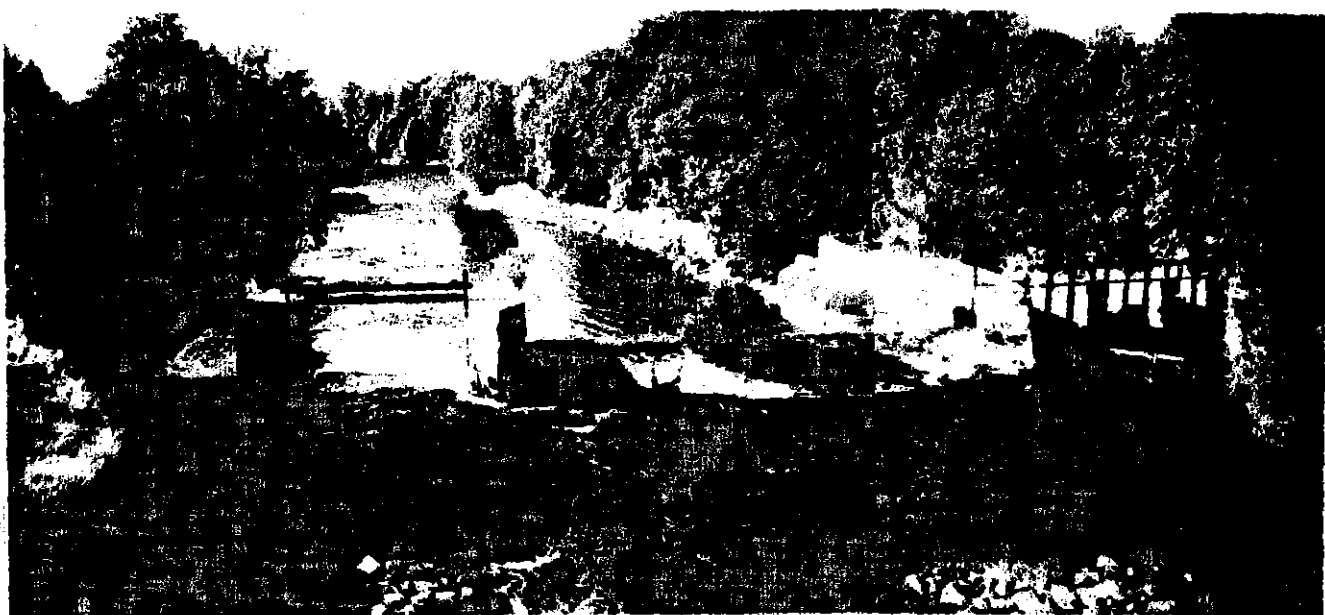


FALLET LEKVAD



Projektering av ett minikraftverk

av

Ulf Gejhammar

Bengt Zagerholm

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid.
SAMMANFATTNING	1
INLEDNING	2
1. ORIENTERING OCH MÅLSÄTTNING	3
1.1 Orientering	3
1.2 Målsättning	4
2. HÖJDSYSTEM	5
3. HYDROLOGI	6
3.1 Viskan allmänt	6
3.2 Lekvadsfallet allmänt	6
3.3 Sammanfattning hydrologi	7
3.4 Kommentar till histogram	7
3.5 Kommentar till log-normaldiagram	10
3.6 Kommentar till varaktighetsdiagram	10
3.7 Karakteristiska vattenföringar	10
4. FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ETT KRAFTVERK VID LEKVAD	15
4.1 Uppströms reglering	15
4.2 Utbyggnadsvattenföring	15
4.3 Fallhöjd	16
4.3.1 Grundvattenståndets inverkan på omgivande markers värde	18
4.3.2 Hänsyn till uppströms belägna kraftverk	24
4.4 Avbördning	25
4.4.1 Allmänt	25
4.4.2 Beräkning av utskovsluckornas maximala avbördningskapacitet	26
4.5 Vattenståndsvariationer	30
5. FÖRSLAG TILL UTFORMNING AV ANLÄGGNINGEN	31
5.1 Nuvarande anläggning	31
5.2 Utbyggnad	32
5.3 Inlopp	32
5.4 Maskinstation	34
5.4.1 Turbinval	34
5.4.2 Stationsbyggnad	37
5.4.3 Nivåkontroll	37
5.5 Avlopp	37

	sid.
5.6	Dammanläggning 38
5.6.1	Utformning av betongdamm 40
5.7	Spontning 41
5.8	Geotekniska förhållanden 41
5.9	Erosion 42
6.	ANLÄGGNINGSKOSTNADER 44
7.	FISKE 50
8.	UTVÄRDERING 51
8.1	Effekt 51
8.2	Energi 52
8.3	Anläggningskostnader och årliga kostnader 56
8.4	Bidrag 56
8.5	Jämförelse av alt. 1 och 2. 57
9.	SLUTKOMMENTAR 58
	Lista över tagna kontakter 59
	Litteraturförteckning 60
	BILAGOR
	Bilaga 1. Ekonomisk karta
	Bilaga 2. Ritningar
	Bilaga 3. Längdsektion och tvärsektioner

Förord

Föreliggande undersökning är gjord på uppdrag av Viskans Kraftaktiebolag och utfört som examensarbete vid institutionen för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet har till större delen utförts under höstterminen 1979. Som handledare har fungerat universitetslektor Steffen Häggström. På Viskans Kraftaktiebolag har vår kontaktman varit överingenjör Holger Fredriksson,

Vi vill tacka ovan nämnda för all hjälp. Dessutom vill vi rikta ett tack till personal på SMHI i Norrköping, som försett oss med all tänkbar hydrologisk statistik, samt Ann-Marie Holmdahl på institutionen för vattenbyggnad för renskrivningen av detta examensarbete.

Göteborg 1980-04-15

Ulf Gejhammar

Bengt Zagerholm

SAMMANFATTNING

Examensarbetet undersöker möjligheten till en restaurering-nybyggnad av den gamla kraftverksanläggningen i Lekvad. Utredningen är gjord dels med vissa fältmätningar, dels som beräkningar och utvärderingar av insamlat material. Den uttagbara effekten varierar mellan 500 och 1000 kW. Detta beror på att fallhöjden, som är 3,2 m vid $30 \text{ m}^3/\text{s}$, varierar med flödet. Utbyggnadsvattenföringen ligger på 30 alternativt $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Den energi som kan produceras är cirka 4 GWh/år, vilket skulle medföra en specifik anläggningskostnad på 1,63 resp. 1,73 kr/kWh beroende på vilket alternativ som väljes, då den totala anl.kostnaden ligger på 6,3 resp. 7,3 milj.kr. Motsvarande siffror för effekten blir 8000 resp. 7500 kr/kW för en max. effekt som kan uppnås endast under 95 dagar/år. Med tanke på den väntade energiprisutvecklingen förordar vi i kapitel 8 det alternativ som medför en utbyggnadsvattenföring på $40 \text{ m}^3/\text{s}$ som ger ett bättre utnyttjande av tillgänglig vattenkraft. I dagsläget är det dock tveksamt om en utbyggnad är försvarbar.

