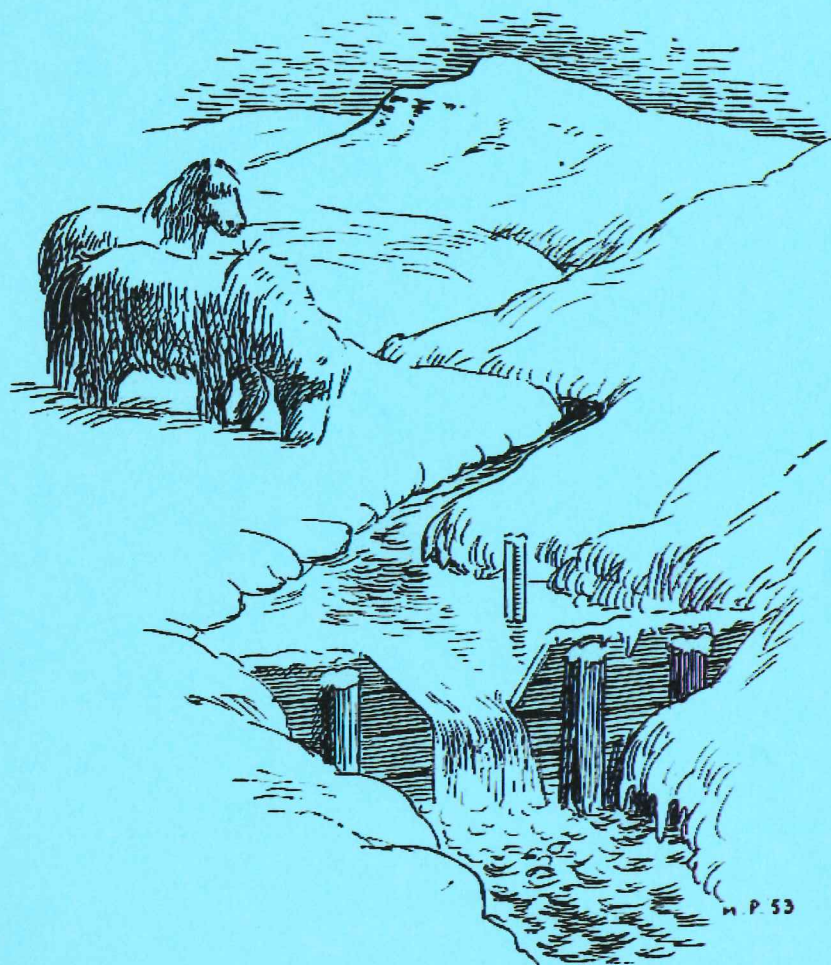
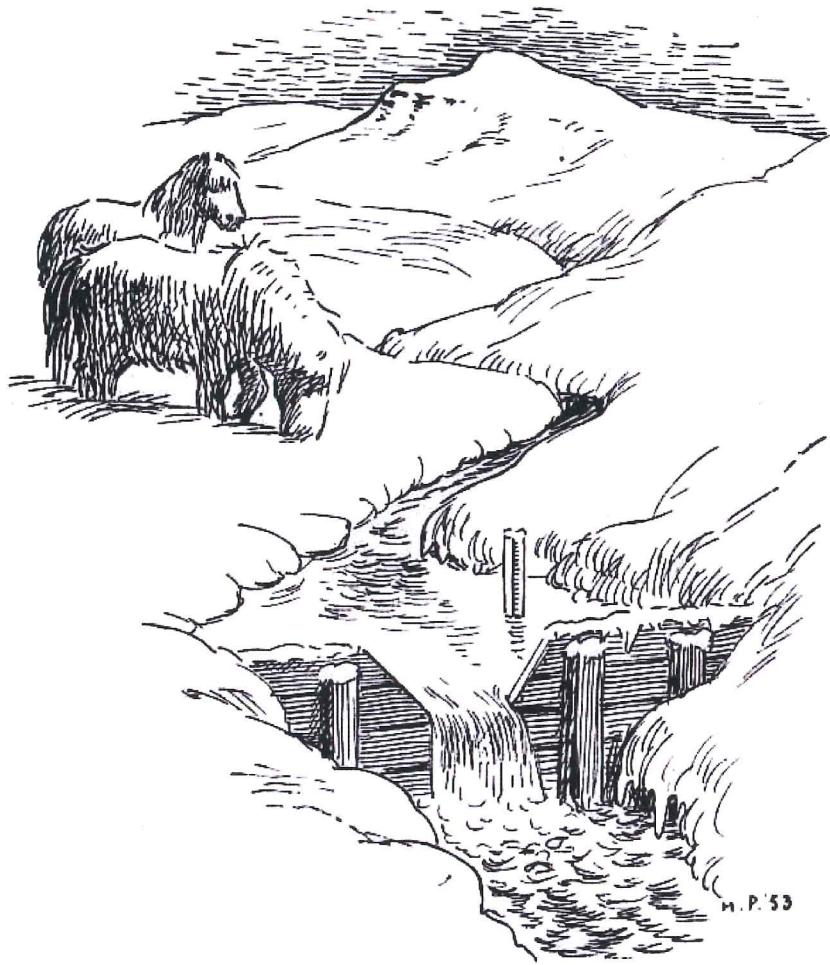


Leiðbeiningar um mælingar á vatnsrennsli í smáám og lækjum



Leiðbeiningar um mælingar á vatnsrennsli í smáám og lækjum



Tekið saman af Jónu Finndísi Jónsdóttur, Kristni Einarssyni, Snorra Zóphóníassyni, Bjarna Kristinssyni og Sverri Elefsen. Byggt á bæklingi frá 1953 eftir Sigurjón Rist.

Excel-skjal til útreikninga á rennsli gert af Jónu Finndísi Jónsdóttur.

Unnið með styrk úr Orkusjóði 2002.

