

Raforkumálastjóri  
Vatnamælingar

S9 Skilagrein 171  
0354 Vhm 106

GRÍMSÁRVIRKJUN

Ístruflanir við inntak

Reykjavík, 8.apríl '59

S. Rist

Nokkrum sinnum í vetur, 1958/59, varð Grímsárvirkjun óstarfhæf sökum þess að ís hindraði rennslið úr lóninu inn um inntaksristarnar. Vatnamælingarnar hafa engar skrifabær heimildir um fyrirbærið, en styðjast í þessari skilagrein einvörðungu við munnlegar upplýsingar frá fyrrverandi stöðvarstj. Sigurður V. Gunnarssyni, verkfræðingnum Sverri Ólafssyni og Jóhanni Indriðasyni og rekstrarstj. Guðjóni Guðmundssyni. Truflanirnar á rennslinu voruðu allt frá nokkrum klukkustundum upp í röskan sólarhring.

Hér skal gerð tilraun til að benda á nokkur atriði, sem kunna að draga úr eða koma jafnvel alveg í veg fyrir þessar kostnaðarsömu og í alla staði hvítleiðu, rekstrartruflanir. Fyrsta skrefið að því marki er að gera sér ljósa grein fyrir því, við hvaða aðstæður og hvers vegna ís leggst á inntaksristarnar og stíflar rennslið í gegnum þær, og í hvaða ástandi ísinn er. Í sambandi við ístruflanir sem þessar er það höfuðnaúðsyn að leggja á það ríka áherzlu að skrifa þegar í stað rökilega lýsingu á hverri ístruflun, svo sem veðurlýsingu næstu sólarhringa á undan og meðan á henni stendur, ástand árinna, skrið, ísmyndun í lóni og á ánni ofan og neðan við virkjunarstað, ölduhreyfingu á lóni, mæla rakastig lofts og hita veðurs og vatns o.s.frv.

Af þeim upplýsingum, sem ég hef fengið og eru harla fátæklegar, virðist helst mega ráða, að hér sé um virka ísmyndun að ræða (samb. skilgreiningu í Þjórsárísum, skilagr. 167), þ.e.a.s. ísnálar myndast í vatninu og þær frjósa fastar á inntaksristarnar. Þetta ástand skapast þegar áin er auð og lónið sömuleiðis og þá að því er virðist einna helst samfara mikilli uppgufun og þar af leiðandi kælingu. Eftir að klakahjúpur er kominn á ána tekur fyrir kælingu vatnsins. Hitamælingar frá fyrri tíð, samb. skilagrein 100 frá 27. febr. '55 sýna að hiti Grímsárvatns undir klakahjúp við Grímsárfoss er  $0,1^{\circ}\text{C}$ , við sömu aðstæður er vatnshiti Gilsár  $0,7^{\circ}\text{C}$ .

Suðvestan og vestanátt er hið þurrasta veðurlag á Fjótisdalshéraði. Loftið er mjög þurrt enda er hér um að ræða loft, sem blásið hefur þvert yfir landið. Þegar SV- eða V-átt er á (3-5 vindstig) og hiti um frostmark, t.d. -1 til -2°C, og almenn veðurlýsing hljóðar upp á "gott veður" eða jafnvel "ágætt veður" þá á sér stað ör uppgufun og jafnframt mikil kæling á árvatninu. Stormurinn, sem örvar uppgufunina og veldur þar með mestu um kælinguna kemur jafnframt í veg fyrir að ís setjist að á yfirborðinu. Nú skal þetta athugað nánar. Þegar áin er auð, að vetri eða hausti, er hitinn oft á bilinu 1 til 4°C og sveiflast til með lofthitanum, svo sem eðli er dragáa. Þegar lofthitinn nálgast 0° eða verður negatífur, nálgast árvatnið strax 0° og hitinn í lóninu fylgir skjótt á eftir, því að ef t.d. 5 kl/s (kl/s=m<sup>3</sup>/s) eru í ánni, endurnýast vatnið í lóninu á einum sólarhring, 10 kl/s rennsli endurnýjar það á 12 klukkustundum, 20 kl/s á 6 og 30 kl/s á 4 stundum o.s.frv. Af þessu er auðsætt að ef um rennsli á yfirfalli er að ræða, er best að það sé sem næst þeim stað er áin rennur til lónsins, en inntak rafstöðva, sem fjarst aðrennsli til lónsins. Aðstaðan við Grímsá er slík að inntak og yfirfall er saman á öðrum enda lónsins svo að allt umframvatn verður að streyma eftir lóninu. Þegar hlýtt vatn er í lóninu (2-5°) en mikið rennsli í ánni og hún hefur kólnað skyndilega, ryður kalda vatnið öllu hlýja vatninu á undan sér úr lóninu á skömmum tíma eins og hér er bent á.

