

RAFORKUMÁLASTJÓRI

[

Tilraun til mats á vatnsréttindum

eftir

Jakob Björnsson og Magnús Reyni Jónsson

- 0 -

4. eintak af 6

Reykjavík, 6. jan. 1956

Fylgir: "Samamburður á verðmæti vatnsréttinda í nokkrum ám."

Dagss. 20. jan. 1956

Verðlagning vatnsréttinda

Inngangur.

Raforkumálastjóri fól okkur undirrituðum á síðastliðnu hausti að semja greinargerð um vatnsréttindi. Athuga skyldi hvaða atriði leggja bæri til grundvallar verðlagningu vatnsréttinda og hvaða áhrif hvert atriði fyrir sig skyldi hafa á verðlagninguna.

Að svo miklu leyti sem okkur er kunnugt, hefir lítið verið skrifað um vatnsréttindi á Íslandi og þá aðallega um vatnsréttindi vegna ákveðinna virkjana eða vatnsfalla. Nokkuð höfum við fundið í erlendum blöðum og bókum, en mest þó um skattlagningu á vatnsréttindum. Oft eru aðstæður þar flóknari en hér á landi, vegna atriða, sem ekki koma fyrir hér, svo sem timburfleytinga, siglinga og áveitumannvirkja.

Í þeim athugunum, sem hér fara á eftir, eru ekki tekin til meðferðar þau atriði, sem snerta tjón eða óþægindi, er stafa af hagnýtingu vatnsaflsins til orkuframleiðslu. Slíkt álitum við, að meta beri í hverju einstöku tilfalli, samkvæmt venjulegum reglum um skaðabætur.

Atriði, sem hafa áhrif á verðmæti vatnsréttinda.

Þrjú atriði skipta megin máli við verðlagningu vatnsréttinda:

a) Eðlisorka fallvatnsins, þ.e.a.s.

$$g \int_{t_1}^{t_2} Q H dt \quad \text{kwst, þar sem } t_2 - t_1 \text{ er t. d. 8760 klst.}$$

(eitt ár) eða eitthvert annað tímabil, sem tekið er til

athugunar, $g = 9,82 \text{ m/sek}^2$, $Q =$ rennsli tonn/sek,

$H =$ fallhæð við rennslið Q í metrum og t tíminn í klst.

Auk sjálfs orkumagnsins, sem ákveðst af ofangreindri formúlu, skiptir breytileiki stærðarinnar $Q H$ miklu máli.

Nú breytist H venjulega lítið (nema fyrir virkjanir með lítilli fallhæð) og er það þá breytileiki rennslisins, sem um er að ræða. Vatnsfall með því nær jöfnu rennsli árið um kring er hvað viðkemur vatnsrennslinu "idealt" til virkjunar og er því að öðru jöfnu meira virði en vatnsfall með breytilegu rennsli.

- b) Virkjunaraðstaður. Hér er átt við staðfræðilegar og jarðfræðilegar aðstaður, svo sem bratta (gradient) vatnsfallsins, hægindi við gerð byggingarmannvirkja almennt, en þau ákveðast bæði af staðháttum og jarðfræðilegum aðstöðum. Undir þetta atriði má einnig telja aðstaður til miðlunar og ýmsa aðra þætti, svo sem hættu á ístruflunum. Þeir þættir, sem taldir eru hér að framan undir a) og b) grípa að sjálfsögðu hver inn í annan, t. d. er tímadreifing rennslisins mjög háð staðfræðilegum aðstöðum (stöðuvötn, gróðurfar o. fl.) og jarðfræðilegum (jarðvegur, hraun o. s. frv.).
- c) Staðsetning orkuvers með tilliti til markaðs og samganga. Þannig er virkjunarstaður í óbyggðum, langt frá góðum vegum, augljóslega minna virði en annar að öðru leyti jafn góður í byggð nálægt þjóðvegum og notkunarstöðum orkunnar.

III

Aðferðir við mat. á *verðmæti vatnsréttinda:*

Samkvæmt ~~Barrows: Water Power Engineering p. 666~~ má nota *Nola ma* þrjár aðferðir til að meta ^{verðmæti} óvirkjaðs vatnsafls ^{sem} hér fara á eftir í lauslegri þýðingu:

- 1) Fasteignaraðferðin (Real Estate Method). Gengið er út frá ákveðnu verði á hestafl í uppsettu vélaafli, miðað við áætlun um hæfilega mikið uppsett afl. Verð þetta er miðað við söluverð vatnsréttinda í nálægum ám með sviðuðum virkjunaraðstöðum.
- 2) Netto-tekju aðferðin (Net Income Method). Áætlað er hverjar nettotekjur séu fánlegar af fyrirhugaðri virkjun, við stöðvarvegg. Þessar tekjur eru mismunurinn á milli ríkjandi heilðsöluverðs raforku í nágrenninu og árlegra útgjalda virkjunarinnar. Höfuðstóll þessara tekna er síðan reiknaður út (þær eru kapitaliseraðar) miðað við allhæa vexti, t. d. 10%, til að veða á móti þeirri áhættu, sem alltaf er fólgin í slíkri fjárfestingu.
- 3) Samanburður við gufuafli. Gerður er samanburður á kostnaðarverði vatnsorkunnar og verði á gufuorku í nágrenninu. Sé vatnsorkan ódýrari, er mismunurinn reiknaður til höfuðstóls á sama hátt og

undir lið 2).

Segja má, að tvær síðasttöldu aðferðirnar ^{gef} séu réttari ^{mátt af} mæli-
~~kvarði á~~ verðmæti óvirkjaðs fallvatns heldur en sú fyrsta, einkum
 ef samanburðurinn í 3) er ekki einskorðaður við gufuafli, heldur
 miðað ^{er} við þann orkugjafa, sem gefur næst ódýrustu orkuna, næst
 vatnsaflinu, hvort sem það er gufuafli, dísilafli eða eitthvað annað.
 Galli þeirra er sá, að alláreiðanlegar upplýsingar þurfa að þera
 fyrir hendi um stofn- og rekstrarkostnað og orkuverð. Þær eru því
 varla nothæfar nema við fallvötn, sem á að fara að virkja; dragist
 virkjunin t. d. 10 ár má gera ráð fyrir, að forsendur matsins séu
 verulega breyttar. Þegar um er að ræða að kaupa fallvötn löngu
 fyrir virkjun, koma þessar aðferðir því tæplega til greina. Oft
 getur verið erfitt að ákveða orkuverðið, einkum verð "afgangsorku"
 (secondary energy). Í áður nefndu riti Barrows segir, að þessar
 þrjár aðferðir gefi, fræðilega sér, svipaðar niðurstöður sökum þess,
 að heildsöluverð raforku frá vatnsaflsstöðvum sé venjulega í nánu
 sambandi við verð raforku frá gufuafllsstöðvum og "fasteignarverðmæti"
 vatnsaflsins hljóti í grundvallaratriðum að byggjast á því, hve mikinn
 sparnað notkun vatnsorkunnar hafi í för með sér.

Óhætt mun að fullyrða, að þetta séu mjög "fræðilegar" forsendur,
 enda er í sama riti skýrt frá því, að söluverð vatnsréttinda, er
 selt hefur verið samkvæmt "fasteignaraðferðinni" sé í litlu samræmi
 við "rétt verð" þeirra.

Barrows talar í sínu riti mest um sölu vatnsréttinda í Banda-
 ríkjunum. Svo virðist, sem aðferðir svipaðar "fasteignaraðferðinni"
 hafi verið notaðar á Norðurlöndum. Í greinargerðum um mat á vatns-
 réttindum í Sögi og Laxá er dregið á verð vatnsréttinda í Noregi og
 þá alltaf reiknað pr. hestafl. Svipað mun hafa verið gert í Svíþjóð.
 Nú er ekki hægt að tala um hestaflatölu vatnsfalls án nánari tilgrein-
 ingar og nokkuð hefur verið á reiki við hvaða tölu er miðað.
 Barrows reiknað með uppsettu válaafli, miðað við áætlun um hæfilega
 mikið uppsett afl. Það virðist að sumu leyti eðlilegast, en er
 tæplega hægt, nema fyrir liggja nákvæm virkjunaráætlun og virkjunar-
 stærð sé endanlega ákveðin. Á Norðurlöndum virðist hafa verið
 miðað við "náttúrulegt afl" og þá gengið út frá ákveðinni fallhæð
 og tilteknu vatnsrennsli. Oft hefur verið miðað við "mínsta rennsli",
 eða rennsli ná-lægt því, t. d. Q95. Sama hefur verið gert hér á

landi (sbr. greinargerð rafmagnseftirlits ríkisins um leigu Brúarfossa í Laxá, dags. 17. febr. 1941). Í sænsku vatnalögunum er minnsta rennsli lagt til grundvallar mati á vatnsréttindum. Með "minnsta rennsli" er þar átt við "meðaltal af minnsta rennsli eins margra ára og hægt er". En "við útreikning á vatnsaflinu skal taka tillit til meiriháttar breytinga á vatnsrennslinu". (Teknisk Tidsskrift, 22. febr. 1947, bls. 189). Í Svíþjóð hefur þetta í framkvæmd orðið þannig, að miðað er við Q_{75} (níu mánaða rennsli). Nefnd sænskra sérfræðinga, sem skipuð var til að gera tillögur um breytingar á reglunum um skattlagningu vatnsréttinda og skilaði álit 30. nóv. 1948 (álitid er birt í Statens offentliga utredningar 1948, nr. 50. Því miður hefur okkur ekki tekizt að ná í það), leggur til, að vatnsréttindi í óvirkjuðu fallvatni séu skattlögð eftir afli því, sem í því sé fólgið, og þá re knað visst á afleiningu. Aflið skuli miðast við Q_{75} í ánni (án miðlunar) og brutto fallhæð við meðalrennsli.

