OM REGULERING AF NUMEDALS-LAAGENS VANDFØRING VED ANLÆG AF DAMME FOR TUNHØVD- OG PAALSBUFJORD.

OM REGULERING AF NUMEDALSLAAGENS VANDFØRING VED ANLÆG AF DAMME FOR TUNHØVD- OG PAALSBUFJORD.

KANALDIREKTØRENS SKRIVELSE TIL DEPARTEMENTET FOR DE OFFENTLIGE ARBEIDER AF 10DE JUNI 1905.

I anledning af det ærede departements skrivelse af 27de november 1902 (cfr. kanaldirektørens skrivelse af 23de april 1903) har jeg ladet udarbeide en fuldstændig plan til regulering af Numedalslaagens vandføring ved anlæg af damme i Tunhøvd- og Paalsbufjord.

Undersøgelsen har været overdraget afdelingsingeniør G. Sætersmoen, som under d. d. har afgivet vedlagte betænkning med plan og omkostningsoverslag for:

I. Dam for Tunhøvdfjord med reguleringshøide 10 m.
II. » » Paalsbufjord » —»— 5 m.

Dammen fra Tunhøvdfjord med de nødvendige udgravninger af elveleiet er beregnet at koste kr. 300 000,00, og dammen for Paalsbufjord kr. 150 000,00. Hertil kommer erstatninger for den af opdæmningerne bevirkede skade, hvilken efter et foreløbigt skjøn er antaget til henholdsvis kr. 100 000,00 og kr. 50 000,00.

Planerne har været udarbeidet under konference med mig, og har jeg til samme intet væsentligt at anføre, heller ikke til de foretagne hydrologiske beregninger.

Man vil opnaa en reguleret vandføring ved Labro og Kongsberg af gjennemsnitligt:

31,4 m.^{3} pr. sek. ved den foreslaaede regulering af Tunhøvdfjord

22,9 m.^{3} pr. sek. ved den foreslaaede regulering af Paalsbufjord.

Den nuværende normale minimumsvandføring er 11,5 m.^{3} pr. sek., men den kan under extraordinære omstændigheder synke ned til 8 m.^{3} pr. sek.

Man vil formentlig ved regulering af Paalsbufjord faa tilfredsstillet behovet for nutiden og for den nærmeste fremtid, hvorfor jeg vil anbefale brugseierne at gjennemføre dette alternativ først. Man vil derved holde sig adgangen aaben til senere — ved eventuelt voksende behov for vandkraft — at foretage reguleringen af Tunhøvdfjord, som er det vigtigste bassin i Numedalslaagens nedslagsdistrikt, og hvor der er gunstige betingelser for en rationel regulering.

Ved en regulering af begge sjøer opnaaes der en reguleret vandføring ved Labro og Kongsberg af 35,1 m.^{3} pr. sek.

Der er forøvrigt, som af Sætersmoen fremholdt, anledning til at regulere flere sjøer i vasdraget og derved til at faa vandføringen end yderligere forøget.

Den ved regulering af Paalsbufjord beregnede regulerede vandføring 22,9 m.^{3} pr. sek. er den gjennemsnitlige for de forskjellige aar. Det vil i dette tilfælde være fordelagtigt at tilveiebringe et mindre reservemagasin i en af de andre sjøer, hvor der er anledning til en billig dam. Naar dette magasin indeholder mindst 20 millioner m.^{3}, vil vandføringen ved Labro aldrig, selv i de vandfattigste aar, synke under 22,9 m.^{3} Jeg antager, at dette reservemagasin fordelagtigst anlægges i Rødungen, som ligger i Paalsbufjordens umiddelbare nærhed.

AFDELINGSINGENIØR G. SÆTERSMOEN'S SKRIVELSE TIL KANALDIREKTØREN AF 10DE JUNI 1905.

I Numedalslaagen er der endnu ikke udført nogen regulering til fordel for brugsdriften. Vandføringen er derfor meget ujevn, de vandfattige perioder langvarige og flommene voldsomme.

Ved udløbet, hvor elvens nedslagsdistrikt er 5626 km.^{2} stort, kan vandføringen i lavvandsperioden synke ned til 10 m.^{3} pr. sek., medens den under store flomme stiger op til 1000 m.^{3} pr. sek. Forholdet mellem den mindste og den største vandføring er saaledes $\frac{1}{100}$.

I den øvre del af vasdraget, delvis paa høifjeldet, ligger flere temmelig store sjøer, hvis regulering kan gjøre vandføringen jevnere. Ved en rationel udnyttelse af disse sjøers reguleringsevne vil Numedalslaagen paa grund af sin rigdom paa vandfald blive et af vort lands vigtigste vandkraftsvasdrag, idet det i saa henseende da vil overgaaes kun af Skienselven, Glommen og Drammenselven. Den omstændighed, at sjøerne ligger i nedslagsdistriktets øvre del, medfører, at en inddæmning af flomvandet, foruden at være til gavn for brugsdriften ogsaa vil formindske flommenes voldsomhed i hele vasdraget nedenfor og derved tjene ogsaa andre interesser, saasom landbonæringen og tømmerflødningen.

De vigtigste sjøer er følgende:

Sjøens navn	Antal km.²		Høide over havet i meter
	Nedslagsdistrikt	Sjøflade	
Tunhøvdfjord . .	1767	17,01	720
Paalsbufjord . .	1533	12,21	738
Rødungen . . .	38	10,55	1114
Heieren	315	7,42	1155
Halnevand . . .	215	15,04	1167
Langesjøen . . .	117	15,68	1218
Bjørnæsfjord . .	296	19,00	1220
Nordmandslaagen .	164	10,64	1267

Cfr. bilag 11, — et hydrografisk kart over sjøernes nedslagsdistrikter i maalestok $\frac{1}{200000}$.

