DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

DTU Bibliotek Danmarks Tekniske Universitet | Anker Engelunds Vej 1 2800 Kgs. Lyngby | Tlf. 45 25 72 50 | bibliotek@dtu.dk www.bibliotek.dtu.dk

FORSLAG

TIL

KANAL- OG KRAFTANLÆG VED GUDENAA

UDARBEJDET TIL

KOMMISSIONEN ANGAAENDE GUDENAA

AF

S. A. FABER OG KR. THOMSEN

BIBLIOTEK

KØBENHAVN
J. H. SCHULTZ A/S UNIVERSITETSBOGTRYKKERI
1910

~~Industribiblioteket~~

~~6292~~

Grp: Forfatter: Faber & Thomsen.

Titel: Kanal- og Kraftanlæg i Guldmaa.

Bind: Udgave: Trykaar: 1910

~~Industribiblioteket~~

~~6292~~

TB Gl.

621.209 Fab

DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

FORSLAG

TIL

KANAL- OG KRAFTANLÆG

VED GUDENAA

UDARBEJDET TIL

KOMMISSIONEN ANGAAENDE GUDENAA

AF

S. A. FABER OG **KR. THOMSEN**

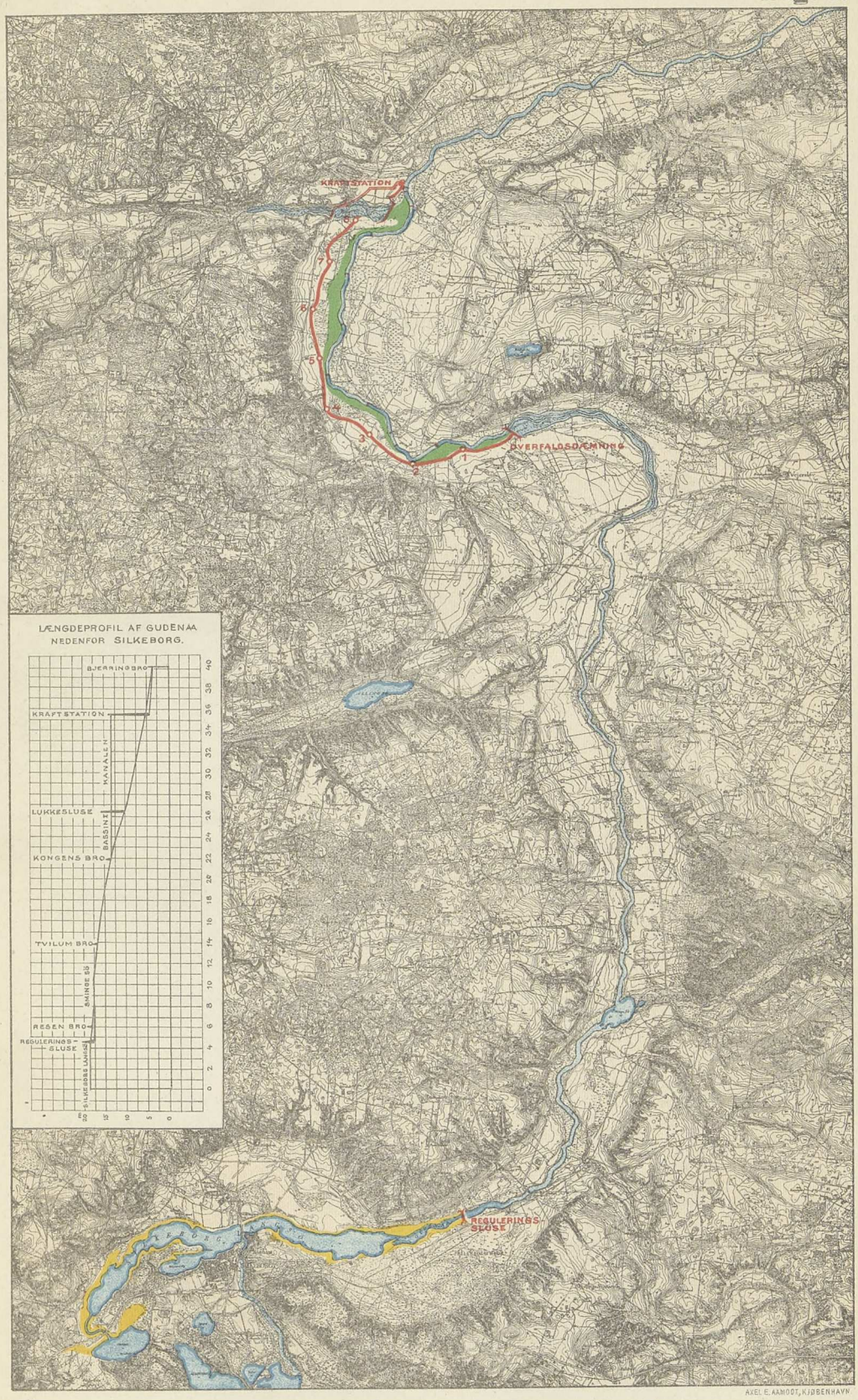
DANMARKS TEKNISKE VIDENCENTER
& BIBLIOTEK
257009
300009472179

KØBENHAVN
J. H. SCHULTZ A/S UNIVERSITETSBOGTRYKKERI
1910

INDUSTRIFORENINGENS
-6.SEP.1927
BIBLIOTEK
3163

KANALANLÆG VED GUDENAA.

Fig. 1.



I Henhold til det os af „Kommissionen angaaende Gudenaa“ overdragne Hverv har undertegnede, Direktør S. A. Faber og Ingeniør Kr. Thomsen, udarbejdet efterfølgende Forslag til en Udnyttelse af Gudenaaens Vandmasser.

Det foreliggende Arbejde deler sig i:

I. Hydrometrisk Undersøgelse af Gudenaaen, særlig fra Silkeborg til Tange.
II. Beskrivelse af det projekterede Kanalanlæg med dets forskellige Bygningsværker.
III. Kanalanlægets Ydeevne.
IV. Muligheder for Vandkraftens Anvendelse.
V. Kraftstationen: Dimensionering og Beskrivelse.
VI. Ledningsnettet og Transformatorstationerne.
VII. Elektricitetsforbruget og Tariffer.
VIII. Overslag og Rentabilitetsberegninger.
IX. Vanding, Sejlads og Fiskeri.
X. Résumé.

Af de forskellige Afsnit skyldes i Hovedsagen I, II og IX undertegnede Kr. Thomsen med Assistance af Ingeniør cand. polyt. O. Dam Andreasen, Afsnittene IV, VI og VII undertegnede S. A. Faber med Assistance af Ingeniør cand. polyt. E. Rager, medens Afsnittene III, V, VIII og X er udarbejdet i Fællesskab.

I. Hydrometrisk Undersøgelse af Gudenaaen, særlig fra Silkeborg til Tange.

Gudenaaens Faldforhold.
Fig. 1. Pl. 1.

Gudenaaens Løb med nærmeste Omgivelser fra Silkeborg til Bjerringbro ses paa Oversigtskortet Fig. 1 samt paa Pl. I.

De Maalinger og Nivellementer, der danner Grundlaget for den efterfølgende Fremstilling, er alle, hvor intet andet udtrykkelig er bemærket, angivne i Metermaal; Nulpunktet for Nivellementet er Generalstabens Nul

Paa Fig. 1 er ogsaa Længdeprofilet af Gudenaa nedenfor Silkeborg fremstillet. Vandspejlskoterne angiver Sommervandstanden indnivelleret efter Generalstabens Fikspunkter.

Saa snart Gudenaa har forladt Silkeborg Langsø, der ligger i Kote 19,00, har den straks temmelig stærkt Fald, der dog aftager mod

Sminge Sø, som ligger i Kote 17,80. Nedenfor Sminge Sø vokser Faldet atter for at blive størst mellem Kongens Bro og Tange, hvorpaa det igen aftager mod Bjerringbro, hvor Vandspejlskoten er 3,90.

Gudenaaens Vandføring. Den Vandmængde, Gudenaaen fører, afhænger af Afstrømningen fra dens Opland, og denne Afstrømning er atter afhængig, foruden af Nedbøren og Temperaturen, af dette Oplands Størrelse og Beskaffenhed.

I ganske nøje Overensstemmelse med Gudenaadalens geologiske Oprindelse maa Gudenaaens Opland, dets Begrænsning og Størrelse være. Oplandets Grænse mod Vest dannes saaledes af den Israndslinie, hvorved Hedesletterne dannedes, før Isranden trak sig tilbage, og Gudenaadalen og Skalsaadalen fremstod. Paa Fig. 2 er denne Israndslinie indlagt efter Professor Ussing tillige med Oplandslinien efter Generalstaben. Mod Øst er Oplandet paa samme Maade begrænset af den Israndslinie, der fandtes ved Gudenaadalens Dannelse. Denne er indlagt paa Skitsen efter Dr. phil. Harder tillige med Oplandslinien efter Generalstaben. De Afvigelser, der findes mellem Israndslinierne og Oplandslinierne, skyldes Tilfældigheder i Moræneaflejringerne.

Fig 2.

Oplandets Størrelse er maalt i forskellige Punkter:

Opland for Gudenaaens øvre Løb	573,0 km²
— - Skanderborgegnens Søsystem	309,1 —
Samlet Opland ved Silkeborg	1015,8 —
Opland ved Tvilum	1288,5 —
Allingaas Opland	139,0 —
Opland ved den projekterede Kanals Optagelse	1552,4 —
Tange Aas Opland	107,5 —
Opland ved Tange Aas Udløb	1700,1 —
Gudenaaens hele Opland: 50,5 □ Mil =	2864,9 —

Oplandets Beskaffenhed maa karakteriseres som bakket og sandet, hvoraf følger, at Afstrømningen vil foregaa hurtig, naar Jorden er mættet med Fugtighed, medens den paa den anden Side hurtig kan optage meget Vand efter Tørke. Ligeledes vil Fordampningen blive forholdsvis stor paa Grund af Terrainets Folder, der forøger Arealet. Silkeborg- og Skanderborgegnen danner en Undtagelse fra det øvrige Opland paa Grund af de mange Søer og Skove. Disse bidrager ogsaa til at forøge Fordampningen, idet Fordampningen fra fri Vandflade angives til 720 mm om Aaret i Gennemsnit, medens Middelnedbøren kun er 614 mm. Fra Skove angives Fordampningen at være 70— 75 pCt, af den fra fri Vandoverflade. Dette Opland vil altsaa give et meget mindre Bidrag til Vandføringen end det øvrige Opland, da alene selve Søernes Overflade udgør over 10 pCt. af det Opland, hvori de ligger.

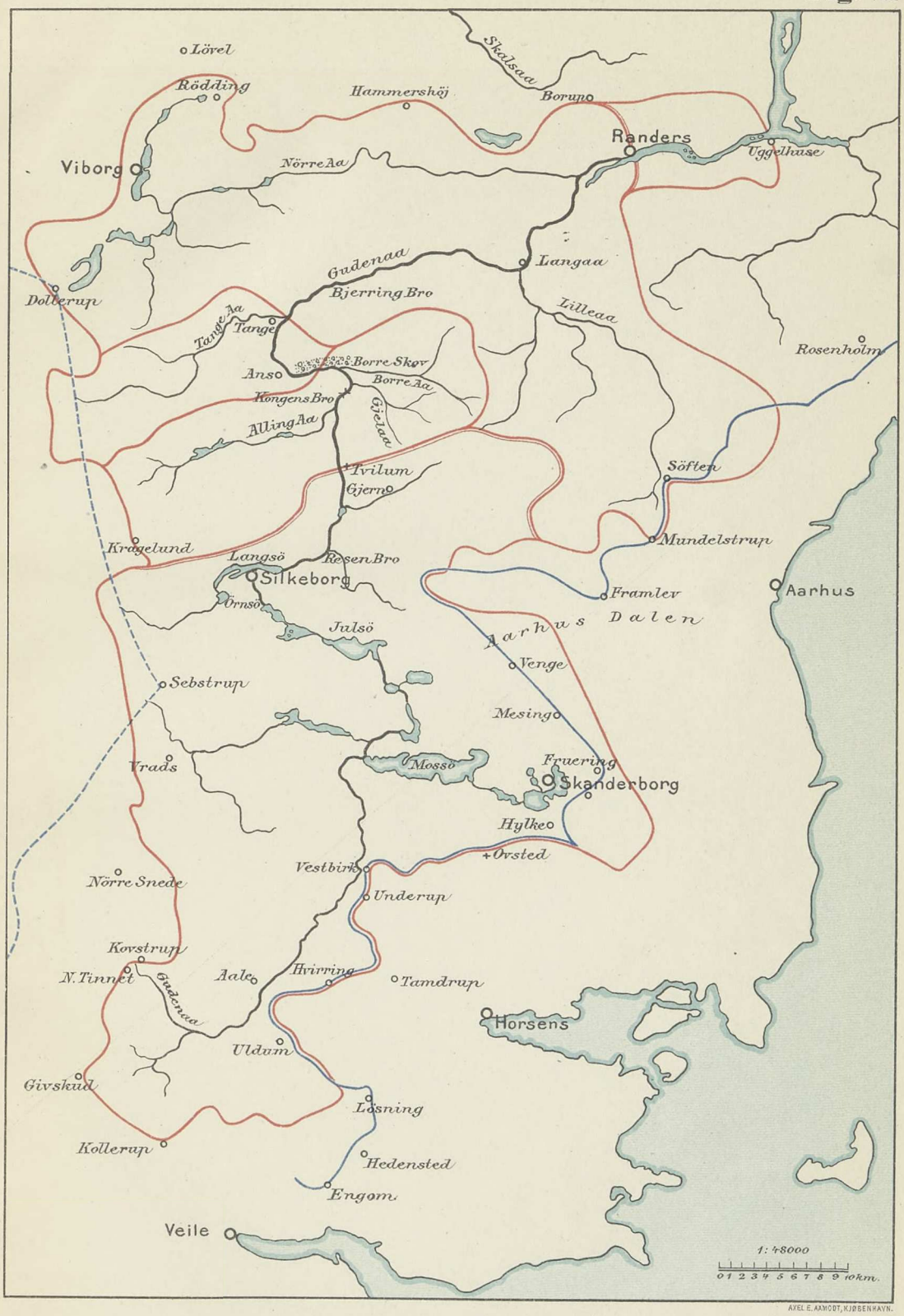
Man har saaledes:

Skanderborg Sø, Svanesø og Lillesø	9,9 km²
Mossø	16,7 —
Gudensø og Rymøllesø	1,8 —
Silkeborgegnens Søsystem ovenfor Silkeborg	14,4 —
Silkeborg Langsø og Ørnsø	3,0 —
Ialt	45,8 km²

Hertil kommer dog endnu en Del Smaasøer. Størrelsen af det Opland, hvori alle disse Søer ligger, er 442,8 km².

KANALANLÆG VED GUDENAA.

Fig. 2.



Israndsstilling efter Ussing (Stagnationstidens Hovedafsnit.)

Israndsstilling efter Harder (Afsmeltningstiden.)

Oplandslinie efter Generalstabens Kort.

KANALANLÆG VED GUDENAA.

Afstrømningskurver. **Fig. 3.**

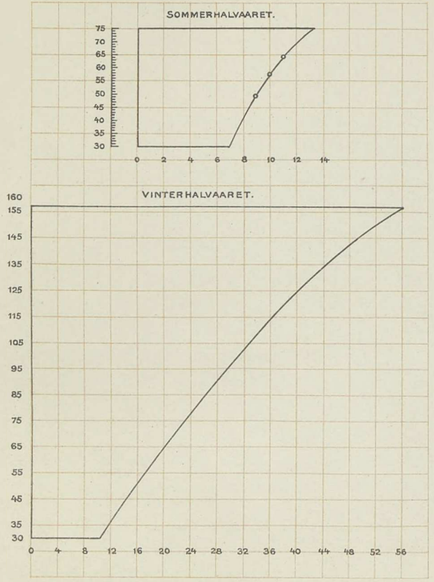
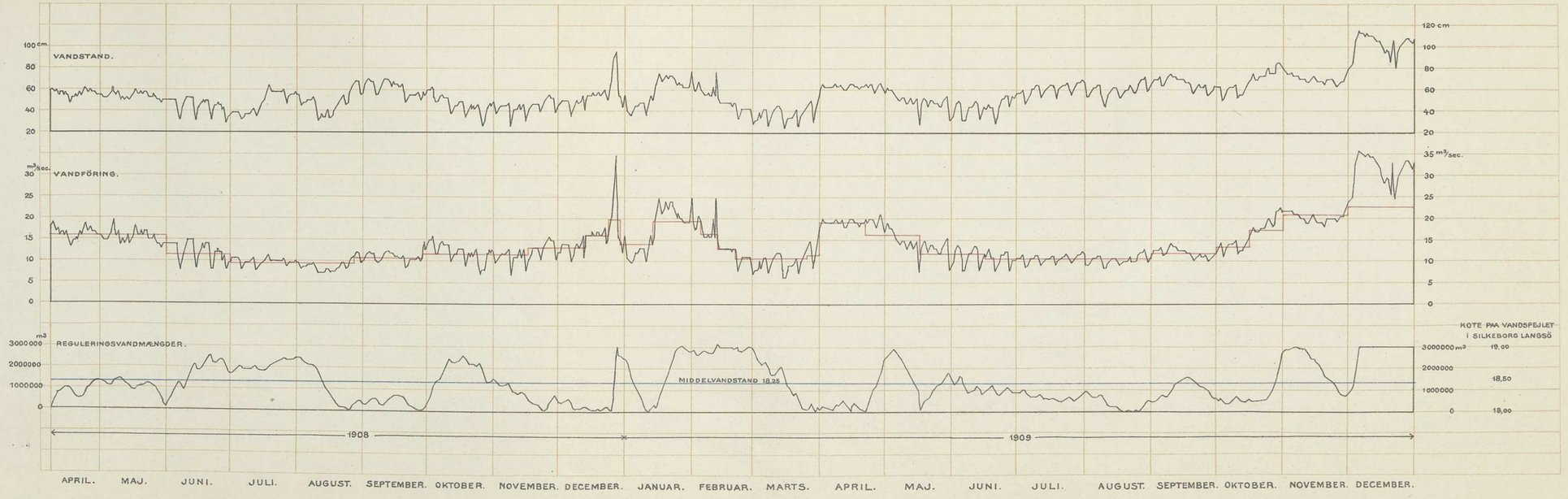


Fig. 4.



AXEL E. AARGØT, KJØBENHAVN.

Af Kær og Moser findes betydelige Arealer kun ved Gudenaaens *øvre* Løb, men ved Aaens Uddybning og Regulering har en stor Del af disse Arealer mistet meget af deres tidligere sumpede Karakter, og Gudenaaens Opland maa derfor nærmest siges at være temmelig fattig paa Sumpe. Dette Forhold bidrager til at give Gudenaa en forholdsvis stor Vandføring, da Sumpe har Evne til at tilbageholde Vand, ligesom der ogsaa fra deres Overflade finder en Fordampning Sted, der langt overgaar Fordampningen fra en fri Vandflade.

Idet Afstrømningen saaledes er meget afhængig af Oplandets Beskaffenhed, kan der ikke uden videre drages Slutninger om et Vandløbs Vandføring fra Maalinger udførte ved andre Vandløb, og selv indenfor et og samme Vandløbs Opland kan man ikke, ud fra Maalinger i et bestemt Punkt alene, af Oplandets Størrelse slutte sig til Vandføringen i andre Punkter, rent bortset fra Nedbørens forskellige Fordeling indenfor Oplandet samt de vandførende Lags Beliggenhed og Faldforhold.

Vil man derfor have paalidelige Oplysninger om et Vandløbs Vandføring i et bestemt Punkt, faas disse kun ved direkte Maalinger i dette Punkt. Indenfor et *mindre* Omraade af Vandløbet kan man da nok proportionere sig til Vandføringen i andre Punkter.

Saadanne direkte Maalinger er for Gudenaaens Vedkommende foretaget ved Tvilum Bro. Vandstanden er her to Gange daglig aflæst paa et ved Broen opstillet Vandstandsbrædt, og de til forskellige Vandstande svarende Vandføringer er maalte. Man kan da grafisk fremstille Vandføringens Afhængighed af Vandstanden ved Hjælp af en Kurve, „Afstrømningskurven" Fig 3, hvis Ordinater angiver Vandstanden, og hvis Abscisser angiver Vandføringen. Denne Kurve viser sig imidlertid at være højst forskellig paa de forskellige Tider af Aaret, hvilket skyldes den rige Vegetation „Grøden" i Aaen. Dog er det saaledes, at Kurven er den samme i det Tidsrum, da Aaen er fri for „Grøden", nemlig fra Midten af November til Begyndelsen af Maj, ligesom den ogsaa er konstant i den Tid, da Grøden er fuldt udviklet, fra Begyndelsen af Juli til Begyndelsen af September, paa hvilket Tidspunkt Grøden begynder at visne og afblade. I Tiden mellem de to Perioder indtager Kurven Mellemstillinger, der er fundne ved at foretage Maalinger til Kurvens Bestemmelse, henholdsvis omkring Midten af hver af de mellemliggende Maaneder. Vandføringens Størrelse og Variation fremstilles nu let grafisk; Vandstandens Variation fremstilles først ved en Kurve direkte efter Vandstandsaflæsningerne (Fig. 4), idet disse afsættes som Ordinater og Tiderne som Abscisser. Silkeborg Papirfabriks Standsning af Turbinerne og Opstemning af Vandet fra Lørdag Aften til Mandag Morgen viser sig ved lav Vandstand ved Tvilum om Mandagen og deraf følgende regelmæssigt tilbagevendende Hak i Vandstandskurven.

Fig. 3.

Fig. 4.

Ved Hjælp af Afstrømningskurven findes derpaa de til de enkelte Vandstande svarende Vandføringer, der afsættes som Ordinater i en Kurve, hvis Abscisser, ligesom for Vandstandskurven, angiver Tiderne. Paa denne Kurve vil fremkomme regelmæssigt tilbagevendende Hak svarende til dem paa Vandstandskurven.

De direkte Maalinger af Vandføringen ved forskellige Vandstande er foretaget ved Hjælp af Hedeselskabets Vandhastighedsmaaler. Paa Fodlisten for Rækværket paa Tvilum Bro afsattes der Mærker for hver Meter, og lodret under disse maaltes Vandets Strømhastighed, idet der

toges Maalinger i forskellig Dybde med 0,25 m. Mellemrum. Hastighederne beregnes efter Formlerne: $V = \frac{21,8}{t} + 0,021$ og $V = \frac{22,64}{t}$, eftersom t er større eller mindre end 40 sec, idet t er den Tid, som den paa Hastighedmaaleren anbragte Skrue bruger til 100 Omdrejninger. Naar de maalte Hastigheder afsættes i et Koordinatsystem, hvor Dybderne fra Bunden afsættes som Ordinater og Hastighederne som Abscisser, kan den Kurve, hvorefter Hastigheden varierer fra Bunden til Overfladen, optegnes, og da Kurven teoretisk skal være en Parabel, faas derigennem en Kontrol paa Maalingernes Rigtighed. Ved Hjælp af disse Hastighedskurver og Tværprofilet af Strømmen under Broen er Vandføringen beregnet.

Paa Grundlag af de foretagne Maalinger af Afstrømningen fra Gudenaaens Opland er Relationen mellem denne Afstrømning, Nedbøren og Temperaturen udledet. Naar V udtrykker Gennemsnitsvandføringen i m^3/sec for en Maaned, N Gennemsnitsnedbøren i m^3/sec paa Oplandet i samme Maaned og V_f Vandføringen i m^3/sec for den foregaaende Maaned, da er: $V = K\,N + 0.16\,V_f^{3/2}$, hvor K varierer med Temperaturen efter
Fig. 5. den paa Fig. 5 viste Kurve.

Efter de meteorologiske Aarbøger er dernæst Gennemsnitsvandføringen for de enkelte Maaneder siden 1878 beregnet, idet Middelnedbør og Middeltemperatur er beregnet af Middeltallene fra de meteorologiske Stationer, der findes indenfor Oplandet.

Resultaterne er grafisk fremstillede paa Fig. 5, hvor Vandføringerne gælder for Oplandet indtil Indløbet for den i det foreliggende Projekt omhandlede Kanal.

Som Kontrol paa Afstrømningsformlens Paalidelighed er Resultaterne sammenlignet med „De forenede Papirfabrikker"s Maalinger af Vandforbruget ved Turbinerne ved Silkeborg Papirfabrik, der for nogle enkelte Maaneders Vedkommende velvilligst er beregnet og stillet til Raadighed af nu afdøde Overingeniør Ortmann.

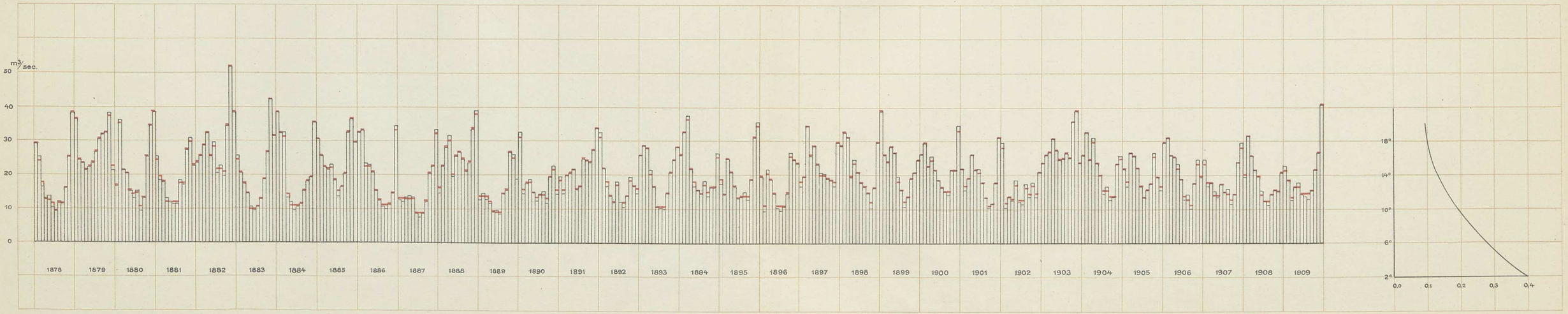
Maaned.	Juli 1908.	Aug. 1908.	Juli 1896.	Oktbr. 1898.	Novbr. 1902.
Vandføring ved Silkeborg maalt...	6,9 m^3/sec	7,7 m^3/sec	6,4 m^3/sec	6,7 m^3/sec	8,3 m^3/sec
Vandføring ved Kanalindløbet maalt	11,3 m^3/sec	12,5 m^3/sec			
Koefficient.....	1,64	1,62			
Vandføring ved Kanalindløbet beregnet efter Værdien fra Silkeborg....	»	»	10,4 m^3/sec	10,9 m^3/sec	13,6 m^3/sec
Vandføring ved Kanalindløbet beregnet efter Afstrømningsformlen	»	»	9,9 m^3/sec	10,3 m^3/sec	13,6 m^3/sec

KANALANLÆG VED GUDENAA.

Fig. 5.

Gennemsnitlig Vandføring for de enkelte Maaneder i 32 Aar.

Variation af Konstanten K.



AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

Regulering af Vandføringen.

Naar det drejer sig om at udnytte det mest mulige af Gudenaaens Vandmasser i et Kraftanlæg eller paa anden Maade, er det meget ønskeligt at have det i sin Magt at kunne regulere Vandføringen, hvis stærke Variation fremgaar af Vandføringskurven. Denne Regulering iværksættes ved i et Bassin at opspare Vand, naar Vandføringen er stor, for atter at kunne tappe af Bassinet, naar Vandføringen synker og ønskes forøget.

Som et saadant Bassin anvendes bedst Vandløbets Søer, men Forholdene er her i Landet ikke gunstige for en saadan Regulering, da en Opstemning af Søernes Vandspejl vil kræve uforholdsmæssig store Erstatninger paa Grund af den ret store Værdi af Jorden langs Bredderne.

I saa Henseende er Lande som Norge og Sverige langt heldigere stillet, thi der er Grundværdien ofte saa ringe, at Opstemninger paa flere Meter af Søernes Vandspejl kan foretages, og Bassiner, der rummer Millioner af Kubikmeter Vand, fremstilles uden større Erstatning. I nærværende Tilfælde maa man da gaa den noget besværligere Vej at sænke Vandspejlet i Søerne og benytte denne Sænkning til Reguleringen.

I Mossø, Gudensø og Rymøllesø er Vandet ved Ry Mølle stemmet op til en saadan Højde, at en Sænkning kun kan foretages ved en Sænkning af Møllens Flodemaal.

Regulering ved Hjælp af Silkeborg Langsø og Ørnsø.

Paa samme Maade er Vandet af Silkeborg Papirfabrik stemmet op i Silkeborgsøerne. Derimod vil en Sænkning paa ca. 1 m af Vandspejlet i Silkeborg Langsø og Ørnsø kunne tilvejebringes ved Uddybning af Gudenaa fra Silkeborg Langsø indtil ca. 1 km nedenfor Resenbro. Som tidligere nævnt har Silkeborg Langsø og Ørnsø tilsammen en Overflade af 3,0 km². Ved Hjælp af Vandstandsobservationer, foretaget ved Silkeborg Papirfabrik, kan det fastslaas, at Engene ved Søerne, som rimeligt er, efter en Regulering kommer til at lide mindre af Vandet, end de nu gør, idet Vandet i Søerne som Maksimum kun stemmes op til Kote 19,00.

Ogsaa Papirfabrikken opnaar ved Fastsættelsen af dette Flodemaal at blive fri for det ofte ret generende Højvande. Middelvandstanden i Silkeborg Langsø var nemlig i 1904: 19,04, i 1905: 18,96, i 1906: 18,97, i 1907: 19,05 og i 1908: 19,18.

Stærkt Højvande forekom 15. Marts 1908, da Vandstanden naaede 19,63, medens den i saa lang Tid som fra 14. December til 26. December 1907 holdt sig paa 19,50.

Et særligt Lavvande forekom 12. Juni 1905, da Søens Vandspejl stod i 18,65.

Forudsætter man Reguleringen udført efter de Reguleringslinier, der er indlagt paa Fig. 4, vilde Middelvandstanden i Silkeborg Langsø for den fremstillede Periode April 1908—Januar 1910 have været 18,25, altsaa 0,93 m under Middelvandstanden i 1908.

Af Arealerne, der grænser til Silkeborg Langsø, er der ca. 6,4 ha = 11,5 Tdr. Land, der ligger i Højden 19,00 og derunder, medens der mellem Horisontalkurverne i Højderne 19,00 m og 20,00 m ligger et Areal paa ca. 130 ha eller 235 Tdr. Land.

Dette Areal vil for Fremtiden, naar den tilsigtede Regulering i Silkeborg Langsø foretages, faa langt heldigere Vandstandsforhold end nu; i det i Afsnit VIII opførte Overslag for det projekterede Kanalanlæg er det derfor forudsat, at saavel Ejerne af det nævnte Areal, som ogsaa Silkeborg Papirfabrik yder Tilskud til Reguleringsarbejdernes Udførelse.

Ved den nævnte Uddybning af Gudenaa kan Vandspejlet sænkes til Kote 18,00 eller 17,80, eftersom Vandføringen er stor eller lille, og man vil saaledes om Vinteren kunne have en Reguleringshøjde af 1,0 m og om Sommeren en Reguleringshøjde af 1,2 m. Herfra maa dog trækkes den Højde, der angiver Fordampningens Størrelse indenfor Reguleringsperioden, og Middelværdierne af Fordampningen fra fri Vandflade udtrykt i Centimeter skal derfor her anføres for de enkelte Maaneder:

Januar	1,0 cm	Juli	13,4 cm
Februar	1,3 -	August	11,6 -
Marts	2,6 -	September	6,8 -
April	5,2 -	Oktober	3,5 -
Maj	9,6 -	November	1,9 -
Juni	13,8 -	December	1,3 -

En Undersøgelse af Reguleringens Indflydelse paa Vandføringen, navnlig med Henblik paa, hvor højt den mindste Vandføring kan sættes op, og hvor langt den største Vandføring kan sættes ned, er nu udført. Undersøgelsen er sket grafisk ved Hjælp af Vandføringskurven (Fig. 4). Arealet mellem denne Kurve og dens Abscisseakse angiver nemlig den totale Vandmængde Gudenaa fører, idet 1 mm paa Abscisseaksen fremstiller 2 Døgn og 1 mm paa Ordinataksen 1 m^3/sec, vil altsaa 1 mm^2 fremstille en Vandmængde af 1. 48. 60. 60 = 172 800 m^3. Vælger man da en Tidsperiode, indenfor hvilken der skal reguleres, kan man, ved Hjælp af et Planimeter indlægge den Linie, hvorefter man skal regulere, naar Vandstanden skal være den samme i Reguleringsbassinet ved Begyndelsen og Slutningen af Perioden. Det Areal, der ligger over Reguleringslinien mellem denne og Vandføringskurven, skal da være lig med det tilsvarende, der ligger under Reguleringslinien, men samtidig maa det paases, at den opsparede Vandmængde aldrig bliver for stor, saa Vandet i Bassinet stiger over Flodemaal. Dette er undersøgt og fremstillet ved Hjælp af den nederste Kurve i Fig. 4, hvis Abscisser, ligesom i de to andre Kurver, angiver Tiderne, og hvis Ordinater fremstiller de i Bassinet opsparede Vandmængder. Maalestoksforholdet for Ordinaterne er 1 mm $\backsim$ 200 000 m^3/sec. Arealernes Omsætning til Linier sker grafisk; er nemlig de to Højder ved et Døgns Begyndelse og Slutning a og b maalt i mm, da er Arealet $\frac{a + b}{2}$ mm^2, og det fremstiller en Vandmængde af $\frac{a + b}{2}$ 172 800 m^3, der atter skal fremstilles ved en Linie af Længde $\frac{(a + b)\ 172\,800}{2\ .\ 200\,000} = (a+b)\,0{,}432$. Vandmængden varierer altsaa med Summen a + b efter en ret Linie, der danner en Vinkel med den vandrette, hvis sinus er 0,432. Fremgangsmaaden ved Maaling af Over- eller Underskud af Vand er da følgende: Ordinatsummen a + b afsættes paa Vinkelens ene Ben, Afstanden maales til det andet, og denne Afstand fremstiller da atter de søgte Vandmængder.

Reguleringsvandmængderne maa aldrig overskride den Vandmængde, der svarer til Reguleringshøjden minus den Højde, der fremstiller Fordampningen i Reguleringsperioden. Er den saaledes reducerede Reguleringshøjde 1,0 m, kan Bassinet rumme 3 000 000 m^3.

Regulering ved Hjælp af Silkeborgsøerne.

En mere effektiv Regulering vilde opnaas, dersom Silkeborgsøerne kunde bruges til Reguleringsbassin. Disses samlede Overflade er som tidligere nævnt 14,4 km^2. Kunde man, efter at have sænket Vandstanden i

Silkeborg Langsø og Ørnsø, sænke Turbinerne ved Silkeborg Papirfabrik et tilsvarende Stykke, fik man paa den Maade Vandspejlssænkningen „flyttet“ op i Silkeborgsøerne. Papirfabrikken vilde beholde samme Minimumsfald, medens Maksimumsfaldet vilde forøges, og Engene ved Silkeborg Langsø og Ørnsø vilde faa god Afvanding. For Sejladsen ovenfor Silkeborg vilde der vel blive nogen Uddybning at foretage. Minimumsvandføringen vilde ved denne Regulering bringes op til 14,4 m^3/sec.

En saadan Regulering skulde synes at være til Fordel for Papirfabrikken, hvis Vandkraft for Øjeblikket er højst variabel, ikke alene paa Grund af Vandføringens Variation, men ogsaa paa Grund af højt Bagvand, der forringer Turbinernes Virkningsgrad betydeligt. Aftapningen ved Fabrikken maatte foregaa bestandigt, enten gennem Turbinerne eller gennem Frislusen, saafremt Turbinerne, som det nu er Tilfældet, skal standses fra Lørdag Aften til Mandag Morgen.

Da en Regulering i Silkeborgsøerne vil berøre Gudenaaen ovenfor Silkeborg, menes imidlertid en nærmere Undersøgelse af dette Forhold at falde udenfor nærværende Projekts Omraade.

Reguleringsarbejderne.

De Arbejder, der skal udføres for at iværksætte Reguleringen med Silkeborg Langsø og Ørnsø som Reguleringsbassin, bliver:

1) Uddybning af Gudenaa fra Okkerfabrikken ca. 3 km ovenfor Resenbro til et Punkt ca. 1 200 m nedenfor Resenbro i alt paa en Strækning af 4 200 m.

2) Bygning af et Reguleringsværk til Opstemning og Aftapning af Vandet i Søerne.

1) Paa de første 1 200 m lægges Aaens Bund vandret i Kote 16,20 herfra gives den et Fald af 1 : 10 000, saa Bundkoten, hvor Uddybningen ophører, bliver 15,90. Bundbreden gøres 15 m og Skraaningsanlæget 1,5 : 1.

Den Vandmængde, en saadan Kanal fører, er udregnet efter Kutters Formel ved 2 m Vanddybde til 20,38 m^3/sec og ved 1,8 m Vanddybde til 16,85 m^3/sec. Da Forbruget af Bassinet imidlertid ikke skal foregaa ved større Vandføringer, vil man kunne regne med, at Vandspejlet kan sænkes til 16,20 + 1,8 = 18,00, og da Flodemaalet i Bassinet er 19,00, bliver altsaa, som tidligere nævnt, mindste Reguleringshøjde 1,0 m.

Ved ringe Vandføring vil Vandstanden kunne sænkes til Kote 17,8, saa Vanddybden bliver 1,6 m; thi Vandspejlet i Sminge Sø er ved den lave Vandføring 17,6 m, og Afstanden fra Reguleringsslusen til Sminge Sø er 4 000 m, saa Faldet paa Vandspejlet bliver 1 : 20 000, med hvilket Fald den uddybede Aa vil føre en Vandmængde af 9,85 m^3/sec.

Reguleringshøjden er da 19,00 ÷ 17,8 = 1,2 m, som før nævnt.

Jordarbejdet ved Uddybningen vil beløbe sig til 80 000 m^3. Den ved Resenbro liggende Aalegaard maa nedlægges.

2) Reguleringsslusen. Pl. II og III. Pl. II og III.

For at kunne aftappe Vandet fra Reguleringsbassinet efter Behag, maa der i Gudenaa nedenfor Langsøen opføres en Reguleringssluse. Idet Vandet til Tider stemmes op til Kote 19,00, maa denne Sluse bygges tæt ved Søens Afløb for derved at opnaa, at saa lidt Areal som muligt oversvømmes. Ved Station 45 i Afpælingen Silkeborg-Sminge Sø, 1,4 km ovenfor Resenbro, er der fundet en passende Plads for Reguleringsslusen, idet det stærkere Fald paa Aaen endnu ikke er begyndt her og Bundforholdene her har vist sig tilfredsstillende.

Slusen opføres med en Bredde af 20 m, men den deles ved to Mellempiller hver paa 1 m Bredde i tre Aabninger à 6,0 m, saa den fri Aabnings Bredde bliver 18 m. Sidemurenes og de tilstødende Dæmningers Krone lægges i Kote 20,20.

Slusens Lukker bestaar af dobbelte, 1,5 m brede Stigbord, og hver af de tre Sluseaabninger deles derfor ved Mellemstandere i 4 Aabninger. Der er valgt saa forholdsvis smaa Stigbord, da Afstrømningen bør kunne reguleres meget fint. Mellemstanderne bestaar af 4 U-Jern, der samtidig danner False for Stigbordene, som konstrueres af Jern; Tæthed tilvejebringes ved Tætningslister af Træ. Stigbordene manøvreres ved Hjælp af Tandstang og Tandhjulsudvekslinger. Over Slusen føres en Løbebro. Slusen forsynes med Parallelfløje, hvortil Skraaningerne forløber med glacisbelagte Kegler.