Efnisyfirlit

| | |
|-----------------------------------------------|-----------|
| 1. INNGANGUR | 3 |
| 2. GAGNABANKI VATNAMÆLINGA | 3 |
| 3. RENNSLISMÆLINGAR | 6 |
| 3.1 KVARÐAR/SÍRITAR | 7 |
| 3.2 MÆLING MEÐ KERI | 7 |
| 3.3 YFIRBORDSHRAÐAMÆLING | 8 |
| 3.4 YFIRFALLSSTÍFLUR..... | 9 |
| 3.4.1. Timburstífla..... | 11 |
| 3.4.2. Steinsteypustífla | 11 |
| 3.4.3. V-laga yfirfall..... | 11 |
| 3.4.4. Rétthyrningsyfírföll..... | 12 |
| 3.4.5. Eftirlit | 13 |
| 3.5 RENNSLISMÆLINGAR VM | 13 |
| 4. EINFALDIR ÚTREIKNINGAR Á AFLI | 14 |
| 5. HEIMILDIR | 15 |

1. INNGANGUR

Vatn í ám og lækjum er af mismunandi uppruna. Dragár og lækir hafa engin glögg upptök, heldur verða til úr sytrum í lækja- og daladrögum, þar sem aðeins þunn jarðlög hylja vatnsþéttan berggrunn. Rennsli þeirra sveiflast með úrkomu, verður oft mest í leysingum á vorin en er lítið á þurrum haustum og á veturnum. Lindár eiga hins vegar glögg upptök, og er rennsli þeirra mjög jafnt árið um kring og lítt næmt fyrir duttlungum veðurfarsins frá degi til dags. (Sigurjón Rist, 1956). Flestar ár eru blanda þessara gerða en auk þess eru jökulár sem koma lítið sem ekkert við sögu smávirkjana.

Orka vatnsfalla grundvallast á tveim þáttum, fallhæð og vatnsmagni. Áður en beislun orkunnar til nýtingar er hafin, verður að þekkja þessar stærðir. Fallhæðina, sem talin er í metrum, er hægt að mæla í eitt skipti fyrir öll, en öðru máli gegnir um vatnið. Rennslið er sífelldum breytingum undirorpið. Til þess að öðlast þekkingu á rennslinu, verður að mæla rennslið um nokkurt skeið, ár eða árabíl, og halda skýrslur um það.

Áhugi er nú að vakna á ný fyrir gerð tiltölulega lítilla vatnsaflsvirkjana á Íslandi, svonefndra „smávirkjana“ eða „bændavirkjana“. Ein meginforsendan fyrir því, að hægt sé að hanna og leggja mat á hagkvæmni fyrirhugaðra vatnsaflsvirkjana, er að mælingar á rennsli í viðkomandi vatnsfalli liggi fyrir. Þar sem um er að ræða litla miðlun en markaðsaðstæður kalla á tryggja afhendingu yfir ákveðnu marki, með sammingsbundnum ákvæðum, er áriðandi að mæla eða áætla lágrennslið, sem víðast ríkir seinni hluta vetrar. Mælistíflur sem hægt er að setja upp í flestum vatnsföllum gefa upplýsingar um rennsli beint út frá mældri vatnshæð í lóni bak við stífluna. Einnig geta tvær lágrenslismælingar eftir undanfarandi staðviðri, önnur um miðjan vetur og hin í lok vetrar, gefið mikilvægar vísbendingar um lágmarksrennsli og jafnframt skorið úr um það, hvort rétt sé að athuga viðkomandi virkjunarhugmynd nánar.

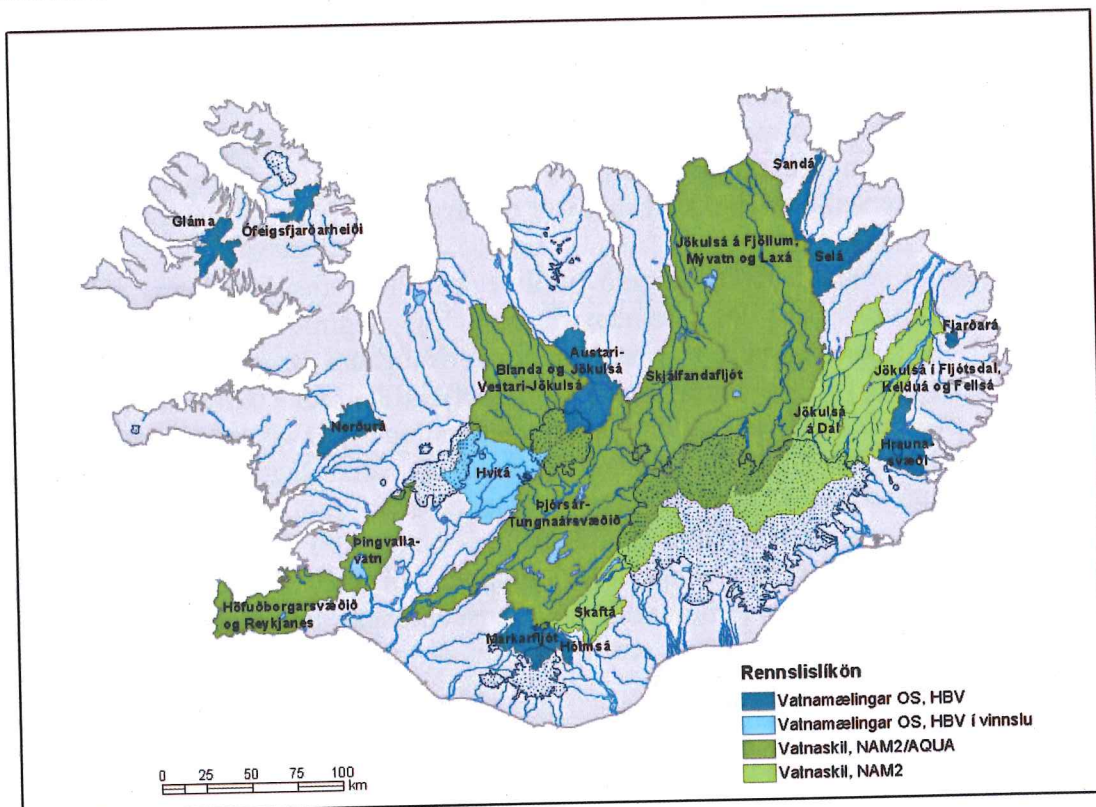
Bæklingur með leiðbeiningum um mælingar í smáám og lækjum, sem Sigurjón Rist tók saman 1953, hefur verið ljósritaður fyrir áhugasama fram á þennan dag. Þessi bæklingur er endurskoðaður hér og getur vonandi orðið þeim að liði sem huga vilja að smávirkjunum. Einnig fylgir Excel skjal (yfirfall11.xls) með töflureikniáðgerðir til þeirra umreikninga, sem áður voru gerðir með því að leita handvirkt í töflu. Þar er hægt að slá inn kennistærðir yfirfallsstíflu og mælda vatnshæð og reiknast þá rennslið samstundis. Útreikningarnir í Excel skjalinu eru samkvæmt mæliniðurstöðum sem birtar eru í bókinni *Discharge measurement structures* (Bos, M.G. 1978). Bæklingur og Excelskjal eru einnig fáanleg á vef Vatnamælinga (<http://www.vatn.is>) og svarar þessi prentun til útgáfu nr. 1.4 á vefnum.

