

SVARTÁRVIRKJUN

MINNISBLAÐ

VERKNÚMÉR: 13322-002
VERKHLUTI:
HÖFUNDUR: Hörn Hrafnisdóttir
DREIFING:

DAGS.: 2018-02-09
NR.:

Efni: Ísamál – Vetraraðstæður í Svartá

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
1.1	Hitastig árvatnsins	2
1.2	Ísmyndanir	2
1.3	Truflanir vegna ísmyndana	5
1.4	Gerðir vatnsfalla og ísmyndun	5
2	Upplýsingar um Svartá og þverár hennar	5
2.1	Suðurá	5
2.2	Grjótá	6
2.3	Svartá	7
2.4	Vatnshiti	8
3	Möguleg áhrif virkjunar á vetraraðstæður Svartár	9
3.1	Prepahlaup	9
3.2	Leysingaflóð frá Grjótá	10
3.3	Ísmyndun á milli stíflu og frárennslis frá virkjun	10
3.4	Krapi	11
3.4.1	Krapi berst gegnum virkjun	11
3.4.2	Krapa fleytt framhjá virkjun um stíflumannvirki	12
4	Heimildaskrá	14

1 Inngangur

Vetraraðstæður hafa áhrif á rennsli og hegðun áa og eru áhrifin mismunandi eftir veðuraðstæðum, gerð vatnsfalls, landfræðilegum aðstæðum og fleiru. Ísmyndun í vatninu sjálfu er háð kælingu við yfirborð og er því bæði veðurháð og háð stærð yfirborðsflatar árinna sem er íslaus. Um leið og ísskarir myndast minnkar opinn yfirborðsflötur árinna og þá einnig ísmyndun hennar. Um leið og hana leggur alveg stöðvast ísmyndun í vatninu.



1.1 Hitastig árvatnsins

Til að ísmyndun verði í vatninu þarf það að verða undirkælt, þ.e. hitastigið að fara rétt undir 0°C. Hér er einungis um brot úr gráðu að ræða og er það m.a. háð hraða kælingar hvert umrætt hitastig er. Oftast er þetta innan við -0,1°C. Í mjög stuttu mál þá er ferlið almennt þannig að við upphaf kuldakafila lækkar hitastig árvatnsins línulega og við smávægilega undirkælingu hefst ísmyndun í vatninu í formi örsmárra ískristalla. Vatnið heldur áfram að að kólna og ísmyndunarhraðinn eykst. Eftir stutta stund nær vatnshitinn lágmarki þ.e. hámarks undirkælingu. Á sama tíma heldur ísmyndunarhraðinn áfram að aukast en hitastigið byrjar að hækka aftur vegna þess að fasabreytingin á vatninu gefur frá sér varma. Ísmyndunarframleiðslan nær svo hámarki og tekur að lækka aftur og við óbreyttar veðuraðstæður ná loks ísframleiðsla og hitastig vatnsins jafnvægi þar sem hvorugt breytist. Þetta hitastig er bara rétt undir núllinu, oft í kringum -0,02°.

Vegna mikillar blöndunar í rennandi vatni þarf að kæla allan vatnsmassann á viðkomandi stað í ánni til að ísmyndun hefjist. Þetta á ekki við í stöðuvötnum þar sem vatnið getur verið misheitt og lagskipt. Þetta þýðir að veður hafa fyrr áhrif á vatnslitlar ár og einnig grunnar ár þar sem yfirborðsflötur er hlutfallslega mikill á móti vatnsmagni.

1.2 Ísmyndanir

Ísmyndanir geta verið margvíslegar og er þar helst að nefna grunnstingul, krapaför, skarir, íspekju og hrannir.

Grunnstingull myndast þegar undirkældar ísnálar festast við eitthvað í farveginum sem stendur upp í strauminn, t.d. á steina eða klapparnibbur í flúðum, sjá myndir 1 og 2. Grunnstingullinn vex þannig upp frá botni og veldur þrengingu á þversniði árinna og getur myndað ísstíflur í botni sem hækka vatnsborðið enn meira. Á myndum 1 og 2 má sjá rennsli í Elliðaánum sem er um 4,2 og 3,6 m³/s. Þó rennslið sé ekki alveg það sama má vel greina hvaða áhrif grunnstingullinn hefur á vatnsborðið en það er greinilega mun hærra þann 19. janúar en sem nemur rennslismuninum.



Mynd 1 Sjávarfoss í Elliðaánum. a) Grunnstingull þekur botninn og hefur hækkað vatnsborðið, mynd tekin 19. janúar 2018, Verkís. Grunnstingullinn hefur áhrif á lit árinna. b) Grunnstingull farinn í meginfarvegi en hluti situr eftir við bakkana, sjá örvar. Mynd tekin 22. janúar 2018, Verkís.



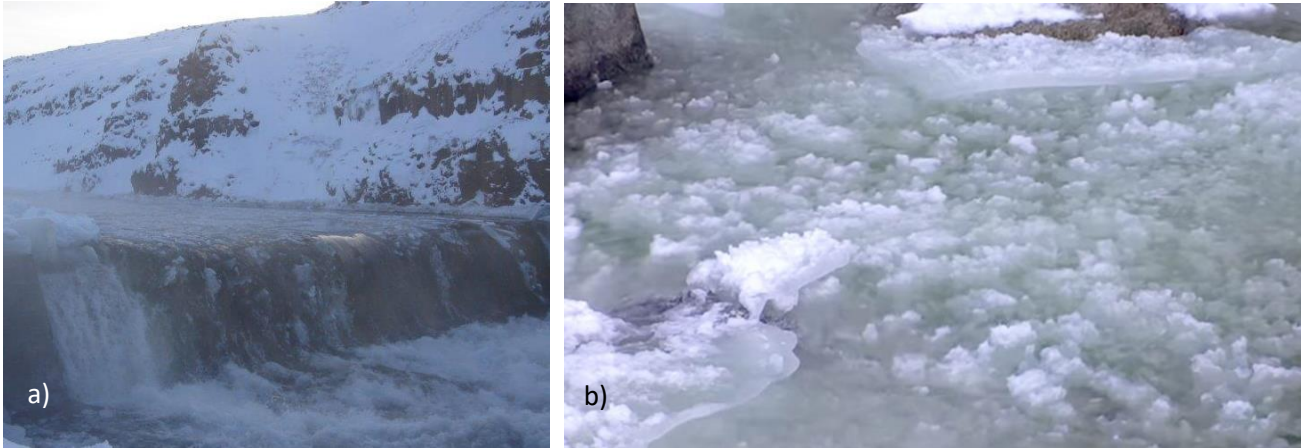
Mynd 2 Flúð neðan Sjávarfoss í Elliðaánum. a) Grunnstingull þekur botninn og hefur hækkað vatnsborðið, mynd tekin 19. janúar 2018, Verkís. b) Grunnstingull farinn í meginfarvegi en hluti situr eftir við bakkana, mynd tekin 22. janúar 2018, Verkís.

