



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

FRAMKVÆMDASTOFNUN RÍKISINS
RAFMAGNSVEITUR RÍKISINS
SÍLDARVERKSMÍÐJUR RÍKISINS

Rafhönnun h.f. Verkfræðistofa
Verkfræðistofa Helga Sigvaldasonar h.f.
Orkustofnun

NOTKUN RAFSKAUTSKATLA Í FISKIMJÖLSVERKSMÍÐJUM

OS-83035/VOD-02

Reykjavík, apríl 1983



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**FRAMKVÆMDASTOFNUN RÍKISINS
RAFMAGNSVEITUR RÍKISINS
SÍLDARVERKSMIÐJUR RÍKISINS**

**Rafhönnun h.f. Verkfræðistofa
Verkfræðistofa Helga Sigvaldasonar h.f.
Orkustofnun**

NOTKUN RAFSKAUTSKATLA Í FISKIMJÖLSVERKSMIÐJUM

OS-83035/VOD-02

Reykjavík, apríl 1983

ÁGRIP

Athuguð er þjóðhagsleg hagkvæmni þess að nota raforku í stað olfu til gufuframleiðslu í fiskimjölsverksmiðjum. Teknar eru fyrir þær verksmiðjur sem hafa meiri afkastagetu en 300 tonn á sólarhring. Miðað er við að árleg vinnsla þessara verksmiðja sé 720 þúsund tonn og þar af bræðslufiskur (loðna) 570 þúsund tonn.

Í ljós kom að miðað við núverandi olfuverð virðist dæmið í heild sinni (þ. e. að rafvæða allar verksmiðjurnar) ekki vera hagkvæmt þjóðhagslega. Út frá þeim forsendum sem hér er gert ráð fyrir gæti að vísu verið hagkvæmt að nota raforku í stað olfu í þeim verksmiðjum sem best eru staðsettar m. t. t. raforkukerfisins. Veruleg hækkun olfuverðs gæti breytt þessari mynd, en til að hagkvæmt væri að rafvæða allar verksmiðjurnar þyrfti olfuverð að hækka um tæp 5 % á ári umfram aðrar verðhækkanir.

Ef veiðar á bræðslufiski verða hverfandi á næstu árum miðað við það sem áður var, eins og útlit er fyrir í dag, eru litlar líkur á að hagkvæmt verði á næstunni að rafvæða nokkra fiskimjölsverksmiðju. Ef veiðar á bræðslufiski aukast aftur kynni að vera ástæða til að kanna nánar þetta dæmi, og þá sérstaklega fyrir þær verksmiðjur sem best eru staðsettar m. t. t. raforkukerfisins. Þó rafvæðing fiskimjölsverksmiðja sé ekki hagkvæm í dag þá geta aðstæður alltaf breyst á þann hátt að rafvæðingin verði hagkvæm, alla vega í einhverjum verksmiðjum.

Efnisyfirlit

	Bls.
Ágrip	3
Efnisyfirlit	5
Viðaukar	5
Töfluskrá	6
Myndaskrá	6
1 Inngangur	7
2 Forsendur	9
2.1 Veiðar á bræðslufiski	9
2.2 Fiskimjölsverksmiðjur	10
2.3 Raforkukerfið	13
3 Aðferðir	17
4 Niðurstöður	19
5 Lokaorð	24
Ritaskrá	25

VIÐAUKAR

1 Aflþörf	27
2 Virkjanir	33
3 Dreifikerfi raforku	37
4 Rafskautskatlar	47

TÖFLUSKRÁ

	Bl.
1 Áætluð vinnsla fiskimjölsverksmiðja	11
2 Orkutöp í dreifikerfi raforku vegna álags fiskimjölsverksmiðja sem hlutfall af notaðri orku	15
3 Kostnaður við gufuframleiðslu með raforku í fiskimjölsverksmiðjum í aurum á kWh notaðrar raforku. Vextir 8 % og verðlag í september 1982	19
4 Áætluð árleg vinnsla í verksmiðjum, sem þarf til að standa undir fjárfestingum í raforkukerfinu. Gert er ráð fyrir að orkuverð frá virkjun sé fast og að fjárfestingar í öðrum hlutum kerfisins séu fastar óháðar hráefnismagni	20

MYNDASKRÁ

1 Loðnuafli Íslendinga árin 1973-1981	9
2 Spá um orkunotkun á unnið tonn hráefnis í fiskimjölsverksmiðjum	12
3 Dreifing álags fiskimjölsverksmiðja á árið	16
4 Áhrif hækkandi olfuverðs á "olfukostnað fiskimjölsverksmiðja". Verðlag í september 1982 og 8 % reiknivextir	22
5 Áhrif breytts hráefnismagns á "raforkukostnað fiskimjölsverksmiðja" ef orkuverð frá virkjunum er fast. Verðlag í september 1982	23

1-- INNGANGUR

Á vegum Orkustofnunar, Framkvæmdastofnunar ríkisins, Rafmagnsveitna ríkisins og Síldarverksmiðja ríkisins hefur verið gerð könnun á að nota rafskautskatla í stað olfukatla til gufuframleiðslu í fiskimjölverksmiðjum. Niðurstöður þessarar athugunar birtast í þessari skýrslu. Athuginin var unnin af Rafhönnun h.f. verkfræðistofu og Verkfræðistofu Helga Sigvaldasonar h.f. Rafhönnun sá um þann hluta er snéri að flutnings- og dreifikerfi raforku og rafskautskötlum, en verkfræðingarnir Gylfi Ólafsson og Gunnar Ámundason unnu verkið af þeirra hálfu. Verkfræðistofa Helga Sigvaldasonar sá um virkjanapartinn, en af þeirra hálfu vann Skúli Jóhannsson verkfræðingur verkið. Um endanlegan frágang og samantekt sá Orkustofnun.

Haldnir voru fundir með orkumálastjóra, rafmagnsveitustjóra, fulltrúum Framkvæmdastofnunar, fulltrúa Sambands fiskimjölverksmiðja og fleiri aðilum á meðan á verkinu stóð. Ýmiss gögn voru fengin frá einstaka rafveitum og kunnum við þeim þökk fyrir.

Vinna við athuginina hófst í upphafi árs 1980. Niðurstöður bárust frá Verkfræðistofu Helga Sigvaldasonar h.f. í mars 1981 og frá Rafhönnun h.f. í október 1982. Verk þetta hefur því verið all lengi í vinnslu og byggir á forsendum sem talðar voru eðlilegar á árinu 1980. Á þessum tíma hafa margar forsendur breytst og þar á meðal eru:

- 1 Áætlanir um uppbyggingu raforkukerfisins.
- 2 Verðgrundvöllur.
- 3 veiðar á bræðslufiski.

Í þessari athugin er ekki gert ráð fyrir Kvíslaveitu, en framkvæmdir við hana eru þegar hafnar. Einnig hafa birst nýjar áætlanir um þær virkjanir sem miðað er við hér. Þær tölur sem hér birtast um kostnað við uppbyggingu raforkukerfisins eru því e. t. v. ekki þær réttustu miðað við þær forsendur sem liggja fyrir nú. Ekki er þó líklegt að nýjar forsendur varðandi uppbyggingu raforkukerfisins myndu gerbreyta niðurstöðunum.

Veiðar á bræðslufiski (loðnu) verða litlar á árinu 1982 og hefur því áhugi fyrir athugin þessari minnkað. Þessar veiðar gætu aukist aftur á næstu árum og mun þá

eflaust vakna á ný áhugi á rafvæðingu verksmiðjanna. Þegar loðnuveiðar voru sem mestar var olfunotkun fiskimjölsverksmiðja rúm 10 % af heildarolfunotkun þjóðarinnar svo hér getur verið um stóran notanda að ræða.

Hér er litið á þjóðhagslega hagkvæmni þess að rafvæða verksmiðjurnar 20, sem hér er fjallað um, allar í einu. Þó kostnaður sé greindur niður á einstaka verksmiðjur þá yrði hann í mörgum tilvikum annar ef einungis ein verksmiðja væri rafvædd. Um getur verið að ræða vissan sameiginlegan kostnað, sem dreifist á nokkrar verksmiðjur og eftir því sem þær eru færri kemur meira í hlut hvorrar fyrir sig.

Vegna þess sem hér að framan er talið þótti ekki ástæða til að endurtaka alla reikninga út frá nýjum forsendum. Þó var ákveðið að framreikna niðurstöður miðað við verðlag í september 1982, en það var gert með því að:

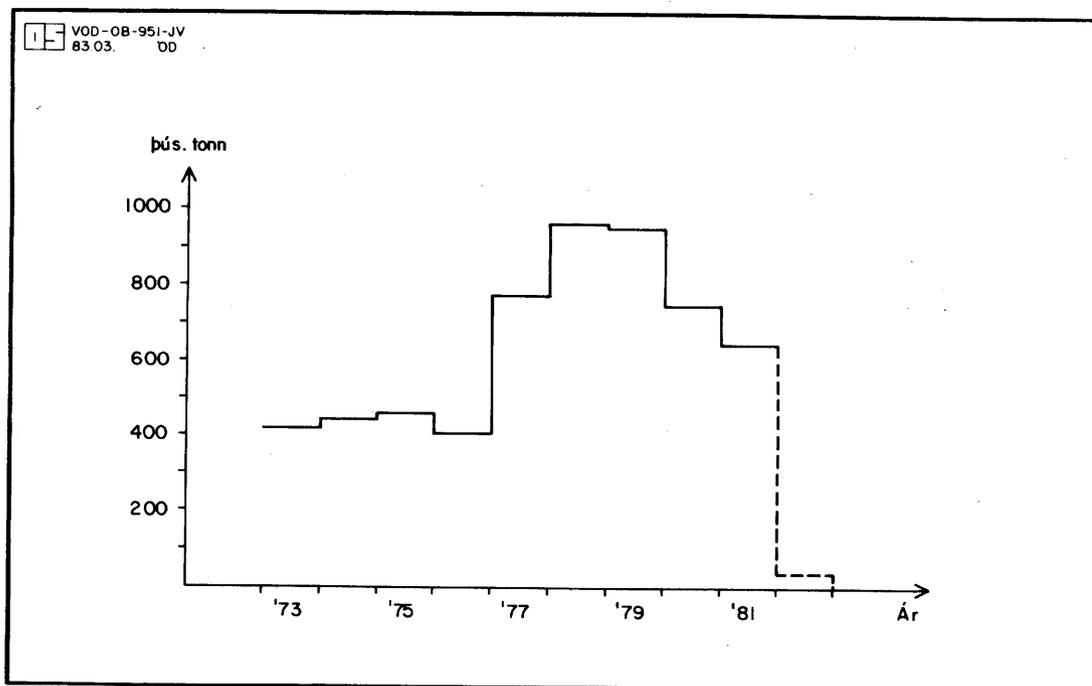
- 1 Margfalda kostnaðartölur með hlutfallslegri breytingu á byggingavísitölu.
- 2 Nota olíuverð frá í september 1982.

2 FORSENDUR

Í þessum kafla eru teknar saman þær forsendur sem notaðar eru í athuguninni. Gert er ráð fyrir að í öllum verksmiðjunum, sem teknar eru fyrir hér, komi rafskautskatlarnir í notkun samtímis árið 1986.

2.1 Veiðar á bræðslufiski

Veiðar Íslendinga á bræðslufiski hafa á síðustu árum einkum verið loðnuveiðar. Á árunum 1978 og 1979 náði þessi veiði hámarki, en þá var hún um 1.000.000 tonn. Síðan hefur veiðin farið stöðugt minnkandi og verður mjög lítil á þessu ári (1982). Mynd 1 sýnir loðnuveiðar Íslendinga frá 1973.



Mynd 1 Loðnuafli Íslendinga árin 1973-1981.

Þær forsendur sem notaðar eru varðandi hráefnismagn til fiskimjölsverksmiðja eftir 1986 eru:

- 1 Árlegur loðnuafli Íslendinga verði 600.000 tonn.
- 2 Að 95% af loðnuafnanum eða 570.000 tonn verði unnin í þeim verksmiðjum sem hér um ræðir.
- 3 Unnin verði 150.000 tonn af öðru en loðnu í þessum verksmiðjum.
- 4 Sama hráefnismagn öll ár.