Vatnamælingar Orkustofnunar annast bæði stakar renslismælingar og rekstur siritandi vatnshæðarmæla víða um land. Stjórnvöld standa undir almennum grunnrannsóknnum. Eigendur vatnsréttinda þurfa sjálfir að standa straum af kostnaði við allar mælingar sem þeir óska eftir í eigin þágu, nema um annað sé samið við stjórnvöld.

2. GAGNABANKI VATNAMÆLINGA

Samanburður við rennslisgögn frá nærliggjandi vatnshæðarmælum er mjög æskilegur, og séu þau gögn fyrir hendi auðveldar það mjög næstu skref og gerir það ódýrara að

skapa fullnægjandi hönnunarforsendu. Því miður liggur ekki fyrir neitt lágrennsliskort af landinu, en unnið er að nýju afrennsliskorti og þar er einnig haft í huga að gera lágrennsliskort. Allvíða hagar svo til, að gerð hafa verið rennslislíkön fyrir vatnshæðarmæla, og séu aðstæður svipaðar má jafnvel aðlaga líkanið til að reikna rennslisröð fyrir viðkomandi vatnsfall með sæmilegri nákvæmni. Stakar rennslismælingar þjóna eftir sem áður mikilvægu hlutverki, sem prófsteinar á líkanið. Þar sem Vatnamælingar Orkustofnunar hafa gert rennslislíkön fyrir nálæga vatnshæðarmæla geta þær tekið að sér aðlögun á þeim að viðkomandi vatnsfalli. Á mynd 1 má sjá yfirlit yfir þau svæði sem Vatnamælingar Orkustofnunar eða verkfræðistofan Vatnaskil sf. hafa gert líkan af.



Mynd 1. Yfirlit yfir svæði sem rennslislíkön hafa verið gerð af

Yfirlit yfir mælistöðvar í rekstri Vatnamælinga Orkustofnunar má sjá á mynd 2, þær voru 194 í byrjun árs 2002. Mælistöðvarnar skiptast í rennslisstöðvar, vatnsborðsstöðvar, grunnvatnsstöðvar, sjálfvirkar veðurstöðvar og úrkomusafnmæla. Rennslisstöðvarnar eru flestar eða 125, megin tilgangur þeirra er að gefa upplýsingar um rennsli viðkomandi vatnsfalls. Rennslisstöðvar mæla afrennsli frá tæplega 50% landsins, þar af eru vatnasvið á jökli um 7%. Vatnsborðsstöðvar eru í ám og stöðuvötnum og gefa upplýsingar um hæð vatnsborðs, þær eru 28 talsins. Grunnvatnsstöðvar eru 31, þær eru í borholum og brunnum og notaðar til að fylgjast með breytingum á grunnvatnsstöðu. Vatnamælingar reka 4 sjálfvirkar veðurstöðvar og 6 úrkomusafnmæla. Þessi flokkun er raunar aðeins grunnflokkun á mælistærðum, en í mörgum mælistöðvum fer fram samþætt vöktun á fleiri eða færri umhverfisþáttum. Skyggða svæðið á mynd 2 sýnir þau vatnasvið sem afrennsli er mælt frá.

Vatnshæðarmælar eru margir í stórum ám nálægt hálendisbrúninni og ná til innan við helmingis af flatarmáli landsins, því nýttast þeir ekki allir við skoðun á smávirðjanakostum. Stakar rennslismælingar í nálægum vatnsföllum eru sumstaðar fyrir hendi, en ekki hafa allar verið tölvuteknar eða -skráðar, og er yfirlit um þær því brotkennt og gæði mælinganna all ójöfn.

Vatnamælingar Orkustofnunar þiggja með þökkum að fá til varðveislu niðurstöður vatnshæðarmælinga við mælistíflur, þannig að hægt sé að hafa þær til hliðsjónar við mat á afrennsli á viðkomandi svæði. Rétt er að geta þess að sjálfar niðurstöðurnar yrðu ekki afhentar þriðja aðila án leyfis viðkomandi eigenda gagnanna, á sama hátt og gildir með öll gögn í vörslu Vatnamælinga.

3. RENNSLI- OG VATNSHÆÐARMÆLINGAR

Áreiðanleg gögn um rennsli vatnsfalla, og dreifingu þess eftir árstíðum og árferði, leggja grunn að því að hægt sé að meta hagkvæmni virkjunar og eru mikilvæg þegar velja skal hverfil og annan búnað. Vatnsföllin sem fyrirhugað er að virkja eru af misjafnri stærð og því henta mismunandi aðferðir til mælinga á rennsli.

Vatnshæðarmælir, síritandi þrýstiskynjari eða kvarði gefa aðeins upplýsingar um vatnshæð viðkomandi vatnsfalls en samband vatnshæðar og rennslis verður að vera þekkt til að hægt sé að reikna rennsli vatnsfallsins út frá vatnshæðinni. Á Vatnamælingum Orkustofnunar er samband vatnshæðar og rennslis yfirleitt fundið með því að mæla rennslið nokkrum sinnum þegar vatnsborð er stöðugt við vatnshæðarmælinn en við mismunandi vatnshæð. Best er að rennslismælingarnar spanni nokkuð breitt svið, þannig að lægsta rennslismælingin sé við lága vatnshæð og sú hæsta við vatnshæð sem er nálægt hámarki. Við V- og U-laga yfirföll sem reist hafa verið samkvæmt þeim straumfræðilegu leiðbeiningum sem fram koma í kafla 3.4 er samband vatnshæðar og rennslis hins vegar þekkt og ekki þarf að framkvæma nema e.t.v 1-2 rennslismælingar því til staðfestingar.