Eftir því sem algengara varð að byggja virkjanir að meira eða minna leyti á miðlunum og samrekstur rafstöðva færðist í vöxt, hafa komið fram raddir um að miða bæri við meðalrennsli í stað Q_{75} . Í athugasemdum við áður nefnt nefndarálit frá "Svenska Vattenkraftföreningen", "Sveriges Industiforbund", "Kung. Svenska Vattenfallsstyrelsen" og "Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut" (SMHI) er fremur mælt með meðalrennslinu sem mælikvarða, einkum leggur SMHI mikla áherslu á það, þar eð það yrði hlutverk þeirrar stofnunar að gefa upp þær tölur um vatnsrennsli, sem matið byggist á. SMHI telur, að meðalrennsli megi ákveða með miklu meiri nákvæmni en Q_{75} , einkum í ám, þar sem athugunartímabil er stutt eða ístruflanir eru algengar (þær hafa meiri áhrif á Q_{75} en meðalrennslið). Meðalrennslið megi jafnvel ákveða með nokkru öryggi þótt engar vatna-mælingar séu fyrir hendi, út frá stærð úrkomusvæðis og rennsli fljóta í nágreininu, en ómögulegt megi heita að segja um Q_{75} í slíkum tilfellum. (Athugasemdir þessar eru, ásamt útdrætti úr nefndarálitinu, birtar í Svenska Vattenkraftföreningens Publikationer, nr. 1, 1949). Í grein í Teknisk Tidsskrift 22. febr. 1947, bls. 189 leggur Statshydrolog Olaf Tryselius til, að miðað sé við meðalrennsli

við mat á vatnsréttindum, eða ákveðinn hundruðshluta af meðalrennsli, sem er í rauninni hið sama. Því að það sé meðalrennslið, sem hafi mesta raunverulega þýðingu, og auk þess hafi það þann kost, að vera óháð miðlunum. Þó beri að taka tillit til miðlana og miðlunarmöguleika, en að augljóslega sé þó kostur að hafa eina nokkurn veginn fasta stærð.

Í aðurnefndum athugasemdum er talið rétt að reikna með náttúrulegu afl, en ekki afl á túrbínuás (og reikna afl í kW, í stað hö, sem mikið til er hætt að nota sem afleiðingu í sambandi við rafafli, nema af túrbínusmiðum). Til mála komi þó að miða við afl túrbínu, afl rafala, eða "útsent" afl (afl aftan við aðalspennistöð).

Um það, hversu taka skuli tillit til breytinga á vatnsrennslinu við mat vatnsréttinda er minna skrifað. Augljóst mál er, og þarf ekki að rökstyðja, að ekki er gefandi jafn mikið fyrir vatnsfall með misjöfnu rennsli eins og fyrir annað með jöfnu rennsli, enda þótt meðalrennsli sé hið sama í báðum tilfellum. Í skýrslu Þjórsárnefndar er um það rætt, að verð vatnsréttinda skuli standa í beinu hlutfalli við brotið Q_{95}/Q_{50} ("verður að gera ráð fyrir að verðmæti vatnsaflsins í jökulánum sé að sama skapi minna á hvert hestafl (þ.e. minna en t. d. í Sogi og Laxá), sem hlutfallið milli Q_{95} og Q_{50} er lægra ..."). (Skýrsla Þjórsárnefndar, 20. júní og 19. sept. 1949, bls. 20).

Í árslok 1 52 var í Finnlandi skipuð nefnd manna til að rannsaka vandamál í sambandi við skattlagningu vatnsréttinda og gera tillögur til úrbóta. Einn nefndarmanna, Niilo Saarivitra, verkfræðingur, ritar um málið í tímaritið "Kraft och Ljus" nr. 3, 1954. Segir þar, að skattayfirvöldin hafi ekki haft neinær fastar reglur við skattlagningu vatnsréttinda. Í einstökum tilfellum hafi verið reynt að gera sér grein fyrir afrakstri vatnsaflsins, og reikna hann til höfuðstóls og meta vatnsafl í þann hátt, (sbr. aðferð 2) hér að framan). Þessi leið hefur þó ekki reynt fær, því að með því að nota þessa aðferð bæði við virkjað og óvirkjað vatnsafl hafi niðurstöðurnar orðið æði tilviljanakenndar. Slík aðferð sé of viðkvæm fyrir hinum minnstu skekkjum í mati.

Nefndin komst að þeirri niðurstöðu að meta beri virkjað og óvirkjað vatnsafl eftir sömu grundvallarreglum. Ganga beri út frá

vélaaflinu, því aðeins sá hluti vatnsaflsins, sem vélarnar skila, komi að notum.

Möguleikarnir til hagnýtingar vatnsaflsins sjást best af Q75, en það rennsli sem best einkennir vatnsafl er meðalrennslið. Meðalrennsli verður yfirleitt ekki virkjað, nema með miðlunum. Verðmæti vatnsfalls til skattlagningar er því reiknað út frá meðalrennslinu, þannig:

$$N = 8,2 \cdot Q_m \cdot h$$

þar sem N er skattskyld afl í kW, Q_m meðalrennsli í m³/sek og h brúttufallhæð við meðalrennsli, í m. Á verðmæti þessa afls hafa eftirtalin atriði áhrif:

- a) Staðsetning vatnsfallsins
- b) Rennslisbreytingar
- c) Fallhæðin
- d) Hvenær áin verður virkjuð
- e) Ársmiðlun vatnsfallsins.

Síðan er í greininni dregið á, hversu tekið skuli tillit til hvers um sig af þessum atriðum..

Tillit til staðsetningar vatnsfallsins er tekið á mjög grófan hátt, þannig, að hið útreiknaða verð vatnsfallsins er margfaldað með stuðli, sem er 1 fyrir ár í vissum landshlutum, þeim er næst liggja aðal notkunarsvæðunum, 2/3 fyrir ár nokkru lengra í burtu og 1/2 fyrir þær sem lengst eru í burtu.

Um rennslisbreytingarnar segir svo í grein Niilo Saarivitra, verkfræðings: "Því minni sem rennslisbreytingarnar eru, því betur má hagnýta orku vatnsfallsins. Hlutfallið Q_{75}/Q_m sýnir hversu stórar hinar eðlilegu breytingar rennslisins eru"..."

"Verðmæti orkunnar frá vatnsaflsstöð er mjög undir því komið hvaða rennsli er virkjað. Með því að taka tillit til notkunartíma og verðs vetrarorku, sumarorku, dagsorku, nætur- og sunnudagsorku hefur Svíinn Hans Hartcell reiknað hlutfallslegt verð vatnsaflsins sem fall (funktion) af virkjuðu rennsli og brýtileika rennslisins. Þær hann á þennan hátt fram línurit yfir hlutfallslegt verð vatnsréttinda sem fall af hlutfallinu Q_{75}/Q_m , eitt línurit fyrir hvert gildi á hinu virkjaða rennsli"

Þessi línurit Hartzells eru birt í greininni. Inn á línuritinu eru síðan færð gildi samsvarandi nokkrum helztu vatnsföllum í Finnlandi. Fæst á þann hátt, að hlutfallslegt verð vatnsréttinda í Finnlandi breytist með stærðinni $x = Q_{75}/Q_m$ nokkurn veginn eftir parabolunni $y = 1 - (1-x)^2$. Í Svíþjóð sýnir línan $y = x$ þetta samband, því að virkjað rennsli er þar minna yfirleitt en í Finnlandi.

Við höfum athugað þetta fyrir nokkrar íslenskar virkjanir. Á línuriti Fnr. 3064 er að finna línurit Hartzell, tekna úr hinni finnsku grein. Á sama blaði eru merktir inn punktar samsvarandi ýmsum virkjunum hér að landi. Þessir punktar hópast nokkurn veginn um línuna $y = 1 - (1-x)^{1,75}$ og er hún sýnd á línuritinu (punktur 2 (Laxárvirkjun) liggur að vísu nokkuð frá, en það stafar af því, að óeðlilega lítið rennsli er virkjað).

Tillit er tekið til fallhæðarinnar á þann hátt, að dregið er frá grunnverðinu þegar fallhæðin minnkar, þannig:

Fallhæð í m	7	6	5	4	3	undir 3
Frádráttur	0	15	35	55	80	100%

Fallhæðir við virkjanir í Finnlandi eru yfirleitt undir 20 m. Við óvenjumiklar fallhæðir hefur þótt rétt að meta vatnsréttindin hærra og er því stungið upp á, að þau hækki línulega frá 100-150% af grunnverðinu, þegar fallhæðin vex frá 20 til 100 metra.

