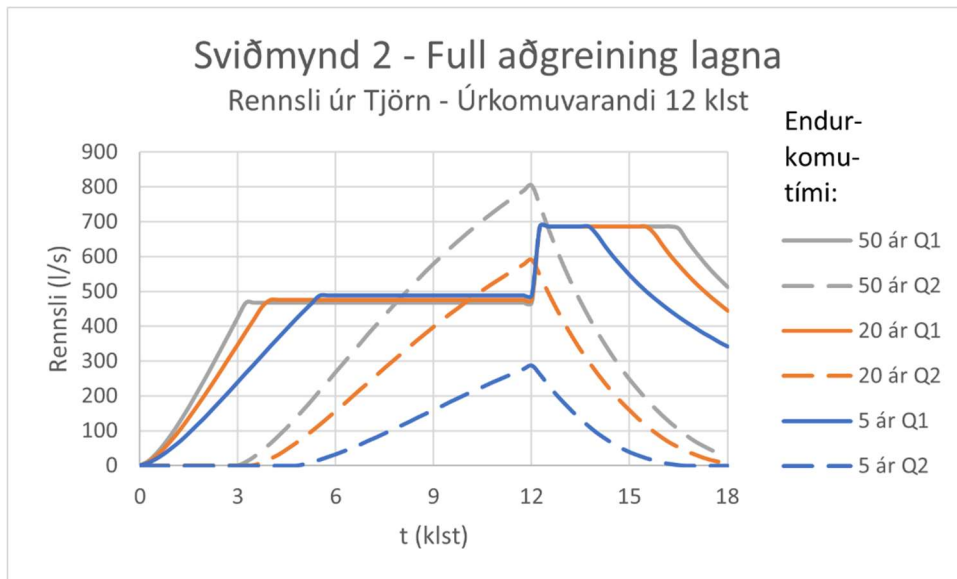


Mynd 22: Vatnshæð Tjarnarinnar - Sviðsmynd 2, full aðgreining lagna, varandi 24 klst

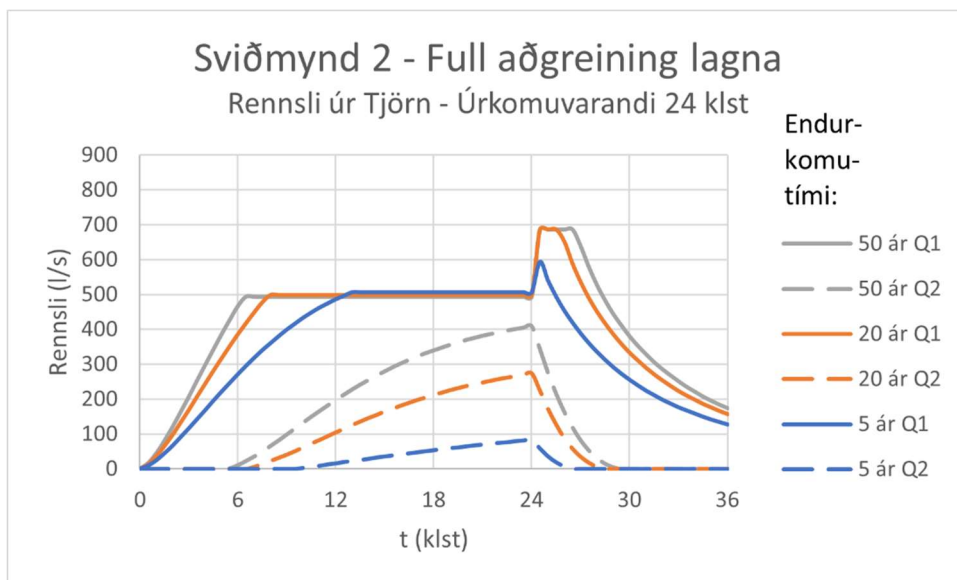


Mynd 23: Rennsli úr Tjörninni - Sviðsmynd 2, full aðgreining lagna, varandi 6 klst





Mynd 24: Rennsli úr Tjörninni - Sviðmynd 2. full aðgreining lagna, varandi 12 klst

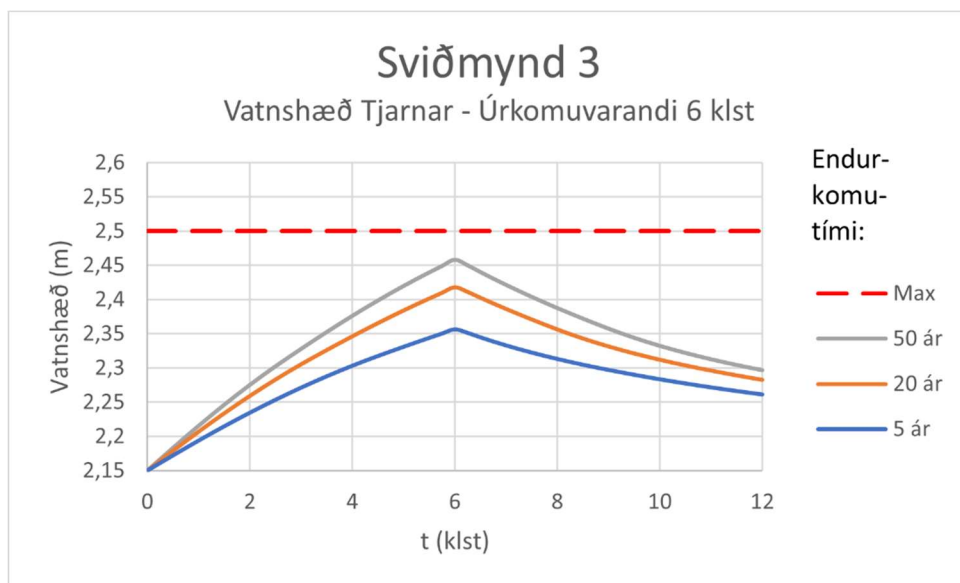


Mynd 25: Rennsli úr Tjörninni - Sviðmynd 2, full aðgreining lagna, varandi 24 klst

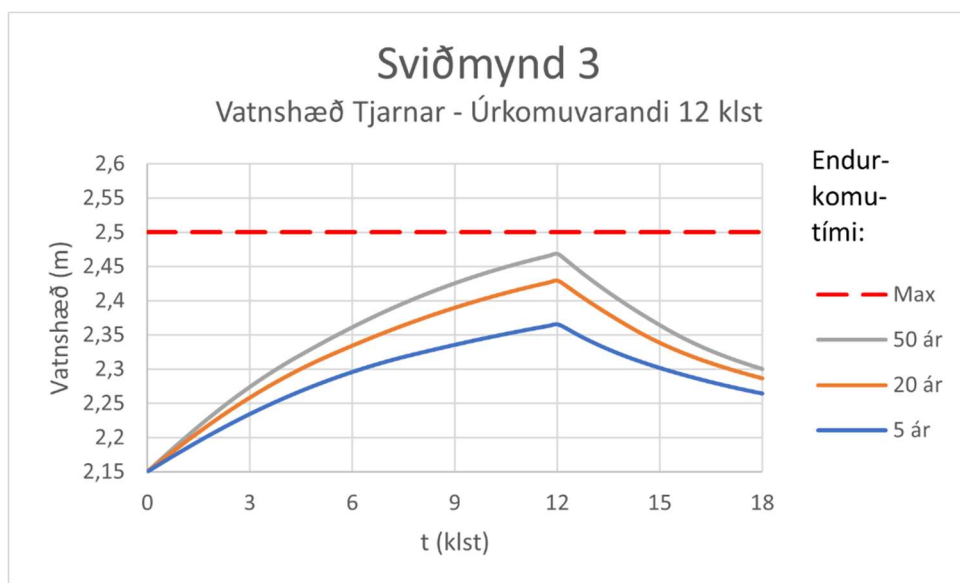
Mynd 23, Mynd 24 og Mynd 25 sýna hvernig afrennsli Tjarnarinnar um nýju lögnina, merkt sem Q1, hættir að aukast þegar flutningsgetu hennar er náð og afrennsli um varayfirfallið, merkt sem Q2 fer að aukast og nær hámarki við lok skúrarinnar. Á meðan rennsli er um varayfirfallið þurfa dælustöðvar að bæta á sig álagi til þess að anna rennslinu. Áætlað er að regnvatnslagnir í Kvosinni og Vesturbænum tæmi sig á um 10 mínútum eftir lok skúrarinnar og því eykst flutningsgeta lagnarinnar úr tæplega 500 l/s í tæplega 700 l/s. Mynd 21 sýnir að vatnshæð Tjarnarinnar fer yfir sett hámark 2,50 í nokkra klukkutíma við lok 12 tíma skúrar með 50 ára endurkomutíma og styttri tíma við lok 6 tíma skúrar. Hæsta vatnshæðargildið er 2,53.