Vatnamælingar Orkustofnunar mæla rennsli vatnsfalla yfirleitt með straumhraðamæli. Þá er hraði vatnsins mældur í 80-100 punktum í einu þversniði vatnsfallsins og rennslið reiknað með heildun eftir að brúað hefur verið á milli mælipunktanna. Í stórum ám er hins vegar stundum notaður bátur með straumsjá sem mælir hraða vatnsins út frá Dopplerviki. Þær aðferðir sem hægt er að nota til að áætla rennsli án aðstoðar vatnamælingamanna eru misáreiðanlegar. Rétt hannaðar yfirfallsstíflur gefa beinar upplýsingar á rennsli vatnsfallsins út frá álestrum á vatnshæð bak við þær. Einnig gefa rennslismælingar sem lýst er í kafla 3.2 þar sem öllu vatni vatnsfallsins er safnað saman í eitt ílát í ákveðinn tíma góðar upplýsingar um rennslið, sú mæliaðferð hentar þó ekki nema vatnsfallið sé smár lækur. Yfirborðshraðamælingar sem skýrt er frá í kafla 3.3 eru ekki áreiðanlegar en henta ágætlega til að fá mat á stærðargráðu rennslis. Varast skal að taka trúanlegt sjónmat á rennsli, án mælinga, því bjartsýni getur blekkt.

Oft er hentugt að koma fyrir vatnshæðarmæli, sírita eða kvarða neðarlega í viðkomandi vatnsfalli, þar sem það getur orðið nokkuð torsótt að fylgjast með búnaðinum að vetrinum langt frá alfaraleiðum. Í þeim tilfellum er nauðsynlegt að framkvæma nokkrar samanburðarmælingar til að ganga úr skugga um hve mikill hluti mælda rennslisins næst til virkjunar. Þ.e. hversu miklu munar á því rennsli sem mælt

er á láglendi og því sem hægt að ná í aðrennslispípu í þeirri hæð sem áætlað inntak í virkjunina er.

3.1 Kvarðar/síritar

Til að mæla vatnsborðsbreytingar í hyl eða lóni skal kvarða eða sírita komið fyrir við annan hvorn bakkann. Þegar velja skal stað fyrir kvarða eða sírita þarf að hafa nokkur atriði í huga. Gott er að setja mælistöðina á lygnan stað. Neðan mælistaðar þarf að vera svokallað ráðandi þversnið, yfirfall eða klöpp sem haggast ekki, en myndar nokkurs konar flúðir sem vatnið fellur um. Vatnshæðin við kvarðann eða síritann stjórnast þá af þessu ráðandi þversniði.

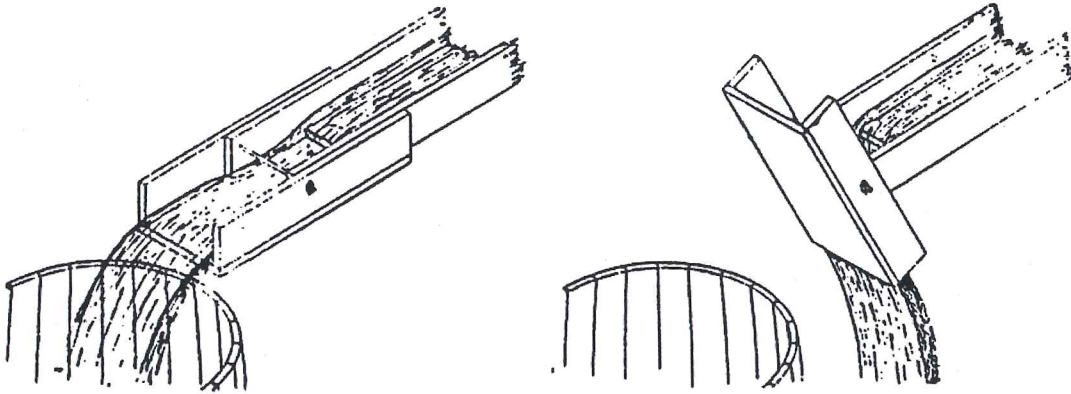
Ef setja á upp kvarða þarf að tryggja að hann hreyfist ekki. Gott er að festa staur með múrboltum í klöpp við bakkann eða bora fyrir járnörri í klöpp. Þegar gengið hefur verið frá staurnum, þannig að hann sé lóðréttur, er festur á hann kvarði. Vatnamælingar Orkustofnunar geta útvegað hentuga kvarða í þessu skyni. Ef lesið er af kvarða, má fá hjá Vatnamælingum Orkustofnunar hentuga bók til að fylla inn í. Þar er vatnshæð skráð ásamt veðurlýsingu og athugasemdum. Best er að lesa sem oftast af kvarða, helst einu sinni á dag en ekki sjaldnar en tvisvar í viku. Á vetrum geta skarir og grunnstingull ýkt vatnshæð og getur verið snúið að leiðrétta vatnshæðina fyrir slíku eftirá. Því er nauðsynlegt að skrá í mælingabókina hvaða daga ís er í ánni.

Einnig er nauðsynlegt að setja fastmerki, t.d. múrbolta, í klöpp nálægt kvarðanum og mæla inn hæðarmun á núllpunkti kvarða og fastmerkinu. Þennan hæðarmun þarf að skrá vandlega og geyma svo hægt sé að sannreyna síðar hvort hæðarmunurinn sé sá sami og áður. Einnig er alltaf hætt á að vatnsfallið geti rifið með sér kvarðann í flóðum og þá má nota fastmerkið til að stilla nýjan kvarða af í samræmi við þann gamla. Fastmerkið þarf að vera á öruggum stað þar sem t.d. ís í ánni nær ekki að skemma það.