Áhrif virkJunartímans eru hugsuð þannig, að ef vatnsréttindin í virkjuðu vatnsfalli eru metin 100, metast þau 70 meðan á virkjun stendur og 40 áður en virkjun hefst, án tillits til þess tíma, sem lífur frá því að vatnsfall er keypt og þar til það er virkjað.

Áhrif ársmiðlunar eru metin eftir þeirri orkuaukningu, sem af henni leiðir, og verði þeirrar orku. Í greininni er þess getið, að þessi aukning nemi kringum 10% og í samræmi við það er verðmæti vatnsréttindanna til skattlagningar aukið um 10%.

Því miður höfum við ekki átt þess kost að kynna okkur útreikninga Hartzells, sem hér var minnst á. Benda má á, að þeir eru vafalaust miðaðir við sænskar aðstæður og því tæplega nothæfir hér án breytinga. Hins vegar væri ef til vill ástæða til að athuga þessa útreikninga og laga þá að íslenskum staðháttum.

Í erindi, sem O. Strand, forstjóri, "Skiensfjorde kommunale kraftselskap" flutti í Elektroteknisk forening i Oslo hinn 29. okt. 1947, og nefnist "Vår Vannkraftpotitikk", ræðir hann um mat á miðlun

vatnsfalla. Telur hann, að vatnsfall með misjöfnu rennsli, án miðlunarmöguleika sé einskis virði. "For landet er verdien av kraftökningen gjennom regulering den nødvendige forutsetning for at vår vannkraft overhodet er nogen naturrikdom." Þetta er það helzta, sem við höfum fundið í ritum um vatnsréttindi og mat á þeim. Er þar ekki um auðugan garð að gresja og virðast ekki vera til neinar algildar reglur í þessu efni.

Tillögur okkar

Eins og áður er dregið á, álitum við að nettotekjuaðferðin og samanburður við gufuafl komi varla til greina hér á landi. Er því varla um annað að gera en að nota fyrstu aðferðina í einhverri mynd, svo sem gert hefur verið á Norðurlöndum. Benda má á, að nettotekju- og samanburðaraðferðin eru mjög viðkvæmar fyrir skekkjum í áætlunum.

Þau þrjú atriði, sem mestu máli skipta við verðlagningu vatnsréttinda, eru svo sem áður er sagt:

- a) Eðlisorka fallvatnsins
- b) Aðstaður
- c) Staðsetning

Skulu nú tekin til athugunar áhrif hvers um sig.

a) Eins og áður er sagt, hefur það verið nokkuð á reiki við hvaða rennsli er miðað, þegar reiknað er út afl það, sem vatnsfall er metið eftir. Þess var getið, að mörg rök hnigu að því að miða við meðalrennsli, en ekki Q_{75} eða Q_{95} eins og áður var gert. Okkur virðast rök SHMI sérlega þung á metunum og gildaflenn ríkara mæli hér en annars staðar á Norðurlöndum, sökum þess, hve vatnamælingar eru ungar að árum hér. Ef miðað er við meðalrennsli, er í sjálfu sér sama hvort reiknað er með afli við það rennsli, eða árlegri orku. Okkur virðist á ýmsan hátt eðlilegra að miða við árlega orku.

Í öllum þeim ritum, sem við höfum séð um þessi efni, virðist vera gert ráð fyrir að verðmæti vatnsfallsins breytist í beinu hlutfalli við aflstö (eða orkuna), þ. e. að reiknað er með föstu verði á einingu, án tillits til fjölda eininganna. Okkur virðast aftur á móti ýms rök mæla gegn þessu. Allajafna er ódýrara að vinna orku í stórum orkuverum, reiknað á kWst. Á þeim forsendum mætti setla, að hver kWst. í stórvirkjun væri meira virði en í

minni virkjun og því meira borgandi fyrir réttinn til að vinna hana. Hins er að gæta, að orka frá stórvirkjun verður tæplega seld nema til stóriðnaðar, sem getur því aðeins þrífist, að hann fái orkuna ódýra. Augljóst er því, að gróði í kr. á kWst. í stórvirkjun hlýtur ætíð að vera minni en í smávirksjun. Nú er ekki óeðlilegt, að verð vatnsréttinda, reiknað á kWst. standi í beinu hlutfalli við gróðann, og er þá augljóst, að verð vatnsréttinda, reiknað á kWst. á að vera lægra fyrir stórar virkjanir en smáar.

Nú er ekki vitað hvernig gróði af orkusölu breytist með orkumagninu. Ekki er óeðlilegt að álykta, að hann standi í vissu sambandi við vinnslukostnað orkunnar; sé því meiri sem vinnslukostnaðurinn er meiri, reiknað í kr/kWst. Sem fyrstu nálgun viljum við því hér reikna með því, að hann standi í beinu hlutfalli við vinnslukostnaðinn, þ. e. reikna með ákveðinni hundraðshlutaálagningu. Af þessu leiðir, að verð vatnsréttinda ætti að standa í beinu hlutfalli við vinnslukostnað raforkunnar.

Vinnslukostnaðurinn minnkar að vísu með auknu orkumagni, en hvernig hann minnkar er minna vitað um. Margt bendir þó til þess, að samband þessara stærða sé af forminu $y = (k + ax)/(b + x)$, þar sem y þýðir vinnslukostnað á kilowattstund, en x fjöldi unninna kilowattstunda. Til að ákveða stærðirnar a , b og k var gegnið út frá eftirfarandi:

1. Áætlun um rekstrarkostnað Grímsárvirkjunar (þ. e. aðeins virkjunin sjálf + rekstur dísilstöðva vegnavatnsskorts) gefur um 18 aurar á kWst. við stöðvarvegg. Orkuvinnsla um 10 millj. kWst.
2. Ágizkað kostnaðarverð raforku frá virkjun í Jökulsá á Fjöllum er 2,5 aurar á kWst. Orkuvinnsla kringum 2000 millj. kWst. á ári.
3. Þriðji punkturinn er ákveðinn að nokkru með hliðsjón af rekstrarkostnaði Sogsvirkjunar 1954, þannig að gert er ráð fyrir, að vinnslukostnaður 200 millj. kWst. á ári sé um 10 aurar á kWst.

Út frá þessum forsendum fæst, að vinnslukostnaður raforku í vatnsaflsstöðvum ætti að vera (í kr. á kWst.)

$$y = (39,4 + 0,008 \cdot A) / (210 + A), \text{ þar sem } A \text{ er orkumagnið}$$

í milljónum kílowattstunda á ári.

Á línuriti, sem hér fylgir með, er þetta samband sýnt, ásamt línuriti yfir stærðina $y \cdot A$, þ. e. árleg útgjöld vegna orkuvinnslunnar.

Þetta eru að sjálfsgöðu lauslegar forsendur. Ekki er þó vafi á því, að vinnslukostnaðurinn breytist með orkumagninu eitthvað á þá leið, sem línurit I á Fnr. 3073.. sýnir, enda þótt öll nánari gerð þess línurits sé mjög óviss. Þó virðist okkur réttara að ganga út frá þessu en að reikna sama verð á kílowattstund án tillits til magns.

Meðan ekki er betri aðferð fyrir hendi, teljum við, að notastmegi við þessa og reikna verð vatnsréttinda pr. kWst. sem

$$V_A = K_0 (39,4 + 0.008 \cdot A) / (210 + A)$$

þar sem K_0 er konstant. Þetta væri verð vatnsréttindanna í "ideal" vagnsfalli, þar sem allar aðstæður væru eins og best verður á kosið. Ef hentugra þykir, má láta verð vatnsréttindanna breytast með orkumagninu eftir tröppulínu í stað samfelldrar línu eins og hér er gert. Aðalatriðið er, í þessu sambandi, að okkar dómi, að einingarverðið lækki með vaxandi einingarfjölda. Auk sjálfs orkumagnsins skiptir breytileiki aflsins miklu máli. Svo sem áður er dregið á, þarf í fæstum tilfellum að taka tillit til breytilegrar fallhæðar og verður því einungis sjálf rennslis-breytingin tekin til athugunar.

Áður er minnst á, að komið hafi til mála að lækka vatnsréttindaverðið með brotinu Q_{95}/Q_{50} . Þessi aðferð hefur þann mikla kost, að vera einföld. Í grein Níilo Saarivitra er miðað við hlutfallið $X = Q_{75}/Q_m$ og verðmæti vatnsréttinda látin hækka eftir parabolunni $y = 1 - (1-x)^2$, en þess getið, að í Svíþjóð sé það látið fylgja línunni $y = x$; þ. e. margfaldað með hlutfallinu Q_{75}/Q_m . Á meðfylgjandi línuriti eru merktar nokkrar íslenskar virkjanir inn á línurit Hartzells. Punktarnir dre fast talsvert, meira en tilsvareandi punktar fyrir finnskar virkjanir og kann það að eiga sín rök í því, að finnskar virkjanir séu í meira samræmi við forsendur Hartzells en íslenskar virkjanir. Þó virðist svo sem íslensku punktarnir hópist einna helst um línu, sem nær liggur finnsku línunni en hinn sansku, þ. e. veldisvísirinn

á $(1-x)$ sé nær 2 en 1, og því var 1,75 valinn sem veldisvísir.