INLEDNING

Tillvaratagandet av den krafttillgång som skulle kunna bli tillgänglig i små vattenkraftverk i anslutning till befintliga dammar eller i nyanläggningar har aktualiserats under senare år. Detta intresse har resulterat i att vattenkraftföreningen (VAST) tillsammans med Bofors-Nohab, Karlstads Mekaniska Werkstad och Asea har bedrivit ett standardiseringsarbete avseende anläggningarnas mekaniska och elektriska utrustning. Utvecklingsarbetet har bedrivits med inriktning dels på att minska kostnaderna för den maskinella och elektriska utrustningen dels på att sänka kostnaderna för tillsyn och drift genom automatisering och fjärrkontroll.

En inventering av den dolda energireserv som våra små vattendrag utgör har påvisat att det finns ca 1000 lägen, där ett minikraftverk kan ge ett tillskott till vår elenergiförsörjning. Av dessa 1000 lägen utnyttjas i dag ca 500. En renovering av dessa plus en utbyggnad av övriga kan ge en årlig elenergiproduktion på ca 2 TWh. Denna beräkning grundar sig på 1000 turbinaggregat med en genomsnittlig effekt på 500 kW per aggregat och 4000 timmars drifttid per år.

Då ovanstående inventering varit översiktlig kan man anta att 2 TWh ej är någon optimistisk bedömning utan snarare tvärtom. I sammanhanget kan nämnas att Sveriges totala elkonsumtion år 1977 var 90 TWh och vattenkraften svarade då för 54 TWh.

Ett minikraftverk av Lekvads storlek dvs en genomsnittlig effekt på ca 700 kW och en årlig energiproduktion på ca 4.0 GWh skulle med en genomsnittlig hushållsförbrukning av 6300 kWh per år och hushåll kunna klara elbehovet i ett litet samhälle med 2000 invånare.

Med det allmänna intresse som ovanstående väcker och med Viskans Kraftaktiebolags intresse för det speciella läget vid Lekvad som bakgrund har vi funnit att detta objekt utgör ett lämpligt examensarbete.

1. ORIENTERING OCH MÅLSÄTTNING

1.1 Orientering

I slutet av 1800-talet började man i Marks kommun bli intresserad av att utnyttja den vattenkraft som fanns tillgänglig i Viskan vid Lekvads kvarn, belägen ca 5 km sydväst Skene. Efter några års diskussioner och förhandlingar kom man år 1907 fram till en ansökan om en häradsdom angående dämningssgräns. Samma år, 1907, fick man av Marks häradsrätt tillstånd att uppföra en dammbyggnad och den dämningssgräns som fastslogs blev 99,4 m (vad beträffar höjdsystem, se kap. 2). För att få utnyttja denna gräns blev vissa smärre markinköp oundvikliga att göra, men då dessa ej var så betydande beslöt man att snarast börja bygga dammen och göra nödvändiga inlösen.

Efter några år stod anläggningen klar att tas i bruk. Kraftverket som hade en effekt på några hundra kW anslöts till det centrala nätet. På detta sätt drevs kraftverket fram till 30 jan. 1927, då ett extremt flöde på drygt $200 \text{ m}^3/\text{s}$ raserade större delen av anläggningen. Det som klarade sig ifrån förstörelsen var betongarbetena vid dammen, däremot blev de mekaniska delarna förstörda. Vad gäller maskinstationen klarade sig intag och avlopp bra, medan själva stationen ådrog sig betydande skador. Efter denna förstörelse låg det ej i någons intresse att restaurera verket, utan resterna fick vara kvar utan att några speciella åtgärder vidtogs.

Under 1930-talet tog Viskans Kraftaktiebolag över rätten till kraftutnyttjande och beställde en utredning om nybyggnad av Lekvadsfallet av Vattenbyggnadsbyrån i Stockholm. Utredningen blev färdig 1943 men gav ej tillräckligt positivt resultat för att byggnation skulle igångsättas. Som en följd av detta har intresset under ett antal år varit svalt.

Under de senaste åren har Viskans stora vattenflöde och fallhöjden vid Lekvad blivit aktualiserade. Detta dels genom stigande energipriser, men också genom den utveckling och det intresse som väckts för minikraftverk i Sverige. Med hänsyn till detta gjorde WP-system 1977 en översiktlig utredning av nyttan med en byggnation.

1.2 Målsättning

Med de nya rön som den senaste tidens intresse för minikraftverkens betydelse i Sverige har givit, har vi studerat situationen vid Lekvad. Vår målsättning har varit att utforma anläggningen så att bästa möjliga resultat uppnås med hänsyn till såväl ekonomiska som miljömässiga aspekter.

2. HÖJDSYSTEM

Det höjdsystem som nuvarande vattendom är relaterat till är definierat i en häradsdom från 1907 med följande innebörd: "Höjdsiffror hänföra sig till det jämförelseplan beläget på +100 m som är markerat på den i Viskan vid Lekvads gamla kvarn nära östra stranden kvarstående betongpelaren".

I ovanstående häradsdom gavs alltså tillstånd att dämna till +99,4. Men då fixpunkten på kvarnpelaren ej längre går att återfinna, har vi tyckt att det är lämpligt att hänföra alla höjder till Rikets allmänna kartverks system med ± 0 vid havsytan. Därför har vi utgått från en fix i Berghems stationshus på +35,02. Omvandlingen från det gamla till det nya höjdsystemet har vi gjort genom att jämföra höjder från VBB:s ritningar från 1943 med vår avvägning. På VBB:s ritningar finns nämligen höjder på kvarstående delar av Lekvads kraftverk angivna i det gamla höjdsystemet. Härvid har vi funnit att skillnaden är 82,34 m. Höjdangivelser finns i kap. 4 och 5.

3. HYDROLOGI

3.1 Viskan allmänt

Viskan, som i stort sett sträcker sig utmed linjen Varberg-Borås, har en längd av 135 km. Den upprinner ur sjön Tolken (226 m.ö.h.) och får under sin sträckning tillflöde från ett antal tillopp i det omgivande högländet, bland dessa märks främst Munkån, Häggån och Slottsån. Viskans fallprofil framgår av fig. 3:1.

Årsnederbörden ligger i medeltal på 840 mm/år och inom ett nederbördsområde som är 2200 km² stort. Detta ligger i huvudsak på sydvästslutningen av det sydsvenska högländet. Karaktären hos detta är en åt söder sluttande jämn urbergsslätt, sönderstyckad i platåer av ofta djupa dalgångar med brant stupande sidor, vilka utgör områdets dräneringsvägar. Viskans vattenområde kan sägas vara nederbördsrikt.

Vad sjöförekomen beträffar så får den betecknas som för svenska förhållanden normal, dvs en sjöprocent på ca 6 %.

Viskan har i regel en högvattenperiod från oktober till april och en motsvarande lågvattenperiod juni-augusti.