Síritar hafa þann kost að þeir skrá vatnshæð jafnt og þétt yfir daginn, alla daga. Því gefa síritar fyllri gögn en kvarðar um vatnsfallið og vinna má upplýsingar um háþörk og lágmörk, ásamt öðrum stærðum, út úr gögnunum. Auk þess þarf þá ekki að vitja mælistaðarins eins oft og ef um kvarða væri að ræða. Síriti hentar vel ef mælt er fjarri alfaraleið. Sá ókostur fylgir þó síritum að rekstur þeirra er dýr, kostnaður við sírita er nokkur hundruð þúsund krónur á ári vegna tækjaleigu, vinnu við uppsetningu og úrvinnslu gagna. Vatnamælingar Orkustofnunar bjóða þjónustu við að setja upp sírita, þ.e. þrýstiskynjara og skráningartæki til að skrá vatnshæð, auk úrvinnslu gagna.

3.2 Mæling með kerri

Aðferð þessi er handhæg í smálækjum. Fundin er eða útbúin buna nægilega há, til þess að hægt sé að ná öllu vatninu með plaströri eða rennu í ílát, sem er nokkrar sekúndur að fyllast, t.d. bala eða tunnu. Á mynd 3 er neðri hluti rennunnar hreyfanlegur. Um leið og þeim hluta rennunnar er skotið til, svo að bunan taki að streyma í kerrið, er tíminn tekinn á skeiðklukku eða úr með sekúnduvísi. Áður en vatn nær að flæða úr ílátinu, er vatnsbunan sveigð snögglega framhjá á ný.



Mynd 3. Trérenna sem hentar við mælingu með keru

Tímavörður skráir sekúndurnar, sem liðu, meðan vatnið streymdi til ílátsins. Nú er ausið og talið úr kerinu, t.d. með eins eða fimm lítra máli, eða vatnsmagnið er reiknað út eftir lögum ílátsins. Síðan er sekúndum deilt í lítrafjöldann til þess að fá rennslið í lítrum á sekúndu (l/s). Þetta er endurtekið nokkrum sinnum og meðaltal fundið. Helstu vandkvæði mælingarinnar eru að ná vatninu í rennuna, en það er auðvelt, ef notaðir eru plastpokar eða annar dúkur í þéttingu milli stallsbrúnar og rennu. Varast skal að loka fyrir rennslið við efri enda rennunnar, því að þá safnast þar vatn, sem kemur svo fram sem flóðgusa, þegar opnað er á ný, og þá mælist ekki hið rétta rennsli lækjarins.

Höfuðókostur við mælingu með keru er, hve athuganir verða strjálur. Enginn mælir læk sinn á þennan hátt dag eftir dag. Þess vegna er oft hagkvæmara að byggja traust yfirfall og fylgjast á þann hátt með sveiflum rennslisins frá degi til dags.

3.3 Yfirborðshraðamæling

Rennsli metið með yfirborðshraðamælingu telst aldrei áreiðanleg mæling á rennsli. Yfirborðshraðamæling eða svokölluð hrossataðsmæling felst í því að meta yfirborðshraðann á nokkrum stöðum yfir ána ásamt dýpi og breidd og fá þannig gróft mat á rennsli vatnsfallsins, eins og greint er frá hér á eftir.

Mælingin fer þannig fram að fundinn er mælistaður í vatnsfallinu þar sem farvegurinn er sæmilega jafn nokkra vegalengd. Valið er hentugt flotholt, t.d. hrossatað en þaðan dregur aðferðin nafn sitt, en annars hentar appelsína vel vegna þess að hún marar nokkurn veginn hálf í kafi. Flotholtið er látið fljóta niður eftir ánni ákveðna vegalengd, 5-10 metra, og tíminn sem það tekur að fljóta þessa vegalengd er mældur með skeiðklukku. Tímanum er svo deilt í vegalengdina sem flotholtið ferðaðist og fæst þannig yfirborðshraði (m/s). Gott er að endurtaka þetta nokkrum sinnum, láta flotholtið byrja ferð sína niður eftir vatnsfallinu misjafnlega langt frá bökkum vatnsfallsins og yfirborðshraði vatnsfallsins er þá meðaltal þeirra hraða sem mældust. Meðalhraði vatnsins er yfirleitt 80 – 90% af yfirborðshraðanum og því má margfalda yfirborðshraðann með 0,85 til að fá mat á meðalhraða vatnsins. Meðaldýpi farvegarins er svo fundið með því að mæla dýpið með tommustokk eða mælistöng með jöfnu millibili þvert yfir farveginn og taka meðaltal af dýpinu. Breidd farvegarins er mæld með málbandi, margfölduð með meðaldýpinu og meðalhraðanum og fæst þá mat á rennslið ($\text{Rennsli} = 0,85 * \text{meðalyfirborðshraði} * \text{meðaldýpi} * \text{breidd farvegar}$). Gæta verður að einungum þegar rennslið er reiknað, ef hraðinn er mældur í metrum á sekúndu, dýpið og breidd farvegar í metrum þá fæst rennslið í rúmmetrum í sekúndu. Einn rúmmetri er jafn þúsund lítrum.

Yfirborðshraðamælingin sem lýst var hér að framan hentar til að fá gróft mat á rennsli vatnsfalls, til að áætla hvers konar yfirfallstífla henti til mælingar á rennsli. Brýnt er að hafa í huga að slík mæling gefur einungis hugmynd um rennslið en þjónar engan veginn sem áreiðanleg rennslismæling.

3.4 Yfirfallsstíflur

Þessum kafla um yfirfallsstíflur er fyrst og fremst ætlað að gefa upplýsingar um hvernig yfirfallsstíflur þurfa að vera hannaðar út frá straumfræðilegu sjónarmiði til að hægt sé að reikna rennsli út frá vatnshæð bak við þær. Hins vegar eru í þessum kafla, einkum í undirköflunum 3.4.1 og 3.4.2 nefnd nokkur atriði sem víkja að byggingu þeirra, sú lýsing er þó engan veginn fullkomin heldur frekar ætlað að miðla ráðum sem byggð eru á reynslu vatnamælingamanna. Vatnamælingar taka ekki á sig ábyrgð á stíflum sem byggðar eru samkvæmt þessum leiðbeiningum. Þar sem um er að ræða nokkuð stórt mannvirki er sjálfsagt að leita aðstoðar hjá fagmönnum á sviði byggingaverkfræði svo sem hjá verkfræðistofum.