Vatnshæðin fer yfir hæðina 2,38 sem áður er tilgreind sem mörkin sem lagnir verða undir þrýstingi. Þetta gerist bæði fyrir alla endurkomutíma fyrir skúrir með varanda 6 og 12 klst og fyrir 20 og 50 ára endurkomutíma fyrir varanda 24 klst. Því má álykta að með fullri aðgreiningu lagna og að ofanvatnsrennsli vatnasviðs Tjarnarinnar verði leitt í hana, þá séu kröfur Veitna sem Tafla 6 tilgreinir ekki uppfylltar.

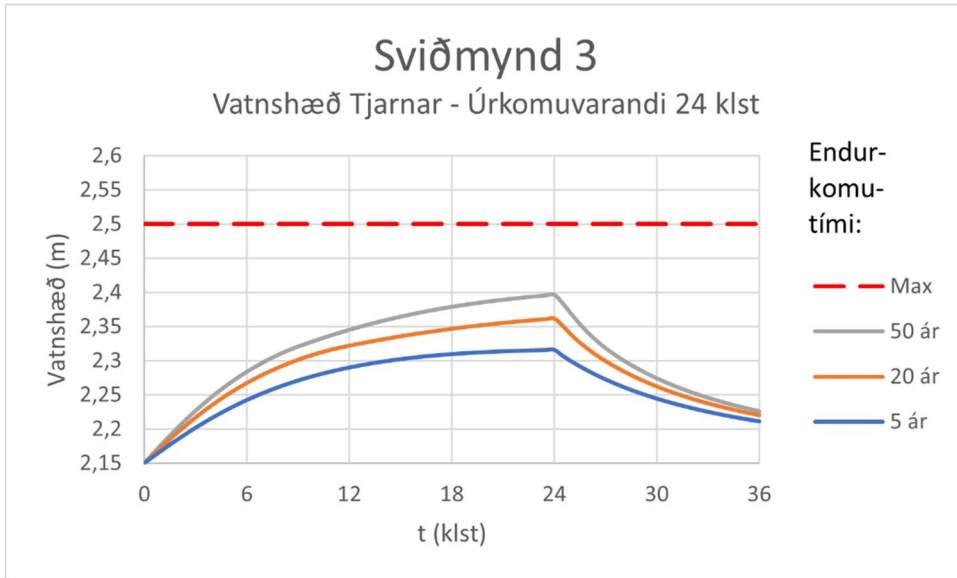
Sviðsmynd 3. Mynd 26 - Mynd 31 sýna línuritín fyrir vatnhæð Tjarnarinnar og rennsli í lögnum fyrir sviðsmynd 3 þar sem 20% af ofanvatni er ekki veitt í Tjörnina.



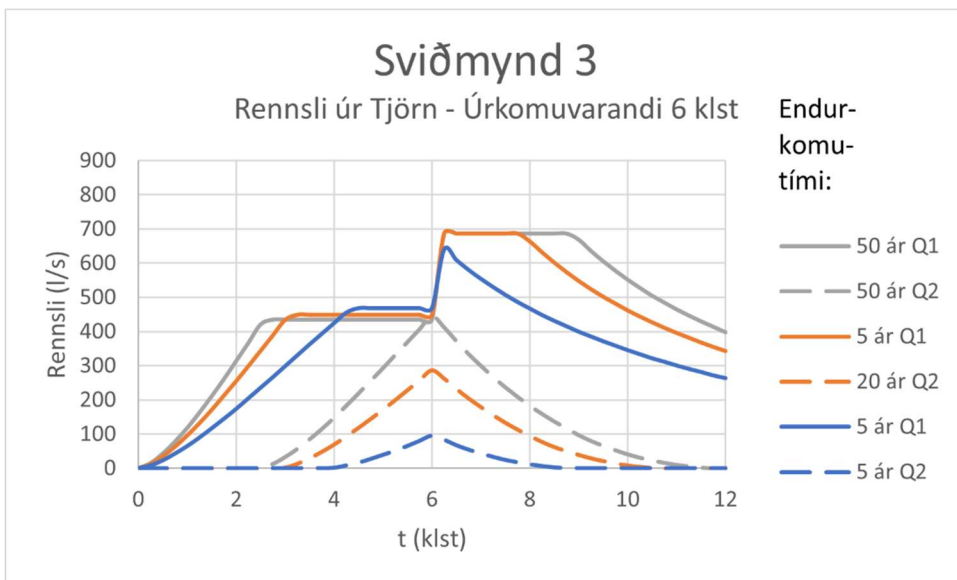
Mynd 26: Vatnshæð Tjarnarinnar - Sviðsmynd 3, 80% regnvatns í lagnir, varandi 6 klst



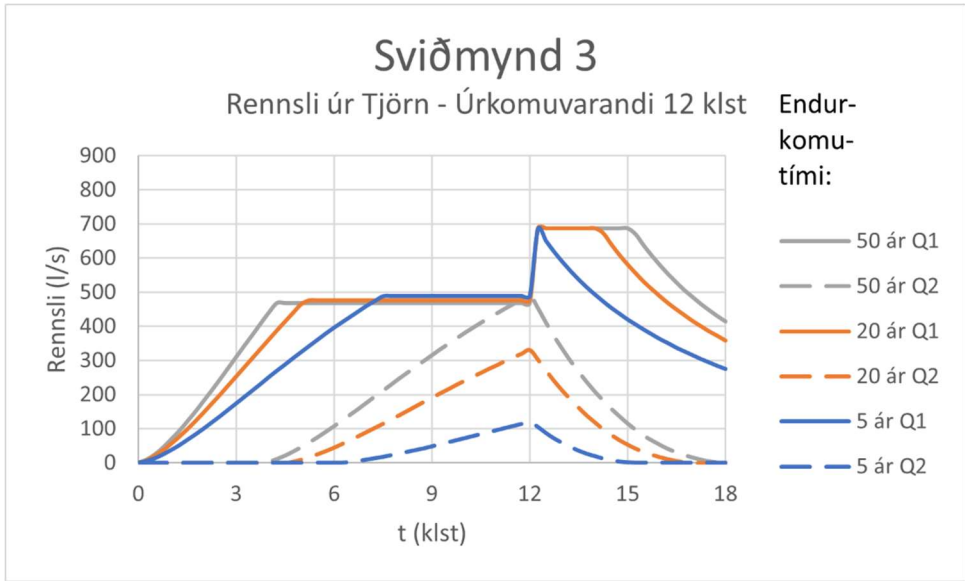
Mynd 27: Vatnshæð Tjarnarinnar - Sviðsmynd 3, 80% regnvatns í lagnir, varandi 12 klst



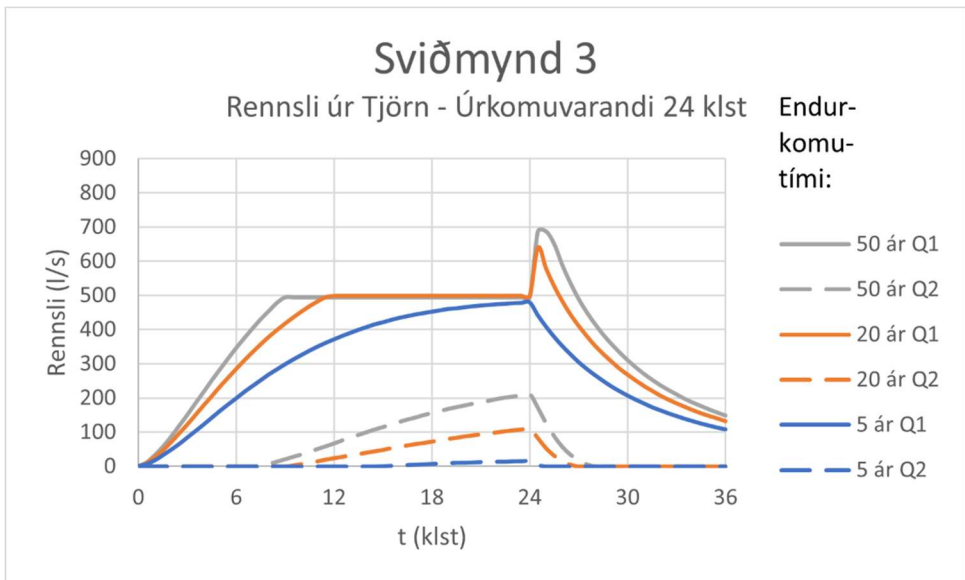
Mynd 28: Vatnshæð Tjarnarinnar - Sviðsmynd 3, 80% regnvatns í lagnir, varandi 24 klst



Mynd 29: Rennsli úr Tjörninni - Sviðsmynd 3, 80% regnvatns í lagnir, varandi 6 klst



Mynd 30: Rennsli úr Tjörninni - Sviðsmynd 3, 80% regnvatns í lagnir, varandi 12 klst



Mynd 31: Rennsli úr Tjörninni - Sviðsmynd 3, 80% regnvatns í lagnir, varandi 24 klst

Áhrif þess að hindra að 20% regnvatns á afrennslissvæði Tjarnarinnar renni í hana eru þau að vatnsborð hennar fyrir 20 ára endurkomutíma fer hæst í kóta 2,43 fyrir 12 tíma varanda. Þetta er yfir mörkunum 2,38 sem sett voru fram hér að framan til þess að lögn verði ekki undir þrýstingi. Þannig er niðurstaðan sú að til þess að uppfylla kröfur Veitna þurfi að hindra meira en 20% af ofanvatni á afrennslissvæði Tjarnarinnar í að renna í Tjörnina.