Ved en nærmere undersøgelse af vandføringsforholdene i Numedalslaagen og af den indflydelse paa disse, som en regulering af sjøerne vil udøve, maa vi henholde os til de ved Labro gjennem et tidsrum af 10 aar udførte vandstandsobservationer og de af kanalvæsenet der foretagne vandmassemaalinger. Ved de af Labro træsliberi vaaren 1900 udførte dambygningsarbeider blev imidlertid vandstandsforholdene ved det benyttede vandmerke forrykket, saaat den gamle vandmassekurve ikke længer blev gjældende, og da der endnu ikke er udført nye vandmassemaalinger, har vi paa nærværende tidspunkt kun de 5 aar: 1895—1900 at lægge til grund for vore beregninger. I Skiens vasdrag danner imidlertid denne periode med hensyn til vandafløbet et gjennemsnit, der ligger temmelig nær normalen, og vi har derfor grund til at antage, at det samme er tilfældet for Numedalslaagens vedkommende.

Den mindste vandføring ved Labro i nævnte tidsrum har været 8 m.³ pr. sek., den største vand-

føring omtrent 850 m.³ pr. sek. under den meget store flom i 1897.

Lavvandsperioden indtræffer om vinteren og vaaren, nemlig i maanederne december—april. Det falder saaledes for os bekvemt at benytte en tidsangivelse af brugsaar, der begynder 1ste mai, nemlig ved overgangen mellem den vandfattige periode og tidspunktet for vaarflommens indtræffen. Det vil være tilfældet mep de i vasdraget forekommende sjøer, at de da befinder sig paa et lavt niveau, ikke meget forskjelligt fra aar til aar, hvorved man ved en undersøgelse af de aarlige vandmængder kun behøver at regne med afløbet uden at tage hensyn til de i sjøerne ved brugsaarskiftet opmagasinerede vandmængder.

I de 5 brugsaar $^1/_5$ 1895—$^{30}/_4$ 1900 har der ved Labro været:

I brugsaaret	Antal dage med sekundlig vandføring mindre end					
	8 m.³	10 m.³	15 m.³	20 m.³	25 m.³	30 m.³
1895—1896 . . .	0	0	36	63	93	117
1896—1897 . . .	0	0	72	113	130	142
1897—1898 . . .	0	0	26	73	116	163
1898—1899 . . .	0	0	21	78	135	149
1899—1900 . . .	0	65	119	160	206	234
Gjennemsnit	0	13	55	97	136	161

Det totale afløb i disse 5 aar har været 14 100 millioner m.³, det aarlige afløb saaledes gjennemsnitligt 2820 millioner m.³. Da nedslagsdistriktet ved Labro er 4340 km.² stort, representerer det aarlige afløb en vandhøide over hele nedslagsdistriktet eller en nettonedbør af 650 mm.

Der er ikke foretaget vandmassemaalinger i den øvre del af Numedalslaagens nedslagsdistrikt, hvor sjøerne er

beliggende. Man kan imidlertid med sikkerhed gaa ud fra, at aarsnedbøren er større i fjeldene end i lavlandet. Det tilgrænsende fjelddistrikt, der hører til Skiens vasdrag, leverer ifølge kanalvæsenets vandmassemaalinger saaledes betydeligt mere vand pr. 1 km.^{2} nedslagsdistrikt end lavlandet.

Jeg antager derfor, at man for den del af Numedalsvasdraget, som omfattes af Tunhøvdfjords nedslagsdistrikt gjennemsnitligt kan regne med en aarlig nettonedbør af 800 mm., altsaa et aarligt afløb af 1410 millioner m.^{3}.

Ved en sammenligning mellem Labro og Tunhøvdfjord faaes da:

Forholdet mellem nedslagsdistrikterne $= \frac{4340}{1767} = 2{,}46.$

—»— — vandmængderne $= \frac{2820}{1410} = 2{,}00.$

Ved en ideel regulering af vandføringen i den øvre del af vasdraget, hvortil man ved en rationel udnyttelse af samtlige foran nævnte sjøers reguleringsevne vilde nærme sig, skulde man ved Tunhøvdfjords udløb erholde:

$\frac{1\,410\,000\,000}{31\,536\,000} =$ ca. 45 m.^{3} pr. sekund jevnt aaret rundt.

Nærværende plan omfatter kun regulering af Tunhøvdfjord og Paalsbufjord, da disse sjøer byder de bedste betingelser for en regulering, og man gjennem lange tider vil være tilfredsstillet med de derved vundne resultater. Disse to ligger nederst af alle sjøer, og Tunhøvdfjord allerlængst nede. Der er til dem bekvem adgang, og en opdæmning vil ikke forvolde synderlig stor ødelæggelse af eiendom, eftersom bredderne er forholdsvis steile og lidet frugtbare. Det skal i denne

forbindelse bemerkes, at erstatning til fiskeri formentlig bliver de samme, hvad enten man dæmmer op sjøerne lidet eller meget, hvorfor man bør regulere saa høit som af praktiske grunde gjørligt.