3.2 Lekvadsfallet allmänt

För att beräkna de hydrologiska faktorerna vid Lekvadsfallet har vi använt oss av statistik framtagen från mätstationen Åsbro. Värdet av statistiken härifrån är av mycket god art, då mätningar påbörjades redan 1/1 1909 och alltsedan dess finns fullvärdig statistik att tillgå. Åsbro är belägen 6,5 km från Viskans mynning och 37,1 km nedströms Lekvadsfallet. För att kunna använda mätresultaten från Åsbro, måste en omräkning göras med hänsyn till storleken på olika avrinningsområden. Då den specifika tillrinningen och nederbörden kan väntas likartad kan omräkningsfaktorn antas vara direkt proportionell mot avrinningsområdena. För Åsbro är detta 2158 km² och för Lekvadsområdet 1470. Detta ger oss omräkningsfaktorn 0,681 som har använts vid alla hydrologiska beräkningar.

Vad gäller vattenståndsvariationer finns även en pegel ca 200 m norr Lekvad. Denna används av Wärö bruk för att vid extrema lågvattenföringar

kunna avgöra om de kan släppa sitt spillvatten i normal omfattning. Denna statistik är ej lika omfattande och noggrann och vi har därför ansett dessa värden vara av ringa betydelse för våra undersökningar.

3.3 Sammanfattning hydrologi

HHQ	230	m ³ /s
MHQ	103	"
MQ	22,4	"
50 % var	18,5	"
75 % var	8,0	"
MLQ	2,7	"
LLQ	0,6	"
Avrinningsområde	1470	km ²
Sjöprocent	6,8	%
Fallhöjd	3-4	m

3.4 Kommentar till histogram

Då medelvattenföringen är bestämd på lång statistik (1909-1975) kan den antas tämligen tillförlitlig. För att få en uppfattning om eventuella variationer under senare år har vi valt att även studera statistik från åren 1957-1975. Resultatet visar dock att medelvattenföringen blir 22,4 m³/s i bägge fallen. Histogrammet visar också en klar årsvariation av flödena med hög- och lågvattenföringar i okt.-febr. respektive juni-aug. Ej heller detta har påvisat några märkbara förändringar under senare år (fig. 3:2).

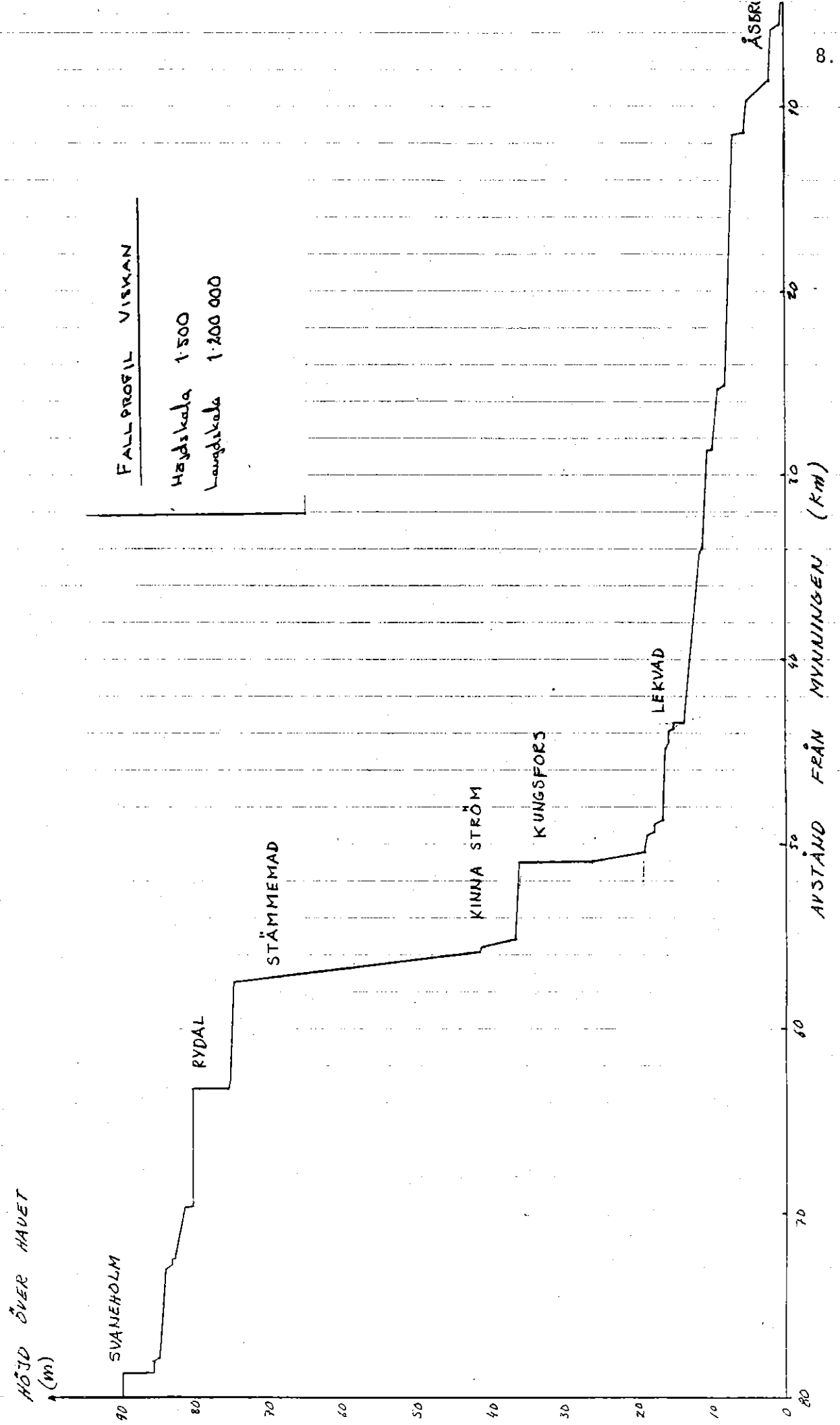


Fig. 3:1

HISTOGRAM MEDELVATTENFÖRNING

9.

FIG 3:2

$Q (m^3/s)$

1957-1975

30

20

10

MEDEL
VÄRDE
22,4

JAN FEB MARS APR MAJ JUNI JULI AUG SEP OKT NOV DEC

$Q (m^3/s)$

1909-1975

30

20

10

MEDEL
VÄRDE
22,4

JAN FEB MARS APR MAJ JUNI JULI AUG SEP OKT NOV DE

3.5 Kommentar till log-normaldiagram

För att få en god uppfattning om aktuella statistiska värden som gäller har vi använt oss av Weibulls formel och plottat ett antal värden för de olika månaderna samt en beräkning för maximala årsvärden. Det visar sig då att av de olika fördelningarna som föreskrivs stämmer log-normalfördelningen bäst in på våra förhållanden. I detta diagram utläses sannolikheten för att olika flöden skall överskridas. Tittar vi på högvattenperioden visar det sig att den farligaste tiden är jan-feb.