600 þúsund tonna loðnuafli Íslendinga fæst með að gera ráð fyrir að afrakstursgeta stofnsins sé um 700 þúsund tonn, en veiðar annarra en Íslendinga verði um 100 þúsund tonn.

2.2 Fiskimjölsverksmiðjur

Eftirfarandi forsendur eru notaðar varðandi fiskimjölsverksmiðjur:

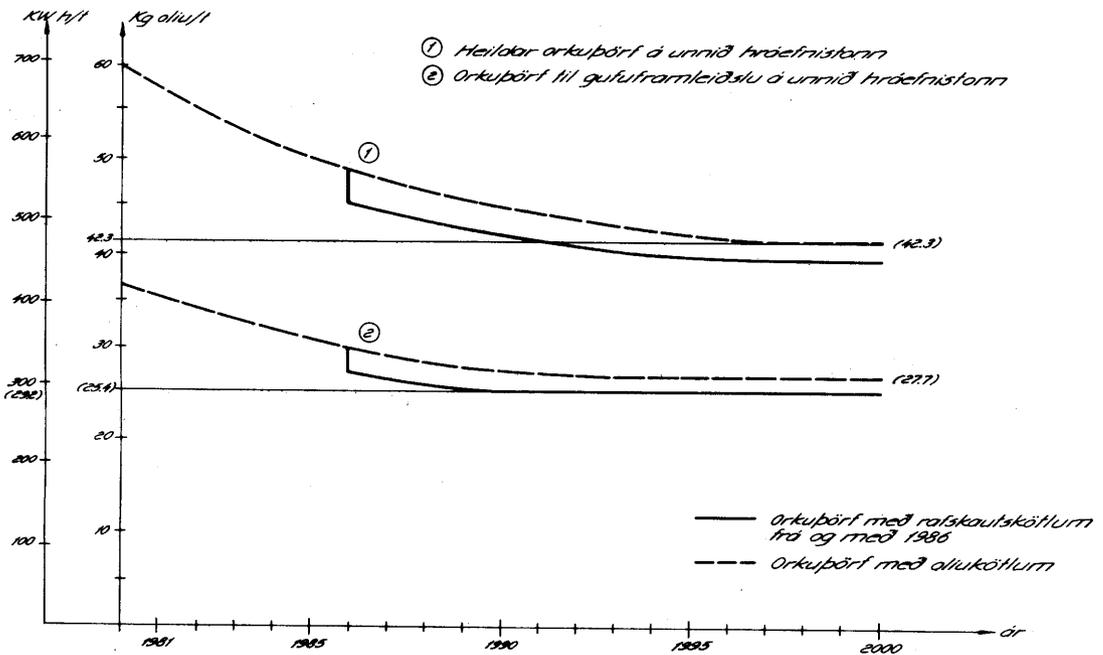
- 1 Teknar eru með í athugunina allar verksmiðjur með meira en 300 tonna afköst á sólarhring og eru þær verksmiðjur sýndar í töflu 1 ásamt áætlaðri vinnslu þeirra. Gert er ráð fyrir sömu hlutfallslegu skiptingu vinnslu milli verksmiðjanna og var á árunum 1978 og 1979.
- 2 Olfunotkun verksmiðjanna er tvíþætt, þ. e. annars vegar til gufuframleiðslu og hins vegar til að hita loft til þurrkunar á mjöli. Skipting olfunotkunar milli þessara þátta er áætluð í dag þannig að rúm 60 % fari til gufuframleiðslu og tæp 40 % til þurrkunar. Einungis er gert ráð fyrir að gufuframleiðslan verði rafvædd, en ekki er fyrir hendi hentug aðferð til þurrkunar mjöls með raforku.
- 3 Gert er ráð fyrir að orkunýting verksmiðjanna batni verulega á næstu árum. Varðandi orkunotkunina er byggt á spá frá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins frá 1977, en þar er gert ráð fyrir að koma megi heildarorkunotkun fiskimjölsverksmiðja niður í 42 kg af olfu á unnið tonn hráefnis. Orkubörf til gufuframleiðslu yrði um 28 kg af olfu á unnið tonn hráefnis (þ. e. orkubörf til gufuframleiðslu fer úr rúmum 60 % af heildarorkubörfinni í tæp 67 %). Sjá mynd 2.

Miðað er við þessa spá og gert ráð fyrir að allar verksmiðjurnar verði búnar að ná þessu marki árið 1986.

Gerð hefur verið önnur spá um orkunotkun fiskimjölverksmiðja og er þar gert ráð fyrir að heildarorkunotkun fari undir 30 kg olfu á unnið tonn hráefnis. Unnt er að ná þessu marki með nýjum vinnskakerfum sem hönnuð eru fyrir ítrasta orkusparnað, en ljóst er að ef ná á þessu marki þarf að fjárfesta mikið í nýjum tækjum.

TAFLA 1 Áætluð vinnsla fiskimjölverksmiðja.

Verksmiðja	Afkasta- geta t/shr	Vinnsla í þús. tonna Meðaltal 78 og 79	Áætlað Alls	Úrgangur	Reiknuð aflþörf MW
Reykjavík Klettur	450	48,9	37,6	16,6	5,5
-- Örfirisey	450	17,9	11,6		5,5
Akranes	380	45,4	32,5	8,7	4,6
Bolungavík	350	38,8	27,5	6,5	4,3
Akureyri	350	37,2	27,7	10,0	4,3
Siglufjörður	1500	133,1	87,7	3,3	18,2
Raufarhöfn	700	63,4	41,6	1,5	8,5
Vopnafjörður	400	31,5	20,9	1,3	4,9
Seyðisfj. Hafsfld	750	40,0	26,7	2,3	9,1
-- S. R.	900	81,4	52,9	3,1	11,0
Neskaupsstaður	800	93,5	64,1	9,5	9,8
Eskifjörður	900	83,1	57,0	8,6	11,0
Reyðarfjörður	450	33,2	21,9	0,9	5,5
Höfn	360	20,0	15,1	6,0	4,4
Vestmannaeyjar FES	700	54,9	41,5	16,4	7,9
-- FIVE	1100	77,6	57,2	19,3	13,4
Þorlákshöfn	400	29,2	22,1	8,8	4,9
Grindavík	500	30,5	23,0	8,8	6,1
Keflavík	500	38,8	28,9	10,6	6,1
Hafnarfjörður	500	30,5	22,5	7,8	6,1
Samtals	12440	1028,9	720,0	150,0	151,1



Mynd 2 Spá um orkunotkun á unnið tonn hráefnis í fiskimjölsværksmiðjum.

- Orkupörf fiskimjölsværksmiðja er háð hráefni og ýmsum ytri aðstæðum. Til einföldunar var ákveðið að miða við að orkupörfin væri föst, óháð hráefni.
- Gert er ráð fyrir að nýtni í olfukötlum fiskimjölsværksmiðja verði 90% og að rafskautskatlarnir hafi 98 % nýtni.
- Miðað er við að olfukatlar værksmiðjanna verði áfram við hendina þannig að nota megi bá þegar orku eða aflskortur er í raforkukerfinu og einnig við bilanir. Með því móti má gera minni kröfur til raforkukerfisins og minnka þannig fjárfestingar í því. Þar á móti kemur kostnaður við að halda olfukötlunum í rekstrarhæfu ástandi, en ætla má að hann sé mun minni en sparnaður í kerfinu. Rekstur katla fiskimjölsværksmiðjanna

gæti þá orðið svipaður og áætlað er að rekstur R/O veitna verði.

- 7 Í töflu 1 er sýnd reiknuð aflþörf verksmiðjanna 20 sem teknar eru fyrir hér. Aflþörfin er fengin út frá meðalafköstum verksmiðjanna og meðalorkubörf hráefnisins, sem er 292 kWh raforku á tonn hráefnis. Ekki þótti rétt að nota saman meðalorkubörf unnins tonns og mestu afköst verksmiðjanna, því að mest afköst fást þegar orkubörf vinnslunnar á tonn hráefnis er minnst.

Reiknað afl í verksmiðjunum er samkvæmt töflu 1 um 150 MW. Ekki eru allar verksmiðjurnar samtímis á fullum afköstum, og þarf því að ákvarða hve mikil heildar aflþörf kerfisins er vegna verksmiðjanna. Ákveðið var að miða við 85 MW aflþörf í virkjunum vegna vinnslu 720 þúsund tonna í þessum verksmiðjum. Nánar er fjallað um aflþörf verksmiðjanna í viðauka 1.

2.3 Raforkukerfið

Helstu forsendur varðandi uppbyggingu raforkukerfisins sem hér eru notaðar eru:

- 1 Notuð er raforkuspá Orkuspárnefndar frá árinu 1978 og ekki gert ráð fyrir neinni uppbyggingu orkufreks iðnaðar.
- 2 Áætlanir um einstaka virkjunarkosti frá 1980, og er eftirfarandi virkjunarleið notuð:

Blönduvirkjun	1. áfangi	90	MW
--	2.	--	--
Fljótsdalsvirkjun	1.	--	82,5 --
--	2.	--	82,5 --
--	3.	--	82,5 --
--	4.	--	82,5 --
Sultartangavirkjun		120	--

Ekki er gert ráð fyrir Kröfluvirkjun í rekstri. Nánar er fjallað um virkjanir í viðauka 2.

- 3 Flutningskerfi raforku eru 220 kV línurnar ásamt byggðalínunum. Við athugun á uppbyggingu þess er miðað við hina svonefndu (n-1) reglu (sjá Orkustofnun 1981). Hún gerir ráð fyrir að reka megi kerfið með einn hlekk í flutningskerfinu bilaðan án þess að til langvarandi skerðingar hjá

notendum komi. Við slíkar bilanir má nota núverandi varastöðvar, setja R/O veitur yfir á olfu og í því tilviki að fiskimjölsverksmiðjur verði rafvæddar má grípa til olfukatlnanna þar, sem gert er ráð fyrir að verði áfram í rekstri.

Samtímaálag rafskautskatlanna er eins og áður er komið fram áætlað mest 85 MW. Gert er ráð fyrir að allt þetta álag geti verið á sama svæði. Verður því að miða við að flutningskerfið þoli þetta viðbótarálag í þeim verksmiðjum sem eru verst staðsettar gagnvart kerfinu á hverjum tíma.

Umframkostnaði í flutningskerfinu, sem fæst með tilkomu rafskautskatlanna í fiskimjölsverksmiðjunum, er jafnað niður á verksmiðjurnar í réttu hlutfalli við orkunotkun þeirra þar sem ekki er unnt að sundurgreina hann eftir verksmiðjum.

- 4 Héraðsdreifikerfið tekur við raforkunni frá flutningskerfinu og flytur hana að innanbæjarkerfum einstakra sveitarfélaga. Við uppbyggingu þessara kerfa er miðað við lágmarkskerfi í samræmi við áætlanir Rafmagnsveitna ríkisins. Í lágmarkskerfi er einungis hægt að anna fullu álagi með alla hlekki kerfisins í lagi. Einstaka undantekningar eru á þessu í dag, þ. e. fyrir hendi eru varasambönd. Í framtíðinni eru ráðgerð varasambönd á Suðurlandi og er tekið tillit til þess í áætluninni. Ekki er gert ráð fyrir að olfukatlar fiskimjölsverksmiðjanna verði reknir sem toppstöðvar gagnvart héraðsdreifikerfinu, en þetta er vissulega möguleiki sem gæti aukið eitthvað hagkvæmni rafvæðingar verksmiðjanna.

Sú uppbygging kerfisins sem hér er gert ráð fyrir byggir á áætlunum einstakra rafveitna. Gert er ráð fyrir notkun þetta þegar henta þykir til að fresta línuframkvæmdum og minnka töp, en Rafmagnsveitur ríkisins hafa þegar sett upp þetta í þessu skyni.