Beregninger og Undersøgelser af Slusen samt dennes Konstruktion
Bilag a. iøvrigt er beskrevet i Bilag a.

II. Beskrivelse af det projekterede Kanalanlæg med dets forskellige Bygningsværker.

Orienterende Omtale. I Hedeselskabets Tidsskrift for Januar 1905 er paavist, at en Kanal, der optages fra Gudenaa ca. 1 300 Meter nedenfor Tvilum Bro, og som med et Fald af 1 : 10 000 gennem Bøgedalen forbi Ans føres til Tange, vil faa sit Vandspejl beliggende 38 Fod (12 Meter) over Gudenaaens Vandspejl, naar dette ved en passende Uddybning paa Strækningen ned mod Bjerringbro er sænket lidt. Et Kraftanlæg vil følgelig her kunne udbygges for et Fald af 38 Fod. Saafremt et saadant Anlæg imidlertid skal kunne udnytte Vandmasserne økonomisk og være i Stand til at tilfredsstille de Fordringer, der stilles til det under de i Døgnet vekslende Belastninger, maa der foran Faldet kunne tilvejebringes et Reservoir, i hvilket Vandet kan holdes tilbage i de Tider af Døgnet, da der kun forlanges en ringe Ydeevne af Kraftstationen, og hvoraf Vandet ligeledes hurtig kan tages, naar der stilles store Fordringer til Kraftstationen; kort sagt der maa ved Kanalanlæget kunstig fremskaffes det Bassin, som i Almindelighed forefindes ved Mølleopstemninger i Form af en Mølledam.

Anlæget af et saadant Reservoir støder imidlertid ved det ommeldte Kanalanlæg paa meget store Vanskeligheder, idet Reservoirets Vandspejl vil falde betydeligt over Terrainet ved Tange, hvorfor det kun kan dannes ved at omgive et Areal af den fornødne Størrelse med Dæmninger. Et saadant Anlæg vil blive meget dyrt, men den alvorligste Ulempe ved det er dog, at der altid vil være Fare for Gennembrud af de Bassinet omgivende lange Dæmninger, og da Jernbanelegemet og Stationspladsen ved Tange, der kommer til at ligge 2,35 m under Bassinets Vandspejl, ved et saadant Dæmningsbrud vil være udsat for Ødelæggelse, umuliggør de her nævnte Forhold ganske Anlæget af et Reservoir. Dette Kanalanlæg har ogsaa andre uheldige Sider; gennem Bøgedalen skal der udføres et meget stort Jordarbejde, og nu har den nærmere Undersøgelse af Jordbunden her tilmed vist, at der ikke kan paaregnes at være Ler i den Udstrækning som tidligere antaget; en væsenlig Grund til at lægge Kanal-

linien gennem Bøgedalen er dermed bortfalden. Men skal Kanalen føres langs Gudenaa forbi Kongens Bro, vil den blive meget lang og fordre store Vedligeholdelsesudgifter og tillige foranledige stort Vandtab, saafremt der ikke træffes ekstraordinære Forholdsregler. Fra Lodsejere langs Kanalens øverste Del kan der ogsaa ventes betydelig Modstand mod Kanalanlæget, der menes at gribe forstyrrende ind i de eksisterende Vandingsanlæg fra Allingaa, og endelig vil Anlæget af en Opstemning i Gudenaa ved Kanalindløbet forhindre en mulig Vandstandssænkning i de lave Arealer omkring Sminge Sø og Gjern Aas nederste Del.

Af de ovenanførte mange Grunde er Kanalprojektet nu ændret derhen, at Kanalen først foreslaas optaget fra Gudenaa nedenfor Kongens Bro og Gjelsaas og Borre-Aas Udløb. For at reducere Kanalens Længde og dermed formindske Jordarbejdet det mest mulige, er Kanalen projekteret optaget ca. 2 600 m ovenfor Ans Bro, idet der her foreslaas opført en Overfaldsdæmning, der tilvejebringer en Opstemning af Gudenaaens Vandspejl paa 3,5 m over den nuværende almindelige Sommervandstand. Denne Opstemning vil mærkes til lidt ovenfor Kongens Bro, og et Areal paa ialt 62 ha. vil derved blive sat under Vand, men der spares Anlæget af et 3 600 m langt og meget vanskeligt Kanalstykke, vanskeligt særlig af den Grund, at en Kanal nødvendigvis paa denne Strækning maatte graves temmelig tæt op ad Gudenaaen.

Da Vandspejlet ved den her omtalte Kanals Indløb ligger ca. 4,0 m lavere end Vandspejlet ved det foran nævnte Kanalanlægs Indløb tæt nedenfor Tvilum, maa der ved Tange mistes omtrent den tilsvarende Højde i Fald; men dette Tab, som Vandkraftens Størrelse derved lider, reduceres meget betydeligt ved den forøgede Vandmængde, som Kanalen her kan beregnes for. Foruden at Gudenaaens Vandmasser er forøget ved Allingaas, Gjelsaas og Borre-Aas Tilløb, optages, som det nedenfor nærmere vil blive omtalt, ogsaa Tangeaa af Kanalen. Forholdet bliver da det, at Kraftstationens Ydeevne kun formindskes forholdsvis lidt, idet Vandmasserne kan regnes forøgede i samme Forhold, som Oplandet er vokset, nemlig fra 1304,0 km² til 1700,1 km², medens Faldet reduceres fra ca. 12 m til ca. 8 m, saa det samlede Resultat bliver en Reduktion i Kraft til ca. 87 pCt.

Naar Vandet ved Overfaldet er opstemmet til Flodemaal Kote 13,8, bliver et Areal paa ialt 62 ha. sat under Vand (se Fig. 1). Jordbunden er imidlertid paa begge Sider af Gudenaa her af en temmelig tarvelig Beskaffenhed, saa de Erstatninger, der skal betales Lodsejerne, antagelig, som det er forudsat i Overslaget, bliver forholdsvis ubetydelige. Af Beboelser ødelægges ved Opstemningen kun Boelssteder, der mod Erstatning maa flyttes udenfor Vandomraadet. Paa Gudenaaens østre Bred vil 11 ha. af Borre Skov under Frijsenborg gaa under Vand, men Plantningen er kun lidet værdifuld.

Fra Overfaldet føres Kanalen gennem en Lukkesluse (se Plan I, Situationsplan 2) syd og vest for Gudenaaen forbi Ans ned imod Tange. Kanallinien følger i Hovedtrækkene 40 Fods Kurven paa Generalstabens Kort, idet Bundlinien gives et Fald 1:10 000; den skærer i en Afstand af 260 m fra Gudenaaen Landevejen fra Ans til Bjerringbro; den nærmere Beliggenhed i Terrainet ses paa Plan I, paa hvilken ogsaa er optegnet et Længdeprofil af Kanalen. Kanalens Længde til Udløbet i Tan-

geaa-Dalen er ialt 8,2 km. Mellem Aaen og Kanalen ligger det Areal, ialt 96 ha., der med Fordel vil kunne vandes; det er paa Fig. 1 betegnet ved en grøn Farve.

Et kort Stykke øst for det Punkt, hvor Kanallinien paa Plan I og X er vist ført ud i Tangeaa-Dalen, opføres tværs paa denne en Dæmning, ved Hjælp af hvilken nu det foran omtalte nødvendige Reservoir kan dannes, idet Tangeaa-Dalen i en Længde af 2,7 km stemmes fuld af Vand, saaledes at Flodmaalet her bliver 13,5. Det Areal, der ved denne Opstemning gaar under Vand, ialt 38,2 ha., er beregnet at skulle eksproprieres. Foruden selve disse Jorder vil ogsaa Gaardejer Jens Sørensens Gaard og K. Sørensens Enkes Boelssted sættes under Vand; i Stedet for at udbetale Erstatninger for disse Beboelsers Flytning, vil det sikkert være mest formaalstjenligt, at disse Ejendomme afkøbes Ejerne; særlig vil det falde naturligt at købe hele Jens Sørensens Gaard og Jorder, da Kanalen, gennemskærer disse; ligeledes vil der kunne blive Tale om at købe S. S. Petersens Enkes Gaard og Jorder, som Kanalen paa en meget lang Strækning gennemskærer. Det Areal, der iøvrigt bliver at ekspropriere, er af meget forskellig Beskaffenhed; ca. 36,0 Td. Ld. = 19,8 ha. er god Vandingseng og er derfor beregnet at koste 1 000 Kr. pr. Td. Land, Resten af Arealet er godt betalt ved de i Overslaget beregnede Priser.

Idet Vandspejlet i Tangeaa-Dalen ikke opstemmes højere end til Kote 13,5, vil Tange Holdeplads og Jernbanelegemet der omkring komme til at ligge mindst 1,6 m over Bassinets Vandspejl, og bortset fra, at der mulig fra Statsbanernes Side vil blive forlangt en Sikring af Jernbanelegemets Skraaninger, hvor disse danner Bassinets Begrænsning, vil der ikke kunne ventes paaført Kanalanlæget Udgifter af det iøvrigt bekvemme Naboskab med Banen. Det vil derimod blive nødvendigt at bygge en Bro for og foretage en Omlægning af Vejen, der fører fra Ans til Tange Holdeplads; den til Vejforlægningen nødvendige Fyld kan imidlertid faas fra Kanaludgravningen.

Fra Bassinet fører en 0,34 km lang Tilledningskanal, som vist paa Plan I og X, Vandet til Krafstationen, der er projekteret bygget i Matr. Nr. 12 b af Tange omtrent i Fortsættelse af Gudenaa, hvor den drejer af mod Øst ned til Bjerringbro. Tilledningskanalen har en Bundbredde paa 20 m; paa de sidste 10 m støbes hele Lejet, Bund og Sider, i Beton. Vandspejlet i Tilledningskanalen vil staa lidt, ca. 0,5 m, over Terrainet; den maa derfor forsynes med Dæmninger. Det meste af den ved Kanalens Gravning optagne Fyld finder Anvendelse i Dæmningen tværs over Tangeaa-Dalen.

For at forøge Faldet ved Kraftstationen foreslaas der nedenfor denne udført en Uddybning af Gudenaa; en saadan Uddybning er projekteret at skulle begynde 150 m ovenfor Bjerringbro, og idet Aaens Bund med en Bredde af 15 m og et Fald af 1 : 5 000 føres op til Afløbet fra Kraftstationen, vil der her under normale Forhold opnaas en Sænkning af dennes Bagvand paa 0,8 m.

Efter denne orienterende Omtale af Kanalprojektet skal nu de enkelte Led af dette gøres til Genstand for en nærmere Beskrivelse; Opstemningen foran Kanalindløbet vil her blive kaldt Bassin I, medens Opstemningen i Tangeaa-Dalen kaldes Bassin II.

Bassin I fremstilles ved Opstemning ovenfor den Overfaldsdæmning, hvis Beliggenhed ses paa Plan I, Situationsplan 2. I Matr. Nr. 1 *aa* af Ormstrup Hovedgaard slutter Dæmningen sig til Dalens nordre Bred, medens den gennem Matr. Nr. 8 *a*, 2 *f*, 3 *e* og 2 *b* af Braarup slutter sig til søndre Bred. Dæmningskronen, hvis Bredde er 4 m, lægges i Kote 16,00, Skraaningsanlægene til begge Sider er 2 : 1. Fra Kote 13,3 til 14,3 belægges Skraaningen med Stenglacis; Lertætning behøves ikke, da Fylden er stærkt leret. Før Dæmningen opføres, afgraves Muldjorden, for at Dæmningen kan faa god Tilslutning til Grunden. I det gamle Aaleje opføres et Overfald, hvis Bestemmelse er at aflede mindre Overskud af Vand, medens Afledningen af de store Vandføringer ved Tøbrud, Isens Afledning samt Vandafledningen under en eventuel Lukning af Hovedkanalen foregaar gennem en ved Siden af Overfaldet indrettet Bundsluse. I Overfaldsdæmningen opføres en Fisketrappe, hvis Indretning vil blive omtalt i Afsnit IX. **Bassin I.**

Overfaldets og Bundslusens Konstruktion findes nærmere beskrevet i Bilag b med tilhørende Planer IV og V. Bilag b. Pl. IV. og V.

Kanalens Optagelse fra Bassin I sker gennem en Lukkesluse, hvis Beliggenhed ses paa Plan I, Situationsplan 2, og hvis Konstruktion fremgaar af Plan VI og Bilag c. Lukkeslusens Bestemmelse er at afdæmme Kanalen fra Bassin I, hvis det i paakommende Tilfælde skulde være ønskeligt at tømme Kanalen. **Hovedkanalen.** Bilag c. Pl. VI.

Kanalliniens Beliggenhed, dens plane Figur og Længdeprofil vil fremgaa af Pl. I. Kanalen er tænkt opført ved, at den opgravede Jord lægges som Dæmninger langs Kanalen, og Kanallinien er indlagt saaledes, at der saa vidt muligt i hvert enkelt Profil er opnaaet Udligning for at indskrænke Længdetransporten til det mindst mulige. Jordfordelingen vil forøvrigt fremgaa af Massekurven paa Pl. I. Bunden lægges med et Fald af 1 : 10 000; ved Indløbet lægges den i Kote 11,3, saa Vanddybden her under normale Forhold bliver 2,2 m, idet Vandspejlet i Bassin I holdes omkring 13,5. Da Kanalen er 8,2 km lang, bliver Bundens Kote ved Indløbet i Tangeaa-Dalen 10,48. Bundbredden er paa hele Kanalens Længde 15,0 m og Skraaningsanlæget 1,5 : 1. Vandspejlet i Kanalen kan undertiden nærme sig stærkt til at staa vandret, og Kronen for Dæmningerne er derfor lagt vandret i Kote 14,5. Kronebredden er normalt 2,5 m; men fra Pkt. 2400 (m fra Indløbet) til Pkt. 2600 er Kronebredden 5,0 m, idet den udgravede Jordmasse her er rigelig og ikke kan formindskes, da Kanalen saa maatte lægges alt for nær ved det gamle Aaleje.

Paa Strækningen fra Pkt. 3685 til Pkt. 4215, hvor Kanallinien løber langs en høj Skrænt, er kun Dæmning paa østre Side af Kanalen. Ligeledes er paa Strækningen fra Pkt. 7380 til Pkt. 7557 kun Dæmning paa søndre Side. Bundundersøgelserne i Kanallinien (se Pl. I) har vist, at den opgravede Fyld ikke vil give tætte Dæmninger, og for at undgaa Vandspild ved Gennemsivning beklædes Kanalen derfor indvendig med et 0,3 m tykt Lag Ler. Leret findes i Mængde i Bakkerne, der strækker sig fra Tange til Ans, og vil altsaa let kunne skaffes.

Kanalens Tætning udføres saaledes, at den Vandspejlssænkning, man faar i den afdæmmede Kanal, ikke overskrider 5 cm i Løbet af 24 Timer. Der findes da ingen egentlige Utætheder, og Kanalen vil tættes yderligere med

Tiden. Det Vandtab, der til at begynde med lides, er i saa Fald, idet Middelbredden af Kanalens Vandspejl er 22,8 m:

$$\frac{22{,}8 \cdot 0{,}05 \cdot 8200}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0{,}11 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Vandtabet ved Fordampning vil højst kunne udgøre 0,5 cm i Døgnet, altsaa kun $^1/_{10}$ af Gennemsivningen.

Fig. 6 og 7. Kanalens Vandføring vil afhænge dels af Vandspejlsdifferensen mellem Bassin I og II og dels af Vandspejlshøjden i Bassin I, der betinger Vanddybden i Kanalen. Kanalens Vandføring fremgaar af Fig. 7 a, der viser Vandføringen ved forskellige Vandstandsdifferenser mellem de to Bassiner svarende til en Vandspejlshøjde af 13,5 i Bassin I. Fig. 7 b viser de tilsvarende Maksimalhastigheder i Kanalen. Ved Hjælp af Kurven Fig. 7 d reduceres Vandføringen i Forhold til Vandspejlshøjden i Bassin I. Vandføringskurven Fig. 7 a er fundet, idet Kanalens Længdeprofil er beregnet for Vandspejlshøjden 13,5 i Bassin I og for forskellige Vandføringer; Længdeprofilerne for Vandspejlet i Kanalen under disse Vandføringer ses paa Fig 6.

Broer over Kanalen. Pl. VII. For at skaffe Lodsejere, der har Lodder mellem Kanalen og det gamle Aaleje, Adgang til disse, føres paa passende Steder Broer over Kanalen (se Pl. VII). Broernes Beliggenhed ses paa Pl. I; de er som Regel lagt i Skellet mellem to Ejendomme, saa mindst to Lodsejere benytter samme Bro. Kanalen skærer kun een Landevej, nemlig Ans—Bjerringbro-Vejen.

Broen for denne Landevej samt Broerne for Markvejene tænkes udført af Jernbeton, idet disse Broer i Konstruktion og Dimensioner bliver næsten ens, saa Forskalningen kan føres fra den ene Bro til den anden, og Arbejdet i det hele taget kan udføres under de gunstigste Forhold for Jernbetonkonstruktioner.

Broerne bygges som Bjælkebroer i tre ligestore Spænd, saaledes at den samlede Spændvidde bliver 23 m. Afstanden mellem Rækværkerne er for Landevejsbroen 6 m og for Markvejsbroen 3,75 m. Dragernes Underkant lægges for Midterpartiets Vedkommende i Kote 16,0, saa den fri Gennemsejlingsaabning ved Højvande (Kote 13,5) bliver 2,5 m høj. Endefagene med tilhørende Ramper gives for Landevejsbroens Vedkommende en Stigning af 1:20, for Markvejsbroerne en Stigning af 1:12. Mellemunderstøtningerne for Broerne bestaar af Jernbetonsøjler med Vandlister og Skraastivere af Jernbeton. Endeunderstøtningerne bestaar ligeledes af Jernbetonsøjler, forbundne med Jernbetonplader til Begrænsning af Fylden. „Brodækket“, der bærer Vejbefæstelsen, bestaar ogsaa af Jernbetonplader.

Underløb under Kanalen. Langs Foden for Kanalens Landdæmning føres en Grøft, i hvis Dybdepunkter der anbringes Underløb til Afledning af Overfladevandet. Underløbenes Diameter er beregnet efter Formlen $d = 2{,}5 \sqrt{n}$, der giver Diameteren i Duodecimaltommer, naar n betyder Underløbets Opland i Tønder Land. Faldet er 1:50. Underløbene udføres som Rørledninger af Monierrør (se Pl. VII). De lægges paa et 21 cm tykt gennemgaaende Betonfundament, og Samlingerne tættes omhyggeligt med Vulster af Cementmørtel. Indløbet forsynes med Rist og Afdæmningsfals samt en Grube til Aflejring af muligt medfølgende Snavs. Disse Gruber maa ofte renses, da et Underløb meget nødigt maa tilstoppes. Udløbet afsluttes med en almindelig Frontmur. Omkring hele Rørledningen stampes omhyggeligt

KANALANLÆG VED GUDENAA.

Fig. 6.

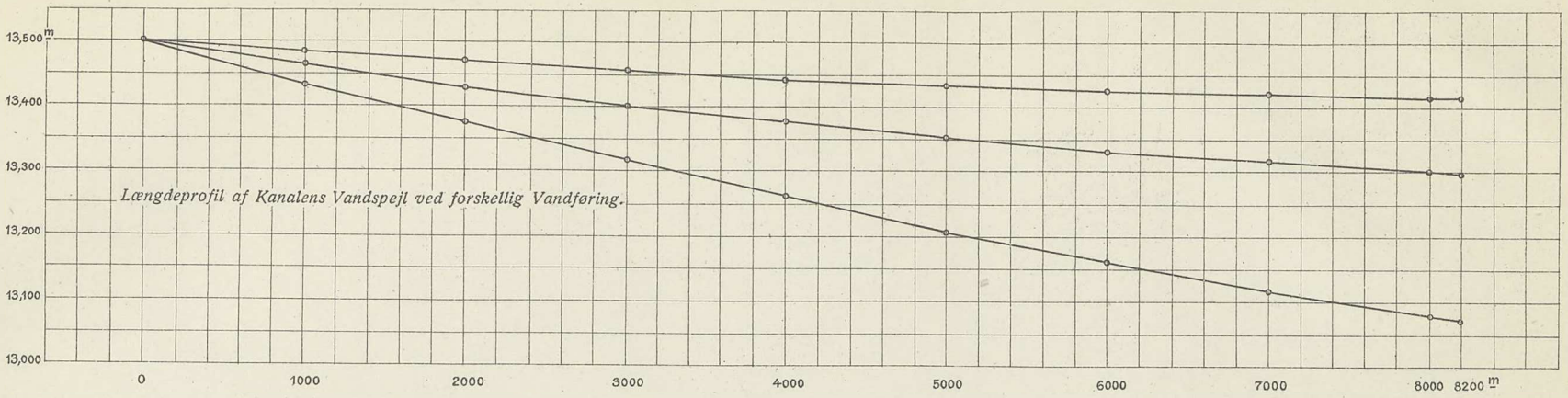
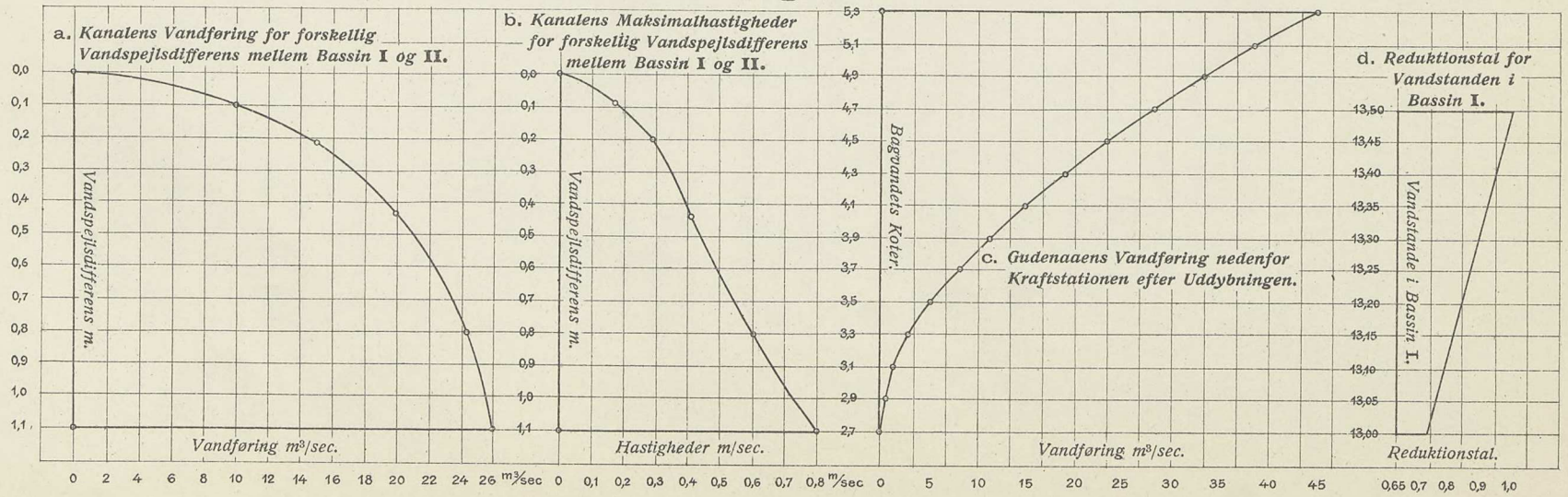


Fig. 7.



AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

en Lerklædning, der slutter sig til Kanalens Lertætning, for at Vandet ikke skal bane sig Vej langs Ledningen.

Grundsluse i Kanalen. Pl. VIII Bilag d. og e.

I Punkt 4300 opføres en Grundsluse (Pl. VIII). Hensigten med denne er at kunne tømme den afdæmmede Kanal, saafremt dette i paakommende Tilfælde viser sig ønskeligt. Grundslusens Konstruktion er nærmere omtalt i Bilag d, ligesom Overslagene for Hovedkanalen og dertil hørende Bygværker findes fremsat i Bilag e.

Bassin II. Pl. IX og X.

Bassin II, hvori Hovedkanalen udmunder, og hvorfra Tilledningskanalen til Kraftstationen optages, fremstilles ved Opstemning i Tangeaa-Dalen ved Hjælp af en Stoppedæmning (se Pl. IX), hvis Beliggenhed ses paa Situationsplanen paa Pl. X. Opstemningens Forhold til Jernbanen og det oversvømmede Areals Størrelse er tidligere berørt. Den ved Tange Station projekterede Kajplads vil blive nærmere omtalt under Afsnit IX.

Stoppedæmningen bygges som Jorddæmning, Fylden faas fra Udgravningen for Tilledningskanalen. For at faa Tilslutning til Skrænterne paa Dalens Sider udgraves en Grav af 1,5 m Dybde, hvori Dæmningen opføres. I Dalens Bund afgraves Tørvejord og Dynd til fast Bund, og desuden graves ved Dæmningsfoden mod Vandet en Grøft ned til den vandtætte Undergrund, hvori Dæmningens Lerklædning føres ned.

Dæmningens Kronebredde gøres 3 m og Skraaningsanlæget 1,5 : 1 saavel paa ud- som indvendig Side. I Kote 12,5 og 10,5 anlægges paa Dæmningens udvendige Side 1 m brede Banketter, der brolægges som Rendestene. Kronekoten er 14,5, idet Flodemaalet er 13,5 og Lavvande 12,4. Fra Kote 14,0 til 11,9 belægges Dæmningen paa indvendig Side med Stenglacis. For Dæmningens Tætheds Skyld anbringes i Dæmningen en Lerklædning af 0,5 m. Minimumstykkelse. Idet Dæmningen opføres lagvis, vil Lerklædningens Tværsnit blive savtakket. Lerklædningen føres helt ned til det vandtætte lerblandede Glimmersand.

Paa Situationsplanen paa Pl. X er Dæmningen indlagt med de to Fløje, hvormed den rækker op til Kote 14,5 paa begge Sider af Dalen. Som det ses af Længdeprofilet, er disse Fløje lave. Paa Længdeprofilet er endvidere indlagt de foretagne Jordbundsundersøgelser, der viser, at Dalsiderne bestaar af Sand og Grus, medens der i Dalbunden i gennemsnitlig 2,25 m Dybde findes vandtæt lerblandet Glimmersand.

For Dæmningens Stabilitet er ingen Beregninger foretaget, da Jorddæmninger er stabile ved de Dimensioner, som Tætheden kræver.

Den Afgravning, der bliver at foretage, beløber sig til 9 000 m^3, medens Paafyldningen i alt bliver 24 300 m^3 + Lerklædningen, der udgør 2 000 m^3.

Af Stenglacis kræves 1 405 m^2, og Brolægningen i Rendestenene andrager 120 m^2.

Bilag f.

Til Afledning af Vandet i Tangeaa under Dæmningens Opførelse samt til eventuel Tømning af Bassinet opføres en Grundsluse, hvis Konstruktion nærmere fremgaar af Bilag f. og Pl. IX.

Vejforlægning og Bro over Tangeaa-Dalen.

Som vist paa Situationsplanen paa Pl. X føres Vejen fra Ans til Tange St. over Tangeaa-Dalen paa en Dæmning med 5 m Kronebredde og Skraaningsanlæg 1,5 : 1. Markvejen, der fører langs Banen, opfyldes, hvor den er for lav, og udbedres til Adgangsvej til Stationen. I Dæmningen bygges en Bro med 10 m Spændvidde og

5 m Bredde. Dæmningskrone og Brobane ligger i Kote 15,0. Broens Konstruktion fremgaar af Bilag g. og Pl. X.

Bilag g.

Beskyttelse af Jernbanen.

Hvor Jernbanens Dæmninger beskylles af det opstemmede Vand, lægges Stenglacis til Beskyttelse af Skraaningerne. Det hertil nødvendige Stenglacis vil andrage ca. 2 700 m².

Uddybning af Gudenaaen nedenfor Kraftstationen.

Dels for at forbedre Afløbsforholdene nedenfor Kraftstationen og dels for at vinde Fald ved Vandspejlets Sænkning foretages en Uddybning af Gudenaa fra Kraftstationen ned til Bjerringbro. Uddybningen udføres med 15 m Bundbredde og Skraaningsanlæg 1,5 : 1. Bundlinien lægges med et Fald af 1 : 5 000 (se Længdeprofil paa Pl. I.), saaledes at Koten paa Bunden ved Kraftstationen bliver 2,7. Den Vandmængde, en saadan Kanal fører, fremstilles grafisk paa Fig. 7 c., der benyttes ved Beregning af Faldet.

Den Jordmasse, der her bliver at afgrave, andrager 60 000 m³.

III. Kanalanlægets Ydeevne.

I det følgende skal nærmere gøres Rede for de Faktorer, der betinger Kanalanlægets Ydeevne, nemlig de til Disposition værende Vandmængder samt Kanalens Vandføringsevne.

Resultatet af de foretagne Vandmaalinger og Beregninger over Vandføringen i de sidste 32 Aar foreligger i den paa Fig. 5 viste Kurve, paa hvilken der for hver Maaned dels er indtegnet Vandføringen i Kubikmeter pr. Sekund ved Indløbet til den projekterede Kanal uden Hensyn til den eventuelle Regulering, og dels med røde Linier er angivet, hvorledes denne Vandføring kan reguleres ved Hjælp af Opstemningen i Silkeborg Langsø, idet Vandføringen i de vandfattige Maaneder forøges noget ved Hjælp af tidligere opsparet Vand.

De røde Linier angiver altsaa den regulerede Vandføring, hvormed der kan regnes. Som det var at forudse, varierer den betydeligt fra Aar til Aar og fra Maaned til Maaned, og denne Variation skal nu i det følgende underkastes en nærmere Undersøgelse, da den er af grundlæggende Betydning for Spørgsmaalet om Vandkraftens Udnyttelse.

Minimalvandføring. Fig. 8.

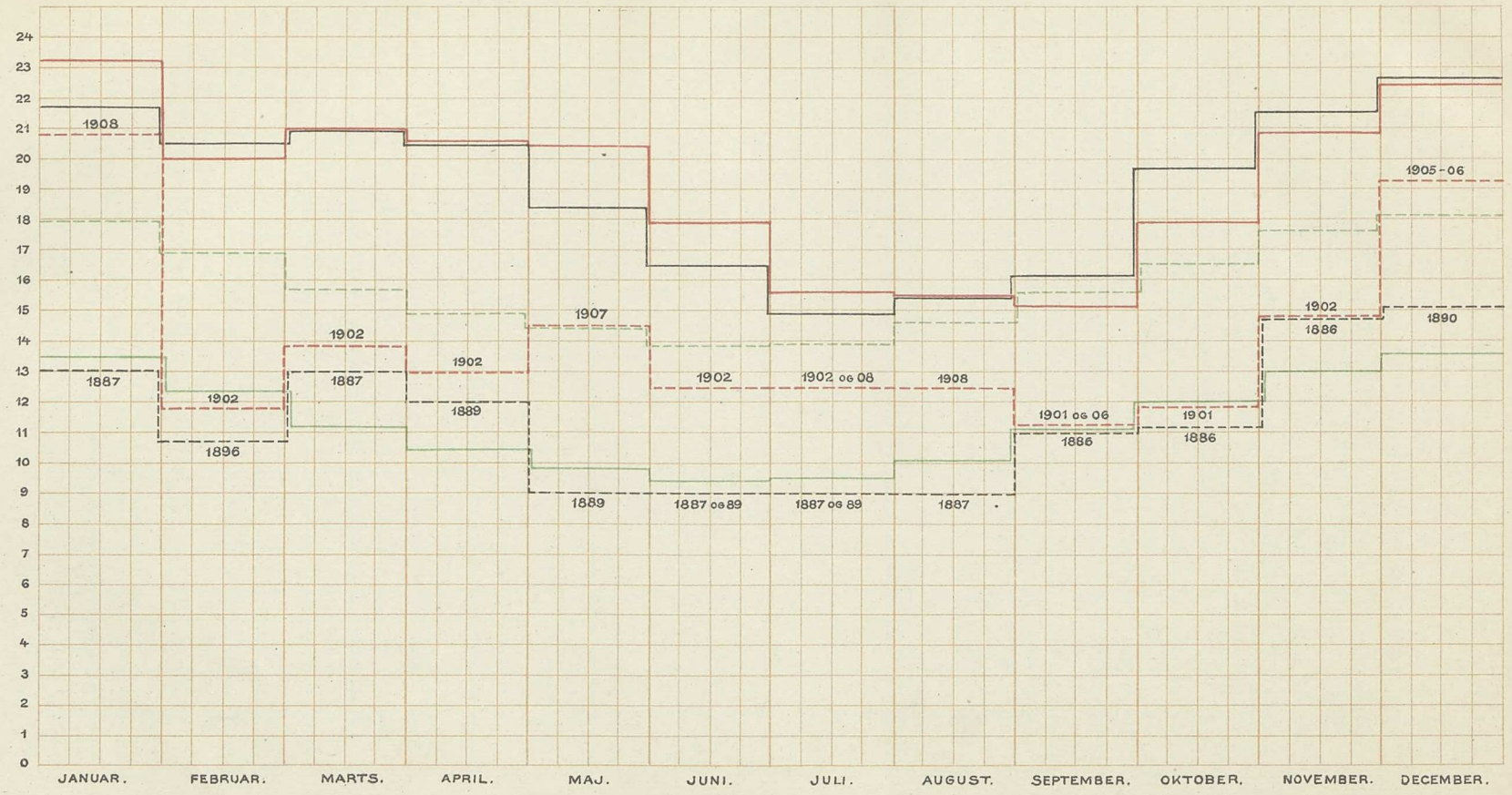
Paa Fig. 8 er optegnet to forskellige Kurver over *Minimalvandføringen*, af hvilke den ene gælder for de sidste 32 Aar, medens den anden kun omfatter de sidste 9 Aar. For hver Maaned er samtidig angivet, i hvilket Aar den laveste Vandføring er indtruffet.

Grunden til, at der er optaget en særlig Kurve for de sidste 9 Aar, er den, at Afstrømningsforholdene som Følge af forskellige Vandløbsreguleringer i Oplandet ved Aarhundredets Begyndelse uden Tvivl har antaget en noget mere stabil Karakter end tidligere, og at man altsaa har Lov til at gaa ud fra, at Forholdene ogsaa i Fremtiden vil forblive omtrent som i den sidste halve Snes Aar. Dette gælder særlig for Sommermaanederne, i hvilke Fordampningen er stærkest; af Kurverne ses det da ogsaa, at Aarene 1887 og 1889 har været særlig vandfattige i Maj, Juni, Juli og August, i hvilke Vandføringen er sunket ned til 9,0 m³/sec., medens den

KANALANLÆG VED GUDENAA.

Reguleret Vandføring i Hovedkanalen. (Maksimalvandføring 24 m³/Sek.)

Fig. 8.



Gennemsnitsvandføring for 32 Aar.

Minimalvandføring for 32 Aar.

Gennemsnitsvandføring for 9 Aar.

Minimalvandføring for 9 Aar.

Projekteret Vandføring for garanteret Energi.

do. do. garanteret og ugaranteret Energi.

AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

i intet af de sidste 9 Aar i disse Maaneder har været lavere end 12,5 m³/sec. Mindre Forskel viser de 2 Kurver for Efteraarsmaanederne, September har saaledes henholdsvis 11,0 og 11,3 m³/sec.

Ogsaa Vandføringen i Februar Maaned er af Betydning, idet Frostperioder her kan foraarsage stærk Reduktion i Vandmængden. Som rimeligt er, har de ovenomtalte Vandløbsreguleringer heller ikke kunnet indvirke herpaa, og Aar 1902 viser da ogsaa en omtrent ligesaa lav Vandføring i Februar som 1896, nemlig 11,8 m³/sec mod 10,7 m³/sec.

Gennemsnitsvandføringen.

Foruden Minimalvandføringen er det ogsaa af Betydning at udregne den gennemsnitlige Vandføring, med hvilken der kan regnes for hver af Aarets Maaneder. Paa Fig. 8 er dette Gennemsnit angivet for hver Maaned, dels udregnet for de sidste 32 Aar, dels for de sidste 9 Aar. Det vil ses, at den sidste Kurve ligger noget højere om Foraaret, den første noget højere om Efteraaret. Højest kommer for de 32 Aar December med 22,7 m³/sec., medens Juli kun har 14,9 m³/sec.

Det bemærkes, at de Maaneder, i hvilke Vandføringen overskrider det Maksimum, for hvilket Kanalen er projekteret, nemlig ca. 24 m³/sec., i Udregningen er indført med denne Størrelse, idet det overskydende Vand jo altid gaar tabt.

Vandkraftens Regelmæssighed.

Af Kurverne ses det, at Forholdet mellem Gennemsnitsvandføringen i Kanalen i den bedste og den daarligste Maaned for 32 Aar er som 22,7: 14,9 eller omtrent som 1,5: 1.

Endvidere ses det, at Forholdet mellem Kanalens Maksimalvandføring og Minimalvandføringen i Februar Maaned er 24: 10,7, medens Forholdet mellem Kanalens Maksimalvandføring og Minimalvandføringen i Juli er 24 : 9.

Endelig viser Fig. 5, at Forholdet mellem den maksimale Vandføring og den minimale Vandføring i Gudenaaen for de sidste 32 Aar beløber sig til ca. 7, og for de sidste 9 Aar til ca. 4.

Naar man sammenligner disse Forholdstal med tilsvarende Tal for udenlandske Vandkræfter, viser det sig, at de er særdeles gunstige. Der findes mange Vandkraftanlæg, særlig i Bjergegne, hvor Forholdet mellem Maksimalvandføringen og Minimalvandføringen stiger til 40, 50 eller endog højere, idet Vandtilførslen til Tider næsten ophører i tørre Sommermaaneder eller under stærke Frostperioder, medens Vandmængden efter Tøbrud paa den anden Side stiger overordentlig stærkt og nødvendiggør store Vandbygningsarbejder for at forhindre Oversvømmelser.

Naar der til Trods for de forholdsvis store Udgifter, som Kanalbygningen fordrer, kan være Tale om en økonomisk Udnyttelse af Gudenaaens Vandkraft, skyldes det da ogsaa i første Række Vandføringens forholdsvis store Regelmæssighed.

Kanalens maksimale Vandføring.

Kanalens Dimensioner er fastsat saaledes, at dens maksimale Vandføring er godt dobbelt saa stor som den Minimalvandføring, med hvilken man efter de foreliggende Erfaringer maa regne. Ved denne Dimensionering vil det være muligt at opnaa en forholdsvis gunstig Udnyttelse af Kanalen, idet det kan ventes, at Kraftforbruget vil være en Del større om Vinteren under Forudsætning af, at en Del af Kraften benyttes til Belysning. Endvidere vil Variationerne i Kraftaftagningen, under samme Forudsætning, ogsaa være størst om Vinteren saavel fra Døgn til Døgn

som inden for de enkelte Døgn, hvilket altsammen nødvendiggør Tilførslen af en større Vandmængde om Vinteren. Kun i det Tilfælde, at Vandkraften udelukkende benyttes til Drift af elektro-kemiske eller andre Fabrikker med regelmæssig Kraftaftagning hele Aaret igennem, vil det være rigtigt at nøjes med en mindre Kanal.

Der vil være Grund til at undersøge, om det under den førstnævnte Forudsætning kan betale sig at bygge en større Kanal end projekteret, idet det af Fig 5 fremgaar, at en ikke ringe Mængde Vand maa løbe ubenyttet bort. Til Bedømmelse heraf vil det være nødvendigt at udregne den aarlige Middelvandmængde i forskellige Tilfælde.

Den aarlige Middelvandmængde.