Byggð er í læknum eða ánni stífla með V-laga eða U-laga skarði (yfirfalli), sem vatnið fossar um. Að sjálfsögðu hækkar í lóninu aftan við stífluna við aukið rennsli og lækkar þar aftur þegar dregur úr rennslinu. Þannig er samband á milli rennslisins og vatnshæðarinnar í lóninu. Með tilraunum hefur verið fundið, hve margir lítrar vatns á sekúndu hverri streyma fram um skörð ýmissa stíflutegunda við mismunandi vatnshæðir í lóni. Meðfylgjandi Excel-skjal inniheldur þetta samband fyrir nokkrar gerðir stíflu og þar má slá inn kennistærðir stíflu ásamt vatnshæð í lóni hjá yfirfallsstíflu á hverjum tíma til þess að öðlast vitneskju um rennslið í l/sek.

Ekki er hægt að reikna rennsli fyrir allar tegundir stíflna og því er gott að skoða Excel-skjalið áður en hafist er handa við gerð stíflu, slá inn í skjalið kennistærðir áætlaðrar stíflu með hliðsjón af lauslegri áætlun á rennsli út frá yfirborðshraða vatnsins ásamt breidd og dýpt farvegar, og kemur þá fram þar hvort og hversu mikið rennsli er hægt að mæla með tiltekinni stíflu. V-laga yfirfallið hentar betur ef mæla á lágt rennsli (2-400 l/s) en réttthyrningslaga yfirföllin henta betur ef um er að ræða meira rennsli (allt að 5 m³/s).

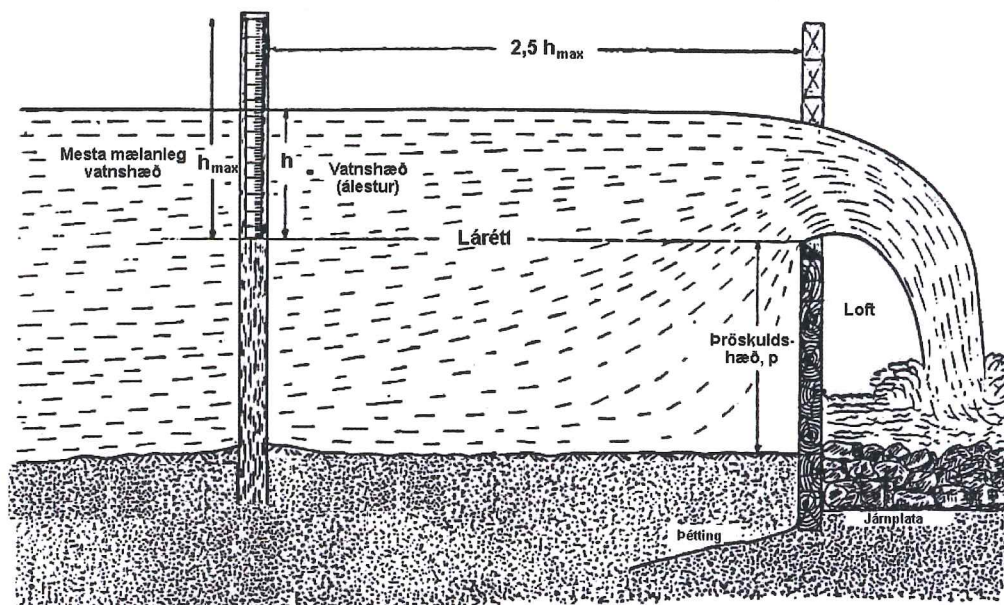
Kosturinn við yfirfallsstíflurnar er sá að hver álestur vatnshæðar bakvið hana jafngildir rennslismælingu. Við reglulega álestra má kynnast ánni vel og viðbrögðum hennar við mismunandi veðurfari. En vissulega er gott að fá a.m.k. eina rennslismælingu til að staðfesta útreikninga á rennsli um yfirfallsstíflu. Gallinn við yfirfallsstíflur er hins vegar sá að nokkur upphafskostnaður og fyrirhöfn er við bygginguna og e.t.v þarf að moka upp úr lóninu öðru hvoru. Bygging yfirfallsstíflu í litlum eða meðalstórum læk er oftast ódýrari en að kaupa nokkrar rennslismælingar (a.m.k. 5 mælingar) til að tengja vatnshæð við rennsli.

Eftirfarandi atriði skipta máli við hönnun stíflunnar vegna straumfræðinnar.

- Vatnið á að falla út úr straumlitlu lóni um yfirfallið.
- Þröskuldshæð kemur inn í reikningana og má ekki vera of lág.
- Smíði yfirfallsins verður að vera nákvæm. Yfirfallsbrúnin er á innanverðum veggnum úr 2-3 mm þykku járn og verður bunan að ná út fyrir vegginn án þess að snerta hann.

Ef lækurinn eða áin ber með sér efni sem sest getur til í lóninu þarf að velja stíflunni stað þar sem hægt er að koma að tæki til að moka efni upp úr lóninu til að viðhalda hæfilegri þröskuldshæð.

Til að sýna vatnsborðsbreytingar í lóninu skal koma fyrir kvarða eða sírita við annan hvorn bakkann, um tvo til þrjú metra frá stíflunni (sjá mynd 4). Núllpunktur kvarðans á að vera nákvæmlega í sömu hæð og þröskuldur stíflunnar, þ.e. skarðsbrún yfirfallsins. Sé lögð réttskeið frá yfirfallsbrún að staurnum, finnst staður núllpunktsins auðveldlega með venjulegu hallamáli. Þá má einnig örlítið vatn síga til yfirfallsstíflunnar, og um leið og það nær yfirfallsbrúninni, gefur sléttur og kyrr vatnsflöturinn til kynna, hvar núllpunkturinn á að vera. Mælikvarðinn skal standa lóðréttur.



Mynd 4. Þverskurður timburstíflu í lausum jarðvegi

Hönnun stíflunnar þarf að fara eftir aðstæðum á hverjum stað og aðstöðu þess sem hana reisir til þess að afla sér efnis og tækja. Efnið í stífluveggnum getur verið úr timburborðum, vatnsheldum krossviði, járnplötum eða steinsteypu. Hafa verður í huga að vatnsmagn bak við stífluna getur verið umtalsvert mikið, því þarf stíflan að vera traust og þannig staðsett að af henni stafi ekki hætta í flóðum. Ráðlegt er að bera hönnun stíflu undir fagmann á sviði byggingarverkfræði.