Hættast er við grunnstingulsmýndun þegar og þar sem vatnið er í mestri undirkælingu. Það á því við um ákveðinn upphafstíma á kuldatímabilum og svo einnig getur verið um staðbundin svæði að ræða þar sem t.d. lindarvatn er runnið nægilega langt frá upptökum sínum til þess að vatnið hafi náð því að verða undirkælt.

Þar sem grunnstingull vex neðan frá og upp þá hindrar hann ekki kælingu við yfirborð vatns. Myndun hans hefur því engin áhrif á ísframleiðslu nema þar sem hann myndast við bakka eða staði þar sem hann vex út í þversniðið við yfirborð.

Krapaför geta myndast þar sem ísnálar sem mynduðust í undirkældu vatni þróast og vaxa og mynda stærri einingar í formi krapa og berast þannig með straumnum. Krapa getur einnig myndast við það að snjór berst í ána annað hvort sem skafrenningur eða snjócoma. Í flúðum brotna krapaeiningar upp og blandast vatninu en geta svo aftur flotið upp til yfirborðs þar sem blöndun er minni og myndað krapaför á yfirborði. Krapaför minnka opinn vatnsflöt og hafa því áhrif á kælingu vatnsins. Þetta þýðir að ef um veðurkælingu án áhrifa snjókomu eða skafrennings er að ræða að þá byrjar krapamyndun og með auknum krapa sem flýtur í yfirborði minnkar aftur ísmyndun í ánni þar til jafnvægi er náð. Hins vegar ef snjór berst í ána t.d. með miklum skafrenningi þá heldur snjórinn áfram að berast í ána og leggur þannig til efni í krapaförin. Við slíkar aðstæður getur krapamyndun orðið hvað mest og ár litið út eins og grautur ef ástandið er mjög slæmt.

Krapa er einnig byggingarefni fyrir aðrar ísmyndanir eins og t.d. hrannir.



Mynd 3 a) Ís og krapí í Laxá. Rennsli á yfirfalli Laxárstíflu I. b) Mikill krapí í Yosemite Creek í Yosemite þjóðgarði í Bandaríkjunum (<https://www.myyosemitepark.com/things-to-do/frazil-ice-snow-cone-waterfall>).

Skarir myndast við bakka og eyjar eða steina sem standa uppúr straumnum þar sem rennlishraði er lágur. Skarir minnka yfirborðsflöt árinna og hafa þannig áhrif á ísmyndun í ánni. Einnig þrengja skarir að þversniðsflatarmáli og auka viðnámsflöt og valda þannig vatnsborðshækkun. Hluti krapa getur svo borist með straumnum undir skarirnar og flýtt fyrir að lygn svæði, þar sem skarirnar hafa myndast, fyllist af ís.



Mynd 4 Skarir við bakka og mikil krapaför í ánni. Þjórsá við Árnes, horft frá Þjórsárdalsvegi yfir Miðhúsahólma og Árnesið. Mynd tekin 28. desember 2009, Verkís, hiti um -7°C .

Ár getur lagt á nokkra máta. Lygnar ár geta fengið á sig *ísþekju* eða lagt með því að skarir vaxi alveg yfir ána eða þar sem skararmyndun og krapaför hjálpast að við að loka ánni með því að skarirnar hægi enn frekar á og þrengi að þannig að krapaförin stöðvast vegna hægs rennslis eða þrengingar og allt frjósi saman. Einnig getur *ísbrú* myndast ef ís sem berst með ánni verður meiri en áin getur borið í ákveðnu þversniði. Þá lokast yfirborð árinna á þeim stað og ísinn frýs saman. Vatnsborð hækkar ofan við og ís sem berst að ísbrúnni getur þá annað hvort borist undir ísbrúna og áfram niður með ánni, ef rennlishraðinn er nægur og ísinn ekki of mikill, eða safnast fyrir ofan við ísbrúna og þannig stækkað svæðið sem er hulið af ís. Í því tilfalli vex ísmyndunin upp með farvegi þar til kraftar sem verka á ísþekjuna verða henni sterkari og ísþekjan lætur undan og þjappast saman. Ísmyndun sem er tilkomin vegna þessa ferlis kallast íshrönn. Ferlið endurtekur sig nokkrum sinnum og getur myndunin safnað í sig ógrynni af ís og hækkað vatnsborð umtalsvert.



Ennfremur getur fennt og skafið yfir vatnslitlar ár og þær lokast á þann hátt. Úði frá fossum eða flúðum getur einnig frosið á t.d. bergveggjum og smám saman vaxið yfir farveginn og þá oft nokkuð yfir vatnsborði og þrengir þannig ekki að ánni undir.

1.3 Truflanir vegna ísmyndana

Ár geta valdið svokölluðum ágangi ef þær bólgnu það mikið upp vegna grunnstigulsmyndunar að þær hrekjast upp úr farvegi sínum, upp á bakka og jafnvel langar leiðir og yfir í önnur vatnsföll.