Paa Basis af Kurven over Gennemsnitsvandføringen er derfor den aarlige Vandmængde henholdsvis for de sidste 32 Aar og for de sidste 9 Aar udregnet, idet Vandføringer ud over den projekterede Kanals Maksimalvandføring (24 m^3/sec) ikke medregnes. Denne saakaldte industrielle Middelvandmængde beløber sig for de sidste 32 Aar til 600 000 000 m^3 pr. Aar, svarende til en Middelvandføring for hele Aaret af 19,0 m^3/sec og for de sidste 9 Aar til 610 000 000 m^3 pr. Aar, svarende til en Middelvandføring for hele Aaret af 19,3 m^3/sec.

Da der kan regnes med et Gennemsnitsfald paa 8 m, svarer de ovennævnte Vandmængder til henholdsvis ca. 17 700 000 og ca. 18 000 000 I. HK. Timer pr. Aar; ved en Nyttevirkning af Turbineanlæget af ca. 75 pCt. faas henholdsvis ca. 13 250 000 og ca. 13 500 000 E. HK. Timer pr. Aar eller henholdsvis ca. 8 850 000 og ca. 9 000 000 KW. Timer pr. Aar.

For at bedømme, om det vil kunne betale sig at bygge en større Kanal, er nu tillige Middelvandmængden for de sidste 9 Aar for en Kanal med en Maksimalvandføring af 30 m^3/sec udregnet, og denne beløber sig til ca. 640 000 000 m^3 pr. Aar, svarende til en Middelvandføring for hele Aaret af 20,25 m^3/sec, hvilket atter giver ca. 9 500 000 KW. Timer pr. Aar.

Af det i Afsnit VIII indeholdte Anlægsoverslag vil det endvidere ses, at den projekterede Kanal for 24 m^3/sec vil koste ca. 355 000 Kr., idet Bekostningen ved Lukke- og Grundsluse ikke medregnes; et approksimativt Overslag over de samme Arbejder for en Kanal med en Vandføring af 30 m^3/sec har vist, at en saadan vil koste ca. 420 000 Kr., altsaa ca. 65 000 Kr. mere. Regnes de aarlige Udgifter til ca. 8 pCt. af Anlægssummen, vil disse for en Kanal med 24 m^3 Maksimalvandføring pr. Sek. beløbe sig til ca. 29 000 Kr., medens de aarlige Merudgifter for en Kanal med 30 m^3 Maksimalvandføring pr. Sek. beløber sig til ca. 5 000 Kr. Det første Tal svarer til en Kraftmængde paa ca. 9 000 000 KW. T., altsaa ca. $^1/_3$ Øre pr. KW. T., medens Forøgelsen af Kanalen til 30 m^3/sec kun giver en Forøgelse af Kraftmængden med 500 000 KW. T., som altsaa vil koste ca. 1 Øre pr. KW. T.

Det ses heraf, at den indvundne større Kraftmængde vil være forholdsvis dyrt betalt. Hertil kommer yderligere, at den forøgede Vandmængde saa godt som helt falder i Vintermaanederne, og at altsaa Forholdet mellem Kanalens Maksimalvandføring og Minimalvandføring vilde forøges yderligere ud over Forholdet 2 : 1. Det vil derfor være forbundet med Vanskeligheder at finde Afsætning for den forøgede Kraftmængde, og derfor bør man ikke skride til et større Anlæg end projekteret.

IV. Muligheder for Vandkraftens Anvendelse.

Der foreligger hovedsagelig tre forskellige Muligheder for en økonomisk fordelagtig Anvendelse af den ovenfor beskrevne Vandkraft, og om alle tre Muligheder gælder det, at det af Hensyn til Fordelingen af Kraften til Forbrugsstederne vil være fordelagtigt først at omsætte Vandkraften til elektrisk Energi og derefter fordele den i denne Form gennem elektriske Ledninger:

1) Udnyttelse paa Stedet af Fabrikker i umiddelbar Nærhed af Kraftstationen,
2) Fordeling af den elektriske Energi ved Hjælp af Højspændingsledninger saavel til det omliggende Land og Købstæderne Viborg, Silkeborg og Randers som til Aarhus med Omegn.
3) Overføring af al Energien gennem Højspændingsledninger til Aarhus og Omegn.

Den under 2) anførte Mulighed skal i det følgende, som den mest omfattende, belyses nærmere ved et detailleret Projekt, medens første og tredje Mulighed kun skal omtales i Hovedtrækkene.

Udnyttelse paa Stedet.

Paa Grund af Kraftstationens afsides Beliggenhed kan en Anvendelse af al Kraften paa Stedet kun tænkes, hvis der her anlægges en eller flere større Fabrikker, som til deres Drift fordrer en stor elektrisk Energimængde.

Af saadanne skal særlig nævnes elektro-kemiske Fabrikker, f. Eks. til Fabrikation af Kalciumkarbid, Salpeter eller lignende. Paa flere Steder i Udlandet er der omkring Vandkraftanlæg, ganske vist som Regel af væsentlig større Dimensioner end det her omhandlede, opstaaet Fabrikker, for hvilke Fordelen ved at kunne faa elektrisk Energi til billig Pris opvejer de med Transporten af Raamaterialet og de færdige Fabrikater forbundne Udgifter.

I denne Henseende maa det nævnes som en Fordel for Kraftanlæget ved Gudenaaen, at denne kan besejles af Damp- eller Motorbaade med Pramme fra Randers Fjord helt op til den projekterede Kraftstation, ligesom dennes Beliggenhed umiddelbart ved Tange Jernbanestation paa Linien Langaa—Viborg og den deraf følgende Adgang til at faa Stikspor, vil være af væsentlig Betydning for eventuelle Fabriksanlæg.

Under Afsnit VIII vil der blive gjort nærmere Rede for, til hvilken Pris den elektriske Energi vil kunne sælges ved selve Kraftstationen. En Undersøgelse af, hvorvidt det vil kunne betale sig paa Basis af denne Pris og under Hensyntagen til de omhandlede Transportforhold at anlægge en eller flere Fabrikker, som tilsammen disponerer over hele den disponible Vandkraft, ligger derimod uden for Rammen for nærværende Betænkning.

Forsyning af Oplandet.

Forsaavidt ikke hele den disponible Kraft udnyttes ved Anlæg ved selve Kraftstationen, vil det være nødvendigt at søge den afsat i større Afstand derfra, og for dette Øjemed at overføre den ved Hjælp af elektriske Højspændingsledninger.

Centralens forholdsvis afsides Beliggenhed gør det imidlertid umuligt at afsætte saa store Kraftmængder til det omliggende Land alene, og der er derfor udarbejdet et Projekt, hvorefter Elektriciteten sendes saavel

til det omliggende Land som til Købstæderne Viborg, Silkeborg, Randers og Aarhus, idet det endvidere forudsættes, at en Del af Elektriciteten fordeles fra Aarhus til denne Bys nordlige og sydlige Omegn. Som bekendt er der i den senere Tid udarbejdet forskellige Projekter til en saadan Forsyning af Aarhus Omegn enten fra en særlig herfor bygget Central eller fra en fælles Central for Aarhus By og Omegn, og under Hensyntagen til den eventuelle Realisation af disse Projekter er Energien fra Kraftanlæget ved Gudenaaen tænkt solgt til en saadan Fællescentral for Aarhus og Omegn, hvorved dennes Størrelse kan indskrænkes til kun at give den overskydende Belastning ud over den fra Gudenaaen købte Kraft.

I Afsnit VII er der gjort Rede for, hvilke Kraftmængder der kan tænkes afsat i Oplandet og de nævnte Købstæder, og det vil ses, at det Forbrug, som kan paaregnes i Løbet af ca. 5—10 Aar, neppe vil kunne lægge Beslag paa al den ved Gudenaa-Anlæget indvundne Kraft. Det maa da anses for sandsynligt, at det, for at opnaa en økonomisk Udnyttelse af Anlæget, vil være nødvendigt at inddrage samtlige ovenfor nævnte Købstæder under Forsyningen, og det detaillerede Projekt er derfor udarbejdet under denne Forudsætning.

Overføring af al Energien til Aarhus og Omegn.

For det Tilfælde, at ikke alene det ovenfor omtalte Forsyningsanlæg for Aarhus og Omegn, men ogsaa det projekterede elektriske Baneanlæg mellem Aarhus og Randers kommer til Udførelse, vil der være Mulighed for inden mange Aars Forløb at kunne finde Anvendelse for Størstedelen af Gudenaa-Anlægets Kraft i Aarhus og Omegn. I saa Tilfælde vil Anlægsudgifterne til Ledningsanlæget kunne reduceres væsentligt. Under Afsnit VIII er der derfor foruden Rentabilitetsberegningen for de to foreliggende Udnyttelsesmuligheder tillige opstillet en Beregning over Udgifterne for det Tilfælde, at al Energien føres til Aarhus og Omegn.

V. Kraftstationen.

Kraftstationens Størrelse.

Dimensioneringen af Kraftstationen maa ske under Hensyntagen til, at den skal være i Stand til at præstere den største øjeblikkelige Belastning, som kan ventes. Som Følge heraf vil Størrelsen af Kraftstationen afhænge af Arten af Forbrugerne og altsaa af, hvilke af de forskellige ovenfor omhandlede Muligheder for Kraftens Udnyttelse, der kommer til Udførelse.

Udnyttelse paa Stedet.

For det Tilfælde, at Kraften udnyttes paa Stedet til kemiske Fabrikker, vil disses Drift sandsynligvis kunne indrettes som uafbrudt Døgndrift med Kraftaftagning, der retter sig efter den til en hver Tid disponible Vandmængde gennem alle Aarets Timer. I saa Tilfælde vil Kraftstationens Størrelse kunne indskrænkes til at svare til Kanalens Maksimalvandføring. Forudsættes denne ligesom i Projektet at være 24 m^3/sec og antages et Gennemsnitsfald af 8 m, svarer Kanalens Maksimalvandføring til ca. 2 500 I. HK. = ca. 1 850 E. HK. eller ca. 1 200 KW. Herefter vil der i Kraftstationen passende kunde opstilles 3 Turbiner à 900 E. HK. = 600 KW., hvoraf den ene som Regel vil være i Reserve.

Ved særlig stærk Belastning eller ved reduceret Fald maatte i saa Tilfælde alle Turbinerne benyttes. Skulde der i et saadant ugunstigt Tilfælde yderligere ske det Uheld, at et af Turbineaggregaterne blev utjenstdygtigt, maatte i saa Fald Driften indskrænkes noget, men dette vilde ved en saadan Fabrikation ogsaa som Regel være muligt.

Forsyning af Oplandet.

Forudsættes det derimod, at Elektriciteten fordeles saaledes som omhandlet i det detaillerede Projekt saavel til Oplandet som til Aarhus og Omegn, maa man være forberedt paa væsentlig større Variationer i Kraftaftagningen saavel fra den ene Maaned til den anden som ogsaa inden for den enkelte Maaned og ganske særlig inden for Døgnets 24 Timer.

Belastningsvariationer.

Hvor stærke disse Variationer vil være, er det meget vanskeligt forud at afgøre, idet de i høj Grad vil være afhængige af Belastningens Natur og da ganske særligt af Forholdet mellem den til Kraft og den til Belysning aftagne Elektricitetsmængde.

For en økonomisk Udnyttelse af Anlæget gælder det om at opnaa en Kraftaftagning, hvis Variationer saa meget som muligt følger Variationerne i den disponible Vandmængde, og dette kan til Dels opnaas ved Fastsættelse af Tariffer for Betalingen af Elektriciteten, som giver gunstigere Betingelser for jævn Kraftaftagning.

I Afsnit VII og VIII er der gjort nærmere Rede for Arten og Størrelsen af den Kraftaftagning, som kan tænkes opnaaet i Løbet af ca. 5—10 Aar. Det fremgaar heraf, at Elektriciteten til Kraftbrug tænkes solgt dels som saakaldt garanteret Kraft, ved hvilken Krafttilførslen sikres Aftagerne uden Hensyn til den disponible Vandmængde, og dels som ugaranteret Kraft, for hvilken Kraftanlæget forbeholder sig Ret til med f. Ex. 4 Dages Varsel at afbryde Forsyningen, naar der indtræder særlig Vandmangel.

For den garanterede Kraft foreslaas endvidere 2 forskellige Tariffer, dels for Forbrugere, som ønsker Ret til at aftage Kraft paa hvilken som helst Tid paa Døgnet, derunder altsaa ogsaa i Belysningstiden, og dels for Forbrugere, som forpligter sig til ikke at aftage Kraft i Belysningstiden.

Af garanteret Elektricitet ventes solgt ca. 5 300 000 KW. T., af hvilke ca. 1 200 000 KW. T. tænkes benyttet direkte til Belysning og Resten dels direkte til Kraft, dels til Elektricitetsværker, som er bygget efter Jævnstrømssystemet, og ved hvilke derfor den fra Kraftanlæget leverede Vekselstrøm maa omformes ved Hjælp af roterende Omformere til Jævnstrøm. Tariffen for Elektricitetslevering til saadanne Omformere tænkes baseret paa en forholdsvis jævn Benyttelse hele Aaret rundt. Dog vil Belastningen sikkert være noget større om Vinteren, idet saadanne Elektricitetsværker for en stor Del er baseret paa Levering af Elektricitet til Belysning, og deres Forbrug derfor er væsentlig større om Vinteren.

Til Gengæld vil de Forbrugere, som paatager sig Forpligtelse til ikke at aftage Elektricitet i Belysningstiden, som Regel bruge noget mindre Kraft om Vinteren end om Sommeren. Endvidere vil der være en Del Virksomheder, som f. Eks. Teglværker og desl., som udelukkende drives om Sommeren, medens Landbruget vil have sit største Kraftforbrug om Efteraaret. Man kan derfor i det store og hele gaa ud fra, at det samlede

garanterede Forbrug til Kraft og Omformere vil fordele sig nogenlunde jævnt over hele Aaret.

Derimod vil den Elektricitetsmængde, som benyttes direkte til Belysning, naturligvis fordele sig ujævnt over Aarets Maaneder, saaledes at December har størst, Juni mindst Forbrug. Erfaringen viser, at Fordelingen, naar det drejer sig om et stort Antal forskelligartede Lysforbrugere, kan ventes at falde omtrent efter følgende Skala:

Januar	15,0 pCt. af Aarsforbruget.	Juli	2,5 pCt. af Aarsforbruget.
Februar	11,5 — - —	August	4,5 — - —
Marts	8,0 — - —	September	7,5 — - —
April	5,5 — - —	Oktober	10,5 — - —
Maj	3,5 — - —	November	14,0 — - —
Juni	2,0 — - —	December	15,5 — - —

Da der af det garanterede Forbrug ventes solgt ca. 1 200 000 KW. T. eller ca. 22,5 pCt. direkte til Belysning, og Resten antages jævnt fordelt over Aaret, vil det samlede, garanterede Forbrug altsaa fordele sig omtrent som følger:

Januar	9,8 pCt. af Aarsforbruget.	Juli	7,0 pCt. af Aarsforbruget.
Februar	9,0 — - —	August	7,5 — - —
Marts	8,3 — - —	September	8,1 — - —
April	7,7 — - —	Oktober	8,8 — - —
Maj	7,3 — - —	November	9,6 — - —
Juni	6,9 — - —	December	10,0 — - —

Den til det projekterede garanterede Forbrug svarende Vandføring er indlagt paa Fig. 8 ved en grøn optrukken Kurve, som angiver den tilsvarende Middelvandføring i de enkelte Maaneder.

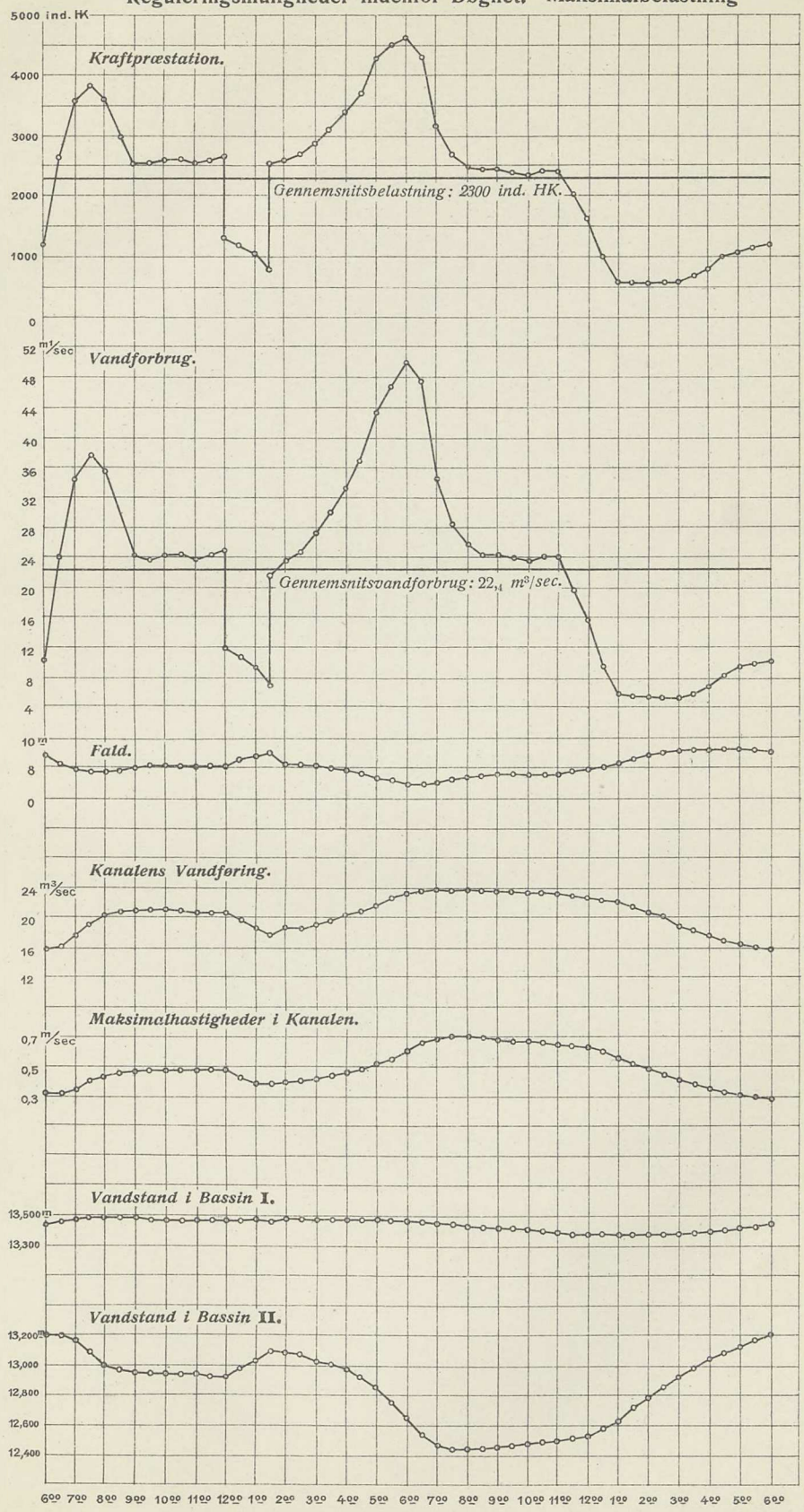
Endvidere er paa samme Figur indlagt en grøn punkteret Kurve, som angiver den til det samlede, saavel garanterede som ugaranterede Forbrug svarende Middelvandføring i de enkelte Maaneder. Da det ugaranterede Forbrug kan antages jævnt fordelt over hele Aaret, er Afstanden mellem de to Kurver konstant.

Det højeste Forbrug udviser December med 13,5 m^3/sec. for det garanterede og 18,1 m^3/sec. for det samlede Forbrug. Forbruget er imidlertid ikke det samme paa Maanedens forskellige Dage. Særlig vil Søn- og Helligdage udvise et lavere Forbrug, idet Størstedelen af Fabrikkerne staar stille, og Hverdagene vil derfor allerede af denne Grund udvise et Forbrug, der er noget større end Gennemsnittet; dertil kommer yderligere, at Forbruget til Belysning er stærkest i Dagene før Jul. Det største Forbrug vil derfor falde paa en af disse Dage og sandsynligvis være ca. 15—20 pCt. højere end Maanedens Gennemsnitsforbrug.

Den hertil svarende Vandføring er for det projekterede garanterede Forbrug ca. 16 m^3/sec. og for det projekterede samlede Forbrug ca. 21 m^3/sec. Det ses, at det samlede Forbrug selv paa disse Dage ikke naar Gennemsnitsvandføringen, og at det garanterede Forbrug er meget langt fra at gøre dette, saa at Vandkraften ved det til Grund for Rentabilitetsberegningerne lagte Forbrug endnu ikke er fuldt udnyttet. Ved Dimensioneringen af Kraftstationen bør der imidlertid ikke tages Hensyn hertil, idet det kan ventes, at Forbruget i Aarenes Løb vil stige, og Fastlæggelsen af Turbineaggregaternes Størrelse og Antal bør derfor ske med den Mulighed for Øje, at Anlæget efterhaanden vil blive fuldt udnyttet. Muligvis vil

KANALANLÆG VED GUDENAA. Fig. 9.

Reguleringsmuligheder indenfor Døgnet. Maksimalbelastning



AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

Opstillingen af et af de projekterede Turbineaggregater eller af den projekterede Reservekraft kunne udskydes nogle Aar; i det udarbejdede Overslag er der imidlertid ikke taget Hensyn hertil, idet man har ønsket at være paa den sikre Side og derfor har forudsat, at det ved det projekterede Forbrug vil vise sig nødvendigt at udbygge Kraftstationen i dens endelige Skikkelse.

Belastningsvariationernes Indvirkning paa Vandføring og Fald.

Den til fuld Udnyttelse svarende Vandføring vilde ved jævn Kraftaftagning hele Døgnet igennem være ca. 24 m^3/sec, nemlig lig med Kanalens Maksimalvandføring. Da Kraftaftagningen imidlertid ikke kan antages at være jævn, vil Middelvandføringen paa Grund af den varierende Vandstand i Reguleringsbassinerne blive noget mindre og desto mindre, jo ujævnere Kraftaftagningen er. Ogsaa det disponible Fald vil variere efter Vandstanden i Reguleringsbassin II og desuden afhænge af Vandstanden i Afløbskanalen, som ligeledes vil variere, naar Kraftaftagningen er ujævn.

For at bestemme Turbinernes Dimensioner er det derfor nødvendigt at undersøge disse Forhold nøjere, og dette er gjort ved Hjælp af de i Fig. 9, 10 og 11 viste Kurver.

Belastningskurve med Maksimumsforbrug.
Fig. 9.

Paa Fig 9 er Forholdene for et Døgn med Maksimumsforbrug undersøgt, idet det er forudsat, at Belastningen gennem Døgnets 24 Timer varierer som vist paa den øverste Kurve. Medens Belastningen Natten igennem kun er ringe, stiger den om Morgenen dels paa Grund af Fabrikkernes Aabning og dels paa Grund af Belysningen i de mørke Morgentimer. Naar Lyset bryder frem, synker Belastningen ned til den til Kraftforbruget svarende Størrelse og holder sig nogenlunde jævn Dagen igennem med Undtagelse af Middagstimen, hvor en stor Del af Fabrikkerne indstiller Forbruget. Ved 4—5 Tiden tændes atter Lamperne, og den største Belastning naas mellem Kl. 5 og 6, hvor saavel Kraftforbrugerne som Lysforbrugerne aftager Elektricitet. Derpaa synker Belastningen ved 6—7 Tiden paa Grund af Fabrikkernes Lukning, og endelig ved 11—12 Tiden slukkes ogsaa de fleste Lamper, og Forbruget indskrænkes til Natbelysning og Fabrikker med Natdrift samt den i Transformatorer og lignende tabte Energi.

Paa Figurens øvrige Kurver er vist, hvorledes Vandforbruget i Turbinerne, Faldet, Kanalens Vandføring og den dertil svarende Vandhastighed samt Vandstanden i de to Bassiner stiller sig, naar Belastningen varierer, saaledes som den øverste Kurve angiver. De vandrette Linier i de to øverste Kurver angiver henholdsvis Middelbelastningen og Middelvandføringen for hele Døgnet.

Det ses, at medens Middelbelastningen er forudsat at være 2 300 I. HK., er Maksimalbelastningen ansat til ca. 4 600 I. HK. og altsaa dobbelt saa stor.

Det maa nu fremhæves, at den forudsatte Belastningskurve maa anses for meget ugunstig, naar Hensyn tages til Arten af det ventede Forbrug. For det første kan man gaa ud fra, at en Del Fabrikker vil se deres Fordel ved at lade nogle eller alle Maskiner gaa om Natten, naar de kan faa Kraften uden Ekstraudgift til Pasning etc. og tilmed derved kan opnaa en reduceret Pris for deres Elektricitetsforbrug. Endvidere vil Forbruget i Fabrikkerne allerede paa den Tid, da Lamperne tændes, være aftaget noget, selv om de ikke har nogen Forpligtelse til

at standse i Belysningstiden, og denne Reduktion i Kraftforbruget ved Belysningstidens Begyndelse vil naturligvis yderligere fremmes, naar der gives Prisnedsættelse for de Fabrikker, som ikke aftager Kraft i Belysningstiden. Ved at lægge Belastningskurven paa Fig. 9 til Grund for Dimensioneringen af Kraftstationen er man altsaa i hvert Fald paa den sikre Side.

Turbinernes Størrelse. Den største øjeblikkelige Belastning er efter Kurven ca. 4600 I. HK. Ved en Nyttevirkning af Turbineanlæget paa ca. 75 pCt. svarer dette til ca. 3400 E. HK. Denne Belastning forekommer imidlertid kun meget sjældent og i ganske kort Tid, hvis den overhovedet naas. Og det vil derfor være passende at ansætte Turbinernes normale Ydeevne til 3 000 E. HK., idet en eventuel Overskridelse da maa præsteres ved Hjælp af den senere omtalte Dampreserve. For at sikre den regelmæssige Forsyning ogsaa i Tilfælde af et pludseligt Havari af et af Turbineaggregaterne, forudsættes der endvidere opstillet et Reserveaggregat, og Kraftstationen er derfor dimensioneret for Opstilling af 3 Turbiner à 1 500 E. HK., hver direkte koblet med en elektrisk Generator paa 1 000 KW.

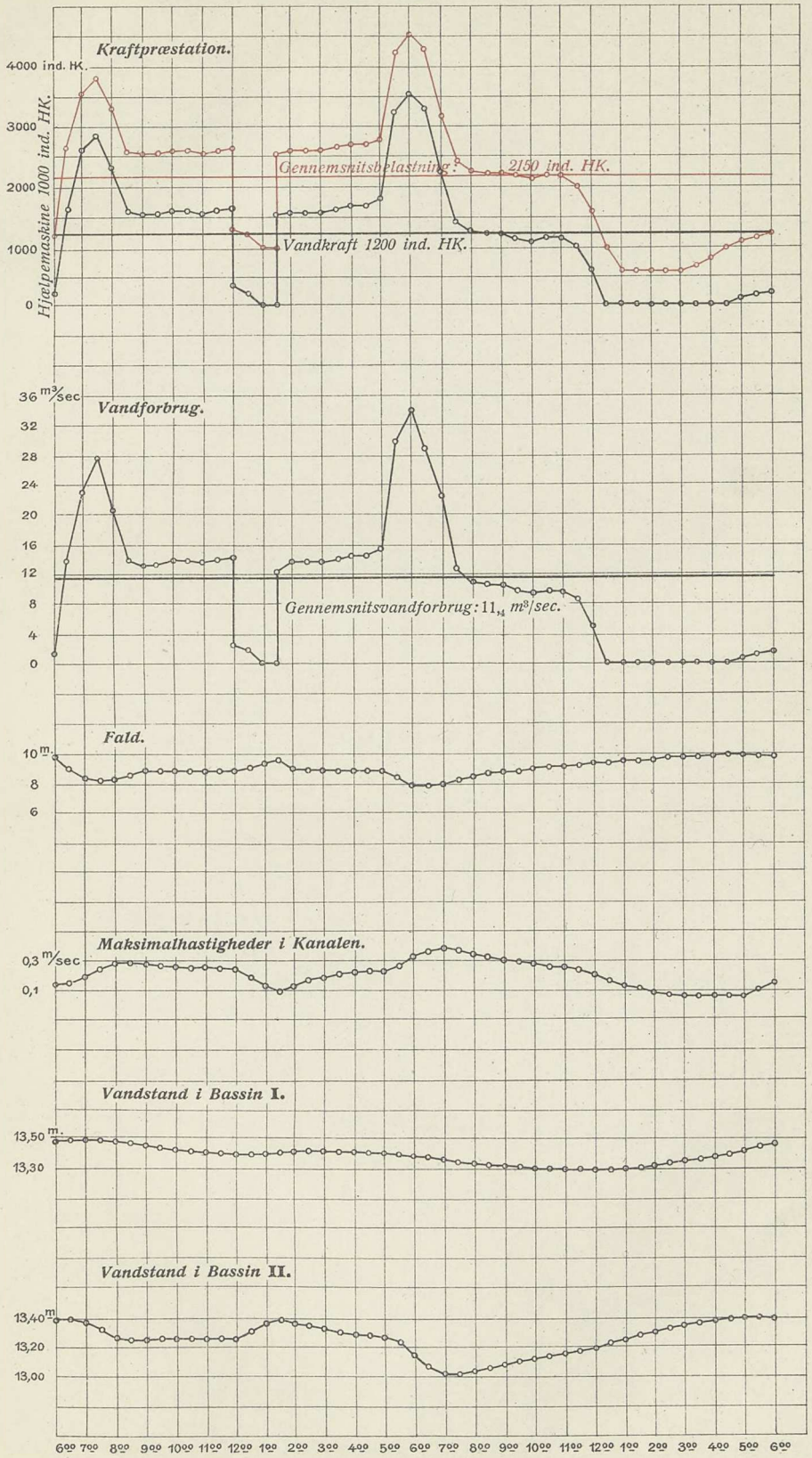
Af den tredie Kurve paa Fig. 9 ses det, at det disponible Fald naar sit Minimum omtrent paa det Tidspunkt, da Belastningen naar sit Maksimum. Dette er meget ugunstigt for Konstruktionen af Turbinerne og Generatorerne, idet dels den til den forlangte Ydeevne svarende Vandmængde bliver saa meget desto større, jo mindre Faldet er, og dels Omløbstallet maa vælges lavere, naar den fulde Effekt skal udvikles ved et reduceret Fald. Naar Turbinerne ved det paa Kurven angivne Minimumsfald af 6,8 m skal præstere hver 1 500 E. HK., maa Omdrejningstallet sættes til 125 pr. Minut. Kunde derimod Ydeevnen, naar Faldet synker til 6,8 m, nedsættes til 1 250 E. HK., vilde Omdrejningerne kunne ansættes til 150 pr. Minut og saavel Turbiner som Generatorer blive en Del billigere. Ved Maksimumsbelastningen maatte i saa Fald alle tre Turbiner løbe, og i Tilfælde af Havari af et af Aggregaterne maatte da Dampreserven præstere den Kraft, der kræves ud over 2 500 E. HK. Da Udsigten til Benyttelsen af Dampreserven vilde forøges væsentlig herved, maatte den da holdes parat til Drift i tilsvarende længere Tid.

Det er ikke usandsynligt, at man ved en eventuel Realisation af det foreliggende Projekt vil kunne indføre denne Besparelse, hvis man til den Tid med større Sikkerhed end nu kan overse, hvor store Belastningsvariationer der kan ventes. Da imidlertid selv en forholdsvis stor Besparelse i Anlægsudgifterne for Kraftstationen kun har ringe Indflydelse paa det samlede Anlægsoverslag og derigennem paa Rentabilitetsberegningen, har man anset det for rigtigt ogsaa paa dette Punkt at regne rigeligt og har derfor forudsat opstillet 3 Turbiner, som ved Minimumsfaldet, 6,8 m., hver kan præstere 1 500 E. HK. ved 125 Omdrejninger pr. Minut.

Dampreserve. Af Kurverne paa Fig. 8 ses det, at medens Gennemsnitsvandføringen overalt er væsentlig højere end den til det projekterede Forbrug svarende Vandføring, gælder dette ikke Minimalvandføringen, som endog i nogle Tilfælde ligger under Forbrugskurven. Det kan altsaa befrygtes, at der i nogle Tilfælde ikke vil være Vand nok til at præstere det garanterede Forbrug, og dette vil navnlig blive Tilfældet, hvis dette Forbrug

KANALANLÆG VED GUDENAA. Fig. 10.

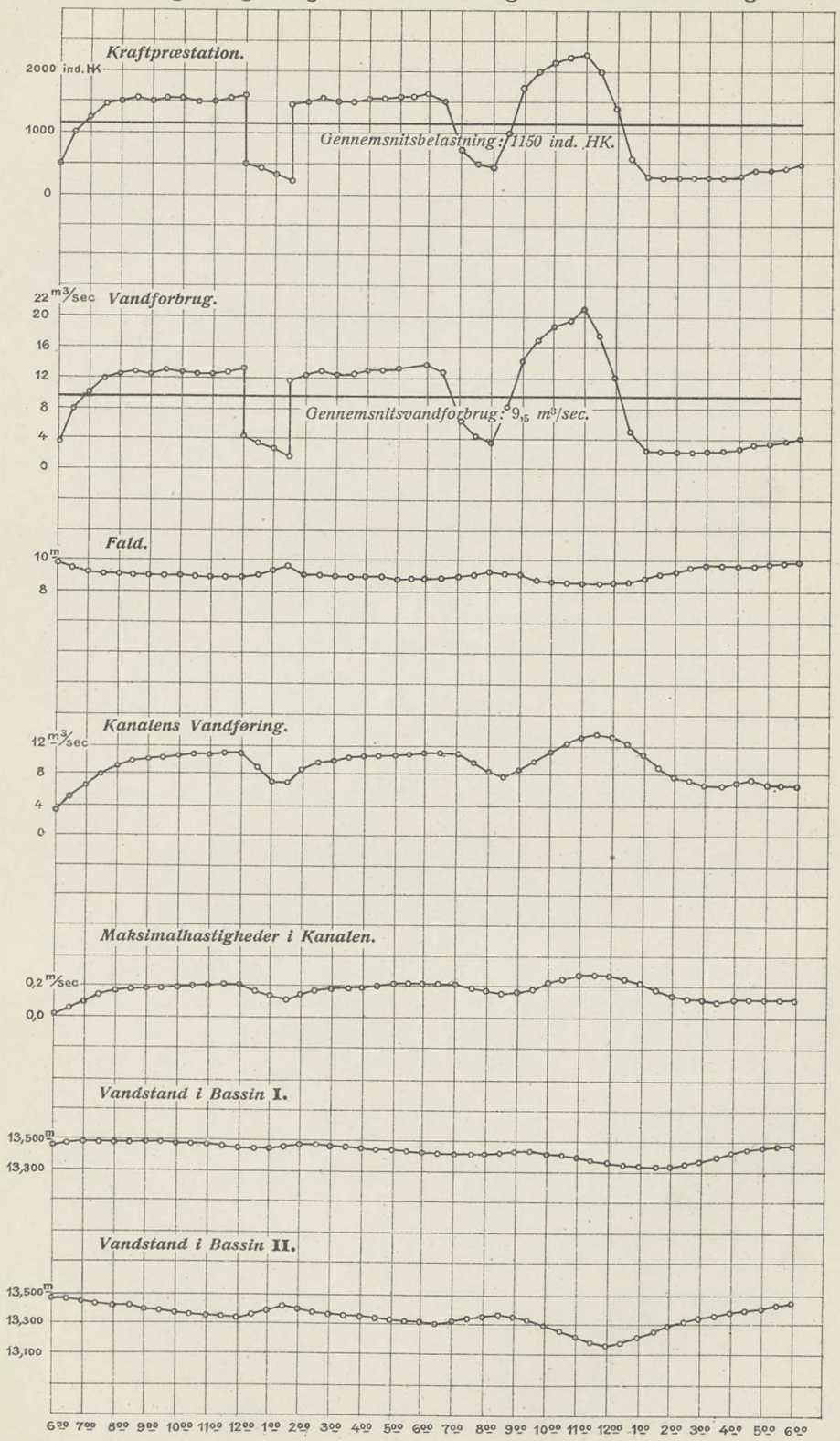
Reguleringsmuligheder indenfor Døgnet.
Maksimalbelastning med Hjælpemaskine.



AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

KANALANLÆG VED GUDENAA. Fig. 11.

Reguleringsmuligheder indenfor Døgnet. Minimalbelastning.



AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

stiger højere end projekteret og op til, hvad der svarer til fuld Udnyttelse af Kanalanlæget. For at kunne opretholde den garanterede Forsyning i saadanne Tilfælde vil det være nødvendigt at opstille et Reserveanlæg, indrettet paa en af Vandmængden uafhængig Drivkraft, og dette kan da navnlig tænkes at være enten et Dampkraft- eller et Dieselmotoranlæg.

Ved Valget herimellem maa man tage Hensyn til, at Reserveanlæget kun vil blive benyttet forholdsvis kort Tid, idet der i vandrige Aar slet ikke vil blive Brug for det, i vandfattige Aar kun i de faa Maaneder, hvor Vandføringen synker ned under Forbrugskurven. Det vil derfor være af mindre Betydning, om Brændselsforbruget er noget større eller mindre; derimod vil de faste Udgifter til Forrentning og Afskrivning af Anlæget være af afgørende Betydning, og der bør derfor vælges et forholdsvis billigt Anlæg.

Dieselmotorerne har deres Fortrin i et ringe Brændselsforbrug, hvorimod Anlægsudgifterne er større end for Dampanlæg, særlig naar det drejer sig om et saa stort Aggregat, at der kan benyttes Dampturbiner. Den Omstændighed, at Dieselmotoren kan sættes i Drift med kort Varsel, medens ved Dampanlæget Dampkedlen først maa opfyres, har mindre Betydning i det foreliggende Tilfælde, da man altid forud ved, naar Vandmangelen kan ventes. En Fordel har Dieselmotoren derigennem, at den fordrer forholdsvis lidt Personale til sin Betjening, hvad der jo har en vis Betydning, naar det drejer sig om et Reserveaggregat. Ved at anbringe automatisk Fyrapparat paa Dampkedlen kan imidlertid ogsaa ved et Dampanlæg Betjeningen reduceres saa meget, at det kan forudsættes, at den i alle forekommende Tilfælde let kan præsteres.

Naar alle Omstændigheder tages i Betragtning, maa derfor Dampanlæget foretrækkes i dette Tilfælde, og i Projektet er da forudsat opstillet et Dampturbineaggregat paa 500 KW. normal Belastning med tilhørende Kedelanlæg.

Stærkest Brug for Reserveanlæget vil der sandsynligvis blive i Februar Maaned i Tilfælde af vedvarende Frost, idet Vandføringen, som Fig. 8 viser, kan synke stærkt, samtidig med at Belastningen endnu er væsentlig paavirket af Lysforbruget.

Belastningskurve med Dampreserve. Fig. 10.

I Fig. 10 er vist, hvorledes det ved Hjælp af det projekterede Dampturbineanlæg er muligt at tilfredsstille et Forbrug omtrent af samme Størrelse som forudsat ved Maksimumskurven (Fig. 9) og med lignende stærke Variationer og det til Trods for, at Gennemsnitsvandføringen er forudsat sunket ned til 11,4 m^3/sec.

Belastningskurve med Minimumsforbrug. Fig. 11.

Endelig er der paa Fig. 11 vist, hvorledes Belastningen kan tænkes at variere paa en Sommerdag, hvor den korte Belysningstid falder helt uden for Fabrikkernes normale Driftstid. Gennemsnitsbelastningen er forudsat at være halv saa stor som paa den stærkest belastede Dag om Vinteren, nemlig 1 150 I. HK. Paa Figurens øvrige Kurver er vist de tilsvarende Variationer i Vandføring, Fald, Vandhastighed og Vandstand. Da Faldet gennemsnitlig er højere end om Vinteren, er Gennemsnitsvandføringen noget under Halvdelen af Gennemsnitsvandføringen ved Maksimalbelastning, nemlig kun 9,5 m^3/sec.

Beskrivelse af Kraftstationen.