## 4.6 Áhrif sjávarfalla

Eins og fram kom í kafla 4.3 þá fer yfirborð sjávar upp fyrir rennisliskóta útrásar við Miðbakka tvisvar á sólarhring og flutningsgeta lagnarinnar skerðist tímabundið þess vegna. Mismunandi er hversu mikið þetta er eftir því stærð sjávarfallsins, en á stórstraumsflóði fer útrásarrörið alveg á kaf og á smástraumsflóði nær yfirborð sjávar að hylja um 60 % af hæð útrásarrörsins. Á meðalstórstraumsflóði fer sjávarhæð upp í sömu hæð og vatnsborð Tjarnarinnar og þá rennur tímabundið ekki vatn úr Tjörninni til sjávar. Eins og gefur að skilja eru áhrifin af þessu mismunandi eftir því hver varandi úrkomunnar er. Hviðutími sjávarfalla er um 12 klst og 20 mínútur og samspil þessarar tíðni og varanda úrkomunnar er mismunandi eftir tímalengd varanda. Til þess að skoða áhrif sjávarfalla á rennislisgetu afrennislislagnar Tjarnarinnar var sótt tímaröð fyrir sjávarhæð í Reykjavíkurböfn á tveggja sólarhringa tímabili. Á þessu tímabili voru fjögur háflóð, +2,34 m, +2,10 m, +2,27 m og 2,05 m. Meðaltalið er +2,19 sem er mjög nærri meðalstórstraumsflóðhæðinni +2,18. Tímaröðin kemur fram í viðauka (Viðauki 2 – Sjávarhæð) og er sjávarhæðin þar umreiknuð úr hæðarkerfi Sjómælinga Íslands í hæðarkerfi Reykjavíkur með því að draga mismuninn á hæðarkerfunum 1,82 m frá tölum Sjómælinga. Töflugildin fyrir sjávarhæð eru gefin á 10 mínútna fresti og er fyrir hvert tímabil reiknað rennsli eftir lögninni. Ekki er gerð tilraun til þess að leiðrétta fyrir áhrifum loftþrýstings, áhlaðanda vegna vindáttar og annarra þátta sem hafa áhrif á sjávarstöðu.

Á þessu tveggja sólarhringa tímabili fer sjávarhæð fjórum sinnum upp fyrir rennisliskóta útrásarinnar. Meðallengd hvers tímabils sem sjávarhæðin er yfir rennisliskótanum er um 360 mínútur eða 6 klst, sem er um helmingur af sjávarfallahviðunni. Sjávarhæðin er að meðaltali yfir upphafsrennisliskóta lagnarinnar við Tjörnina ( $K=1,67$ ) í 188 mínútur eða 3 klst og 8 mínútur, sem eru um 25 % af tímalengd sjávarfallahviðunnar og á þeim tíma rennur ekkert eftir lögninni til sjávar. Í töflu í viðauka 2 er reiknað rennsli fyrir hvert 10 mínútna tímabil og miðað við fullt rennsli í lögninni 688 l/s. Þegar útreiknaðar rennslistölur fyrir allt tímabilið eru lagðar saman fæst að áhrif óhagstæðra sjávarfalla eru þau að flutningsgeta lagnarinnar frá Tjörn til sjávar minnkar niður í um 65% af því sem væri ef sjávarstaða væri ætíð lág.

Við stuttan varanda er fremur ólíklegt að hið stutta úrkomutímabil hitti á þann tíma dags og árs sem sjávarhæð stendur hátt. Ef það gerist hins vegar, þá verða áhrifin á ofanvatnskerfi Kvosarinnar mikil tímabundið, því lítið rennur um kerfið til sjávar. Ef yfirborð sjávar fer yfir vatnshæð Tjarnarinnar þá rennur úr ofanvatnslagnakerfinu og til Tjarnarinnar tímabundið. Vegna hins mikla flatarmáls Tjarnarinnar þá getur hún tekið við afrennslinu í hinni stuttu skúr, án þess að yfirborðið hækki mikið. Þegar sjávarhæð hefur lækkað nokkrum klukkutímum síðar þá tæma lagnirnar sig og það ofanvatn sem safnast hefur fyrir í Tjörninni rennur einnig til sjávar. Við þetta ástand mun koma einhver þrýstingur á lagnir í Kvosinni, en ólíklegt er að vatnsborð í lögnum nái yfirborði lands. Dæmi um óheppilega tímasetningu skúrar með 10 mínútna varanda væri að hún kæmi á stórstraumsflóði þegar sjávarhæð væri rétt nýbúin að ná 1,67 m og þannig náð að loka alveg fyrir útstreymi við Miðbakka. Þá líða um 3 tímar þar til vatnshæðin hefur lækkað aftur þannig að rennslið hefjist að nýju. Með hliðsjón af gildum fyrir úrkomutölur (Tafla 13) og ekkert útrennsli úr Tjörninni þá gæti hafa safnast upp í Tjörninni allt að 6.000 m<sup>3</sup> af regnvatni og vatnsborð hennar hækkað um 60 mm. Þegar rennslið hefst að nýju þá annar yfirfallið um 100 l/s vegna þess hve lítið vatnsborðið hefur hækkað. Það tekur því nokkurn tíma að tæma Tjörnina alveg.

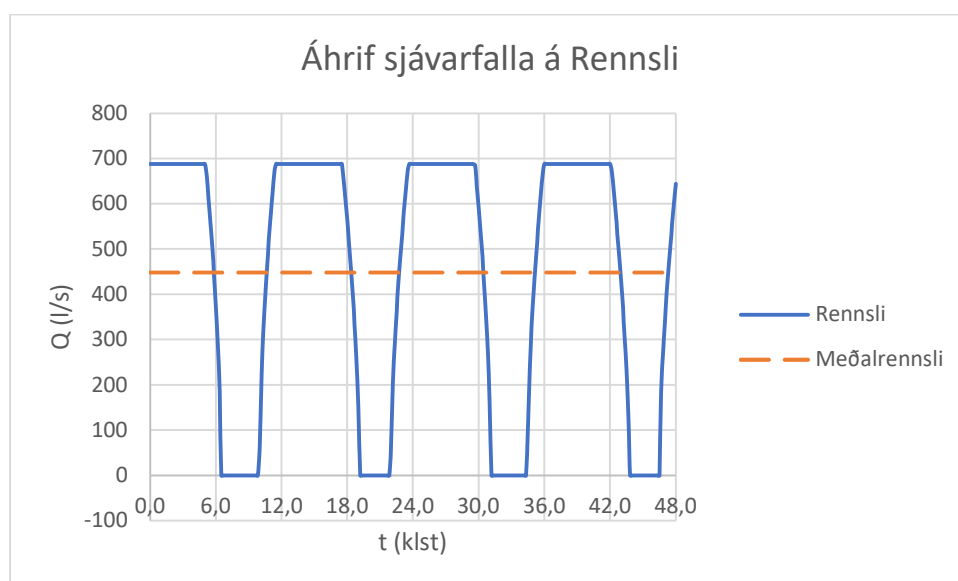
Við langan varanda, tvo sólarhringa eða meira þá er líklegra að úrkomutímabilið hitti á stórstreymt tímabil. Heildarúrkomumagnið er hins vegar miklu minna. Þar sem nokkrar sjávarfallahviður munu verða á tímabili sem eru tveir sólarhringar eða meira þá nægir að taka tillit til áhrifa þeirra með því að gera ráð fyrir um 65 % af rennislisgetu í afrennislisögn Tjarnarinnar. Tafla 13 sýnir að innrennsli í Tjörnina fyrir 48 klst skúr með 50 ára endurkomutíma er 567 l/s, en 65% af rennislisgetu lagnarinnar er um 450 l/s. Þá tekur miðlun Tjarnarinnar við með lítilsháttar hækkun vatnsborðs hennar, sem auðveldlega renna til sjávar þegar sjávarstaðan lækkar.