Jeg tillader mig at foreslaa:

For Tunhøvdfjord en dam med reguleringshøide . . . . . 10,0 m.
» Paalsbufjord en dam med reguleringshøide . . . . . 5,0 »

I Tunhøvdfjord er der ved tilstedeværelsen af et udmerket godt damfæste anledning til en saa stor opdæmning, som ovenfor nævnt. Man bør ikke for at tilfredsstille det øieblikkelige behov for vand foretage en mindre regulering af denne sjø, da dette vil stænge for fremtidige muligheder. Kan man af økonomiske grunde ikke nu skride til en saa fuldstændig regulering, som den her foreslaaede for Tunhøvdfjords vedkommende, og man for nærværende kan nøie sig med en mindre forøgelse af vandføringen, bør man først regulere Paalsbufjord.

A. Hydrologiske beregninger.

Jeg har i det efterfølgende gjennemført beregningen af den regulerede vandføring for 3 alternativer, nemlig ved:

1) Opdæmning af Tunhøvdfjorden
2) Do. » Paalsbufjorden
3) Do. » begge sjøer.

1) Opdæmning af Tunhøvdfjord.

Den mindste vandføring ved Tunhøvdfjords udløb er ca. 4,0 m.^{3} pr. sek., den største vandføring

i perioden 1895—1900, nemlig under flommen i 1897 var antagelig ca. 450 m.^{3} pr. sek.

Tunhøvdfjord bestaar af 3 ved mellemliggende stryk adskilte dele, nemlig:

a) Øigardsfjord af areal 0,80 km.^{2} mellem Øigardsoset og Gravikstrøm.

b) Tonvikfjord af areal 1,10 km.^{2}. mellem Gravikstrøm og Bustrøm.

c) Bækkefjord og Storefjord, der ligger i samme niveau og tilsammen har et areal af 15,11 km.^{2}, ovenfor Bustrøm.

Faldet i strykene er:

ved lavvand 0,10 m. i Gravikstrøm,
og 1,55 » i Bustrøm,
— flom 0,21 » i Gravikstrøm,
og 1,65 » i Bustrøm.

Vandstandsforholdene i Tunhøvdfjord fremgaar af efterstaaende tabel, hvor de anførte høider refererer sig til det for damprojectet benyttede generalplan, cfr. bilag 1 og 2.

Navn.	Vandstand ved lavvand $^{20}/_2$ 1903.	Vandstand ved alm. flom $^{12}/_6$ 1903.
Øigardsfjord	côte 8,94 m.	côte 11,79 m.
Tonvikfjord	» 9,04 »	» 12,00 »
Bækkefjord og Storefjord	» 10,59 »	» 13,65 »

Som høieste reguleret vandstand foreslaaes côte 19,00 m., hvorved man altsaa vil faa en opdæmning over det nuværende lavvand af:

10,06 i Øigardsfjord
9,96 - Tonvikfjord
8,41 - Bækkefjord og Storefjord.

Lavvandet vil dog blive noget forandret ved udgravning og udsprængning af elvebunden i strykene og i Øigardsoset, hvor der maa skaffes et større profil for den forøgede vandføring under lavvandstand. Lavvandet i Bækkefjord og Storefjord bør saaledes sænkes vel 1 m., hvis sjøens reguleringsevne skal blive nogenlunde vel udnyttet.

I efterstaaende tabel er angivet høieste og laveste reguleret vandstand, samt de nytbare magasiner:

Navn.	Reguleret vandstand: côte:		Nytbare magasiner m.³
	laveste.	høieste.	
Øigardsfjord	9,08 m.	19,00 m.	7 936 000
Tonvikfjord	9,15 »	19,00 »	10 835 000
Bækkefjord og Storefjord	9,45 »	19,00 »	144 301 000
		Sum	163 072 000

For sjøens indflydelse paa afløbet i dets nuværende tilstand gjøres skjønsmæssigt et fradrag i reguleringshøiden af 0,4 m., altsaa for magasinets vedkommende et fradrag: $17\,010\,000 \times 0{,}4 = 6\,804\,000$ m.³.

Til direkte forøgelse af den nuværende vandføring i den vandfattige periode faaes netto:

Nyt magasin: $163\,072\,000 \div 6\,804\,000 = 156\,268\,000$ m.³

Benævnes:

Nyt magasin $= M$.

Antal døgn, hvori dette magasin bliver at fordele $= A$.

Midlere vandføring pr. sekund i dette tidsrum før reguleringen $= q_1$.

Den ved det nye magasins udnyttelse opnaaede regulerede vandføring $= Q$.

faar man:

Tilvekst til tidligere midlere vandføring:

$$= \frac{M}{A \cdot 86\,400}$$

Ny reguleret vandføring:

$$= Q = q_1 + \frac{M}{A \cdot 86\,400}$$

I de 5 brugsaar $^1/_5$ 1895—$^{30}/_4$ 1900 vilde man have faaet følgende vandføringer:

Ved Labro,

Brugsaar.	Antal døgn fordeling af magasinet A	Vandføring = m.³ pr. sekund.				
		Uden opdæmningen.		Efter opdæmningen.		Reguleret vandføring efter opdæmningen Q
		Midlere i perioden q_1	Mindste i perioden q_2	Tilvekst til midlere $Q \div q_1$	Tilvekst til mindste $Q \div q_2$	
1895—1896	132	21,8	11,0	13,7	24,5	35,5
1896—1897	133	16,1	11,2	13,6	18,5	29,7
1897—1898	142	21,3	15,5	12,8	18,6	34,1
1898—1890	153	20,4	12,0	11,8	20,2	32,2
1899—1900	247	18,5	8,0	7,3	17,8	25,8
Gjennemsnit		19,6	11,5	11,8	19,9	31,4