Reynt var að skipta umframkostnaðinum í héraðsdreifikerfinu vegna tilkomu rafskautskatlanna á einstakar verksmiðjur. Þar sem margar verksmiðjur eru á sama svæði t. d. á Austfjörðum var ekki unnt að greina kostnaðinn niður á verksmiðjur, og var honum því skipt niður í réttu hlutfalli við orkunotkun þeirra. Nánar er fjallað um hvert svæði fyrir sig í viðauka 3.

- 5 Innanbæjarkerfin taka við raforkunni frá

héraðsdreifikerfunum og dreifa henni til notenda. Rafskautskatlarnir nota raforku á 11 kV spennu og er gert ráð fyrir sér lögnum að þeim vegna þess hve mikla orku þeir taka.

6 Við ákvörðun á afli rafskautskatlanna er gert ráð fyrir að það sé 30% meira en reiknuð aflþörf verksmiðjanna. Í öllum tilvikum er gert ráð fyrir að byggja þurfi hús yfir katlana, eða að sambærilegur kostnaður sé við uppsetningu þeirra.

7 Gert er ráð fyrir 10% afltöpum frá stöðvarvegg virkjana að rafskautskötlunum.

Orkutöpin eru greind niður á hluta raforkukerfisins. Jafnframt er reynt að dreifa þeim á verksmiðjurnar í eðlilegum hlutföllum. Tafla 2 sýnir áætluð orkutöp eftir einstaka verksmiðjum.

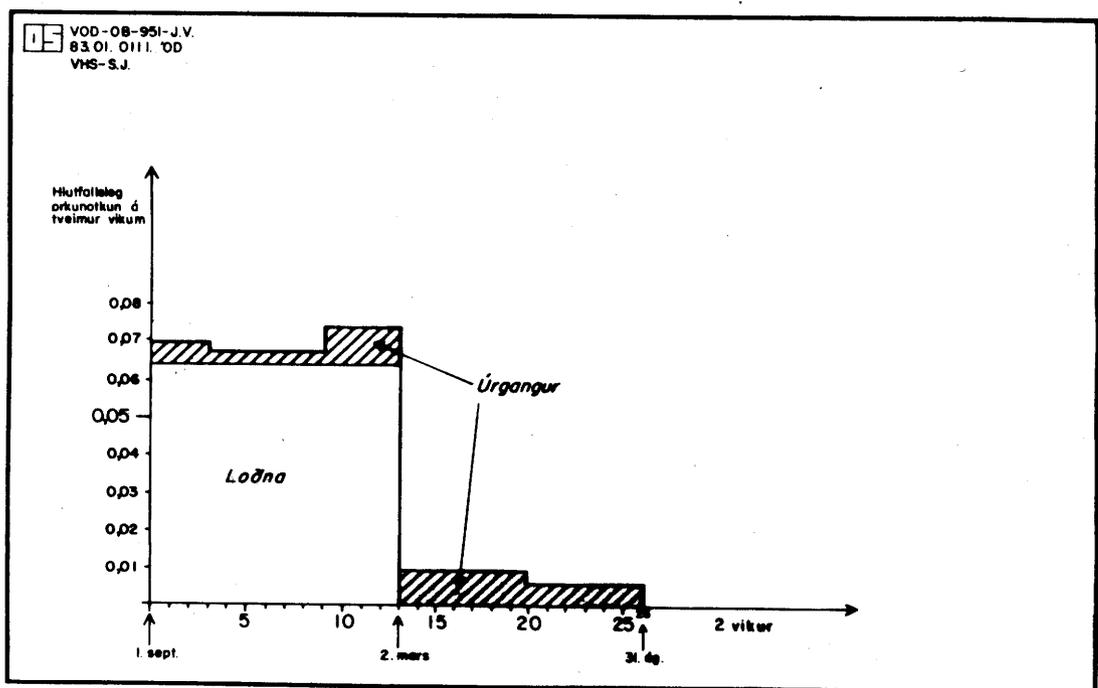
Tafla 2 Orkutöp í dreifikerfi raforku vegna álags fiskimjòlsverksmiðja sem hlutfall (%) af notaðri orku.

Verksmiðjur	Flutnings- kerfi	Héraðs- dreifikerfi	Innanbæjar- kerfi	Samtals
Reykjavík Klettur	5,0	3,6	0,9	9,5
-- Örfirisey	-	3,6	0,9	9,5
Akranes	-	3,9	1,1	10,0
Bolungavík	-	10,6	0,4	16,0
Akureyri	-	2,0	0,9	7,9
Siglufjörður	-	7,0	0,0	12,0
Raufarhöfn	-	8,8	0,5	14,3
Vopnafjörður	-	0,6	0,7	6,3
Seyðisfj. Hafsfld	-	0,6	1,4	7,0
-- S. R.	-	0,6	1,7	7,3
Neskaupsstaður	-	0,6	1,2	6,8
Eskifjörður	-	0,6	0,8	6,4
Reyðarfjörður	-	0,6	4,0	9,6
Höfn	-	1,0	3,6	9,6
Vestmannaeyjar FES	-	-3,4	0,6	2,2
-- FIVE	-	-3,4	0,3	1,9
Þorlákshöfn	-	4,0	1,0	10,0
Grindavík	-	11,5	1,4	17,9
Keflavík	-	9,4	1,6	16,0
Hafnarfjörður	-	2,2	1,6	8,8

Í tilvikinu með rafskautskötlunum eru héraðsdreifikerfin stundum bætt það mikið að töpin

verða minni í kerfinu með kötlunum en án þeirra, og er það skýring á neikvæðu tölunum í töflunni.

- 8 Orkunotkun fiskimjölsværksmiðja er skipt á árið eins og mynd 3 sýnir. Miðað er við tímaeininguna 2 vikur, en það er sú eining sem notuð er við rekstrareftirlíkingar á virkjunum. Heildarorkunotkun værksmiðjanna verður um 210 GWh/a og ef töpin eru tekin með fæst orkupörf í virkjun um 230 GWh/a.



Mynd 3 Dreifing álags fiskimjölsværksmiðja á árið. Miðað er við vatnsár sem hefst 1. september og lýkur 31. ágúst og tímaeininguna 2 vikur í samræmi við rekstrareftirlíkingar.

3 AÐFERÐIR

Við þann samanburð sem hér um ræðir eru notaðar reikniaðferðir sem mikið hafa verið notaðar við athuganir á uppbyggingu raforkukerfisins á síðustu árum. Ítarlega lýsingu á þessum aðferðum er að finna í skýrslu Orkustofnunar "Vinnsla og flutningur raforku til aldamóta".

Gert er ráð fyrir vissri uppbyggingu virkjana sbr. 2.3 hér að framan. Síðan er áætlaður kostnaður við uppbyggingu raforkukerfisins (virkjanir, flutningskerfi, héraðsdreifikerfi, innanbæjarkerfi og rafskautskatlar) bæði með og án rafskautskatlanna. Kostnaðarmunurinn milli þessara tveggja tilvika (með og án rafskautskatla) er síðan tekinn sem kostnaður við rafvæðingu fiskimjölsværksmiðjanna. Þennan kostnað þarf síðan að bera saman við kostnað við að halda áfram að nota olfukatla í værksmiðjunum. Til að fá þennan samanburð er reiknað það sem kalla mætti "raforkukostnað fiskimjölsværksmiðja".

$$KR = \frac{\sum_{i=1982}^{2000} \frac{k_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1982}^{2000} \frac{w_i}{(1+r)^i}}$$

þar sem:

KR : Raforkukostnaður fiskimjölsværksmiðja (kr/kWh).

k_i : Aukning í fjármagns og rekstrarkostnaði raforkukerfisins árið i vegna tilkomu rafskautskatlanna (Mkr).

r : Reiknivextir, 8 %.

w_i : Orkusala til fiskimjölsværksmiðja árið i (GWh/a).

Eins og fram kemur í jöfnunni hér að framan þá er litið á tímabilið fram til aldamóta og gert ráð fyrir 8% reiknivöxtum.

"Raforkukostnaðurinn" er síðan borinn saman við það sem kallast "olfukostnaður fiskimjölsværksmiðja", en það er kostnaður á orkueiningu við að framleiða gufu í olfukatli. Miðað er við svartolfuverð 3710 kr/tonn, en

Það var söluverð á olfunni hér á landi frá 28. ágúst til 16. nóvember 1982. "Olfukostnaður fiskimjölsverksmiðja" verður þá

$$371 \text{ aur/kg} * 28 \text{ kg/292 kWh} = 35,6 \text{ aur/kWh}$$

Í þessari athugun er litið á dæmið út frá þjóðhagslegu sjónarmiði, þ. e. öllum opinberum gjöldum er sleppt nema hvað útsöluverð svartölu er notað beint þar sem mjög lítil opinber gjöld eru lögð á hana.

Ekki er hér neitt fjallað um hvernig gjaldskrá eðlilegt væri að gildi fyrir raforkusölu til fiskimjölsverksmiðja. Semja þyrfti um sérstaka gjaldskrá þannig að sá hagnaður sem fengist með notkun raforku í stað olfu skiptist í eðlilegum hlutföllum milli seljanda og kaupanda.

4 NIÐURSTÖÐUR

Í töflum 3 og 4 eru sýndar meginniðurstöður.

Tafla 3 Kostnaður við gufuframleiðslu með raforku í fiskimjölsværksmiðjum í aukum á kWh notaðrar raforku ("raforkukostnaður"). Vextir 8 % og verðlag í september 1982.

Verksmiðja	Innan- bæjar- kerfi	Héraðs- dreifi- kerfi	Flutn- ings- kerfi	Virkj- anir	Alls
Reykjavík Klettur	4,1	1,6	2,6	20,9	29,2
-- Örfirisey	13,3	15,4	-	-	52,2
Akranes	5,3	4,8	-	-	33,6
Bolungavík	4,9	10,2	-	-	38,6
Akureyri	5,4	5,7	-	-	34,6
Siglufjörður	2,0	11,0	-	-	36,5
Raufarhöfn	3,6	31,7	-	-	58,8
Vopnafjörður	7,1	7,9	-	-	38,5
Seyðisfj. Hafsild	7,1	7,9	-	-	38,5
-- S. R.	3,6	7,9	-	-	35,0
Neskaupsstaður	2,8	7,9	-	-	34,2
Eskifjörður	3,8	7,9	-	-	35,2
Reyðarfjörður	9,4	7,9	-	-	40,8
Höfn	15,1	6,4	-	-	45,0
Vestmannaeyjar FES	3,1	20,0	-	-	46,6
-- FIVE	3,1	20,0	-	-	46,6
Þorlákshöfn	6,6	1,0	-	-	31,1
Grindavík	7,4	14,6	-	-	45,5
Keflavík	6,1	14,6	-	-	44,2
Hafnarfjörður	7,7	2,8	-	-	34,0

Ef litið er á þann hluta "raforkukostnaðarins" sem fellur á virkjanir og flutningskerfið í töflu 3 kemur í ljós að hann er svipaður eða heldur lægri en framleiðslukostnaður raforku í skýrslu Orkustofnunar "Vinnsla og flutningur raforku til aldamóta I-IV". Þetta gæti virst óeðlilegt þar sem dreifing orkunotkunar verksmiðjanna á árið er óheppileg (mest á veturna) og um lágan nýtingartíma er að ræða. Þar á móti kemur að gert er ráð fyrir að olíukötlum verksmiðjanna sé haldið í rekstrarhæfu ástandi og þeir notaðir við orku-, aflskort og bilanir í kerfinu. Því má segja að rafskautskötlunum fylgi ódýrt varaafli og verður því framleiðslukostnaður raforkunnar lægri en ella.

Í töflu 4 er gert ráð fyrir að orkuverð frá virkjun sé fast, en að fjárfestingar í öðrum hlutum raforkukerfisins séu fastar óháðar vinnslumagninu. Í raunveruleikanum er samband fjárfestinga í raforkukerfinu og vinnslu verksmiðjanna ekki svona einfalt, en þessi nálgun á að geta gefið góða hugmynd um það vinnslumagn sem þarf til að standa undir framkvæmdum í raforkukerfinu. Jafnframt gefur þessi tafla ásamt töflu 3 hugmynd um hagkvæmni þess að rafvæða verksmiðjurnar, þó verður eins og áður er komið fram að taka tölur fyrir einstaka verksmiðjur með varúð þar sem í sumum tilvikum hefur sameiginlegum kostnaði verið dreift á nokkrar verksmiðjur. Þriðji dálkurinn í töflunni sýnir hlutfall nauðsynlegrar vinnslu til að standa undir fjárfestingum og áætlaðrar vinnslu í prósentum. Ef þetta hlutfall er undir 100 % þá er áætluð vinnsla næg til að standa undir fjárfestingum miðað við þær forsendur sem hér er gert ráð fyrir.