Om vi tittar på maximala värden och där studerar en 500-års flod får vi en vattenföring på ca $230 \text{ m}^3/\text{sek}$. Denna bör användas som högsta högvattenflöde och tagas hänsyn till vid dimensionering av dammkonstruktionen (fig. 3.3-5).

3.6 Kommentar till varaktighetsdiagram

Som tidigare nämnts har vi för att få fram flödesvärden använt oss av Åsbro mätstation. Vid framtagande av varaktighetsdiagram har vi använt oss av dygnsmedelvärden mellan åren 1958-76 (6940 dagar) och på så sätt fått ett gott statistiskt underlag till diagrammet. Varaktighetsdiagrammet har legat till grund för de effekt- och energiberäkningar som redovisas i kap. 8. (Fig. 3:6).

3.7 Karakteristiska vattenföringar

Vid framtagande av medelflöde vid såväl högvatten- som lågvattenföring har vi använt SMHI:s statistik från 1909-76. De framräknade medelvärdena är för högvatten $103 \text{ m}^3/\text{s}$ och för lågvatten $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Genom att studera tabellerna för flödena får man ett begrepp om minsta vattenföring. Denna kan väntas ligga mellan $0,5 - 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Dessa låga flöden är som tidigare nämnts starkt beroende av uppströms reglering.