Þetta línurit $y = 1 - (1-x)^{1,75}$ byggir að sjálfsögðu á línuritum Hartzells, þar eð punktar samsvarandi íslenskum virkjunum eru merktir inn á þau.

Því miður höfum við ekki átt þess kost að kynna okkur útreikninga Hartzells, en samkvæmt því sem sagt er í grein Saarivitra um forsendur hans (Notkunartími og verð vetrarorku, sumarorku, dags-, nætur- og sunnudagsorku) er varla gerandi ráð fyrir, að niðurstöður hans gildi formálalaust hér á landi. Yrði helzt að gera tilsvarendi útreikninga við íslenskar aðstæður, (sem ef til vill gæti orðið erfitt, en um það verður ekki sagt að svo stöddu). Meðan þetta er ekki gert, verður að notast við aðrar aðferðir, þótt ónákvæmari kunni að vera.

Þær stærðir, sem hér að framan hefur verið talað um (t. d. Q₉₅ og Q₇₅) eru teknar úr langæislínu árinna. Nú má að sjálfsögðu jafna rennslið meira eða minna með miðlunum og það yrði í flestum tilfellum gert, a. m. k. við stærri virkjanir. Nú er það misjafnt, hve miklu þarf að miðla til að fá tiltekna útfjöfnun. Þá miðlunarþörf sýnir langæislínan ekki, en augljóst er, að hún, ásamt skilyrðum til að framkvæma hana, skiptir miklu máli, þegar meta skal, hve mikið sé borgandi fyrir vatnsréttindi. Þetta hvortveggja, miðlunarþörfin og miðlunarskilyrðin, fer eftir því hvaða rennsli tryggja skal, en það kann að vera nokkuð breytilegt eftir stærð og tilgangi virkjunar og verður ekki sagt um það nema eftir að gerðar hafa verið allnákvæmar virkjunaráætlanir. Eskilegast væri að sjálfsögðu að geta tryggt meðalrennsli, en til þess þarf í flestum tilfellum svo óhóflega stóra miðlun, að það kemur ekki til mála. Oft er þó reynt að tryggja talsvert stóran hluta af meðalrennsli, t. d. 75% af Q_m, og gefur það nokkra vísbendingu um hæfileika vatnsfalls til virkjunar, hversu auðvelt er að tryggja það rennsli. Sem eins konar "fyrstu nálgun" viljum við því hér ganga út frá því rennsli og tákna tilsvarendi miðlunarþörf, þ. e. stærð geymis í hlutfalli við meðalársframrennsli árinna með 875m. Sem dæmi er hér sýnd þessi stærð fyrir nokkrar ár:

Meðalrennsli og miðlunarþörf fyrir 75% ^{meðal} ~~árs~~ framrennslis, þegar frá eru talin þrjú þurrustu árin af hverjum 10

A	Meðalrennsli, m ³ Q _m	Miðlunarþörf fyrir 0,75 · Q _m % af meðalframrennsli.
Sogið	112,0	Upplýsingar vantar

Andakílsá	10,7	10
Laxá í Ásum	3,7	7
Vatnsdalsá	9,0	8
Fljótaá	6,0	16
Grímsá	29,0	13
Laxá í Nesjum	5,0	10
Smyrlabjargaá	1,5	ca 5
Þjórsá	390	8
Hvítá (Gullfoss)	125	10

Hér er sleppt 3 verstu árunum af hverjum 10 fyrir hverja á, í samræmi við norskar venjur, að því er Sigurjón Rist, vatna-
mælingamaður upplýsir.

Þá er að ákveða hvernig verð vatnsréttinda skuli breytast með þessari stærð. Við höfum athugað nokkuð greinargerð Sigurðar Thoroddsen, verkfræðings um stórvirkjanir á Íslandi og kostnaðar-
ágizkanir hans. Svo virðist, sem stofnkostnaður miðlunarmannvirkja nemi ca 20-50 % af heildarkostnaði virkjananna. Er þá gert ráð fyrir að miðla þurfi 40% af ársframrennsli, eða allmiklu meiru en taflan hér að ofan sýnir, enda er þar gert ráð fyrir að virkja meðalrennsli. Geri maður ráð fyrir, að kostnaðurinn við miðlun standi í nokkurn veginn beinu hlutfalli við miðlunarpörfina og að virkjunarkostnaður standi í beinu hlutfalli við Q_m , fæst, að ef virkjunarkostnaður er settur 1 fyrir "ideal" vatnsfall, þ. e. vatnsfall með alveg jöfnu rennsli, þá verður virkjunarkostnaður "venjulegs" vatnsfalls með sama meðalrennsli $1 + p \cdot g_{75m}$, þar sem p er konstant. Ef kaupverð vatnsréttindanna er 1 í fyrria tilfelli, virðist okkur ekki óeðlilegt að það sé $1/(1 + p \cdot g_{75m})$ í því síðara, þ. e. að verð vatnsréttindanna breytist í öfugu hlutfalli við stærðina $1 + p \cdot g_{75m}$. p er þá tala, sem gefur til kynna hversu auðvelt er að miðla. Nú verður ekki sagt nákvæmlega um það, nema að undangenginni rannsókn, hve mikill miðlunarkostnaðurinn er í hlutfalli við heildarkostnaðinn. Verður því að taka málið grófari tókum og gera ráð fyrir p sem eins konar "vísitölu" miðlunaraðstaðnanna, þ. e. setja því hærri gildi á p sem ætla má að miðlun sé erfiðari. Þetta verður þó ekki gert nákvæmlega og því höfum við á línuriti Fnr. 3081, dregið nokkrar línur yfir

stærðina $1/(1+pg_{75m})$ og merktar eru með einkunnarorðunum ágæt - góð - samileg - léleg - mjög léleg. Línur þessar eru dregnar þannig, að hlutdeild miðlunarmannvirkja í heildarkostnaði við $g_{75m} = 40\%$ sé 20, 40, 60, 80 og 95%. Nú er óvíst, að hve miklu leyti miðlanirnar yrðu framkvæmdar þegar vatnsfallið er tekið til virkjunar. En ef lítil miðlunarmannvirki eru gerð í ójafnri á, er verðmæti fallvatnsins fyrst og fremst "orkuverðmæti", sem er miklu minna en ef virkjunin hefur tiltekið "fast afl". Hvort miðla skal, og þá hve miklu, er reikningsdæmi, sem sá verður að leysa, sem virkjar, en ekki er óeðlilegt að verðið til eigenda vatnsréttindanna sé miðað við það, hve mikil og dýr miðlun útheimtis til að tryggja 75% af Q_m , sem fast afl. Okkur er ljóst, að þetta er hér metið á mjög grófgerðann hátt, en annað verður tæplega gert, nema beinlínis á grundvelli virkjunaráætlunar. Við viljum því slá þessari aðferð fram hér, a. m. k. til athugunar.

b) Undir þennan lið áttu að heyra virkjunaraðstæður, en svo sem drepist var á í upphafi, grípa þættir undir a) og b) hver inn í annan. Áður hefur verið rætt um aðstæður til miðlunar. Ógerningur er að taka til athugunar öll þau atriði, sem einu nafni nefnast virkjunaraðstæður og verður hér því aðeins minnst á tvennt: Fallhæð og lengd á vatnsleiðslum, en vatnsleiðslu viljum við nefna einu nafni öll þau mannvirki, sem ætluð eru til að flytja vatn að og frá vélum.

Á línuriti á blaði Fnr. 3082. er sýnt hvernig Finnar hugsa sér skattaverðmæti vatnsréttinda breytast með fallhæðinni. (Vatnsréttindin við 100 metra fall og hærra seft 100% í stað 150%, til samræmis við okkar kúrfu). Flestar finnskar ár liggja á "stallinum" á kúrfunni (sem Finnar selja 100%, en "efstu brúnina" 150%). Línuritið sker X-ásinn í 3. Þ. e. minna fall en 3 m er ekki talið neins virði.

Tæplega verður fundin nein "formúla", sem gefi rétta mynd af verðmæti vatnsréttinda við mismunandi fallhæðir. Virkjun með mikilli fallhæð er ódýrari en jafn-aflmikil virkjun með minni fallhæð, sökum þess, að vatnsleiðslur allar eru grennri og þar með ódýrari í fyrra tilfellinu. Jafnframt eru vélar ódýrari (hægt að nota hraðgengari vélar). Hversu miklu þetta nemur, miðað við heildarkostnað virkjunar, fer eftir aðstæðum á hverjum stað.

Við höfum því tekið þann kost að setja fram formúlu, gripna úr lausu lofti, þó þannig, að 3 metra fall eða minna er ekki talið

neins virði. Þessi formúla er

$$y = 1,1 - (3,46/H)^{0,67}$$

Línurit yfir þessa formúlu er einnig sýnt á blaði Fnr. 3082, ásamt finnska línuritinu. "Réttlæting" þessarar formúlu er sú ein, að hún gefur línurit, sem í stórum dráttum er af því formi, sem við teljum að eigi að vera á sambandinu milli verðs vatnsréttinda og fallhæðar: Lítil breyting við miklar fallhæðir, en ört lækkandi verð, þegar fallhæðin er komin niður fyrir visst mark. Þessu er hér slegið fram til umræðu.