Þurr SV-átt orsakar áþekkt fyrirbæri við Grímsá og á sér stað við Mývatnsósa, sambr. orsök nr. II í skilagrein nr. 5 frá jan. 1950. Enginn ís sést á Grímsárlóninu, þegar ístruflun hefst, það er alautt eins og um hásumar.

Þessi ístruflun við Grímsá er gjörólík ístruflun þeirri, sem algengust er við Rjúkandavirkjun hjá Ólafsvík. Lónið við Rjúkanda fyllist af skriði, sem er í óvirku ástandi og leggst upp að inntaksristunum og er þá erfitt að fá krapann frá þeim, rennslið þrýstir honum stöðugt upp að

inntakinu og þar klessist hann á ristarnar án þess að frjósa við þær. Fossá er lindá að verulegu leyti og á veturnum er ís og snjór leggst yfir hana og fröst eru hörð, er vatnshitinn ofan Gerðubergsár 0,8 til 0,9°C (mót 0,1° í Grímsá), Gerðubergsá 0,0°C, Rjúkandi 0,7° (samb. skilagrein nr. 6, 25. febr. 1950). Þetta var innskot um Fossá, Ólafsvík til samanburðar við Grímsá.

Þegar skrið er í Grímsá niður í rafstöðvarlónið, flýtur það fram á yfirborðinu, Lónið er nægilega stórt og djúpt, til þess að uppdrift hinna stóru íshnoðra eða ísfleka, sem eru þá í vatninu, megnar að lyfta þeim upp til yfirborðsins, svo að engar ísagnir (ísnálar) berast þá að inntaksristunum né undirkölt vatn.

#### Aðvörðun

Stöðvarverðir munu skjótt læra að þekkja þetta grunnstingulsfyrirbæri, sem lokar gjörsamlega inntaksristunum ef ekkert er aðhafzt til úrbóta, en það er hægar sagt en gjört að varast það í tæka tíð. Það kostar stöðuga eftirtekt og athugun, ef það á ekki að koma að óvörum. Þúast má við því hvenær sem er að vetrinum, þegar lónið er autt og lágþrýstisvæði hefur farið yfir Ísland og er komið norðaustur fyrir land, þ.e.a.s. þá snýst vindur venjulega snögglega til SV- eða V-áttar. Þetta veðurfyrirbæri (þ.e. SV-átt) er mjög viðsjárvert, SA-átt getur á skammri stundu snúist til SV-áttar og þornað upp og sömuleiðis mun þurr SV-átt koma oft á eftir saggasamri lognmöllu (miðju lágþrýstisvæðis). Þá má gera fastlega ráð fyrir að þetta virka ísmyndunarástand geti skapast þegar háþrýstisvæði frá Grænlandi er að breiðast suður yfir Ísland, eða lítið háþrýstisvæði að myndast yfir landinu, o.s.frv., með öðrum orðum, ætla má fastlega að loftvog sé stífgandi áður en ístruflunin hefst. Þess vegna virðist fyllsta ástæða til að vélgæzlan hafi síritandi loftvog. Einnig þarf hún að hafa lofthitamæla, rakan- og þurrán. Best væri að vélgæzlan annaðist veðurathugun fyrir Veðurstofuna og sendi henni skýrslur mánaðarlega.

Það er ekki eins einfalt að vera á varðbergi og skynja veðrabreytinguna og áhrifa hennar í tíma, eins og ætla má

að það sé, að lítt athuguðu máli. Reynslan frá Mývatni hefur sýnt að þar virðist skynjarinn í Laxá (leiðslan að Helluvaði) vera helzta ráðið.

