



ORKUSTOFNUN

Auðlindadeild

Norðlingaölduveita

**Veita Þjósár til Þórisvatns
með dælingu**

Haukur Tómasson

2000

OS-2000/018

Haukur Tómasson

Norðlingaölduveita

Veita Þjósár til Þórisvatns með dælingu

OS-2000/018

Apríl 2000

ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Netfang: os@os.is - Veffang: <http://www.os.is>



Skýrsla nr: OS-2000/018	Dags: Apríl 2000	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Norðlingaölduveita Veita Þjórsár til Þórisvatns með dælingu	Upplag: 50	
	Fjöldi síðna: 23	
Höfundar: Haukur Tómasson	Verkefnisstjóri: Haukur Tómasson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Virkjunaráætlun	Verknúmer: 3-520841	
Unnið fyrir:		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Skýrslan lýsir tilhögun á veitu Þjórsár til Þórisvatns. Veitan byggist á því á að vatn Kvíslaveitu er látið dæla Þjórsá við Norðlingaöldu upp í Illugaver. Fallhæð frá Kvíslaveitu niður í Illugaver er um 20 m og lyftihæð Þjórsár upp í Illugaver eru 8-14 m. Frá Illugaveri er sjálfrennsli til Þórisvatns. Þetta nægir til að ná mestum hluta rennslis Þjórsár yfir í miðlun Þórisvatns. Til samanburðar var reiknaður kostnaður og flutningsgeta sjálfrennandi veitu um göng frá Þjórsá til Þórisvatns. Niðurstaðan er sú að dæluhlögunin sé 50% ódýrari á hvern rúmmetra, sem næst yfir til Þórisvatns. Dæluhlögunin nær að flytja 1525 GJ í meðalári, sem gefur 975 GWh/ári í rennslisorku fallsins frá Þórisvatni til Sultartanga. Orkuverð rennslisorku er um 5 kr/KWh/ári fyrir utan kostnaðarþáttöku í virkjunum og sameiginlegum mannvirkjum.		
Lykilorð: Þjórsá, Kvíslaveita, veita, dæling, rennsli, kostnaður	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: <i>Haukur Tómasson</i>	
	Yfirfarið af: HA, PI	

Efnisyfirlit

1. Inngangur	3
2. Rennslisjafnvægi	4
3. Veita með dælingu	11
3.1. Lýsing mannvirkja	11
3.2. Kostnaðaráætlun	12
4. Veita án dælingar	13
4.1. Lýsing mannvirkja	13
4.2. Kostnaðaráætlun	13
5. Niðurstöður	14
6. Heimildir	15

Myndir

Mynd 1. Kort af veitusvæði	Í kápuvasa
Mynd 2. Rennslisraðir 1-4, tveggja vikna meðaltal 45 ára	6
Mynd 3. Fallhæð Kvíslaveitu og lyftihæð Þjórsár meðaltal 45 ára	6
Mynd 4. Megindrættir í sniði dælustöðvar við Illugaver	7
Mynd 5. Nýtanlegt rennsli sem fall af rennslisþaki	8
Mynd 6. Kostnaður sem fall af rennslisþaki	8
Mynd 7. Skematísk mynd af veitutilhögunum	9
Mynd 8. Orka til dælingar og dælingarþörf	9
Mynd 9. 2 vikna 45 ára meðalrennsli í veitu án dælingar	10

Töflur

Tafla I. Kostnaðaráætlun fyrir dæutilhögun	12
Tafla II. Kostnaðaráætlun fyrir beina veitu	14

Exeltöflur 1–4

Í sérhefti og takmörkuðu upplagi

1. INNGANGUR

Veita Þjórsár frá Norðlingaöldu til Þórisvatns er gömul hugmynd og var upphaflega gert ráð fyrir veitu í skurði. Vatnsborð í lóni við Norðlingaöldu var þá miðuð við þá hæð, sem nauðsynleg er til að veita vatninu þessa leið með hæfilegum straumhraða. Það sem breyst hefur er að hámark hefur verið sett á vatnsborð við Norðlingaöldu. Einnig hefur tæknin breyst og jarðgöng orðið fýsilegur kostur í stað skurða. Tvær hugmyndir eru til athugunar um veitu af þessu tagi. Annars vegar bein veita í tæplega 13 km göngum frá Norðlingaöldu til Þórisvatns, og hins vegar að veita því í rúmlega helmingi styttri göngum upp í Kvíslaveitu í Illugaveri og lyfta vatninu með dælu.

Munurinn á vatnshæð í Þórisvatni og við Norðlingaöldu er mjög lítill og með beinni veitu tapast töluvert vatn. Vatnsborð við Norðlingaöldu gæti hæst orðið 581 m y.s. Lægsta vatnsborð Þórisvatnsmegin eru 572 m y.s. en það hæsta 577 m y.s. en sú hæð gæti hækkað í 581 m y.s. Sú hækkun er þegar hönnuð og að einhverju leyti framkæmd. Einnig hafa umhverfissinnar þrýst á að vatnsborð í Norðlingaöldulóni verði lækkað um nokkra m. Það er því örðugt að ná vatninu yfir án dælingar, því hæðamunur er lítill fyrir 12,7 km göng og í sumum tilfellum enginn. Því er ljóst að dælingar er þörf til að koma vatninu yfir til Þórisvatns. Þessi skýrsla fjallar um veitu með dælingu og samanburð við gangaveitu. Á kortinu mynd 1 eru þessar veituleiðir sýndar.

Nálægt miðri veituleið er Illugaver í um 585-586 m hæð. Veitutilhögunin sem hér verður skoðuð gerir ráð fyrir að dæla vatni upp í Illugaver og að þaðan verði sjálfrennandi yfir í Köldukvísl austan Sauðafells. Þessi tilhögun gerir ráð fyrir að notfæra sér það að Kvíslaveita sem lengst af er í hæðinni 605 m y. s. rennur yfir veituleiðina. Fallorka Kvíslaveitu niður í Illugaver er notuð til dælingar Þjórsár frá Norðlingaöldu. Önnur lausn með dælingu væri að hafa frárennslisgöng, 5 km, frá dælu til Sauðafellslóns (Þórisvatns). Þá væri lágrennsli á veturnum sjálfrennandi og verulegur orkuafgangur sem nota má í rafmagnsframleiðslu í dælustöðinni. Sú tilhögun, sem gerir ráð fyrir sjálfrennsli milli Norðlingaöldulóns og Þórisvatns er með mjög takmarkaðan sveigjanleika varðandi vatnsborð í báðum lónum. Í dælutilhögun er sveigjanleiki miklu meiri og næst vatnið yfir þótt lítill eða jafnvel engin hæðarmunur sé á vatnstöðu í Norðlingaöldulóni og Þórisvatni.

Nokkrar aðrar veituleiðir með dælingu hafa verið skoðaðar og var þar gert ráð fyrir að fá orkuna til að dæla frá raforkukerfinu. Þessar leiðir verða ekki skoðar nánar hér, en aðallega er um tvo kosti að ræða, sem báðir hafa verið skoðaðir nýlega. Í öðrum kostinum er um stuttan vatnsveg að ræða og veitu upp í Kvíslaveitu í Dratthalavatni í hæðinni 605 m y. s. Í hinum kostinum er gert ráð fyrir töluverðum vatnsveg og er veitan inn í Kvíslaveitu í 599 m y. s. rétt hjá Versölum. Þessar leiðir eru svipaðar og jafnvel lægri í kostnaði en veita með sjálfrennsli á orkueiningu. En orku og afl þarf að taka frá núverandi kerfi og dregst það frá orkugetu þess.