Mestu áhrifin virðast vera af skúr með varanda um 12 klst, en 6 klst og 24 klst varandi gefur einnig verulegt álag á kerfið. Lögnin annar ekki þessari úrkomu og mismunurinn safnast upp í Tjörninni og/eða flæðir um varayfirfallið. Í óhagstæðasta tilvikinu með 12 klst varanda og 50 ára endurkomutíma getur vatnsborð hennar hækkar í 2,53 m, en það þýðir að um 38.000 m<sup>3</sup> hafa safnast fyrir í henni umfram yfirfallið. Með 65 % af fullri rennslisgetu (450 l/s) tekur það um það bil sólarhring að losa þetta magn úr Tjörninni. Það er hins vegar ekki viðunandi að vatnsborð Tjarnarinnar fari svo hátt upp. Neðri brún á gluggum Ráðhúss Reykjavíkur er í kóta um 2,50 m, stéttin við Tjörnina milli Ráðhússins og lðnó er í kóta 2,46 og stéttin meðfram austurbakka Tjarnarinnar er í kóta rétt rúmlega 2,50. Tafla 16 hér að neðan tilgreinir ætluð áhrif sjávarfalla rennsli í Tjarnarlögninni og á vatnsborð Tjarnarinnar.

Varandi	Áhrif á Tjarnarlögn	Áhrif á vatnsborð Tjarnarinnar
10 mínútur	Getur minnkað rennslisgetu í 0% tímabundið. Litlar líkur en mikil tímabundin áhrif á rennsli.	Lítill. Tjörnin miðlar.
1 klst	Getur minnkað rennslisgetu í 0% tímabundið. Seinkar tæmingu lagnar.	Nokkur ef skúrin hittir á flóð. Hækkun í allt að 2,33 m.
6 klst	Getur minnkað rennslisgetu í 0% tímabundið. Seinkar tæmingu lagnar.	Veruleg ef skúrin hittir á flóð.
12 klst	Getur minnkað rennslisgetu í 65%	Veruleg. Hækkun í allt að 2,53 m
24 klst	Getur minnkað rennslisgetu í 65%	Veruleg.
48 klst	Getur minnkað rennslisgetu í 65%	Lítill. Tjörnin miðlar.
1 mánuður	Engin	Engin
1 ár	Engin	Engin

Tafla 16: Áhrif sjávarfalla á rennsli í Tjarnarlögn og vatnsborð Tjarnarinnar

Eins og fram kemur hér að framan þá draga áhrif sjávarfalla úr getu Tjarnarlagnarinnar til þess að flytja regnvatn til sjávar. Í sumum tilvikum þá mun miðlun Tjarnarinnar duga til þess að vega á móti þessu, en í öðrum tilvikum hækkar vatnsborð Tjarnarinnar verulega og mjög reynir á varayfirfall hennar og dælingu sem henni tengist. Óvíst er hversu miklu þessi kerfi anna og kann því vatnsborð Tjarnarinnar að hækka umfram tilgreind mörk við stórfellda úrkomuviðburði. Því er talið rétt að stefna að því að flutningsgeta Tjarnarlagnarinnar haldist óbreytt þrátt fyrir sjávarföll. Þetta má gera með því að koma fyrir dælubrunni framan við útrásina við Miðbakka. Rétt er að dælan stýrist af vatnshæð í brunnum og fari í gang þegar hún fer yfir tiltekin mörk. Afköst dælunnar ættu að lágmarki að nema því magni sem lögnin er talin geta flutt úr Tjörninni, 700 l/s.



Mynd 32: Áhrif sjávarfalla á rennsli í Tjarnarlögn

#### 4.7 Varayfirfall og nýting þess

Varayfirfallið hefur verið sett í kóta 2,30. Markmiðið með hæðarsetningu þess er að takmarka notkun þess sem mest, en þó þannig að það geti annað því rennsli sem aðalyfirfallið annar ekki. Eins og fram kemur í umfjöllun í köflum 4.4 og 4.5 þá mun ekki renna um varayfirfallið svo neinu nemi við núverandi ástand lagna í sviðsmynd 1, því mestur hluti ofanvatns rennur nú í blandlagnir. Við fulla aðgreiningu lagna í sviðsmynd 2, þarf hins vegar að treysta á varayfirfallið í stærstu úrkomuviðburðum á við 6, 12 og 24 klst skúrir. Með sviðsmynd 3 þar sem dregið hefur verið úr innrennsli í Tjörnina er að sama skapi dregið úr rennsli um varayfirfallið.

Tímalengdin sem treysta þarf á varayfirfallið fyrir 12 klst skúr með 50 ára endurkomutíma er um það bil 15 klst og magnið er um 20.000 m<sup>3</sup>. Fyrir 5 ára endurkomutíma eru samsvarandi tölur 11 klst og 5.200 m<sup>3</sup>.

## 5 Samantekt og niðurstöður

Núverandi ofanvatnskerfi Kvosarinnar og Tjarnarinnar byggir á því að taka við vatni úr yfirfalli Tjarnarinnar í norðausturhorni hennar, flytja eftir Lækjargötuæsi að dælustöð við gatnamót Kalkofnsveggar og Sæbrautar og dæla því síðan til hreinsistöðvar í Sundahöfn, þaðan sem því er dælt út á sjó. Þessu fylgir umtalsverður kostnaður sem æskilegt er að minnka eftir því sem kostur er.

Fyrirhuguð Tjarnarlögn mun liggja frá nýju inntaki við norðurhlið Tjarnarinnar og að nýrri útrás við Miðbakka í Reykjavíkurhöfn. Sá hluti þessarar lagnar sem liggur eftir Tryggvagötu og Naustunum að Geirsgötu hefur þegar verið lagður. Halli lagnarinnar er lítill og dýpi ofan á lögnina frá yfirborði er lítið á tilteknum hlutum hennar. Rennslisgeta hennar verður þannig takmörkuð og þarf því að gera ráð fyrir að núverandi yfirfall og dælingin sem því fylgir geti þjónað sem varayfirfall. Mælt er með því að hæð varayfirfallsins verði hækkuð úr kóta 2,20 í kóta 2,30 til þess að stytta þann tíma sem treysta þarf á það. Mælt er með því að nýtt yfirfall verði í kóta 2,15 í hæðarkerfi Reykjavíkur, en þetta er um 5 cm lægra en núverandi yfirfall og mun vatnsborð Tjarnarinnar lækka sem þessu nemur.

Afrennslissvæði og afrennslisstuðlar fyrir þau svæði sem gera má ráð fyrir að geti runnið í Tjörnina og í Tjarnarlögnina voru sett fram í skýrslu Verkfræðistofunnar Verkís „Vatnsmýri-ofanvatnsáætlun“ frá ágúst 2020. Í skýrslunni er gert ráð fyrir að allt afrennsli vegna ofankomu á þessi svæði renni í regnvatnslagnir. Vegna þess hvernig fráveitukerfin eru í dag þá verður þetta hins vegar ekki raunin fyrr en eftir fjöldamörg ár þegar aðgreiningu fráveitukerfa í skólperki og ofanvatnskerfi er lokið. Með aukinni notkun svokallaðra blágrænna ofanvatnslausna má búast við því að álag á ofanvatnskerfi verði minna en þarna er talið. Í þessari greinargerð er því stillt upp þremur sviðsmyndum: Sviðsmynd 1- núverandi ástandi lagna; Sviðsmynd 2 - aðgreindum lagnakerfum með fullu afrennsli í ofanvatnslagnir og Sviðsmynd 3 - aðgreind lagnakerfi með 80% rennsli í ofanvatnslögnum. Afrennsli af hverju svæði sem skilgreind voru í skýrslu Verkís eru gefnir hlutfallsstuðlar fyrir hverja sviðsmynd fyrir sig og afrennsli í Tjörnina og Tjarnarlögnina áætluð samkvæmt þeim.

Úrkomugildi fyrir regnskúrir með mismunandi varanda og endurkomutíma samkvæmt M5 aðferðinni eru settar fram og metið hve mikið innrennslið er í Tjörnina og í Tjarnarlögnina fyrir hverja sviðsmynd fyrir sig og hvert gildi varanda og endurkomutíma.

Áhrif regnskúra með mismunandi varanda og endurkomutíma eru síðan metin fyrir allmörg tilvik. Í hverju tilviki er metið hve mikið vatnsborð Tjarnarinnar hækkar og hvort rennsli verður um varayfirfall. Loks eru könnuð áhrif sjávarfalla á afrennsli Tjarnarinnar, en þau draga úr meðaltalsrennslisgetu afrennslislagnarinnar.

Sviðsmynd 1 er núverandi ástand lagna þar sem lítill hluti regnvatns á afrennslissvæði Tjarnarinnar rennur í raun í hana. Fyrir þessa sviðsmynd eru niðurstöður þær að fyrirhuguð afrennslislögn með varayfirfalli um Lækjargötu annar auðveldlega öllum regnskúrum án verulegrar hækkunar vatnsborðs Tjarnarinnar. Mjög sjaldan mun regnvatn renna frá Tjörninni um varayfirfall að dælustöð, en nauðsynlegt er talið að þessu varayfirfalli verði viðhaldið. Kröfur Veitna um að fráveitukerfi séu þrýstingslaus og að ekki flæði upp úr brunnum eru uppfylltar.