Teikning fr. 4287, sem fylgir hér með, á að sýna nokkurskonar vatnshæðarmáli, sem mælir eða réttara sagt skynjar aðeins missun tveggja vatnsborða. Teikningin skýrir sig að mestu sjálf. Þegar bæði flothykin lækka, t.d. samtímis vefur annað stóra hjólið (það til vinstri) upp á sig, en hitt rekur ofan af sér og fiberhjólið er kyrrt á sama stað og á sama hátt ef flothykin lyftast bæði samtímis, helzt fiberhjólið og koparteinninn á sama stað, en ef aftur á móti flothykið í þrónni lækkar, en hitt er kyrrt, þá sígur koparteinninn og skífa hans rekt í leiðsluknastinn. Ef þessi, ég vil segja, einfaldi skynjari er settur upp við Grímsá, í lónið og inntaksþróna, ætti hann að geta gefið strax til kynna með bjölluhringingu eða á annan hátt, þegar einhverjum áður ákveðnum mun er náð á milli vatnsborðanna inni í þrónni og úti fyrir. En þegar ís sezt á inntaksristarnar er það einmitt það sem skeður, að vatnsborðið inni í þrónni lækkar þótt það haldist óbreytt úti fyrir. Áður en skynjaranum er komið fyrir þarf að mæla vatnsborðssvæflur í inntaksþró af völdum snöggra álagsbreytinga og athuga hve lengi þær vara. Verkfr. Guðlaugur Hjörleifsson telur þær óverulegar, en eftir starð þeirra verður að stilla innstreymisopið í hlífðarstokk flothyki þróar, svo að skynjarinn gefi ekki alltaf aðvörun um þær.

Með stöðugum eða a.m.k. reglubundnum hitamælingum í lóni, þegar hið hættulega ástand er að skapast, má sjá hve hættan færist nær. Vatnshitann má mæla með tvennu móti 1) Síritandi termistor eða 2) "Sörpnings-hitamæli". Lesa þarf hitann upp á 1/100 úr gráðu.

Í stuttu máli geta aðvaranir verið sem hér segir og komið í þessari röð:

- I. Lónið autt
- II. Veðurspá Veðurstofu segir frá lögð á hreyfingu norðaustur fyrir land, eða spáir um önnur þau veðrabrigði, sem orsakað hafa ístruflanir.
- III. Stígandi loftvog, uppstytta, SV-átt, eða önnur þau veður sem orsakað hafa ístruflanir
- IV. Hitamælingar í lóni

- V. Aðvörðun skynjara, sem mælir mismun tveggja vatnsborða  
VI. Vatnsvélin fær ekki nægilegt vatn, þótt það sé  
til í lóninu, og stöðvast.

### Ráð til úrbóta

Þar sem hér virðist ljóst vera, að um virka ísmyndun sé að ræða á rafhitun á inntaksristunum við. Hún er í senn dýr í stofnkostnaði og rekstri (um 100 kw) svo að ekki má nota hana í óhófi og að ástæðulausu. Margt fleira kemur til greina, svo sem að útbúa krökur og kraka af ristunum t.d. með krökuspaða og krökuhrífu. Tindarnir þurfa að myndu, sem næst 135° horn við skaftið, annars mun reynslan skera nánar úr því. Best er að standa að krökuninni frá tunnufleka, sem fara má í kringum inntaksturninn. Sá fleki yrði þungur í vöfum og þyrfti nokkurt eftirlit, ef hann á alltaf að vera til reiðu, t.d. yrði að geyma hann uppi á landi. Einfaldara og handhægra má því ætla að það sé að hafa vinnupall eða nokkurskonar stól eða stóla utan við handriðið á inntaksturni. Þá geta tveir menn handleikið krökuna í senn, sá sem er utar fær góða aðstöðu til að beita sér við verkið. Krökurnar þurfa að vera 12 metrar á lengd. Ég hef því miður engar teikningar af inntaksristunum við hendina, en samkvæmt upplýsingum verkfr. Lofts Þorsteinssonar eru þær  $1,7 \times 2,3 = 3,9 \text{ m}^2$ . Þær eru 6 talsins svo að við fullt álag, 12 kl/s vatnsnotkunar, er straumhraðinn í gegnum þær rökir 50 cm/s. Næsta brún þeirra er í hæðinni 80. Á inntaksturni, frá vatnsborði og upp að inntaksbrú þurfa að vera rákir, sem sýna mörk inntaksristanna og teikningar af hinu 6-hyrnda inntaki þarf vélgezlun að hafa. Þá kemur vel til athugunar að loka þremur inntaksristunum að hálfu með flekum (stálhlerum), sem dregnir yrðu svo upp strax er vatnsborðið lækkaði óeðlilega í inntaksþrónni. Þessir flekar yrðu látnir hanga í stálvírum og þegar þeim yrði rennt niður féllu þeir í gróp til hliðar að neðan, en dregnir síðan upp aftur um nál. 10 cm svo að losa megi þá með fallhamri í skyndingu, ef þeir reyndust frosnir fastir, þegar draga skal þá upp til að auka rennslið til þróarinnar.