Mikil hrannarmyndun getur valdið mikilli vatnsborðshækkun á því svæði sem hún myndast og ofan við þar sem áhrifa hennar gætir. Í verstu tilfellum flæðir vatn út fyrir farveginn. Hrannir geta myndast bæði úr krappa á ísmyndunartímabilum og úr ísjökum við leysingar eða ef rennsli ár breytist skyndilega af öðrum orsökum og sprengir af sér ís.

Þrepahlaup geta orðið þegar tímabundnar ísstíflur í ám, t.d. vegna margra grunnstingulsstíflna í farvegi ár, bresta hver á fætur annarri. Vatns- og ísmagnið í slíkum hlaupum er háð hæð ísstíflnanna og hve miklu vatni þær geta safnað andstreymis við stífluna áður en þær bresta og hve mikill ís er í ánni á þeim tíma sem þær myndast en hlaup sem þessi taka með sér skarir og annan ís sem safnast hefur fyrir í ánni.

Almenna reglan er sú að truflanir vegna ísmyndana eru minni ef rennsli er stöðugt og einnig ef farvegur ár er djúpur og afmarkaður.

1.4 Gerðir vatnsfalla og ísmyndun

Dragár og jökulár verða almennt mun vatnsminni að vetri en sumri þar sem þær eru háðar bráð og úrkomu. Einnig er hitastig þeirra mjög lágt að vetri, þær leggur almennt fljótt og geta þá runnið án truflana undir ísbekjunni. Á móti kemur að þær geta orðið mjög vatnsmiklar í leysingum og þá oft borið með sér mikinn ís í formi jaka.

Lindár eru í eðli sínu með mjög jafnt rennsli árið um kring og er vatnshitinn nokkuð stöðugur við upptök. Þetta hefur þau áhrif að lindár haldast auðar næst upptökum. Oft eru lindirnar dreifðar og koma upp á nokkrum stöðum eftir lengd árinna og þá geta þessar ár haldist auðar á lengri kafla þar sem nokkurra gráða heitt vatn bætist reglulega við rennslið og kemur í veg fyrir að vatnið nái undirkælingu. Fjær lindasvæðunum geta árnar náð undirkælingu og ísmyndun hafist.

Lindár eru sumar þekktar fyrir að grunnstingull getur myndast og þá oft á ákveðnum stöðum ár eftir ár. Þrepahlaup eru þar af leiðandi einnig þekkt í sumum þessara áa sem og hrannir en þær eru almennt staðbundnar og myndast alltaf á sömu stöðunum.

Blandaðar ár geta haft einkenni beggja.

2 Upplýsingar um Svartá og þverár hennar

Hér verður fjallað um Svartá og þverár hennar. Umfjöllunin byggist á almennri þekkingu á ísmyndun í ám sem og símtölum við heimamenn. Rætt var við Friðriku Sigurgeirsdóttur á Bjarnastöðum, Pál Kjartansson í Víðikeri og þau Lottu Jakobsdóttur og Jón Gústafsson á Rauðafelli.

2.1 Suðurá

Suðurá er lindá sem fellur í Svartá. Þar sem áin er nokkuð löng, um 20 km eru frá upptökum að ármótum við Svartá, hefur vatnið tíma til að kólna á leiðinni. Samkvæmt munnlegum heimildum er hún viðkvæmari fyrir ísmyndun að vetri til heldur en Svartá sjálf.

Í fyrsta riti um vatnamælingar á Íslandi frá 1956 kemur fram að mælt rennsli Suðurár 10. ágúst 1953 var 14,8 m³/s (n. Mótungu (réttin)), 23,4 m³/s sama dag í Svartá (u. Bjarnastöðum) og degi fyrr 3,5 m³/s í Svartá neðan Svartárvatns (kemur ekki fram hvar neðan Svartárvatns), (Sigurjón Rist, 1956). Í sömu heimild kemur fram að Suðurá taki hæfum breytingum og Svartá við Bjarnastaði taki mjög litlum breytingum. Hér er átt við venjulegt rennsli áinna en ekki rennsli með vetrartruflunum.



Grunnstingull vex oft upp af broti í ánni suður af Svartáarkoti. Ofan við þennan stað er bratti árinna minni og því getur vöxtur grunnstinguls þar valdið meiri vatnssöfnun ofan við stíflustaðinn en víða annars staðar í ánni þar sem brattinn er meiri. Einnig getur krapí sem berst með ánni stöðvast á lygnunni sem myndast ofan grunnstingulsstíflunnar. Tíminn sem líður frá því grunnstingulsstíflan tekur að myndast og þar til hún gefur sig er talinn almennt vera á bilinu þrjú til sex klukkutímar en á þeim tíma minnkar rennsli neðan brotsins. Ef stíflan brestur skyndilega eykst rennslið neðan við að sama skapi skyndilega og flóðbylgja berst niður ána. Slík fyrirbæri eru kölluð þrepahlaup en samkvæmt heimildum verða þrepahlaup sem tilkomin eru vegna grunnstingulsstíflu á þessum stað í Suðurá ekki mikil eða svo tekið sé eftir.

Stór þrepahlaup verða hins vegar á um 10 ára fresti í Suðurá og þá helst eftir miklar stórhriðar (Páll Kjartansson, 2018). Slík hlaup vara stutt (heimildir frá Laxá í Laxárgljúfrum herma 5-10 mínútur en þetta er háð hverri á fyrir sig (Landsvirkjun, 2014)).

Fleiri heimildarmenn nefndu flóð í Suðurá í frostum. Árið 1995 var tilgreint sérstaklega en það ár varð rafmagnslaust í þó nokkurn tíma vegna ísmyndana (Friðrika Sigurgeirsdóttir, 2018). Það ár stíflaðist Suðuráin alveg og flæddi út á Hraun og fór að einhverju leyti í bæjarlæk Stóru-Tungu (Páll Kjartansson, 2018). Athygli vekur að sama ár kom stórt þrepahlaup í Laxá samkvæmt heimildum frá Laxárstöð (Landsvirkjun, 2014) og svo virðist sem endurkomutími þrepahlaupa í Laxá sé innan við 14 ár.