2. RENNSLISJAFNVÆGI

Þessir reikningar eru byggðir á nýjum rennslisröðum, sem Landsvirkjun hefur látið gera um rennslisþætti Efri Þjórsár. eru raðirnar fyrir 5. og 6. áfanga Kvíslaveitu (exeltafla 1 og 4), Þjórsá við Norðlingaöldu (exeltafla 2) og vesturvagn Þjórsár (exeltafla 3).¹⁾ Á mynd 2 er sýnt meðalrennsli þessara rennslisraða fyrir 2ja vikna raðir. Notaðar eru rennslisraðir fyrir 46 ára tímabil frá 1950-1995. Miðlun í Norðlingaöldu verður 150 Gl, sem samsvarar hæstu vatnshæð í 578 m y. s. Röðin fyrir Norðlingaöldu gefur rennslisraðir fyrir það vatn sem á að dæla upp úr Þjórsá og raðirnar fyrir Kvíslaveitu 5 og 6 leggja til afl og orku til dælingarinnar. Rennslisraðirnar eru í venjulegu tveggja vikna formi eins og tíðkast í svona reikningum. Reiknað er með tveggja m vatnsborðssveiflu í Kvíslaveitu, sem gefur 50 Gl miðlun. Í Þjórsá er aftur á móti töluverð miðlun, sem mest þjónar þeim tilgangi að jafna sumarrennslið, en einnig er vatn þar geymt til vetrarins og tæmt þá.

Tiltæk orka til dælingar er fallorkan úr Kvíslaveitu í 605 m y. s. niður í Illugaver í 586 m y. s. eða 19 m fallhæð (sjá mynd 3). Aflið er reiknuð eftir formúlunni:

$$K=gHQ\eta_1 \quad (1)$$

Þar sem g er þyngdarhröðunin, H fallhæð, Q rennsli og η_1 nýtni. Með aflið í MW, H í m, Q í m^3/s og $\eta_1=0,935$ verður formúlan $Q \cdot H \cdot 0,00917$. Hér er reiknað með Francis túrbínu og að sams konar túrbína verði í dælunni tengd á sama ás. Á mynd 4 er sýnt hvernig dæluvirkjunin er hugsuð. Dælan þarf að lyfta vatninu úr Norðlingaöldulóni í hæðinni 572-578 m y. s. upp í Illugaver í hæðinni 584-586 m y. s. Auk þess þarf að yfirvinna falltap í göngum upp á 7-8 m þegar mest er. Lyftiþörf dæluunnar er því allt að 16 m þegar dæling er mest, en um 8 m þegar dæling er minnst (sjá mynd 3). Afþörf dæluunnar er reiknað eftir formúlunni:

$$K=gHQ/\eta_2 \quad (2)$$

Með sömu merkingu tákna og gildi á $\eta_2=0,89$ verður formúlan $Q \cdot H \cdot 0,011$.

Í exeltöflu 2 er er rennslisröð fyrir Þjórsá til dælingar. **Meðalrennsli er 53,6 m^3/s .** Þessi rennslisröð er meðhöndluð þannig að 150 Gl er miðlað frá vori og sumri til vetrar. Þessi rennslisröð hefur sama meðaltal og frumröðin. Út frá henni eru nokkrar raðir gerðar með skilgreindu hámarksrennsli og dregið frá það sem hærra er. Þá fæst nýtanlegt rennsli og er það sýnt á mynd 5, sem samband hámarksrennslis og nýtanlegs. Jaðarkostnaður er reiknaður fyrir mismunandi hámarksrennsli, sem viðbætur í kostnaði vegna ganga, véla, rafbúnaðar og stöðvarhúss eins og sýnt er á mynd 6. Í þennan kostnað er deilt rennslisorku, sem fundin er sem margfeldi af viðbótarvatni og fallhæð frá Þórisvatni til Sultartanga, sem er 266 m. Að lokum er leyfilegur hámarkskostnaður skilgreindur sem 15 kr./kWh/ári. Af þessu leiðir að hámarksrennsli má vera 140 Gl/2 vikur. Rennslisröð með þessu hámarki er með nýtanlegt rennsli **50,5 m^3/s eða 94 % af meðalrennsli.** Þessi rennslisröð er í exeltöflu 9 og er það vatnið, sem á að lyfta á upp í Illugaver.

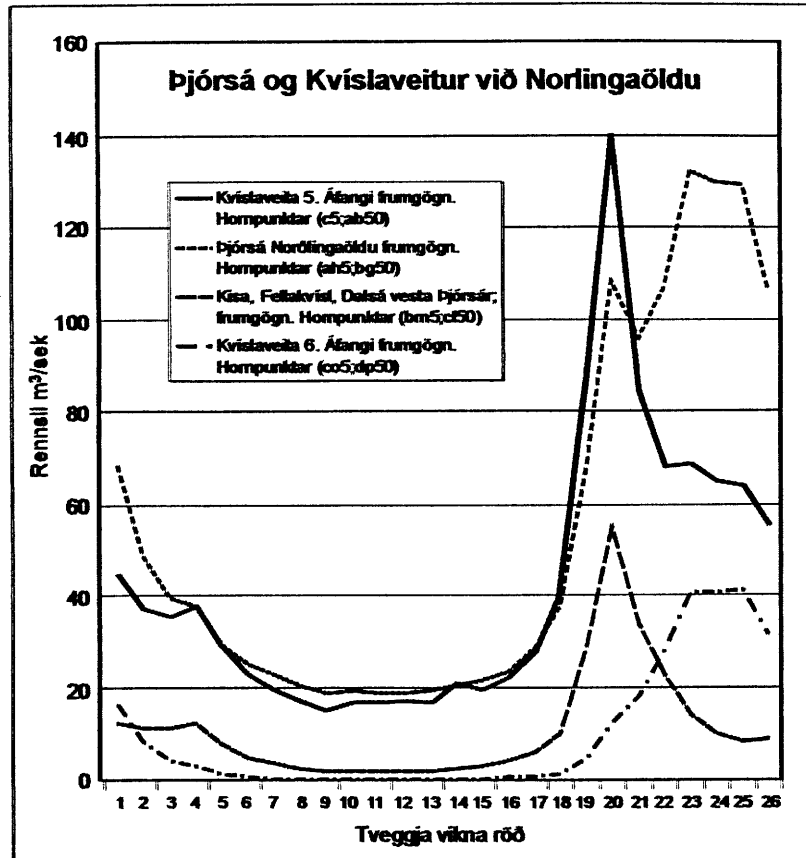
¹⁾ Exeltöflur eru í sérhefti. Öll tölunúmer nema kostnaðartöflur eiga við það hefti. Hægt er að nálgast heftið á bókasafni OS.

Til að lyfta vatninu er notað rennsli Kvíslaveitu 5 og 6. Rennslisröðin er í exeltöflu 5. Þessari rennslisröð er breytt með því að nota miðlun í Kvíslavötnum upp á 50 Gl svo að hún falli betur að dæluþörf Þjórsár. Lón verður fyllt tvisvar á hverju ári; snemma vors og seinnihluta sumars, og tæmt tvisvar; seinni hluta vors og að vetrinum. Rennslisröð svona breytt er í exeltöflu 23 og er hún þannig rennslisröð Kvíslaveitu á virkjunarstað. Mynd 7 sýnir í helstu dráttum hvernig veitan er hugsuð. Með á þeirri mynd er hugsanleg veita ána vestan Þjórsár og úr Köldukvísl. Í exeltöflu 16 er nauðsynleg lyfting Þjórsár upp í Illugaver. Þessi lyfting er venjulega um 8 m að vetri, en um 15 m að sumri. Þessi lyftihæð er margfölduð með rennslisröðinni í exeltöflu 9 og gefur þá samkvæmt jöfnu (2) orkuna sem þarf til lyftingarinnar. Á sama hátt er reiknuð fallorkan sem tiltæk er úr Kvíslaveitu samkvæmt jöfnu (1). Á mynd 8 er orkan í falli og dælingu sýnd. Á 3. mynd er sýnd meðalfallhæð tveggja vikna samkvæmt exeltöflu 18 og lyftiþörf samkvæmt exeltöflu 16. Hámarks afl er 20 MW. Þótt rennslisröðin í exeltöflu 9 sé afskorin við rennslið 140 Gl/2 vikur, sem samsvarar 20 MW við fullt lón, verður reiknað afl stöðvarinnar stundum yfir því. Það rennsli sem leiðir til aflþarfar yfir 20 MW næst ekki til Þórisvatns. Að meðaltali er það 1,3 m³/s.