Tafla 4 Áætluð árleg vinnsla í verksmiðjum, sem þarf til að standa undir fjárfestingum í raforkukerfinu. Gert er ráð fyrir að orkuverð frá virkjun sé fast og að fjárfestingar í öðrum hlutum kerfisins séu fastar óháðar hráefnismagni.

Verksmiðja	Áætluð vinnsla Þús. t.	Vinnsla til að standa undir fjárfestingum Þús. t.	% af áætlaðri
Reykjavík Klettur	37,6	21,1	56
-- Örfirisey	11,6	24,7	213
Akranes	32,5	28,0	86
Bolungavík	27,5	33,0	120
Akureyri	27,7	25,8	93
Siglufjörður	87,7	93,0	106
Raufarhöfn	41,6	107,3	258
Vopnafjörður	20,9	25,1	120
Seyðisfj. Hafsild	26,7	32,0	120
-- S. R.	52,9	50,8	96
Neskaupsstaður	64,1	57,7	90
Eskifjörður	57,0	55,3	97
Reyðarfjörður	21,9	29,6	135
Höfn	15,1	24,8	164
Vestmannaeyjar FES	41,5	72,6	175
-- FIVE	57,2	100,1	175
Þorlákshöfn	22,1	15,3	69
Grindavík	23,0	38,4	167
Keflavík	28,9	46,0	159
Hafnarfjörður	22,5	20,0	89

Ekki virðist hagkvæmt að rafvæða fiskimjölsiðnaðinn í heild, en hagkvæmt gæti verið að rafvæða einstaka verksmiðjur, og er þá litið á dæmið út frá þjóðhagslegu sjónarmiði. Ef veiðar á bræðslufiski verða jafn litlar í framtíðinni og þær eru nú virðist út frá þeim forsendum sem hér er gert ráð fyrir ekki hagkvæmt að nota rafskautskatla í neinni fiskimjölsverksmiðju.

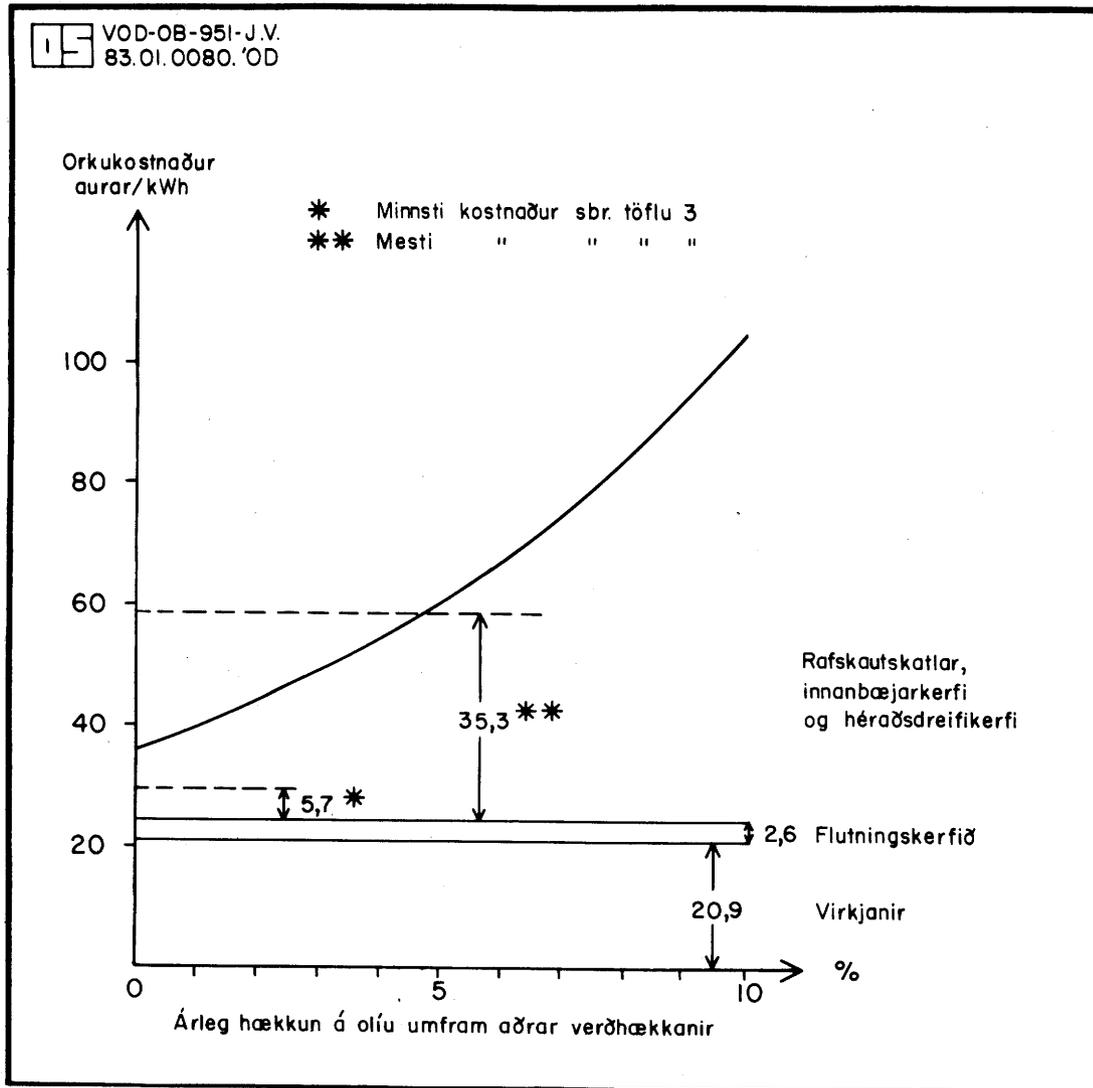
Hin mikla óvissa sem ætíð er um aflabrögð gerir það að verkum að eðlilegt er að krefjast meiri arðsemi af framkvæmdum sem byggja á þeim en af framkvæmdum sem byggja á traustari grunni. Í þessari athugun hafa verið notaðir 8 % reiknivextir, en e. t. v. væri eðlilegra að gera ráð fyrir hærri reiknivöxtum vegna óvissu um aflabrögð.

Ef rafvæða ætti fiskimjölsverksmiðjurnar væri því eðlilegt að byrja á þeim verksmiðjum sem best eru staðsettar m. t. t. raforkukerfisins.

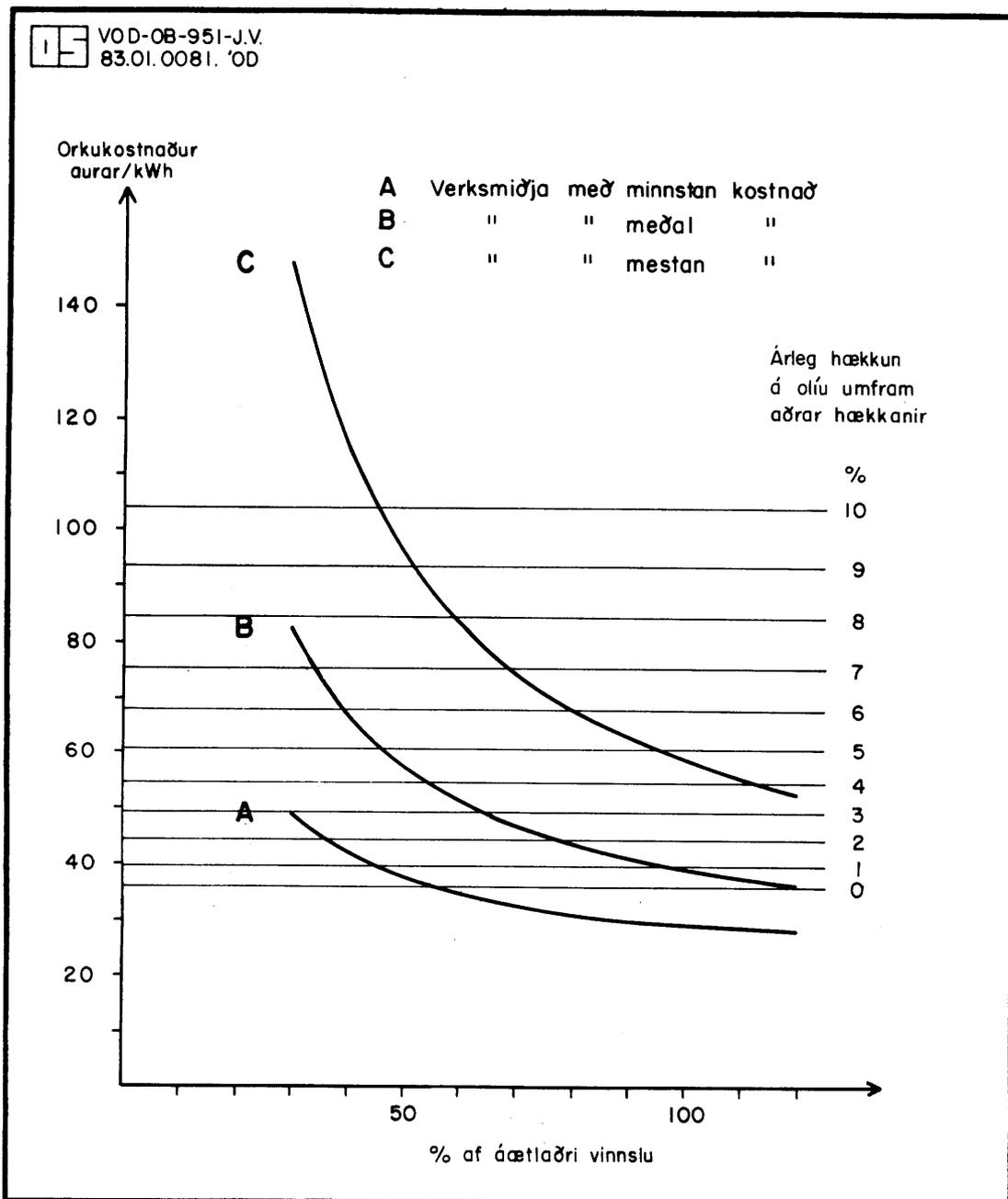
Það atriði fyrir utan veiðar á bræðslufiski, sem hefur hvað mest áhrif á hagkvæmni rafvæðingar fiskimjölsverksmiðja er olfuverð. Síðustu 10 árin hefur verðið hækkað mikið, en undanfarið hefur það verið nokkuð stöðugt. Líklegt er talið í dag að verðið muni haldast nokkuð stöðugt allra næstu ár, en þegar til lengri tíma er litið muni það hækka umfram aðrar verðhækkanir. Kannað var hvaða áhrif hækkanði olfuverð hefði á hagkvæmnina og eru niðurstöðurnar sýndar á mynd 4. Nánar er fjallað um þetta atriði í viðauka 2.

Á myndinni kemur fram að verð á olfu verður að hækka um tæp 5% á ári umfram aðrar verðhækkanir til að hagkvæmt verði að rafvæða þá verksmiðju sem hefur mestan kostnað.

Á mynd 5 eru sýnd áhrif breytilegs hráefnismagns, ef gert er ráð fyrir að kostnaður við aðra hluta kerfisins en virkjanir sé fastur og að orkuverð frá virkjun sé fast þ. e. ef vinnsla minnkar þá sé hægt að finna annan markað fyrir orkuna (sbr. töflu 4). Eins og fram kemur á myndinni hefur breytt hráefnismagn mest áhrif á þær verksmiðjur sem óhagkvæmast er að rafvæða.