Hvort fært mun vera að taka burt t.d. efri helming ristanna og hafa inntakið þannig á vetrum, skal ég láta ósagt, það vita þeir best sem kunna glögg skil á vatnsvélinni. Það mun hafa komið fyrir einn sinni eða tvisvar í vetur að vatnsvélin þvingaðist af ísi, svo að hún bætti t.d. ekki við sig með eðlilegum hætti er álagið óx. Hvort hleypa megi án vandkvæða, miklum krappa í gegnum vatnsvélina, t.d. með því að hafa hana vel opna, er atriði sem þarf að athugast af vélaverkfræðingi. Það er veigamikil atriði í sambandi við rannsóknir á ístruflunarfyribærinu.

Í aðrennslisgöngum og vatnsvél getur ekki verið um hitatap að ræða, þá stundina, sem ísmyndun á sér stað, heldur það gagnstæða. Engu að síður bendir þvingun sú, sem átti sér stað í vatnsvélinni til þess, að þar hafi myndast ís eða hefur hann aðeins safnast þar saman? Rétt er að hugleiða að ristarnar voru allar örugglega hver á sínum stað og bilið milli einstakra rimla er 80-90 mm og lónið autt, hvergi krappa eða ísköggul að sjá, svo að ekki er líkegt að mikill krapa hafi borizt til vatnsvélarinnar. Ekki var hugað að frárennslisvatninu, enda myrkur og vart trúlegt að þar hefði mátt greina ísagnir þótt einhverjar hafi verið. Að þessu athuguðu verður næst að álykta, að vatnið, sem vatnsvélin fékk hafi verið undirkælt. Það styður verulega þennan grun, að einmitt þegar þetta kom fyrir var álagið mjög lítið, þ.e.a.s. straumur hægur í gegnum inntaksristarnar, svo að ef um undirkælingu er að ræða hefur hún að einhverju leyti getað haldist í gegnum ristarnar og allt niður í vatnsvél. Þegar straumur er mikill, 30-50 cm/s, um inntaksristar setti að vera bundinn endi á undirkælinguna þar og ísmyndun að vera ör. Hafi vatnið verið við frostmark, þar sem statískri þrýstingurinn er mestur í innjakinu, getur ís myndast í vatnsvélinni sökum þess að þrýstingurinn minnkar. Sú ísmyndun er óveruleg, því að þrýstingsmunurinn er aðeins um 3 Atm., þ.e.a.s. frostmarkshækkun af stærðargráðunni 0,02°C, við 6 kl/s vatnsnotkun virðist geta myndast samkvæmt því 1,5 kg af ís á sekundu. Mest allur ísinn fer að sjálfsögðu út með frárennslinu og þess ber að gæta að unninn varmi vegna núningsmótstöðu kemur hér á móti.

Að vetrinum þegar kyrrð er á Grímsá, eins og þá daga, sem ístruflunin á sér stað, er vatnið kristaltært og vart rykkorn til í því, það styrkir þann grun minn að um undirkælingu sé að ræða, en þegar stormstrekkingur er á, settu möguleikarnir fyrir undirkælingu að minnka. Engu er hægt að slá föstu, en auðvelt er að ganga úr skugga um þetta með hitamælingu. Sé um undirkælingu að ræða, verður að gera tilraunir til að eyða henni áður en hið undirkælda vatn nær inntakinu. T.d. mætti gera tilraun með að láta viberator ganga úti í lóninu og dæla samtímis með þrýstilofti smáum kornum út í vatnið, t.d. dæla sementsvatni, sem streymdi út um nokkra strola niður við botn úr þrýstislöngu, sem lægi umhverfis inntaksturninn í nokkurri fjarlægð frá honum. Titringsurinn og rykkornin settu að koma ísmyndun í gang og þá tækju ísagnirnar að stíga upp til yfirborðsins.