2.2 Grjótá

Grjótá fellur í Svartá um 2,5 km neðan Ullarfoss. Áin er í eðli sínu dragá og hegðar sér því allt öðruvísi en Suðurá. Að vetri verður hún vatnslítill en heimamenn segja alltaf eitthvað vatn í henni þar sem Engilækur sér henni alltaf fyrir rennsli. Engilækur rennur úr Engitjörn og nokkrar lindir bæta vatni í lækinn á leið hans til Grjótár. Að vetri leggur Grjótá og rennur hún undir ís án vandræða en getur bólgnað upp með flóðum í leysingum og orðið mjög vatnsmikil.



Mynd 5 Grjótá ísilögð og vatnslítill. Mynd tekin 21. janúar 2018, af Sverri Thorstensen.



Mynd 6 Ármót Grjótár og Svartár, horft til suðurs upp Svartá. Mynd tekin 21. janúar 2018 af Sverri Thorstensen.



Mynd 7 Ármót Grjótár og Svartár, horft upp Svartá. Mynd tekin 25. júní 2014, Verkís.

2.3 Svartá

Svartána leggur almennt ekki, samkvæmt heimildum. Undantekningar eru að stundum leggur ána neðan við hólmasvæðið (neðan Svartárgils) þar sem hún rennur samsíða Skjálfandafljóti (Jón Gústafsson, 2018) og einstaka sinnum, á að giska á 20 ára fresti, leggur lygnu ekki langt neðan við



Ullarfoss (Páll Kjartansson, 2018). Við Glæfru hefur myndast ísbrú þegar vatn skvettist upp á steina og frýs en áin rennur svo undir.

Verst er Svartáin í miklum skafrenningi í vestan eða suð-vestanátt auk norðan stórhriðar en þá myndast mikill krapí í áni (Friðrika Sigurgeirsdóttir, 2018).

Rennsli árinna getur minnkað töluvert þegar verst lætur að vetri eða á að giska um helming. Atvikið 1995 er undantekning frá þessu en þá tala menn um að áin farið niður í á að giska fjórðung af venjulegu rennsli í stutta stund (Páll Kjartansson, 2018). Í báðum tilfellum er ísmyndun í Suðurá meginástæða rennslisminnkunar þó smærri ísmyndanir í Svartá geti einnig haft áhrif.

2.4 Vatnshiti

Vatnshiti ána að vetri til getur verið mjög breytilegt og er algjörlega veðurháð nema rétt við upptök lindanna.

Samkvæmt heimildum er þekktur grunnstingulsmýndunarstaður í Suðurá á broti suður af Svartáarkoti. Þetta er um 10 km frá efstu lindum árinna. Grunnstingulsmýndunin gefur til kynna að þar sé vatnið orðið undirkælt. Við slíkar aðstæður rennur Suðaráin undirkæld að ármótum við Svartá.

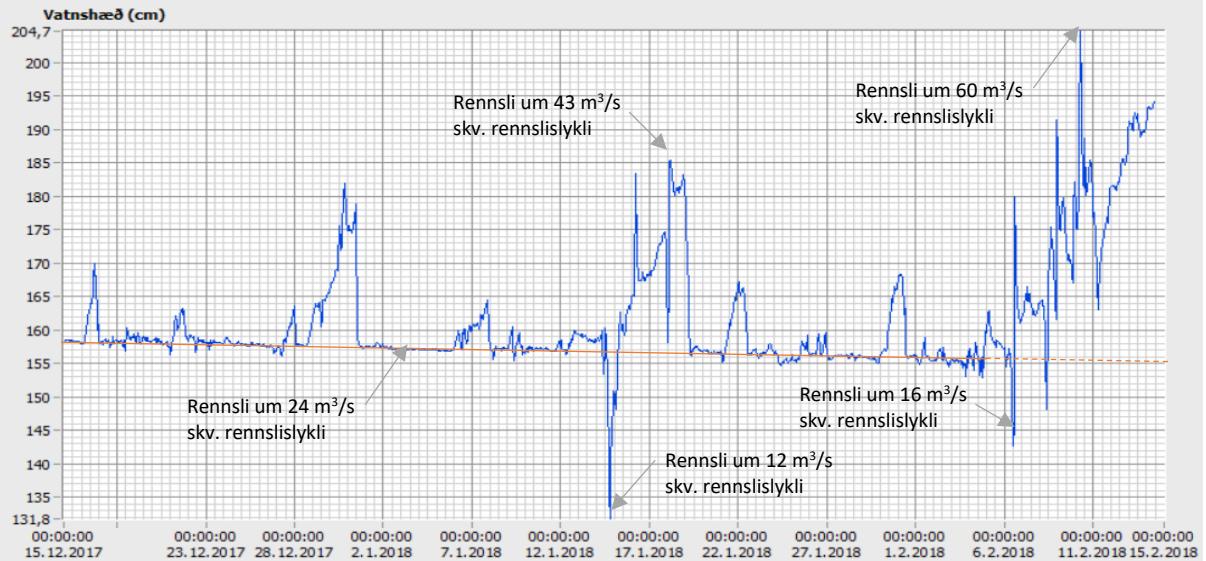
Svartáin er talin stöðugri í rennsli. Farvegur hennar virðist ekki vera eins opinn fyrir veðri og Suðurá. Mögulegt er að Svartáin nái ekki undirkælingu á leið sinni að ármótum við Suðurá en ekkert er hægt að fullyrða um það.