Sjálfsgagt virðist okkur að taka nokkuð tillit til lengdar á nauðsynlegum vatnsleiðslum (pípum og/eða jarðgöngum), þegar meta skal verð vatnsfalls og þá á þann hátt, að það falli í verði, ef vatnsleiðslur verða langar, miðað við fallhæð. Annað mál er hvernig þetta verði gert, þannig að samræmis sé gætt milli vatnsfalla innbyrðis. Um þetta atriði höfum við ekkert fundið í ritum. Helzt virðist okkur koma til mála að taka tillit til þessa atriðis með hlutfallinu L/H , þar sem H er bruttófallhæð, en L lárétt lengd vatnsleiðslunnar. Við höfum reynt að finna eitthvert samband milli L/H og hundraðshluta vatnsvega á stofnkostnaði orkuvera. Höfum við þar stuðzt við áætlanir Sigurðar Thoroddsen um stórvirkjanir á Íslandi og ýmsar erlendar heimildir. Okkur hefur ekki tekizt að finna neitt skynsamlegt samband á milli þessara stærða, sem nota megir til að meta vatnsréttindi eftir. Eftir miklar bollaleggingar og tilraunir til útreikninga, höfum við tekið það ráð að minnka verð vatnsréttinda línulega með hlutfallinu L/H , þar sem L er lárétt lengd allra vatnsleiðslna og H er fallhæð, reiknað í sömu einingum. Við 100 metra lengd á 1 meters falli höfum við sett verð vatnsréttinda 50% af því sem þau myndu vera við lóðrétt fall.

c) Undir þetta atriði átti að heyra staðsetning orkuvers. Kostnaður við að flytja orkuna til notkunarstaðarins er mjög breytilegur, háður spennu, flutningsgetu línunnar, og því hversu mikils rekstraröryggis er krafizt. Að sjálfsgöðu er kostnaðurinn einnig háður lengd orkuflutningslínanna. Við höfum athugað nokkuð hversu stofnkostnaður háspennulína breytist með afli því, sem línunni er stlað að flytja, (Greager og Justin: Hydroelectric Handbook). Með hliðsjón af því höfum við á blaði Fnr. 3080 gert línurit yfir

kostnað á km við að flytja mismunandi árlegt orkumagn, miðað við að línan væri fyllnýtt allt árið. (Kostnaðurinn er reiknaður pr. km; við tiltekið orkumagn er settur 100). Á sama línuriti er sýndur vinnslukostnaður raforku skv. línuriti á Fnr. 3073, sem áður er nefnt, í sama relatífa skala. Þessi tvö línurit falla nokkurn veginn saman, þegar þau eru þannig sett úr í sama skala, en það er merki þess, að flutningskostnaður raforku pr. km standi nokkurn veginn í beinu hlutfalli við vinnslukostnaðinn. Ef vinnslukostnaðurinn er 1, er flutningskostnaðurinn $c \cdot L$, þar sem L er lengd orkuflutningslínunnar í km. Flutningurinn eykur því kostnaðarverð orkunnar á notkunarstað hlutfallslega um cL , þannig að það verður $1+cL$. Okkur virðist þá ekki óeðlilegt, að vatnsréttindin minnki í hlutfallinu $1/(1+cL)$, sem er nokkurn veginn jafnt $1-cL$, ef cL er lítil stærð miðað við 1, þ. e. flutningskostnaðurinn er aðeins lítið brot af vinnslukostnaði.

Erfitt er að ákveða stærðina c . Til þess að setja eitthvað, gerum við hér ráð fyrir, að flutningskostnaður við 50 km línulengd nemi ca 10% af vinnslukostnaði, þ. e. $c \times 50 = 0,1$ eða $c = 0.002$, og ætti, skv. því, verð vatnsréttinda að minnka með orkuflutningsvegalegd eftir formúlinni

$$1 - 0,002 \cdot L$$

Með orkuflutningsvegalegd er hér átt við fjarlægðina, reiknuð eftir línuleiðinni, frá orkuveri í álagsmiðju (Load center) þess orkuveituvæðis, sem orka stöðvarinnar fer til. Formúla þessi er sýnd á línuriti á Fnr. 3083. .

Auk orkuflutningsvegalegdarinnar hefur staðsetning orkuversins áhrif á hagkvæmleika virkjunarinnar á ýmsan annan hátt, t. d. vegna sambönguerfiðleika til virkjunarstaðar, rekstrar,-öryggis virkjunar (ístruflanir o. fl.) o. s. frv. Ekki virðist þó gerlegt að taka tillit til þessara atriða og gerum við það ekki að svo stöðu.

Lokaorð.

(Jafnlagðar)

Okkur er ljóst, að aðferð sú við mat á vatnsréttindum, sem hér er nefnd hefur marga og mikla galla og er langt frá því að vera nákvæm. Við álitum, að nettotekju- og samanburðaraðferðin, sem áður er minnst á, séu einu nákvæmu aðferðirnar, sem um er að gera.

Þær gefa "rétt" verð á vatnsréttindum þá og því aðeins, að áætlanir þær, sem þær byggja á, læði um vinnslu, kostnað og markaðsverð orkunnar, ~~sem~~^{sem} nákvæmar.

Hugsa má sér aðferð, sem byggði á ástluðu orkuverði á notkunarstað eingöngu. Sú aðferð lægi á vissan hátt á milli nettotekjuaðferðarinnar og þess afbrigðis fasteignaraðferðarinnar, sem hér hefur verið rætt um.

Að sjálfsgöðu má taka tillit til þeirra atriða, sem hér eru tekin með á annan hátt en hér er gert. Þetta er aðeins einn möguleiki, eins konar tilraun til að komast niður á fasta reglu, þótt ófullkomin sé, til að reikna verð vatnsréttinda eftir.

Hér að framan hefur ekkert verið minnst á virkjunartímann. Við teljum eðlilegast, að það verð, sem hér er útreiknað, V , gildi fyrr vatnsfall, sem á að fara að virkja, en að vatnsfall, sem virkja á eftir n ár sé í dag greitt með $V/(1+r)^n$, þar sem r sé t. d. séft 0,06.

Konstantinn K_0 höfum við ekki viljað fara neitt út í að ákveða.

Útdráttur

I Þrjú atriði hafa megináhrif á verðmæti vatnsréttinda:

- a) Eðlisorka fallvatns
- b) Virkjunaraðstaður
- c) Staðsetning vantanlegs orkuvers

II Segja má, að vatnsréttindi megi meta á þrennan hátt.

- 1) Sem fasteign, mismunandi verðmæta, eftir þeim atriðum, sem að ofan voru nefnd. Til þess að rétt mat fáiist, verður að gera sér grein fyrir áhrifum þessara atriða hvers um sig; er það miklum erfiðleikum bundið.
- 2) Eftir þeim nettótekjum, sem hafa má af sölu orkunnar frá vatnsfallinu. Þarf þá að liggja fyrir nákvæm áætlun um þessar tekjur. Atriðin a) b) og c) koma þá inn í þetta verð í hverju einstöku tilfalli.
- 3) Eftir samanburði við aðrar orkulindir, í flestum tilfellum gufuorku. Aðferðin er í aðalatriðum eins og 2). Skilyrði þessara síðastnefndu aðferða er, að fyrir liggji nákvæm áætlun um virkjun og söluverð orkunnar.

III Svo er að sjá, sem 1. aðferðin hafi verið mest notuð, en tillit til þeirra atriða, sem nefnd voru í I virðast vera mjög á reiki og hefur okkur ekki tekizt að finna neitt í ritum um sum þeirra. Á Norðurlöndum virðist 1. aðferðin vera einráð. Við gerum ráð fyrir að hún verði valin hér og tekið verði tillit til atriðanna í I á þann hátt sem eftirfarandi formúla sýnir:

$$V = K_0 \cdot \frac{39,4A + 0,008A^L}{210 + A} \cdot \frac{1}{1 + 0,0875m} \cdot \left[1 - \left(\frac{3,45}{H} \right)^{0,67} \right] \left[1 - \frac{L}{200H} \right] \left[1 - \frac{LT}{500} \right]$$

þar sem:

V = verð vatnsréttinda, miðað við að virkjun standi fyrir dyrum, í kr.

K_0 = konstant, og höfum við ekki ákveðið hann.

A = Eðlisorka fallvatnsins á fyrirhuguðum virkjunarstað, millj. kWst. á ári.

875m = stærð geymis, sem nauðsynlegur er til að tryggja
75% meðalrennslis í 7 bestu árum af hverjum 10 í
hlutfalli við meðalframrennslis árinna.

p = eins konar "vísitala miðlunarerfiðleika" (sjá Fnr: 308!..)

H = brúttófallhæð á fyrirhuguðum virkjunarstað, við
meðalrennslis, í m.

L = lárétt lengd vatnsleiðslna, í m.

L_T = orkuflutningsvegalegd, þ. e. lengd línu frá virkjun
í álagsmiðju (Load Center) orkuveitusvæðis virkjunar, í km

Séu vatnsréttindi keypt í dag, en ekki áformað að virkja fyrr
en eftir n ár, sé kaupverð þeirra í dag $V/(1+r)^n$, þar sem r
er hæfilegur rentufótur peninga, t. d. bankavaxtafótur.