Tilledningskanal.

Fra Bassin II føres Tilledningskanalen til Kraftstationen. Tilledningskanalens Beliggenhed fremgaar af Situationsplanen paa Pl. X. Fra Dæmningen for Bassin II føres den over Matr.-Nr. 12 a af Tange til Matr.-Nr. 12 b, hvor Kraftstationen er beliggende. Tilledningskanalens Bundbredde gøres 20 m, Bunden lægges vandret i Kote 10,4, og Skraaningsanlæget gøres 2 : 1.

Terrainet ligger gennemsnitlig i Kote 13,0, hvorfor der opføres Dæmninger langs Kanalen med 2,5 m Kronebredde og Kronekote 14,5. Ved Kraftstationen forløber Skraaningerne som vist paa Situationsplanen paa Pl. XI.

Pl. XI.

I Henhold til Fig. 9 kan Maksimalvandforbruget ansættes til 50,0 m^3/sec. Vandstanden i Tilledningskanalen kan da sættes til 12,65, saa at Maksimalhastigheden bliver ca. 1 m pr. Sek.

Paa en Længde af 10 m foran Kraftstationen beklædes Bunden med et 0,3 m tykt Betonlag, ved hvis Forkant en 0,5 m tyk og 2,5 m dyb Betonstøbning føres ned. Skraaningerne beklædes paa en Længde af 20 m foran Turbinekammeret med Beton efter vindskæve Flader, med hvilke Skraaningerne forløber til Turbinekammerets lodrette Vægge. Samtidig udvides Bundbredden til 26 m. Jordbunden, hvor Tilledningskanalen skal graves, er af en saadan Beskaffenhed, at Lerklædning maa anvendes over hele Kanalen.

Jordarbejdet ved Tilledningskanalen udgør 32 300 m^3; heraf anvendes 17 300 m^3 i Dæmningen for Bassin II. Lerklædningen udgør 5 500 m^3.

Vejanlæg ved Kraftstationen.

Fra Tange Station anlægges en Vej til Kraftstationen som vist paa Situationsplanen paa Pl. X. Kørebanens Bredde gøres 5 m og Skraaningsanlægene 1 : 1. Ved Kraftstationen udgraves en Plads, der gives et saadant Fald, at Koten ved Maskinhusets Dør bliver 8,0, ved Kedelhusets Dør 7,2. Vejen føres op fra Pladsen med en Stigning af 1 : 30.

Fundering af Turbine- og Maskinhus.

Pl. XII og XIII.

Arrangementet for Kraftstationen samt Funderingen for samme er vist paa Pl. XII og XIII. De tre Turbinekamre adskilles fra hinanden ved Piller, der fortsættes ind under Maskinhuset, og mellem hvilke spændes en Betonoverbygning, som bærer Maskiner og Maskinhus. Pillerne opføres først og føres ned til Kote ÷ 0,3, hvorefter Bunden udstøbes mellem dem og dernæst Betonoverbygningen. Pillernes Tykkelse er 1,0 m; ved Bunden forstærkes Tilslutningen betydeligt.

Betonvæggene mellem Turbinekamrene gøres 2,3 m tykke ved Bunden, idet de kan blive udsatte for et temmelig betydeligt Vandtryk, dersom et enkelt Turbinekammer tømmes. Endepillen nærmest Aaen gives overalt 2 m Tykkelse. Bundens Tykkelse er 1,45 m.

Umiddelbart ved Turbineafløbet lægges Bunden i Kote 1,2, og herfra stiger den med en Stigning af 1 : 15 til Kote 2,7, der er Koten paa Bunden i den uddybede Gudenaa.

Turbinehusets Bund udspændes mellem Pillerne med Tilslutning til Betonbeklædningen i Tilledningskanalen. Omkring Byggegruben for Turbinekamrene og Afløbet under Maskinhuset rammes Spunsvægge

for at afskære Flydesandet, saa at Betonstøbningen kan udføres i tørlagt Grube.

Det samlede Jordarbejde ved Vejanlæg og Grundudgravning beløber sig til 14 700 m³.

Afstanden fra Midte til Midte af Turbinekamrenes Piller er 8,0 m. Pillerne afrundes fortil efter en Cirkelbue. **Turbinekamrene.**

Indløbet til Turbinekamrene forsynes med Afdæmningsfalse og Stigbord, saa at Turbinekamrene kan tørlægges, ogsaa hvis det er Stigbordene, der skal efterses. Stigbordene er Jernstigbord af I-Jern og Staalplader. Hvert Turbineindløb lukkes med to Stigbord og deles altsaa ved en Mellemstander bestaaende af to U-Jern i to lige store Aabninger. Stigbordene manøvreres ved Hjælp af Tandstænger. Med Underkanten i Højde med Højvandets Kote 13,5 spændes en Jernbetonbjælke, som har sin Overkant i Højde med Pillernes Overkant.

Efter Stigbordene anbringes en skraatstillet Rist, der forneden indstøbes i Betonbunden og foroven slutter sig til en Jernbetonbjælke, medens den i Vandtrykkets Højde støttes af I-Jern. Turbinekamrets Bund ligger her i Kote 10,4, men føres herefter ned i Kote 6,7 for at afgive Støtte for Turbinen, der hviler dels i de to Endelejer, dels paa Rammen omkring Afløbet fra Turbinen. Dette Afløb udvides nedefter med tiltagende Areal. Underkanten af Afløbet lægges i Kote 3,2, saa at Sugning altid kan finde Sted.

Mod Maskinhuset begrænses Turbinekamrene af en svær Betonvæg; Tykkelsen i Akselhøjde er 1,85 m og i Højde med Turbineskovlenes Overkant 1,75 m, medens den i Højvandets Højde er 1,2 m.

Over Turbinekamrene lægges et Dække af Planker, der bæres af I-Jern; to af disse er af sværere Profil og tjener som Skinner for en 5,5 Tons Portalkran til Montering af Turbinerne. I-Jernene yder tillige Støtte for Pillerne under ulige Vandtryk i to Turbinekamre.

Det egentlige Maskinhus har en Længde af 31,4 m og en Bredde af 9,7 m og har sin Længderetning paa tværs af Kanalen. Dets nordvestlige Ende er sammenbygget med en 21,3 m lang og 11,9 m bred Bygning med Længderetning paa langs af Kanalen, og hvis nederste Etage optages dels af en Forlængelse af Maskinsalen, som derved bliver ialt 42 m lang, dels af Transformatorrum, medens de andre Etager afgiver Plads til det elektriske Fordelingsanlæg. **Maskinbygningerne.**

I Forlængelse af denne Fordelingsbygning ligger den 10,6 m lange og 11,9 m brede Kedelbygning, som foruden det egentlige Kedelhus ogsaa har Plads til Reparationsværksted.

For Enden af Kedelbygningen opføres en Dampskorsten af 34 m Højde og en indvendig Diameter foroven af 1,6 m.

Maskinhusets Gulv, der ligger i Kote 8,0, udføres af Beton, udspændt mellem Pillerne, og i Gulvet fremstilles Fordybninger for Generatorerne, hvilken Konstruktion giver god Stivhed mod Generatorlejernes Tryk. Gulvet belægges med Fliser. **Maskinhuset.**

Selve Huset opføres af 2 Stens Mur og forsynes mod Undervandet med store Vinduer. Taget bæres af engelske Spærfag.

Svarende til Underbygningens Piller føres Piller op til Støtte for Dragere, der danner Skinner for en 20 Tons Løbekran til Montering af Generatorerne.

Ved Siden af Indløbet til de store Turbiner findes et 2 m bredt Indløb til Magnetiseringsturbinerne. Vandet føres gennem et Pladejerns Rør, der forgrener sig til de to Turbiner. Afløbskanalerne er Betonledninger, der løber sammen til et fælles Udløb, og ned i hvilke Turbinernes Sugerør gaar. Udløbet føres ud i Afløbskanalen for de store Turbiner.

Den Del af Maskinsalen, som forløber ind i Fordelingsbygningen, optages af Dampturbinen, som faar sine egne Fundamenter, og under hvilken der udgraves til en Kælder, hvor det tilhørende Kondensationsanlæg er anbragt.

Beregninger vedrørende Turbine- og Maskinhuset findes omtalt i Bilag h.

Bilag h.

Afløbskanalen.

Den fælles Afløbskanal faar en Bundbredde af 25 m. Pillerne under Maskinhuset forlænges og forsynes med dobbelte Afdæmningsfalse, saa at Afløbet under Maskinhuset ogsaa kan tørlægges. Over Afløbet føres paa de forlængede Piller en Løbebro.

Paa de første 10 m efter Pillerne udstøbes Bunden med et 0,5 m tykt Betonlag, ved hvis Afslutning en 0,5 m tyk og 3,2 m dyb Betonstøbning føres ned. Afløbets Sider beklædes ligeledes med Beton efter vindskæve Flader, hvorved der opnaas Tilslutning mellem Skraaningerne og de lodrette Piller.

Fordelings- og Kedelbygning.

Fordelings- og Kedelbygningerne opføres af Murværk paa Betonfundamenter. Kedelhusets Mure gøres 2 Sten tykke, i Fordelingsbygningens nederste Etage er Murene $2^1/_2$ Sten, i 2den Etage 2 Sten og i øverste Etage $1^1/_2$ Sten. Indvendige Skillerum er 1 Stens Mur.

Taget saavel paa Fordelings- som paa Kedelbygningen bæres af engelske Spærfag ligesom i Maskinhuset; i øverste Etage af Fordelingsbygningen danner selve Taget Loftet og gøres i denne Anledning fuldstændig vandtæt. Det forsynes med Ovenlys.

Etageadskillelser og Trapper udføres af Jernbeton; Transformatorrummene lukkes med Jalousiedøre af Jern, hvorimod de øvrige Døre udføres af Træ. Vinduerne er Jernvinduer med smaa Ruder; i Rum, som ligger mindre end 3 m over Jordoverfladen, og hvori der findes Højspændingsapparater, er Ruderne af dobbelt Monierglas.

Funktionærboliger.

Umiddelbart ved Kraftstationen ved Adgangsvejen til denne opføres to Funktionærboliger (Plan XI.). Den ene skal tjene som Bolig for 1ste Maskinmester (Stuetagen) samt 3 ugifte Maskinister (1ste Sal). Den anden skal være Bolig for to giftę Maskinister og opføres i én Etage.

Turbinerne.

Til Grund for Turbineprojektet med tilhørende Overslag er lagt et af Firmaet J. & A. Jensen & Dahl i Kristiania udarbejdet Forslag og Tilbud samt et fra Firmaet Escher Wyss & Co i Schweitz indhentet Tilbud. Der opstilles derefter 3 Stk. dobbelte Turbiner med horisontale Aksler, udført som Radial-Reaktionsturbiner (Francis Turbiner) for aaben Opstilling med bevægelige Skovle i Ledeapparater, ved Hjælp af hvilke Reguleringen og Aflukningen af Vandtilførslen sker.

Som tidligere nævnt giver hver Tubine ved 6,8 m Fald 1 500 E. HK. ved 125 Omdrejninger pr. Minut. Stiger Faldet over 8,5 m, giver Turbinen ved 125 Omdrejninger 2 000 E. HK.

Ved 6,8 m Fald har Turbinerne følgende Nyttevirkninger.

ved	$^1/_1$	Belastning	80 pCt.
-	0,8	—	80 —
-	0,6	—	74 —

Turbinernes Konstruktion er nærmere beskrevet i Bilag i. Bilag i.

Regulatorerne. Regulatorerne er hydrauliske Regulatorer, der virker direkte paa Turbinens Reguleringsaksel. Regulatorens Servomotor drives af Trykolie, der leveres af en særskilt Pumpe. Fra denne Pumpe fordeles Trykolien ved en Svæveventil til den ene eller den anden Side af Servomotorstemplet. Styringen sker ved en let bevægelig Naal, der igen bevirker, at Olietrykket selv bevæger den egentlige Reguleringsglider.

For at hindre Overregulering er der anbragt en Tilbageføringsmekanisme, hvorved Reguleringsstemplets Bevægelse overføres til Ventilen og bringer denne tilbage til sin Midtstilling. Regulatoren er forsynet med en Haandregulering, saa at Turbinen kan sættes i Gang for Haanden, før Pumpen leverer Olietryk til Reguleringsstemplet.

For at kunne parallelkoble to eller flere Generatorer samt for at kunne ændre Turbinens Omdrejningstal under Drift, er der anbragt en Skrueindretning, som indvirker paa Regulerstiften og forlænger eller forkorter denne. Indstillingen besørges af en lille elektrisk Motor, som betjenes fra Tavlevagtens Plads, saaledes at Indstillingen af Omdrejningstallet kan ske derfra.

Pumpen er udført som dobbeltvirkende Plungerpumpe med Olieakkumulator. For at forøge Driftssikkerheden er der i Pumpen indbygget et Filter, der let kan renses under Driften.

Ved Hjælp af de nævnte Regulatorer vil Turbinens forbigaaende Hastighedsændringer ved pludselige Belastningsvariationer ikke overstige

ved	± 2 000	HK.	∓ 12	pCt.	Hastighedsændring.
-	± 1 000	-	∓ 6	-	—
-	± 500	-	∓ 3	-	—

Ved langsom, jævn Overgang fra fuld Belastning til Tomgang vil Hastighedsændringen ikke overstige 5 pCt.

Magnetiseringsturbiner. Magnetiseringsturbinerne er udført som enkelte Turbiner paa horisontal Aksel til direkte Kobling med Magnetiseringsdynamoerne. De er konstrueret som Radial-Reaktionsturbiner med hurtigløbende Francis Løbehjul og bevægelige Skovle i Ledeapparater til Regulering og Aflukning.

Ved 6,8 m Fald udvikler Magnetiseringsturbinerne hver 75 E. HK. ved 400 Omdrejninger pr. Minut. Turbinerne er anbragt i Støbejerns Spiraltromler. De enkelte Dele af Turbinen kan demonteres, uden at man behøver at røre ved Tromlen eller Rørledningen. Denne sidste er udført af $^3/_{16}$" Plade af Skibskvalitet.

Nyttevirkningen andrager

ved	$^1/_1$	Belastning	80 pCt.
-	0,8	—	80 —
-	0,6	—	74 —

Regulatoren for Magnetiseringsturbinerne er en Olietryks Regulator med en i Regulatorens Bundramme indbygget Tandhjulspumpe. Arrange-

mentet af Reguleringsventil, Servomotor og Tilbageføring er i Hovedsagen den samme som ved den tidligere beskrevne Regulator.

Generatorerne. Til hver af de store Turbiner er direkte koblet en Drejestrøms Generator, som ved 125 Omdrejninger pr. Minut kan præstere 1 250 KW. ved induktionsfri Belastning, 1 000 KW. ved cos. φ = 0,8. Generatorerne er bygget for en Spænding af 10—11 000 Volt og et Periodetal af 50. Dette Periodetal er valgt for at kunne levere Strøm direkte til Belysning og egner sig ogsaa for Levering af Kraft til stationære Motorer. Skulde der blive Anvendelse for Kraft til elektriske Baner, maa Periodetallet sandsynligvis nedsættes for disse ved Hjælp af særlige Omformere; herved vil da tillige opnaas, at de stærke Spændingsvariationer i Banens Ledninger ikke kommer til at indvirke direkte paa Centralens Spænding.

Som nærmere udviklet i Afsnit VI, tænkes Elektriciteten overført til de forskellige Forbrugssteder dels med 10 000 Volts, dels med 20 000 Volts Spænding. Medens Generatorer af den omhandlede Størrelse nu til Dags med Sikkerhed kan bygges for den førstnævnte Spænding, er dette ikke Tilfældet ved en saa høj Spænding som 20 000 Volt, og Generatorspændingen er derfor fastsat til 10 000 Volt, idet da Spændingen for de 20 000 Volts Ledninger optransformeres.

Generatorerne er udført som multipolare Indenpolsmaskiner med roterende Magnetsystem. Dette bestaar af et kraftigt Svinghjul, hvis Vægt er forøget noget ud over, hvad der er nødvendigt af Hensyn til den mekaniske Styrke, for at opnaa den for god Regulering og Parallelløbning nødvendige Regelmæssighedsgrad.

Paa Svinghjulet er befæstet 48 Magnetpoler af Støbestaal, som bærer hver sin Magnetspole. Disse sidste bestaar af Kobberbaand, som er viklet paa Højkant, idet de enkelte Vindinger er isoleret fra hinanden ved isolerende Mellemlag.

Magnetiseringsstrømmen tilføres Magnetspolerne gennem Slæberinge og dobbelte Slæbebørster.

Den højspændte Strøm frembringes i Generatorernes faststaaende Del, som bæres af en kraftig Støbejerns Ramme, der hviler med to svære Fødder paa Fundamentplader. Støbejerns Rammen er todelt af Hensyn til Montagen.

Den ved fuld Belastning nødvendige Magnetiseringsenergi udgør ca. 20 KW. Virkningsgraden inkl. Magnetisering, men ekskl. Gnidningstab, beløber sig til

	cos. φ = 1	cos. φ = 0,8
ved $^1/_1$ Belastning.....	95 pCt.	94 pCt.
- $^3/_4$ —	94 —	92,5 —
- $^1/_2$ —	92 —	90,5 —

Magnetiseringsdynamoerne. Til hver af Magnetiseringsturbinerne er direkte koblet en Jævnstrømsdynamo, for en normal Ydeevne af 50 KW. ved 400 Omdrejninger og en Spænding af 110—115 Volt. De er udførte som multipolare Udenpolsmaskiner og viklede som Shuntmaskiner. Den af Støbestaal bestaaende Magnetramme har 4 Magnetpoler, som bærer de 4 Shuntspoler.

Strømmen fra Magnetiseringsmaskinerne benyttes dels til Magnetisering af Drejestrømsgeneratorerne, dels til Manøvrering af Højspændingsapparaterne samt endelig til Belysning af Fordelingsanlæget og til Reservebelysning i selve Kraftstationen.

Reservekraftanlæget bestaar som tidligere nævnt af en Dampturbine, System Parson, med direkte koblet Drejestrømsgenerator for en normal Ydeevne af 500 KW. ved 3,000 Omdrejninger pr. Minut, cos. φ = 0,8, og en Spænding af 380 Volt mellem Faserne. Af Hensyn til det høje Omløbstal kan Generatoren ikke bygges med den for de store Generatorer valgte Spænding af ca. 10 000 Volt. Spændingen 380 Volt er valgt under Hensyn til, at denne Spænding benyttes i Lavspændingsnettet, og at det i paakommende Tilfælde kan frembyde nogen Fordel at have samme Spænding paa Turbogeneratorens Klemmer. Spændingen transformeres op til 10 000 Volt ved Hjælp af en 500 KW. 3-faset Olietransformator med Cirkulations Vandkøling. **Dampturbineaggregatet.**

Dampturbinen er bygget efter det saakaldte kombinerede System, idet Højtryksafdelingen er udført efter Aktionsprincippet, medens Lavtryksafdelingen er baseret paa Reaktionsprincippet. Herved opnaas en Reduktion af Turbinens Dimensioner og Pris, samtidig med at Dampforbruget er forholdsvis ringe. Det andrager ved fuld Belastning ca. 7,5 kg Damp pr. KW. T.

Reguleringen af Omdrejningstallet sker ved Hjælp af en Regulator, der virker paa Damptilførselsventilen ved Hjælp af Trykolie. Omdrejningstallet kan indstilles fra Manøvreringstavlen ved Hjælp af et magnetisk Klinkeværk. For det Tilfælde, at Omdrejningstallet skulde væsentlig overstige det normale, afskæres Damptilførslen automatisk af en Sikkerhedsregulator.

I Kælderen under Turbinen er anbragt det dertil hørende Kondensationsanlæg bestaaende af en Overfladekondensator og 3 Pumper samt et efter Injektorprincippet konstrueret Straaleapparat, ved Hjælp af hvilket Luften fra Kondensatoren suges ud. Kondensatoren er bygget efter Modstrømsprincippet.

De 3 Pumper, af hvilke den ene pumper Kølevandet gennem Kondensatorens Kølerør, den anden tjener til Udsugning af det kondenserede Vand fra Kondensatoren og Oppumpning af dette til Fødevandsbeholderen, og den tredie leverer det til Straaleapparatet nødvendige Vand, er alle udførte som Centrifugalpumper og monteret paa en fælles Aksel. Denne Aksel drives af en lille Aktionsturbine.

Den til Dampturbinens Drift nødvendige Damp frembringes i en Vandrørs Kedel paa 300 m² Hedeflade med Overheder. Indfyringen af Kullene sker ved Hjælp af to automatiske Fyrapparater. I Kedelhuset er endvidere opstillet de nødvendige Fødevandspumper samt en Blæser til det automatiske Fyrapparat. Røgen fra Kedlen føres gennem en muret Røgkanal direkte til Skorstenen. **Dampkedlen.**

Det elektriske Fordelingsanlæg er vist skematisk paa Pl. XIV, medens Dispositionen af de forskellige Apparater og Ledninger fremgaar af Pl. XV. **Fordelingsanlæget.** Pl. XIV og XV.

Fra de tre store Generatorer og fra Turbogeneratorens Transformator føres den 10 000 voltige Strøm til Samleskinnerne efter at have passeret de nødvendige Apparater til Maaling af Strøm, Spænding og Energimængde samt til Betjening af de Olieafbrydere, med hvilke Forbindelsen til Samleskinnerne etableres og afbrydes. Endvidere er der for hver Maskine anbragt Apparater til Sikring mod Optræden af farlige Overspændinger. Manøvreringsapparaterne for Maskinerne er anbragt paa et fremspringende Galleri, som ligger omtrent i Maskinsalens halve Højde i

Flugt med Loftet over Fordelingsbygningens nederste Etage. Manøvreringsapparaterne for hver Maskine er samlede i en Instrumentsøjle.

Samleskinnerne.

Fordelingsanlæget er baseret paa det saakaldte Dobbeltsamleskinnesystem, idet der findes to fra hinanden adskilte Sæt af Ringsamleskinner. Saavel hver af Generatorerne som hver af de udgaaende Fødeledninger kan forbindes til det ene eller det andet af disse Samleskinnesæt. Der opnaas derved, at det bliver muligt at foretage Arbejder paa det ene Samleskinnesæt, medens det andet staar under Spænding, ligesom det ene Sæt ved en Kortslutning paa det andet vil være parat til at overtage hele Driften. Endvidere er man i Stand til at udskille en Fødeledning med særlig uregelmæssig Belastning, idet man forbinder den til det ene Sæt Skinner, paa hvilket man lader en af Generatorerne arbejde, medens de andre Maskiner arbejder gennem det andet Sæt paa de øvrige Fødeledninger, som i saa Fald ikke paavirkes af den uregelmæssige Belastning. Dette kan særlig faa Betydning, hvis der bliver Tale om Banedrift, som ellers let kan influere uheldigt paa Lysspændingen. Begge Sæt Samleskinner er anbragt i Midten af Fordelingsbygningens øverste Etage, adskilt fra det omgivende Rum ved Betonvægge, saaledes at Adgangen til Samleskinnerne kun haves ad en Trappe fra Betjeningsgalleriet.

Højspændingsapparaterne.

Uden om Samleskinnerummet er de forskellige Højspændingsapparater anbragte, saaledes at de 10 000 Volts Apparater for hver Generator og for hver Fødeledning for sig er samlede i særlige Betonceller. 3 af de 5 Sæt Fødeledninger føres direkte ud som Luftledninger med 10 000 Volts Spænding, medens Spændingen for de 2 Sæt transformeres op til 20 000 Volt ved Hjælp af 2 Olietransformatorer med Vandcirkulation à 1 000 KVA. Disse er anbragt i Fordelingsbygningens nederste Etage sammen med Turbogeneratorens Transformator. Fra de to store Transformatorer føres de 20 000 Volts Fødeledninger op til øverste Etage, hvorfra de føres ud som Luftledninger. I 2den Etage er der anbragt en Tværledning, ved Hjælp af hvilken de to Sæt Ledninger kan forbindes med hinanden, saaledes at det i paakommende Tilfælde er muligt at forsyne dem begge fra den ene eller den anden af de to Transformatorer.

For de 20 000 Volts Ledningers og Apparaters Vedkommende har hver Fase sin særlige Celle, adskilt fra de andre ved Betonvægge.

Saavel de 10 000 Volts som de 20 000 Volts Fødeledninger er sikrede mod farlige Overspændinger ved Hjælp af dertil egnede Apparater.

Manøvreringsapparaterne for Fødeledningerne er anbragt paa Marmortavler noget tilbage paa Betjeningsgalleriet. Manøvreringen af samtlige Højspændingsafbrydere sker ad elektrisk Vej ved Hjælp af Jævnstrøm paa ca. 110 Volt, som tages fra Magnetiseringsdynamoerne.

Akkumulatorbatteri.

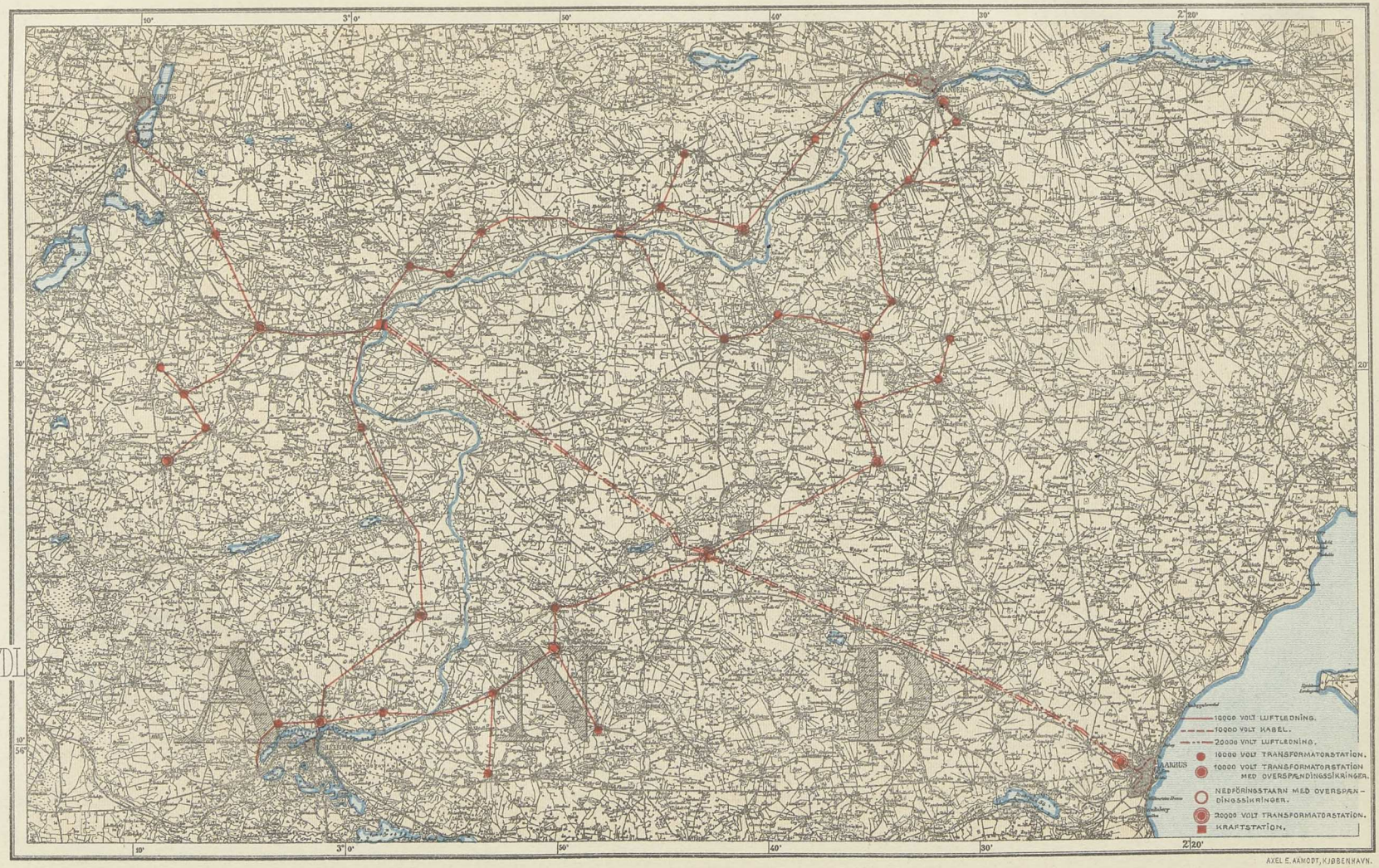
Til Reserve for disse Dynamoer er der i Fordelingsbygningens 2. Etage opstillet et Akkumulatorbatteri med en Kapacitet af 540 Ampèretimer ved 3 Timers Afladning.

Bilag j.

En mere detailleret Beskrivelse af Fordelingsanlæget findes i Bilag j.

KRAFTANLÆG VED GUDENAA.

Fig. 12.



0 2000 4000 6000 8000 Meter

AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

VI. Ledningsnettet og Transformatorstationerne.

Disposition af Ledningsanlæget.

Hovedtrækkene i det projekterede Ledningsanlæg (Fig. 12) er følgende: Fig. 12.

Fra Centralen ved Tange føres to parallelløbende 20 000 Volts Højspændingsledninger over Hammel til Aarhus. **20 000 Volts Ledninger.**

Fra Aarhus tænkes de 20 000 Volts Ledninger fortsat ud i denne Bys nordlige og sydlige Opland, men da det forudsættes, at Strømmen fra Gudenaa-Anlæget sælges ved Aarhus til en fælles Central for denne By og dens Omegn, antages de sidstnævnte Ledninger at indgaa i denne Centrals Ledningsnet og er derfor ikke medtaget i det foreliggende Projekt.

I Hammel og Aarhus bygges store Transformatorstationer, i hvilke Spændingen transformeres ned fra 20 000 Volt til 10 000 Volt. Endvidere tjener disse Stationer som Omkoblingsstationer for de to 20 000 Volts Ledninger, saaledes at den ene af disse i Tilfælde af Fejl paa den anden kan overtage Forsyningen alene for den Stræknings Vedkommende, hvor Fejlen er opstaaet. **20 000 Volts Transformatorstationer.**

Fra Centralen og fra Stationen i Hammel udgaar forskellige 10 000 Volts Ledninger. Fra Centralen føres en saadan Linie over Bjerringbro, Ulstrup og Langaa til Randers, en anden Linie over Ans mod Syd til Silkeborg samt en tredje Linie over Rødkærsbro til Viborg med en Afgrening fra Rødkærsbro til Kellerup. **10 000 Volts Ledninger.**

Fra Stationen ved Hammel føres en Linie mod Nordost over Vitten, Lerbjerg og Værum til Randers og en Linie mod Sydvest over Gjern til Silkeborg. Mellem de to Linier til Randers etableres en Forbindelseslinie fra Ulstrup over Vellev og Laurbjerg til Lerbjerg.

Ogsaa fra Stationen ved Aarhus tænkes 10 000 Volts Linier at udgaa til Forsyning af den nærmere Omegn, men disse forudsættes ligesom de tilsvarende 20 000 Volts Ledninger at indgaa i Ledningsnettet for Fællescentralen for Aarhus og Omegn. Mellem denne Centrals 10 000 Volts Net og det tilsvarende Net fra Gudenaa-Centralen etableres paa passende Steder Forbindelser.

Det vil ses, at der ved den trufne Disposition af de 20 000 Volts og 10 000 Volts Ledninger er sørget for Etablering af Ringledninger saavel over Randers som over Silkeborg, saaledes at Forsyningen for ethvert af de paa disse Linier liggende Forsyningspunkter kan ske fra to Sider, hvorved der opnaas Reserve i Tilfælde af eventuelle Fejl paa Ledningen. Kun for nogle mindre Afgreningers Vedkommende samt for Linien til Viborg gælder dette ikke, idet det projekterede Forbrug her ikke er tilstrækkeligt til at motivere Anlæget af Dobbeltledninger, saa meget mindre som der i Viborg tænkes etableret et Omformeranlæg, som

kan yde Reserve i Tilfælde af en kortere Afbrydelse af Strømtilførslen, og en længere Afbrydelse ikke behøver at befrygtes, da Højspændingsledninger, udførte i Overensstemmelse med den moderne Tekniks Fordringer er særdeles driftssikre. Skulde Forbruget efterhaanden stige saa stærkt, at den nævnte Reserve ikke kan anses for tilstrækkelig, vil der ogsaa kunne paaregnes saa meget større Indtægter, at en Dobbeltlinie kan forrente sig.

10 000 Volts Transformatorstationer. Fra de 10 000 Volts Ledninger sker Forsyningen til Forbrugerne, idet der ved de forskellige Forbrugssteder etableres Transformatorstationer, i hvilke Spændingen nedsættes fra 10 000 Volt til 380 Volt mellem Faserne, henholdsvis 220 Volt mellem hver af Faserne og Transformatorernes Nulpunkt. I Landsbyerne tænkes Strømmen solgt til Kommunerne eller Andelsselskaber ved Transformatorstationernes Lavspændingsklemmer, saaledes at Etableringen af Lavspændingsnettet og Fordelingen og Salget af Strømmen til de enkelte Forbrugere til Belysning og til Drift af mindre Motorer og lignende overtages af Kommunerne, henholdsvis Andelsselskaberne. I det foreliggende Projekt er derfor medtaget selve Transformatorstationerne, derimod ingen Lavspændingsledninger.

Endvidere forudsættes en væsentlig Del af Energien afsat til Fabrikker, Teglværker etc. saavel i Byerne som paa Landet. Saa snart disses Kraftforbrug overskrider ca. 15 HK. vil de ikke kunne forsynes fra Lavspændingsnettet uden uforholdsmæssig store Udgifter, men der maa etableres særlige Transformatorstationer for de enkelte Fabrikker. Da disse som Regel kan etableres i en Del af Fabriksbygningen, forudsættes Strømmen solgt til Fabrikkerne ved Transformatorernes Højspændingsklemmer, saaledes at Udgiften til Transformatorstationerne udredes af Fabrikkerne.

I Silkeborg, som endnu ikke har noget Elektricitetsværk, og som derfor forudsættes at ville etablere Vekselstrømsforsyning direkte til Beboerne, tænkes Elektriciteten paa lignende Maade som ved Fabrikkerne solgt ved Transformatorernes Højspændingsklemmer, idet Byen selv bygger de nødvendige Transformatorstationer, der træder i Stedet for et eget Elektricitetsværk med tilhørende Fødeledninger. I det foreliggende Projekt er derfor for Silkeborgs Vedkommende kun medregnet Højspændingsledningerne, derimod ikke Transformatorstationerne.

Endelig tænkes en Del af Elektriciteten solgt til de forhaandenværende Jævnstrømsværker i Aarhus, Randers og Viborg, idet der i disse forudsættes opstillet Transformatorer og roterende Omformere, ved Hjælp af hvilke den fra Gudenaa-Centralen leverede Vekselstrøm omformes til Jævnstrøm. Strømmen tænkes maalt ved Transformatorernes Højspændingsklemmer, hvorfor hverken Udgifterne til disse eller til Omformeranlægene er medtaget i dette Projekt.

Valg af Spændinger. Angaaende Valget af de forskellige ovennævnte Spændinger skal bemærkes følgende:

Til de to Linier til Aarhus kan der ikke godt være Tale om at anvende tyndere Traad end 25 mm² saavel af mekaniske Hensyn, som fordi der ved en yderligere Reduktion kun vil opnaas en forholdsvis ringe Besparelse. Normalt tænkes ca. 1 000 KW. overført til Aarhus. For Strækningen fra Centralen til Hammel kommer hertil yderligere ca. 250 KW. til de to herfra afgaaende 10 000 Volts Ledninger. Ved en Spæn-

ding af 20 000 Volt for de to Linier til Aarhus vil denne Belastning bevirke et Spændingstab af kun ca. 4,1 pCt., saaledes at Summen af dette Spændingstab og Spændingstabet i de fra Aarhus udgaaende 20 000 Volts Fødeledninger ikke vil overstige den tilladelige Størrelse, saa meget mindre som der kan opnaas en Spændingsregulering ved Hjælp af det for Aarhus Elektricitetsværk projekterede Omformeranlæg.

For det Tilfælde, at en af Linierne mellem Centralen og Hammel Stationen skulde være afbrudt, vil Spændingstabet til Aarhus stige til ca. 6,4 pCt., og for det usandsynlige Tilfælde, at samtidig den direkte Linie fra Centralen til Randers skulde være afbrudt, og Forsyningen af Randers derfor maatte ske fra Stationen i Hammel, vilde Spændingstabet til Aarhus stige til ca. 8,5 pCt.

Forudsættes paa den anden Side, at hele Gudenaa-Centralens Kraft, ca. 2 000 KW., overføres til Aarhus, vil Spændingstabet i de to Linier beløbe sig til ca. 7,8 pCt., og for det Tilfælde, at en af Linierne mellem Centralen og Hammel eller mellem Hammel og Aarhus sættes ud af Drift, til ca. 11,2 pCt.

Det ses altsaa, at den valgte Spænding af 20 000 Volt ved et Traadtværsnit af 25 mm ^{2} er tilstrækkelig.

Ved Fastsættelsen af Spændingen for de til Forbrugsstederne førende Højspændingsledninger staar Valget nærmest mellem 10 000 Volt og 6 000 Volt. Den sidstnævnte Spænding har den Fordel, at Transformatorstationerne kan udføres en Del billigere, for de mindres Vedkommende endog væsentlig billigere, idet der her eventuelt kan benyttes Mastetransformatorer. Paa den anden Side er de 10 000 Volts Ledninger, under Forudsætning af samme Traadtværsnit, samme Afstand og samme procentuale Spændingstab i Stand til at overføre ca. 3 Gange saa stor Energimængde som de 6 000 Volts Ledninger. Udgiften til selve Ledningerne er i begge Tilfælde omtrent den samme.

Under Hensyntagen til de Energimængder, som tænkes overført til Randers og Silkeborg, viser en Gennemregning, at der for Linierne til disse Byer maatte benyttes forholdsvis svære Kobbertværsnit, hvis der lægges en Spænding af 6 000 Volt til Grund for Beregningen, og at den derved foraarsagede Udgiftsforøgelse væsentlig vilde overstige den Besparelse, som kunde opnaas paa de ikke meget talrige Transformatorstationer, som der kan tænkes at blive Brug for.

Den tredje Mulighed ogsaa at føre 20 000 Volts Ledninger fra Centralen til Randers og Silkeborg, for derved at kunne nøjes med 6 000 Volts Ledninger med ringe Tværsnit til Fordelingen af Strømmen til Forbrugsstederne, viser sig ogsaa at blive dyrere, idet der i saa Fald paa lange Strækninger maa etableres saavel 20 000 som 6 000 Volts Ledninger.

Som Følge heraf er det foreliggende Projekt udarbejdet paa Basis af en Spænding af 10 000 Volt. Skulde det ved en eventuel Realisation af Projektet vise sig ønskeligt i større Udstrækning at etablere Sidelinier til de projekterede Hovedlinier, vil der være Grund til for hvert enkelt Tilfældes Vedkommende at undersøge, om der eventuelt vil kunne opnaas en Besparelse ved at nedtransformere Spændingen fra 10 000 Volt til en lavere Spænding og da sandsynligvis til ca. 3 000 Volt, idet man da paa Sidelinierne vil være i Stand til at benytte særdeles billige Transformatorstationer af Mastetransformatortypen.

For Lavspændingsnettene er som ovenfor nævnt valgt en Spænding af 380 Volt mellem Faserne og 220 Volt mellem hver af Faserne og Transformatorernes Nulpunkt, idet Lavspændingsnettene tænkes udført med 4 Ledninger, af hvilke den ene forbindes til Nulpunktet. Lamperne tilsluttes da mellem en af Faserne og Nulledningen, medens Motorerne tilsluttes til de 3 Faseledninger.