Vatnshæðarmælir er í Svartá neðan ármóta við Suðurá. Mælirinn er staðsettur rétt ofan við brúna, ofan Ullarfoss, og þar er einnig hitastig vatnsins mælt. Mynd 8 sýnir vatnshæðarmælingar og mældan vatnshita beint af netsíðu veðurstofunnar frá 15. desember 2017 til 14. febrúar 2018. Vatnshita-mælingarnar sýna glöggð það sem fjallað var um í kafla 1.1 að vatnið kólnar einungis rétt niður fyrir 0°C og helst þar á meðan kuldakaflinn stendur yfir. Á grafinu sést að við mælistaðinn nær Svartá oft undirkælingu og því má ætla að neðan við þann stað sé vatnshitinn sá sami í áni á þeim tímabilum sem undirkæling er mæld við mælistaðinn. Á efra grafinu má glögglega sjá áhrif ísmyndana í farveginum. Rauða línan sýnir hver líkleg vatnshæð er án ístruflana og frávikin frá þeirri línu sýna í flestum tilfellum truflun á vatnshæð vegna íss. Þar sem línan rís á truflunin sér stað neðan við mælistaðinn en það nálægt að vatnsborðshækkun nær að mælinum. Þar sem línan fer niður fyrir rauðu línuna er truflun ofar á vatnasviðinu, líklega í Suðurá, og veldur lægra rennsli í Svartá við mælistaðinn.

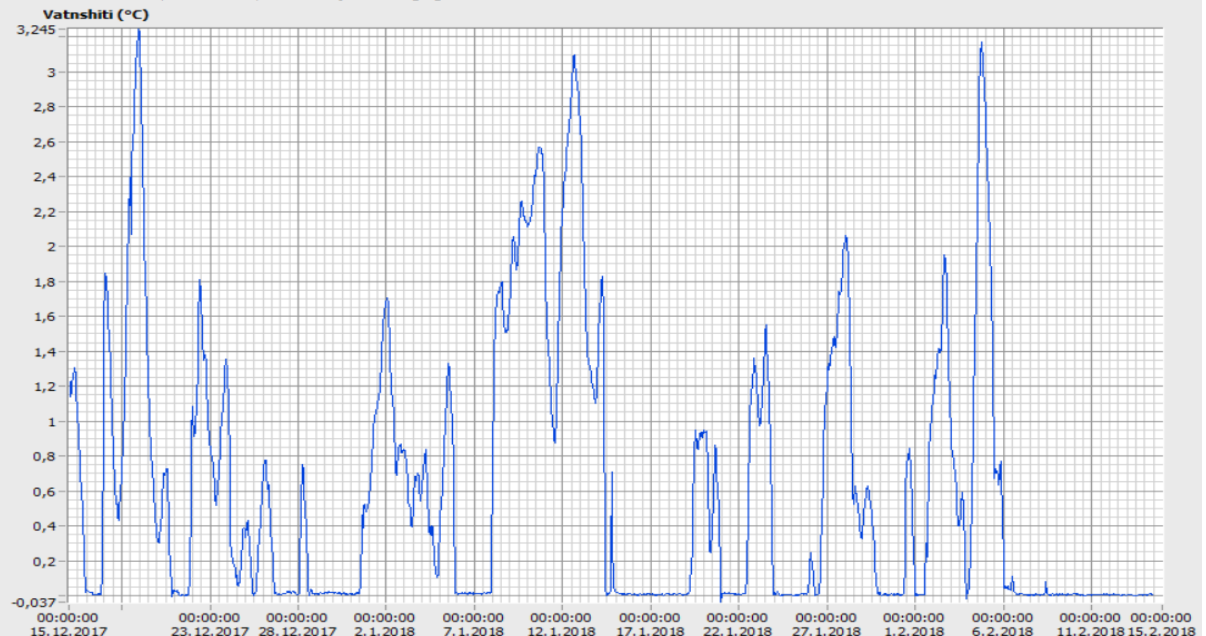
Grjótáin verður mjög vatnslítill að vetri og leggur almennt fljótt. Þegar ár leggur verndar ís og snjór vatnið frá kælingu, þ.e. myndar eins konar einangrunarkápu. Því er ekki ólíklegt að vatnshiti Grjótár sé yfir frostmarki á sama tíma og Svartáin er undirkæld.



Norðurland: Svartá, Bárðardal; V324 - Öyfirfarin gögn



Norðurland: Svartá, Bárðardal; V324 - Öyfirfarin gögn



Mynd 8 Mælingar frá vatnshæðarmæli V324 í Svartá, efra grafið sýnir mælda vatnshæð án leiðréttingar og hið neðra vatnshita á sama tíma.

3 Möguleg áhrif virkjunar á vetraraðstæður Svartár

Hér verður fjallað í stuttu máli um hvaða áhrif virkjun Svartár getur haft að vetri til.

3.1 Þrepahlaup

Þrepahlaup geta haft áhrif á aurburð áa þar sem um skyndiflód er að ræða sem ber með sér ógrynni íss. Ísinn í þrepahlaupunum getur borið með sér efni, t.d. grjót, sem áin bæri annars ekki fram. Eðlilegur framgangur slíkra flóða getur því haft áhrif á farveginn.

Við hönnun og rekstraráætlun virkjunar í Svartá er gert ráð fyrir þrepahlaupum þar sem lokur í farvegi árinna verði opnaðar og hlaupinu hleypt áfram niður farveginn. Miðað við þær forsendur ætti virkjun því ekki að hafa teljanleg áhrif á framgang þrepahlaupa.



3.2 Leysingaflóð frá Grjótá

Búast má við leysingaflóðum frá Grjótá eins og áður, sem gætu borið með sér ísjaka. Hluti af virkjunartilhögun Svartár er fylling yfir Grjótá með ræsum fyrir rennsli Grjótár. Þetta getur leitt til þess að stór hluti ísjaka verði eftir ofan við fyllinguna og berist ekki áfram niður í Svartá eins og áður.