Sviðsmynd 2 er sú að allar lagnir á vatnasviði Tjarnarinnar hafi verið aðgreindar í skólperki og regnvatnslagnir og að allt afrennslið renni í hana. Fyrir þessa sviðsmynd eru niðurstöður þær að fyrirhuguð afrennslislögn ásamt varayfirfalli um Lækjargötu og miðlunarrými Tjarnarinnar annar flestum gerðum regnskúra sem skoðaðar voru. Skúrir með 6 klst og 12 klst varanda og 50 ára endurkomutíma leiða þó til þess að vatnsborð Tjarnarinnar getur hækkað upp í allt að 2,53 m, sem er umfram hámarkshæðina 2,50 m sem horft hefur verið til sem hámarkshæðar í Tjörninni. Enn fremur þá stenst kerfið ekki þá kröfu Veitna að lagnir verði ekki undir þrýstingi við regnskúr með 20 ára endurkomutíma.

Sviðsmynd 3 er sett upp til þess að bregðast við niðurstöðum úr sviðsmynd 2. Hér er bent á tvo möguleika til þess að bregðast við þessu. Annar er nánari og ef til vill strangari útfærsla á sviðsmynd



3, þar sem gert var ráð fyrir því að notaðar yrðu blágrænar ofanvatnslausnir til þess að tefja eða stöðva rennsli á hluta regnvatns til Tjarnarinnar. Hinn er sá að við aðgreiningu lagna á tilteknum svæðum verði regnvatn ekki leitt í Tjörnina heldur að útrás annars staðar. Til greina kemur einnig að flétta þessa tvo möguleika saman í eina viðunandi lausn. Ekki er ljóst hve mikinn hluta regnvatns þarf að hindra að renni í Tjörnina, en hér er mælt með því að kanna hlutfall á bilinu 40-60%.

Loks er mælt með því að við regnvatnsútrás við Miðbakka verði gert ráð fyrir dælubúnaði sem tryggir rennsli um afrennislögn Tjarnarinnar þótt sjávarstaða verði há vegna sjávarfalla.

## 6 Lokaorð

Skýrsluhöfundar skiluðu drögum að skýrslu þessari til Veitna og fékk hún efnislega yfirferð fyrir útgáfu.

Næsta skref í framhaldi af henni er að skýra sviðsmyndina varðandi tilhögun framtíðarlausna þegar núverandi blandkerfi á vatnasvæði Tjarnarinnar verður endurnýjað og tvöfaldað. Nánar verði dregið fram hve mikill hluti úrkomu á vatnasvæði muni skila sér í hana í framtíðinni. Sérstaklega þarf að skoða Þingholtin og ný hverfi vestan við Öskjuhlíð, en í dag rennur afrennsli þeirra ekki í Tjörnina. Huga þarf að öðrum tæknilegum lausnum en að veita í Tjörnina öllu ofanvatni sem á þau fellur.

Veitur horfa til þess að áætlanir um meðhöndlun ofanvatns fái mikið vægi í skipulagsáætlunum Reykjavíkurborgar til framtíðar. Endurnýjun og tvöföldun fráveitukerfa getur verið fjárhagslega og tæknilega hagkvæm og einnig tryggt betur vatnsgæði í Tjörninni.









12 klist 5 ár	Rennsli í lagnum				Lagnaraudkenni				Rennsli reikningar				Endurreiknað með minni fyllingu í röb										
	Tjarnar Q (l/s)	Víðbótar Rennsli Q+ (l/s)	Samanlagi Rennsli ΣQ (l/s)	Röra Rennsli (l/s)	Lengd L (m)	D pvermál (mm)	Radius_h R_h (m)	Flatarmál A (m <sup>2</sup> )	Hrýfi k (mm)	Manning M (m <sup>2/3</sup> /s)	Stuðull ζ (l)	Straumhraði V (m/s)	Prýstítap ΔH (m)	R-íróti R-íróti (m)	Kl Kl (m)	Fylling d/D (l)	Flatarmál leiðrétt Al/A (l)	flötur P/P0 (l)	Radius RH (m)	hraði V2 (m/s)	Prýstítap AH2 (m)	Prýstihæð H2 (m)	
Inntak	487	487	487	487	16,00	800	0,20	0,50	1	80	0,50	0,97	0,024	2,150	1,000	1,000	1,000	0,20	0,20	0,97	0,024	2,150	
L1	487		487	487	16,00	800	0,20	0,50	1	80	0,50	0,97	0,020	2,126	1,250	1,000	1,000	0,20	0,20	0,97	0,020	2,126	
R200: Úttak	487		487	487		800	0,20	0,50	1	80	1,00	0,97	0,048	2,106	1,000					0,97	0,048	2,106	
R200: Inntak	487	4	491	246	72,07	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,64	0,010	2,058	1,670	0,555	0,570	0,535	0,19	1,12	0,97	0,032	2,058
L2	487		491	246	72,07	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,64	0,047	2,048	1,670	0,555	0,570	0,535	0,19	1,12	0,97	0,132	2,026
R201	487		491	246	20,77	700	0,18	0,38	1	80	-	0,64	-	2,001	1,563	0,626	0,659	0,581	0,20	0,97	-	1,894	1,894
L3	487		491	246	20,77	700	0,18	0,38	1	80	0,37	0,66	0,008	1,988	1,531	0,653	0,692	0,599	0,20	0,96	0,017	1,868	1,868
R202: 3x30°	487	19	511	255	26,24	700	0,18	0,38	1	80	0,37	0,66	0,018	1,980	1,531	0,653	0,692	0,599	0,20	0,96	0,032	1,851	1,851
R203: 3x30°	487	11	522	261	69,07	700	0,18	0,38	1	80	0,37	0,68	0,009	1,961	1,492	0,671	0,713	0,611	0,20	0,95	0,017	1,819	1,819
L4	487		522	261	69,07	700	0,18	0,38	1	80	-	0,68	0,050	1,953	1,567	0,671	0,790	0,657	0,20	0,95	0,080	1,803	1,803
R204	487	8	529	265	28,23	700	0,18	0,38	1	80	-	0,69	-	1,903	1,387	0,737	0,790	0,657	0,20	0,87	-	1,722	1,722
L6	487		529	265	28,23	700	0,18	0,38	1	80	-	0,69	0,021	1,903	1,387	0,737	0,790	0,657	0,20	0,87	0,027	1,722	1,722
R205	487	11	540	270	42,28	700	0,18	0,38	1	80	-	0,70	-	1,882	1,345	0,766	0,822	0,679	0,21	0,85	-	1,696	1,696
L7	487		540	270	42,28	700	0,18	0,38	1	80	-	0,70	0,033	1,882	1,345	0,766	0,822	0,679	0,21	0,85	0,038	1,696	1,696
R206: Úttak	487		540	270		700	0,18	0,38	1	80	1,00	0,70	0,025	1,849	1,277	0,816	0,874	0,718	0,21	0,80	0,033	1,658	1,658
R206: Inntak	487	10	550	550	33,04	800	0,20	0,50	1	80	0,50	1,09	0,031	1,823	1,277	0,763	0,874	0,718	0,24	1,25	0,040	1,625	1,625
L8	487		550	550	33,04	800	0,20	0,50	1	80	0,50	1,09	0,052	1,793	1,277	0,763	0,874	0,718	0,24	1,25	0,053	1,585	1,585
B21224: 90°	487	4	554	554	11,98	800	0,20	0,50	1	80	1,10	1,10	0,068	1,740	1,130	0,763	0,819	0,676	0,24	1,35	0,102	1,532	1,532
L356762	487		554	554	11,98	800	0,20	0,50	1	80	1,10	1,10	0,019	1,672	1,060	0,763	0,819	0,676	0,24	1,35	0,022	1,431	1,431
B209389: 45°	487		554	554	86,70	800	0,20	0,50	1	80	0,28	1,10	0,017	1,653	1,060	0,741	0,795	0,660	0,24	1,39	0,027	1,408	1,408
L373011	487		554	554	86,70	800	0,20	0,50	1	80	0,28	1,10	0,140	1,636	1,060	0,741	0,795	0,660	0,24	1,39	0,172	1,381	1,381
B206520: 90°	487	89	643	643	61,49	1000	0,25	0,79	1	80	1,10	0,82	0,038	1,497	0,940	0,557	0,572	0,536	0,27	1,43	0,115	1,209	1,209
L369498	487		643	643	61,49	1000	0,25	0,79	1	80	-	0,82	0,041	1,459	0,557	0,557	0,572	0,536	0,27	1,43	0,114	1,094	1,094
B209705	487	-	643	643	82,02	1200	0,25	0,79	1	80	-	0,82	-	1,418	0,770	0,648	0,686	0,596	0,29	1,19	-	0,981	0,981
L12	487		643	643	82,02	1200	0,30	1,13	1	80	1,10	0,57	0,020	1,418	0,440	0,648	0,686	0,596	0,35	0,83	0,036	0,961	0,961
Úttak	487		643	643		1200	0,30	1,13	1	80	1,10	0,57	0,018	1,398	0,440	0,798	0,856	0,704	0,36	0,66	0,025	0,945	0,945
		156	643		550								0,770	1,380	1,510								0,920
									Prýstífall samtals:										Markgildi =1,23 →			1,230	