LOG-NORMALFÖRDELNING

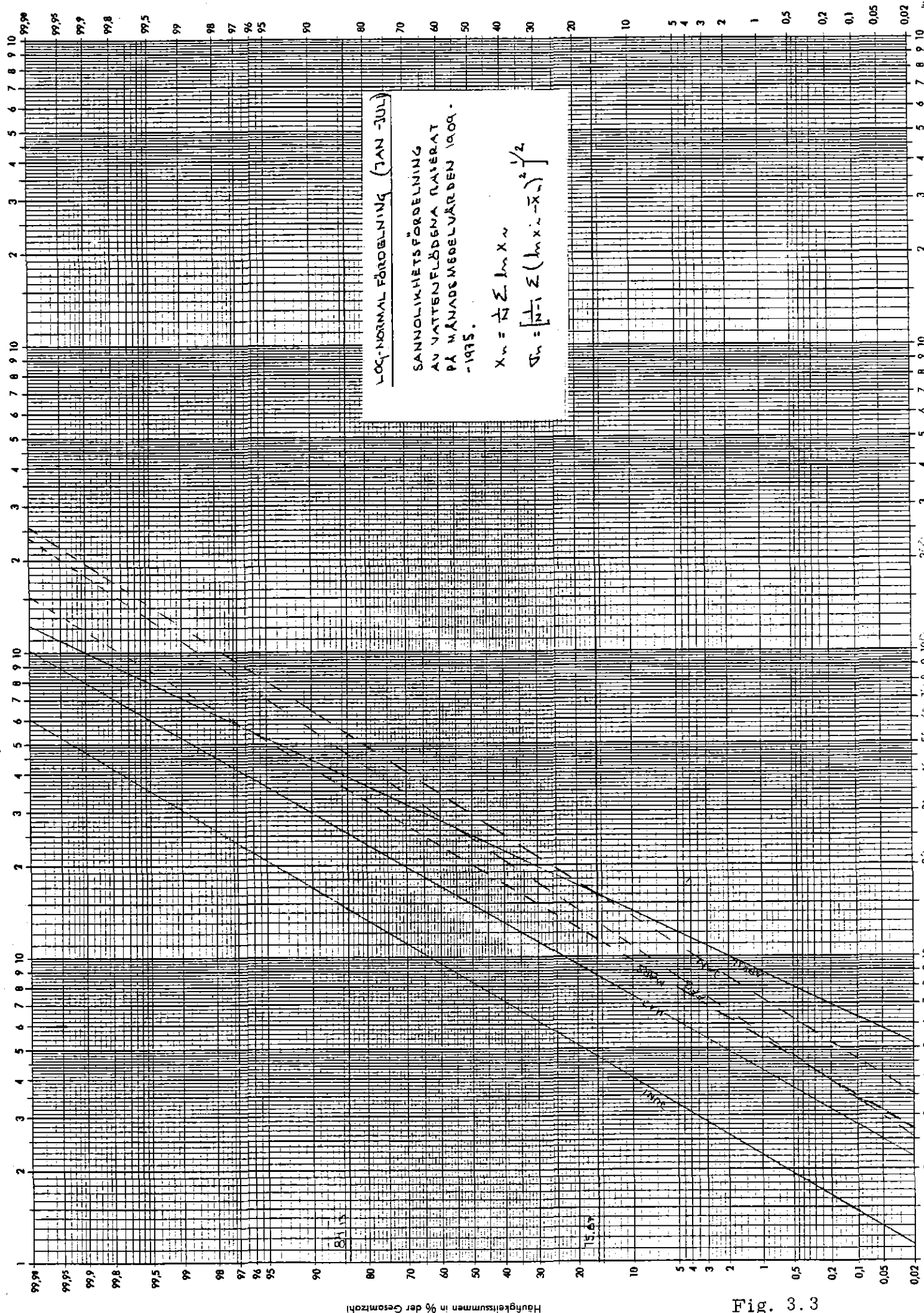


Fig. 3.3

LOG-NORMALFÖRDELNING

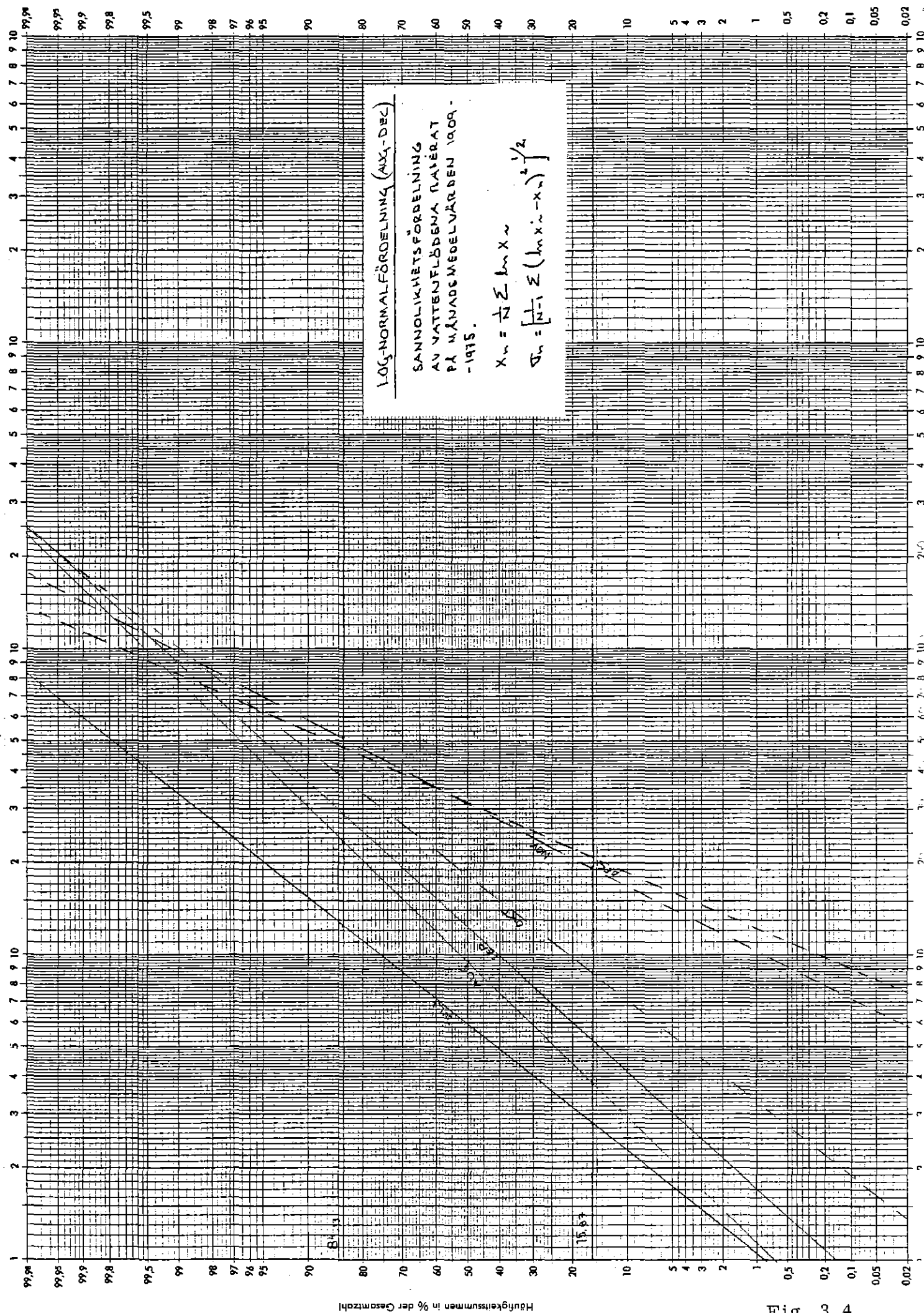
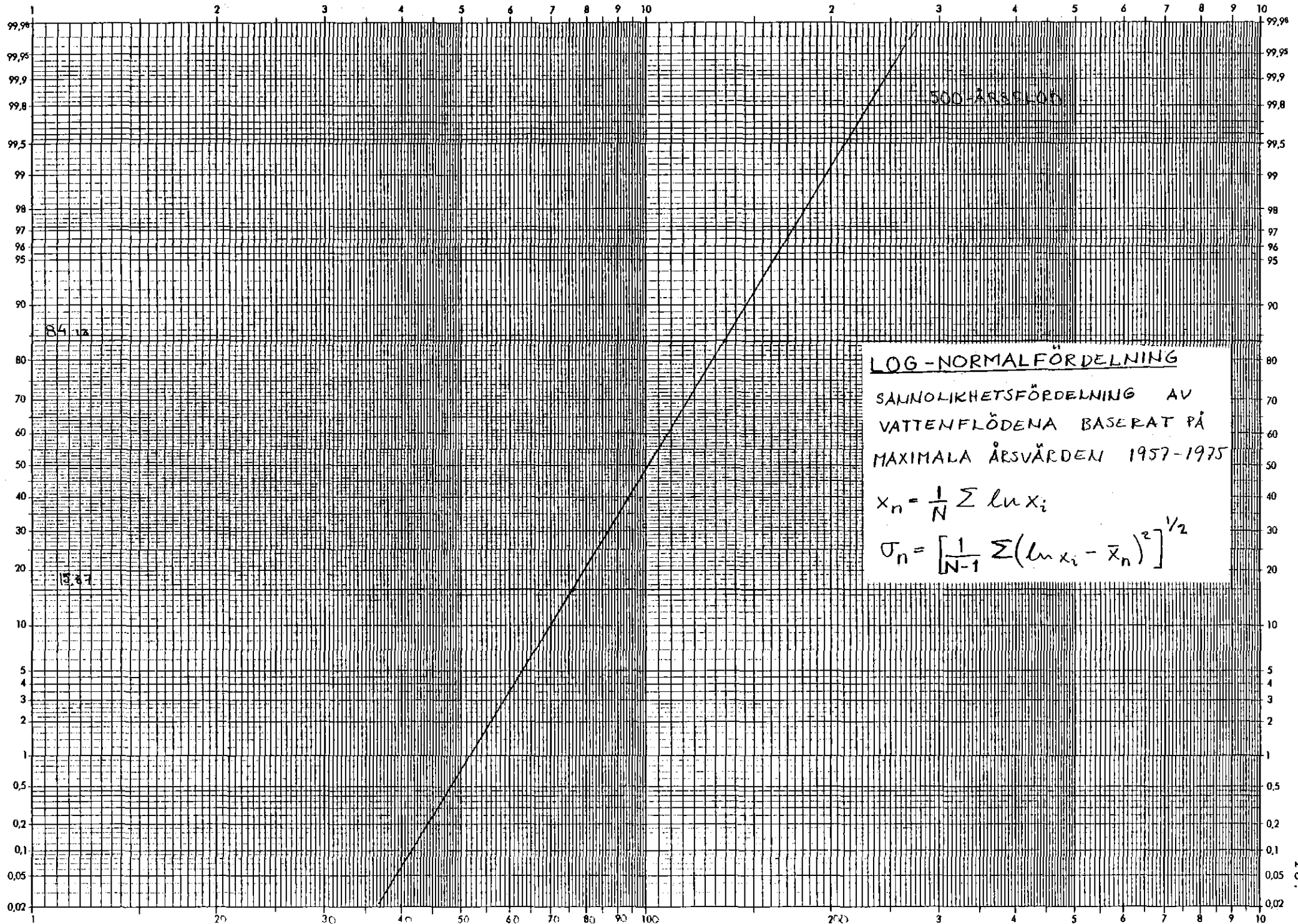