Mynd 4 Áhrif hækkandi olíuverðs á "olíukostnað fiskimjölsværksmiðja". Verðlag í september 1982, 8 % reiknivextir.



Mynd 5 Áhrif breytts hráefnismagns á "raforkukostnað fiskimjölsværksmiðja", ef orkuverð frá virkjunum er fast. Láréttu línurnar sýna "ölfukostnað fiskimjölsværksmiðja við mismikla árlega hækkun olfuverðs. Verðlag í september 1982.

5 LOKAORÐ

Hér hefur verið fjallað um möguleika á að nýta raforku í fiskimjölsverksmiðjum, en einnig getur komið til greina að nýta jarðhita að einhverju marki í þessum iðnaði. Einn ókostur við nýtingu jarðhitans er að ekki er hentugt að flytja hann langa leið svipað og gert er með raforkuna. Verksmiðjur sem nýta eiga jarðhita verða því að vera í nágrenni háhitasvæða. Lítið er um háhitasvæði í grennd þeirra verksmiðja sem hér um ræðir nema á Reykjanesi.

Í skýrslu Sjávarútvegsráðuneytisins frá því í ágúst 1981 er kannaður sá möguleiki að nýta jarðhita í nýrri fiskimjölsverksmiðju á Reykjanesi, sem myndi leysa af hólmi verksmiðjur á svæðinu frá Þorlákshöfn til Hafnarfjarðar. Þessi möguleiki virðist geta verið hagkvæmur miðað við þær forsendur sem þar er gert ráð fyrir. Nú þegar stefnir í litla loðnuveiði á næstu árum eru allar aðstæður breyttar og ólíklegt að hagkvæmt sé að leggja út í slíka framkvæmd. Ef veiðar á bræðslufiski aukast að nýju er hér um möguleika sem vissulega þyrfti að gefa gaum.

Fiskimjölsiðnaðurinn er sá iðnaður hér á landi þar sem um mesta olfunotkun er að ræða. Í öðrum iðnaði gæti einnig komið til greina að nota innlenda orkugjafa í stað innfluttra og má þar t. d. nefna mjólkurbú, heykögglaverksmiðjur og verksmiðju Hvals h.f. í Hvalfirði. Nokkur mjólkurbú hafa þegar hugað að notkun rafskautskatla. Hér er um mun hentugri notanda heldur en fiskimjölsverksmiðjurnar þar sem hlutfallslega mikil orkunotkun er í mjólkurbúunum yfir sumarmánuðina. Sama má segja um verksmiðju Hvals h.f., en hún er einungis í notkun yfir sumarmánuðina þegar flest annað álag á raforkukerfið er minnst og rennsli við vatnsaflsvirkjanir mest. Í heykögglaverksmiðjum er einnig um sumarnotkun að ræða. Miðað við aðstæður í dag er aftur á móti erfiðara tæknilega séð að nýta raforku í þeim iðnaði og einnig er þar um tiltölulega lítinn notanda að ræða.

RITASKRÁ

Framkvæmdastofnun ríkisins og Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins 1979: Loðnuverksmiðjur.

Magnús Magnússon 1981: Notkun raforku í framleiðslu við háan hita. Erindi flutt á Orkuþing 1981.

Orkuspárnefnd 1978: Raforkuspá 1977 - 2000.

Orkuspárnefnd 1981: Raforkuspá 1981 - 2000.

Orkustofnun, Verkfræðistofa Helga Sigvaldasonar h.f. og Rafhönnun h.f. verkfræðistofa 1981: Vinnsla og flutningur raforku til aldamóta I-IV. Orkustofnun.

Rannsóknarstofnun fiskiðnaðarins 1977: Athugun á orkunýtingu í íslenskum fiskimjölverksmiðjum.

Stefán Örn Stefánsson 1981: Ný fiskimjölverksmiðja á Suðurnesjum. Frumathugun staðsetningar, stofnkostnaðar, rekstrarkostnaðar og hagkvæmni. Sjávarútvegsráðuneytið.

Verkfræðistofa Helga Sigvaldasonar h.f. og Rafhönnun h.f. verkfræðistofa 1979: Samanburður á beinni rafhitun og R/O hitun. Iðnaðarráðuneytið - Rafmagnsveitur ríkisins

Framkvæmdastofnun ríkisins: Ýmis gögn um loðnurvinnslu og olfunotkun fiskimjölverksmiðja.

Ýmsar rafveitur: Ýmis gögn um áætlanir í héraðsdreifikerfum og innanbæjarkerfum.

VIÐAUKI 1

Aflþörf

Á mynd 3 í megingintextanum er sýnt hvernig orkunotkunin dreifðist væntanlega á árið við 720 þús. tonna vinnslu, eða við þá vinnslu sem miðað er við í þessari skýrslu. Þar kemur fram að vinnslan er áætluð stöðug frá september fram í mars ár hvert. Myndinni er ætlað að sýna dæmið eins og það snýr að orkuvinnslukerfinu, þ. e. byggt er á tveggja vikna meðaltölum. Ljóst er að vinnslan er all sveiflukennd frá degi til dags og þarf því frekari forsendur til að áætla aflþörfina. Ördugt er að gera sér grein fyrir hver sé mesti fjöldi verksmiðja sem samtímis yrði í gangi. Það er háð aflabrögðum á hverjum tíma, veiðisvæðum, þróarstærð verksmiðja, stærð veiðiflotans, stýringu löndunar og fleiru.

Til að gera sér grein fyrir mesta samtímaafli sem verður við ákveðna ársvinnslu var notast við töflur sem útbúnar voru af Framkvæmdastofnun ríkisins yfir fyrsta og síðasta löndunardag hjá einstökum verksmiðjum. Þessi gögn eru til fyrir árin 1977 til 1979, bæði fyrir vetrarvertíð (jan.-mars) og haustvertíð (sept.-des.). Ekki er getið um eiginlega vinnsludaga í gögnum Framkvæmdastofnunar. Ljóst er að einhverjar tafir verða í vinnslu milli fyrsta og síðasta löndunardags og einnig stendur vinnsla oft nokkuð fram yfir síðasta löndunardag vegna þróarrýmis.

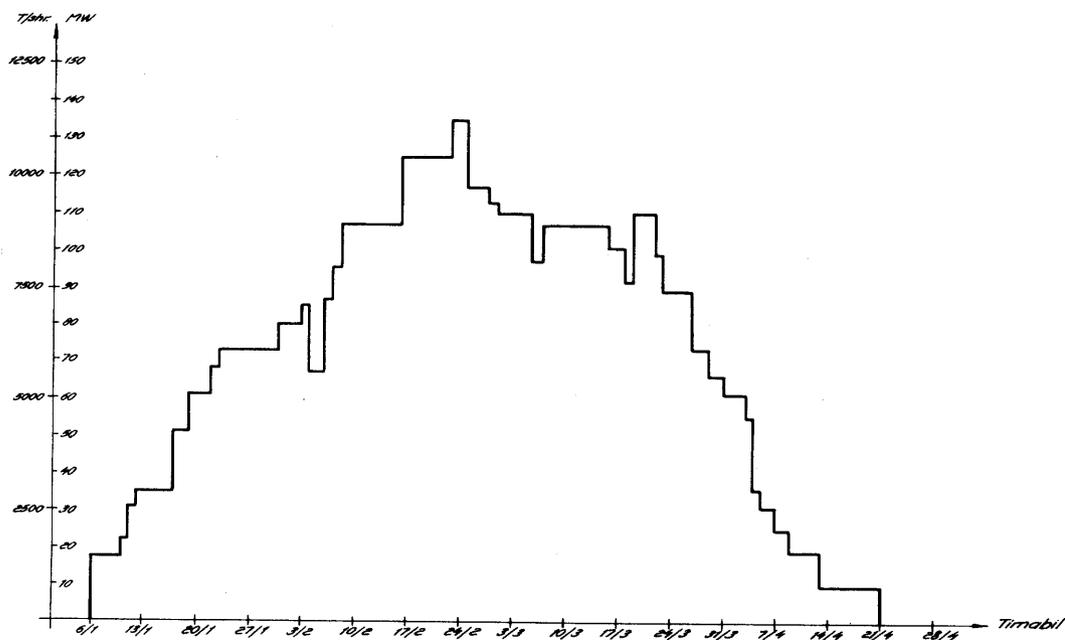
Athugað var hvert samræmi væri milli raunverulegrar vinnslu á vertíð annars vegar og áætlaðrar vinnslu hins vegar, ef gengið er út frá að unnið sé samfellt milli fyrsta og síðasta löndunardags. Þannig er bæði horft framhjá tögum og vinnslu eftir síðasta löndunardag. Útbúnar voru myndir V.1-1, V.1-2 og V.1-3 sem sýna afkastagetu þeirra verksmiðja sem í gangi voru á vertíð á hverjum tíma, ef vinnsla hefði staðið yfir milli fyrsta og síðasta löndunardags. Með því að athuga flatarmálið undir línuritunum má áætla vinnsluna á vertíðinni. Í ljós kemur að gott samræmi er milli raunverulegrar vinnslu á vetrarvertíð og þess vinnslumagns sem fékkst á þennan hátt út frá línuritunum. Sé haustvertíðin athuguð á sama hátt kemur í ljós slæmt samræmi. Með öðrum orðum hefði vinnslan farið fram alla daga milli fyrsta og síðasta löndunardags hefði heildarvinnslan orðið mun meiri en hún var í raun. Skýringin er sú að mikið hefur verið um hlé á vinnslu á haustvertíð, en þeirra er ekki getið í gögnum Framkvæmdastofnunar.

Á mynd V.1-4 hefur mesta álag verið áætlað sem fall af hráefnisvinnslunni á vetrarvertíð út frá tölunum fyrir árin 1977, 1978 og 1979. Ef gert er ráð fyrir að vinnslan á vetrarvertíð sé 300 þús. tonn þá gefur myndin mestu aflþörf 90 MW. Eins og fram kemur á myndinni er gert ráð fyrir að aflþörfin vaxi línulega með aukinni vinnslu á vetrarvertíð. Hér er vissulega um nálgun að ræða, en þar sem ekki eru fyrir hendi neinar nánari upplýsingar um samband vinnslu og

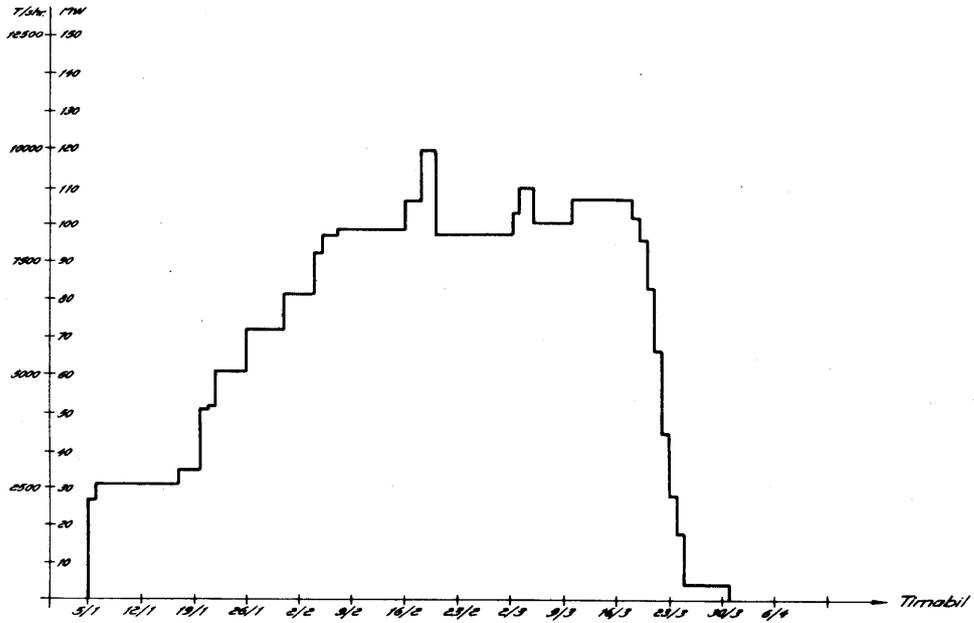
aflþarfar var ákveðið að miða við þessa forsendu.