Rennsli í afrennislögn Tjarnarinnar  
Skúr með 12 klist varanda og 5 ára endurkomutíma



12 klist 50 ár	Rennsliflaginir				Lagnaraudkenni				Rennsleiklingar				Endurreiknað með minni fyllingu í röri											
	Tjarnar Rennsliflagi	Víðbótar Rennsliflagi	Samanlagt Rennsliflagi	Röbra Rennsliflagi	Lengd L (m)	D (mm)	pvermál (mm)	Radius_h R_h (m)	Flatarmaal A (m <sup>2</sup> )	Hryfi k (mm)	Manning M (m <sup>1/3</sup> /s)	Stuðull ζ	Straumhraði V (m/s)	Prýstítap ΔH (m)	H (m)	R-kóti K1 (m)	Fylling d/D	Flatarmaal A1/A	leifðrett P/P0	Snerti RH	Hydraul radius RH (m)	Straum- hraði V2 (m/s)	Prýstítap ΔH2 (m)	Prýstihæð H2 (m)
Inntak	465	465	465	465	16,00	800	800	0,20	0,50	1	80	0,50	0,93	0,022	2,150	2,150	1,000	1,000	1,000	0,20	0,20	0,93	0,022	2,150
L1	465	465	465	465	16,00	800	800	0,20	0,50	1	80	0,93	0,93	0,018	2,128	2,128	1,250	1,000	1,000	0,20	0,20	0,93	0,018	2,128
R200: Úttak	465	465	465	465	72,07	700	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,61	0,010	2,066	1,670	0,566	0,584	0,542	0,19	0,19	1,05	0,028	2,066
L2	465	465	465	465	72,07	700	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,61	0,010	2,066	1,670	0,566	0,584	0,542	0,19	0,19	1,05	0,028	2,066
R201	465	465	465	465	20,77	700	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,61	0,012	2,014	1,563	0,644	0,681	0,593	0,20	0,20	0,90	0,022	1,925
L3	465	465	465	465	20,77	700	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,61	0,012	2,014	1,563	0,644	0,681	0,593	0,20	0,20	0,90	0,022	1,925
R202: 3x30°	465	465	465	465	26,24	700	700	0,18	0,38	1	80	0,37	0,65	0,008	2,002	1,531	0,672	0,715	0,612	0,20	0,20	0,91	0,015	1,902
L4	465	465	465	465	26,24	700	700	0,18	0,38	1	80	0,37	0,65	0,008	1,994	1,492	0,692	0,738	0,625	0,21	0,21	0,91	0,015	1,859
R203: 3x30°	465	465	465	465	69,07	700	700	0,18	0,38	1	80	0,37	0,67	0,008	1,976	1,492	0,692	0,738	0,625	0,21	0,21	0,91	0,015	1,859
L5	465	465	465	465	69,07	700	700	0,18	0,38	1	80	0,37	0,67	0,008	1,968	1,492	0,692	0,738	0,625	0,21	0,21	0,91	0,015	1,859
R204	465	465	465	465	28,23	700	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,69	0,021	1,918	1,387	0,759	0,815	0,673	0,21	0,21	0,84	0,025	1,771
L6	465	465	465	465	28,23	700	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,69	0,021	1,918	1,387	0,759	0,815	0,673	0,21	0,21	0,84	0,025	1,771
R205	465	465	465	465	42,28	700	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,71	0,034	1,897	1,345	0,789	0,846	0,696	0,21	0,21	0,84	0,036	1,746
L7	465	465	465	465	42,28	700	700	0,18	0,38	1	80	0,50	0,71	0,034	1,897	1,345	0,789	0,846	0,696	0,21	0,21	0,84	0,036	1,746
R206: Úttak	465	465	465	465	33,04	800	800	0,20	0,50	1	80	1,00	1,11	0,032	1,838	1,277	0,838	0,895	0,737	0,24	0,24	1,24	0,039	1,679
L8	465	465	465	465	33,04	800	800	0,20	0,50	1	80	1,00	1,11	0,032	1,838	1,277	0,838	0,895	0,737	0,24	0,24	1,24	0,039	1,679
B221224: 90°	465	465	465	465	11,98	800	800	0,20	0,50	1	80	0,50	1,12	0,071	1,753	1,130	0,778	0,835	0,688	0,24	0,24	1,35	0,102	1,587
L356762	465	465	465	465	11,98	800	800	0,20	0,50	1	80	0,50	1,12	0,071	1,753	1,130	0,778	0,835	0,688	0,24	0,24	1,35	0,102	1,587
B209389: 45°	465	465	465	465	86,70	800	800	0,20	0,50	1	80	0,28	1,12	0,018	1,662	1,060	0,752	0,807	0,668	0,24	0,24	1,39	0,027	1,463
L373011	465	465	465	465	86,70	800	800	0,20	0,50	1	80	0,28	1,12	0,018	1,662	1,060	0,752	0,807	0,668	0,24	0,24	1,39	0,027	1,463
B206520: 90°	465	465	465	465	61,49	1000	1000	0,25	0,79	1	80	1,10	0,89	0,044	1,499	0,940	0,559	0,575	0,538	0,27	0,27	1,55	0,134	1,262
L369498	465	465	465	465	61,49	1000	1000	0,25	0,79	1	80	1,10	0,89	0,044	1,499	0,940	0,559	0,575	0,538	0,27	0,27	1,55	0,134	1,262
B209705	465	465	465	465	82,02	1200	1200	0,30	1,13	1	80	0,62	0,62	0,024	1,407	0,770	0,637	0,672	0,588	0,29	0,29	1,32	0,096	0,996
L12	465	465	465	465	82,02	1200	1200	0,30	1,13	1	80	0,62	0,62	0,024	1,407	0,770	0,637	0,672	0,588	0,29	0,29	1,32	0,096	0,996
Úttak	465	465	465	465	550	550	550	0,30	1,13	1	80	1,10	0,62	0,021	1,383	0,440	0,786	0,843	0,694	0,36	0,36	0,73	0,030	0,922
					233	698	698							0,789	1,510								1,228	









## 2 Viðauki 2 – Sjávarhæð

Taflan hér að neðan byggir á tímaröð fyrir sjávarhæð í Reykjavíkurhöfn yfir tveggja sólarhringa tímabil. Allar hæðartölur eru í hæðarkerfi Reykjavíkur. Gildin í töflunni eru sem hér segir:

t	Tími mælingar á sjávarstöðu í mínútum frá upphafstíma.
T	Tími mælingar á sjávarstöðu í klst frá upphafstíma
H_tjorn	Rennsliskóti afrennislagnar við inntak hjá Tjörninni
H_hafn	Sjávarhæð í Reykjavíkurhöfn við tíma T
H_hafn_f	Rennsliskóti útrásar afrennislagnar eða sjávarhæð hvort sem ofar er
$\Delta H$	Hæðarmunur sem knýr rennsli í afrennislögn
Q	Rennsli í lögn við tíma T í l/s
Meðalrennsli	Meðalrennsli í lögn á tilteknu skeiði í sjávarfallahviðunni
Hlutfall	Hlutfall meðalrennslis af fullri rennslisgetur lagnarinnar.

t (min)	T (klst)	H_tjorn (m)	H_hafn (m)	H_hafn_f (m)	$\Delta H$ (m)	Q (l/s)	Meðal- rennsli	Hlut- fall
0	0,00	1,67	-0,45	0,44	1,23	688		
10	0,17	1,67	-0,59	0,44	1,23	688		
20	0,33	1,67	-0,72	0,44	1,23	688		
30	0,50	1,67	-0,84	0,44	1,23	688		
40	0,67	1,67	-0,95	0,44	1,23	688		
50	0,83	1,67	-1,06	0,44	1,23	688		
60	1,00	1,67	-1,15	0,44	1,23	688		
70	1,17	1,67	-1,23	0,44	1,23	688		
80	1,33	1,67	-1,3	0,44	1,23	688		
90	1,50	1,67	-1,36	0,44	1,23	688		
100	1,67	1,67	-1,4	0,44	1,23	688		
110	1,83	1,67	-1,43	0,44	1,23	688		
120	2,00	1,67	-1,44	0,44	1,23	688		
130	2,17	1,67	-1,44	0,44	1,23	688		
140	2,33	1,67	-1,42	0,44	1,23	688		
150	2,50	1,67	-1,39	0,44	1,23	688		
160	2,67	1,67	-1,35	0,44	1,23	688		
170	2,83	1,67	-1,29	0,44	1,23	688		
180	3,00	1,67	-1,22	0,44	1,23	688		
190	3,17	1,67	-1,13	0,44	1,23	688		
200	3,33	1,67	-1,04	0,44	1,23	688		
210	3,50	1,67	-0,93	0,44	1,23	688		
220	3,67	1,67	-0,81	0,44	1,23	688		
230	3,83	1,67	-0,68	0,44	1,23	688		
240	4,00	1,67	-0,55	0,44	1,23	688		
250	4,17	1,67	-0,41	0,44	1,23	688		
260	4,33	1,67	-0,26	0,44	1,23	688		
270	4,50	1,67	-0,1	0,44	1,23	688		
280	4,67	1,67	0,05	0,44	1,23	688		