3.3 Ísmyndun á milli stíflu og frárennslis frá virkjun

Rennslið á milli stíflu og frárennslis frá virkjun (um 3 km langur kafli) verður minna en fyrir tilkomu virkjunar, eða um 20% af meðalrennsli. Almennt séð hefur sjaldan verið um teljandi ísmyndun að ræða á þessum kafla, sbr. kafla 2.3.

Uppistöðulón virkjana, þ.e. stór og vatnsmikil lón sem innihalda vatnsforða og hafa mikla varmarýmd, skila frá sér vatni sem er yfir frostmarki og rennsli frá þeim nær ekki undirkælingu og ísmyndun fyrr en töluvert neðan við útrennslið. Í tilfelli Svartárvirkjunar er einungis um inntakslón að ræða en ekki miðlun og viðstaða vatns í lóninu einungis um 15-18 mínútur að jafnaði. Vatnið sem rennur um stíflumannvirkið og í farveginn neðan við verður því ekki heitara en innrennslið í inntakslónið.

Með minna rennsli neðan stíflu verður hraðari kæling á vatnsmassanum í upphafi kuldatímabila. Vatnshitinn yfir kuldatímabil verður aldrei lægri en brot úr gráðu undir 0°C hvort sem rennslið er um 20 m³/s eða í kringum 4 m³/s. Ekki er hægt að útiloka að ísmyndun í farveginum verði meiri en áður þar sem áin verður grynnri á þessum kafla og mögulegt að hún bólgni upp sums staðar. Efstu flúðir eru líklegur staður fyrir grunnstingulsmýndun en neðar í flúðum er líklegt að fallorka minnki undirkælinguna í vatninu auk þess sem grunnstingulsmýndun ofar fækkar undirkældum ískristöllum (efniviður grunnstingulsmýndunar) í vatninu. Grunnstingull er oftast ekki langlíf myndun. Oftast rofnar bindingin á milli botns og íss um leið og hlýnar aðeins eða sólin fer að skína. Þá losnar grunnstingullinn frá og flýtur niður ána. Myndir 1 og 2 sýna dæmi þar sem grunnstingull hefur myndast og var horfinn að mestu af botni árinna þrem dögum síðar en þó nokkuð varð eftir við bakkana.

Skarir geta myndast á lygnustu köflunum og þannig þrengt að þversniðinu. Það minnkar þá aftur opinn vatnsflöt og þá einnig virkt yfirborð og þannig einnig kælingu og ísmyndun. Myndir 9 og 10 sýna dæmi frá Elliðaánum þar sem vatn hefur flætt upp úr farvegi sínum en þó aðeins upp á eðlilegan flóðafarveg. Einnig sést dæmi þar sem vatnshæð hefur hækkað þó nokkuð vegna ísmyndana og nýr farvegur mótast í þann gamla í sínn. Líklegt er að hvoru tveggja geti gerst í Svartá á þessum kafla en rennslið er átætlað svipað og rennsli Elliðaána.



Mynd 9 Elliðaárnar neðan við brúna á Höfðabakkavegi, tekin af göngubrú í átt að brúnni. a) Mjög litlar ísmyndanir í ánni og áhrif á vatnshæð hverfandi. Mynd tekin 19. janúar 2018, Verkís. b) Grunnstingull á fossbrún hefur hrakið rennslið á mun breiðara svæði. Neðan fossins er farvegurinn afmarkaður og áin rennur í sínum farvegi en vatnsborð hærra en á mynd a (https://farm8.staticflickr.com/7169/6694448129_c6eb75d485_b.jpg).



Mynd 10 Elliðaárnar í klakaböndum ofan við brúna (Höfðabakkavegur). Tími og rennsli óþekkt. Áin flæðir upp úr megin farvegi (https://c1.staticflickr.com/3/2393/2166744055_37f05ac677_b.jpg).

Fjallað er sérstaklega um krapa í næsta kafla.

3.4 Krapi

Mikill krapi getur verið í ánni í vestanátt og suðvestanátt með skafrenningi sem og í norðan stórhriðum. Stífla ásamt inntakslóni getur haft mismunandi áhrif þegar mikill krapi er á ánni, háð því hvernig mannvirkin eru hönnuð og rekstri virkjunar háttuð. Hér verður því fjallað um möguleg tilfelli í tveimur aðskildum köflum þar sem í fyrri kaflanum verður greint frá því hver áhrifin gætu orðið ef krapinn fer að mestu um virkjun og í þeim seinni ef honum verður að mestu leyti skolað framhjá virkjuninni um ísfleytingu í stíflumannvirkinu.

3.4.1 Krapi berst gegnum virkjun

Uppsöfnun íss (hrannarmyndun) á og upp með inntakslóni.

Krapi sem berst inn í inntakslónið mun annað hvort berast áfram að inntaki, um vatnsvegi og virkjun og út í Svartá neðan virkjunar eða stöðvast í eða ofan við inntakslónið. Almenna þróunin væri sú að í fyrstu stöðvaðist krapi á inntakslóninu og lokaði á stuttum tíma yfirborðinu við inntakið. Straumurinn ýtti ísnum saman þannig að hann þykknaði nokkuð hratt og lokaði stærri og stærri hluta inntakslónsins. Eftir smá stund næði myndunin upp í farveginn ofan við inntakslónið og þá tækju þyngdarkraftar að bætast við þá krafta sem hjálpa til við að ýta krapanum saman og þykkja íslagið enn frekar á inntakslóninu. Á þennan hátt myndi íshrönn smám saman myndast við efri enda lónsins. Krapi sem berst að ísröndinni, hvar svo sem hún er stödd á þeim tímapunkti, bætist annað hvort við brúnina ef rennslisraði er nógu lágur eða berst undir ísröndina ef rennslisraði er nógu mikill. Sá krapi sem berst undir ísinn getur annað hvort borist áfram með straumnum að inntaki og í gegnum virkjun eða sest til undir ísnum ef rennslisraði á einhverjum stað á leið frá ísbrún að inntaki er nógu lágur.