Eins og fyrr sagði er sá anmarki á myndum V.1-1 til V.1-3 að horft er framhá vinnslu eftir síðasta löndunardag. Sé hins vegar reiknað með einhverri vinnslu eftir síðasta löndunardag verður að endurskoða áætluð meðalafköst verksmiðjanna til að halda samræmi milli áætlaðrar vinnslu á vertíð og raunverulegrar vinnslu. Ákveðið var að reikna með viku vinnslu í öllum verksmiðjunum eftir síðustu löndun, en þá þarf að minnka áætlaða meðalvinnslugetu um 16 % eða úr 12.500 t/shr. í 10.500 t/shr. Gert er ráð fyrir að aflþörfin minnki samsvarandi eða úr 90 MW í 75 MW. Eftir er að bæta við afltöpum í kerfinu vegna álags katlanna, en með 10% afltöpum fæst um 85 MW afltoppur í virkjunum.

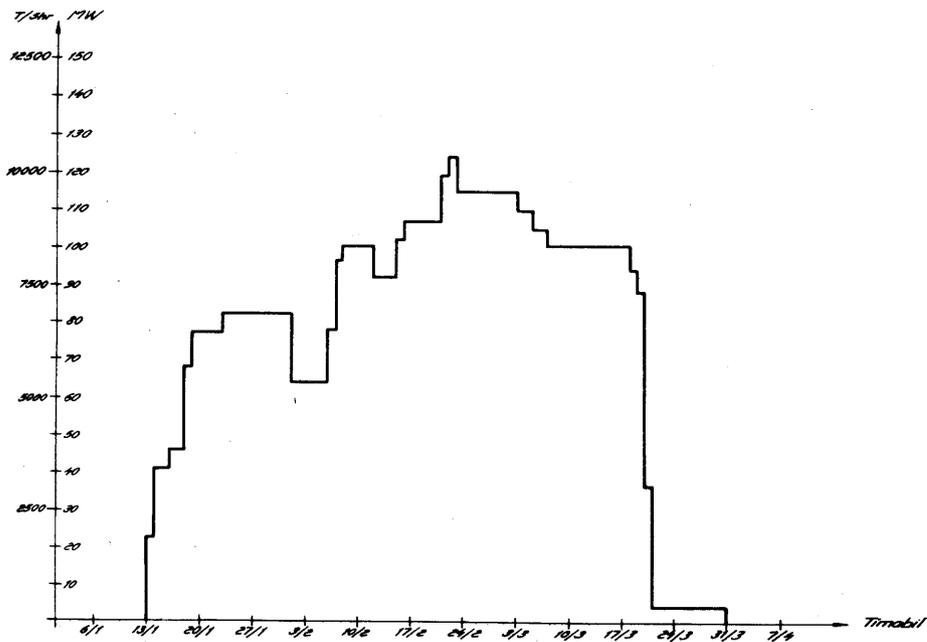
Ekki var farið út í að endurskoða aflþörf einstakra verksmiðja þó í ljós hafi komið að meðalafköst verksmiðjanna séu ofmetin, sé litið til heillar vertíðar. Þúast má við að hver verksmiðja um sig nái fullum afköstum á köflum og hafi þá aflþörf sem reiknað er með. Hins vegar verða ýmis konar tafir til að minnka langtíma meðalafköst verksmiðja, m. a. vegna lélegs hráefnis, hreinsana og bilana. Reiknað er með fullri aflþörf innan hvers héraðs enda getur staðið svo á að allar verksmiðjurnar í héraðinu gangi á fullum afköstum þar sem um fáar verksmiðjur er að ræða.



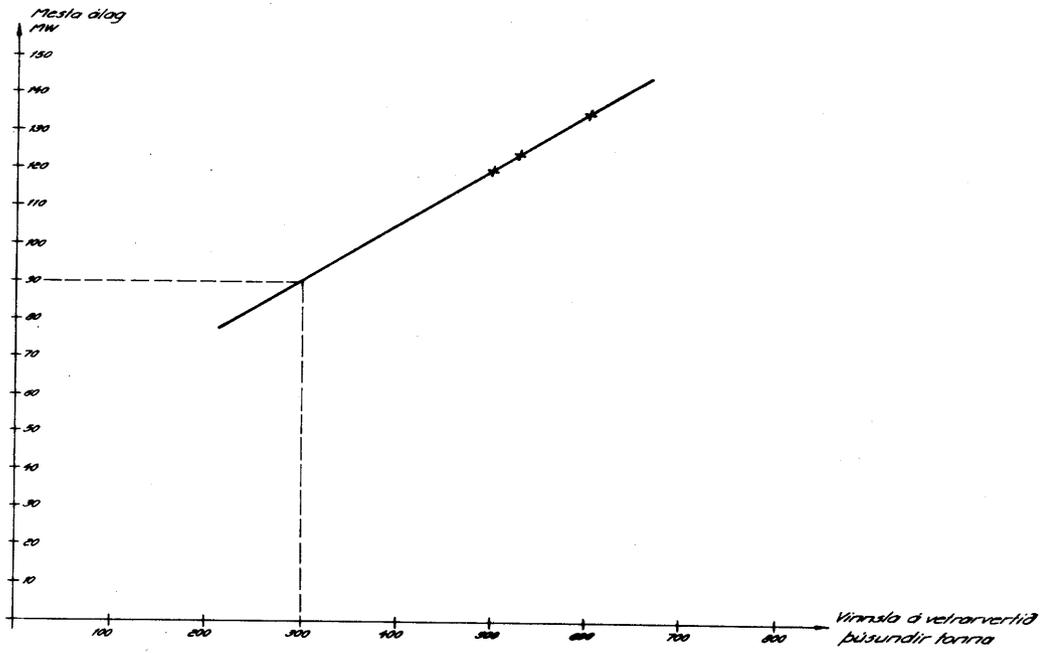
Mynd V.1-1 Samanlögð afkastageta og aflþörf til gufuframleiðslu (raforka) þeirra fiskimjölsverkmiðja sem í gangi voru á hverjum tíma á vorvertíð 1977.



Mynd V.1-2 Samanlögð afkastageta og aflþörf til gufuframleiðslu (raforka) þeirra fiskimjölsværksmiðja sem í gangi voru á hverjum tíma á vorvertíð 1978.



Mynd V.1-3 Samanlögð afkastageta og aflþörf til gufuframleiðslu (raforka) þeirra fiskimjölsværksmiðja sem í gangi voru á hverjum tíma á vorvertíð 1979.



Mynd V.1-4 Mesta álag sem fall af heildarvinnslu á vetrarvertíð sbr. myndir V.1-1 til V.1-3.

VIÐAUKI 2

Virkjanir

Frá sjónarhóli raforkuframleiðanda veldur tilkoma rafskautskatla í fiskimjölsverksmiðjum í fyrsta lagi því, að eftirspurn eftir raforku eykst. Orkunotkun verksmiðjanna er mest á veturna en minnst á sumrin, sem er þveröfugt við það, sem gerist með framboð vatns til vatnsaflsvirkjana.

Á móti kemur, að kostnaður við framleiðslu á gufu úr olfu í fiskimjölsverksmiðjum er mun lægri á orkueiningu en kostnaður við raforkuframleiðslu í dísilstöðvum. Við yfirvofandi orkuskort í landskerfinu er því eðlilegt að stöðva fyrst afhendingu á raforku til fiskimjölsverksmiðjanna. Varaaflið, sem felst í olfuköttlum verksmiðjanna, er þannig nýtt sem varaafli fyrir heildarkerfi virkjana í landinu. Rekstrarform þetta er mjög svipað og ætlunin er, að notað verði við rekstur R/O - veitna.

Áætluð dreifing orkunotkunar til gufufframleiðslu í fiskimjölsverksmiðjum er sýnd á mynd 3 í megintextanum. Álagsdreifing þessi er unnin í samráði við starfsmenn Framkvæmdastofnunar ríkisins. Eins og fram kemur af myndinni er gert ráð fyrir að orkuframleiðsla vegna þessarar notkunar sé 230 GWh/a frá virkjun. Gert er ráð fyrir því, að þessi markaður komi inn árið 1986 og haldist óbreyttur til aldamóta.

Í athuguninni er miðað við eftirfarandi virkjunarleið:

Blönduvirkjun	1. áfangi	90	MW
--	2. --	90	--
Fljótsdalsvirkjun	1. --	82,5	--
--	2. --	82,5	--
--	3. --	82,5	--
--	4. --	82,5	--
Sultartangavirkjun		120	--

Ekki er gert ráð fyrir Kröfluvirkjun í rekstri á þessu tímabili. Ennfremur er gert ráð fyrir því, að engar nýjar olfurafstöðvar verði byggðar hér á landi til aldamóta, en núverandi stöðvar haldist í rekstri allt tímabilið. Ekki er reiknað með tilkomu nýrrar stóriðju.

Með eftirlíkingum á rekstri kerfisins til aldamóta á sama hátt og lýst er í skýrslu Orkustofnunar frá 1981 fengust tímasetningar einstaka virkjunaráfanga:

		Án fiskimjölsv.	Með fiskimjölsv.
Blönduvirkjun	1. áf.	1986	1986
--	2. --	1987	1987
Fljótsdalsvirkjun	1. --	1993	1991
--	2. --	1994	1992
--	3. --	1996	1995
--	4. --	1998	1997
Sultartangavirkjun			Eftir 2000

Á mynd 4 í megintextanum er sýnt hvernig "ölfukostnaður" verksmiðjanna er metinn miðað við mismikla árlega hækkun ölfuverðs umfram aðrar verðhækkanir. Gert er ráð fyrir að hækkunin sé frá árinu 1983 að telja. Ölfuverðið árið i er því $35,6 * (1 + \alpha/100)^{i-1982}$ þar sem α er árleg hækkun ölfunnar í %. "Ölfukostnaður fiskimjölsverksmiðja" er ákvarðaður með líkingunni:

$$P_0 = 35,6 * \frac{\sum_{i=1986}^{2000} \frac{(1 + \alpha/100)^{i-1982}}{(1 + r)^i}}{\sum_{i=1986}^{2000} \frac{1}{(1 + r)^i}}$$

VIÐAUKI 3

Dreifikerfi raforku

V.3-1 SUÐURNES

Suðurnes eru fædd á 66 kV spennu frá spennuvirkinu við Elliðaár. Reiknað er með að ný aðveitustöð rísi árið 1985 fyrir Hafnarfjörð vegna almenna kerfisins og yrði hún við gömlu aðveitustöðina. Nýja aðveitustöðin yrði fædd á 132 kV spennu frá Geithálsi. Reiknað er með að spennirinn í stöðina verði keyptur 1983 og notaður á 22 kV. Einnig kæmi í aðveitustöðina 132/66 kV spennir fyrir gömlu suðurnesjalfnuna.

Reiknað er með að reist verði 66 kV þéttavirki í Njarðvík til að fresta nýrri línu á Suðurnes. Ný lína þarf þá að koma árið 1992 í almenna tilvikinu, en árið 1988 ef fiskimjölsværksmiðjurnar verða rafvæddar.

V.3-1-1 Keflavík

Fiskiðjan yrði tengd með 11 kV streng að nýrri aðveitustöð ofan bæjar sem gæti risið árið 1983, hugsanlega í tengslum við nýja flugstöð. Aðveitustöðin yrði fædd með 66 kV línu frá Njarðvík. Í tilvikinu með rafskautskatli er tekið tillit til álags værksmiðjunnar með vali á stærri spennu í aðveitustöðinni.

V.3-1-2 Grindavík

Gert er ráð fyrir að Grindavík verði tengd núverandi 33 kV línu um næstu framtíð. Línan getur annað álagi Grindavíkur með rafskautskatli til aldamóta meðan raforkuframleiðsla er í Svartsengi, en hér er gert ráð fyrir að sú framleiðsla verði um 6 MW út á netið. Vegna aldurs línunnar er eðlilegt að reist verði ný lína að Grindavík fyrir aldamót, en hún myndi væntanlega hafa flutningsgetu til að anna Grindavík falli raforkuframleiðsla í Svartsengi niður. Flutningsgetan nýtist rafskautskatlinum því hægt er að færa gufufurframleiðsluna yfir á olfuketilinn sé engin raforkuframleiðsla í Svartsengi.