Den valgte Spænding er den højeste af de sædvanlig benyttede Spændinger, for hvilke Elektricitetskommissionens Regulativ for Lavspændingsledninger gælder. At vælge en højere Spænding vilde derfor betyde en væsentlig Forøgelse af Udgifterne til Husinstallationerne og Iagttagelsen af ganske særlige Forsigtighedsregler for at forhindre Berøring med strømførende Ledninger.

At vælge en lavere Spænding vilde i mange Tilfælde foraarsage en Forøgelse af Udgifterne til Lavspændingsnettet og Vanskelighed ved at forsyne Forbrugere, som ligger mere end ca. 1 km. fra Transformatorstationen. Naar man adskillige Steder, til Trods for disse Ulemper, har valgt en Lampespænding af 110 Volt i Stedet for 220 Volt, har dette sin Grund i, at de moderne, strømbesparende Metaltraadslamper for den lavere Spænding er mere økonomiske og mindre skøre end 220 Volts Lamperne, ligesom Metaltraadslamperne for 110 Volt ogsaa fabrikeres for lavere Lysstyrker end for 220 Volt. Disse Hensyn, som endnu maa tages, naar det drejer sig om Forsyning med Jævnstrøm, er imidlertid i den sidste Tid traadt i Baggrunden ved Vekselstrømsforsyning, idet det er lykkedes at fremstille smaa Transformatorer, som anbringes enten ved hver enkelt Lampe eller for en Gruppe Lamper, og ved Hjælp af hvilke Spændingen transformeres helt ned til ca. 14 Volt. Metaltraadslamper for denne lave Spænding er baade langt billigere, stabilere og mere økonomiske end Lamper for 220 og 110 Volt og kan fremstilles helt ned til en Lysstyrke af ca. 8 Lys, og den Besparelse, som opnaas ved Anvendelsen af saadanne Metaltraadslamper i Forbindelse med en Spænding af 220 Volt i Fordelingsnettet, opvejer langt Udgifterne til de nævnte smaa Transformatorer.

Da den højere Spænding endvidere som Regel vil betyde en Besparelse for Motorinstallationerne, bør man derfor, hvor der som i det foreliggende Projekt er Tale om Vekselstrømsforsyning, vælge den højst mulige Spænding for Lavspændingsnettet.

Ledningsanlægets Udførelse.

20 000 Volts Ledningerne. Pl. XVI.

20 000 Volts Ledningerne udføres i hele deres Længde som Luftledninger. De til hver Linie hørende 3 Kobbertraade har, som ovenfor nævnt, et Tværsnit af 25 mm ^{2} og bæres af imprægnerede Træmaster ved Hjælp af Isolatorer, som ved Fabrikationen prøves for en Spænding af ca. 50 000 Volt. Træmasterne (Pl. XVI) er forneden befæstede i Vinkeljerns Rammer, som er indstøbte i todelte Betonfødder. Der opnaas herved, at selve Træmasten ikke naar Jordoverfladen og derfor ikke udsættes for Jordens Fugtighed, hvorved dens Levetid forlænges væsentligt. Betonfødderne med tilhørende Vinkeljern forfærdiges i Forvejen, og Transporten af Klodserne til Opstillingsstedet lettes ved den omtalte Todeling.

Dette har væsentlig Betydning, naar det drejer sig om Højspændingsledninger, der ikke føres langs Vejene, men ind over Markerne.

Ved Vejoverskæringer samt ved Krydsninger med andre Ledninger iagttages særlige Forsigtighedsregler, idet enten Kobbertraadene paa disse Steder erstattes af snoede Tove af Siliciumbronce, som ved Masterne forsynes med saakaldte Sikkerhedsophængninger, eller der anbringes paa Masterne Sikkerhedsbøjler, som forbindes til Jord og ved et eventuelt Traadbrud etablerer Forbindelse mellem den nedfaldende Traad og Jord, hvorved der opstaar Kortslutninger, hvilket atter har til Følge, at Strømmen afbrydes i Centralen ved Hjælp af de automatiske Maksimalrelaiser.

Ovenover de strømførende Ledninger føres i hele Liniens Længde et 20 mm² Staaltov, som paa passende Steder er forbundet til Jord, og til hvilket samtlige Svanehalse, der bærer Isolatorerne, er elektrisk forbundne. Herved sikres, at Strømmen ved en eventuel Fejl paa en Isolator føres til Jord og ikke kan give Anledning til Optræden af farlige Spændinger paa Mastens nederste Del. Endvidere yder Staaltovet en væsentlig Beskyttelse mod atmosfæriske Udladninger og Lynnedslag.

10 000 Volts Ledningerne.

Ogsaa de 10 000 Volts Ledninger udføres for Størstedelen som Luftledninger, anbragt paa lignende Maade som de 20 000 Volts Ledninger paa Master med Betonfødder (Pl. XVI). De til disse Ledninger anvendte Isolatorer prøves før Anvendelsen med en Spænding af ca. 35 000 Volt. Sikkerhedsforanstaltningerne ved Vejkrydsninger og Krydsninger med andre Ledninger er de samme som ved de 20 000 Volts Ledninger, og ogsaa ved de 10 000 Volts Ledninger anbringes et jordforbundet Staaltov paa 20 mm² over de strømførende Ledninger i hele Liniens Længde. Kobbertværsnittet for disse Ledninger er 25 mm² med Undtagelse af Linien til Viborg og de mindre Afgreninger, som udføres med 16 mm².

Ved de 10 000 Volts Ledningers Indførelse i Byerne Aarhus, Randers, Silkeborg og Viborg, benyttes Kabler, der udføres som jernbaandsarmerede, 3-fasede, snoede Blykabler med Isolation af imprægneret Papir. Til Beskyttelse mod mekanisk Beskadigelse lægges Kablerne i todelte Staalrør, som holdes sammen med Jernbøjler og Trækiler. Kablerne nedlægges i en Dybde af ca. $^3/_4$ m. under Jordoverfladen. Kablerne i Aarhus samt det gennemgaaende Kabel i Randers har et Kobbertværsnit af 3 × 25 mm², de øvrige Kabler 3 × 16 mm².

Transformatorstationer for 20 000 Volt. Pl. XVII XVIII og XIX.

De to Transformatorstationer i Hammel og Aarhus paa 20 000 Volts Linierne er udført som grundmurede Bygninger, ca. 14,5 m høje og 6 m. i Kvadrat. Bygningerne er vist paa Pl. XVII., den elektriske Udrustning paa Pl. XVIII. og Strømskemaet paa Pl. XIX. De paa disse Planer viste Detailler passer for Transformatorstationen ved Aarhus. Forskellen mellem denne og Stationen ved Hammel ligger imidlertid udelukkende i den forskellige Anbringelse af Maalere, idet det forudsættes, at der sælges Strøm ved Aarhus saavel fra de 20 000 Volts som fra de 10 000 Volts Ledninger, medens dette ikke bliver Tilfældet i Hammel, hvor der derimod kan blive Tale om at maale Strømmen paa Lavspændingssiden af en Transformator for 10 000/380 Volt til den lokale Forsyning i Hammel.

Stationerne har 4 Etager. De to 20 000 Volts Linier føres direkte gennem Stationens 3die Etage, hvor der tillige findes en med to Sæt Ledningsadskillere forsynet Tværledning, ved Hjælp af hvilken de to Linier

kan forbindes med hinanden og derved tjene som Reserve for hinanden, saaledes som tidligere omtalt.

Fra Tværledningen fører et Sæt Ledninger ned til de 20 000 Volts Samleskinner, som er anbragt i 2den Etage, og fra hvilke Afgreningerne til to Transformatorer à 500 KVA. udgaar. Transformatorerne er anbragt i nederste Etage, hvis Gulv ligger ca. 1 m over Jordoverfladen, saaledes at de ved Transporten til Stationen kan køres lige fra en Blokvogn ind i denne uden at hejses op eller ned, ligesom en eventuel senere Udveksling af Transformatorerne lettes ved denne Anordning.

Fra disse Transformatorers sekundære Klemmer fører Ledninger tilbage til 2den Etage, hvor ogsaa de 10 000 Volts Samleskinner er anbragt. Herfra udgaar to Sæt 10 000 Volts Luftledninger samt endvidere en Afgrening til en i nederste Etage opstillet Transformator for 10 000/380 Volt til Lokalforsyning.

Der er projekteret Olieafbrydere saavel for de 20 000 Volts og de 10 000 Volts Luftledninger som paa begge Sider af de store Transformatorer. Endvidere er der anbragt de nødvendige Apparater til Sikring mod Overspændinger. Anbringelsen af disse forskellige Apparater saavel som af de for Strømmens Maaling nødvendige Maaletransformatorer m. m. fremgaar af Planerne.

Transformatorstationer for 10 000 Volt. Pl. XX og XXI.

Transformatorstationerne paa 10 000 Volts Nettet udføres i to Størrelser (Pl. XX. og Pl. XXI.), eftersom der skal anbringes Sikkerhedsapparater mod Overspænding eller ikke. Begge Typer bestaar af et Vinkeljerns Skelet, som beklædes med Kokolitplader, der derefter dækkes med et tyndt Lag Cementpuds for at beskytte dem mod Fugtighed. Det flade Tag støbes af Beton og tættes med et Bitumenlag.

De med Sikkerhedsapparater forsynede Transformatorstationer har en Grundflade af 2,3 m i Kvadrat, Stationerne uden Sikkerhedsapparater en Grundflade af 2,0 m i Kvadrat. Højden er i begge Tilfælde ca. 5 m.

Den elektriske Udrustning fremgaar af Planerne. Som Sikkerhedsapparater mod Overspændinger anvendes Kondensatorer. Stationer af den større Type er anbragt ved Ledningsnettets Knudepunkter samt iøvrigt med en Afstand af ca. 10 km fra hinanden.

VII. Elektricitetsforbruget og Tariffer.

Elektricitetsforbruget.

Forbrugets Art.

Som alt omtalt under Afsnit VI. tænkes Elektriciteten hovedsagelig solgt til følgende 5 Arter af Forbrugere:

Smaabyer.

1. Landsbyer og Stationsbyer i Oplandet, i hvilke det forudsættes, at Kommunerne eller Andelsselskaber køber Strømmen ved Transformatorstationernes Lavspændingsklemmer og selv besørger dens Fordeling og Salg til Forbrugerne til Belysning og til Drift af mindre Motorer etc.

2. Købstæder, som endnu ikke har bygget Elektricitetsværk efter Jævnstrømssystemet og derfor kan indrette sig paa en direkte Forsyning af Forbrugerne med Vekselstrøm til Belysning og Motorer. Af saadanne Købstæder er der paa de i det foreliggende Projekt indbefattede Forsyningslinier kun Silkeborg, medens paa de fra Aarhus udgaaende Linier særlig Skanderborg kan tænkes forsynet paa denne Maade. **Købstæder uden Elektricitetsværk.**

3. Købstæder, som allerede har Elektricitetsværker efter Jævnstrømssystemet. I disse vil det ikke kunne betale sig at gaa over til Vekselstrømsforsyning hos Forbrugerne, da dette dels vilde fordre en forholdsvis bekostelig Ombygning af Ledningsnettet, samt Udveksling af Motorer og Buelamper, og dels vilde gøre de som Regel for faa Aar siden anskaffede Maskiner og Dynamoer i Elektricitetsværkerne overflødige. Elektricitetsforbruget er imidlertid i stadig Stigning i disse Byer og nødvendiggør derfor med forholdsvis korte Mellemrum Udvidelse af Elektricitetsværkerne, og det vil da under Forudsætning af en hensigtsmæssig Tarif kunne betale sig for disse Byer at foretage saadanne fremtidige Udvidelser derigennem, at der opstilles roterende Omformere med tilhørende Transformatorer, ved Hjælp af hvilke den fra Gudenaa-Centralen købte Vekselstrøm omformes til Jævnstrøm. **Købstæder med Elektricitetsværk.**

4. Fabrikker, Teglværker og andre lign. større Kraftforbrugere, som ikke kan forsynes fra de under 1., 2. og 3. omhandlede Lavspændingsnet, men for hvis Forsyning der maa etableres særlige Transformatorstationer. Benyttelsen af den elektriske Kraft fra Gudenaa-Centralen kan for disses Vedkommende ske paa tre forskellige Maader. **Større Kraftforbrugere.**

For nye Fabrikker, der etableres, efter at Driften fra Gudenaa-Centralen er paabegyndt, samt for en stor Mængde eksisterende Fabrikker, hvis nuværende Maskinanlæg er gamle og uøkonomiske, vil det være fordelagtigst fuldstændig at basere sig paa den elektriske Drivkraft, hvorved der foruden en direkte Besparelse tillige vil opnaas store indirekte Fordele i Retning af forbedrede Fabrikationsmetoder og bekvem Disposition over Kraftfordelingen til de forskellige Afdelinger og Maskiner. Ved Opstilling af særlige Motorer for hver større Arbejdsmaskine og for mindre Grupper af smaa Maskiner, opnaas der, at kun den Del af Maskineriet, som til enhver Tid bruges, holdes i Drift, ligesom man i Tilfælde af særlig stærk Beskæftigelse i en enkelt Afdeling af Fabrikken eller for en enkelt Maskines Vedkommende kan lade denne arbejde ud over den normale Driftstid, uden at behøve at holde hele Fabrikkens Maskineri i Gang. Disse forskellige Fordele, som først rigtig erkendes, efter at den elektriske Drift er prøvet, men som i Udlandet har ført til en rivende Udvikling for Elektricitetsværker i Fabriksegne, bevirker, at selv Fabrikker med forholdsvis godt Maskineri i mange Tilfælde vil kunne staa sig ved at gaa fuldstændig over til elektrisk Drift og afhænde deres nuværende Kraftmaskiner. Garanteret Forbrug.

Det er en Selvfølge, at saadanne Fabrikker, som fuldstændig baserer sig paa den elektriske Kraft fra Gudenaa-Centralen maa fordre at have denne Kraft til Disposition under hele deres Driftstid. Imidlertid vil det for en Del af dem være ret let at indrette sig paa ikke at aftage Kraft i den egentlige Belysningstid. Saadanne Forbrugere vil der fra Centralens Side kunne indrømmes en væsentlig Nedsættelse i Prisen, idet der herved opnaas en Fordeling af Kraftaftagningen, og for saadanne For- Uindskrænket og indskrænket Benyttelsestid.

brugere vil Indførelsen af den elektriske Drift altsaa være saa meget desto gunstigere.

Ugaranteret Forbrug.

For Fabrikker, som allerede har installeret økonomiske Driftsmaskiner af anden Art, og hvis Drift er saaledes beskaffen, at de forskellige Afdelinger og Maskiner stadig er jævnt belastet, vil der muligvis ikke kunne opnaas direkte Fordel ved den fuldstændige Overgang til elektrisk Drift, saaledes som ovenfor omtalt. For saa vidt derimod den elektriske Kraft kan faas saa billig, at Udgifterne hertil er lavere end de direkte Driftsudgifter ved det bestaaende Maskineri ekskl. Forrentning og Afskrivning, vil det i saadanne Tilfælde kunne betale sig at opstille en elektrisk Motor, som kan drive selve Hovedtransmissionsakslen i Stedet for den eksisterende Drivkraft. En saadan billig Pris vil Vandkraft-Centralen være i Stand til at tilbyde Forbrugerne, naar den sikres mod, at der paaføres den Udgifter til Anskaffelse af Reservemaskineri for de Tilfælde, hvor Vandtilførslen ikke skulde være tilstrækkelig, og dette kan ske derved, at den forbeholder sig ved Vandmangel at afbryde Forsyningen til denne Art Forbrugere med f. Eks. 4 Dages Varsel, idet Forbrugerne da i disse Undtagelsestilfælde maa sætte deres eget Maskineri i Gang. Foruden det alt omtalte garanterede Forbrug med henholdsvis uindskrænket eller indskrænket Benyttelsestid er der derfor ogsaa forudsat solgt en Del Elektricitet som saakaldt ugaranteret Forbrug.

Fællescentral for Aarhus og Opland.

5. En Fællescentral for Aarhus og Opland. Medens de store Kraftforbrugere i Aarhus forudsættes forsynede direkte fra Gudenaa-Centralen, tænkes saavel den til Drift af Omformere i Aarhus Elektricitetsværk benyttede Elektricitet, som den i Aarhus Opland af Landsbyer, Stationsbyer, Købstæder og større Kraftforbrugere aftagne elektriske Energi købt af den for Aarhus og Opland projekterede Fællescentral, som atter fordeler den til de forskellige Forbrugssteder og opkræver Betalingen enten direkte hos Forbrugerne eller paa samme Maade som i Gudenaa-Centralens Opland hos Kommunerne eller Andelsselskaber.

Anlæget af en særlig Kraftstation ved Aarhus kan derved udskydes noget, indtil Forbruget overstiger, hvad Gudenaa-Centralen kan levere, og naar dette Tidspunkt er naaet, kombineres Kraftaftagningen fra Gudenaa-Centralen med en Produktion i egen Kraftstation paa lignende Maade som i Købstæderne, dog uden at det for Oplandets Vedkommende er nødvendigt at omforme Vekselstrømmen til Jævnstrøm.

Forbrugets Størrelse.

Rentabiliteten af et Elektricitetsværk er altid i høj Grad afhængig af Elektricitetsforbrugets Størrelse, idet indtil to Tredjedele af de aarlige Udgifter gaar til Forrentning og Afskrivning af Anlægsudgifterne og derfor ikke paavirkes direkte af et forøget Elektricitetssalg, saa længe det forhaandenværende Anlæg er tilstrækkeligt. Dette gælder i ganske særlig Grad Vandkraftcentraler, idet Udgifterne til Brændselsforbrug ganske bortfalder, og en forøget Produktion af Elektricitet kun bevirker en ringe Forhøjelse af Udgifterne til Smøreolie og lign.

Ligesaa afgørende for Rentabiliteten som Forbrugets Størrelse er, ligesaa vanskeligt er det forud med Sikkerhed at angive dette, saa meget mere som man ved et Anlæg af den foreliggende Art ikke bør basere sig paa Udsigterne for de første Aar efter Anlægets Udførelse, men i Virke-

ligheden helst skulde kunne forudse Forbruget om 10—20 Aar. Det siger sig selv, at dette er umuligt paa et Omraade, hvor Udviklingen tager en stedse stigende Fart.

Imidlertid lader der sig paa Basis af de hidtil indvundne Erfaringer og Statistik fra andre Værker opstille Forbrugstal, som har en vis Sandsynlighed for sig, og Forudsætningen for de Tal, som er lagt til Grund for de i det følgende Afsnit indeholdte Rentabilitetsberegninger, er da den, at det tilsvarende Forbrug i gunstigt Tilfælde vil kunne opnaas ca. 5 Aar efter Driftens Aabning, i ugunstigt Tilfælde ca. 10 Aar efter dette Tidspunkt. Foruden af den almindelige Udvikling vil Forbruget paavirkes meget væsentligt af Tarifferne for Salget af Elektricitet, saavel som af den Dygtighed, hvormed Værket ledes, navnlig i Retning af at tilpasse disse Tariffer og øvrige Vilkaar for Salget af Elektricitet efter de forskellige større Forbrugeres særlige Forhold. Da de Tariffer, paa hvilke Rentabilitetsberegningerne er baseret, paa alle Punkter er lave, bør der til Gengæld regnes med et forholdsvis rigeligt Forbrug.

Forbrugsstatistik.

Ved Ansættelsen af Forbruget for de under 1, 2 og 3 nævnte Forbrugsarter kan man til en vis Grad støtte sig til Statistik fra eksisterende Værker. Hyppig baseres saadan Statistik paa Antallet af de installerede Lamper og af de installerede Motorers Hestekræfter pr. Indbygger, idet der samtidig angives en aarlig Benyttelsestid pr. Lampe og pr. HK. De hertil svarende statistiske Opgivelser varierer stærkt efter Forbrugernes Art, og for at benytte saadanne Tal maa der derfor i hvert enkelt Tilfælde tages nøje Hensyn hertil. Det viser sig imidlertid, at jo rigeligere der installeres, altsaa jo flere Lamper pr. Indbygger, der findes, desto lavere er som Regel ogsaa Benyttelsestiden, og man opnaar derfor noget mere almengyldige statistiske Tal ved direkte at udregne det aarlige Forbrug af Elektricitet pr. Indbygger dels til Belysning, dels til Kraft.

En saadan Opgørelse er fornylig foretaget af Generalsekretæren for „Verband deutscher Elektrotechniker“ for samtlige Elektricitetsværker i Tyskland, om hvilke han har kunnet faa Oplysninger. Resultatet foreligger i nedenstaaende Tabel, i hvilken Byerne er samlede i Grupper efter Indbyggerantal, hvorefter der for hver Gruppe er udregnet Middeltallet for de i Aaret 1907 pr. Indbygger afgivne KW.T. til Lys, Kraft og Banedrift.

Byernes Indbyggerantal.	Gennemsn. Indbyggerantal.	Afgivne KW.T. pr. Indbygger. Lys.	Kraft.	Bane.	Ialt.
1 000— 5 000	3 258	20,8	16,0	»	36,8
5 001— 10 000	6 725	16,9	11,0	»	27,9
10 001— 20 000	14 531	12,9	8,9	»	21,8
20 001— 50 000	32 543	7,0	5,9	3,9	16,8
50 001—100 000	67 050	5,7	6,0	6,3	18,0
over 100 000	233 055	9,1	8,3	9,8	27,2

Man maa imidlertid være varsom med Benyttelsen af de i denne Tabel gengivne Tal ved Projektering af ny Elektricitetsværker. For det første omhandler Tabellen tyske Elektricitetsværker, og Forholdene der er ikke i alle Henseender de samme som i Danmark, navnlig naar der er Tale om en Statistik, som omfatter samtlige tyske Værker og derfor

f. Eks. ogsaa inkluderer de stærkt industridrivende Egne, hvortil der ikke findes noget tilsvarende i Danmark, ligesom Statistiken omfatter saavel Anlæg, der har været længere Tid i Drift, som ganske nye Elektricitetsværker, for hvilke Forbruget endnu ikke er naaet op til den normale Størrelse. Dernæst viser en nærmere Undersøgelse, at Tallene for de enkelte Værker, af hvilke de ovenstaaende Middeltal er dannet, kan afvige meget stærkt fra Middeltallene, idet der i hver Gruppe baade findes Værker med langt større og med langt mindre Forbrug. Ogsaa ved Benyttelse af Statistiken over Elektricitetsforbrug pr. Indbygger maa man derfor tage Hensyn til Forbrugernes Art, om end i noget mindre Grad end ved Fastsættelsen af Antallet af installerede Lamper og Hestekræfter.

Forbrug i Byerne.

For Byernes Vedkommende er det muligt ogsaa at opstille en Statistik over danske Værker, som har været nogle Aar i Drift. Nedenstaaende findes Tallene for nogle af de vigtigste af disse Værker.

		Lys.	Kraft.
København ..	1905	9,7 KW.T. pr. Indb.	4,1 KW.T. pr. Indb.
	1906	11,5 — - —	4,7 — - —
	1907	14,6 — - —	5,6 — - —
	1908	16,7 — - —	6,6 — - —
	1909	19,0 — - —	7,8 — - —
Frederiksberg	1906	9,5 — - —	2,5 — - —
	1907	11,9 — - —	3,5 — - —
	1908	14,6 — - —	3,4 — - —
	1909	16,2 — - —	4,0 — - —
Aarhus	1906	8,3 — - —	5,9 — - —
	1907	10,5 — - —	6,0 — - —
	1908	11,8 — - —	7,1 — - —
Randers	1907	10,4 — - —	3,5 — - —
	1908	12,4 — - —	5,6 — - —
Kolding.....	1904	8,1 — - —	4,1 — - —
	1905	10,0 — - —	5,3 — - —
	1906	11,9 — - —	7,3 — - —
	1907	14,0 — - —	8,6 — - —
	1908	14,8 — - —	8,9 — - —
	1909	16,7 — - —	10,5 — - —

Det ses tydeligt af denne Tabel, at Forbruget er i stadig Stigning, og naar Hensyn tages til, at de for Gudenaa-Centralen opstillede Rentabilitetsberegninger tænkes at gælde for et Tidsrum, der ligger 5—10 Aar efter Driftens Aabning, bør Forbruget i Byerne ikke ansættes til mindre end ca. 20 KW.T. pr. Indbygger til Lys og ca. 7,5 KW.T. pr. Indbygger til Kraft. Det sidste Tal er kun forudsat at gælde for den til Drift af mindre Motorer benyttede Elektricitet, som leveres fra Byernes Lavspændingsnæt. Tallet svarer ikke desto mindre paa det nærmeste til de i Tabellen opførte, da de nuværende Elektricitetsværker kun i ringe Grad afgiver Elektricitet til Drift af Fabrikker af den Størrelse, som i det foreliggende Projekt forudsættes forsynet fra særlige Transformatorstationer.

Angaaende Forbruget i Landsbyerne og Stationsbyerne er det langt vanskeligere at skaffe paalidelige statistiske Oplysninger, saa meget mere som Elektriciteten først i de aller sidste Aar har begyndt at holde sit Indtog paa saadanne Steder. Gennemgaaende synes Forbruget til Lys at være forholdsvis mindre paa Landet end i Byerne, hvorimod der er en Del Brug for Motorer; hidtil har dog ogsaa for disses Vedkommende den aarlige Benyttelsestid vist sig at være meget kort, men Benyttelsen vil uden Tvivl stige, efterhaanden som Befolkningen bliver mere fortrolig med Fordelene ved den elektriske Drift. For denne Art Forbrugere kan man ikke basere sig paa den tyske Statistik, efter hvilken Forbruget viser sig at være størst i Smaabyerne, men efter de fra forskellige Sider foreliggende Oplysninger saavel fra Danmark som fra Tyskland, kan Forbruget til den Tid, for hvilken Rentabilitetsberegningerne er opstillet, med stor Sandsynlighed ansættes til mindst 15 KW.T. pr. Indbygger til Lys og ca 7,5 KW.T. pr. Indbygger til Kraft. **Forbrug paa Landet.**

For det Forbrug, der kan ventes ved Tilslutning af Fabrikker og andre større Kraftforbrugere, er det udelukket at basere sig paa Statistik fra andre Værker, da dette Forbrug er vidt forskelligt i de forskellige Tilfælde, alt efter de lokale Forhold. For derfor at komme til et Skøn over, hvad der kan paaregnes af saadant Forbrug, har det været nødvendigt at gennemgaa de i det paatænkte Forsyningsomraade nu eksisterende Bedrifter, i hvilke der benyttes mekanisk Drivkraft. Denne Undersøgelse er baseret paa en fra Fabriksinspektoratet velvilligst overladt Fortegnelse med Angivelse saavel af Bedrifternes Beliggenhed og Art som af Drivkraftens Art og Størrelse (Bilag k). **Forbrug til Fabrikker etc.** Bilag k.

Paa Basis af denne Fortegnelse er der nu for hver enkelt Fabriks Vedkommende udregnet Størrelsen af den elektriske Motorinstallation, som vil være nødvendig, hvis Fabrikken overgaar til elektrisk Drivkraft. Heraf er atter udregnet det aarlige Forbrug, som kan paaregnes i hvert enkelt Tilfælde, idet der ved Fastsættelsen af Middelbelastningen og Driftstiden er taget Hensyn til de forskellige Virksomheders Art. Ved Beregningen er der endvidere taget Hensyn til Tabet i de nødvendige Transformatorer.

Resultatet af den foretagne Række Beregninger foreligger i Bilag l. Det for de forskellige Fabrikker udregnede aarlige Forbrug er opført i forskellige Kolonner, idet det for hver enkelt Fabriks Vedkommende er skønnet, om den kan tænkes at staa sig ved at gaa fuldstændig over til elektrisk Drift og derfor vil faa Brug for garanteret Levering af Elektricitet, eller om den kan tænkes at lade det nuværende Maskineri forblive uforandret og tage Elektriciteten som ugaranteret Forbrug til tilsvarende billigere Pris. Bilag l.

Det ligger i Sagens Natur, at man ikke kan gaa ud fra, at samtlige eksisterende Fabrikker vil gaa over til elektrisk Drift, selv om der tilbydes dem Elektricitet til forholdsvis lave Priser. Paa den anden Side maa man tage med i Betragtning, at der vil blive anlagt nye Fabrikker i Løbet af den følgende halve Snes Aar, og det er ikke usandsynligt, at netop Muligheden for at erholde billig elektrisk Drivkraft vil virke fremmende paa Industriens Udvikling i den paatænkte Centrals Opland, saaledes som Tilfældet har været paa de Steder i Udlandet, hvor saadanne Kraftanlæg er bleven etableret.

Det fremgaar af disse Bemærkninger, at Ansættelsen af det sandsynlige Forbrug til Fabrikker og andre større Kraftforbrugere om 5—10 Aar maa baseres paa et forholdsvis løst Skøn, og i Rentabilitetsberegningerne er dette da ansat til $^2/_3$ af det Forbrug, som paa ovennævnte Maade er udregnet for den nu eksisterende Drivkraft, idet der dog for den ugaranterede Kraft til Aarhus By kun er regnet Halvdelen af det beregnede Forbrug, da det her drejer sig om meget store Fabrikker. Den største af de derværende Fabrikker er overhovedet ikke medregnet.

Tariffer.

Til Grund for de mange forskelligartede Tariffer, som findes ved de eksisterende Elektricitetsværker, ligger særlig to Hovedprincipper.

Belastningstarif.

Det ene Princip gaar ud paa at opkræve en Betaling, som afhænger af Størrelsen af den Belastning, som Forbrugeren paafører Centralen paa det Tidspunkt, hvor Forbrugerens Belastning er paa sit højeste, hvorimod der ikke tages Hensyn til, hvor stor den hele aarlig aftagne Energimængde er.

Den til Grund for Beregningen lagte Maksimalbelastning fastsættes enten ved Hjælp af særlige Instrumenter, de saakaldte Maksimumsmaalere, som registrerer den i et givet Tidsrum indtrufne største Belastning, eller ansættes simpelthen som værende lig med Forbrugerens samtlige Lampers og Motorers normale Paalydende, idet man i saa Fald ikke tager Hensyn til, om de forskellige strømforbrugende Apparater alle er i fuld Brug samtidig eller ej.

Kilowatttimetarif.

Det andet Princip gaar ud paa at maale den samlede Energimængde (sædvanligvis i Kilowatttimer) og beregne Betalingen herefter, idet der dog som Regel er fastsat en faldende Skala eller Rabat for større Energimængder. Ved denne Tarifform tages der altsaa ikke Hensyn til, hvor stor den øjeblikkelige Belastning er; derimod gøres der hyppig Forskel paa Prisen for den til forskellige Tider aftagne Elektricitet og da navnlig saaledes, at den i Belysningstiden aftagne Elektricitet er dyrere. Dette kan atter i Praksis gøres paa to Maader, enten saaledes at der gives Nedsættelse i Prisen for saadanne Kraftforbrugere, som forpligter sig til ikke at aftage Energi i Belysningstiden, eller derved at Maalingen af den elektriske Energi sker ved saakaldte Dobbelttarifmaalere, som i Belysningstiden automatisk skifter om til et andet, til den højere Pris svarende, Omsætningsforhold.

Ved at kombinere de ovenstaaende to Principper paa forskellig Maade er der dannet et Utal af forskellige Tarifarter, idet dels de varierende lokale Forhold, dels ogsaa Ledernes forskelligartede Erfaringer og Synsmaader har gjort sig gældende.

Ved Vandkraftcentraler er de af Maksimalbelastningen afhængige faste Udgifter til Forrentning og Afskrivning af Anlæget og til Betjening af Maskinerne langt større end de Udgifter, som paavirkes af Størrelsen af den Aaret igennem producerede Energimængde. Det første af de ovenfor nævnte Tariferingsprincipper synes derfor for en foreløbig Betragtning at egne sig langt bedre for saadanne Centraler, hvorimod en

Tarif, baseret paa Maaling af den solgte Energimængde, synes at egne sig bedre for Centraler, hvis Maskiner er baseret paa Forbrændingsprincippet, og hvor derfor Udgifterne stiger ikke uvæsentligt, naar der skal produceres mere Energi.

Tidligere var det da ogsaa ganske almindeligt ved Vandkraftcentraler at finde Tariffer udelukkende baseret paa Belastningsprincippet. Heri er der dog i den senere Tid sket en væsentlig Ændring, idet mange af disse Centraler har indført kombinerede Tariffer eller endog er gaaet helt over til Kilowatttimetariffer.

Grunden hertil er den, at Belastningstariffen i mange Tilfælde, og særlig naar det drejer sig om private Forbrugere, kun daarlig svarer til disses Tarv, idet den kun er fordelagtig for Forbrugere med jævn Kraftaftagning, medens Forbrugere med variabelt Kraftforbrug kommer til at betale Elektriciteten for dyrt, hvilket atter bevirker, at Tilslutningen til Centralen hæmmes.

Belastningstariffen virker i Følge sin Natur som en Sikkerhedsforanstaltning fra Værkets Side mod Optræden af en kortvarig Periode med høj Belastning, som nødvendiggør tilsvarende Maskin- og Ledningsanlæg, der den øvrige Tid af Aaret ikke udnyttes. For smaa Centraler kan det være nødvendigt paa denne Maade at sikre sig mod en daarlig Udnyttelse af Anlæget, men Erfaringen har vist, at jo større en Central er, og jo mere forskelligartede de Forbrugere er, der tilsluttes til den, desto mindre nødvendig er en saadan Sikkerhedsforanstaltning, idet Belastningsvariationerne hos de enkelte Forbrugere i stigende Grad udlignes af sig selv. For en stor Central gælder det derfor i første Linie om at faa tilsluttet saa mange Forbrugere som mulig, og Tarifferne indrettes som Følge heraf mere og mere paa i hvert enkelt Tilfælde at kunne tage Konkurrencen op med andre Kraft- og Lyskilder, hvilket dels fører til en stærkt udvidet Brug af Kilowatttimetariffer, dels til, naar det drejer sig om større Kraftforbrugere, at opstille en særlig Tarif i hvert enkelt Tilfælde afpasset efter de lokale Forhold.

Det fremgaar af det ovenstaaende, at der for et Anlæg som det her omhandlede ikke kan være Tale om at nøjes med en enkelt Tarif, men at der maa opstilles forskellige saadanne, afpasset efter de forskelligartede Forbrugeres Tarv.

Tarif for Smaabyer.

1. For Landsbyer og Stationsbyer vil det være naturligt at fastsætte en Kilowatttimetarif, som maa afpasses saaledes, at den sætter de paagældende Kommuner eller Andelsselskaber, som køber og fordeler Strømmen, i Stand til at sælge denne til forholdsvis billige Priser, idet der samtidig i Tilfælde af rigeligt Forbrug maa kunne paaregnes et i Forhold til Forbruget stigende Overskud til Kommunen eller Andelsselskabet. Paa denne Maade stilles Forbrugerne i disse Byer gunstigere end ved Anlæget af egne smaa Elektricitetsværker, og man kan derfor gøre Regning paa en rigelig Tilslutning fra deres Side. Den i Henhold til ovenstaaende fastsatte Tarif for Landsbyer og Stationsbyer er følgende:

Tarif for Elektricitetet solgt ved Transformatorernes Lavspændingsklemmer.

Elektricitet til Belysning:

For de første 50 000 KW.T. af det aarl. Forbrug 25 Ø. pr. KW.T.
- Resten - - - — 18 — - —

Elektricitet til Kraft:

For de første 50 000 KW.T. af det aarl. Forbrug 12 Ø. pr. KW.T.
- Resten - - - — 10 - - —

Elektriciteten til Lys og Kraft maales med samme Maaler, og ved Afregningen fordeles den maalte Elektricitetsmængde paa de to Forbrugsarter i samme Forhold, som de til Belysning og til Kraft solgte Elektricitetsmængder.

Da Gudenaa-Centralen afholder Udgifterne ved Transformatorstationerne og Højspændingsledningerne, maa der fastsættes en vis Minimumsbetaling pr. Aar, som passende kan gøres afhængig af den til Forsyning nødvendige Transformators Størrelse og derfor ansættes til: Kr. 300 plus 20 Gange den nødvendige Transformators Paalydende i KVA.

Bilag m. I Bilag m er der opstillet en Række Beregninger over Anlægs- og Driftsudgifter for saadanne Smaabyers Fordelingsnet under Forudsætning af forskelligt Indbyggerantal; heraf er atter beregnet, hvor stort Overskud der kan ventes, naar Elektriciteten sælges til Forbrugerne til en Pris af 40 Øre pr. KW.T. for Lys og 20 Øre pr. KW.T. for Kraft, idet der for Maalerleje aarlig opkræves et Beløb, der svarer til ca. 10 pCt. af Maalerens Værdi.

Fig. 13. Resultatet af Beregningerne er gengivet i Kurveform paa Fig. 13.

Tarif for Silkeborg. 2. For Silkeborg, hvor Elektriciteten tænkes solgt ved Transformatorernes Højspændingsklemmer, og Kommunen som Følge deraf bærer Udgifterne ved Transformatorstationernes Anlæg og Drift, maa Tariffen ansættes tilsvarende lavere og ligesom ovenfor afpasses saaledes, at der bydes Byen en Fordel ved at tage Strøm fra Gudenaa-Centralen fremfor at anlægge et eget Elektricitetsværk.

Allerede under Forudsætning af, at en Sammenligning mellem Jævnstrømsforsyning fra eget Værk og Vekselstrømsforsyning fra Gudenaa-Centralen gav samme direkte Udgifter i begge Tilfælde, vilde der være Fordel ved den sidstnævnte Levering som Følge af Vekselstrømmens større Tilpasningsevne efter de for Metaltraadslamper gunstigste Spændinger, ligesom ogsaa Vekselstrømsmotorer har visse Fordele fremfor Jævnstrømsmotorer. Nedenstaaende Tarif er imidlertid ansat saaledes, at der tillige kan forventes en direkte økonomisk Fordel for Byen ved at tage Elektriciteten fra Gudenaa-Centralen. Hertil kommer da yderligere den store indirekte Fordel for Byen, at der aabnes Mulighed for inden for dens Omraade at erholde meget billig elektrisk Drivkraft til Fabriksanlæg, hvilket uden Tvivl vil fremme Udviklingen af den stedlige Industri.

Tarif for Elektricitet solgt ved Transformatorernes Højspændingsklemmer.

Elektricitet til Belysning:

For de første 20 000 KW.T. af det aarl. Forbrug 20 Ø. pr. KW.T.
- - næste 40 000 — - - — — 16 - - —
- - — 80 000 — - - — — 12 - - —
- Resten — - - — — 8 - - —

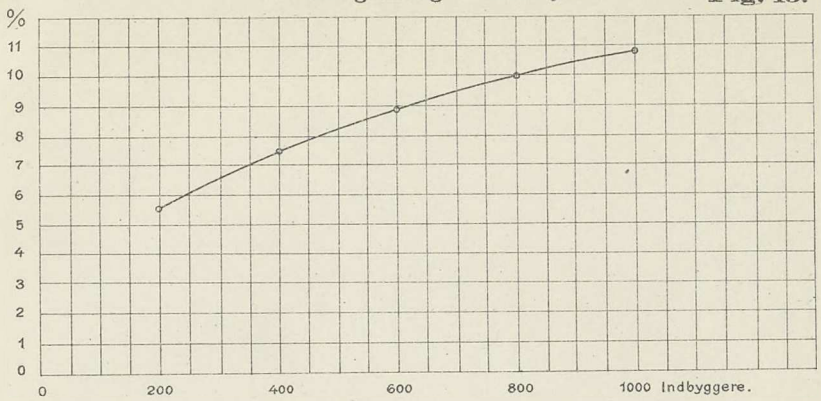
Elektricitet til Kraft:

For de første 10 000 — - - — — 10 - - —
- - næste 20 000 — - - — — 8 - - —
- - — 40 000 — - - — — 6 - - —
- - — 80 000 — - - — — 4 - - —
- Resten — - - — — 3 - - —

KRAFTANLÆG VED GUDENAA.