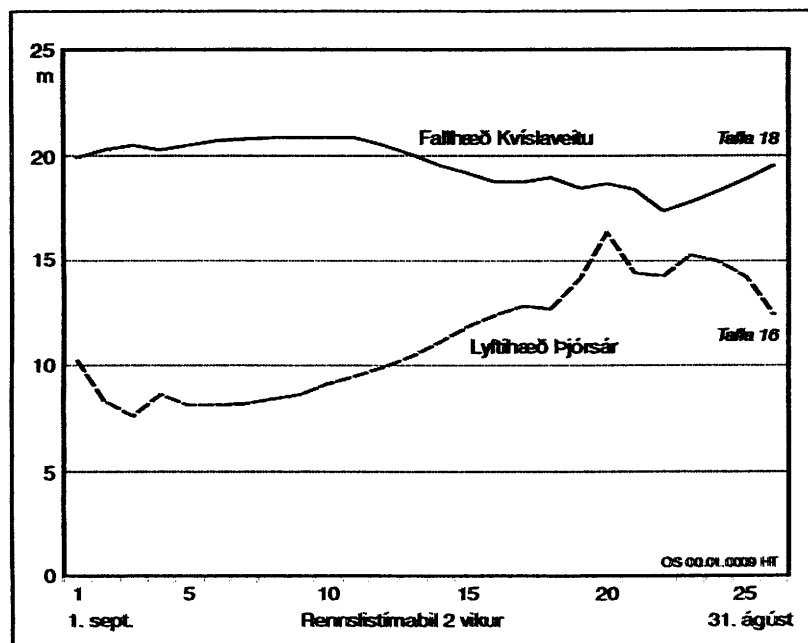
Rennsli í Kvíslaveitu á virkjunarstað er 51,5 m³/s, eða nánast það sama og Þjórsár, sem að frádregnu rennsli yfir völdu hámarki er 50,5 m³/s. Fallhæð Kvíslaveitu niður í Illugaver er í exeltöflu 18 og rennsli samkvæmt exeltöflu 5 gefa með jöfnu (1) tiltæka orku í Kvíslaveitu sem sýnd er í exel töflu 19. Í exeltöflu 20 og mynd 8 er sýndur munurinn á orku sem þarf til dælingar og tiltækri orku. Oftast er tiltæka orkan meiri en orkuþörfin og stundum verulega. En þótt venjulega sé orkan í Kvíslaveitu meiri, kemur fyrir að ekki er næg orka til dælingar og tapast því vatn. Að meðaltali er það 0,7 m³/s. Vatnið sem næst yfir með dælingu er því 48,5 m³/s að meðaltali. **Þetta gerir 1525 Gl á ári að meðaltali eða 975 GWh/ári sem rennslisorku virkjana frá Þórisvatni til Sultartanga.** Þessi niðurstaða er fengin án bestunar og án skoðunar á veitu Köldukvíslar frá Hágöngum. Væntanlega verður tapið vegna dælingar minna en hér segir ef einhverju af Hágönguvatni verður veitt til Kvíslaveitu. Orkuskortur í dælingu ætti þá að hverfa.

Nærri liggur að 1 m³ í Kvíslaveitu lyfti 1 m³ í Þjórsárveitu við hönnunarrennsli. Orkan sem þarf til dælingar er breytileg eftir vatnstöðu í Norðlingaöldulóni og rennsli. Okuþörfin er mest um 0,17 MW á m³ við háa vatnstöðu og hámarks sumarrennsli. Á vetrum við lága vatnstöðu og normal vetrar rennsli er dæluorkuþörfin 0,088 MW á m³. Við aðra stöðu liggur það á milli. Kvíslaveita hefur sama hámarksafl og dælurnar eða 0,17 MW á m³ og fer lægst í 0,15. Að meðaltali ræður Kvíslaveita með 6. áfanga við að dæla því sem þá er eftir af Þjórsá yfir í Illugaver, en þaðan er greið leið til Þórisvatns óháð vatnstöðu þar. Nokkur afgangorka er í Kvíslaveitu, mest fyrri hluta vetrar og á vorin, að meðaltali 2 MW. Virkja má það ásamt rennsli úr Köldukvísl, ef henni væri veitt í sinn gamla farveg við Hágöngur. Allavega má fá þarna smávirksjun til þess að sjá dæluvirksjuninni fyrir orku til að knýja stjórnþæki stöðvarinnar og lokubúnað.

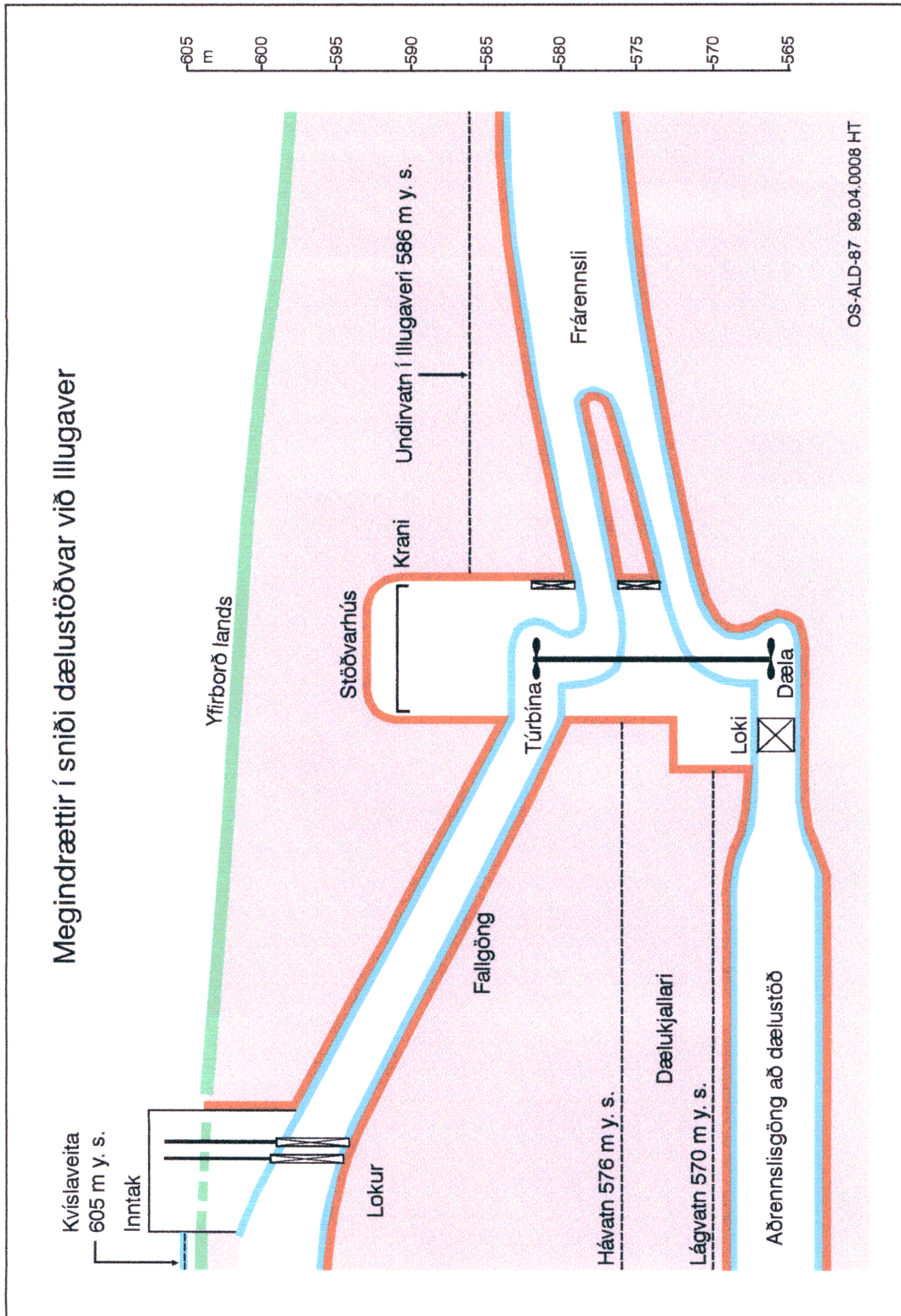
Niðurstaðan er sú að dæluvirksjun, sem byggir á orku Kvíslaveitu, nægir til að dæla Þjórsá til Þórisvatns. Megnið af vatninu næst án nokkurar utanaðkomandi orku. Afl virkjunarinnar yrði 20 MW og dældi hún að meðaltali 1525 Gl á ári. Rennslisorka þessarar veitu í virksjunum frá Vatnsfelli til Sultartanga yrði 975 GWh/á ári. Einungis um 160 Gl tapast að meðaltali.