Fig. 3.4

LOG - NORMALFÖRDELNING

Häufigkeitssummen in % der Gesamtzahl



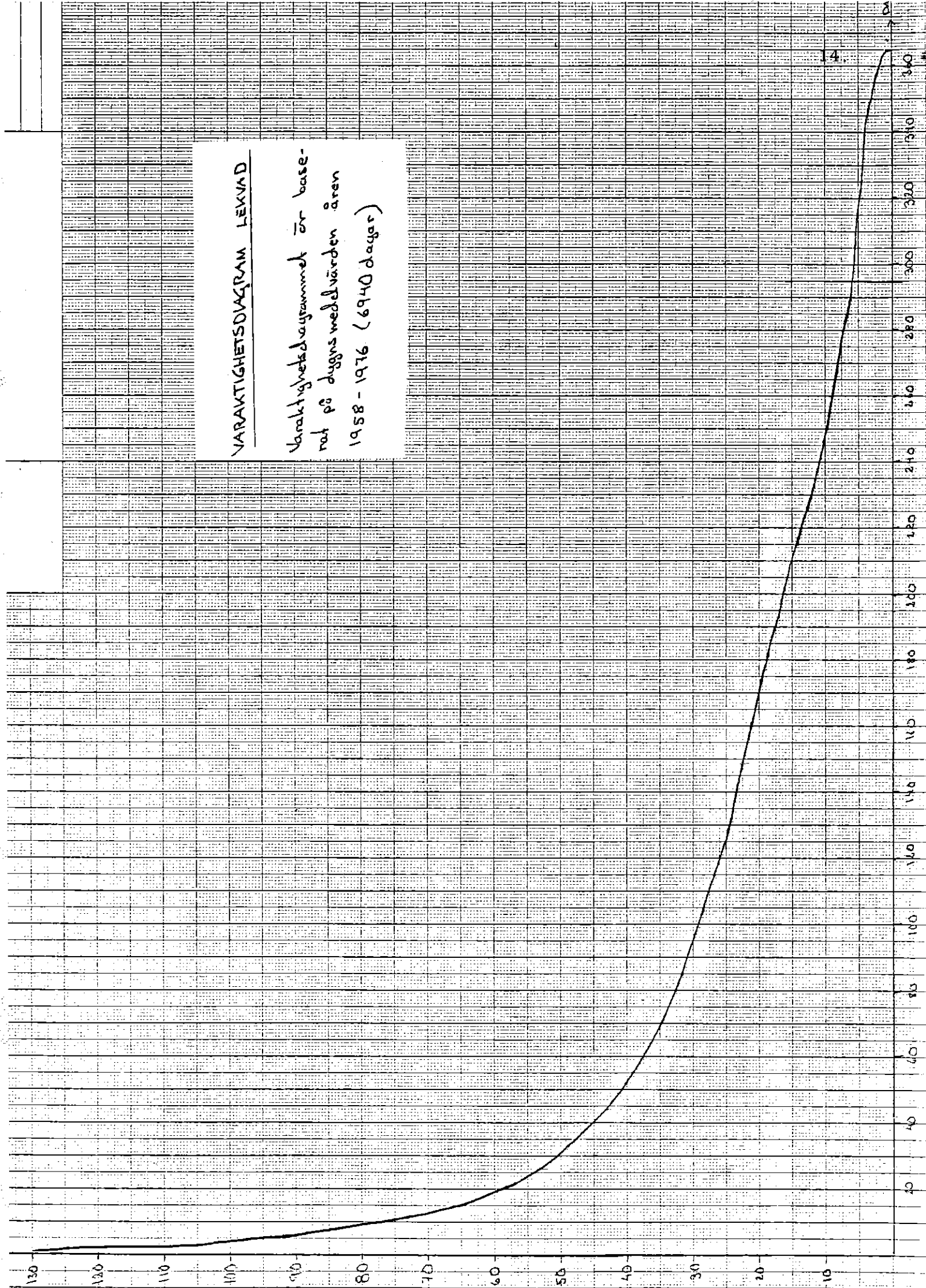


Fig. 3.6

4. FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ETT KRAFTVERK VID LEKVAD

Utöver de grundläggande förutsättningarna vattenflöde och fallhöjd är det framför allt två faktorer som har en avgörande betydelse för förutsättningarna för ett kraftverk vid Lekvad. Det är dels driften av de ovanför liggande kraftverken och dels kravet att avbördningen ej får försämrats med översvämningar som följd.

4.1 Uppströms reglering

Ca 6 km uppströms Lekvad är Kungsfors kraftstation belägen. Denna ingår i den dagkedja som utgörs av Viskans kraftaktiebolags kraftstationer från Rydal och nedåt. (En principskiss över uppströms förhållanden finns i fig. 4:1). Regleringsmagasinet som man använder sig av för att kunna tillämpa korttidsreglering är Stora Hålsjön. Korttidsregleringen innebär dygns-, vecko- och helgreglering.

Tidsförskjutningen mellan Kungsfors och Lekvad är ca 2 timmar. 1,7 km uppströms Lekvad mynnar Slottsån. I Slottsån finns två st. kraftverk, Haby och Hulta, vilka drives av Energiverken i Borås. Utbyggnadsvattenföringen för dessa är $21 \text{ m}^3/\text{s}$. Möjlighet till reglering finns i Öresjön och Tolken.

Uppströms Kungsfors mynnar Häggån. Vid sin mynning i Viskan har Häggån ett avrinningsområde på 326 km^2 , vilket vid normal medelvattenföring innebär ett flödestillskott på $5 \text{ m}^3/\text{s}$ till Viskan.

4.2 Utbyggnadsvattenföring

De faktorer som är avgörande för optimal utbyggnadsvattenföring är följande:

1. Olika flödens varaktighet (här är möjligheten till reglering helt avgörande)
2. Energins och effektens värde
3. Anläggningskostnaden

Med hänsyn till ovanstående faktorer och med anpassning till tillgängliga standarddimensioner på turbinerna har vi funnit att utbyggnadsvattenföringen

bör bli $30 \text{ m}^3/\text{s}$ eller $40 \text{ m}^3/\text{s}$, i båda fallen uppdelat på två turbiner.

Då kraftverken i Slottsån är utbyggda för $21 \text{ m}^3/\text{s}$ och Kungsfors för $24 \text{ m}^3/\text{s}$ kan det synas självklart att bygga ut Lekvad för minst $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dock köres kraftverken i Slottsån endast ca 2000 tim/år i medeltal, medan Kungsfors köres ca 4000 tim/år. Man kan emellertid förutsätta att kraftverken både i Slottsån och Viskan köres maximalt under vintertid, då belastningen på elnätet är stort och effektuttaget maximalt. Frågan är alltså om den högre effekt och den större årliga energiproduktionen som $40 \text{ m}^3/\text{s}$ ger kan kompensera den högre anläggningskostnaden jämfört med alternativet på $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Då denna fråga ej kan entydigt besvaras utreder vi bägge alternativen och gör en jämförelse i kap. 8.

4.3 Fallhöjd

Den dämningssgräns som gäller i dag fastslogs år 1907 i en häradsdom till +17,06 framför skibordet (angående höjdsystem se kap. 2). För en vattenföring på $30 \text{ m}^3/\text{s}$ motsvarar detta en fallhöjd på 3,2 m.

För att öka fallhöjden finns två alternativ, antingen genom att höja dämningssgränsen eller genom att muddra nedströms och på så vis sänka nedströms vattenyta.

Om en högre dämningssgräns ska kunna tillåtas måste man kunna garantera att nyttan av en höjd dämningssgräns vida överstiger de olägenheter den medför samt att berörda intressenter ställs skadeslösa. De faktorer som bestämmer högsta dämningssgräns är följande:

1. Den inverkan som grundvattenståndet har på omgivande markers värde.
2. Nedströms vattenstånd vid den 2 km uppströms Lekvad belägna kraftstationen Hulta.