Með tilkomu rafskautsketilsins er gert ráð fyrir nýjum 33/11 kV spennu í aðveitustöð Grindavíkur, lagningu 11kV strengs fyrir ketilinn og spennuhækkun á bæjarkerfinu í 11 kV. Spennuhækkunin flýttist um nokkur ár frá almenna tilvikinu.

V.3-2- HÖFUÐBORGARSVÆÐIÐ

V.3-2-1 Hafnarfjörður

Eins og fram kom hér að framan er reiknað með nýrri aðveitustöð í Hafnarfirði árið 1985 vegna almenna kerfisins en árið 1983 þarf að koma nýr spennir í gömlu aðveitustöðina. Reiknað er með að hann verði 132 kV umtengjanlegur fyrir 33 kV og málafl hans miðað við heildarálag bæjarins. Afl fyrir rafskautsketilinn fengist með 11 kV vafi í spennir fyrir 66 kV línuna á Suðurnes.

V.3-2-2 Reykjavík

Gert er ráð fyrir að 132 kV strengur Rafmagnsveitu Reykjarvíkur, sem liggur frá Áburðarverksmiðjunni að aðveitustöð 1, hafi næga flutningsgetu til að bæta 11 MW álagi við almenna álagið. Gildir þetta allt til aldamóta þar sem hringtenging á 132 kV strengjakerfi með streng frá aðveitustöð 1 að Elliðaám mun eiga sér stað á árunum 1983 og 1984. Fyrir verksmiðjuna að Kletti þarf því aðeins auk strengjalagnar að flýta tilkomu nýs spennis í aðveitustöð 3 frá árinu 1988 til 1986. Þriðji spennirinn kemur ekki fyrir aldamót.

Fyrir verksmiðjuna í Örfirisey er reiknað með sér 132(33)/11 kV spennir í aðveitustöð 2, sem fæddur yrði frá 33 kV strengjum sem liggja frá aðveitustöð 1. Frátengja mætti rafskautsketilinn við bilanir. Flutningsgeta 33 kV strengjanna þrýtur um 1990. Þá er gert ráð fyrir 132 kV streng frá aðveitustöð 1. Reiknað er með að 33 kV strengirnir verði áfram í rekstri og getur því rafskautsketillinn áfram verið fæddur frá þeim. Um leið og annar 132 kV strengur er lagður og 33 kV strengirnir lagðir niður má setja spenninn, sem ketillinn er tengdur við, á 132 kV spennu og er miðað við að það verði árið 1995.

V.3-3 VESTURLAND

V.3-3-1 Hvalfjörður

Athugað var hvaða framkvæmdir rafvæðing verksmiðju Hvals h.f kallar á. Hér er um svipaða starfsemi að ræða og í fiskimjölsverksmiðjunum, og er aflþörfin um 10 MW.

Einungis þarf minniháttar breytingar á 11 kV loftlínukerfinu fyrir Hvalfjörð fram til aldamóta eftir

að fæðing svæðisins flyst frá Kúludalsá til Brennimels, ef ekki kemur til auðið álag vegna rafskautsketils í verksmiðjunni. Byggja þarf sérstaklega upp kerfi fyrir verksmiðjuna og þarf hún því ein að standa undir þeim framkvæmdum. Rafmagn á ketilinn má fá eftir nokkrum leiðum og er einfölduð 220 kV aðveitustöð tengd inn á Brennimelslínu ódýrust.

V.3-3-2 Akranes

Reiknað er með að álagi Akranesbæjar sé annað í venjulegum rekstri með 66 kV línunni frá Vatnshömrum enda hefur sú lína næga flutningsgetu til aldamóta fyrir það álag. Línan frá Korpu til Akraness (66 kV) er því létt lestuð í venjulegum rekstri og er varasamband fyrir Akranes í bilanatilvikum. Nýta má þessa umframgetu fyrir rafskautsketilinn og dugar hún til aldamóta. Þarf því aðeins að fjárfesta í 66/11 kV spennni og streng fyrir verksmiðjuna, enda sé gufuframleiðslan færð yfir á olfu í bilanatilvikum ef með þarf.

V.3-4 VESTFIRÐIR

V.3-4-1 Bolungavík

Í dag fær Bolungavík raforku með 66 kV línunni frá Mjólká gegnum Breiðdal. Liggur línan áfram frá Bolungavík til Ísafjarðar. Eftir er að loka hringnum með línu frá Breiðdal að Ísafirði og er reiknað með því fyrir árið 1986.

Áhrif þess að setja upp rafskautsketil á Bolungavík koma fram í eftirtöldum atriðum:

- 1 Settur var upp 10 MVA spennir á Bolungavík árið 1981 og þarf annan eins um 1989. Áhrif rafskautsketilsins eru að flýta seinni spenninum til 1986.
- 2 Vegna spennuhækkunar á línunni frá Mjólká til Breiðdals þarf að setja upp 132/66 kV millispenni í Breiðdal. Þessi framkvæmd flýttist frá árinu 1988 til 1986 með tilkomu ketilsins. Einnig flýttist um eitt ár tilkoma annars spennis í Breiðdal eða frá 1989 til 1988.
- 3 Reiknað er með að sett verði upp þéttavirki 132 kV 7 * 5 MVA í Breiðdal í áföngum. Tilkoma þéttavirkisins og öllum áföngum þess þarf að flýta um tvö ár vegna rafskautsketilsins.

V.3-5 NORDURLAND

Gert er ráð fyrir nýjum 132/66 kV millispenni á Rangárvöllum árið 1982. Rafskautskatlarnir flýta tilkomu þriðja spennisins frá árinu 1990 til 1986. Í almenna tilvikinu þarf fjórða spenninn árið 1996. Þann spenni mætti eins setja á Dalvík og spennuhækka línuna þangað, en það er gert í tilvikinu með rafskautskötunum og kemur þá spennirinn á Dalvík 1992.

V.3-5-1 Siglufjörður

Fyrir almenna kerfið hljóðar áætlun Rafmagnsveitna ríkisins fyrir Eyjafjörð upp á að 132 kV lína verði komin frá Akureyri að Ólafsfirði árið 1984, en hluti hennar þ. e. línan frá Dalvík til Ólafsfjarðar er þegar risin. Línan verður rekin á 66 kV spennu fram yfir aldamót. Aðveitustöðvar verða á Hauganesi, Dalvík og Ólafsfirði. Áætlað er að ný lína til Siglufjarðar verði reist árið 1991, eða m. ö. o. að 19 kV línan frá Ólafsfirði að Skeiðfossvirkjun geti annað flutningunum þangað til. Línan til Siglufjarðar lægi um Héðinsfjörð enda er sú leið mun styttri en leiðin um Skeiðfoss.

Á Siglufirði er í almenna tilvikinu gert ráð fyrir 22/6 kV spenni árið 1985 og að 1 MVA þéttir komi árið 1988 til að halda uppi spennu. Gert er ráð fyrir að ný aðveitustöð fyrir Siglufjörð rísi árið 1991 nálægt Síldarverksmiðjum ríkisins og yrði fjörðurinn þveraður með streng. Áætlun fyrir tilvikið með rafskautskatlinum byggir á áætlun Rafmagnsveitna ríkisins um 66 kV kerfi. Hins vegar þarf að spennuhækka línuna til Dalvíkur með tilheyrandi millispenni árið 1992 vegna spennufalls, en það kallar á 132 kV aðveitustöð á Hauganesi. Gert er ráð fyrir 11 kV, 2,5 MVA þéttavirki á Siglufirði til að halda uppi spennu fram til 1992 þegar spennuhækkað er til Dalvíkur.

V.3-5-2 Akureyri

Krossanesverksmiðjan er staðsett norðan bæjarins. Reiknað er með streng frá aðveitustöð í Glerárhverfi, en þar er 16 MVA 66/11 kV spennir. Tilkoma ketilsins flýttir komu spennis frá árinu 1991 til 1986.

V.3-5-3 Raufarhöfn

Ráðgert er að leggja 132 kV línu rekna á 66 kV að Kópaskeri í almenna tilvikinu. Línan verður lögð að Lindibrekku árið 1983 og að Kópaskeri árið 1990. Spennt verður niður í 33 kV á Kópaskeri fyrir

Raufarhöfn og Þórshöfn.

Tilkoma rafskautsketils á Raufarhöfn kallar á flýtingu línulaqnar frá Lindarbrekku til Kópaskers til ársins 1986 og nýja 132 kV línu að Raufarhöfn rekna á 66 kV spennu. Áfram þarf 66/33 kV spennni á Kópaskeri, en á Raufarhöfn kæmi 66/11 kV, 15 MVA spennir sem dugar til aldamóta. Þegar nær dregur aldamótum verður að koma til 3 * 2,5 MVA þéttavirki á Kópaskeri til að halda uppi spennu og minnka töp. Á Kópaskeri er þegar 11 kV 2 * 1 MVA þéttavirki.

V.3-6 AUSTFIRÐIR

Fyrir almenna tilvikið er stuðst við áætlanir Rafmagnsveitna ríkisins um 66 kV kerfi, þ. e. 66 kV lína kæmi frá Stuðlum til Eskifjarðar árið 1983. Línur byggðar fyrir 66 kV spennu yrðu lagðar til Neskaupsstaðar og Seyðisfjarðar um leið og flutningsgetu 33 kV línanna þryti þ. e. árið 1990.

Í tilvikinu með rafskautskötlum voru athugaðar tvær leiðir varðandi uppbyggingu línukerfisins. Önnur styðst við núverandi áætlun Rafmagnsveitna ríkisins, en hin er að fara strax í 132 kV kerfi. Í ljós kom að seinni leiðin er ódýrari, ekki síst ef byrjað er á 132 kV kerfi áður en 66 kV kerfi er fest í sessi. Yrði 132 kV ódýrara vegna hins mikla kostnaðar sem kæmi vegna 132/66 kV spennu á Hryggstekk og Eyvindará og línustyrkingar að Neskaupsstað. Því var reiknað með að 132 kV leiðin yrði farin, sem felst í eftirfarandi:

- 1 Byggð 132 kV lína frá Hryggstekk að Eskifirði árið 1983 og þaðan til Neskaupsstaðar 1986, en 66 kV línan að Stuðlum látin sjá Reyðarfirði og suðurfjörðum fyrir rafmagni.
- 2 Línan frá Hryggstekk að Eyvindará yrði spennuhækkuð strax árið 1986 og millispennir settur upp á Eyvindará. Yrði 132 kV lína byggð að Seyðisfirði og rekin á þeirri spennu.

Á Hryggstekk þarf að setja niður annan 132/66 kV 32 MVA spennni með tilheyrandi fögum árið 1986 fyrir almenna tilvikið. Reiknað er með spennuhækkun til Eyvindará um leið og afl seinni spennisins þryti þ. e. árið 1998. Í tilvikinu með rafskautskötlunum þarf ekki frekara spennaafli, en 132 kV fög vegna útgangandi 132 kV lína að Eskifirði og Eyvindará koma árin 1983 og 1986.

Á Eyvindará þarf að koma til 132/66 kV millispennir þegar línan frá Hryggstekk að Eyvindará er spennuhækkuð í 132 kV. Yrði þetta árið 1986 með kötlunum, en árið 1998 án þeirra. Fyrir almenna tilvikið bætist við 66 kV fag 1990 vegna línu til Seyðisfjarðar. Í tilvikinu með rafskautskötlunum bætast við tvö 132 kV fög 1986 vegna línu til Seyðisfjarðar.

V.3-6-1 Vopnafjörður

Næg flutningsgeta er til staðar allt til aldamóta þó að rafskautsketill komi til. Því þarf aðeins að skipta um spennu og leggja streng við tilkomu ketilsins.