IV Aðferð þessi er engan veginn nákvæm, né heldur er það svo,
að önnur "afbrigði" fasteignaraðferðarinnar komi ekki til
greina. Þetta er aðeins tilraun til að komast niður á
fasta reglu, þótt ófullkomin sé. Okkur virðist ástæða til
að mál þetta verði rætt nánar og fleiri sjónarmið verði
látin koma fram í málinu.

Reykjavík á þrettándanum 1956

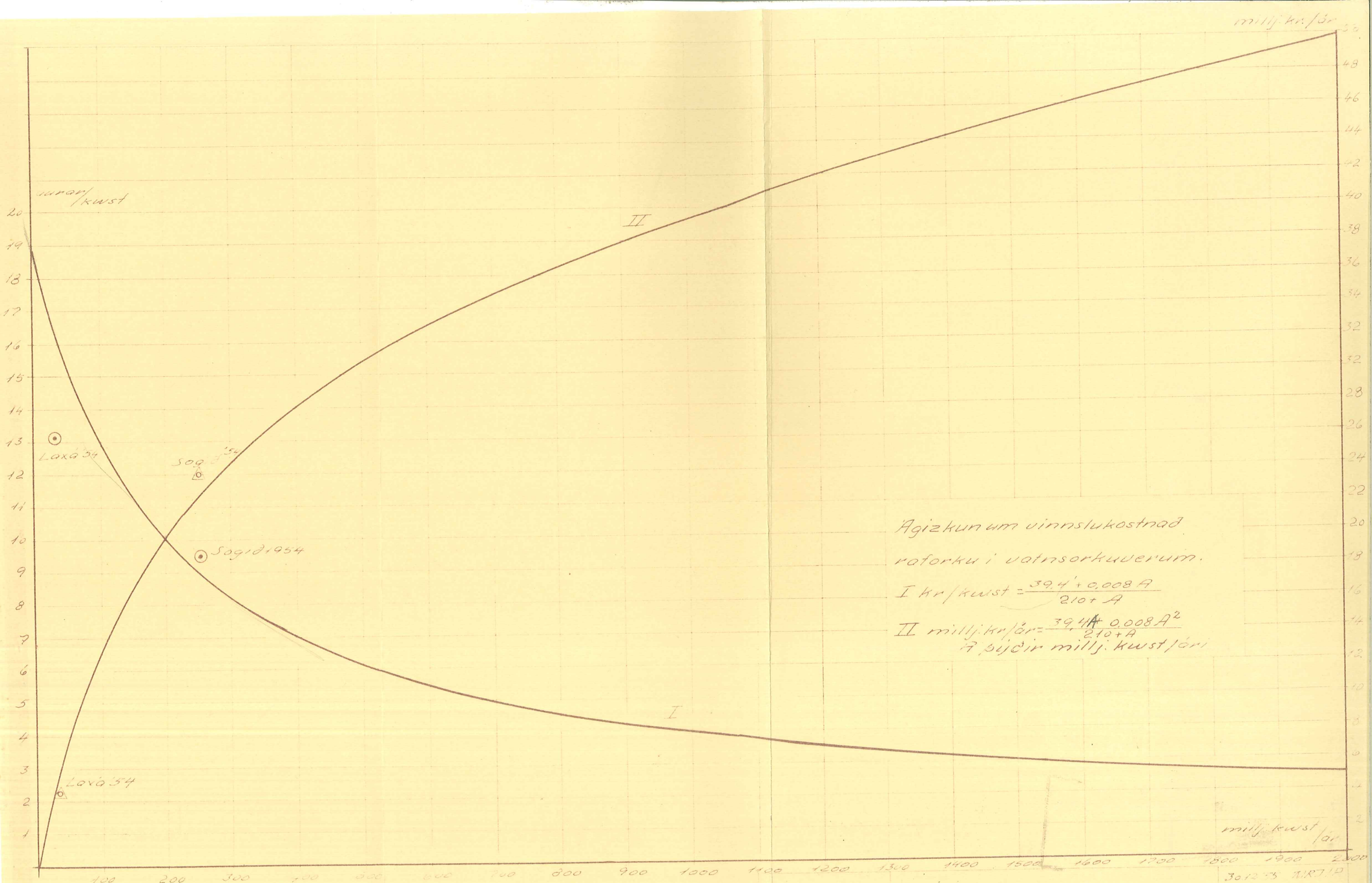
Magnús Reynis Jónsson Jakob Björnsson

Heimildarrit:

1. Jakob Gíslason: Viðvíkjandi leigu Brúarfossa í Laxá úr Mývatni. Greinargerð rafmagnseftirlits ríkisins 17. febr. 1941
2. Ýms bréf rafmagnseftirlitsins, samningsuppköst og noteringar (í handriti).
3. Tvær matsgjörðir vegna sölu á vatnsréttindum Sogsins, dags. 28. maí 1928 og 18. des. 1935.
4. Skýrsla nefndar þeirrar, sem atvinnumálaráðherra skipaði með bréfi dags. 3. jan 1949, til að gera athuganir í sambandi við og undirbúa fyrirhugaða samninga um kaup á vatnsréttindum í Þjórsá (Þjórsárnefndar), dags. 20. júní og 19. sept. 1949.
5. Kaup vatnsréttinda í Þjórsá og Hvítá (tvær greinargerðir samdar á raforkumálaskrifstofunni, sennil. í sambandi við skýrslu Þjórsárnefndar.
6. Jakob Gíslason: Vatnsafl Íslands, útflutningur á raforku og stóriðja. Tímarit VFÍ nr. 1 1955.
7. Sigurður Thoroddsen: Stórvirkjanir á Íslandi, (vérlitað) Rvík. 1954.
8. H. K. Barrows: Water Power Engineering, 2. ed. Mc Graw Hill Co. Inc. New York 1934.
9. W.P. Creager & J.D. Justin: Hydroelectric Handbook. 2. ed. John Wiley & Sons. Inc, New York 1950.
10. Dipl.ing. Niilo Saarivitra: Om Vattenkraftens beskattning. Kraft och Ljus nr. 3 1954.
11. Taxering av vattenfallsfastighet Svenska Vattenkraftforeningens publikationer nr. 1 1949.
12. Dir. O. Strand: Vår vannkraftpolitikk. Publikasjon fra Norske Elektrisitetsverkens Forening nr. 141/1947.
13. Statshydrolog Olaf Trysselius: Problem vid värdering af vattenkraft och bestämning av fallhöjder. Teknisk Tidsskrift nr. 8, 1947.
14. A. Mollu-Christensen: Compensation Assessment in Norway. Water Power, Dec. 1952.

Skipting heildarkostnaðar við nokkrar vatns-
virkjanir í Bandaríkjunum (Eftir Greager & Justin:
Hydroelectric Handbook", 2. ed. New York 1950)

Nafn virkjunar	Fall- hæð m	Útsent afl MW	Skipting stórnkostnaðar, %				
			Stíflur	Vatns- leiðslur	Stoovar- hús og raf- bunaður	Vegir og járn- brautir	Land- og vatns- réttindi
Conowingo	27,2	252	20,8	3,6	45,2	16,8	13,7
Safe Harbour	15,8	168	28,6	...	68,4	...	3,1
Saluda	55,0	130	55,5	...	14,4	0,6	29,4
Jordan	26,6	100	74,2	...	...	...	25,8
Martin	38,1	99	81,0	...	...	...	19,0
"	96,1	81	18,2	53,8	18,2	7,0	2,8
Ohio Falls	11,3	80,3	2,1	...	97,9	...	...
"	138,4	70	3,2	34,7	33,9	9,1	19,0
"	351	66,7	8,3	70,4	19,5	0,9	0,9
"	142	55,0	12,3	56,1	29,8	1,8	0
"	372	60,0	8,5	70,0	18,5	2,3	0,8
Rock Island	9,8	60,0	57,6	...	31,3	...	11,1
Gorge	82,5	55,5	42,5	...	34,0	22,9	0,5
"	772	50,0	21,6	48,4	20,0	6,9	3,1
Chelan	125	48,0	19,2	31,1	23,8	...	25,9
Ariel	52	46,0	58,2	2,6	23,8	4,8	10,6
Bartletts Ferry	34,8	45,0	53,7	4,0	24,6	2,3	15,4
Harriman	110	43,0	36,0	30,5	15,9	11,7	5,9
Wallenpaupack	113	40,0	13,9	23,9	27,8	1,3	33,0
Kerckhoff	107	39,0	14,6	58,4	25,7	1,4	...
Piney	24,4	28,8	55,1	...	41,1	...	3,8
Exhequer	64,1	25,0	34,1	2,0	8,1	0	56,0
Twin City	9,2	13,4	0,9	15,5	83,5	...	...
Glines Canyon	49	12,0	38,5	20,3	29,7	...	11,5
Mystic Lake	321	10,5	10,1	52,2	28,1	...	6,2
Borel	82,5	10,0	2,4	75,2	17,1	0	5,3
Lewiston	11	10,0	39,9	15,4	23,5	...	20,2
Kern Canyon	79,5	8,5	7,3	63,7	26,9	0	2,1
Sherman	23,8	7,0	39,2	5,2	27,2	...	27,3
Green Island	4,3	6,5	..5	23,5	75,0	...	...
Molly's Falls	107	5,0	23,2	25,0	22,1	...	29,7



Agizkun um vinnslukostnað
raforku í vatnsorkuverum.

$$I \text{ kr/kvst} = \frac{39.4 + 0.008 A}{210 + A}$$

$$II \text{ millj. kr./ár} = \frac{39.4 A + 0.008 A^2}{210 + A}$$

A þjór millj. kvst/ári

Agizkun um vinnslukostnað
raforku í vatnsorkuverum.