Ved Tunhøvdfjords udløb vilde man, under forudsætning af, at afløbet uden opdæmningen er det halve af, hvad det er ved Labro have faaet følgende gjennemsnitsværdier:

q_1 = tidligere midlere vandføring = 9,8 m.³ pr. sek.
q_2 = — mindste — = 5,8 —»—
$Q \div q_1$ = tilvekst til midlere — = 11,8 —»—
$Q \div q_2$ = — » mindste — = 15,8 —»—
Q = reguleret — = 21,6 —»—

En betingelse for, at man skal kunne basere brugsdriften i Numedalslaagen paa en reguleret vundføring som beregnet gjennemsnit er, at man skaffer sig et mindre reservemagasin i en overforliggende sjø, hvilket udtappes i de vandfattigste aar. Et reservemagasin vil altsaa bidrage meget til at forøge hovedreguleringens effektivitet. Jeg antager, at sjøeu Rødungen bedst egner sig for anlæg af et saadant.

2. Opdæmning af Paalsbufjord.

Nuværende laveste vandstand i Paalsbufjord er côte 17,5 m. efter det for damprojectet benyttede generalplan, og høi flom 20,5., cfr. bilag 12, 13 og 14.

Ved den foreslaaede opdæmning af 5 m., nemlig fra nuværende lavvand côte 17,5 til côte 22,5, faaes af den 12,21 km.^{2} store sjø et

nytbart magasin = 61 050 000 m.^{3}

For sjøens indflydelse paa afløbet i dets nuværende tilstand gjøres skjønsmæssigt et fradrag i reguleringshøiden af 0,25 m., altsaa for magasinets vedkommende et fradrag af: 12,21 × 0,25 = 3 050 000 m.^{3}.

Nyt magasin bliver: 61 050 000 − 3 050 000 = 58 000 000 m.^{3}

Kaldes dette magasin = M

Antal døgn, hvori det bliver at fordele = A,

Midlere vandføring pr. sekund i dette tidsrum før reguleringen = q_1.

Den ved opdæmningen tilveiebragte regulerede vandføring = Q,

faaes:

Tilvekst til tidligere midlere vandføring:

$$= \frac{58\,000\,000}{A \times 86\,400.}$$

Ny reguleret vandføring:

$$Q = q_1 + \frac{58\,000\,000}{A \times 86\,400.}$$

For de 5 brugsaar $^1/_5$ 1895—$^{30}/_4$ 1900 faaes følgende:

Ved Labro

Brugsaar.	Antal døgn fordeling af magasinet A	Vandføring = m.³ pr. sekund.				
		Uden opdæmningen.		Efter opdæmningen.		Reguleret vandføring efter opdæmningen Q
		Midlere i perioden q_1	Mindste i perioden q_2	Tilvekst til midlere $Q \div q_1$	Tilvekst til mindste $Q \div q_2$	
1895—1896	108	19,5	11,0	6,2	14,7	25,7
1896—1897	118	15,1	11,2	5,7	9,6	20,8
1897—1898	134	21,0	15,5	5,0	10,5	26,0
1898—1899	143	20,0	12,0	4,7	12,7	24,7
1899—1900	106	11,1	8,0	6,3	9,4	17,4
Gjennemsnit		17,4	11,5	5,5	11,4	22,9

3) Opdæmning af begge sjøer (Tunhøvdfjord og Paalsbufjord).

Nytbare magasiner bliver:

i Tunhøvdfjord	= 163 072 000	m.³
- Paalsbufjord	= 61 050 000	»
tilsammen	= 224 122 000	m.³

For sjøernes indflydelse paa det naturlige afløb gjøres skjønsmæssigt et fradrag i magasinerne af:

(12 210 000 + 17 010 000) = 0,5	= 14 610 000	m.³
Rest: Nyt magasin	= 209 512 000	»

Ved beregningsmaade, som tidligere anvendt, faaes:

Ved Labro.

Brugsaar.	Antal døgn fordeling af magasinet A	Vandføring = m.³ pr. sekund.				
		Uden opdæmning.		Efter opdæmningen.		Reguleret vandføring efter opdæmning Q
		Midlere i perioden q_1	Mindste i perioden q_2	Tilvekst til midlere $Q \div q_1$	Tilvekst til mindste $Q \div q_2$	
1895—1896	136	22,2	11,0	18,0	29,2	40,2
1896—1897	146	17,3	11,2	16,6	22,7	33,9
1897—1898	173	23,1	15,5	14,0	21,6	37,1
1898—1899	156	20,7	12,0	15,5	24,2	36,2
1899—1900	253	18,6	8,0	9,6	20,2	28,2
Gjennemsnit		20,4	11,5	14,7	23,6	35,1

Recapitulation.

I efterstaaende tabel angives de fundne gjennemsnitsværdier. Man faar:

Ved Labro.

Ved opdæmning, som foreslaaet, af:	Vandføring = m.³ pr. sekund.				
	Uden opdæmning.		Efter opdæmningen.		Reguleret vandføring efter opdæmning.
	Midlere i lavvandsperioden.	Mindste i lavvandsperioden.	Tilvekst til midlere.	Tilvekst til mindste.	
1) Tunhøvdfjord .	19,6	11,5	11,8	19,9	31,4
2) Paalsbufjord .	17,4	11,5	5,5	11,4	22,9
3) begge sjøer. .	20,4	11,5	14,7	23,6	35,1

B. Dammene.

1) Dammen for Tunhøvdfjord.