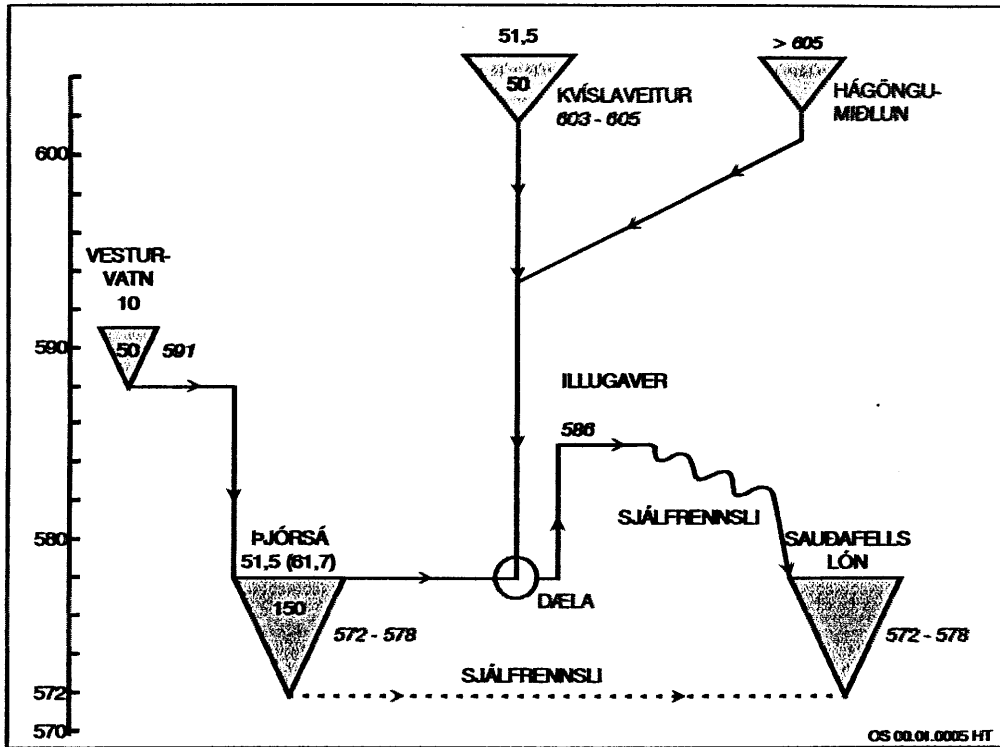
Mynd 2. Rennslisráðir 1–4, tveggja vikna meðaltal 45 ára.



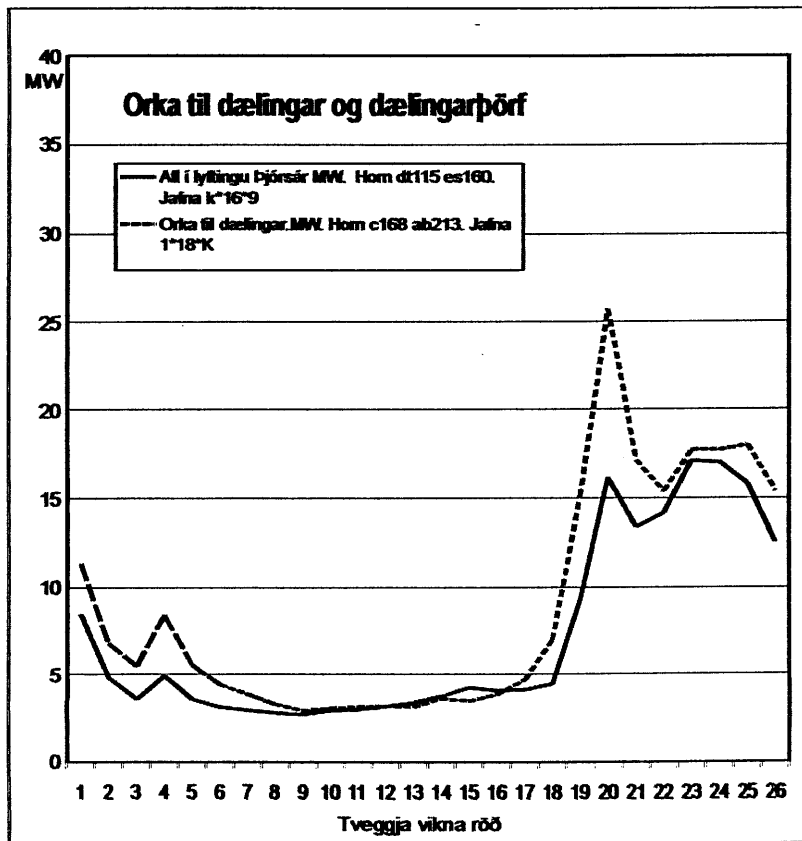
Mynd 3. Fallhæð Kvíslaveitu og lyftihæð Þjórská meðaltal 45 ára.



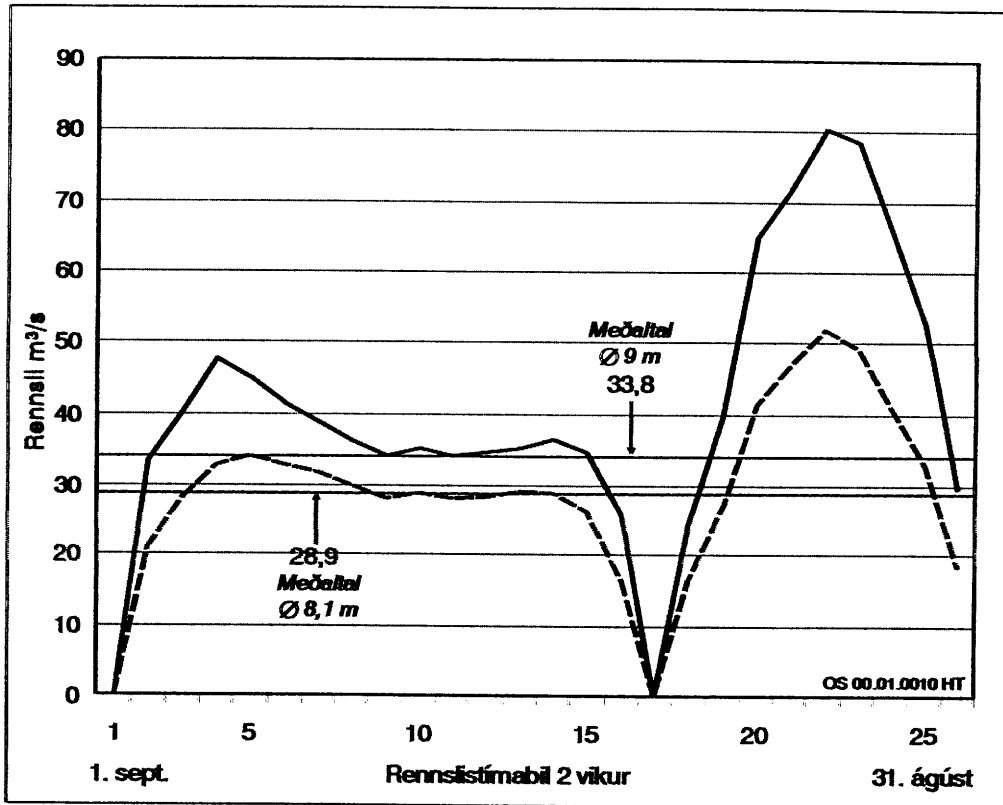
Mynd 4. Megindrættir í sniði dælustöðvar við Illugaver



Mynd 7. Skematísk mynd af veitutilhögun.