Hrannarmyndun veldur vatnsborðshækkun við ofanvert inntakslón og eitthvað upp með farvegi. Ofan við Urriðafoss í Þjórsá er vel þekkt hrannarmyndunarsvæði upp gilið og langt upp fyrir fossinn (Sigurjón Rist, 1962). Slík ísmyndun er ekki talin hafa slæm áhrif á vatnalíf þar sem laxaseiði virðast hafa þrífist þar ágætlega (Magnús Jóhannsson and Sigurður Guðjónsson, 1988), (Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Erla Björk Örnólfsdóttir, Sigurður Guðjónsson and Ragnhildur Magnúsdóttir, 2002).



Mögulegar rekstrartruflanir

Við stöðugt rennsli ætti myndun sem þessi ekki að valda vandræðum fyrir reksturinn. Hins vegar getur hún valdið vandræðum þegar rennslisbreytingar verða eins og þegar rennsli minnkar tímabundið vegna ísmyndunar í Suðurá eða þegar þrepahlaup koma niður Suðurá. Ástæðan er sú að við fast rennsli mótast ísinn og rennslið þversnið í eða undir ísinn og helst þversniðið opið á meðan rennslið helst stöðugt og heldur þversniðinu við. Ef rennsli minnkar þá þarf það rennsli minna þversnið og opið þversnið minnkar hratt. Vandræðin verða svo þegar rennslið eykst á ný og þversniðið er orðið of lítið og hluti vatnsins þarf að finna sér aðra leið. Þá getur ísinn brotnað upp (einnig í þrepahlaupum) og pakkast saman og mögulega valdið stíflum. Truflanir í rekstri valda óhjákvæmilega breytilegu rennsli á kaflanum á milli stíflu og frárennslis frá virkjun.

Áhrif á farveg milli stíflu og frárennslis frá virkjun

Umfjöllun í kafla 3.3 á við í þessu tilfelli, þ.e. grunnstingull getur myndast á svæðinu sem og skarir. Einnig getur krapa myndast á kaflanum og skafrenningur og stórhrið aukið á krapa í vatninu. Ekki er búist við að krapa í minnkuðu rennsli valdi meiri vandræðum en fyrir virkjun. Heimildir herma að skafrenningur og stórhrið hafi verið þeir þættir sem ullu mestum krapa í ánni. Við náttúrulegar aðstæður gat skafið í ána á um 30 km löngum kafla og allt það efni borist niður með ánni að þeim stað sem hér er fjallað um. Þetta gera 30 km söfnunarsvæði og að jafnaði rúmlega 20 m³/s rennsli til að bera krapann áfram. Eftir virkjun væri einungis farvegurinn neðan stíflu eftir sem söfnunarsvæði, um 4 km, þar sem mjög lítt krapa bærast með framhjárennslinu. Vatnsmagnið til að bera þennan krapa áfram væri um 20% af fyrra rennsli og því hlutfallslega meira rennsli til að bera fram krapann þar sem söfnunarsvæðið er einungis um 14% af því sem áður var.

Þrepahlaup munu hrífa ís með sér þegar þau koma og skila ís af sér á svipuðum stöðum og áður. Þegar þau eru um garð gengin ættu ísalagnir að hefjast á sama hátt og áður í tiltölulega íslausum meginfarvegi.

Til viðbótar getur sá krapa sem berst inn á þennan farvegskafla sem og viðbótarkrapa sem myndast á kaflanum lagt efni til ísmyndunar neðan gilsins og ofan við útrennslið frá virkjun ef rennslisraði þar verður nógu lágur og bakvatn frá útrennsli frá virkjun heldur vatnsborði uppi. Ef slíkar aðstæður myndast getur sams konar hrannarmyndun átt sér stað þar og rætt er um fremst í þessum kafla. Hrönnin getur vaxið upp í gilið, sjá nánari umfjöllun í kafla 3.4.2.

Áhrif neðan frárennslis virkjunar

Neðan virkjunar er meginbreytingin sú að vatnið við útrennsli frá virkjun getur aldrei verið undirkælt. Við aðstæður sem leiddu áður til undirkælingar á vatninu á þessum stað verður vatnið við 0°C. Ísnálar og krapa sem berst að inntaki virkjunar og skilar sér út hinum megin bráðnar að örlietu leyti en megnið skilar sér út í óvirku ástandi, þ.e. við 0°C en ekki undirkælt. Þetta svæði hefur almennt verið íslaut en gat í einstaka tilfellum lagt og mun þá leggja enn sjaldnar eða aðeins þegar virkjun er ekki í gangi.

3.4.2 Krapa fleytt framhjá virkjun um stíflumannvirki

Aðstæður á og í inntakslóni.

Ef hönnun og rekstri virkjunar verður þannig háttað að reynt verður að fleyta krapa framhjá virkjun um stíflumannvirki og halda þannig inntakslóninu íslausu verður inntakslónið alla jafna íslaut og að jafnaði engin hrannarmyndun, eins og lýst er í kafla 3.4.1. Hins vegar er erfitt að ná því markmiði allan veturinn og því mikilvægt að hafa mögulegar ísmyndanir, ef ísfleyting bregst, í huga. Í umfjöllun í þessum kafla er hins vegar gert ráð fyrir að slíkt fyrirkomulag sé fyrir hendi og virki.