Damstedet:

Dette ligger omtrent 300 m. nedenfor Øigardsoset ved den saakaldte «Stolen», cfr. bilag 1, 2, 3.

Her forekommer der fjeld i profilet, rigtignok paa høire bred delvis overdækket, men mægtigheden af det løse lag, som ligger ovenpaa er formentlig ikke mere end fra 1 til 3 meter.

Dammen lægges saaledes, at det midtre og høieste parti danner en bue mod strømmen, sidepartierne rette linjer. Paa grund af terrainforholdene er damarmen paa høire bred lagt i en vinkel i forhold til dammen forøvrigt.

Hoveddammen:

Angaaende dimensioneringen henvises til bilag 5 og 10. Kronen lægges paa côte 19,50 m., altsaa 0,5 m. over høieste reguleret vandstand, og gjøres 2,0 m. bred. Dammen udføres af beton i blandingsforhold 1 : 5 : 15 — dog med blanding 1 : 5 : 7 i 1,0 m.s tykkelse paa opsiden, hvor forøvrigt ogsaa yderst mod vandet anbringes et 10 cm. tykt mørtellag af blanding 1 : 2. Nær bunden anbringes efter dammens længderetning en drainering skanal af høide 1,0 m. og bredde 0,8 m., der har to aabninger ud til dammens bagside, og som sættes i forbindelse med et system af smaa, vertikale kanaler, der føres helt op til dammens krone. Disse vertikale kanaler gjøres 6 cm. i diameter og sættes i en indbyrdes afstand af 40 cm.

Flomløbet:

Ved bestemmelsen af flomløbets bredde har jeg gaaet ud fra et maximal afløb af 400 m.^{3} pr. sek. ved høieste opdæmningsgrænse côte 19,0 m. Da 85 m.^{3} pr.

sek. kan afledes gjennem to bundaabninger, maa 315 m.^{3} pr. sek. ud gjennem flomløbet. Dette maa da gives en bredde af 50 m., hvoraf 17 m. udsprænges i fjeld og 33 m. lægges i dammuren, cfr. bilag 3. Dammen maa her udføres af tugtet sten i cement med en bredde oventil af 5,0 m., et anlæg paa opsiden af 2 : 1 og paa nedsiden af 8 : 1, cfr. bilag 5, snit c—d. Bunden i flomløbet (stenmurens overkant) lægges paa côte 16,25 m. og afdækkes med en 0,15 m. tyk træsville, hvis høieste kant saaledes kommer paa côte 16,40 m. Fjeldpartiet udmineres foran dammen til côten 15,0 m. og bunden gjøres horisontal, hvorimod den bag dammen gives en hældning af 1 : 6.

Reguleringen bør ske ved hjælp af vertikale naaler af træ (10 cm. □), og til optagelse af vandtrykket fra disse anbringes faste jernbukke i en indbyrdes afstand af 5,0 m. Disses udførelse fremgaar af bilag 7. Overkanten af gangbroen i flomløbet lægges paa côte 19,50 m. Mellem flomløbet og hoveddammen bør anbringes en 3 m. bred pillar, der udføres af tugtet sten i cement.

Afløbsaabninger for driftsvand:

Disse lægges i profilets dybeste del, cfr. bilag 3 og 4. Der anbringes i en indbyrdes afstand af 7,0 m. 3 rør af indvendig diameter 2,0 m. Den øverste del tildannes konisk, saaledes at diameteren ved indløbet bliver 2,4 m. Bunden lægges ved indløbet paa côte 4,0 m. Rørene udføres af staal med en godstykkelse af 12 mm. og maa forsynes med vinkeljernsafstivninger. De omgives af en betonblanding 1 : 3 : 5. Til afstængning benyttes reguleringsluger af jern, cfr. bilag 8. Lugen er paa siderne forsynet med ruller, der gaar i føring (skinne). Lugens vegt, som er ca. 4,5 ton afbalanceres med contravegt, der gaar ned paa dammens bagside. Optræksanordningen er kun skematisk fremstillet paa bilag 9.

Hvert rør afleder ved laveste reguleret vandstand 22 m.^{3} pr. sekund og ved høieste reguleret vandstand 42,5 m.^{3}.

Indtil flere sjøer ovenfor Tunhøvdfjorden bliver reguleret, er det tilstrækkeligt at tage i brug to afløbsaabninger for driftsvand, og det tredie rør, som imidlertid maa indlægges med det samme, man bygger dammen, kan foreløbig afstænges.

Tømmerløbet:

Dette lægges længst til høire, for at man mindst muligt skal blive generet af dragsuget fra flomløbet og bundaabningerne. Jeg har forudsat, at flødningen nedenfor dammen kan foregaa i tømmerrende. En saadan er nemlig ganske nylig færdigbygget og ligger omtrent paa det sted i profilet, hvor tømmerløbet for dammen er projecteret. Løbet gjøres 1,0 m. bredt, og dets bund lægges paa côte 16,5 m. Aabningen afstænges med vertikale naaler. Den netop færdige tømmerrende er baseret paa at fløde ved vandstande omkring côte 12,0 m., hvorfor dens øvre del maa ombygges og gives et fald af 1 : 10, idet bunden ved dammen lægges paa côte 16,0 m., cfr. bilag 6. Der vil kunne flødes paa alle vandstande fra den høieste (côte 19,0 m.) til côte 17,0 m. Rendens øverste del forsynes med slidser i siderne, for at der ved de høieste vandstande kan slippes ud igjen noget vand. Der vil nemlig ved de høiere vandstande blive taget ind mere vand, end renden nedenfor vil kunne føre.