Mynd 8. Orka til dælingar og dælingarþörf.



Mynd 9. Tveggja vikna 45 ára meðalrennsli í veitu án dælingar og gangaþvermál 8,1 og 9,0.

3. VEITA MEÐ DÆLINGU

3.1. Lýsing mannvirkja

Stíflumannvirkin í Þjórsá eru sameiginleg öllum veitutilhögunum. Þau eru því ekki meðtalin hér. Hæðarlega veitunnar hefur þó áhrif og er stíflan í eldri veitutilhögunum 3 m hærrí en í veitutilhöguninni með dælingu eins og hér er lýst. Þessi munur getur verið um 150.000 m³ í stíflufyllingu sem svaraði um 150 milljónir kr. í kostnaði

Veitan byrjar á skurði við og í Svartá þar sem landhæð er 569 m y. s. Skurðurinn er reiknaður fyrir straumhraða 1 m/s við lægstu stöðu. Lengd hans er rúmur km. Ekki sést í berg á skurðleiðinni. Í skurðstæðinu eru malarásar og hólur. Skurðurinn liggur eftir beinu gili í stefnu veituleiðar.

Aðalveitugöngin eru reiknuð sem borgöng fyrir 116 m³/s rennsli samkvæmt jöfnum virkjanalíkans. Göngin verða 6 km löng og 7,1 m í þvermál. Þau verða boruð frá stöðvarhúsi og upp eftir. Aðkeyrslugöng verða 0,175 km að lengd. Sprengd frárennsligöng, 0,1 km að lengd og 11 m í þvermál, verða út í skurð í Illugaveri. Á gangaleið er nokkurnvegin sömu jarðfræðilegu skilyrði og á samsvarandi hluta veituleiðar, sem Hönnun hf. hefur áætlað. Bergið er mest set, en einnig þóleitt hraunlög. Þetta er talið gott jarðgangaberg.

Yfirborðsmannvirki Kvíslaveitu eru stífla í Grjótakvísl upp í 605 m y. s. Botn á stíflu er í 593 m hæð. Áin rennur þar á blágrýtisklöpp en í hliðum er jökulruðningur. Botnrás og yfirfall í stíflunni verða miðuð við að þau ráði við venjulegt rennsli í veitunni. Vatnsvegur að inntaki er gerður með smástíflum á landi sem er alveg við 605 m hæð, ýmist aðeins yfir eða aðeins undir. Landið er allt hulið jökulruðningi og sér varla í berg.

Inntak verður þar sem landi fer að halla verulega niður í Illugaver. Það er reiknað fyrir 2x58 m³/s. Fallgöng eru 2x14 m löng og 2,63 m í þvermál. Stöðvarhús er með 2 sett af túrbínunum. Efra settið með 2x10 MW vélar, sem knýr dælurnar, er í hæðinni 584 m y. s. fyrir 20 m fall. Neðra settið yrði jafnstórt en fyrir 16 m hámarksfall og Francis túrbínu. Hún yrði í um 569 m y. s. Stöðvarhús yrði neðanjarðar og frá því 100 m frárennsligöng. Í landhæð 597 m y.s. enda frárennsligöng og við tæki frárennsliskurður. Hann er 0,6 km að lengd og að verulegu leyti sprengdur í klöpp. Við enda hans tæki við farvegur Illugaverskvíslar, sem er í sandfylltri lægð sem er nú að grafast og mótast sem Kvíslaveitufarvegur. Reiknað er með að það þurfi að lagfæra farveg í sandældinni í Illugaveri til að auka flutningsgetu hans við lágrennsli og lágt vatnsborð.

3.2. Kostnaðaráætlun

Tafla I

Mannvirki	Nr.	Hæð m y. s.	Ráðandi Stærð	Afl; fall; Rennsli	Kostn- Aður	Samtals
Vegagerð Stöðvarbyggð					65,6 81,4	147,0
Svartárskurður Gangamunni Veitugöng- aðkeyrsla	416	572-578	R 121	Q 30-115	87,4 78,6 1386,8	1552,8
Grjótárstífla Botnrás Yfirfall Inntaksstíflur	535	572-565 605-608 593-605 603-608	D 7,1; L6 R 56 R 40	Q 115; F 7,2 Q 76 Q 76	77,1 23,5 11,2 44,9	156,7
Inntak Kvíslaveitu Fallgöng Stöðvarhús Aðkomugöng Fylgihlutir stöðvarhúss Túrbína Dæla Frárennsli Illugaversskurður Lagfæring Illugav.		605 586 586 586	D2,63;L0,03 R 11,3 L 0,08 D 11; L 0,1 R 155 R 370	Q 2x58 Q 2x58 MW 2x10 MW 2x10 Q 230; F 0,1 Q 230; F 0,2 Q 230; F 1,5	290,2 70,8 173,1 61,4 49,7 280,7 291,9 60,0 130,2 100,0	1508,0
Samtals verkkostnaður						3362,2

Kostnaður er reiknaður samkvæmt virkjanalíkani Orkustofnunar og samsvarandi plaggi frá norsku systurstofnun hennar. Einnig eru fáein atriði tekin beint úr skýrslu Hönnunar hf. frá 1993. Kostnaður vegna véla og stöðvarhúss er samkvæmt norska virkjanalíkaninu, sem notað er í "Samlet plan". Verðlag er miðað við janúar 1999 og er það samræmt með vísitölu virkjanakostnaðar. Í töflunni hér á eftir er skrá yfir helstu mannvirki og þær stærðir sem lýsa þeim best. Númerin eru úr stíflu og skurðaskrá virkjanalíkansins; hæðir eru í m y. s. ; ráðandi stærðir eru: R rúmmál í þúsundum m³; D er þverskurður í m; L er lengd í km. Aðrar stærðir eru: Q rennsli í m³/s; F er falltap í m við hönnunarrennsli. Kostnaðartölur eru í milljónum kr.

Með 64,4% yfirkostnaði er heildarkostnaður veitunnar 5495,4 milljónir á verðlagi janúar 1999. Kostnaður á kWh/á ári er 5,6 kr. Þetta er mjög lágt

einingarverð og má jafnvel þrefalda það áður en venjulegum orkukostnaði er náð. Hér vantar ýmis mannvirki, sem byggja verður ef nýta á efri hluta Þjórsár svo sem stíflukostnað við Norðlingaöldu, kostnað af aflaukningu í Sigöldu og þátttöku í byggingu Búðarhálsvirkjunar. Öll þessi mannvirki verða byggð hvernig sem veitunni verður háttáð og hafa þau því lítil áhrif á samanburð á veituleiðum.

4. VEITA ÁN DÆLINGAR

Eins og áður hefur komið fram hefur Landsvirkjun látið Verkfræðistofuna Hönnun hf reikna og hanna veitu frá Norðlingaöldulóni til Sauðafellslóns. Sú veita er án dælingar og mjög viðkvæm gagnvart tiltækum hæðarmun vatnanna. Sá hæðarmunur getur verið frá 0 m til 9 m eftir vatnstöðu í vötnunum og Þórisvatni. Vatnshæð 581 m y. s. er sú hæsta, sem skoðuð hefur verið í Norðlingaöldulóni. Náttúrverndaraðiljar eru á móti svo háu lóni þarna. Hér á eftir fer útreikningur á veitu með sömu vatnshæð, vatnsborssveiflu og rennslisröð við Norðlingaöldu og notuð var í dæluveikningunum.