Dessa båda faktorer behandlas mera ingående i 4:31 och 4:32. Innan driften kan återupptas vid Lekvad måste dämningssgränsen i vilket fall än en gång prövas i vattendomstolen.

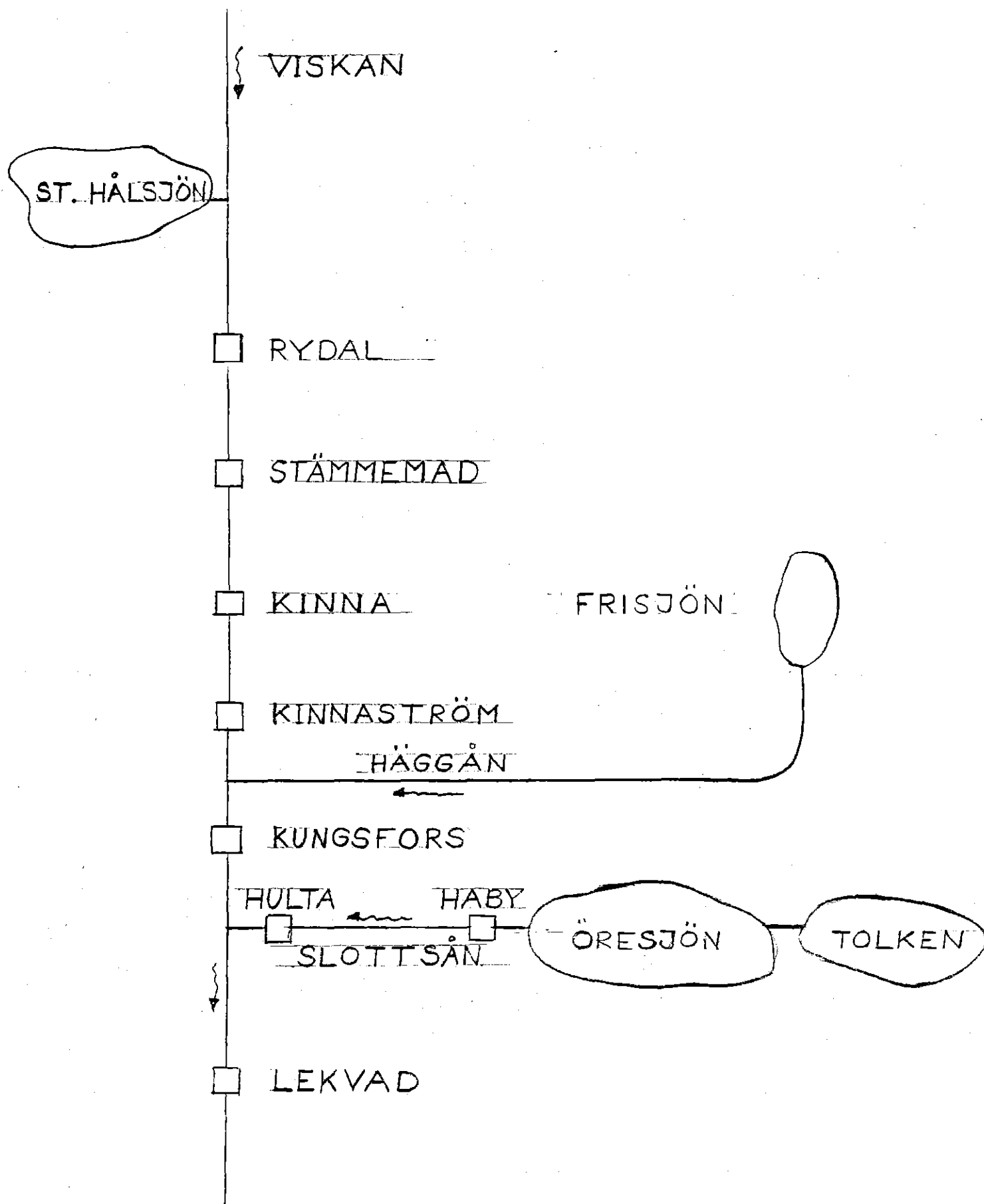


Fig. 4:1 Principskiss över uppströms förhållanden

Vad beträffar muddring kan man snabbt konstatera att någon fallhöjd ej står att vinna till rimliga kostnader. Detta beroende på att Viskan har en tämligen plan fallprofil under en lång sträcka nedströms Lekvad (se fig. 3:1).

4.3.1 Grundvattenståndets inverkan på omgivande markers värde

Om grundvattenytan under hela vegetationstiden står vid markytan kan jorden inte användas för odling. Marken har då inget värde för jordbruksändamål eller för skogsbruk. Ju lägre under markytan grundvattnet står, desto mer kan jorden avkasta intill det djup nåtts då s.k. fullständig torrläggning erhållits.

Markens relativa värde i förhållande till fullvärdet som funktion av torrlägningsgraden kan åskådliggöras med en s.k. graderingskurva (se fig. 4:6). Torrlägningsdjupet är för åker ungefär 1,1 m, för äng 0,8 m samt för skogsmark 0,5 m. P.g.a. att man i jordbruket använder tunga maskiner och redskap så innebär det i praktiken att en åker med mindre torrlägningsdjup än 40-50 cm under brukningstiden är att betrakta som icke brukningsbar.

Markskadeberäkningarna ska baseras på skillnaden i markvärde före och efter dämning. De områden som berörs är dels en åkerareal 100-350 m uppströms Lekvad (sekt 0/500 - 0/750) på ca 1 ha och dels en åkerareal 1300-1600 m uppströms Lekvad (sekt 1/700 - 2/000) på ca 2 ha. (Se bilaga 1). För övrigt kantas Viskan av branta stränder, där något rationellt jord- eller skogsbruk ej kan komma ifråga.

För att få en uppfattning om grundvattenytans läge och inverkan på aktuella områden i dag och vid en dämningssgräns på +17,06 har vi gjort ett antal diagram som följer i fig. 4:7 - 10.