Udvidelse af profilet i Øigardsoset, Græsvikstrøm og Bustrøm:

For at faa afledet ca. 22 m.^{3} pr. sek. ved den stipulerede laveste vandstand maa elvebunden uddybes.

Der maa udføres følgende arbeider:

i Øigardsoset og Gravikstrøm: render med bund paa côte 8,0 m., hvis bundbredde gjøres 30 m. og sideskraaninger med anlæg 1 : 2,

i Bustrøm: rende af længde 340 m., med bund nederst paa côte 8,15 m. og øverst paa côte 8,40 m., altsaa med et fald i længderetningen af 1 : 1350. Rendens bredde gjøres 22 m. og sideskraaningerne vertikale.

Der er ikke foretaget saa nøiagtige maalinger, at der for disse udvidelser med sikkerhed kan angives masser. For at man dog nu skal kunne faa et nogenlunde begreb om disse udvidelsers omfang, har jeg opstillet et omkostningsoverslag for samme, som er baseret paa en skjønsmæssig antagelse af masserne. Det er da selvsagt, at masseangivelserne for udvidelsernes vedkommende ikke kan lægges til grund for nogen anbudsindbydelse.

I Øigardsoset og Gravikstrøm bliver der formentlig kun kuppelsten at fjerne, hvorimod der i Bustrøm maa udføres fjeldsprængning.

Omkostningsoverslag.

I. Dammen.

Sprængninger for murfod 1200 m.³ à 5,00		kr.	6 000,00
Mur: Sten i cement . . 1000 »			
— Beton . . . . . 5000 »			
Tilsammen 6000 m.³ - 25,00		»	150 000,00
Anordninger i flomløbet:			
Faste jerndele 16 ton à 400.00 = 6 400,00			
Gangbro, naaler, bundsville m. m. = 1 600,00			
		»	8 000,00
		Overføres kr.	164 000,00

	Overført	kr. 164 000,00
I afløbsaabningerne for driftsvandet:		
Staalrør (à 8 ton) 3 stk. à 4000,00 =	12 000,00	
Luger (à 4,5 ton) med optræksanordninger og contravegter 3 stk. à 3 000,00 . . . . =	9 000,00	
	»	21 000,00
Anordninger i tømmerløbet, ombygning af tømmerrendens øvre del, anslagsvis	»	5 000,00
Fangdamme og provisoriske indretninger for vandslipning	»	20 000,00
Barakker og damvogterbolig samt naalehus	»	10 000,00
Tillæg: For redskab kr. 20 000		
— » administration » 15 000		
— » tilfældige udgifter » 15 000 = (22½ %)		
	»	50 000,00
	Sum kr.	270 000,00

II. Udvidelse af elveprofilet.

anslagsvis:

I Øigardsoset	1000 m.³	kuppelsten à 2,00	kr.	2 000,00
- Gravikstrøm	1000 »	— - 2,00	»	2 000,00
- Bustrøm . .	5000 »	fjeld - 4,00	»	20 000,00
Tillæg for redskab, administration og tilfældige udgifter		25 %	»	6 000,00
			Sum kr.	30 000.00

Tilsammen I og II . . . . . kr. 300 000,00

2) Dammen for Paalsbufjord.

Damstedet.

Dette er valgt lige ved den saakaldte Torkildsbu ved udløbet af sjøen, hvor der ligger en af fjeld bestaaende holme i midten, cfr. bilag 12 (blad 1 for projectet «Reguleringsdam for Paalsbufjord»). Det vestre (høire) af de to derved dannede løb er hovedløbet. Bunden i dette bestaar for en del af fjeld, og for en del af store kuppelstene. Fjeldet optræder i dagen igjen paa høire bred, saa det i hovedløbets dybeste del forefindende kuppelstenslag antages ikke at være tykt. I den længst tilhøire liggende del af profilet forekommer ikke fjeld i dagen. I det venstre biløb forekommer fjeld, ligesaa paa venstre bred, omend tildels overdækket. Angaaende dammens trace ABCDEFGH henvises til bilag 12, 13, 14.

Hoveddammen (AB og FG).

Disse to damarme udføres med en krone af bredde 1,75 m., der er beliggende paa côte 23,0 m., altsaa 0,5 m. over høieste reguleret vandstand. Sideskraaningerne udføres med anlæg 10 : 1 paa opsiden og 3 : 1 paa nedsiden. For at faa godt, fast fjeld for murfoden bør man sprænge ud fjeldet i en dybde af mindst 1,0 m. Paa det dybeste sted i profilet bliver muren da antagelig ca. 7,5 m. høi og faar der en bundbredde af 5,0 m. Dammen udføres af beton i blandingsforhold 1 : 5 : 15, med et federe lag af tykkelse 1,0 m. paa opsiden (1 : 5 : 7.) Mod vandsiden anbringes ogsaa et 10 cm. tykt mørtellag af blanding 1 : 2. Paa samme maade som foreslaaet for Tunhøvdfjord dam anbringes nær bunden en draineringskanal af høide 1,0 m. og bredde 0,8 m. efter hele dammens længderetning. Denne kanal sættes i forbindelse med et system af vertikale kanaler, der føres

op til dammens krone. Disse kanaler gives en diameter af 6 cm. og stilles i en indbyrdes afstand af 40 cm.