Flutningsgeta jarðganga fer eftir tiltæku falli og þverskurði ganganna. Tiltæka fallið fer eftir vatnstöðu vatnanna og flutningsgeta eftir vatnshalla og hryfi. Rennsli í gegn fer eftir fömulu (3)

$$I=3,02*10^{-3}*d^{-5,2724}*Q^2 \quad (3)$$

Þar sem I er hallinn, d er þvermálið og Q rennslið. Hallinn er $I=H/L$, þar sem H er tiltækt fall og L lengd ganga. Lengdin er föst stærð og einnig d. Rennslið er því samkvæmt jöfnu (4)

$$Q=K*H^{0,5} \quad (4)$$

Þar sem K er allir fastar í einum lið. Í exeltöflu 28 er niðurstaða þessara reikninga fyrir þvermál 8,1 m og í exeltöflu 30 fyrir þvermál 9 m. Mynd 9 sýnir árssveiflu í rennsli fyrir bæði þessi þvermál.

4.1. Lýsing mannvirkja og kostnaður

Mannvirkin byrja við ármót Þjórsár og Svartár eins og sýnt er á kortinu á 1. mynd. Þar er stuttur aðrennslisskurður og síðan inntaksgöng sem eru 0,1 km að lengd. Frá þeim koma svo veitugöngin 12,57 km að lengd til Sauðafellslóns. Þau göng yrðu boruð með jarðganga borvél. Aðkomugöng væru nærri miðri veituleið 0,35 km að lengd. Við enda veituganga við Sauðafellslón væri stjórnmannvirki veitunnar og stuttur frárennslisskurður.

4.2. Kostnaðaráætlun

Kostnaður er fengin frá skýrslu Hönnunar hf. fyrir Landsvirkjun og færður til verðlags í janúar 1999, nema göngin, sem reiknuð eru í virkjunarlíkani Orkustofnunar. Allar kostnaðartölur eru í Mkr. Niðurstaðan um beinan kostnað af veitu frá lóni við Norðlingaöldu í hæðinni 578 m y. s. er því **4062 Mkr.** fyrir jarðgöng sem eru 8,1 m í þvermál. Fyrir göng 9 m í þvermál er þessi kostnaður **4785 Mkr.** Kostnaður á m^3

vatns sem næst yfir er í báðum tilfellum um **140 Mkr. á m³**, aðeins hærra fyrir 9 m göngin. Með þessum samanburði verður varla marktækur munur á einingarkostnaði veitu á þessu sverleikabili ganga. Aftur á móti er kostnaður dæluþilhögunnar tæplega **70 Mkr á hvern m³ vatns** sem næst yfir eða helmingi ódýrara en í tilhögunum án dælingar.

Tafla 2

Mannvirki	Hæð	Ráðandi stærð	Afl; fall; rennsli.	Kostnaður	Samtals
Vegagerð				65,6	65,6
Aðrennslisskurður	572-578	R136	Q116	77,8	
Inntak	572-578		Q116	91,1	
Úttak	572-578			207,2	
Frárennslisskurður		R125		195,0	402,2
Veitugöng 8,1		L12,7D8,1	Q116	3659,8	4062,0
Veitugöng 9,0		L12,7D9,0	Q116	4383,1	4785,3

Heildarkostnaður með yfirkostnaði 50%, en þannig er hann skilgreindur hjá Hönnun hf., er **6093 Mkr** fyrir 8,1 m göngin, og **7177 Mkr** fyrir göngin 9 m í þvermál. Þetta er töluvert dýrara en veitan með dælingu, sem kostaði **5495 Mkr** þegar yfirkostnaður var 64,4 % eins og almennt er notað í reikningum virkjanalíkansins.

5. NIÐURSTÖÐUR

Lokaniðurstaða þessara reikninga er sú að veitutilhögun með dælingu er mjög hagkvæm framkvæmd. Í samanurði við beina veitu með göngum gefur dæluþilhögunin mun meira vatn til Þórisvatns og þar af leiðandi meiri orku. Einnig er þessi tilhögun ódýrari í stofnkostnaði. Það munar því miklu á líklegum einingakostnaði dælustöðvarinnar og löngu jarðganganna með beinu rennsli. Munurinn er um 50% í þessum reikningum. Enn hafa ekki verið gerðar rekstrareftirlíkingar en þær munu varla breyta þeirri niðurstöðu að dælustöðin er mjög hagkvæm framkvæmd.

Dæluþilhögun gefur einnig mun meira svigrúm til að ná ásættanlegri lausn varðandi vatnsborðshæð í Norðlingaöldulóni, ekki síst með því að opna á frekari hækkun vatnsborðs í Þórisvatni. Einnig opnar hún fyrir veitu á vesturvatni Þjórsár til Þórisvatns.

6. HEIMILDIR

Almenna Verkfræðistofan 1994. Miðlun við Norðlingaöldu. Landsvirkjun 1994.

Gunnlaugur Jónsson 1976. Þjórsárveita, skurðleið úr Þjórsárverum í Þórisvatn. Orkustofnun OS-ROD-7639.

Haukur Tómasson 1993. Þjórsárveita til Þórisvatns. Orkustofnun HT-93/01.

Haukur Tómasson 1996. Þjórsárveita - hugmyndir um veitu með dælingu. Orkustofnun HT-96/01.

Haukur Tómasson 2000. Norðlingaölduveita – Veita Þjórsár frá Norðlingaöldulóni til Þórisvatns. Exel töflur 1-41. Orkustofnun 2000.

Hönnun hf. 1993. Norðlingaölduveita - frumhönnun. Landsvirkjun 1993.

Hönnun hf. 1996. Norðlingaölduveita – frumhönnun tæming með dælingu. Landsvirkjun 1996.

Hönnun hf. 1996. Norðlingaölduveita – greinargerð um veitu með dælingu. Landsvirkjun 1996.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 1996. Hágöngumiðlun - verkhönnun. Landsvirkjun 1996.

VIÐAUKI

Veita vestan Þjórsár

Ágrip: Veita Dalsár, Fellakvíslar og Kisu til Þjórsár við Norðlingaöldu gefur 300 GI á ári í rennli. Orkugeta rennslisorku þessarar veitu væri um 195 GWh/ári og hún mundi kosta 2870 Mkr. Þetta gerir orkukostnað upp á 14,5 kr/kwh/ári. Þá er ekki tekið tillit til hugsanlegra annara framkvæmda, sem áhrif geta haft á þessa orkugetu.

Efnisyfirlit

1. Rennsli	19
2. Mannvirki	19
3. Kostnaðaráætlun	20
4. Niðurstaða	20
5. Heimildir	22

Töflur

Tafla I: Rennsli vestanveitu	19
Tafla II: Kostnaðaráætlun	21
Exeltöflu 1-41	Í séhefti

Myndir

Mynd V-1: Kerfismynd	23
Mynd V-2: Rennslisraðir 1–4, sama og mynd 2 í meginmáli	24
Mynd V-3: Orka til dælingar og dælingarþörf	24

1. RENNSLI

Veita vesturvatns Þjórsár til Norðlingaöldulóns er framkvæmd sem getur gefið af sér hátt í 200 GWh/á ári í rennslisorku. Mannvirki veitunnar eru: stíflu- og veitumannvirki við Dalsá, stíflu- og veitumannvirki í Fellakvísl; miðlunarstífla í Draugakvísl og stíflu og veitumannvirki í Kisu. Kerfismynd af tilhögun veitunnar er á mynd V-1. Öll eru þessi mannvirki smá, en ná yfir stórt svæði. Rennslið sem notað er til reikninganna er 95% af rennsli þveránna ofan 600 m hæðar yfir sjó samkvæmt rennslisröð, sem Landsvirkjun hefur látið gera og er í exeltöflu 3. Rennsliseiginleikar þessa svæðis eru nokkuð aðrir en Þjórsár við Norðlingaöldu eins og sjá má á mynd V-2. Helstu einkenni eru að vorflóð eru mjög mikil í mánuðunum maí og júní þar sem nærri helmingur rennslis fer fram, og 20% ársrennslis fer að meðaltali fram á hæsta 2ja vikna rennslitímabilinu. Sumarrennsli er nærri meðaltali alls ársins. Tafla V-I sýnir rennslisdreifinguna á þveránnar vestan Þjórsár.

Tafla V-I. Rennsli vestanveitu.