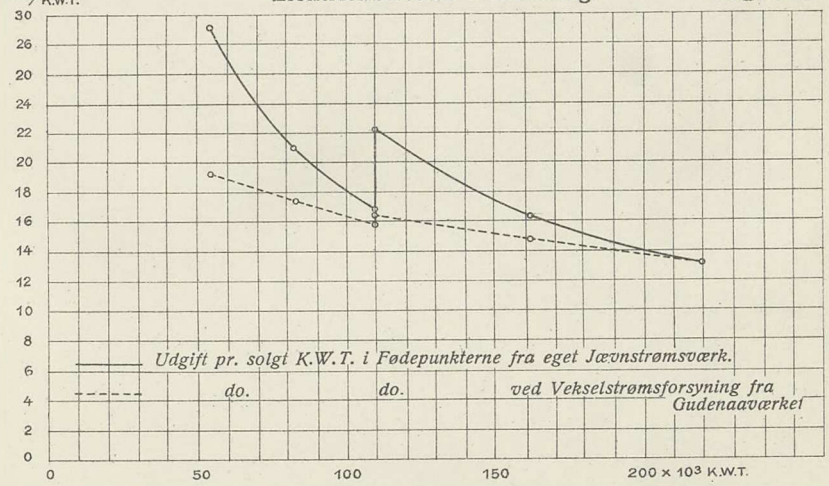
Forrentning i % af Anlægskapitalen for Fordelingsanlæg i Landsbyer.

Fig. 13.



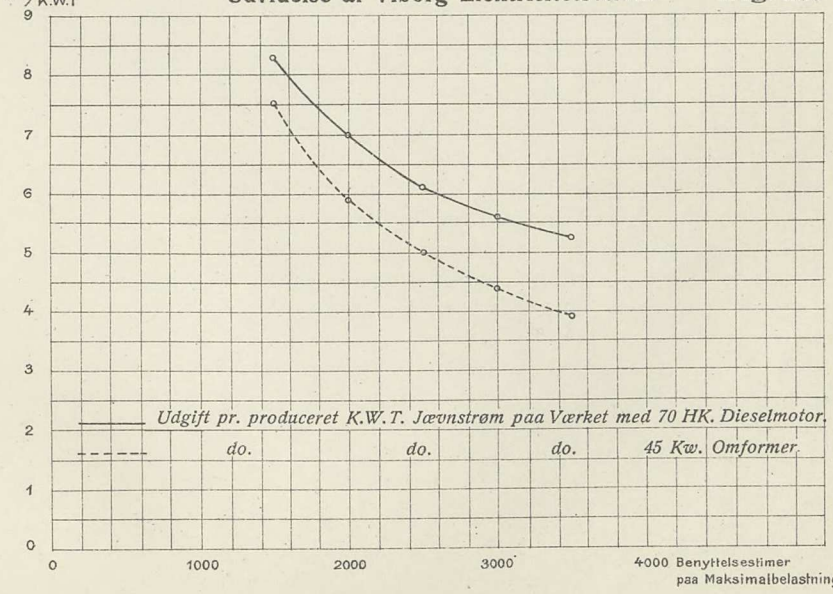
Elektricitetsværk i Silkeborg.

Fig. 14.



Udvidelse af Viborg Elektricitetsværk.

Fig. 15.

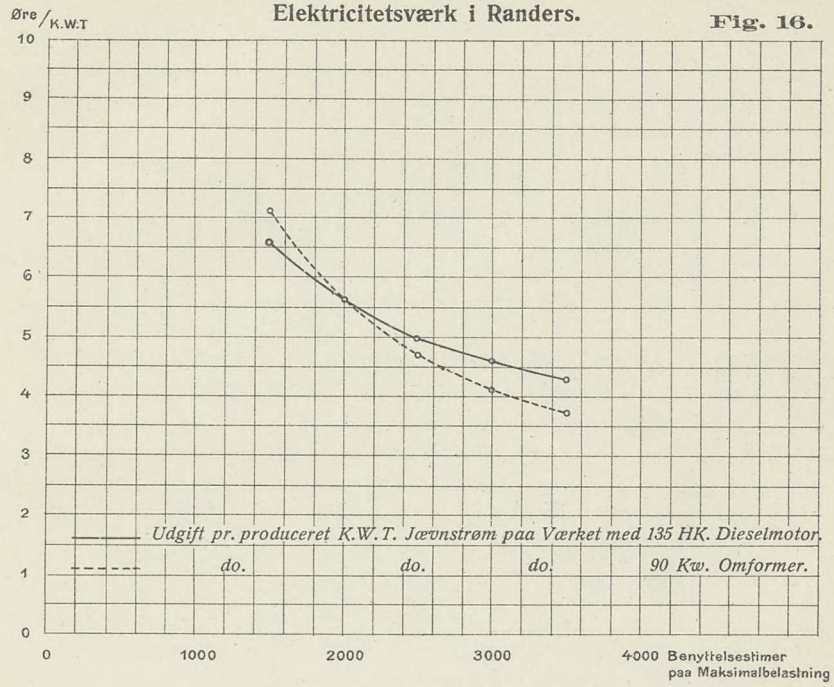


AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

KRAFTANLÆG VED GUDENAA.

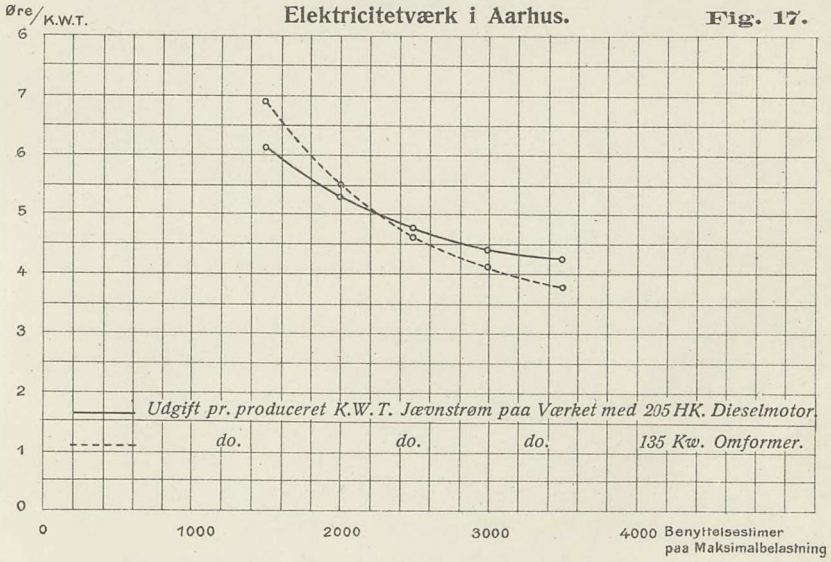
Udvidelse af Elektricitetsværk i Randers.

Fig. 16.



Udvidelse af Elektricitetværk i Aarhus.

Fig. 17.



AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

Ogsaa i dette Tilfælde vil det være naturligt at sikre Gudenaa-Centralen en vis aarlig Minimumsindtægt, men denne vil bedst kunne fastsættes i Forbindelse med de øvrige kontraktlige Bestemmelser og under Hensyntagen til Forholdene ved Tidspunktet for en saadan Kontrakts Afslutning; dens Størrelse influerer ikke paa Rentabilitetsberegningen, da den i hvert Fald maa være mindre end, hvad der svarer til det sandsynlige Forbrug.

Til Bedømmelse af den opstillede Tarif er der foretaget en Beregning af Anlægs- og Driftsudgifter for Silkeborg for forskellige Stadier af den forventede Udvikling, dels under Forudsætning af Anlæg af et eget Elektricitetsværk, dels for det Tilfælde, at Strømmen tages fra Gudenaa-Centralen. Beregningerne findes i Bilag n og Resultaterne er grafisk fremstillet paa Fig. 14, af hvilken det tydeligt fremgaar, at der foruden de indirekte Fordele kan paaregnes en ikke uvæsentlig direkte Besparelse ved Vekselstrømsforsyningen. Bilag n. Fig. 14.

Tarif for Elektricitet til Omformere.

3. I de Tilfælde, hvor Købstæderne allerede har bygget Elektricitetsværker efter Jævnstrømssystemet, kan der, som tidligere nævnt, blive Tale om ved fremtidige Udvidelser af disse Værker at opstille roterende Omformere, ved Hjælp af hvilke den fra Gudenaa-Centralen købte Vekselstrøm omformes til Jævnstrøm. Ved denne Omformning foraarsages der større Udgifter baade til Anlæg og Drift end ved Vekselstrømsforsyningen, og for at det skal kunne betale sig bedre for Byerne at tage Strøm fra Gudenaa-Centralen end selv at opstille Maskiner, maa man udnytte de Fordele, som Vandkraften i nogle Henseender giver fremfor Maskiner, baseret paa Forbrændingsprincipet. I disse Tilfælde vil derfor en Tarif, som stærkt nærmer sig til den rene Belastningstarif, være at foretrække og til Grund for Rentabilitetsberegningen er der da lagt følgende Beregningsmaade:

Tarif for Elektricitet solgt til Jævnstrømselektricitetsværker ved Transformatorernes Højspændingsklemmer

Kr. 70 om Aaret pr. KW. Maksimalbelastning,
samt 1 Øre pr. KW.T.,
dog ialt mindst 3 Øre pr. KW.T.

Naar Beregningen sker efter en saadan Tarif, vil Elektricitetsværkerne staa sig ved at udnytte Omformerne saa meget som muligt, idet hver yderligere KW.T. kun koster 1 Øre, og der samtidig kan opnaas Besparelser i Pasningsudgifterne, medens allerede Brændselsudgifterne selv i de mest økonomiske Forbrændingsmotorer er langt højere.

Dette fremgaar ogsaa af de sammenlignende Beregninger, som findes i Bilag o, p og q, og hvis Resultater er grafisk fremstillede ved Hjælp af Kurverne paa Fig. 15, 16 og 17. I disse Beregninger er der for hvert af de tre Elektricitetsværker i Viborg, Randers og Aarhus draget en Sammenligning mellem Udgifterne under de to Forudsætninger, at der enten sker en Udvidelse ved Opstilling af Dieselmotorer, eller at en væsentlig Del af Forbruget dækkes ved Køb af Elektricitet fra Gudenaa-Centralen, idet samtidig de forholdsvis lavere Anlægsudgifter ved Opstilling af Transformatorer og Omformere udredes af Byerne. Bilag o, p og q. Fig. 15, 16 og 17.

De i Øre pr. KW.T. udtrykte Sammenligningstal gælder for den Energimængde, som i Form af Jævnstrøm afgives enten fra Omformernes Jævnstrømsklemmer eller fra de til Dieselmotorerne koblede Dynamoer.

Af Kurverne ses det, at de enkelte Elektricitetsværker kan opnaa en direkte Besparelse ved paa den Maade at aftage Elektricitet fra Gudenaa-Centralen, og hertil kommer da yderligere den tidligere omtalte Fordel for Byerne, at der gives de større Kraftforbrugere Adgang til billig elektrisk Drivkraft, hvilket ikke er muligt, naar Forsyningen alene sker fra lokale Elektricitetsværker.

Tarif for store Kraftforbrugere.

4. At anvende en og samme Tarif i alle Tilfælde for Tilslutning af Fabrikker og andre større Kraftforbrugere kan ikke lade sig gøre, naar man ønsker en rigelig Tilslutning. Forholdene varierer fra det ene Tilfælde til det andet, saavel i Retning af Forbrugets Størrelse og Kraftaftagningens Regelmæssighed som ogsaa med Hensyn til Arten af de Maskinanlæg, med hvilke der skal konkurreres. For de større Anlægs Vedkommende kommer nærmest Damp- og Dieselmotoranlæg i Betragtning, for de mindre Diesel-, Gas- eller Petroleumsmotorer.

For en stor elektrisk Central er det som Regel forholdsvis let at opnaa Tilslutning fra Kraftforbrugere med meget uregelmæssig Kraftaftagning, idet disses egne Anlæg bliver daarligt udnyttede, og der derfor let kan opnaas Fordel ved at samle de uregelmæssige Kraftaftagere under et, hvorved Uregelmæssighederne mere eller mindre udlignes.

Vanskeligere er det at byde Fabrikker med regelmæssigt Kraftforbrug gennem et stort Antal Timer om Aaret Fordele ved Overgangen til den elektriske Drift, idet Udgifterne til eget Anlæg tynger mindre i Vægtskaalen, og de derfor kan staa sig ved at anskaffe forholdsvis dyre Maskiner med et meget lavt Brændselsforbrug. En Vandkraftcentral staar imidlertid ogsaa over for saadanne Kunder godt rustet til Konkurrencen, idet ogsaa dens Udgifter fordeler sig gunstigere ved lang regelmæssig Kraftaftagning, og dette i endnu højere Grad end et hvilket som helst Anlæg efter Forbrændingsprincippet.

Om end man, som nævnt, i Praksis vil blive nødt til at opstille forskellige Tariffer for de forskellige Fabrikker, vil dette dog ikke være muligt paa det nuværende Stadium, hvor der ikke har været Lejlighed til nærmere Undersøgelse af deres særlige Forhold, og til Grund for Rentabilitetsberegningen er der derfor lagt en Kilowatttimetarif med stærkt faldende Skala efter Forbruget, som kan betragtes som Gennemsnittet af den Indtægt, der kan paaregnes, selv om man gaar saa langt ned med Priserne, at man kan være sikker paa en meget rigelig Tilslutning af store Kraftforbrugere.

Denne Tarif, som i øvrigt er den samme som den for Kraft til Silkeborg By benyttede, er baseret paa den Forudsætning, at Fabrikkerne selv bekoster de nødvendige Transformatorer med tilhørende Apparater, ved Hjælp af hvilke den høje Spænding transformeres ned til den for Fabrikkens Motorer passende Spænding, ligesom de naturligvis ogsaa bekoster selve disse Motorer med tilhørende Ledningsanlæg.

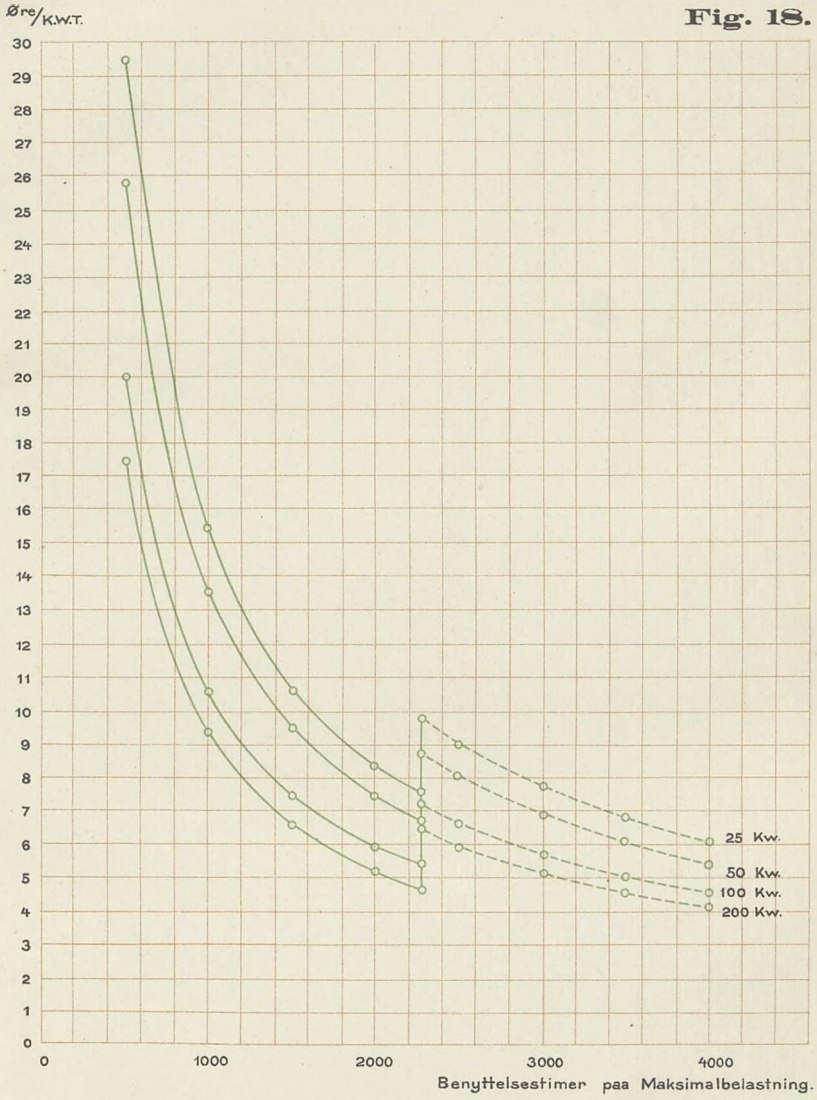
Tarif for Elektricitet til større Kraftforbrugere, maalt ved Transformatorernes Højspændingsklemmer.

For de	første	10 000	KW.T.	af det aarl. Forbrug	10	Ø. pr. KW.T.
— -	næste	20 000	—	- - — —	8	- - —
— -	—	40 000	—	- - — —	6	- - —
— -	—	80 000	—	- - — —	4	- - —
—	Resten		—	- - — —	3	- - —

KRAFTANLÆG VED GUDENAA.

Kurver over Udgifter ved Dieselmotoranlæg.

Fig. 18.



Udgifter ved Dieselmotoranlæg (3000 Driftstimer).

do. - do. (6000 Driftstimer).

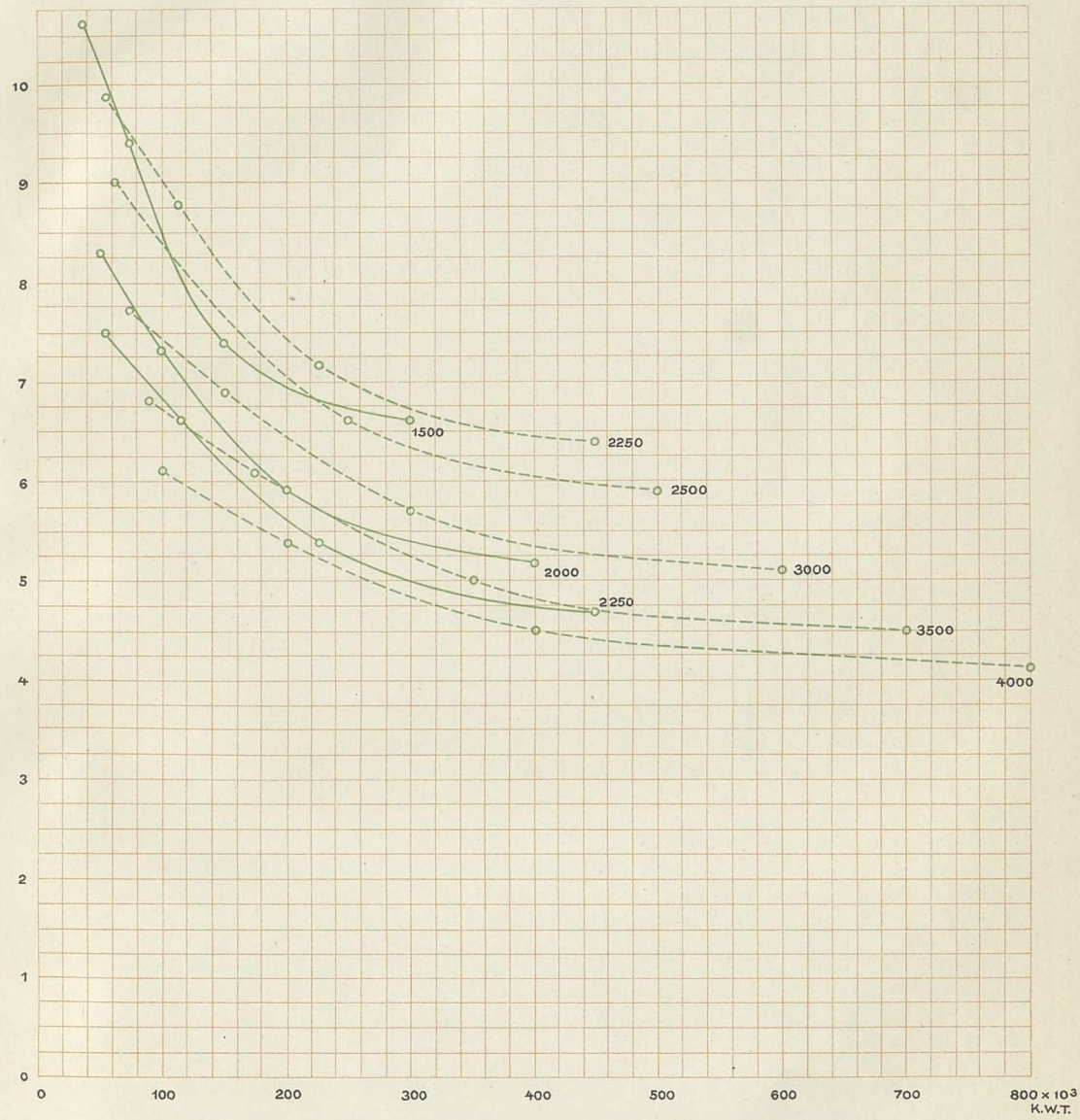
De paaskrevne Tal angiver Anlægets Størrelse.

AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

KRAFTANLÆG VED GUDENAA.

Kurver over Udgifter ved Dieselmotoranlæg.

Fig. 19.



——————— Udgifter ved Dieselmotoranlæg (3000 Driftstimer).

- - - - - - - - do. - do. (6000 Driftstimer).

De paaskrevne Tal angiver Benyttelsestid paa Maksimalbelastningen i Timer.

AKEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

For de Forbrugere, som forpligter sig til ikke at aftage Kraft paa følgende Tider:

i Oktober og Februar Maaned fra Kl. 6—11 Em.
i November og Januar — - - 5—11 —
i December Maaned fra Kl. 4—11 Em.
i de øvrige Maaneder fra $^1/_2$ Time efter Solnedgang til 11 Em.

gives der paa ovenstaaende Priser 20 pCt. Rabat.

For de Forbrugere, som forpligter sig til i Tilfælde af Vandmangel paa Centralen midlertidig at standse Kraftaftagningen, naar der derom fremsættes Forlangende fra Centralen med mindst 4 Dages Varsel, gives der paa de ovenstaaende Priser 40 pCt. Rabat.

For at komme til Klarhed over, hvorledes de til en saadan Tarif svarende Udgifter for Fabrikkerne stiller sig i Forhold til deres Udgifter ved eget Kraftanlæg, er det nødvendigt at foretage en noget mere kompliceret Beregning end i de tidligere omhandlede Tilfælde, hvor Sammenligningen stod mellem at producere Elektricitet paa den ene eller paa den anden Maade. Her staar Sammenligningen mellem at udvikle den nødvendige mekaniske Drivkraft ved Hjælp af Maskiner uden Anvendelse af Elektricitet eller ved Hjælp af Motorer drevne ved Strøm fra Gudenaa-Centralen.

Sammenligningen er gennemført for saadanne Tilfælde, hvor Konkurrencen er vanskeligst, nemlig hvor Kraftaftagningen er saa regelmæssig, at det i Tilfælde af ren mekanisk Drift kan betale sig at benytte Dieselmotorer. I Bilag r er der nu først opstillet en Beregning over Udgifterne til Drivkraft for Fabrikker af 4 forskellige Størrelser med Dieselmotorer, varierende fra 34 E. HK. til 280 E. HK., idet Beregningen for hvert af disse Anlæg atter er gennemført under Forudsætning af forskellige Udnyttelsesgrader. Et Maal for Udnyttelsesgraden faar man, naar man dividerer den samlede i Aarets Løb præsterede Energimængde, maalt i Hestekrafttimer eller Kilowatttimer, med Aarets Maksimalbelastning, maalt henholdsvis i Hestekræfter eller Kilowatt. Det derved fremkomne Tal kaldes „Benyttelsestiden paa Maksimalbelastningen“ og angiver altsaa, hvor mange Timer Maskinerne maatte gaa for at producere den i Aarets Løb præsterede Energimængde, naar man tænkte sig, at de stadig var belastede op til Aarets Maksimalbelastning. Bilag r.

Beregningerne er samlede i to Grupper, af hvilke der for den første er forudsat en aarlig Driftstid af 3 000 Timer, medens Benyttelsestiden paa Maksimalbelastningen varierer fra 500 til 2 250 Timer, hvorimod der for den anden Gruppe er forudsat en aarlig Driftstid af 6 000 Timer, medens Benyttelsestiden paa Maksimalbelastningen er varieret fra 2 250 til 4 000 Timer.

De paa denne Maade udregnede aarlige Udgifter gælder for den mekaniske Drivkraft, der afgives fra Hovedtransmissionsakslerne gennem Remme til de enkelte Arbejdsmaskiner eller Grupper af saadanne. For at kunne benytte Resultaterne til Sammenligning med eventuel elektrisk Drift er i hvert enkelt Tilfælde denne mekaniske Drivkraft omregnet i sit direkte Ækvivalent i elektrisk Energi og Udgifterne udregnede pr. KW.T. af saadan Energi. Resultaterne er opført i Kurveform paa Fig. 18 og 19, af hvilke den første viser, hvorledes Udgifterne til Drivkraft for hvert enkelt af de 4 forskellige Anlæg varierer, eftersom disse udnyttes Fig. 18 og 19.

mere eller mindre, medens Kurverne paa Fig 19 er udledede af de førstnævnte og viser, hvorledes Udgifterne, under Forudsætning af en bestemt Benyttelsestid paa Maksimalbelastningen, varierer med det aarlige Forbrugs Størrelse.

Disse Kurver kan imidlertid ikke uden videre benyttes til Sammenligning med den af Gudenaa-Centralen forlangte Pris for Elektriciteten, idet Fabrikken for at udnytte den elektriske Kraft maa bekoste saavel Transformatorstation som elektriske Motorer med tilhørende Ledningsanlæg. Som Følge heraf er der opstillet en Beregning over de herved foraarsagede Udgifter for de ovenfor behandlede 4 Anlæg af forskellig Størrelse, og ved at fradrage de dertil svarende aarlige Udgifter fra de for Dieselmotoranlægene udregnede Udgifter, faas Sammenligningspriser, som i Bilag r er benævnet „Reducerede Priser for Dieselmotoranlæg", og som altsaa kan sammenstilles direkte med de af Gudenaa-Centralen forlangte Strømpriser.

Fig. 20 og 21. Paa Fig. 20 og 21 er disse reducerede Priser med rødt indtegnet i Kurveform, dels for de 4 forskellige Anlæg og varierende Udnyttelsesgrad, dels for forskellige Benyttelsestider paa Maksimalbelastningen og varierende aarligt Forbrug, og paa sidstnævnte Figur er tillige med sort indtegnet de tilsvarende Udgifter ved Aftagning af Elektricitet fra Gudenaa-Centralen efter ovenstaaende Tarif.

Af Hensyn til, at det muligvis vil blive nødvendigt at tilbyde en Del af de større Kraftforbrugere en kombineret Tarif, hovedsagelig baseret paa Belastningsprincippet, er der endvidere paa Fig. 20 med sort indtegnet en Kurve, som angiver Udgifterne svarende til den under 3 opførte Tarif for Elektricitet til Jævnstrømscentraler.

Et Blik paa Kurverne vil vise, at de opstillede Tariffer er lagt saa lavt, at det selv under den forudsatte skarpe Konkurrence vil være direkte økonomisk fordelagtigt for de større Kraftforbrugere at foretrække den elektriske Drivkraft, og det ganske bortset fra de store indirekte Fordele, som i de fleste Tilfælde opnaas herved.

Særlig fordelagtig stiller Forholdene sig for de Forbrugere, som kan undlade at aftage Kraft i Belysningstiden, og for hvilke derfor den 20 pCt. lavere liggende Tarif for indskrænket Benyttelsestid gælder.

En almindelig Beregning for den endnu lavere liggende Tarif for ugaranteret Forbrug er ikke foretaget, da de lokale Forhold her spiller for stor en Rolle, men Beregningen kan let gennemføres for hvert enkelt Tilfælde paa Grundlag af Tallene i Bilag r.

Til yderligere Bedømmelse af den opstillede Kilowatttimetarif er der paa Fig. 21 med blaat indtegnet en Kurve, som viser den for et meget stort Vandkraftanlæg i Sydsverige, „Sydsvenska Kraftaktiebolaget", gældende Tarif for større Kraftforbrugere, der paa samme Maade som ovenfor forudsat aftager Strøm ved Transformatorernes Højspændingsklemmer. Det ses af Kurverne, at disse Priser er væsentlig højere end de for Gudenaa-Centralen forudsatte.

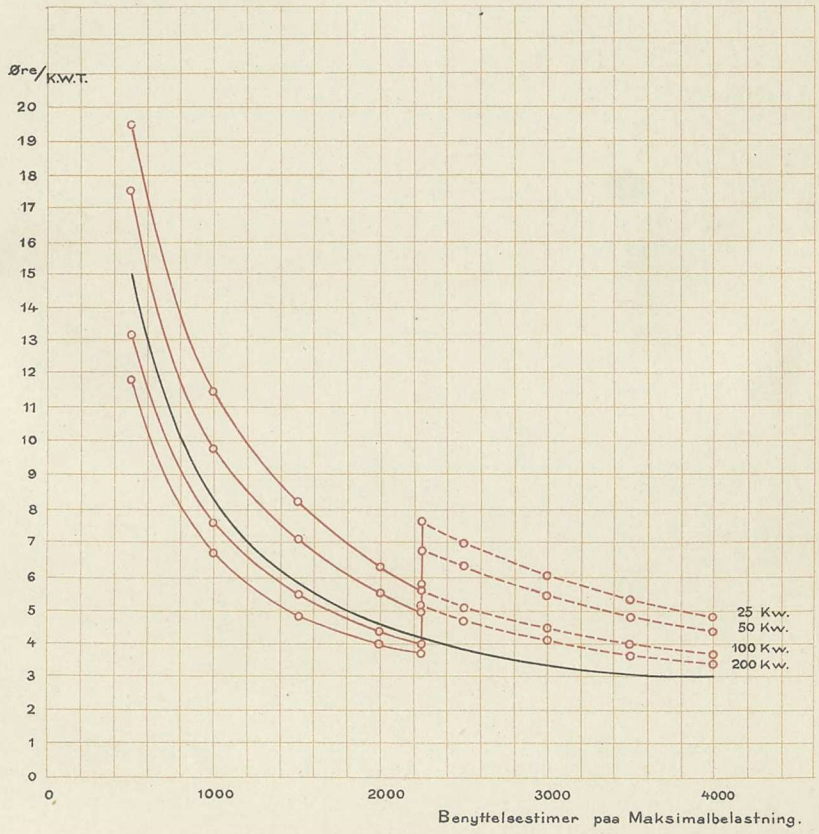
Tarif for Fællescentral for Aarhus og Omegn.

5. For Salg af Elektricitet til en Fællescentral ved Aarhus ligger Forholdene til en vis Grad paa samme Maade som ved Salget til de andre Elektricitetsværker. Det drejer sig ogsaa her om en Sammenligning, eventuelt en Kombination med Produktion af Elektricitet i eget Elektricitetsværk, og ogsaa i dette Tilfælde vil det være det fordelagtigste for begge

KRAFTANLÆG VED GUDENAA.

Kurver over Belastningstariffer og tilsvarende Udgifter ved Dieselmotoranlæg.

Fig. 20.



——— Belastningstariffer for garanteret Kraft med uindskrænket Driftstid fra Gudenaaværket.

——— Reducerede Udgifter ved Dieselmotoranlæg (3000 Driftstimer).

- - - - - do. - do. (6000 Driftstimer).

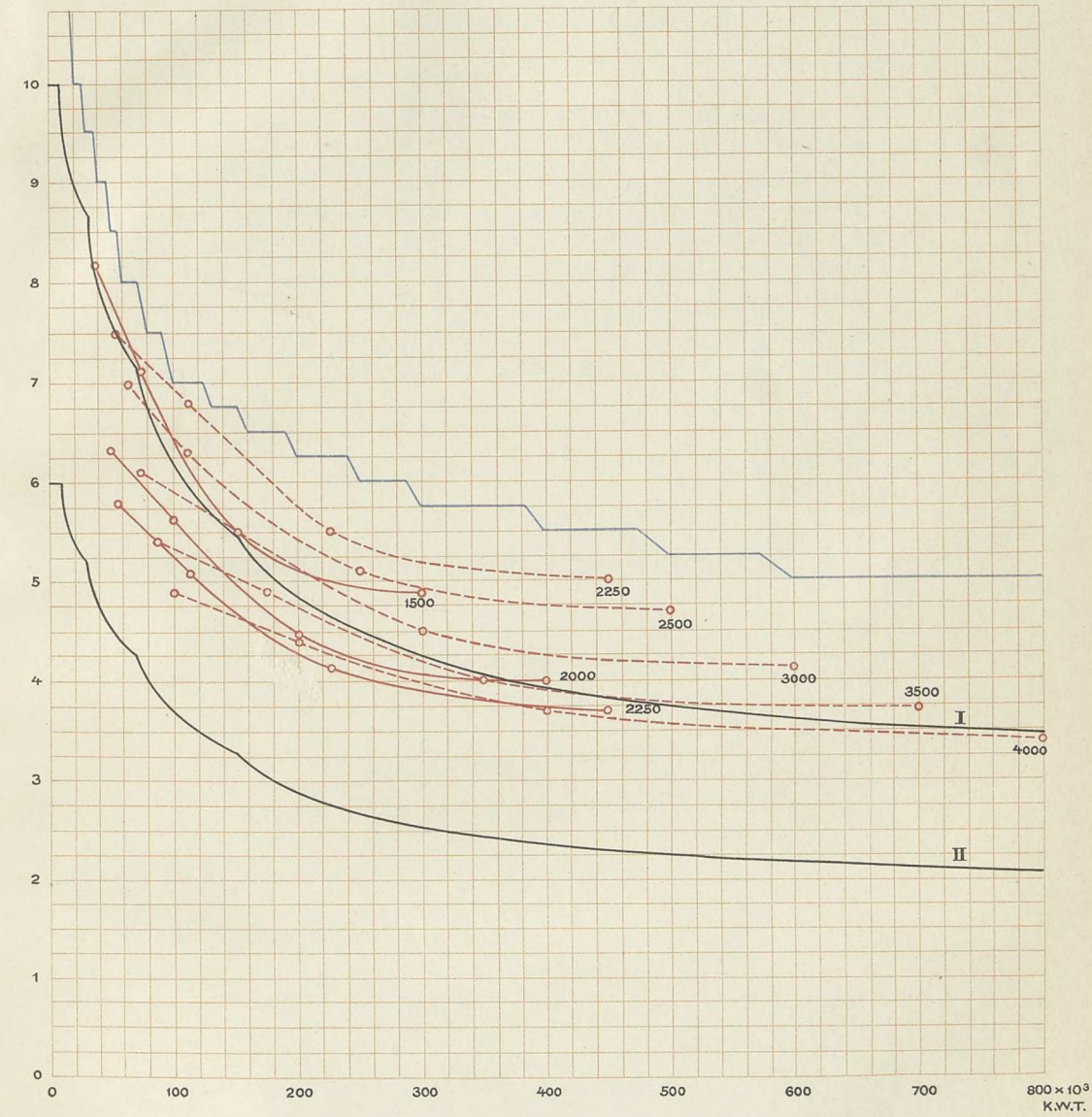
De paaskrevne Tal angiver Anlægets Størrelse.

AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

KRAFTANLÆG VED GUDENAA.

Kurver over K.W.T. Tariffer og tilsvarende Udgifter ved Dieselmotoranlæg.

Fig. 21.



I K.W.T. Tarif for garanteret Kraft med uindskrænket Driftstid fra Gudenaaværket.

II do. - ugaranteret do. - do. - do.

do. - garanteret do. - do. - Sydsvenska A. B.

Reducerede Udgifter ved Dieselmotoranlæg (3000 Driftstimer).

do. - do. (6000 Driftstimer).

De paaskrevne Tal angiver Benyttelsestid paa Maksimalbelastningen i Timer.

AXEL E. AAMODT, KJØBENHAVN.

Parter, at Tariffen baseres paa at drage Fordel af Vandkraftens særlige Egenskaber. Salget tænkes derfor at ske efter samme Tarif som for Elektricitet til Omformere.

Tarif for Salg af Elektricitet til Fællescentral for Aarhus og Omegn.

Kr. 70 om Aaret pr. KW. Maksimalbelastning
samt 1 Øre pr. KW.T.,
dog mindst ialt 3 Øre pr. KW.T.

I Bilag s er der opstillet en Beregning, hvorigennem det vises, at Fællescentralen kan staa sig ved at aftage Elektricitet fra Gudenaa-Centralen til ovenstaaende Tarif, baade i det Tidsrum, hvor denne Central er i Stand til at dække hele Forbruget, og senere, naar det bliver nødvendigt, desuden at anlægge et eget Værk, som da hovedsagelig benyttes til at præstere den manglende Kraft paa de Tider, hvor Belastningen er størst. Bilag s.

Sammenligningen er i dette Tilfælde draget med en Dampturbine-central, idet de nødvendige Maskinaggregater her har en saadan Størrelse, at Dampturbiner er at foretrække for Dieselmotorer.

VIII. Overslag og Rentabilitets-Beregninger.

Forsyning til hele Oplandet.

(Det detaillerede Projekt).

Anlægsoverslag.