V.3-6-2 Seyðisfjörður

Fyrir almenna tilvikið er reiknað með 66 kV línu frá Eyvindará árið 1990, en setja verður upp 11 kV þéttavirki árið 1986 til að halda uppi spennu. Spennirinn sem settur var upp 1981 dugur væntanlega fram til aldamóta. Í hinu tilvikinu er reiknað með 132 kV línu árið 1986 og að settur verði 30 MVA spennir sem dugur til aldamóta. Reiknað er með aðveitustöð á núverandi stað í báðum tilvikum.

V.3-6-3 Neskaupsstaður

Í almenna tilvikinu er reiknað með nýrri 66 kV línu frá Eskifirði að Neskaupsstað árið 1990. Reist yrði ný aðveitustöð vestan bæjar í stað núverandi og kæmi þar 20 MVA 66/11 kV spennir, sem dygði til aldamóta.

Í tilvikinu með rafskautskötlunum er reiknað með 132 kV línu 1986 og 30 MVA spennu í gömlu aðveitustöðina.

V.3-6-4 Eskifjörður

Í almenna tilvikinu er reiknað með nýrri 66 kV línu frá Stuðlum 1983 og yrði 66/33/11 kV spennir settur upp í núverandi aðveitustöð, sem verður millispennir fyrir Neskaupsstað. Í hinu tilvikinu kæmi 132 kV lína frá Hryggstekk árið 1983 með tilheyrandi 132/33/11 kV spennu, en árið 1985 yrði bætt við fögum vegna útgangandi línu að Neskaupsstað.

V.3-6-5 Reyðarfjörður

Reiknað er með álagi Reyðarfjarðar verði annað frá Stuðlum u. þ. b. 5 km leið á 11 kV, í því skyni var settur spennir 66/33/11 kV (15/15/5 MVA) árið 1981, sem dugur þá til aldamóta í almenna tilvikinu. Bætt er við tveim 66 kV fögum vegna útgangandi línu að Eskifirði 1983.

Fyrir tilvikið með rafskautskatlinum er gert ráð fyrir að árið 1986 verði skipt um spennni og settur upp 25 MVA 66/33/11 kV spennir svo að nægilegt spennaafli sé fyrir Reyðarfjörð.

V.3-6-6 Höfn Hornarfirði

Reiknað er með að suðurlína komi árið 1983, að fullkomin aðveitustöð verði við Höfn og að þar verði settur 15 MVA 132/33/11 kV spennir með 33 kV vafi fyrir Smyrlabjargárvirkjun. Tilkoma annars spennis flýttist frá árinu 1990 til 1986 með tilkomu rafskautsketilsins. Fjarlægð frá aðveitustöðinni að Höfn er 6,5 km og yrði Höfn fædd með 11 kV loftlínum til aldamóta. Reiknað er með sér 11 kV línu fyrir ketilinn.

Varðandi Austfirði má geta þess að hugmyndir eru uppi um að hringtengja hluta kerfisins með því að byggja línu frá Eyvindará til Neskaupsstaðar. Þessi hugmynd var ekki tekin inn í dæmið.

Enda þótt 66 kV kerfi fyrir Austfirði verði staðreynd er hugsanlega hægt að breyta kerfinu svo það þoli álag rafskautskatlanna án mjög mikils kostnaðar. Spennuhækka má línuna frá Hryggstekk að Eyvindará og framlengja hana til Seyðisfjarðar og þaðan til Neskaupsstaðar, eða leggja línu frá Eyvindará til Neskaupsstaðar.

V.3-7 SUÐURLAND

Rafmagnveitur ríkisins gera ráð fyrir hringtengdu kerfi á Suðurlandi, þ. e. að 66 kV samband verði frá Búrfelli að Soginu um Hvolsvöll, Hellu og Selfoss. Auk þess verður annar minni 66 kV hringur Sog-Hveragerði-Þorlákshöfn sem lokast við Selfoss. Línan frá Sogi að Hveragerði og Þorlákshöfn rís á tímabilinu 1982 til 1984 en hringnum er lokað við Selfoss síðar. Línan Sog-Hveragerði-Selfoss-Hvolsvöllur verður byggð fyrir 132 kV spennu en hinar fyrir 66 kV. Gert er ráð fyrir annarri línu Búrfell-Hvolsvöllur árið 1995 og yrði sú lína byggð fyrir 132 kV spennu en rekin á 66 kV.

Á Hvolsvelli þarf í almenna tilvikinu að bæta við einu 66 kV fagi árið 1985 vegna línu frá Hellu. Einnig þarf 33 kV fag árið 1988 og 66 kV fag 1998, hvort tveggja vegna Vestmannaeyja. Línan Búrfell-Hvolsvöllur tengist árið 1985 með tilheyrandi fagi.

Í tilvikinu með rafskautskötlunum er Vestmannaeyjum létt af Hvolsvelli svo þá þarf þar einungis 66 kV fag árið 1985.

Við Búrfell er gert ráð fyrir í almenna tilvikinu að 220/66 kV 40 MVA spennir verði settur niður árið 1983 í stað gamla 20 MVA spennisins. Nýja 132 kV línan sem byggð verður árið 1995 að Hvolsvelli verður rekin á 66 kV spennu fram yfir aldamót.

Fyrir ketiltilvikið er reiknað með að settur verði 220/132 kV 50 MVA spennir árið 1983, en hann er tengdur fyrir 66 kV spennu til 1986 þegar 132 kV línan er byggð.

V.3-7-1 Vestmannaeyjar

Fyrir almenna tilvikið gera Rafmagnsveitur ríkisins ráð fyrir að Vestmannaeyjar verði á 33 kV spennu eins lengi og hægt er þ. e. fram til ársins 1998, ef gert er ráð fyrir þéttavirkjum í Vestmannaeyjum. Ný lína byggð fyrir 66 kV spennu verður reist 1987 frá Hvolsvelli út á Krossársand, en hún yrði rekin á 33 kV spennu og tengd beint nýja 33 kV strengnum. Gamla línan myndi tengjast eldri strengnum beint og vera varasamband. Árið 1998 er reiknað með spennuhækkun í 66 kV og að nýr strengur verði lagður frekar en að reist verði 66/33 kV spennistöð á Krossársandi. Varðandi spennaafli í Vestmannaeyjum er reiknað með að spennir sem þarf árið 1986 verði 30 MVA fyrir 66 kV spennu. Þannig er unnt að nota hann áfram eftir 1998.

Í ketiltilvikinu er reiknað með 132 kV línu frá Búrfelli að Krossársandi. Yrði hún tengd beint við 132 kV sæstreng án spennistöðvar. Í Vestmannaeyjum kæmi 132 kV aðveitustöð með 50 MVA 132/33/11 kV spenni. Millivafið kæmi að gagni við bilanir á 132 kV strengnum.

V.3-7-2 Þorlákshöfn

Línan frá Soginu að Hveragerði mun hafa næga flutningsgetu fram yfir aldamót þótt rafskautsketillinn bætist við. Nægilegt spennaafli verður í virkjuninni við Ljósafoss til að hægt sé að anna katlinum í eðlilegum rekstri fram til aldamóta. Eini aukakostnaðurinn af tilkomu ketilsins er að gera þarf ráð fyrir meira spennaafli þegar 66 kV aðveitustöð fyrir Þorlákshöfn rís

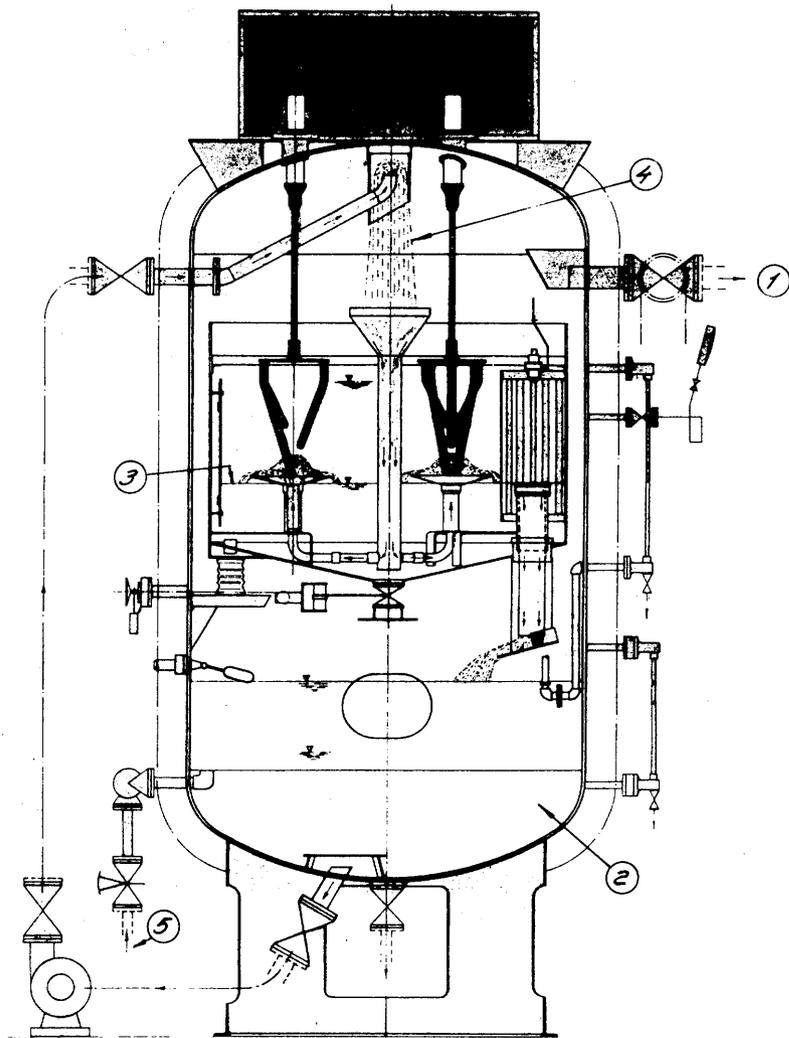
VIDAUKI 4

Rafskautskatlar

Rafskautskatlar eru gerðir fyrir allt að 12 kV spennu. Í öllum tilvikum er gert ráð fyrir að þeir séu reknir á 11 kV spennu, enda er sú spenna að verða allsráðandi í innanbæjarkerfum. Nota þarf einn til tvo 11 kV strengi fyrir hvern ketil og er ávallt reiknað með sér strengjum. Gert er ráð fyrir að ávallt þurfi að byggja yfir rafskautskatlana sér hús, eða sambærilegur kostnaður sé við uppsetningu þeirra. Sjá mynd V.4-1.

Nýtni rafskautskatla er um 98 % við fullt álag. Hægt er að ná samfelldri reglun á álag rafskautskatlanna frá 2 til 100 %, og er unnt að færa álagið úr 0 % í 100 % á örfáum mínútum í heitum katli. Hins vegar tekur gangsetning á köldum katli allt að 30 mínútur. Unnt er að halda vatninu í rafmagnskatlinum heitu án umtalsverðra tapa og hafa hann þannig tilbúinn til notkunar. Þess má geta að verð rafskautskatla er tiltölulega óháð afli t. d. er 10 MW ketill aðeins um 13 % dýrari en 5 MW ketill.

Ljóst er að þegar færa þarf gufuframleiðslu fiskimjölsverksmiðja skyndilega frá rafskautskatli yfir á olfuketil kemur hlé í gufuframleiðsluna meðan olfuketillinn er að hitna. Þúast má við að kaldur olfuketill sé allt að 30 mínútur að ná fullum afköstum. Hins vegar er unnt að stytta þennan tíma með því að hafa tank sem í er safnað heitu þéttivatni. Þannig er hægt að hita olfuketilinn með því að dæla þéttivatni í gegnum hann, og stytta þannig gangsetningartíma hans. Hið sama á við þegar skipta þarf gufuframleiðslunni frá olfukatli yfir á rafskautsketil á nokkrum mínútum ef á honum er vatn á vinnsluhitastigi.



- ① Gufa út.
- ② Vatn á vinnsluhitastigi.
- ③ Hæð vatnsyfirborðs stjórnar afli ketils.
- ④ Vatninu er úðað til að einangra „núllið“ frá jörð.
- ⑤ Þéttivatn inn.

Mynd V.4-1 Rafskautsketill