Hér á eftir eru sýnd tvö dæmi um verklag við að reisa stíflu, annars vegar úr timbri og hins vegar úr steinsteypu. Vatnamælingamenn hafa séð margar aðrar snjallar lausnir hjá bændum og eru tilbúnir að miðla þeirri reynslu.

Best er að geta veitt læknum frá, meðan stíflan er byggð. Það vatn sem næst ekki burt, seytlar t.d. í gegnum sandpokastíflu, er best að leiða í röri fram undir stíflunni, meðan á byggingu stendur, en loka síðan vandlega með steypu eða tappa þegar stíflan er tilbúin. Ef lækurinn er lítill er möguleiki að veita honum öllum framhjá í röri meðan stíflan er byggð.

3.4.1. *Timburstífla*

Ef ekki verða stór flóð í læknum sem mæla á, er oft hagkvæmt að byggja timburstíflu, t.d. úr vatnsheldum krossviði, sem skorinn er inn í bakka við bæði lönd og hvílir á traustum vel festum stólpum í miðju, sem taka á móti vatnspunganum. Einnig má styrkja krossviðinn með vinkiljárn. Nokkurt lón þarf að myndast bak við yfirfallsstífluna.

Reynslan hefur sýnt, að meginerfiðleikarnir við byggingu timburstíflna er að þétta þær í botninn. Sé undirstaðan klöpp, situr neðsta borðið á hnjótum, svo að vatn smýgur undir. Einfaldasta ráðið til að þétta með botni, er að leggja strigapoka með steypu í botninn. Því næst er stíflan klædd straummegin með lóðréttum borðum, sem höggvin eru til eftir stöllum botnsins og þrýst niður í steypuna og nelgd á stífluna. Athuga ber, að við þetta spyrnist öll stíflan upp, svo að nauðsynlegt er að negla á hana oka og bera stórgrýti að eða bora niður festur neðan stíflunnar. Undan stíflu, sem stendur á klöpp, grefst ekki, en aftur á móti getur hún auðveldlega sprungið fram undan vatnspunganum, ef ekki er fyllt rækilega að veggjum hennar með grjóti eða boraðar niður festur.

Þegar reisa þarf stíflu í lausum jarðvegi, verður að grafa fyrir neðsta hluta hennar. Handhægt er að þétta hana í botninn með vatnsheldum dúk, sem negldur er á stífluna og svo lagður um einn metra inn í lónið og tyrfður. Sé þetta gert einnig við bakkana, fæst hún þétt. Stífla sem stendur á lausum jarðvegi, eyðileggst oft vegna þess að vatnsbunan grefur djúpan hyl fyrir neðan hana. Hylurinn víkkar út til allra hliða og nær að lokum inn undir stíflugarðið, svo að vatnið fær þar framrás. Ráðlegast er að koma í veg fyrir þetta með því að negla járnplötur á stífluna undan straumi og láta þær hylja þann stað sem vatnsbunan mæðir á og flytja síðan grjót að.

3.4.2. *Steinsteypastífla*

Í vatnsmiklum lækjum og smáám og þar sem framburður getur orðið mikill, er ráðlegast að byggja yfirfallsstíflur úr steinsteypu. Varla er hægt að reisa slíkar stíflur nema á klöpp. Hreinsa þarf klöppina vel, helst burstu hana upp úr sementsvatni. Steypan skal vera þurr og henni þjappað vel í mótin. Grjótbera má hliðarveggi en ekki yfirfallið. Ekki er nóg að treysta á límingu steypunnar við bergið, bora þarf járn niður í bergið og láta þau standa upp í steypuna.

3.4.3. *V-laga yfirfall*

Hér að framan er sjálfum stíflunum lýst, en nú skulu yfirföllin tekin til athugunar. Smíði þeirra þarf að vera nákvæm. Hentugt er að nota V-laga yfirfallið í smálækjum, þar sem rennslið er á bilinu 2 – 400 l/sek. Tekið er úr stíflunni fyrir V-laga skarðinu. Á stífluna straummegin er boltaður eða skrúfaður járnvinkill úr 2-3 mm þykku og nokkurra cm breiðu flatjárn, sem hefur verið soðið í rétt horn.

Gæta ber þess að bolta flatjárníð þannig á stífluna að það standi hvarvetna um 1 cm inn fyrir tréð, því að af innri brún vinkilsins, sem er hvöss, á vatnið að fossa án þess að snerta stífluvegginn. Þröskuldurinn frá skarðinu og niður í botn lónsins má ekki vera undir 50 cm, helst meira, ef um mikið rennsli er að ræða. Ef rennslið er innan við 100 l/sek dugir þó 30 cm þröskuldshæð.

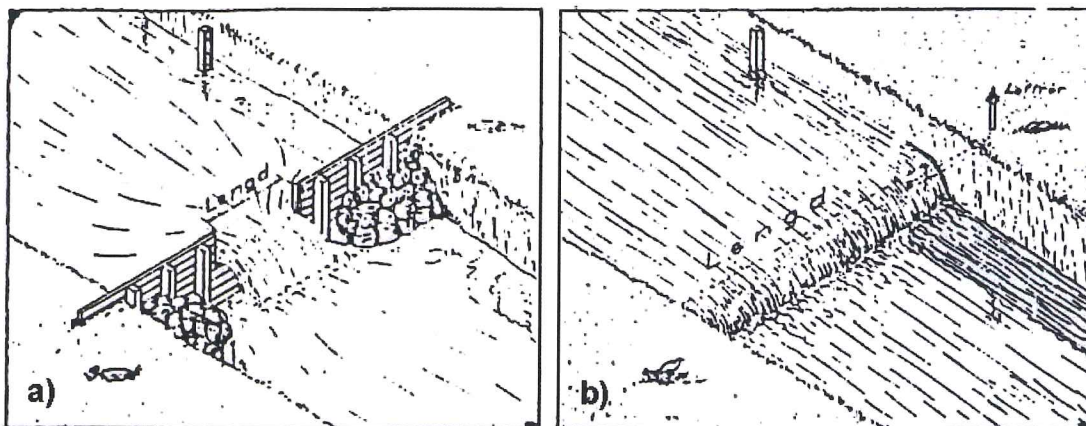
Þótt klaki og snjór grúfi yfir er auðvelt að mæla lítið rennsli örugglega með þessari gerð yfirfalla ef þess er vel gætt að ís sitji ekki í skarðinu. Hugsanlegt er að byggja yfir yfirfallsstíflu til að minnka ísmyndun í yfirföllum.