290	4,83	1,67	0,21	0,44	1,23	688		
300	5,00	1,67	0,38	0,44	1,23	688		
310	5,17	1,67	0,54	0,54	1,13	659		
320	5,33	1,67	0,7	0,7	0,97	611		
330	5,50	1,67	0,86	0,86	0,81	558		
340	5,67	1,67	1,01	1,01	0,66	504		
350	5,83	1,67	1,16	1,16	0,51	443		
360	6,00	1,67	1,31	1,31	0,36	372		
370	6,17	1,67	1,45	1,45	0,22	291		
380	6,33	1,67	1,58	1,58	0,09	186		
390	6,50	1,67	1,7	1,7	0	0		
400	6,67	1,67	1,82	1,82	0	0		
410	6,83	1,67	1,92	1,92	0	0		
420	7,00	1,67	2,01	2,01	0	0		
430	7,17	1,67	2,1	2,1	0	0		
440	7,33	1,67	2,17	2,17	0	0		
450	7,50	1,67	2,23	2,23	0	0		
460	7,67	1,67	2,28	2,28	0	0		
470	7,83	1,67	2,31	2,31	0	0	Meðal-	Rennslis
480	8,00	1,67	2,33	2,33	0	0	rennsli	hlutfall
490	8,17	1,67	2,34	2,34	0	0	433	63%
500	8,33	1,67	2,34	2,34	0	0		
510	8,50	1,67	2,32	2,32	0	0		
520	8,67	1,67	2,3	2,3	0	0		
530	8,83	1,67	2,26	2,26	0	0		
540	9,00	1,67	2,21	2,21	0	0		
550	9,17	1,67	2,14	2,14	0	0		
560	9,33	1,67	2,07	2,07	0	0		
570	9,50	1,67	1,98	1,98	0	0		
580	9,67	1,67	1,88	1,88	0	0		
590	9,83	1,67	1,78	1,78	0	0		
600	10,00	1,67	1,66	1,66	0,01	62		
610	10,17	1,67	1,54	1,54	0,13	224		
620	10,33	1,67	1,41	1,41	0,26	316		
630	10,50	1,67	1,27	1,27	0,4	392		
640	10,67	1,67	1,12	1,12	0,55	460		
650	10,83	1,67	0,97	0,97	0,7	519		
660	11,00	1,67	0,82	0,82	0,85	572		
670	11,17	1,67	0,66	0,66	1,01	623		
680	11,33	1,67	0,5	0,5	1,17	671		
690	11,50	1,67	0,34	0,44	1,23	688		
700	11,67	1,67	0,18	0,44	1,23	688		
710	11,83	1,67	0,02	0,44	1,23	688		
720	12,00	1,67	-0,14	0,44	1,23	688		
730	12,17	1,67	-0,29	0,44	1,23	688		

740	12,33	1,67	-0,44	0,44	1,23	688		
750	12,50	1,67	-0,58	0,44	1,23	688		
760	12,67	1,67	-0,72	0,44	1,23	688		
770	12,83	1,67	-0,84	0,44	1,23	688		
780	13,00	1,67	-0,96	0,44	1,23	688		
790	13,17	1,67	-1,07	0,44	1,23	688		
800	13,33	1,67	-1,17	0,44	1,23	688		
810	13,50	1,67	-1,25	0,44	1,23	688		
820	13,67	1,67	-1,32	0,44	1,23	688		
830	13,83	1,67	-1,38	0,44	1,23	688		
840	14,00	1,67	-1,42	0,44	1,23	688	Meðal-	Rennslis
850	14,17	1,67	-1,45	0,44	1,23	688	rennsli	hlutfall
860	14,33	1,67	-1,47	0,44	1,23	688	438	64%
870	14,50	1,67	-1,47	0,44	1,23	688		
880	14,67	1,67	-1,46	0,44	1,23	688		
890	14,83	1,67	-1,43	0,44	1,23	688		
900	15,00	1,67	-1,39	0,44	1,23	688		
910	15,17	1,67	-1,34	0,44	1,23	688		
920	15,33	1,67	-1,27	0,44	1,23	688		
930	15,50	1,67	-1,19	0,44	1,23	688		
940	15,67	1,67	-1,1	0,44	1,23	688		
950	15,83	1,67	-0,99	0,44	1,23	688		
960	16,00	1,67	-0,88	0,44	1,23	688		
970	16,17	1,67	-0,76	0,44	1,23	688		
980	16,33	1,67	-0,63	0,44	1,23	688		
990	16,50	1,67	-0,49	0,44	1,23	688		
1000	16,67	1,67	-0,35	0,44	1,23	688		
1010	16,83	1,67	-0,2	0,44	1,23	688		
1020	17,00	1,67	-0,05	0,44	1,23	688		
1030	17,17	1,67	0,1	0,44	1,23	688		
1040	17,33	1,67	0,25	0,44	1,23	688		
1050	17,50	1,67	0,4	0,44	1,23	688		
1060	17,67	1,67	0,56	0,56	1,11	653		
1070	17,83	1,67	0,71	0,71	0,96	608		
1080	18,00	1,67	0,85	0,85	0,82	562		
1090	18,17	1,67	0,99	0,99	0,68	511		
1100	18,33	1,67	1,13	1,13	0,54	456		
1110	18,50	1,67	1,26	1,26	0,41	397		
1120	18,67	1,67	1,38	1,38	0,29	334		
1130	18,83	1,67	1,5	1,5	0,17	256		
1140	19,00	1,67	1,61	1,61	0,06	152		
1150	19,17	1,67	1,7	1,7	0	0		
1160	19,33	1,67	1,79	1,79	0	0		
1170	19,50	1,67	1,87	1,87	0	0		
1180	19,67	1,67	1,94	1,94	0	0		

1190	19,83	1,67	1,99	1,99	0	0		
1200	20,00	1,67	2,03	2,03	0	0		
1210	20,17	1,67	2,07	2,07	0	0		
1220	20,33	1,67	2,09	2,09	0	0		
1230	20,50	1,67	2,1	2,1	0	0	459	67%
1240	20,67	1,67	2,09	2,09	0	0		
1250	20,83	1,67	2,08	2,08	0	0		
1260	21,00	1,67	2,05	2,05	0	0		
1270	21,17	1,67	2,01	2,01	0	0		
1280	21,33	1,67	1,96	1,96	0	0		
1290	21,50	1,67	1,9	1,9	0	0		
1300	21,67	1,67	1,83	1,83	0	0		
1310	21,83	1,67	1,75	1,75	0	0		
1320	22,00	1,67	1,66	1,66	0,01	62		
1330	22,17	1,67	1,56	1,56	0,11	206		
1340	22,33	1,67	1,45	1,45	0,22	291		
1350	22,50	1,67	1,33	1,33	0,34	362		
1360	22,67	1,67	1,2	1,2	0,47	425		
1370	22,83	1,67	1,07	1,07	0,6	480		
1380	23,00	1,67	0,94	0,94	0,73	530		
1390	23,17	1,67	0,79	0,79	0,88	582		
1400	23,33	1,67	0,65	0,65	1,02	626		
1410	23,50	1,67	0,5	0,5	1,17	671		
1420	23,67	1,67	0,35	0,44	1,23	688		
1430	23,83	1,67	0,2	0,44	1,23	688		
1440	24,00	1,67	0,05	0,44	1,23	688		
1450	24,17	1,67	-0,1	0,44	1,23	688		
1460	24,33	1,67	-0,25	0,44	1,23	688		
1470	24,50	1,67	-0,39	0,44	1,23	688		
1480	24,67	1,67	-0,53	0,44	1,23	688		
1490	24,83	1,67	-0,66	0,44	1,23	688		
1500	25,00	1,67	-0,78	0,44	1,23	688		
1510	25,17	1,67	-0,9	0,44	1,23	688		
1520	25,33	1,67	-1	0,44	1,23	688		
1530	25,50	1,67	-1,1	0,44	1,23	688		
1540	25,67	1,67	-1,18	0,44	1,23	688		
1550	25,83	1,67	-1,26	0,44	1,23	688		
1560	26,00	1,67	-1,32	0,44	1,23	688		
1570	26,17	1,67	-1,36	0,44	1,23	688		
1580	26,33	1,67	-1,4	0,44	1,23	688		
1590	26,50	1,67	-1,42	0,44	1,23	688	462	67%
1600	26,67	1,67	-1,42	0,44	1,23	688		
1610	26,83	1,67	-1,41	0,44	1,23	688		
1620	27,00	1,67	-1,39	0,44	1,23	688		