A. Kanalanlæget.

		Kr.	Kr.
Søregulering.			
Uddybning af Gudenaa nedenfor Silkeborg Langsø 80 000 m³ à 0,75 Kr.		60 000	
Erstatning for Fyld 80 000 m³ à 0,20 Kr.		16 000	
Reguleringssluse	(Bilag a)	37 100	
Nedlægning af Aalegaard ved Resenbro		11 000	
			124 100
Bassin I.			
Erstatning til Lodsejere for Tab af Jord foraarsaget ved Opstemningen 113 Tdr. Ld. à 400 Kr.		45 200	
Andre Erstatninger (2 Beboelser og Fiskeri)		7 200	
Overfaldsdæmning	(Bilag b)	78 850	
			131 250
Hovedkanalen.			
Lukkesluse	(Bilag e)	28 750	
Jordarbejde inkl. Ramper og Afledningsgrøfter	do.	177 500	
Lerbeklædning indvendig i Kanalen	do.	75 975	
Skraaningsbeklædning med Muld	do.	19 650	
At overføre...		301 875	255 350

INGENIØRFORENINGENS BIBLIOTEK

		Kr.	Kr.
Overført...		301 875	255 350
Erstatning til Lodsejere for Tab af Jord til Kanalen: 70 Tdr. Ld. à 400 Kr.	(Bilag e)	28 000	
Erstatninger for Ulemper		6 735	
Bro for Ans-Bjerringbro Landevej	do.	8 000	
Broer for Markveje.....	do.	31 200	
Grundsluse til Kanalens Tømning.....	do.	9 950	
Underløb	do.	7 110	
			392 870
Bassin II.			
Erstatning til Lodsejere for Tab af Jord foraarsaget ved Opstemningen: 36 Tdr. Land à 1,000 Kr...		36 000	
35 Tdr. Land à 500 Kr....		17 500	
Stoppedæmning med Grundsluse	(Bilag f)	34 850	
Dæmning med Vejforlægning og Bro	(Bilag g)	16 200	
Stenglacis paa Jernbanens Skraaninger.....	do.	13 500	
Underløb under Jernbanen	do.	950	
			119 000
Uddybning af Gudenaa nedenfor Kraftstationen 60 000 m³ à 0,80 Kr.		48 000	
Erstatning for Fyld 60 000 m³ à 0,20 Kr.		12 000	
			60 000
Foranstaltninger for Fiskeriet (se Afsnit IX).....			20 000
Byggerenter, Administration og uforudsete Udgifter for Kanalanlæget			102 780
			950 000
Heri fragaar (se Afsnit IX):			
Tilskud fra Silkeborg Papirfabrik og Lodsejere ved Silkeborg Langsø og Ørnsø	ca.	30 000	
Tilskud fra de i Vandingen Interesserede	ca.	20 000	
			50 000
			900 000

B. Kraftstationen.

Tilledningskanal og Bygninger (Bilag h).		
Jordarbejde m. m.	33 810	
Betonstøbning 4 760 m³ à 25,00 Kr.	119 000	
Murværk m. m.	35 520	
Tagkonstruktion m. m...	13 340	
Spunsvægge m. m.....	7 305	
Jern- og Staalarbejder	8 995	
Portalkran	4 000	
Trapper, Vinduer, Døre m. m.....	6 030	
Dampskorsten	12 000	
Funktionærboliger	17 000	
		257 000
At overføre...		257 000

	Kr.	Kr.
Overført...		257 000
Turbiner.		
3 dobbelte Radial-Reaktions Turbiner à 1 500 E. HK., 125 Omdrejninger pr. Minut, for aaben Opstilling med horisontale Aksler til direkte Kobling med Generatorerne, inkl. hydraulisk Regulering og Montage.....	98 000	
2 enkelte Radial-Reaktions Turbiner med horisontale Aksler, à 75 E. HK., 400 Omdrejninger pr. Minut til direkte Kobling med Magnetiseringsdynamoerne, inkl. Regulering og Montage.....	16 110	
Forsendelse og andre Udgifter.....	5 890	
		120 000
Elektriske Maskiner.		
3 Drejestrømsgeneratorer à 1 250 K W. ved cos. $\varphi = 1$, 1 000 K W. ved cos. $\varphi = 0{,}8$, 10 000 Volt, 50 Perioder, 125 Omdrejninger pr. Minut, inkl. Fundamentbolte, Magnetregulator og Montage, Vægt ca. 45 000 kg.....	100 000	
2 Magnetiseringsdynamoer à 50 K W. 100 Volt, 400 Omdrejninger pr. Minut, inkl. Montage.....	6 000	
2 Transformatorer à 1 000 KVA. 10 000/20 000 Volt, 50 Perioder færdig opstillet med Olie.....	20 000	
		126 000
Reservekraftanlæg, bestaaende af:		
1 Dampturbine med tilkoblet Vekselstrømsgenerator med normal Ydeevne 500 K W. ved cos $\varphi = 0{,}85$ og 10 pCt. Overbelastningsevne, 380 Volt, 50 Perioder, 3 000 Omdrejninger pr. Minut, med tilhørende Kondensationsanlæg, Fundamentramme samt øvrigt Tilbehør, alt færdig opstillet, og		
1 Dampkedel med ca. 300 m^2 Hedeflade, forsynet med Overheder og i Stand til i 1 Time at fordampe 5 400 kg Vand fra Vand ved 0^0 til Damp af 12 Atm. Overtryk og overhede samme Dampmængde til 350^0 C. og i øvrigt udrustet med 2 Erith Stokere samt alle Armaturer og tilhørende Værktøj, alt færdig opstillet til Drift.....	100 000	
1 Transformator 380/10 000 Volt svarende til Vekselstrømsgeneratoren, færdig opstillet med Olie...	7 000	
		107 000
Akkumulatorbatteri 110 Volt (60 Celler) med en Afladestrømstyrke paa 180 Amp. ved 3 Timers Afladning inkl. Syre samt alt Tilbehør, færdig monteret og sat i Drift.....		6 000
Fordelingsanlæg (Bilag t), bestaaende af:		
10 000 Volts Fordelingsanlæg, 2 Samleskinneringe, 4 Maskinfelter hver med:		
1 Olieafbryder med tilhørende Relais,		
At overføre...		616 000

	Kr.	Kr.
Overført...		616 000
6 Strømtransformatorer,		
1 3-faset Spændingstransformator,		
2 1-fasede Spændingstransformatorer,		
3 Ventiler, System Giles.		
3 Fødefelter for 10 000 Volts Luftledninger hver med:		
1 Olieafbryder med tilhørende Relais,		
6 Strømtransformatorer,		
3 Kondensatorer, System Moscichi,		
3 Selvinduktionsspoler med Jernkærne.		
2 Fødefelter for 10 000/20 000 Volts Transformatorer, hver med:		
1 Olieafbryder med tilhørende Relais,		
6 Strømtransformatorer		
samt med tilhørende Kabler til Maskinerne, alle Ledninger, Ledningsadskillere, Sikringer, Betonvægge, Gitre og Monteringsjern, alt færdig monteret og i driftsmæssig Stand...	50 000	
20 000 Volts Fordelingsanlæg med 2 Felter med Forbindelsesskinner, og i hvert Felt 3 Kondensatorer, System Moscichi, og 3 Selvinduktionsspoler med Jernkærne, inkl. alt Tilbehør som nævnt ved 10 000 Volts Fordelingsanlæget, færdig monteret og i driftsmæssig Stand	25 000	
Tavle- og Manøvreringsanlæg, bestaaende af		
4 Instrumentsøjler for Maskinerne hver med:		
1 Ampèremeter,		
1 Voltmeter,		
1 Wattmeter,		
1 Ampèremeter for Magnetisering,		
1 Fasemeter,		
Faselamper,		
1 Maaler for hver Maskine,		
5 Tavler for Fødeledningerne hver med 3 Ampèremetre,		
2 Tavler for Magnetiseringsdynamoerne og 1 Tavle for Batteriet, alle med de nødvendige Instrumenter,		
samt alle Manøvreringsledninger, alt færdig monteret og i driftsmæssig Stand	25 000	
		100 000
Værktøj og Inventar, Løbekran, Belysningsanlæg for Centralen samt diverse		27 000
Byggerenter, Administration og uforudsete Udgifter for Kraftstationen		72 000
		815 000

C. Ledningsanlæget.

Ledningsnet.

			Kr.	Kr.
10 000 Volts Ledninger:				
16 mm² Luftledninger	52 000 m à Kr. 3,20	.....	166 000	
25 — —	131 000 m à — 3,50	.....	460 000	
16 — Kabel	12 000 m à — 8,00	.....	96 000	
25 — —	15 000 m à — 10,00	.....	150 000	
20 000 Volts Ledninger:				
25 mm² Luftledninger	85 000 m à Kr. 4,20	.....	357 000	
				1 229 000

Transformatorstationer (Bilag u).

10 000 Volts Stationer:				
11 Stationer uden Overspændingssikringer			10 KW.	
13 — — —			15 —	
1 — — —			20 —	
2 — — —			30 —	
4 — med —			10 —	
3 — — —			15 —	
1 — — —			20 —	
1 — — —			30 —	
2 Nedførings- og Forgreningsstationer ..			15 —	
2 Nedføringstaarne				140 000
20 000 Volts Stationer:				
2 Stationer ved Hammel og Aarhus med 2 gennemgaaende 20 000 Volts Ledninger, 2 udgaaende 10 000 Volts Ledninger, 2 Transformatorer 20 000/10 000 Volt à 500 KVA.....				90 000
Maalere til Transformatorstationer				30 000
				260 000

Byggerenter, Administration og uforudsete Udgifter for Ledningsanlæget 146 000

1 635 000

Sammenstilling.

		Kr.
A.	Kanalanlæget	900 000
B.	Kraftstationen.....	815 000
C.	Ledningsanlæget.....	1 635 000
		3 350 000

Rentabilitetsberegning.

Driftsindtægter:	KW.T.	Kr.	KW.T.	Kr.	Øre pr. KW.T.
Smaabyer (Bilag v.):					
Lys	250 000	62 500			25,0
Kraft	125 000	15 000			12,0
Tab	100 000	»			»
			475 000	77 500	16,3
Silkeborg By (Bilag n.):					
Lys	167 500	22 200			13,2
Kraft	62 500	4 550			7,3
			230 000	26 750	11,6
Jævnstrøms-Elektricitetsværker (Bilag o. og p.):	KW.T.	Kr.			
Viborg	175 000	5 250			3,0
Randers	350 000	10 500			3,0
			525 000	15 750	3,0
Større Kraftforbrugere (Bilag l.):					
Garanteret, uindskrænket Benyttelsestid:					
Viborg, Silkeborg, Randers	KW.T.	Kr			
med Opland	450 000	35 000			7,8
Aarhus	325 000	24 500			7,5
	775 000	59 500			7,7
Garanteret, indskrænket Benyttelsestid:					
Viborg, Silkeborg, Randers					
med Opland	450 000	28 000			6,2
Aarhus	325 000	19 600			6,0
	775 000	47 600			6,1
Ugaranteret:					
Viborg, Silkeborg, Randers					
med Opland	930 000	27 000			2,9
Aarhus	1 000 000	23 400			2,3
	1 930 000	50 400			2,6
			3 480 000	157 500	4,5
Fællescentral for Aarhus og Omegn (Bilag q. og w.):	KW.T.	Kr.			
Aarhus Elektricitetsværk	525 000	15 750			3,0
Aarhus Omegn	2 000 000	97 000			4,9
			2 525 000	112 750	4,5
			7 235 000	390 250	5,4
Heraf garanteret			5 305 000	339 850	6,4
Ugaranteret			1 930 000	50 400	2,6

Driftsudgifter:

	Kr.	Kr.
Kanalanlæget og Kraftstationen:		
Lønninger (Bilag x.)	17 000	
Kul, Olie etc.	15 000	
Vedligeholdelse: 1 pCt. af 1 715 000 Kr.	17 150	
		49 150
Ledningsanlæget:		
Lønninger (Bilag x.)	10 000	
Vedligeholdelse: 1 pCt. af 1 635 000 Kr.	16 350	
Administration, Kontorhold og diverse	30 000	
		56 350
		105 500

Sammenstilling.

Driftsindtægter	390 250
Driftsudgifter	105 500
Driftsoverskud	284 750

Afskrivninger:	Kr.	
1 pCt. af 1 175 000 Kr.	11 750	
3 — - 540 000 —	16 200	
2 — - 1 350 000 —	27 000	
3 — - 285 000 —	8 550	
		63 500
Nettooverskud: 6,6 pCt. af 3 350 000 Kr.		221 250

Hvis den nødvendige Kapital tilvejebringes ved Dannelsen af et Aktieselskab med en Aktiekapital paa 2 Mill. Kr. og ved Optagelsen af et $4^1/_2$ pCt. Obligationslaan paa $1^1/_2$ Mill. Kr., stiller Forholdene sig omtrent som følger:

	Kr.	Kr.
Driftsoverskud		284 750
Afskrivninger som ovenfor	63 500	
Renter af Obligationslaan	67 500	
		131 000
Nettooverskud: 7,7 pCt. af Aktiekapitalen		153 750

Udnyttelse af al Energien paa Stedet.

Anlægsoverslag.

A. Kanalanlæget.

	Kr.
Som ovenfor under det detaillerede Projekt	900 000

B. Kraftstationen.

	Kr.	
Tilledningskanal og Bygninger	190 000	
Turbiner:		
3 Turbiner à 900 E.HK., 2 Turbiner à 55 E.HK.	90 000	
Elektriske Maskiner:		
3 Drejestrømsgeneratorer à 600 KW., 2 Magnetiseringsdynamoer à 35 KW.	75 000	
Akkumulatorbatteri	5 000	
Fordelingsanlæg	50 000	
Værktøj og Inventar, Løbekran, Belysningsanlæg for Centralen samt diverse	20 000	
Byggerenter, Administration og uforudsete Udgifter for Kraftstationen	45 000	
		475 000
		1 375 000

Rentabilitetsberegning.

	Kr.	Kr.
Driftsudgifter:		
Lønninger	17 000	
Smøre- og Pudsematerialier etc.	5 000	
Vedligeholdelse: 1 pCt. af 1 375 000 Kr.	13 750	
Administration og diverse	4 250	
		40 000
Afskrivninger:		
1 pCt. af 1 100 000 Kr.	11 000	
3 - - 275 000 —	8 250	
		19 250
Forrentning af Anlægskapitalen:		
6 pCt. af 1 375 000 Kr.		82 500
		141 750

Ved et Forbrug af 9 000 000 KW.T.: *Pris pr. KW.T.* ca. $1^1/_2$ Øre.

Overførelse af al Energien til Aarhus og Omegn.

Anlægsoverslag.

A. Kanalanlæget.

	Kr.
Som under det detaillerede Projekt	900 000

B. Kraftstationen.

	Kr.	
Tilledningskanal og Bygninger	220 000	
Turbiner, som under det detaillerede Projekt.....	120 000	
Elektriske Maskiner som under det detaillerede Projekt, dog med 3 Transformatorer.....	136 000	
Akkumulatorbatteri som under det detaillerede Projekt	6 000	
Fordelingsanlæg	75 000	
Værktøj og Inventar, Løbekran, Belysningsanlæg for Centralen samt diverse	25 000	
Byggerenter, Administration og uforudsete Udgifter for Kraftstationen	58 000	
		640 000

C. Ledningsanlæget.

	Kr.	
Ledningsnet:		
20 000 Volts Ledninger:		
25 mm² Luftledninger 85 000 m à Kr. 4,20.....	357 000	
Transformatorstationer:		
20 000 Volts Stationer:		
1 Omkoblings- og Sikringsstation ved Hammel, 1 Station ved Aarhus med 2 gennemgaaende 20 000 Volts Ledninger, 2 udgaaende 6 000 Volts Ledninger, 3 Transformatorer 20 000/6 000 Volt à 1 000 KVA.	80 000	
Byggerenter, Administration og uforudsete Udgifter for Ledningsanlæget	43 000	
		480 000
		2 020 000

Rentabilitetsberegning.

	Kr.	Kr.
Driftsudgifter:		
Lønninger	20 000	
Smøre- og Pudsematerialier etc.	5 000	
Vedligeholdelse: 1 pCt. af 2 020 000	20 200	
Administration og diverse	4 800	
		50 000
Afskrivninger:		
1 pCt. af 1 140 000 Kr.	11 400	
3 pCt. af 490 000 Kr.	14 700	
2 pCt. af 390 000 Kr.	7 800	
		33 900
Forrentning af Anlægskapitalen:		
6 pCt. af 2 020 000 Kr.		121 200
		205 100

Ved et Forbrug af 6 000 000 KW.T.: *Pris pr. KW.T.* ca. $3^1/_2$ Ø.
— - — - 9 000 000 — : — - — - $2^1/_3$ —

IX. Vanding, Sejlads og Fiskeri.

Det har i lange Tider været sagt af Lodsejere og andre interesserede i Gudenaaens Nærhed, at det var Synd og Skam, at dens rige Vandmasser løb ubenyttet bort. Denne Opfattelse gav sig i 1893 Udslag i et Andragende fra 290 Lodsejere til Hedeselskabet om at undersøge Muligheden for Anlæg af Vandingskanaler. Paa Grund af Ingeniør Brøndsteds Død blev der kun foretaget meget lidt i Sagen, indtil Hedeselskabet i 1904, foranlediget af en Artikel i Silkeborg Avis, genoptog den; Resultatet af den derefter stedfundne Undersøgelse er fremsat i Hedeselskabets Tidsskrift for Januar 1905. Det blev her paavist, at større Kanalanlæg fra Gudenaa, baseret alene paa Vanding, umulig kunde svare sig. Udkastet af 1905 lagde derfor Hovedvægten paa at fremme Sejladsforholdene paa Gudenaa; Vandingen af Arealerne langs med Vandløbet samt Etableringen af et Kraftanlæg ved Tange blev kun Hjælpefaktorer i et Sejlads-Projekt.

Efter den Modtagelse som det fremsatte Forslag fik, kan det imidlertid med Sikkerhed fastslaas, at et Kanalprojekt heller ikke lader sig gennemføre paa den angivne Basis, idet det maa betragtes som givet, at Sejladsen ikke engang kan bære Udgifterne til de Sluseanlæg, som maa opføres for dens Skyld alene, endsige bidrage til Udgifterne ved selve Kanalanlæget. Derimod har en nærmere Udarbejdelse af det i Udkastet fremsatte Forslag til Etablering af et Kraftanlæg vist, at der her er en Mulighed for en økonomisk Udnyttelse af Gudenaaens Vandmasser. Som nærmere udviklet i Afsnit II har det imidlertid vist sig formaalstjenligt at ændre Kanalanlæget baade med Hensyn til Beliggenhed og Størrelse. Derved er den

Fordel, som Sejladsen kunde have af Kanalanlæget, betydelig indskrænket, hvorimod der intet er til Hinder for at benytte Kanalanlæget til Vanding, omend i mindre Udstrækning end ved det oprindelige Udkast.

Vandingen.

Paa Fig 1 er med grønt angivet det Areal, ialt ca. 96 ha. = ca. 174 Tdr. Land, der vil kunne vandes; denne Vanding maa hovedsagelig ske i Efteraarsmaanederne Oktober og November samt en kortere Periode om Foraaret i April, idet den samlede Vandingssæson kan sættes til ca. 60 Dage. Til Vandingen vil der være Brug for en Vandmængde af ialt 1 m^3/sec., men da der i Reglen i de nævnte Perioder vil være rigeligt Vand til Kraftstationens Drift, kan dette Vandforbrug næppe virke svækkende for Kraftanlæget. Det maa ogsaa antages, at Kanalens Vandføringsevne ved Bassin II vil være saa temmelig upaavirket af den Omstændighed, at der fra Kanalen aftages 1 m^3 Vand pr. Sek. til Vanding, idet den nødvendige Forøgelse af Vandføringen i Kanalen kan bevirkes ved en mindre Opstemning udover Kote 13,5 i Bassin I. De i Vandingen interesserede Lodsejere forudsættes selv at maatte bære de Udgifter, der vil være forbunden med at lede Vandet fra Kanalen til Vandingsarealerne ligesom selvfølgelig ogsaa Udgifterne ved selve Vandingsanlægene; desuden vil det være rimeligt, at der betales en vis Sum for selve Vandmængden, hvilket Beløb vil kunne sættes til 20,000 Kr., svarende til ca. 208 Kr. pr. ha. eller ca. 115 Kr. pr. Td. Land engang for alle. Til Sammenligning anføres, at der i Udkastet af 1905 er regnet med et Bidrag af 300 Kr. pr. Td. Land; i det foreliggende Tilfælde, hvor Anlægets Økonomi er baseret paa Udnyttelse af Vandkraften, vil det imidlertid være muligt at nedsætte Betalingen for Vandingen til de anførte lave Priser.

I Udkastet af 1905 er paavist, at Gudenaaens Vand egner sig til Vanding, da det indeholder betydelige Mængder af Kali; der er derfor ingen Tvivl om, at der af det paagældende Areal kan blive fortrinlig Vandingseng.

Fra Overfaldsdæmningen for Bassin I kunde der ved en særlig Vandingskanal udføres en Vanding af de nord og øst for Gudenaa liggende Arealer under Ormstrup og Sal, men da Ejeren af Ormstrup har udført meget betydelige Engkultiveringsarbejder netop paa de Arealer, der kunde vandes, vilde der i hvert Fald paa Ormstrups Jorder foreløbig ikke blive gjort Brug af en Vandingskanal, og da Kanalen saa udelukkende vilde være til Ulempe her, menes Tanken om en Vanding paa Gudenaaens østre Bred at maatte opgives indtil videre.

Der er endvidere en Mulighed for, at en Del af de paa Gudenaaens nordre og østre Bred liggende Jorder kan vandes fra Bassin II, men førend det er konstateret, at alt Vandet ikke kan bruges i Kraftstationen, kan der ikke tages fat paa et saadant Vandingsanlæg, da Vandet har betydelig mere Værdi, naar det udnyttes i Kraftstationen, end naar det bruges til Vanding. 1 m^3 Vand pr. Sek. har, udnyttet som Vandkraft, en Værdi af ca. 15 000 Kr. p. a.; som Vandingsvand kan denne Vandmængde neppe sættes til mere end $^1/_{10}$ af den nævnte Værdi, hvilket jo særlig skyldes den Omstændighed, at Vandet i Kraftstationen udnyttes hele Aaret rundt. Selv om Sammenligningen opstilles paa Basis af, at Vandet kan udnyttes i Kraftanlæget, naar det ikke bruges til Vanding, bliver det dog i økonomisk Henseende en tvivlsom Foranstaltning at benytte Vandet til at vande med, naar det ikke er overflødigt til Kraftstationens

Drift. Sættes nemlig Vandingstiden som foran nævnt til 60 Døgn, vil 1 m^3 Vand pr. Sek. i dette Tidsrum for Kraftstationen have en Værdi af ca. 2 500 Kr. p. a., hvilket jo er betydelig mere end det Bidrag, Vandingsarealet er ansat til at yde til Anlæget (20 000 Kr. engang for alle).

Sejladsen. Ved Kanalens Anlæg vil Sejladsen paa Gudenaa ikke længere kunne foregaa paa samme Maade som nu; den fremtidige Sejlads maa antage en ganske anden Karakter, og det kan paa Forhaand betragtes som udelukket, at det skulde være formaalstjenligt at opretholde den gennemgaaende Sejlads fra Randers opad Gudenaa til Silkeborg, idet en saadan Forbindelse vilde nødvendiggøre Anlæget af en kostbar Skibsfartssluse ved Kraftstationen, et Anlæg som den hensygnende Sejlads slet ikke vil kunne motivere.

Paa Gudenaaen nedenfor Kraftstationen vil Sejladsen kunne foregaa som hidtil, ja endog noget lettere paa det Stykke, der ligger ovenfor Bjerringbro, idet den Uddybning af Gudenaa, som her er projekteret, vil mindske Faldet ret betydeligt. Ovenfor Kraftstationen bliver der paa selve Kanalen og gennem de to Bassiner adskillig bedre Betingelser for Sejlads end hidtil paa Grund af Vandspejlets ringe Fald og den deraf følgende ringe Strømhastighed i Kanalen. En Pramfart i Forbindelse med Jernbanetrafikken vil her særdeles vel kunne tænkes, idet Bassin II gaar saa tæt opad Jernbanen ved Tange Station, at der, som vist paa Pl. XI., kan indrettes Kajplads, saa at Varetransporten kan foregaa direkte fra Jernbanevognene til Prammene. En saadan Transport af saavel Personer som Varer til og fra Kanalens Opland skulde synes at have Betingelser for at trives. De Sikringsarbejder for Kanalens Skraaninger, som en livlig Sejlads muligen vil nødvendiggøre, forudsættes de Sejladsinteresserede at maatte bekoste.

Mellem Kongens Bro og Silkeborg Langsø vil Betingelserne for Sejlads blive uforandrede, men skal der være Tale om en gennemgaaende Sejlads fra Tange til Silkeborg, maa der ved Reguleringsslusen (se Pl. I, Situationsplan 1) opføres en Skibsfartssluse, hvis Indretning ses paa Pl. XXII og som nærmere er beskrevet i Bilag y.

Pl. XXII. Bilag y.

Slusen er projekteret bygget som en Kammersluse med en Længde af 40 m og en Bredde af 6 m i Hovedernes Ind- og Udsejlingsaabninger. Kammerets Bund og Sider beklædes med Stenglacis, og kun selve Hovederne støbes i Beton; Portene (Stemmeporte) tildannes af Egetræ.

Kammerslusen vil, som Overslaget viser, koste ca. 41 000 Kr.; imidlertid vil det, saafremt Kammerslusen skal bygges, ikke være nødvendigt at bygge Reguleringsslusen med mere end 12 m fri Aabning. En saadan Reguleringssluse vil koste ca. 8 000 Kr. mindre end den paa Pl. II og III projekterede, og det Beløb, hvormed Kammerslusen i Virkeligheden forøger Anlægsoverslaget, er derfor kun 33 000 Kr. Selv denne Sum er dog sandsynligvis for meget at ofre paa den Sejlads, der kan tænkes at finde Sted over Reguleringsslusens Plads.

Fiskeriet. Idet Kanalen paa forskellige Tider af Aaret helt vil optage Gudenaaens Vandmasser ved Kanalens Indløb, vil der paa den Strækning af Aaen, der ligger mellem Kanalindløbet og Tangeaa's Udløb, kun blive det Vand tilbage, der strømmer til Aaen fra dens direkte Opland paa denne Strækning. Paa Aaens Østside vil der ingen Ændring ske i de nuværende Forhold; fra det vestlige Opland vil der efter Kanalens

Anlæg derimod kun komme det Vand, der strømmer igennem de før omtalte Underløb under Kanalen.

Den Vandmængde, som under normale Forhold passerer Gudenaaens gamle Leje, vil tiltage i Størrelse ned mod Tange, hvor den normalt kan sættes til 0,2 m^3/sec. For dog at gøre Aalejet passabelt for Fiskene er der projekteret en Række Styrt, ialt 10, ved hvilke Aalejet deles i Bassiner, hvori Vanddybden aftager fra det Styrt, der danner Bassinets nedre (nordlige) Begrænsning til det øvre. Styrtene opføres af Beton, som vist paa Pl. VIII; de anbringes saaledes, at mindste Vanddybde mellem dem bliver 1,0 m, og saaledes at Forskellen paa Koterne af Over- og Undervand bliver 0,5 m. Kronens Højde over Bunden bliver da 1,5 m. Kronebredden gøres 0,6 m, Bagsidens Hældning 2:1 og Forsidens 10:1. Styrtet opføres direkte paa Bunden, og ved Bagsiden føres en 0,5 m tyk Betonstøbning ned for at forhindre en Underskæring. I Styrtets Midte forsænkes Kronen 0,3 m paa et 2 m bredt Stykke, saa at Strømmen her kan koncentreres og lokke Fiskene. Naar kun den nedenfor omtalte Fisketrappe i Opstemningsdæmningen for Bassin I staar aaben, er Vandføringen, der efterhaanden forøges med Tilløb, 0,5 m^3/sec. Vandstraalens Tykkelse ved første Styrt efter Fisketrappen bliver da 0,3 m. Ved Tøbrud, naar Isen lukkes ud af Bassin I, maa der paaregnes en Vandmængde af mindst 30 m^3/sec., der paa de 25 m brede Styrt vil give en Vandstraaletykkelse af 0,84 m, saa at Isen vil flyde hen over Styrtenes Kroner. Ved Styrtenes Tilslutning til Land føres Betonstøbningen op over Højvande, og foran og bagved lægges Stenglacis til Sikring af Skraaningerne.

Overslag for et Styrt.

	Kr.
Beton 63 m^3 à 25,00 Kr.	1 575
Stenkastning 5 m^3 à 10,00 Kr.	50
Stenglacis 62 m^2 à 6,00	372
	1 997

For at give Fiskene Adgang til Bassin I og den ovenfor liggende Del af Gudenaa indrettes som nævnt en Fisketrappe i Opstemningsdæmningen for Bassin I. Dens Indretning ses paa Plan VIII. Trappen støtter sig til Mellempillen mellem Overfaldet og Bundslusen og har en Hældning af 1 : 5; Bredden er 1,5 m og Højdeforskellen mellem Trinene 0,4 m, medens mindste Vanddybde i Kamrene, naar Trappen fungerer, er 0,5 m. Trappen udføres af Beton og Skillevæggene af 10 cm tykke Jernbetonplader; disse er ikke gennemgaaende, men lader en 0,4 m bred Aabning fri til Passage for Fisk, der ikke springer. I Hjørnerne, hvor Skillevæggene slutter sig til Sidemurene, er holdt en Aabning fri, saa at Snavs ikke samler sig i Krogene. Sidevæggene er 0,25 m tykke og føres 1,0 m op over Skillevæggene i Trappen. Bunden af Trappen er ligeledes 0,25 m tyk. I Sidevæggene er udsparet Aabninger, saa at gennemsivende Vand kan faa Afløb fra Hulrummet under Trappen. Der lukkes for Trappen med et 1 m bredt Stigbord, dannet af en Bukkelplade med Vinkeljernskanter. Stigbordet manøvreres ved Hjælp af Tandstang, Tandhjul og Haandsving; Tilledningsaabningens Bund ligger i Kote 13,0 og Vandstrømmens Tykkelse bliver 0,4 m; ved helt aaben Fisketrappe vil der da bruges en Vandmængde af 0,56 m^3/sec.

Fisketrappen skal holdes aaben i Tidsrummet fra 1ste Oktober — 1ste April, naar fornøden Vandmængde haves. Trækkes Stigbordet kun ganske lidt, vil Vandet risle ned ad Trappens Bund gennem de udsparede Aabninger i Skillevæggene, og Aalene vil da kunne passere, hvilket skal finde Sted i Tidsrummet fra 1ste April — 1ste August.

I Reguleringsslusen nedenfor Silkeborg Langsø vil der ikke være Anledning til at opføre Fisketrappe, da der næsten altid vil være den fornødne Passage for Fiskene.

Ved de ovenfor nævnte Foranstaltninger kan Fiskeriet uden Tvivl bevares og muligvis endogsaa fremmes; Dannelsen af de to Bassiner I og II, ved hvilke der tilvejebringes et samlet Vandareal paa ca. 100 ha., maa vel have nogen gavnlig Indflydelse paa Fiskeriet, i hvert Fald kan der jo saavel ved Reguleringsslusen ved Silkeborg Langsø som ved Opstemningsdæmningen for Bassin I indrettes gode Fangststeder.

De Udgifter, som Foranstaltningerne for Fiskeriet medfører, bliver:

	Kr.
10 Styrt i Gudenaa à 2 000 Kr.	20 000
Fisketrapperne i Opstemningsdæmningen (Bilag b)	3 000
Ialt	23 000

X. Résumé.

Det foreliggende Projekt, som er udarbejdet efter Anmodning af „Kommissionen angaaende Gudenaa", omhandler et Forslag til Udnyttelse af Gudenaaens Vandmasser ved Etablering af et Kraftanlæg, baseret paa Bygning af en Kanal, der tillige kan benyttes til Vanding af tilstødende Arealer.

Udkast af 1905.

Projektet støtter sig til det i Hedeselskabets Tidsskrift for Januar 1905 af undertegnede Kr. Thomsen fremsatte Udkast til et Kanalanlæg ved Gudenaa. Det paavistes heri, at det ikke kunde betale sig alene af Hensyn til Vandingen at udføre et større Kanalanlæg, og i Udkastet søgtes derfor Anlæget hovedsagelig baseret paa Sejladsen paa Gudenaa, idet Forslaget gik ud paa at anlægge en Skibsfartskanal i Forbindelse med Vanding af de tilstødende Arealer og Etablering af et Vandkraftanlæg ved den projekterede Skibsfartssluse ved Tange.

Heller ikke Sejladsen paa Gudenaa menes dog at have nogen Mulighed for at kunne bære en større Del af de ret betydelige Udgifter, som et Kanalanlæg medfører. Derimod har en nærmere Undersøgelse vist, at den i Udkastet af 1905 foreslaaede Etablering af et Kraftanlæg ved Tange kan afgive en sund, økonomisk Basis for Kanalanlæget, og i det foreliggende Projekt er Rollerne derfor ombyttede; Kraftanlæget er Hovedsagen, Vandingen og Sejladsen har maattet nøjes med at overtage Birollerne.

Foreliggende Kanalprojekt.

Den foretagne Ændring af Grundlaget saavel som Resultaterne af de mere indgaaende tekniske Undersøgelser har bevirket, at det i nær-

værende Projekt foreslaaede Kanalanlæg afviger betydeligt fra Udkastet af 1905. Medens Kanalen i dette foresloges optaget fra et Punkt paa Gudenaaen ca. 1 300 m neden for Tvilum Bro og ført gennem Bøgedalen forbi Ans til Tange, saa omhandler det foreliggende Projekt Anlæget af en Kanal fra et Punkt ca. 2 600 m oven for Ans Bro, fra hvilket Punkt den i hele sin Længde nogenlunde følger Gudenaaens Løb (se Fig. 1).

Ved denne Ændring er der opnaaet en væsentlig Forkortelse af Kanalen med dertil svarende Reduktion af Udgifterne. En Del af denne Reduktion er opnaaet ved paa det nævnte Punkt at opføre en Opstemningsdæmning, ved Hjælp af hvilken Vandet stemmes op til en Højde af 3,5 m over Gudenaaens nuværende Sommervandstand. Denne Opstemning vil mærkes til lidt oven for Kongens Bro og foraarsage, at et Areal paa i alt 62 ha bliver oversvømmet og danner et Bassin (i Projektet benævnet Bassin I), som paa hensigtsmæssig Maade træder i Stedet for et tilsvarende Kanalstykke. **Bassin I.**

Paa den anden Side har den nævnte Forkortelse af Kanalen haft til Følge, at det ved Tange opnaaede Fald er bleven reduceret fra ca. 12 m til ca. 8 m; samtidig er imidlertid den Vandmængde, med hvilken der kan regnes, bleven forøget derved, at Vandet fra de forskellige Tilløb til Gudenaaen, som udmunder paa Strækningen mellem de to Projekters Kanalindløb, nu ogsaa kan føres ind i Kanalen, og den udnyttede Vandmængde forøges yderligere derved, at ogsaa Tangeaaen inddrages i Anlæget. Dette sker ved Opførelsen af en Stoppedæmning tvers over Tangeaadalen ved Tangeaaens Udløb i Gudenaaen, hvorved Tangeaadalen i en Længde af ca. 2,7 km stemmes fuld af Vand. Det Areal, som ved denne Opstemning gaar under Vand, i alt 38,2 ha, danner et Bassin (Bassin II), fra hvilket en kort Tilledningskanal føres til den 340 m Nord for Bassinet liggende Kraftstation. Ved Opstemningen i Tangeaadalen opnaas altsaa ikke blot, at Tangeaaens Vand udnyttes i Kraftanlæget, men ogsaa at der umiddelbart foran Kraftstationen etableres et Reservoir, ved Hjælp af hvilket Tilstrømningen til Kraftstationen kan reguleres efter det øjeblikkelige Behov og da særligt efter den varierende Belastning inden for Døgnets 24 Timer. **Bassin II.**

Medens Faldet som ovenfor nævnt ved Forlægningen af Kanalindløbet er bleven reduceret fra ca. 12 m til ca. 8 m, kan Vandmængden regnes at være forøget i samme Forhold, som Oplandet er vokset, nemlig fra 1 304,0 km² til 1 700,1 km², saa at det samlede Resultat bliver en Reduktion i den indvundne Kraft paa kun ca. 13 pCt., hvilket rigeligt opvejes ved den tilsvarende Reduktion i Udgifter samt ved den ved Etableringen af det nævnte Reservoir opnaaede Fordel.

Det foreliggende Projekt stiller sig altsaa væsentlig gunstigere for Kraftanlæget. Derimod er det Areal blevet indskrænket, som med Fordel kan vandes, idet Kanalen nu ligger nærmere ved Gudenaaen. Til Gengæld vil det være muligt at nedsætte Udgifterne for Vandingen pr. Td. Land meget væsentligt, idet Bekostningen ved selve Kanalanlæget nu bæres af Kraftanlæget. **Vanding.**

For Sejladsen bliver Forholdene naturligvis mindre gunstige ved det foreliggende Projekt end ved Udkastet af 1905. Dels forbliver de nuværende vanskelige Sejladsforhold paa Strækningen fra Sminge Sø til Kongens Bro uforandrede, og dels forhindrer Anlæget af Kraftstationen **Sejlads.**

den gennemgaaende Sejlads fra Randers til Silkeborg, idet det nu anses for udelukket, at Sejladsinteresserne skulde kunne begrunde Anlæget af en kostbar Skibsfartssluse ved Tange. Skulde Forholdene i saa Henseende forandre sig i Fremtiden, er der dog intet til Hinder for et saadant Anlæg.

Fra Tange til Kongens Bro vil Sejladsforholdene blive forbedrede ved Anlæget af Kanalen, som faar direkte Tilslutning til Jernbanestationen ved Tange.

Fiskeri. For Fiskeriets Vedkommende vil Forholdene nærmest stille sig gunstigere efter Realisationen af det foreliggende Projekt. Etableringen af de to Bassiner vil i saa Henseende være fordelagtig; endvidere foreslaas det af Hensyn til, at Kanalen paa forskellige Tider af Aaret helt vil optage Gudenaaens Vandmasser ved Kanalens Indløb, at opføre en Række Styrt, hvorved Aalejet inddeles i Bassiner, i hvilke Vanddybden aldrig bliver mindre end 1 m, samt at bygge en Fisketrappe i Overfaldsdæmningen for Bassin I.

Vandføring. Til Grund for det foreliggende Projekt ligger en Række Undersøgelser angaaende Gudenaaens Vandføring paa det paagældende Stykke, idet der dels i Løbet af de sidste 2 Aar er foretaget stadige, direkte Maalinger af Vandføringen ved Tvilum Bro, dels ved Hjælp af de meteorologiske Aarbøger i Forbindelse med de ved de direkte Maalinger opnaaede Resultater er beregnet Gennemsnitsvandføringen for de enkelte Maaneder i de sidste 32 Aar. Resultatet af de foretagne Undersøgelser er grafisk fremstillet paa Fig. 4 og 5.

Som det var at forudse, varierer Vandføringen stærkt saavel fra Aar til Aar og fra Maaned til Maaned som indenfor de enkelte Maaneder, omend Variationerne er væsentlig mindre end ved mange Vandkraftanlæg i Udlandet, særlig i Bjerglande.

Regulering af Vandføringen. Der er derfor foretaget en Undersøgelse af, hvorvidt det vil være muligt at etablere en Regulering af Vandføringen ved Hjælp af de ovenfor Kanalanlæget liggende Søer. Disse Undersøgelser har resulteret i et Forslag om at etablere en delvis Regulering ved Hjælp af en Sænkning paa ca. 1 m af Vandspejlet i Silkeborg Langsø og Ørnsø, hvilken Sænkning kan tilvejebringes ved Uddybning af Gudenaaen paa en Strækning af ca. 4 200 m fra Silkeborg Langsø nedefter. Ved Udløbet fra Silkeborg Langsø er der derfor projekteret et Reguleringsværk, ved Hjælp af hvilket der i de nævnte Søer, naar Vandføringen er stor, opspares Vand, som atter aftappes, naar Vandføringen synker og ønskes forøget. For saa vidt der ønskes gennemgaaende Sejlads fra Tange til Silkeborg, maa der i Forbindelse med Reguleringsværket bygges en Skibsfartssluse.

Minimal- og Gennemsnitsvandføring. Det er nu undersøgt, hvilken Indflydelse den projekterede Regulering kunde have haft paa Vandføringen i de sidste 32 Aar, og det viser sig da, at Vandføringen i den projekterede Kanal, under Forudsætning af en saadan Regulering, i intet af de sidste 32 Aar vilde være sunket under 9 m^3/sec. Paa Fig. 8 er nærmere vist, med hvilken Minimalvandføring der herefter maa regnes i de enkelte Maaneder, ligesom ogsaa Gennemsnitsvandføringen for den projekterede Kanal ved fuld Udnyttelse af Anlæget er angivet. Den beløber sig for December Maaned til ca. 23 m^3/sec. og for Juli Maaned til ca. 15 m^3/sec.

Den til Gennemsnitsvandføringen svarende aarlige Middelvandmængde andrager for de sidste 32 Aar ca. 600 000 000 m³ pr. Aar. Da der kan regnes med et Gennemsnitsfald paa ca. 8 m, svarer denne Vandmængde til ca. 13 500 000 E.HK. Timer eller ca. 9 000 000 KW. Timer pr. Aar. **Den aarlige Middelvandmængde.**

Den projekterede Kanal har en Bundbredde af 15 m, Skraaningsanlæg 1,5:1, og et Fald paa Bunden af 1:10 000. Idet Vanddybden ved Indløbet fra Bassin I er 2,2 m, bliver den største Vandføring, Kanalen kan præstere, ca. 24 m³/sec. Ved denne Dimensionering opnaas de gunstigste Udnyttelsesforhold. **Kanalen.**

Ved Kanalindløbet bygges en Lukkesluse. Kanalprofilet indesluttes af Dæmninger med Kronen ca. 1 m over Vandspejlet og med en Kronebredde, der normalt er 2,5 m; hele det indvendige vædede Profil beklædes med et 0,3 m tykt Lag Ler. Landevejen fra Ans til Bjerringbro saavel som de forskellige Markveje føres over Kanalen paa Hennebiquebroer med en fri Gennemsejlingsaabning ved Højvande af 2,5 m. Ved Hjælp af en omtrent midt paa Kanalstrækningen projekteret Grundsluse kan Kanalen i paakommende Tilfælde fuldstændig tømmes for Vand. Tilløbene fra Oplandet føres i Monierrørledninger under Kanalen. Kanalens Længde er 8,2 km.