Mynd 5. V-laga yfirfall í Silungakeldulæk

3.4.4. Rétthyrningsyfirföll

Rétthyrningsyfirföll henta í stóra læki og smáar ár. Greina ber á milli tveggja tegunda rétthyrningsyfirfalla, eins og eftirfarandi mynd 6 sýnir. Munurinn er sá, að yfirfall annarrar gerðarinnar nær aðeins yfir hluta af breidd farvegsins, þ.e.a.s. yfirfallið er skarð í stífluna, það hentar í ár með ávala bakka. Hin tegundin er að því leyti frábrugðin, að þar nær yfirfallið alla leið yfir ána, eða með öðrum orðum farvegurinn heldur fullri breidd. Sú tegund hentar í farvegi með lóðréttum veggjum, t.d. steypa skurði.



Mynd 6. Á a) sést stífla með yfirfallsskarði, b) sýnir yfirfall með fullri farvegsbreidd

Sjálf yfirfallsbrúnin á að vera skörp straummegin, með 2-3 mm stalli og svo sniði undan straumi, því að vatnið á að fossa fram af yfirfallinu, þannig að loft leiki stöðugt undir bununni. Bunan má ekki renna niður bakhlið stíflunnar. Á vetrum nauða ísjakar við yfirfallsbrúnina, svo að áriðandi er að hún sé úr járnri eða öðru traustu efni. Veggir stífluskarða skulu einnig vera með skörpum brúnum straummegin.

Við yfirföll með „fullri farvegsbreidd“ haldast bakkarnir óbreyttir hjá yfirfallinu, en æskilegt er, að farvegurinn víkki strax neðan við yfirfallið. Ef svo er ekki, þarf að leiða loft eftir röri undir bununa, að öðrum kosti sýgst bunan að stíflunni og þá gildir yfirfallsformúlan ekki lengur.



Mynd 7. Réttþyrningslaga yfirfall í Þykkvabæjarlæk

Lengd yfirfallsins er valin með hliðsjón af stærð árinna, eða allt frá 1 upp í 10 metra. Rétt er að hafa lengdina riflega þar sem von er á drjúgum flóðum en hins vegar verður mælingin ónákvæmari, ef lengdin er mikil í hlutfalli við vatnshæðina. Hér verður því að fara bil beggja.

Þröskuldshæðin skiptir miklu máli eins og sjá má með því að prófa sig áfram í Excel-skjalinu. Dýpt lónsins skal höfð eins mikil og aðstæður leyfa með góðu móti.

3.4.5. *Eftirlit*

Ef lesið er af kvarða skal skrá vatnshæðina helst daglega og eigi sjaldnar en tvisvar í viku. Eins og áður segir má fá hentugar bækur til skráningar, hjá Vatnamælingum Orkustofnunar, en Excel skjalið þjónar til að reikna út rennslið. Gæta ber þess, að stíflan sé þétt og að vatnshæðarmælirinn sé réttur. Mól sem berst í lónið, verður að moka burt.

Nauðsynlegt er að brjóta allan ís, sem sest á yfirfallsbrún og lónið á veturnum. Vatnið verður að hafa ótruflaða framrás, til þess að mælingin sé rétt. Muna verður, að tilgangur mælinganna er að gefa heildarmynd af vatnsrennslinu allt árið og ár eftir ár.

3.5 Rennslismælingar VM

Vilji menn njóta aðstoðar Vatnamælinga við rennslismælingar, þá ber að hafa í huga að hægt er að minnka verulega kostnað við mælingarnar með því að láta vita af því að hausti. Þá geta Vatnamælingar sett þær mælingar á dagskrá í tengslum við aðrar ferðir, sem farnar eru hvort eð er, að hausti og fram eftir veturnum, til að sinna vatnamælingakerfinu, og unnið verkið á jaðarkostnaði. Vatnamælingar Orkustofnunar bjóða einnig þjónustu við að setja upp skynjara og skráningartæki til að fylgjast með og skrá vatnshæð, þar sem aðstæður kalla á það, ef menn vilja fá nákvæmara mat á rennslissveiflur heldur en kvarðar gefa eða vegna fjarlægðar mælistaðar frá byggðu bóli.

4. EINFALDIR ÚTREIKNINGAR Á AFLI

Eins og fyrr segir grundvallast orka vatnsfalla á tveim þáttum, fallhæð og vatnsmagni. Nýtanleg orka þeirra veltur hins vegar einnig á þrýstifalli í rörum og nýtni hverfils, rafala og spenna. Fyrir smávirkjanir má gera ráð fyrir að heildarnýtni kerfisins sé um 70% (VGK 2002) og þá má reikna út nýtanlega vatnsaflíð (P) á eftirfarandi hátt:

$$P = 7 Q H$$

þar sem:

P (kW) er nýtanlega vatnsaflíð,

Q (m³/s) er rennslið í gegnum hverfilinn, (1 m³/s = 1000 l/s),

H er heildarfallhæðin, mæld í metrum,

Þannig er nýtanlegt vatnsafl lækjar með rennsli Q = 0,23 m³/s og fallhæð H = 25 m,
P = 7 x 0,23 x 25 = 40 kW.

5. HEIMILDIR

Bos, M.G. 1978. *Discharge measurement structures*. Working group on small hydraulic structures. Wageningen Int. inst. for land reclamation and improvement/ ILRI Publication.

Sigurjón Rist 1953. *Leiðbeiningar um mælingar á vatnsrennsli í smáám og lækjum*, Raforkumálastjóri, vatnamælingar.

Sigurjón Rist 1956. *Íslensk vötn. Icelandic fresh waters*. Rv. Raforkumálastjóri, Vatnamælingar.

VGK 2002. *Undirbúningur smávirkjana*. Unnið fyrir iðnaðarráðuneytið. Handrit