301275 MIRTIP
Tnr 71
B2M-0
Fnr 3073.

RAFORKUMFALHSTJÓRI

Hlutfallelegt verðmæti vatnsfalls við
mismunandi breytileika rennsisins

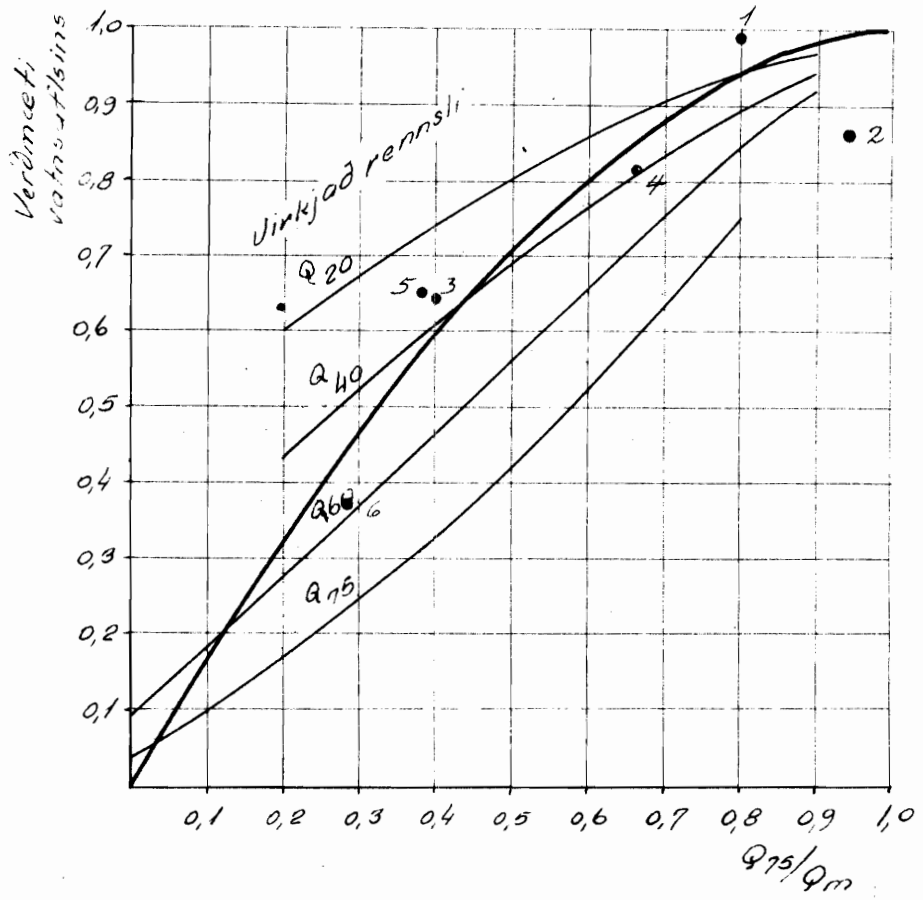
(Eft. H. Harell Tekið úr „Kraftoch Gus“ Nr. 3, 1924)

27.12.55 GP

B2M-0

Tnr 62

Fnr 3064



- 1. Sogsvirkjun
- 2. Laxarvirkjun
- 3. Andakilsarvirkjun
- 4. Fossa í Holshreppi (fyrirkhugað)
- 5. Þverarvirkjun við Holmavík
- 6. Grimsarvirkjun (fyrirkhugað)

Vatnsrættindi

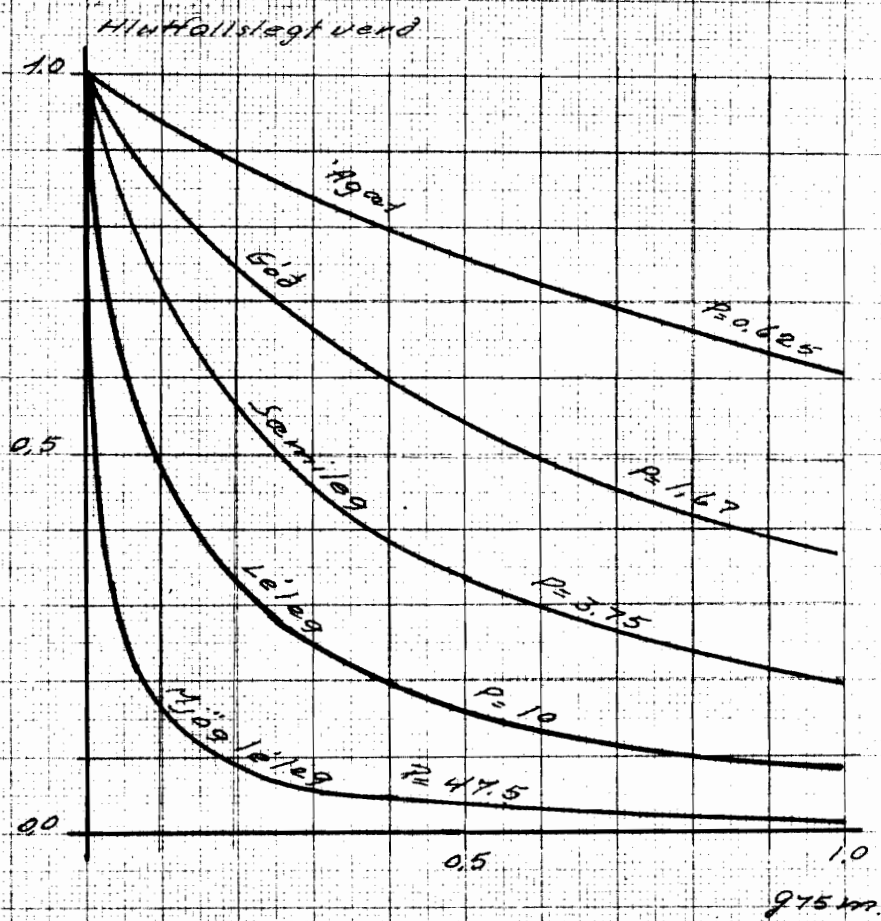
Roforkumalastjóri.
Ahrif rennslisbreytinga á
verðmæti vatnsrættinda.

5.1.56 JBMRT/P

Tnr. 73

B2M-0

Fnr. 3081



Roforkumölaskjóni

5.1.56 JBMRI/P

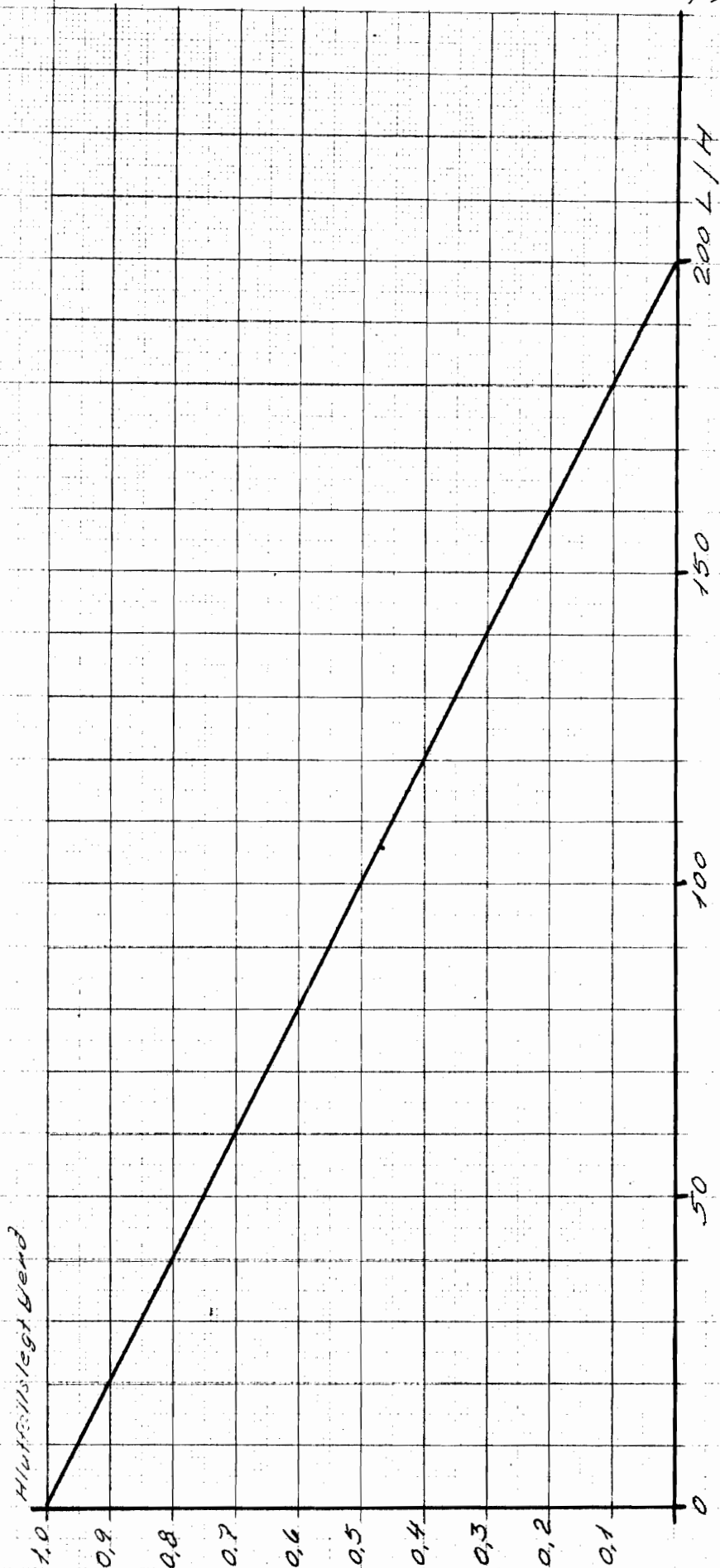
Vatnsréttindi

Ahnit vatnsleiðslulengdar á
verðmæti vatnsréttinda.