Overslaget for samtlige Arbejder ved Kanalanlæget, heri indbefattet Reguleringsarbejderne ved Silkeborg Langsø og Uddybning af Gudenaaen nedenfor Kraftstationen, lyder paa 900 000 Kr. **Overslag for Kanalanlæget.**

Størrelsen af den Kraftstation, som det vil være formaalstjenligt at opføre til Udnyttelse af de gennem det ovenfor beskrevne Kanalanlæg tilførte Vandmasser, afhænger af den Anvendelse, som man vil gøre af den udviklede Kraft. Der foreligger hovedsagelig tre forskellige Muligheder for en økonomisk fordelagtig Udnyttelse, og om alle tre Muligheder gælder det, at det af Hensyn til Fordelingen af Kraften til Forbrugsstederne vil være fordelagtigst først at omsætte Vandkraften til elekrisk Energi og derefter fordele den i denne Form gennem elektriske Ledninger: **Muligheder for Vandkraftens Anvendelse.**

1) Udnyttelse paa Stedet til Fabrikker i umiddelbar Nærhed af Kraftstationen.
2) Fordeling af den elektriske Energi ved Hjælp af Højspændingsledninger saavel til det omliggende Land og Købstæderne Viborg, Silkeborg og Randers som til Aarhus med Omegn.
3) Overføring af al Energien gennem Højspændingsledninger til Aarhus og Omegn.

En Udnyttelse af al Kraften paa Stedet kan eventuelt opnaas ved Anlæg af en eller flere elektrokemiske Fabrikker, og disses Drift vil da sandsynligvis kunne indrettes som uafbrudt Døgndrift med Kraftaftagning, der retter sig efter den til enhver Tid disponible Vandmængde gennem alle Aarets Timer. I saa Tilfælde vil Kraftstationens Størrelse kunne indskrænkes til at svare til Kanalens Maksimalvandføring, og det vil da være passende at opstille 3 Turbiner à 900 E.HK. med dertil koblede elektriske Generatorer med en Ydeevne paa 600 KW. hver; det ene af de tre Aggregater vil da som Regel være i Reserve. **Udnyttelse paa Stedet.**

For en Kraftstation af denne Størrelse er der opstillet et approksimativt Overslag, som lyder paa 475 000 Kr., saa at det samlede Kanal- og Kraftanlæg i saa Fald vilde komme paa 1 375 000 Kr. Endvidere er

der opstillet en Rentabilitetsberegning, af hvilken det fremgaar, at den fra Kraftstationen leverede elektriske Energi ved fuld Udnyttelse af Vandmængden vil komme til at staa i en Pris af ca. $1^1/_2$ Øre pr. KW.Time inkl. Forrentning og Afskrivning af Anlægskapitalen.

En Undersøgelse af, hvorvidt det vil kunne betale sig paa Basis af denne Pris at anlægge en eller flere Fabrikker, som tilsammen disponerer over hele den forhaandenværende Vandkraft, ligger derimod udenfor Rammen for nærværende Betænkning, og da det paa Grund af de store Kraftmængder, om hvilke der er Tale, er i høj Grad usikkert, om en saadan Udnyttelse paa Stedet vil kunne etableres, er der heller ikke udarbejdet noget detailleret Projekt for dette Tilfælde.

Derimod er den under 2) nævnte Mulighed for Udnyttelse af Vandkraften ved Fordeling af den elektriske Energi til hele Oplandet belyst nærmere ved et detailleret Projekt, idet Sandsynligheden taler for, at det for at skaffe Afsætning for de disponible Energimængder vil være nødvendigt at inddrage saavel det omliggende Land og Købstæderne Viborg, Silkeborg og Randers, som ogsaa Aarhus med Omegn under Forsyningen.

Overføring af al Energien til Aarhus og Omegn.

Skulde det mod Forventning vise sig, at Aarhus og Omegn mener at kunne faa Brug for al Kraften, vil Anlægsudgifterne til Ledningsanlæg kunne reduceres væsentligt, medens derimod Dimensioneringen af Kraftstationen bliver omtrent som ved det mest omfattende Projekt; dog kan der i saa Tilfælde ses bort fra Opstilling af et Dampreserveanlæg i selve Kraftstationen, da Maskinanlægene i Aarhus Elektricitetsværk vil kunne benyttes som Reserve.

Det for denne Eventualitet opstillede approksimative Overslag lyder paa 2 020 000 Kr., og den tilhørende Rentabilitetsberegning viser, at den elektriske Energi, leveret ved Aarhus med en Spænding af 6 000 Volt, ved et aarligt Forbrug af 6 000 000 KW.Timer vil komme til at staa i en Pris af ca. $3^1/_2$ Øre og ved et Forbrug af 9 000 000 KW.Timer i en Pris af ca. $2^1/_3$ Øre.

Forsyning af hele Oplandet.

Som ovenfor nævnt er det detaillerede Projekt udarbejdet under Forudsætning af en Forsyning af hele Oplandet, idet Energien tænkes benyttet saavel til Belysning som til Kraft. I dette Tilfælde maa man være forberedt paa væsentlig større Svingninger i Kraftaftagningen, end hvis Energien udnyttes i Fabrikker paa Stedet, idet Belastningen vil variere saavel fra den ene Maaned til den anden som ogsaa inden for den enkelte Maaned og ganske særligt inden for Døgnets 24 Timer.

Kraftstationen.

Det detaillerede Projekt for Kraftstationen er derfor baseret paa Opstilling af 3 Turbiner, som ved det lavest forekommende Fald paa ca. 7 m hver kan yde ca. 1 500 E.HK.; det ene af de 3 Aggregater kan da altid staa i Reserve. Ydermere er der for at muliggøre den fulde Udnyttelse af Vandkraften projekteret et Dampturbineaggregat paa ca. 500 KW. med tilhørende Kedelanlæg, ved hvis Hjælp den til Gennemsnitsvandføringen svarende Energimængde kan præsteres ogsaa i vandfattige Aar.

Den projekterede Kraftstation er vist paa Pl. XII og XIII. Turbinerne er dobbelte Radial-Reaktionsturbiner med horisontale Aksler, opstillet i 3 betonstøbte Turbinekamre foran selve Maskinhuset. Dette er bygget paa tværs af Kanalen paa en Betonunderbygning, gennem hvilken Vandet fra Turbinerne ledes ud til Afløbskanalen, som atter fører det

tilbage til Gudenaaen. Neden for Kraftstationen uddybes denne til Bjerringbro med et Fald paa Bundlinien af 1:5 000 og en Bundbredde af 15 m. Der fremkaldes paa denne Maade en Vandspejlssænkning bag ved Kraftstationen paa ca. 0,8 m, hvormed det disponible Fald forøges.

For Enden af Maskinhuset og sammenbygget med dette opføres en Bygning, som hovedsagelig afgiver Plads for det elektriske Fordelingsanlæg, og i Forlængelse af denne Fordelingsbygning ligger Kedelhuset med tilhørende Dampskorsten.

Den elektriske Energi udvikles i de til Turbinerne koblede Drejestrømsgeneratorer med en Spænding af ca. 10 000 Volt, med hvilken Spænding den ligeledes sendes ud fra Kraftstationen gennem 3 af de projekterede 5 Fødeledninger, medens den for de 2 Fødeledningers Vedkommende først transformeres op til en Spænding af 20 000 Volt.

Overslag for Kraftstationen.

Det detaillerede Overslag for Kraftstationen med tilhørende Tilledningsog Afløbskanal, Funktionærboliger, Vejanlæg m. m. lyder paa 815,000 Kr.

Ledningsnet og Transformatorstationer.

Fra Kraftstationen føres den elektriske Energi ud i Oplandet ved Hjælp af Højspændingsledninger, hver bestaaende af 3 Traade. Ledningsføringen er vist paa Oversigtsplanen Fig. 12. De to Fødeledninger paa 20 000 Volt føres parallel med hinanden over Hammel til Aarhus. Fra Aarhus tænkes de 20 000 Volts Ledninger fortsat ud i denne Bys nordlige og sydlige Opland, men da det forudsættes, at Strømmen fra Gudenaacentralen sælges ved Aarhus til en Fællescentral for denne By og dens Omegn, antages de sidstnævnte Ledninger at indgaa i denne Centrals Ledningsnet og er derfor ikke medtaget i det foreliggende Projekt.

I Hammel og Aarhus bygges Transformatorstationer, i hvilke Spændingen transformeres ned fra 20 000 Volt til 10 000 Volt.

Fra disse Transformatorstationer saavel som fra selve Kraftstationen udgaar forskellige 10 000 Volts Ledninger, ved Hjælp af hvilke Forsyningen til Oplandet sker, idet der ved de forskellige Forbrugssteder etableres Transformatorstationer, i hvilke Spændingen nedsættes fra 10 000 Volt til den for Forbrugerne passende Spænding. De fra Transformatorstationen ved Aarhus udgaaende 10 000 Volts Ledninger forudsættes ligesom de tilsvarende 20 000 Volts Ledninger at indgaa i Ledningsnettet for en Fællescentral for Aarhus og Omegn.

Samtlige Højspændingsledninger tænkes udført som Luftledninger med Undtagelse af de forholdsvis korte Strækninger, som ligger indenfor Byernes Grænser, paa hvilke der forudsættes anvendt underjordiske Kabler.

Overslag for Ledningsanlæget og for hele Projektet.

Overslaget for de paa Fig. 12 viste Højspændingsledninger og Transformatorstationer andrager 1 635 000 Kr., hvorefter det samlede Overslag for det detaillerede Projekt kommer paa 3 350 000 Kr.

Elektricitetsforbruget.

Elektriciteten tænkes hovedsagelig solgt til følgende 5 Arter af Forbrugere.

1) Landsbyer og Stationsbyer i Oplandet, i hvilke det forudsættes, at Kommunerne eller Andelsselskaber køber Strømmen ved Transformatorstationernes Lavspændingsklemmer og selv besørger dens Fordeling og Salg til Forbrugerne til Belysning og til Drift af mindre Motorer etc.

2) Købstæder, som endnu ikke har bygget Elektricitetsværker efter Jævnstrømsystemet og derfor kan indrette sig paa en direkte Forsyning af Forbrugerne med Vekselstrøm til Belysning og Motorer. Af

saadanne Købstæder er der paa de i det foreliggende Projekt indbefattede Forsyningslinier kun Silkeborg, medens paa de fra Aarhus udgaaende Linier særlig Skanderborg kan tænkes forsynet paa denne Maade.

3) Købstæder, som allerede har Elektricitetsværker efter Jævnstrømssystemet, idet eventuelle fremtidige Udvidelser af disse Værker foretages derigennem, at der opstilles roterende Omformere, ved Hjælp af hvilke den fra Gudenaacentralen købte Vekselstrøm omformes til Jævnstrøm. Under denne Afdeling falder særlig Viborg og Randers.

4) Fabrikker, Teglværker og andre lignende større Kraftforbrugere saavel i Købstæderne som paa Landet, som ikke kan forsynes fra de under 1), 2) og 3) omhandlede Lavspændingsnet, men for hvis Forsyning, der maa etableres særlige Transformatorstationer.

5) En Fællescentral for Aarhus og Opland, som forudsættes at købe Elektricitet af Gudenaacentralen og fordele den dels til Drift af Omformere i Aarhus Elektricitetsværk, dels til Landsbyer, Stationsbyer, Købstæder og større Kraftforbrugere i Aarhus Omegn, idet Fællescentralen opkræver Betalingen enten direkte hos Forbrugerne eller paa samme Maade som i Gudenaacentralens Opland hos Kommunerne eller Andelsselskaber. De store Kraftforbrugere i Aarhus forudsættes forsynede direkte fra Gudenaacentralen.

Anlæget af en særlig Kraftstation ved Aarhus kan paa denne Maade udskydes noget, indtil Forbruget overstiger, hvad Gudenaacentralen kan levere, og naar dette Tidspunkt er naaet, tænkes Kraftaftagningen fra Gudenaacentralen kombineret med en Produktion i en egen Kraftstation af tilsvarende mindre Størrelse.

Da hele Foretagendets Rentabilitet i høj Grad vil være afhængig af Forbrugets Størrelse, er der foretaget en nærmere Undersøgelse af, hvor store Elektricitetsmængder de ovenfor nævnte Forbrugere kan forudsættes at faa Brug for i Løbet af ca. 5—10 Aar efter Driftens Aabning. Særlig Vægt er der lagt paa at undersøge Muligheden for Tilslutning af Fabrikker og andre større Kraftforbrugere, idet det for at opnaa en Udnyttelse af de disponible Energimængder vil være nødvendigt, i langt højere Grad end det hidtil her i Landet har været Tilfældet, at inddrage Oplandets Industri under Elektricitetsforsyningen, ligesom der paa den anden Side ved Etableringen af et Vandkraftanlæg som det her omhandlede aabnes Mulighed for at skaffe den stedlige Industri elektrisk Drivkraft til Priser, der ligger langt under, hvad andre Elektricitetsværker kan byde.

Tariffer. Forbrugets Størrelse vil selvfølgelig i høj Grad afhænge af de Tariffer, efter hvilke Salget af Elektriciteten finder Sted. I Overensstemmelse med de andetsteds indhøstede Erfaringer er der nu for hver af de ovennævnte Arter af Forbrugere opstillet særlige Tariffer, som er lagt saaledes, at der bydes Forbrugerne økonomisk Fordel ved at tage deres Elektricitetsforsyning fra Gudenaacentralen fremfor selv at producere deres Elektricitet eller benytte mekanisk Drivkraft. For Fabrikkernes Vedkommende kommer da hertil yderligere de ved Indførelsen af den elektriske Drift opnaaede indirekte Fordele.

Ved en Række indgaaende Beregninger er det nærmere paavist, hvilke Besparelser der kan opnaas for de forskellige Arter af Forbrugere, og Resultaterne er grafisk fremstillede paa Fig 13—21.

Endelig er der paa Basis af de nævnte Tariffer og det Forbrug, som kan paaregnes i gunstigt Tilfælde ca. 5 Aar og i ugunstigt Tilfælde ca. 10 Aar efter Driftens Aabning, opstillet en Rentabilitetsberegning, som viser, at der til Trods for de lave Priser, til hvilke Elektriciteten forudsættes solgt, dog kan paaregnes en Forrentning af Anlægskapitalen paa ca. $6^1/_2$ pCt. I denne Forbindelse maa det udtrykkelig fremhæves, at Kraftanlæget ved det til Grund for Rentabilitetsberegningen lagte Forbrug endnu ikke er fuldt udnyttet, og at en eventuel Forøgelse af Indtægterne ved et yderligere Salg af Elektricitet omtrent direkte vil forøge Overskudet med samme Beløb, idet saavel Driftsudgifterne, som Anlægskapitalen forbliver saa godt som uforandrede ved en forøget Produktion. **Rentabilitetsberegning.**

Paa den anden Side vil en mindre Udnyttelse af Anlæget end paaregnet paavirke Rentabiliteten forholdsvis stærkt i ugunstig Retning, og det maa derfor forudses, at Anlæget ikke straks vil kunne bære sig i de første Aar. En Del vil der dog kunne bødes herpaa ved at udsætte Udførelsen af forskellige Dele af Anlæget, indtil de nødvendiggøres af Forbruget. Dette gælder ikke alene Ledningsanlæget, men ogsaa Kraftstationen, f. Eks. vil Opstilling af et af Turbineaggregaterne, eventuelt ogsaa Reservekraftanlæget kunne udskydes, og det samme gælder Reguleringsarbejderne neden for Silkeborg Langsø samt Uddybningen af Gudenaaen nedenfor Kraftstationen. Da det imidlertid paa det nuværende Stadium, forinden der er optaget Forhandlinger med de forskellige Arter af Forbrugere, er umuligt at danne sig et begrundet Skøn over, hvorledes Udviklingen vil foregaa, har man maattet se bort fra at opstille en Rentabilitetsberegning for en svagere Udnyttelse af Anlæget, end den i det detaillerede Projekt paaregnede.

Af det her fremsatte følger, at det vil være af væsentlig Betydning for Rentabiliteten at søge en saa stærk Tilslutning til Anlæget som mulig straks fra Begyndelsen af, og at der derfor paa et saa tidligt Tidspunkt som gørligt bør optages Forhandling med de større Forbrugere, som kan tænkes at ville slutte sig til Anlæget, for ikke at risikere, at deres Tilslutning umuliggøres ved andre Dispositioner. I Tilfælde hvor saadanne Forbrugere ikke mener at kunne afvente Fuldførelsen af Gudenaacentralen, vil det eventuelt være formaalstjenligt at etablere provisoriske Anlæg, baserede paa en senere Tilslutning til Vandkraftanlæget. Af Hensyn til at Ledningsanlæget vil kunne udføres væsentlig hurtigere end Kanalarbejderne, kan der muligvis ogsaa blive Tale om Etablering af en provisorisk Dampkraftstation ved Tange, som besørger Forsyningen, indtil Vandbygningsarbejderne er fuldførte.

Den gennem Udarbejdelsen af det foreliggende Projekt foretagne Undersøgelse har vist, at der ved en Udnyttelse af Gudenaaens Vandmasser i et Kraftanlæg kan indvindes elektrisk Energi i saa store Mængder, at hele Oplandets Elektricitetsforbrug, indtil videre vil kunne dækkes herigennem, samt at det vil være muligt, samtidig med en rigelig Forrentning af den anvendte Anlægskapital, at levere Elektriciteten til Priser, der ligger væsentlig under, hvad der kan opnaas paa anden Maade.

Etableringen af et saadant Anlæg vil derfor uden Tvivl kunne faa vidtrækkende Betydning for Udviklingen i den paagældende Del af Landet og særlig virke fremmende for den stedlige Industri, idet dels de forhaandenværende Fabrikker vil opnaa gunstigere Fabrikationsforhold, dels ny industrielle Virksomheder vil opstaa, som straks fra Begyndelsen af kan basere sig paa fuldt ud at udnytte de særlige Fordele, som Vandkraftanlæget kan byde dem.

Ogsaa for Oplandets Landbrug vil Anlæget være til stor Fordel, idet der paa denne Maade vil kunne etableres Elektricitetsforsyning til billige Priser i en Række Landsbyer, som ellers paa Grund af deres spredte Beliggenhed vil være afskaarne fra at faa Del i dette store Gode.

Af mere almindelige Synspunkter skal fremhæves, at Udnyttelsen af den i Gudenaaen indeholdte Vandkraft vil træde i Stedet for en aarlig Indførsel fra Udlandet af Kul og Dieselmotorolie til et Beløb af ca. 150 000 Kr. ved de nuværende Priser paa disse Brændselsmaterialier, og at dette Beløb vil forøges i Tilfælde af en Stigning af disse Priser, en Mulighed med hvilken der i høj Grad maa regnes, navnlig for Dieselmotoroliens Vedkommende.

I denne Forbindelse maa det endvidere fremhæves, at en meget væsentlig Del af Anlægsudgifterne vil medgaa til Udførelse af Arbejder her i Landet og derfor vil komme danske Arbejdere og dansk Industri til Gode.

I August 1910.

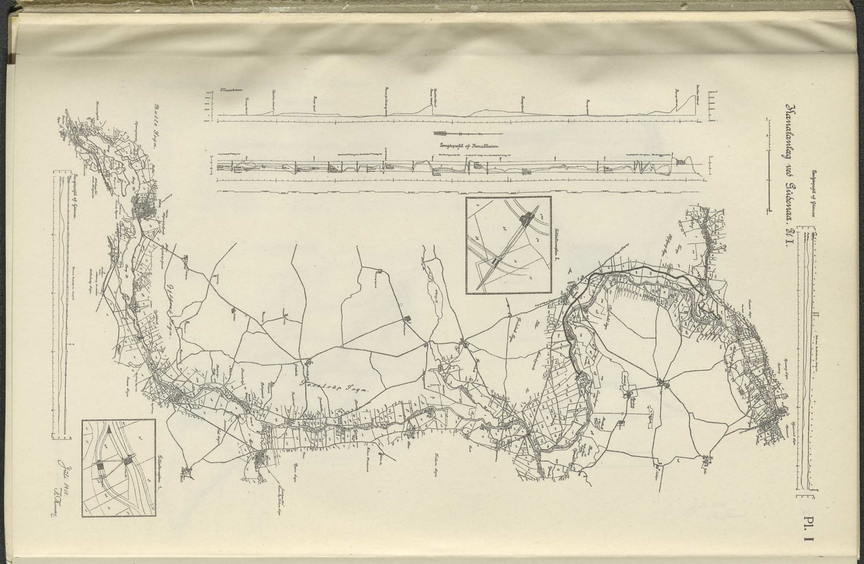
S. A. Faber. **Kr. Thomsen.**

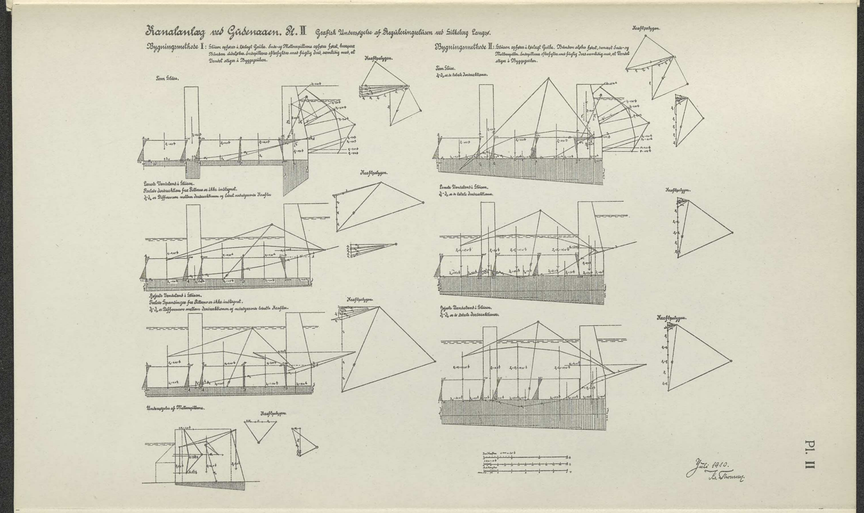
Fortegnelse over Figurer, Planer og Bilag.

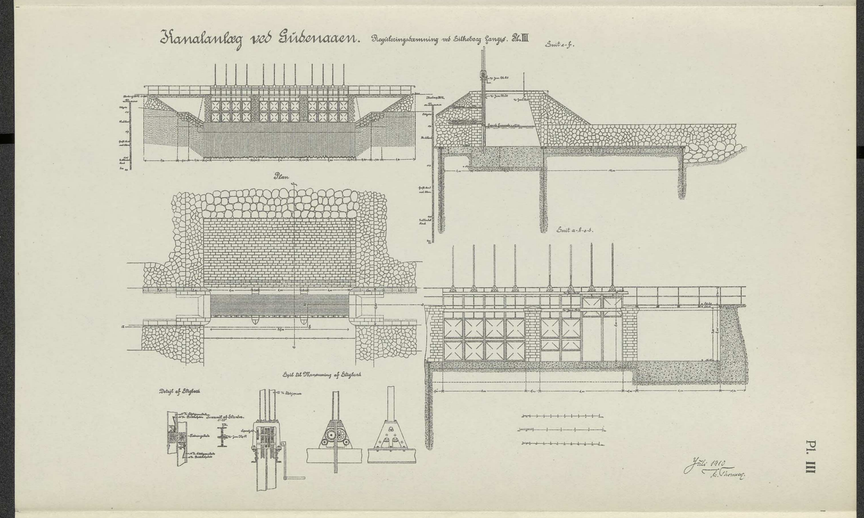
Fig. 1. Oversigtskort for Kanalanlæget.
— 2. Oplandskort.
— 3. Afstrømningskurve.
— 4. Vandføring i Gudenaa 1908—09.
— 5. — - — 1878—1909.
— 6. Længdeprofil af Kanalen ved forskellig Vandføring.
— 7. Kanalens Vandføring.
— 8. Minimal- og Gennemsnitsvandføring.
— 9. Kurver for Maksimalbelastning.
— 10. — - — med Dampreserve.
— 11. — - Minimalbelastning.
— 12. Oversigtsplan for Ledningsnettet.
— 13. Overskud ved Elektricitetsforsyning i Smaabyer.
— 14. Udgifter ved Elektricitetsforsyning i Silkeborg.
— 15. — - — - Viborg.
— 16. — - — - Randers.
— 17. — - — - Aarhus.
— 18 & 19. Udgifter ved Dieselmotoranlæg hos større Kraftforbrugere.
— 20 & 21. — - — og elektrisk Drift.

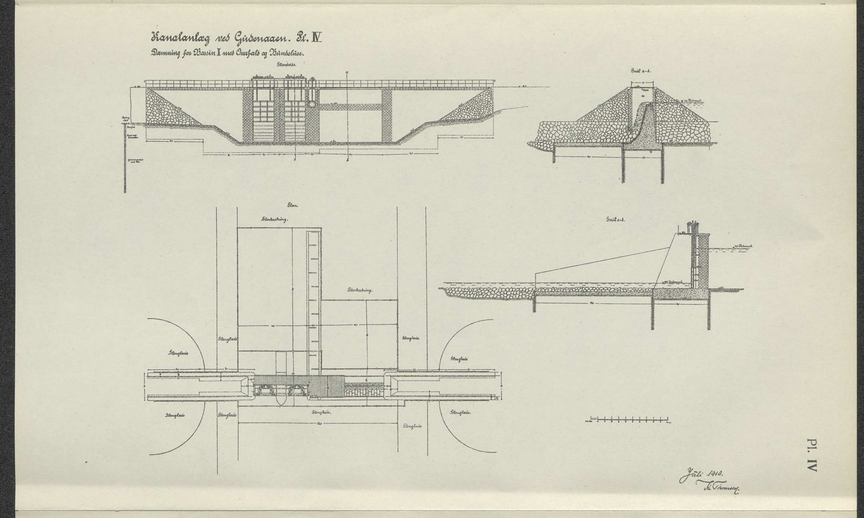
Plan I. Kort over Gudenaa med nærmeste Omgivelser.
— II & III. Reguleringssluse ved Silkeborg Langsø.
— IV & V. Opstemningsdæmning for Bassin I.
— VI. Lukkesluse for Hovedkanalen.
— VII. Broer og Underløb.
— VIII. Grundsluse i Hovedkanalen.
— IX. Opstemningsdæmning for Bassin II.
— X. Oversigtsplan for Bassin II.
— XI. Situationsplan for Kraftstationen samt Funktionærboliger.
— XII & XIII. Kraftstationen.
— XIV & XV. Fordelingsanlæg i Kraftstationen.
— XVI. Ledningsmaster.
— XVII, XVIII & XIX. Transformatorstation $^{20\,000}/_{10\,000}$ og $^{10\,000}/_{380}$ Volt.
— XX. Transformatorstation $^{10\,000}/_{380}$ Volt med Overspændingssikringer.
— XXI. Transformatorstation $^{10\,000}/_{380}$ Volt uden Overspændingssikringer.
— XXII. Skibsfartssluse ved Silkeborg Langsø.

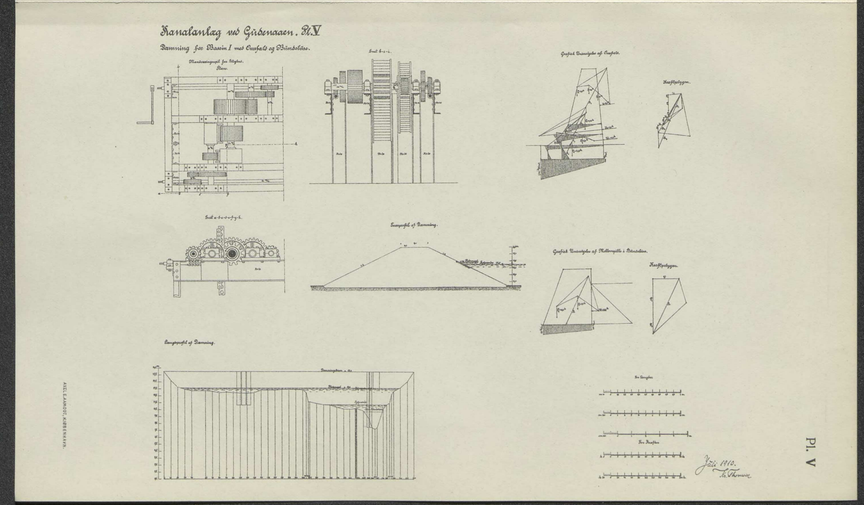
Bilag a. Reguleringssluse ved Silkeborg Langsø.
— b. Opstemningsdæmning og Bundsluse for Bassin I.
— c. Lukkesluse for Hovedkanalen.
— d. Grundsluse i Hovedkanalen.
— e. Overslag for Hovedkanalen med Bygværker.
— f. Grundsluse for Bassin II.
— g. Bro over Tangeaa-Dalen.
— h. Beregninger vedrørende Kraftstationen.
— i. Turbiner.
— j. Fordelingsanlæget i Kraftstationen.
— k. Fortegnelse over større Kraftforbrugere.
— l. Sammenstilling over større Kraftforbrugeres Elektricitetsforbrug.
— m. Beregninger angaaende Elektricitetsforsyning i Smaabyer.
— n. — — — - Silkeborg.
— o. — — — - Viborg.
— p. — — — - Randers.
— q. — — — - Aarhus.
— r. Beregninger angaaende Udgifter ved Dieselmotoranlæg og elektrisk Drift hos større Kraftforbrugere.
— s. Beregninger angaaende Fællescentral for Aarhus og Omegn.
— t. Overslag over Fordelingsanlæget i Kraftstationen.
— u. Overslag over Transformatorstationer.
— v. Sammenstilling over Elektricitetsforbrug i Smaabyer.
— w. — — — - Aarhus Omegn.
— x. Lønninger ved Driften.
— y. Skibsfartssluse ved Silkeborg Langsø.


Kanalanlæg ved Gudenaaen. Nr. I.
Pl. I


Kanalanlæg ved Gudenaaen. Nr. II
Pl. II

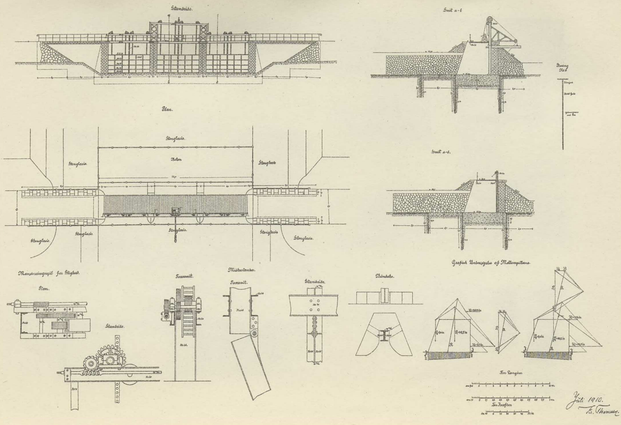

Kanalanlæg ved Gudenaaen.
Pl. III


Kanalanlæg ved Gudenaaen. Nr. IV
Pl. IV


Kanalanlæg ved Gudenaaen. Nr. V
Pl. V

Kanalanlæg ved Gødsmaaen. Pl. VI

Sluseanlæg.

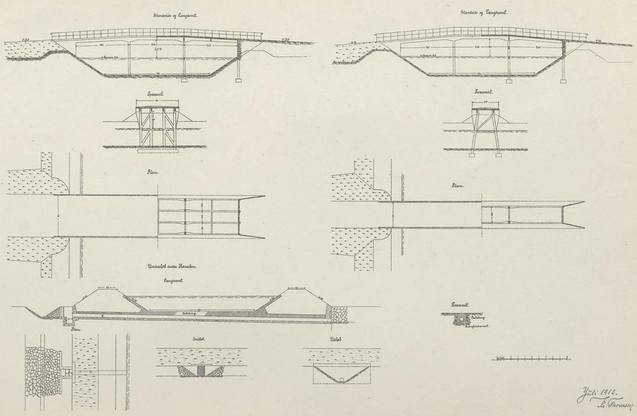


Pl. VI

Kanalanlæg ved Gødsmaaen. Pl. VII

Dige for Ombygning.

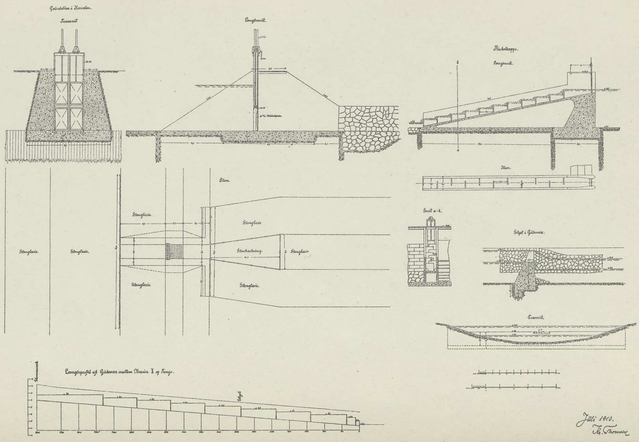
Dige for Nybygning.



Pl. VII

Kanalanlæg ved Gødsmaaen. Pl. VIII

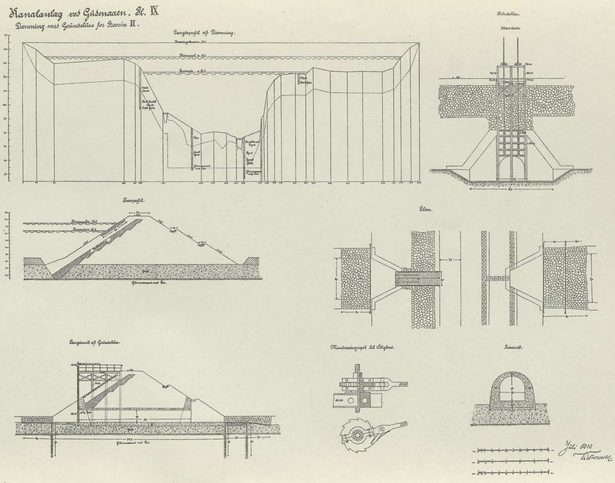
Cykelsluse i Kanalen.



Pl. VIII

Kanalanlæg ved Gødsmaaen. Pl. IX

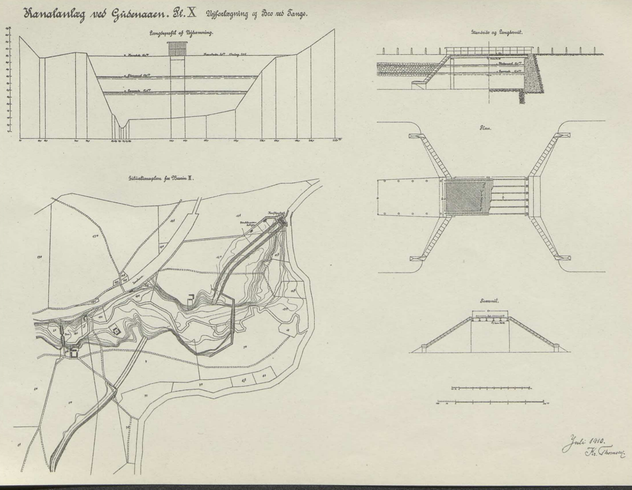
Dæmning ved Gødsmaaen for Station II.



Pl. IX

Kanalanlæg ved Gødsmaaen. Pl. X

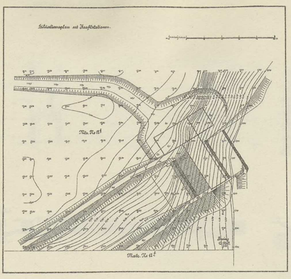
Afsætningen af Dige ved Sluse.

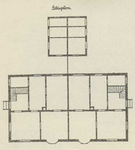


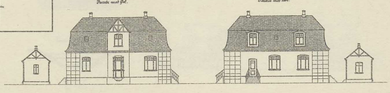
Pl. X

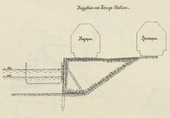
REELLANDET ARBEJDERSKOLE

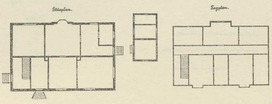
Kanalanlæg ved Gadenaaen. Pl. XI







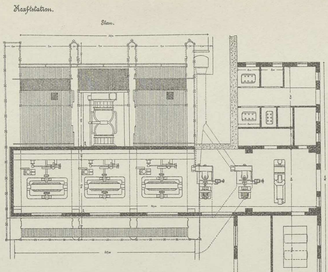


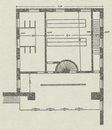


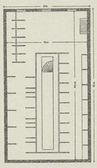
Pl. XI

Kraftanlæg ved Gadenaaen. Pl. XII

Kraftstation.



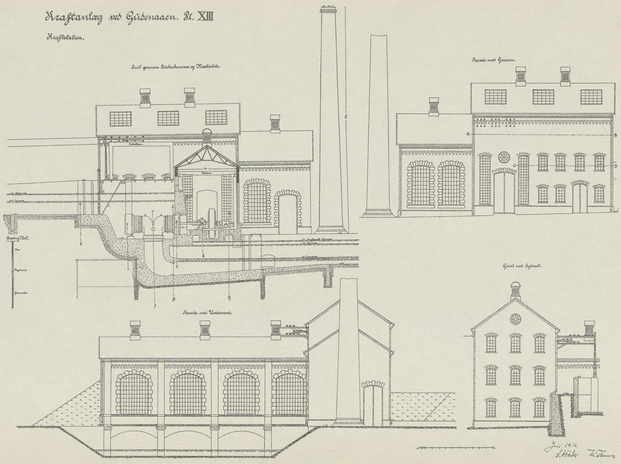




Pl. XII

Kraftanlæg ved Gadenaaen. Pl. XIII

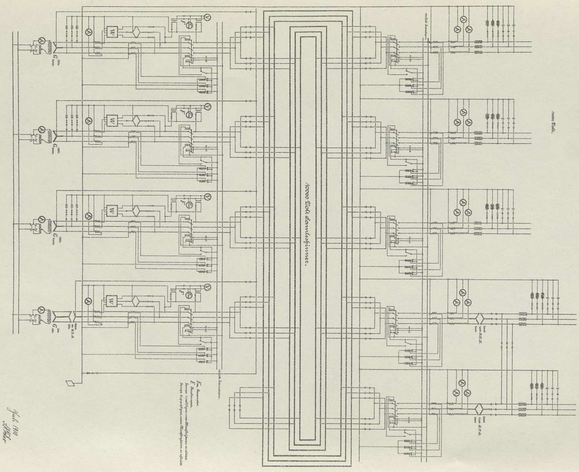
Kraftstation.



Pl. XIII

Skjæringsplan for Fordelingsanlæg

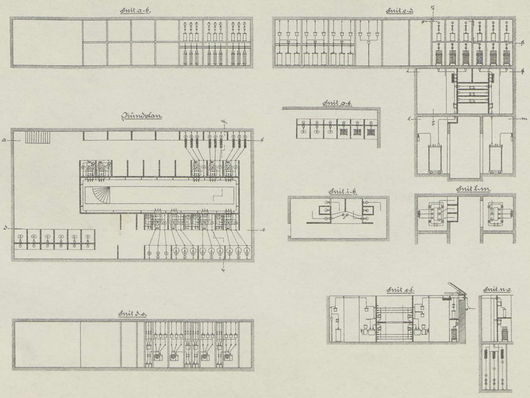
Kraftstationen ved Gadenaaen. Pl. XIV



Pl. XIV

Kraftanlæg ved Gudenaa. Pl. XV

Fordelingsanlæg



Pl. XV

AXEL LANGE, LITOGRAFIN

AXEL S. LARSEN, AARHUS