	Vatnasvið km ²	Rennsli m ³ /s	Rennsli Gl/ár	Miðlun Gl
Dalsá	67.2	2.0	62.9	50.0
Draugakvísl	81.1	2.5	78.6	
Fellakvísl	42.2	1.7	53.5	
Kisa	120.0	3.8	119.5	
Samtals:	310.5	10.0	314.5	50.0

Við reikningana er notuð sama aðferð og við reikninga á veitu Þjórsár. Fyrsta leiðrétting er vegna stærðar vatnasviðsins, en það er um 5% minna en það sem notað er í rennslisröðinni í exeltöflu 3. Útkoman er í exeltöflu 31. Hún er leiðrétt vegna miðlunar á vatninu. Miðlunin fæst aðallega í Draugalóni 50 Gl, en einnig er nokkur útjöfnun af veitustíflunum í Dalsá og Fellakvísl. Þessi leiðréttu rennslisröð er í exeltöflu 33 og er henni bætt við exeltöflu 10 sem er rennsli Þjórsár skorin af við 160 Gl/2 vikur. Þetta verður endanleg rennslisröð Þjórsár með vestanveitunni. Hún er notuð til að reikna út orkuþörf til dælingar á sama hátt og gert var fyrir Þjórsá í Norðlingaölduveitu. Á mynd V-3 er sýnd orkuþörfin til dælingar vesturvatns sem viðbótar við rennslisröð Þjórsár. Til samanburðar er dælugeta Kvíslaveitu og dælingarþörf Þjórsárveitu. Það er augljóst af þessari mynd, að meginhluti orkunnar til lyftingar vestanvatninu þarf að koma úr Köldukvísl.

2. MANNVIRKI

Veitan byrjar í Dalsá þar sem gerð verður lítil stífla upp í 623 m y. s. lónhæð. Úr lóninu verður grafinn skurður 1,8 km til Fellakvíslar. Stífla í Fellakvísl verðu löng en lág. Vatnsborð verður 620 m y. s. Hún myndar fyrst og fremst farveg veitunnar á um 7 km kafla. Úr norðurenda þessa lóns er skurðir og 0,5 km göng til Kisu. Í henni er lítil stífla og skurður að göngum í gegnum Norðlingaöldu. Þau göng verða 2,4 km að lengd og 4 m í þvermál. Flutningsgeta þeirra verður 40 m³/s. Þjórsár megin er lítill skurður inn í Norðlingaöldulón.

3. KOSTNAÐARÁÆTLUN

Kostnaður er reiknaður samkvæmt virkjanalíkani Orkustofnunar. Verðlag líkansins er 1. desember 1993 en fært til verðlags í janúar 1999 með vísitölu virkjunarkostnaðar. Þetta er gert til samræmis við aðra áætlanagerð, sem nú er í gangi. Í töflunni hér á eftir er skrá um helstu mannvirki og þær stærðir sem lýsa þeim best. Númerin eru úr stíflu- og skurðaskrá virkjunarlíkansins; hæðir eru í m y. s.; ráðandi stærðir eru: R rúmmál í þúsundum m^3 ; D er þvermál í m; L er lengd í km. Aðrar stærðir eru: Q rennsli í m^3/s . F er falltap við hönnunarrennsli. Kostnaður er í milljónum kr.

3. NIÐURSTAÐA

Við hækkun hámarksrennslis úr 140 Gl/2 vikur upp í 160 Gl/2 vikur tapast að meðaltali 14 Gl á ári af þeim 314 Gl sem tiltækir eru. Þetta litla tap stafar af fasamun á rennsli Þjórsár og vesturvatns. Kvíslaveituvatn ræður ekki við dælingu Þjórsár og vesturvatns. Því þarf að bæta við vatni úr Köldukvísl um farveg hennar frá Hágöngum. Þessi veita næmi um þriðjungi af rennsli til Hágöngumiðlunar, mest á vetrum og sumrum. Á haustin er að meðaltali nægt rennsli í Kvíslaveitu (sjá mynd V-3) til dælingar bæði Þjórsár og vestanvatns.

Afl dælustöðvar væri 24 MW. Af því eru 4 MW vegna vestanveitu. **Um 300 Gl á ári** eiga að nást yfir að meðaltali. Rennslisorka veitunnar væri um **190 GWh/ári** reiknað frá Þórisvatni til Sultartanga. Byggingakostnaður veitunnar næmi **2600 Mkr.** Þetta er einungis kostnaður við veituna sjálfa til Norðlingaöldulóns svo og stækkun á veitumannvirkjum Þjórsár. Kostnaður við Norðlingaöldustíflu er ekki með né jaðarkostnaður virkjanamannvirkja frá Þórisvatni til Sultartanga. Einingarkostnaður verður **13,7 kr/kWh/á ári.**

Megnið af hugsanlegu afli virkjana milli Þórisvatns og Sultartanga verður varla hannað með tilliti til aflþarfar vestanvatnsins. Sigalda og Vatnsfellsvirkjun verða væntanlega stækkaðar með einni viðbótarvél á báðum stöðum jafnstórum þeim sem fyrir eru. Hrauneyjafoss er með svo mikið afl að það nægir öllum fyrirsjáanlegum viðbótum í rennsli. Það er einungis Búðarhálsvirkjun, sem hægt er að hanna með tilliti til einstakra veitna, sem þá yrði reiknaður kostnaðarhluti í virkjuninni. Að teknu tilliti til ofangreindra atriða getur veita úr ánum vestan Þjórsár orðið hagkvæmur virkjunarkostur.

Tafla V-II. Kostnaðaráætlun.