I hoveddammens forlængelse indover høire bred — fra punkt *G* til punkt *H* — anbringes en fylding af jord og sten. Dennes krone lægges paa côte 23,5 m. og gives en bredde af 3,0 m. Sideskraaningen paa opsiden mod vandet gives et anlæg af 1 : 2 og forsynes med en stenplastring. Under plastringen maa der være et 0,7 m. tykt rosentorvlag, som føres mindst 1,0 m. ned i bunden foran fyldingen. Bagsiden af fyldingen gives et anlæg af 1 : $1^1/_2$.

Flomløbet (EF).

Dette lægges paa den førnævnte holme, hvorved det i sin helhed kommer til at ligge i fjeld. Bunden afplaneres til côte 19,75, cfr. bilag 12, 13 og 14. Løbet gjøres 40 m. bredt og indrettes paa samme maade, som foreslaaet for flomløbet til Tunhøvdfjord dam, nemlig med faste jernbukke i en indbyrdes afstand af 5,0 m., hvilke gjennem oventil anbragte horisontaltliggende H-jern optager vandtrykket fra naalerne, der staar vertikalt. Med hensyn til bukkenes konstruktion henvises til bilag 7. Overkanten af gangbroen lægges paa côte 23,0 m. og bundsvillens overkant paa côte 19,90 m. Det begrændses paa siderne af pillarer af tugtet sten i cement.

Tømmerløbet (CD).

Dette er anbragt tilvenstre for flomløbet og bliver i sin helhed beliggende i fjeld. Det gjøres 8,0 m. bredt og reguleres med vertikale naaler, der oventil lægges an mod et horisontalt liggende H-jern. Gangbroens overkant lægges paa côte 23,0 m. Bundsvillens overkant lægges paa samme høide som i flomløbet. Fjeldet afplaneres opover og nedover til côte 19,75 m., hvorved dannes en rende, der begrænses paa siderne af 1,5 m.

brede stenskjærmer *CJ* og *DL*, hvis kroner lægges paa côte 23,0 m. I disse stenskjærmers forlængelse opover udlægges ledelændser *JK* og *LM*. Partiet DE mellem tømmerløbet og flomløbet opfyldes til côte 23,0 m., saaledes at der dannes et 9,0 m. bredt plateau, hvor der anbringes et hus for naaler og redskab.

Indtaget for driftsvand (BC)

Dette lægges i det venstre af de to ved førnævnte holme dannede løb. Indtaget udføres i form af to bundaabninger, der adskilles fra hinanden ved en 3,0 m. bred pillar af tugtet sten i cement. Hver aabning gives en bredde af 5,4 m. og overspændes med et betonhvælv, hvorpaa man videre bygger betonmuren, som føres op til côte 23,0 m. Bunden af aabningerne lægges paa côte 16,5 m. Hver aabning inddeles ved vertikale H-jern i tre dele, som hver reguleres ved hjælp af luge, cfr. bilag 14. Der anbringes foran aabningernes øvre del ned til côte 17,5 m. en fast plankeklædning, og den aabning, der skal stænges ved hjælp af lugen bliver derved kun 1,0 m. høi. Lugerne gjøres 1,2 m. høie og 1,8 m. brede.

Betonmuren ved indtaget gives en kronebredde af 2,0 m. Sideskraaningerne gives et anlæg af 10 : 1 paa opsiden og $2^1/_2$: 1 paa nedsiden. Pillarens nedside gives et anlæg af 2 : 1.

Betonen udføres i blandingsforhold 1 : 5 : 7 og forsynes mod vandet med et 10 cm. tykt mørtellag af blanding 1 : 2.

Uddybning af elvebunden.

For at faa afledet en tilstrækkelig stor vandføring ved laveste vandstand i sjøen (17,5 m.) maa man uddybe elven saavel ovenfor som nedenfor indtaget for driftsvand. I den anledning foreslaaes udmineret en kanal

OP, hvis længde bliver 200 m. Denne kanals bund lægges ovenfor indtaget horisontalt paa côte 16,5 m., men gives nedenfor indtaget et fald i længderetningen af 1 : 300. Bredden gjøres 14,0 m. Der kan ved laveste reguleret vandstand afledes en vandføring af omtrent 15 m.^{3} pr. sekund.

Paa grund af høi vandstand fik jeg ikke foretaget saa nøiagtige maalinger af elvebunden, at masserne ved udsprængningen af kanal kan angives nøiagtigt. Den i omkostningsoverslaget opførte sum antages imidlertid at være fuldt tilstrækkelig.

Omkostningsoverslag.

Sprængninger for murfod	800 m.^{3} à 5,00	kr.	4 000,00
— » kanal	2 000 » - 5,00	»	10 000,00
Mur: Sten i cement . .	350 m.^{3}		
Beton	2 650 »		
Tilsammen	3 000 » à 25,00	»	75 000,00
Jorddæmning:			
Fylding	1 000 m.^{3} à 2,00 = 2 000,00	»	
Rosentorv	500 » - 2,00 = 1 000,00	»	
Plastring	500 m.^{2} - 2,00 = 1 000,00	»	
		»	4 000,00
Anordninger i flomløb og tømmerløb:			
Faste jerndele 14,5 ton à 400,00 = 5 800,00			
Gangbro, naaler, bundsville m. m. 1 200,00			
		»	7 000,00
6 luger med føringsjern og opheisningsindretninger		»	4 000,00
Fangdamme og provisoriske indretninger for vandslipning		»	10 000,00
Overføres		kr.	114 000,00

	Overført kr.	114 000,00
Barakke og damvogterbolig, samt naalehus	»	8 000,00
Tillæg:		
For redskab . . kr. 12 000		
» administration » 8 000		
» tilfældige udgifter . . . » 8 000 = (22½ %)		
	»	28 000,00
	Sum kr.	150 000,00

C. Oversigt over de eiendomme, som ødelagdes ved opdæmningerne.

1) Ved Tunhøvdfjord.