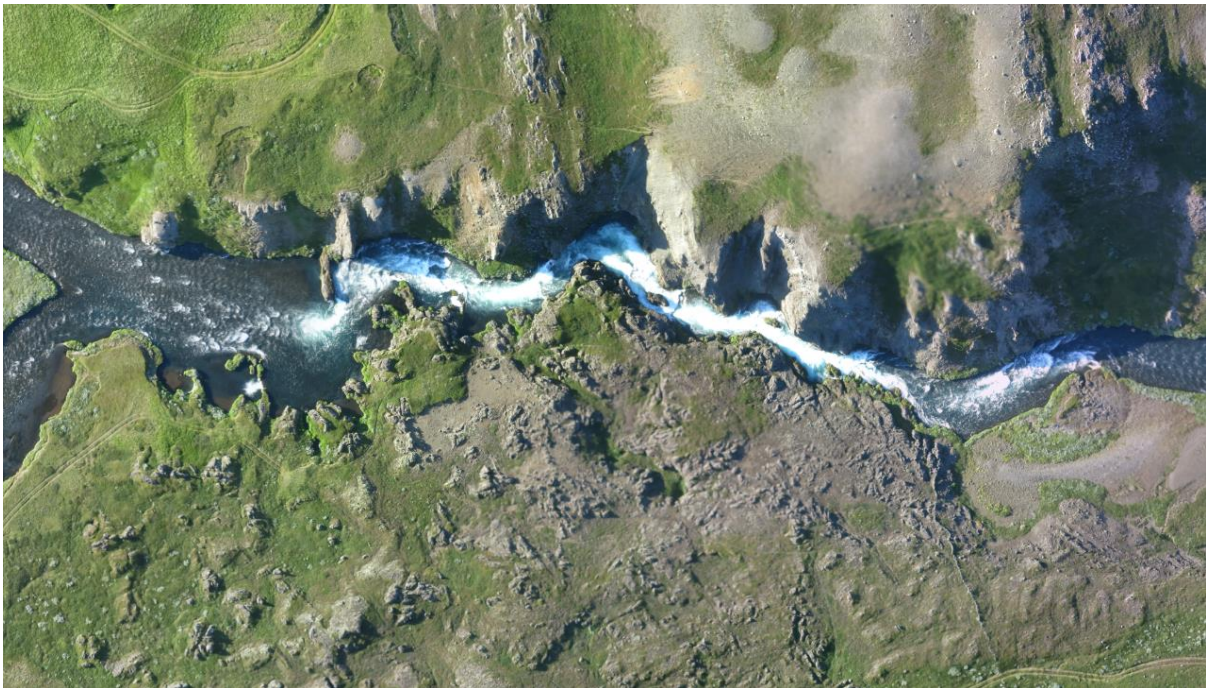
Áhrif á farveg milli stíflu og frárennslis frá virkjun

Að jafnaði á umfjöllun í kafla 3.3 við. Til viðbótar bætast áhrif frá miklum krapa. Þar sem rennslið er minna en áður þá verður hlutfallið krapa/vatn hærra ef krapa að ofan er fleytt framhjá virkjun og því meiri líkur en áður á því að hluti krapans setjist til í farveginum. Það getur reynst nauðsynlegt að veita meira vatni um þennan kafla þegar krapamyndun er mikil til að auka burðargetu vatnsins. Á móti kemur



að farvegurinn er brattur á þessum kafla og því tættast krapamyndanir reglulega í sundur og verða meira í upplausn en ella. Brattari farvegir þurfa almennt minna vatnsmagn til að flytja sama magn af krapa en lygnari farvegir.

Á hólmasvæðinu er komið niður á lygnara svæði þar sem rennslisraði dettur niður og bakvatnsáhrifa frá frárennsli virkjunar getur gætt. Mögulegt er að minnkað rennsli á þessum kafla nái ekki að bera allan krapann inn í strauminn frá frárennsli virkjunar. Þar gæti krapa því byrjað að safnast fyrir á svipaðan hátt og lýst er í kafla 3.4.1 um hrannarmyndun, í og upp með inntakslóninu. Slík söfnun gæti mögulega myndað íshrönn sem vex upp í Svartárgil. Ef rennslið er stöðugt ætti slík myndun ekki að stífla farveginn nema mögulega hrönnin skríði fram gilið undan eigin þunga og skúfkrafta frá rennslinu. Þó íshrannir sem hér er lýst séu myndaðar úr krapa þá breytir krapinn fljótt um eiginleika. Því þarf töluverðan kraft til að þær skríði fram. Skriðfletir myndast auðveldar þar sem farvegir eru beinir eða með aflíðandi beygjur. Í Svartárgili eru hlykkir, sjá mynd 11, sem ættu að minnka líkurnar á því að hrönnin skríði fram. Þeir halda bæði aftur af skriði og geta tekið upp krafta úr hrönninni yfir í bergið. Hins vegar getur svokölluðu hangandi stífla myndast þar sem ís safnast undir íshrönnina og þykkir hana án þess að skríða fram. Vatnsborðshækkun gæti því mögulega orðið töluverð ef umrædd ísmyndun myndast.



Mynd 11 Svartárgil. (Loftmynd frá Svarma 2016).

Áhrif neðan virkjunar

Ólíklegt er að öllum krapa verði skolað framhjá virkjun og því líklegast að hér eigi það sama við og fjallað er um í kafla 3.4.1 hér að framan.



4 Heimildaskrá

Friðrika Sigurgeirsdóttir. (2018). Símtal. Bjarnastaðir.

Jón Gústafsson. (2018). Símtal. Rauðafell.

Landsvirkjun. (2014). *Samantekt á dagbókarfærslum um skráð þrepahlaup við Laxárstöðvar*. Laxárstöð.

Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Erla Björk Örnólfsdóttir, Sigurður Guðjónsson and Ragnhildur Magnúsdóttir. (2002). *Rannsóknir á lífríki Þjórsár og þveráa hennar vegna virkjana neðan Búrfells*. Selfossi.

Magnús Jóhannsson and Sigurður Guðjónsson. (1988). *Rannsóknir á uppeldisskilyrðum lax í Þjórsá*. Reykjavík. Sótt af https://www.landsvirkjun.is/Media/uppeldisskilyrði_lax_i_thjorsa.pdf

Páll Kjartansson. (2018). Símtal. Víðiker.

Sigurjón Rist. (1956). *Íslensk-vötn - Icelandic fresh waters*. Reykjavík: Raforkumálastjóri, Vatnamælingar, Prentsmiðjan Oddi h.f.

Sigurjón Rist. (1962). Þjórsárísar. *Jökull*, 6, 1–29.