Í stað vatns með smákornum mun e.t.v. reynast hagkvæmara að hleypa út þrýstilofti og láta loftbólur stíga upp í gegnum vatnið frá slöngunni umhverfis inntaksturninn.

Hér að framan voru leiddar að því líkur, að uppgufun væri veigamikil átriði í sambandi við hina öru kælingu vatnsins. Kælingin er örust í árfarveginum sjálfum t.d. á kaflanum Vað-Grímsárlón, en á þeirri leið er árvatnið, sem örpunnt hríslandi lag í breiðum ísétnum farvegi (eftir jakaruðninga). Þar vaxa skarir út frá steinum og klapparhnjótum, sem standa upp úr vatni, en grunnstingull leggst í botn, á þennan hátt frjósa dragár. Éskilegt er að athugað verði hvað er að gerast á svæðinu Vað-Grímsárlón, þegar líkur eru taldar á ístruflun við inntak og á meðan ístruflun varir (þ.e.a.s. komi þá nokkurntímann ístruflun framur, e.t.v. tekst að kveða þær niður með vibrasjón og upphitun rista o.fl.).

Þótt kælingin sé örust í ánni sjálfri, heldur hún áfram í lóninu, en þar mætti gera tilraunir að draga úr henni með því að hindra uppgufun. Tilraunir eru gerðar erlendis með cetylalkohol  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{OH}$  til að draga úr uppgufun. Það leggst eins og himna á vatnsflötinn, 1 kg af efninu, sem kostar nál. 1 þ nægir til að þekja  $1,3 \text{ km}^2$  vatnsflöt. Ó sennilegt er að hægt sé að koma cetylalkoholi við á Grímsárlóninu til að hindra uppgufun og þar með kælingu í sambandi við þessar ístruflanir, báran á vatninu mun sennilega



koma í veg fyrir það. En engu að síður er fyllista ástæða til að fylgjast vel með því hvað nýjustu tilraunir kunna að leiða í ljós og gera jafnframt tilraunir með efnið.

Í stuttu máli geta ráð til úrbóta verið sem hér segir:

- A. Rafnitun á inntaksristum
- B. Vibration í inntakslóni
- C. Krökun frá inntaksristum
- D. Hlerar dregnir frá inntaksristum
- E. Inntök ristalaus að nokkrum hluta
- F. Dregið úr uppgufun með efnum
- G. Vatnsvél vel opin.

#### Niðurstaða

Þegar aðvörun I (þ.e. lónið autt) er til staðar á vetri er sjálfsagt að veita aðvörunum II og III athygli og síðan IV t.d. á hálf tíma fresti og þegar hiti vatnsins nálgast eða nær  $0^{\circ}$  marki koma ráðstafanir A og B til framkvæmda og C og D undirbúnar.

Þegar aðvörun V, vatnsborða-skynjarinn, sendir merki, er ráðstöfun C hafin og einnig D ef slíkt hefur verið útbúið. Þá ætti aðvörun VI aldrei að koma.

Að fengnum gleggri lýsingum á ísfyrirbærinu frá rafstöðvar-  
gæzlunni og aukinni reynslu þar, mun sennilega vera unnt að gera þessu máli rökilegri skil. Hér er aðeins um bráðabirgða-  
úrlausn að ræða.

**RAFORKUMÁLASTJÓRI**

74.59 S.Rist/PJ

Tnr. 203

B-91 B3-106/2

Fnr. 4287

Grimsóruvirkjun.  
Tilaga um iðruflona skynjara.

Skynjari, sem mælir  
mismun tveggja  
vatnsborða.

Leidslur að aðvörnarbjöllu

+

+

+

Fiberhjól

Koparteinn

Vatnsborð inntakspró

olja

olja

Vatnsborð í löni