Østre bred:

Møstrand, eier Torstein Bustrøm, ca. 12 maal dyrket mark, vaaningshus, stabur, fjøs og lade, samt 3 mindre huse.

Øigardssæter, ca. 9 maal england.

Fiskerhytte, eier O. Loftsgaarden.

Pladsen Berget, eier Knut Loftsgaarden, ca. 7 maal england og 3 huse.

2 baadnøst nedenfor Bustrøm.

Bustrøm, eier Torstein Bustrøm, ca. 5 maal dyrket mark og 2 smaa huse.

Fiskerhytte, eiere frøknerne Thaulow, 2 huse.

Do. eier fabrikinspektør Lundh.

Do. nordre Skjønneboden.

Do. eier Larsen.

Do. eier Knut Loftsgaarden.

2 baadnøst.

Fiskerhytte og baadnøst paa Ariodden.

Strømmen, ca. 6 maal england og 2 huse.

Fiskerhytte med ca. 2 maal england paa en holme i sjøens nordre ende.

Flødningsdirektionens hus.

En del skog og myrland ved sjøens nordre ende.

Vestre bred:

Storebæk tømmerkoje og søndenfor denne en del skogmark.

Fiskerhytte, eier Hellek Sønstegaard.

Do. eier Nils Svensrud.

Do. «Liberia», eiere frøknerne Thaulow.

Store Næset, ca. 20 maal dyrket mark og 3 huse.

Baadnøst.

Bækken, ca. 9 maal dyrket mark og 3 huse og søndenfor der lidt skog og 1 sag.

Baadnøst.

Tonviken, ca. 1 maal england.

Laugardssæter, ca. 4 maal england og 2 huse.

Odden, ca. 10 maal dyrket mark og 1 hus.

Skaden, iberegnet fisket, vil i det hele formentlig ikke overstige kr. 100 000,00.

2) Ved Paalsbufjorden.

Østre bred:

2 baadnøst inde ved Breivik.

Ved Breivik en tange med lidt skog.

Skoghytte, tilhørende Oland & co., hvorom lidt skog.

Ved Risholmen lidt skogmark.

Ved Holmen eier Hans Skramnæs 1 baadnøst.

Fiskerhytten ved Holmen ligger uberørt af opdæmningen.

En del skogmark i den øvre ende.

Vestre bred:

En del myrlændt skogmark ovenfor «Viken».

Viken ca. 6 maal england og 2 smaa huse samt en skogtange.

Fiskerhytte «Lindviken», eier H. Krag.

Straks søndenfor Larsens fiskerhytte en del smaaskog. Larsens fiskerhytte er uberørt af opdæmningen.

Fiskerhytte Torkildsbu, eier Haug, ved sjøens munding.

Skaden vil i det hele formentlig ikke overstige kr. 50 000,00.

Bilagsfortegnelse.

Bilag 1: (Blad 1 til reguleringsdam for Tunhøvdfjord): Kart over Numedalslaagen ved Tunhøvdfjords udløb, maalestok $\frac{1}{500}$.

— 2: (Blad 2 t. r. f. T.): Længdeprofil med vandstandsangivelse.

— 3: (— 3 —»—): Situation af dam, maalestok 1 : 200.

— 4: (— 4 —»—): Længdeprofil af dam.

— 5: (— 5 —»—): Snit af dam.

— 6: (— 6 —»—): Tegning af Tømmerløb.

— 7: (— 7 —»—): — » jernbukiflomløb.

— 8: (— 8 —»—): — » reguleringsluge.

— 9: (— 9 —»—): Skematisk fremstilling af optræksanordning for luger.

— 10: (— 10 —»—): Stabilitetsundersøgelse af mur.

— 11: (— 11 —»—): Tunhøvdfjordens nedslagsdistrikt, maalestok $\frac{1}{200000}$.

Bilag 12: (Blad 1 til reguleringsdam for Paalsbufjord): Situation, maalestok $\frac{1}{500}$.
— 13: (— 2 t. r. f. P.): Situation, maalestok $\frac{1}{200}$.
— 14: (— 3 —»—): Længdeprofil og tversnit af dam, samt tegning af reguleringsluger.

Sluttelig skal anføres, at der ogsaa kan foretages regulering af de øvrige indsjøer i Numedalslaagens nedslagsdistrikt. Forholdene ved disse er ikke endnu tilstrækkeligt undersøgt, men forsaavidt man kan dømme efter en ved kanalkontoret udført foreløbig befaring, kan der med rimelige omkostninger formentlig opnaaes følgende reguleringer:

Sjøens navn.	Reguleringshøide m.	Magazin, millioner m.³
Rødungen	3,0	31,65
Heieren	3,0	22,26
Halnevand	5,0	75,20
Langesjøen	4,0	62,72
Bjørnæsfjord . . .	3,0	57,00
Nordmandslaagen . .	4,0	42,56

I forbindelse med regulering af Tunhøvdfjord og Paalsbufjord vil derved reguleret vandføring antagelig kunne bringes op til ca. 40 m.³ pr. sekund ved Tunhøvdfjords udløb og til omtrent 50 m.³ pr. sekund ved Labro.

Det Mallingske Bogtrykkeri A/S.