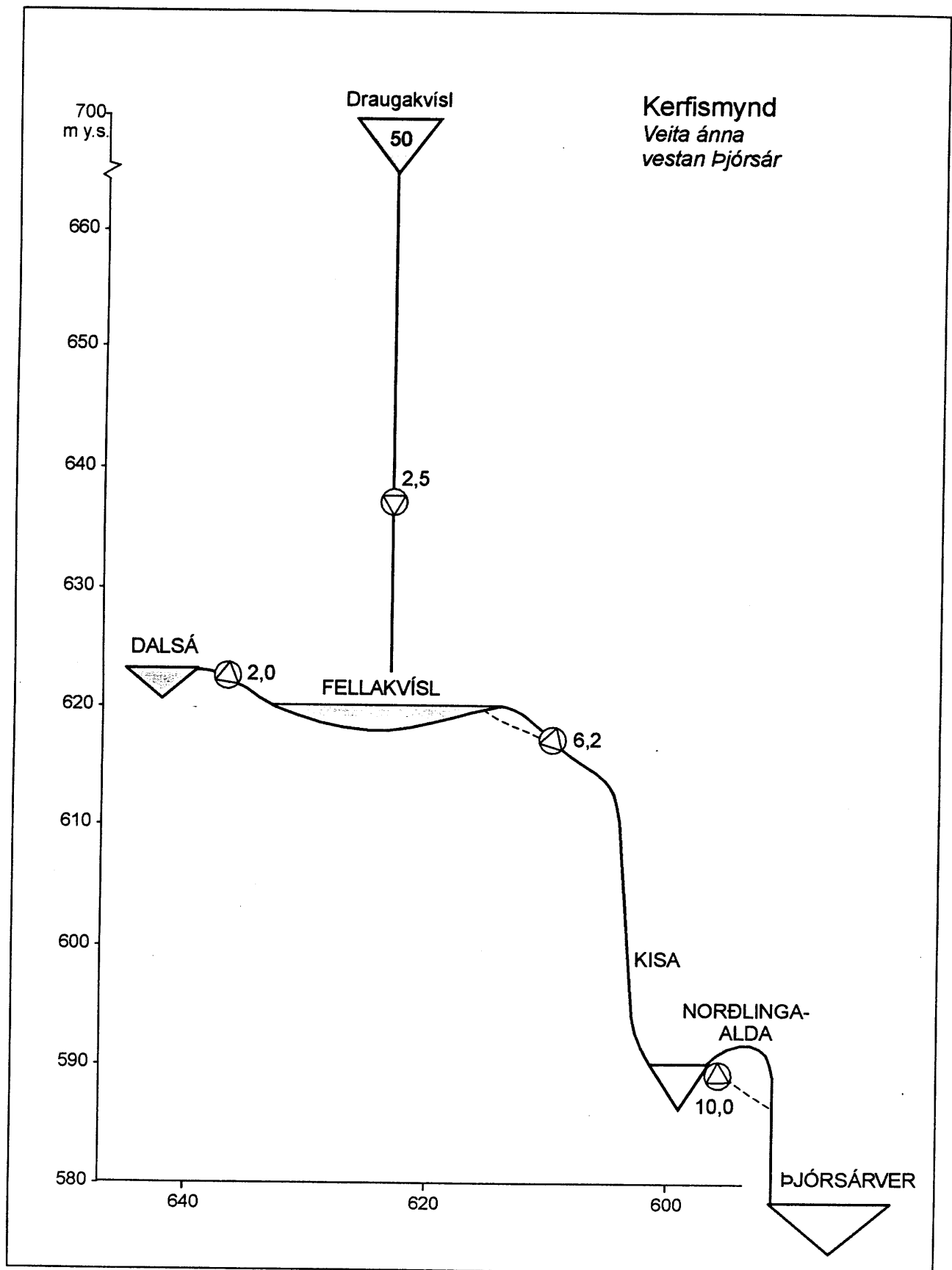
Mannvirki	Nr.	Hæð	Ráðandi stærð	Fall; Rennsli	Kostnaður	Samtals
Vegagerð					88,6	88,6
Dalsárstífla	474	625	R 45		90,9	
Botnrás		618		Q105	19,9	
Yfirfall		623		Q105	7,0	
Veituskurður	676	623	R145; L 1,9	Q 12	74,3	192,1
Stífla Draugakvísl	476	672-701	R 257	Q 124	217,0	
Botnrás		672		Q 124	69,0	
Yfirfall		698			8,0	294,0
Stífla Fellakvísl	625	610-625	R 140	Q 126	160,0	
Botnrás		610		Q 126	41,5	
Yfirfall		621		Q 4	8,0	
Veituskurður vest.	674	619	R 95; L 1,3	Q 25	44,0	
Veitugöng		616	F3;L 0,5; D 3	Q 5	63,4	
Veituskurður aust.	675	615	R 100,0; L 1,4		57,0	373,9
Kisustífla	624	587	R 49;		45,2	
Botnrás		587		Q 210	67,0	
Yfirfall		587		Q 210	22,0	
Veituskurður vest.	408	587	R 34; L 0,7	Q 8	28,0	
Göng Norðlingaö.		588-573	F15;L 2,4; D4	Q 50	305,6	
Veituskurður aust.	409	573	R 25; L0,4	Q 8	20,0	487,8
Viðbót veitugöng					60,0	
Viðbót stöð					85,0	145,0
Samtals:						1581,4
Með álagi 64,4%						2600,0

4. HEIMILDIR

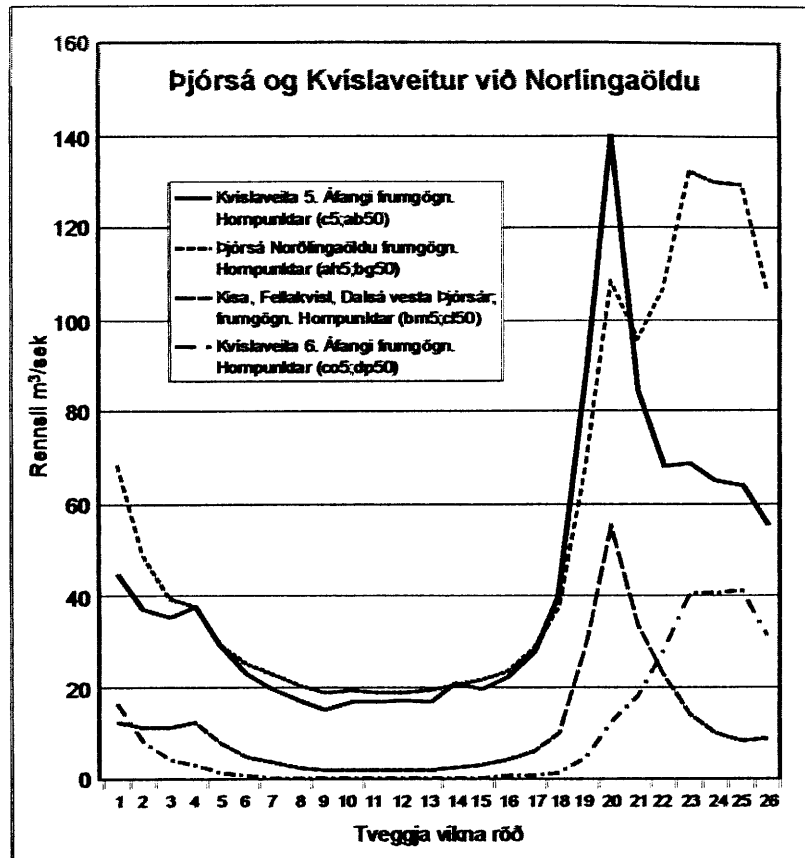
Almenna verkfræðistofan hf 1992. Efri-Þjórsá, samanburður virkjunarkosta. Landsvirkjun 1992.

Halldór Pétursson, Birgir Jónsson, Hákon Aðalsteinsson og Kristinn Einarsson 1992. Efri-Þjórsá. Samræmd forathugun á virkjunarkostum. Orkustofnun, OS-92045/VOD-05.

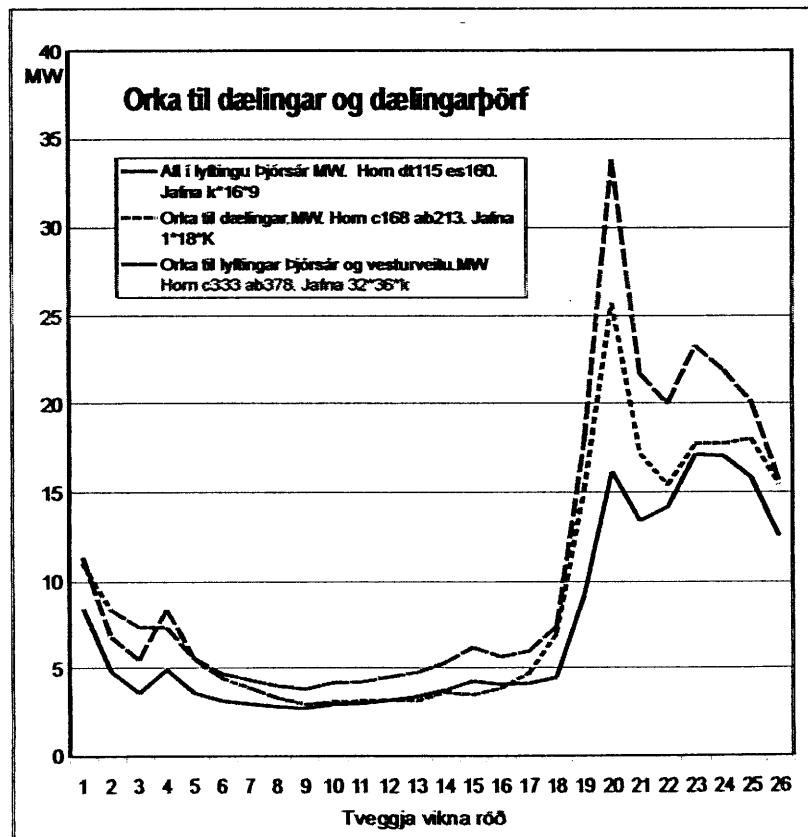
Hönnun hf.1993. Norðlingaölduveita frumhönnun. Landsvirkjun 1993.



Mynd V-1: Kerfismynd.



Mynd V-2. Rennslisráðir 1-4, tveggja vikna meðaltal 45 ára.



Mynd V-3: Orka til dælingar og dælingarþörf.