Tnr. 76

B2M-0

Fnr. 3084



Raforkumalastjóri

6.1.56 IBM/RJP

Vatnsréttindi:

Vinnslukostnaður

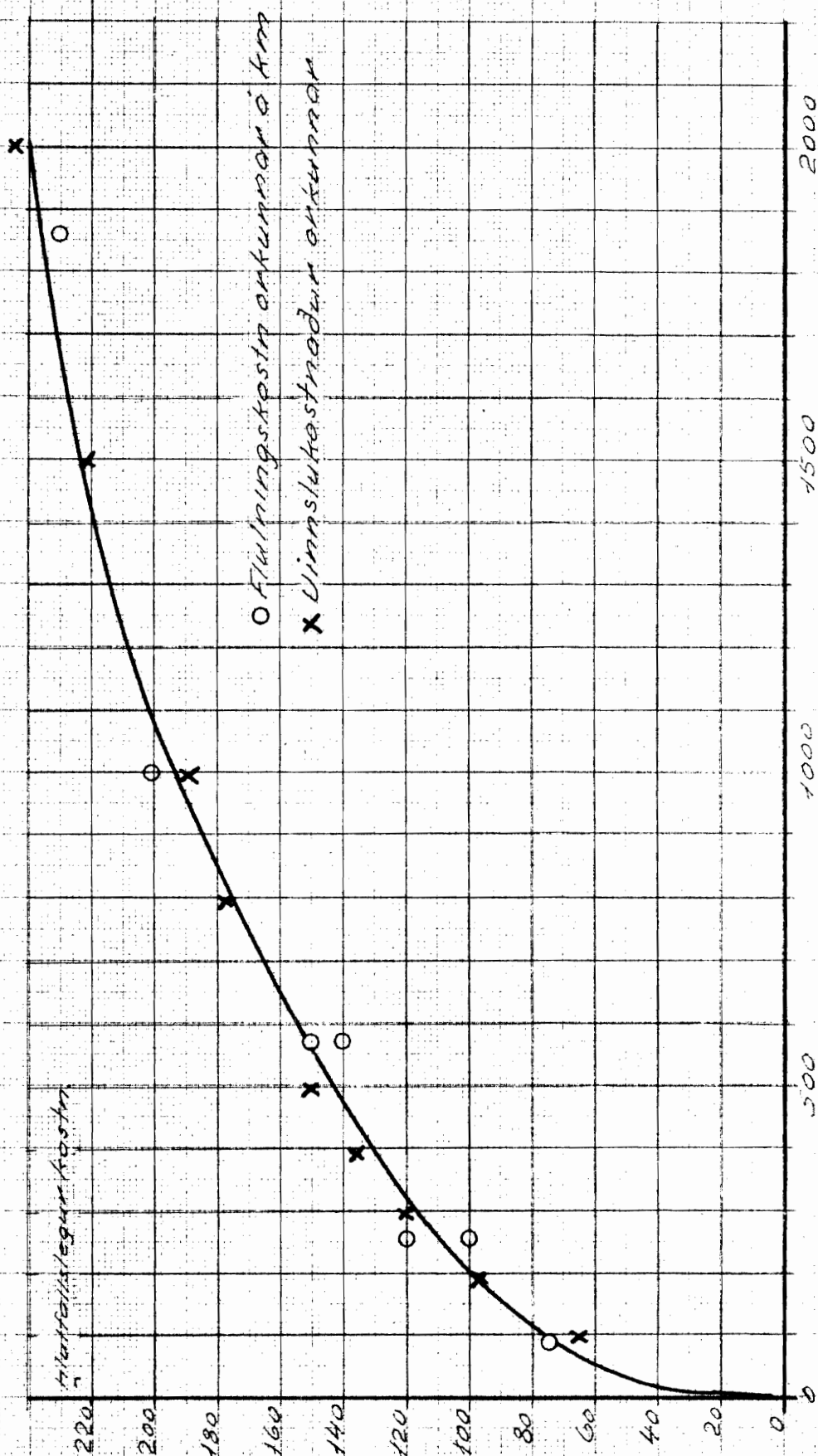
Tnr 72

og flutningskostn. raforku

B2M-0

Samanburður

Fnr 3080



A4
1:25 01
1 mm
BSEITE
4446

Vatnsrættindi

Raforkumalastjóri

Ahrif orkuflutningsvegalengdar á
verð vatnsrættinda.

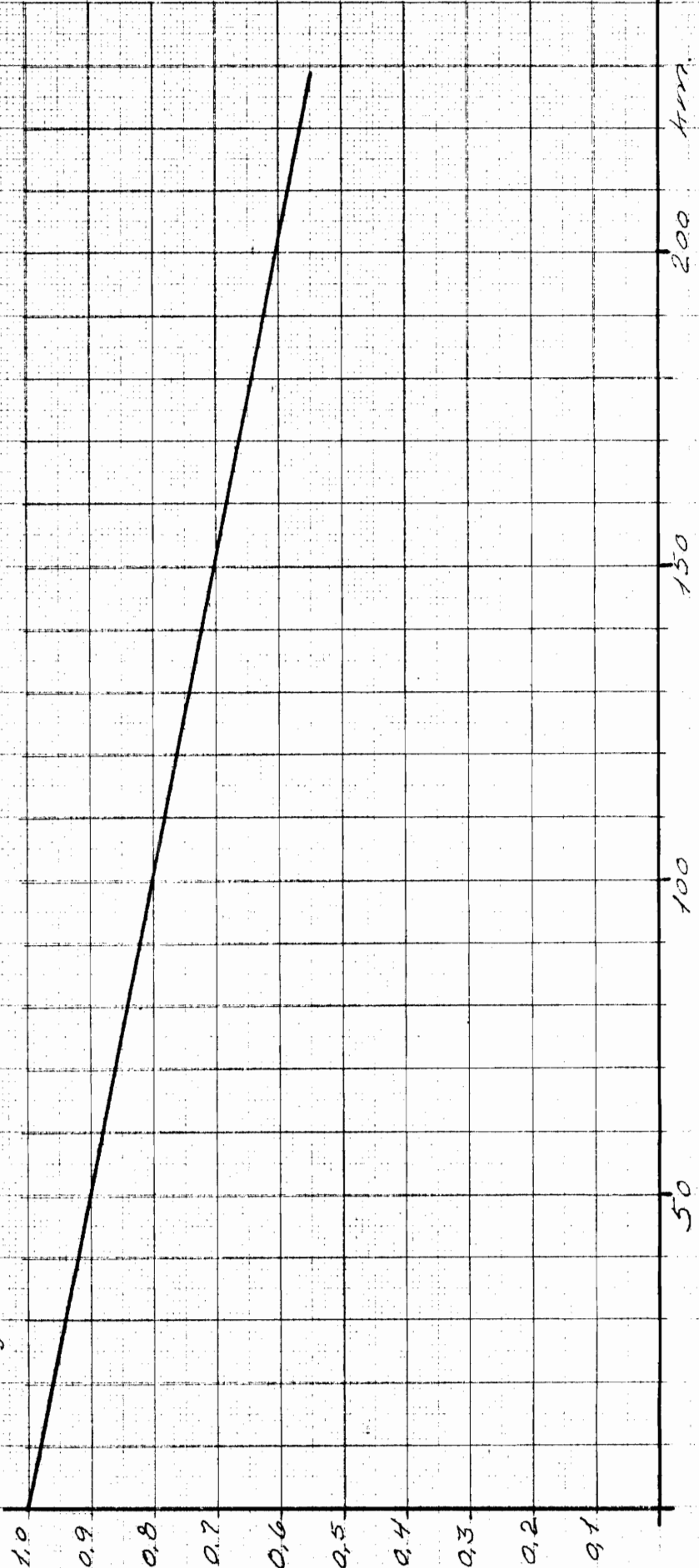
5.1.56 JB MRJ/P

Tnr. 75

B2M-0

Fnr. 3083

Hlutfallslegt verð



25 A4
10 20 01
1 km
ESELVE
1958