1630	27,17	1,67	-1,35	0,44	1,23	688
1640	27,33	1,67	-1,3	0,44	1,23	688
1650	27,50	1,67	-1,24	0,44	1,23	688
1660	27,67	1,67	-1,16	0,44	1,23	688
1670	27,83	1,67	-1,07	0,44	1,23	688
1680	28,00	1,67	-0,97	0,44	1,23	688
1690	28,17	1,67	-0,86	0,44	1,23	688
1700	28,33	1,67	-0,74	0,44	1,23	688
1710	28,50	1,67	-0,61	0,44	1,23	688
1720	28,67	1,67	-0,47	0,44	1,23	688
1730	28,83	1,67	-0,33	0,44	1,23	688
1740	29,00	1,67	-0,18	0,44	1,23	688
1750	29,17	1,67	-0,02	0,44	1,23	688
1760	29,33	1,67	0,13	0,44	1,23	688
1770	29,50	1,67	0,29	0,44	1,23	688
1780	29,67	1,67	0,45	0,45	1,22	685
1790	29,83	1,67	0,61	0,61	1,06	639
1800	30,00	1,67	0,76	0,76	0,91	592
1810	30,17	1,67	0,92	0,92	0,75	537
1820	30,33	1,67	1,06	1,06	0,61	484
1830	30,50	1,67	1,21	1,21	0,46	421
1840	30,67	1,67	1,35	1,35	0,32	351
1850	30,83	1,67	1,48	1,48	0,19	270
1860	31,00	1,67	1,6	1,6	0,07	164
1870	31,17	1,67	1,72	1,72	0	0
1880	31,33	1,67	1,82	1,82	0	0
1890	31,50	1,67	1,92	1,92	0	0
1900	31,67	1,67	2	2	0	0
1910	31,83	1,67	2,08	2,08	0	0
1920	32,00	1,67	2,14	2,14	0	0
1930	32,17	1,67	2,19	2,19	0	0
1940	32,33	1,67	2,23	2,23	0	0
1950	32,50	1,67	2,25	2,25	0	0
1960	32,67	1,67	2,27	2,27	0	0 447 65%
1970	32,83	1,67	2,27	2,27	0	0
1980	33,00	1,67	2,26	2,26	0	0
1990	33,17	1,67	2,24	2,24	0	0
2000	33,33	1,67	2,2	2,2	0	0
2010	33,50	1,67	2,15	2,15	0	0
2020	33,67	1,67	2,09	2,09	0	0
2030	33,83	1,67	2,02	2,02	0	0
2040	34,00	1,67	1,94	1,94	0	0
2050	34,17	1,67	1,85	1,85	0	0
2060	34,33	1,67	1,75	1,75	0	0
2070	34,50	1,67	1,64	1,64	0,03	107



2080	34,67	1,67	1,52	1,52	0,15	240		
2090	34,83	1,67	1,39	1,39	0,28	328		
2100	35,00	1,67	1,26	1,26	0,41	397		
2110	35,17	1,67	1,12	1,12	0,55	460		
2120	35,33	1,67	0,98	0,98	0,69	515		
2130	35,50	1,67	0,83	0,83	0,84	568		
2140	35,67	1,67	0,67	0,67	1	620		
2150	35,83	1,67	0,52	0,52	1,15	665		
2160	36,00	1,67	0,36	0,44	1,23	688		
2170	36,17	1,67	0,21	0,44	1,23	688		
2180	36,33	1,67	0,05	0,44	1,23	688		
2190	36,50	1,67	-0,1	0,44	1,23	688		
2200	36,67	1,67	-0,25	0,44	1,23	688		
2210	36,83	1,67	-0,39	0,44	1,23	688		
2220	37,00	1,67	-0,53	0,44	1,23	688		
2230	37,17	1,67	-0,66	0,44	1,23	688		
2240	37,33	1,67	-0,79	0,44	1,23	688		
2250	37,50	1,67	-0,9	0,44	1,23	688		
2260	37,67	1,67	-1,01	0,44	1,23	688		
2270	37,83	1,67	-1,11	0,44	1,23	688		
2280	38,00	1,67	-1,19	0,44	1,23	688		
2290	38,17	1,67	-1,26	0,44	1,23	688		
2300	38,33	1,67	-1,32	0,44	1,23	688		
2310	38,50	1,67	-1,37	0,44	1,23	688		
2320	38,67	1,67	-1,4	0,44	1,23	688		
2330	38,83	1,67	-1,42	0,44	1,23	688		
2340	39,00	1,67	-1,43	0,44	1,23	688	447	65%
2350	39,17	1,67	-1,42	0,44	1,23	688		
2360	39,33	1,67	-1,4	0,44	1,23	688		
2370	39,50	1,67	-1,37	0,44	1,23	688		
2380	39,67	1,67	-1,32	0,44	1,23	688		
2390	39,83	1,67	-1,26	0,44	1,23	688		
2400	40,00	1,67	-1,18	0,44	1,23	688		
2410	40,17	1,67	-1,1	0,44	1,23	688		
2420	40,33	1,67	-1	0,44	1,23	688		
2430	40,50	1,67	-0,89	0,44	1,23	688		
2440	40,67	1,67	-0,78	0,44	1,23	688		
2450	40,83	1,67	-0,65	0,44	1,23	688		
2460	41,00	1,67	-0,52	0,44	1,23	688		
2470	41,17	1,67	-0,39	0,44	1,23	688		
2480	41,33	1,67	-0,24	0,44	1,23	688		
2490	41,50	1,67	-0,1	0,44	1,23	688		
2500	41,67	1,67	0,05	0,44	1,23	688		
2510	41,83	1,67	0,2	0,44	1,23	688		
2520	42,00	1,67	0,35	0,44	1,23	688		

2530	42,17	1,67	0,5	0,5	1,17	671			
2540	42,33	1,67	0,64	0,64	1,03	629			
2550	42,50	1,67	0,79	0,79	0,88	582			
2560	42,67	1,67	0,93	0,93	0,74	533			
2570	42,83	1,67	1,06	1,06	0,61	484			
2580	43,00	1,67	1,19	1,19	0,48	430			
2590	43,17	1,67	1,31	1,31	0,36	372			
2600	43,33	1,67	1,43	1,43	0,24	304			
2610	43,50	1,67	1,53	1,53	0,14	232			
2620	43,67	1,67	1,63	1,63	0,04	124			
2630	43,83	1,67	1,72	1,72	0	0			
2640	44,00	1,67	1,8	1,8	0	0			
2650	44,17	1,67	1,87	1,87	0	0			
2660	44,33	1,67	1,93	1,93	0	0			
2670	44,50	1,67	1,98	1,98	0	0			
2680	44,67	1,67	2,01	2,01	0	0			
2690	44,83	1,67	2,04	2,04	0	0			
2700	45,00	1,67	2,05	2,05	0	0			
2710	45,17	1,67	2,05	2,05	0	0	452	66%	
2720	45,33	1,67	2,05	2,05	0	0			
2730	45,50	1,67	2,02	2,02	0	0			
2740	45,67	1,67	1,99	1,99	0	0			
2750	45,83	1,67	1,95	1,95	0	0			
2760	46,00	1,67	1,9	1,9	0	0			
2770	46,17	1,67	1,83	1,83	0	0			
2780	46,33	1,67	1,76	1,76	0	0			
2790	46,50	1,67	1,67	1,67	0	0			
2800	46,67	1,67	1,58	1,58	0,09	186			
2810	46,83	1,67	1,48	1,48	0,19	270			
2820	47,00	1,67	1,37	1,37	0,3	340			
2830	47,17	1,67	1,25	1,25	0,42	402			
2840	47,33	1,67	1,13	1,13	0,54	456			
2850	47,50	1,67	1	1	0,67	508			
2860	47,67	1,67	0,87	0,87	0,8	555			
2870	47,83	1,67	0,73	0,73	0,94	601			
2880	48,00	1,67	0,59	0,59	1,08	645			
							<b>Meðalrennsli yfir sjávarfallahviðu:</b>	<b>448</b>	<b>I/s</b>
							<b>Rennslisgeta lagnar án sjávarfalla:</b>	<b>688</b>	<b>I/s</b>
							<b>Hlutfall:</b>		<b>65%</b>