Fig. 4:2 Berörd tomt sekt. 0/500-0/750 västra sidan



Fig. 4:3 Berörd tomt sekt. 0/500-0/750 västra sidan



Fig. 4:4 Berörd tomt 0/450 - 0/600 östra sidan



Fig. 4:5 Berörd tomt sektion 1/700 - 2/000

HÖJD ÖVER BESTÄMMANDE
GRUNDVATTENYTA
(m)

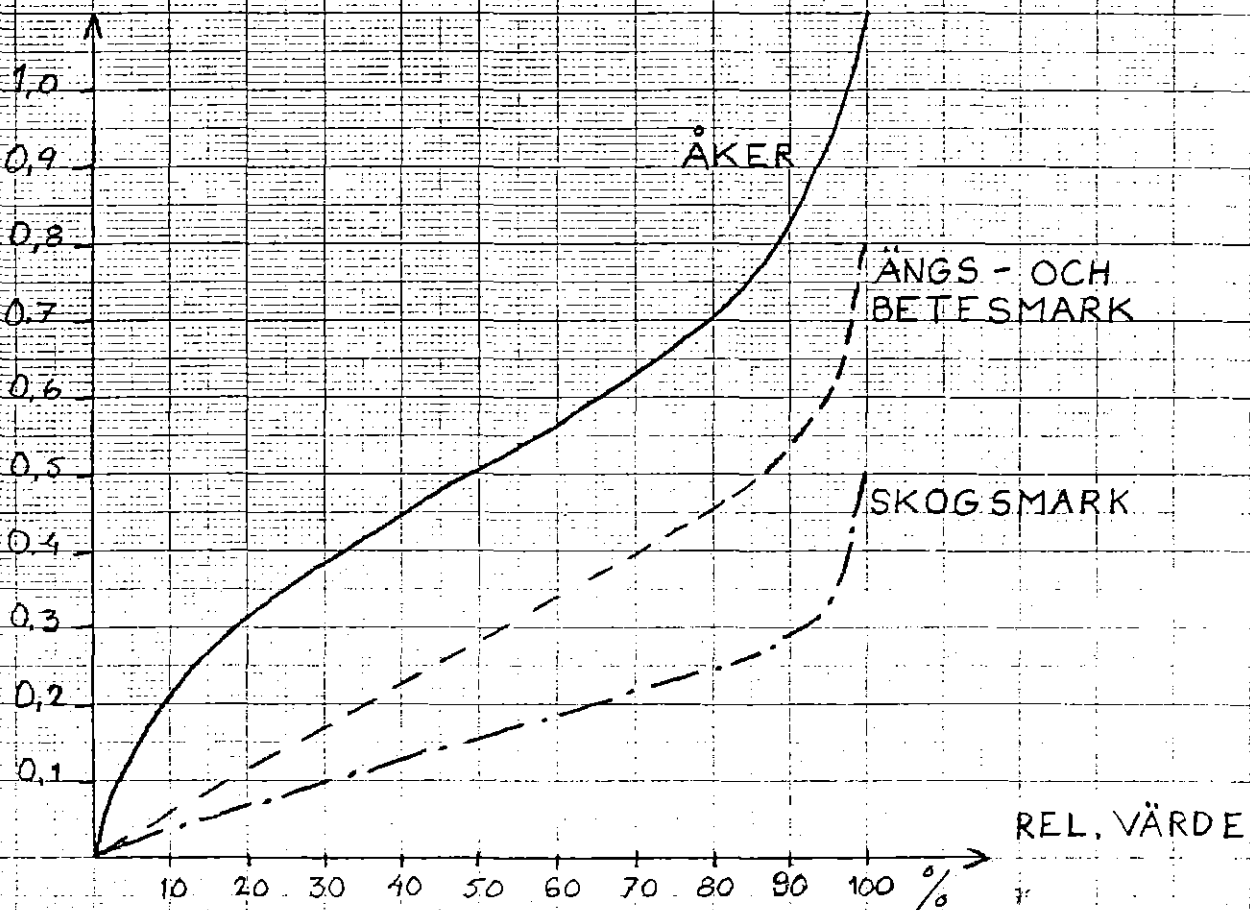


FIG. 4:6

GRUNDVATTENYTANS VARIATION MED FLÖDET

22.

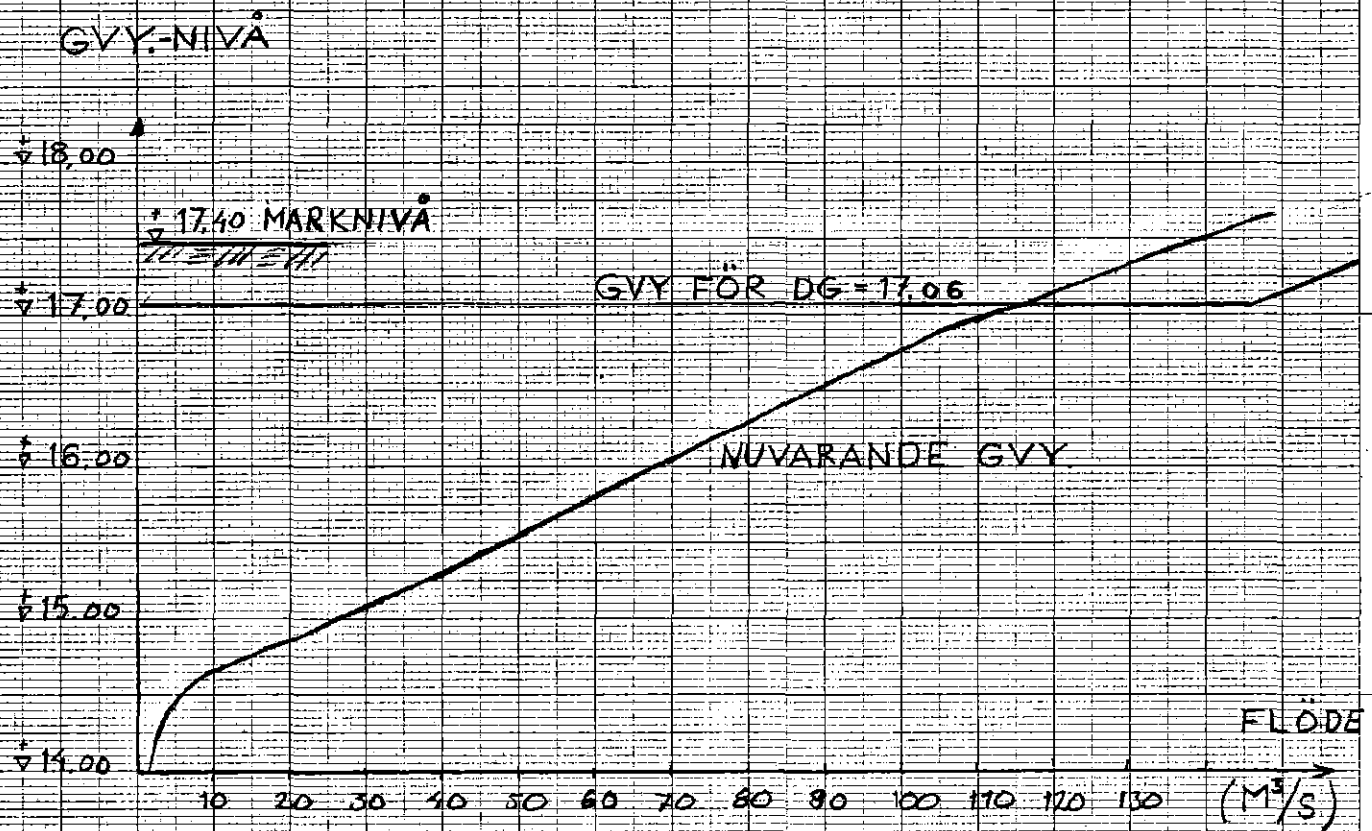


FIG. 4.7 SEKTION 0/600

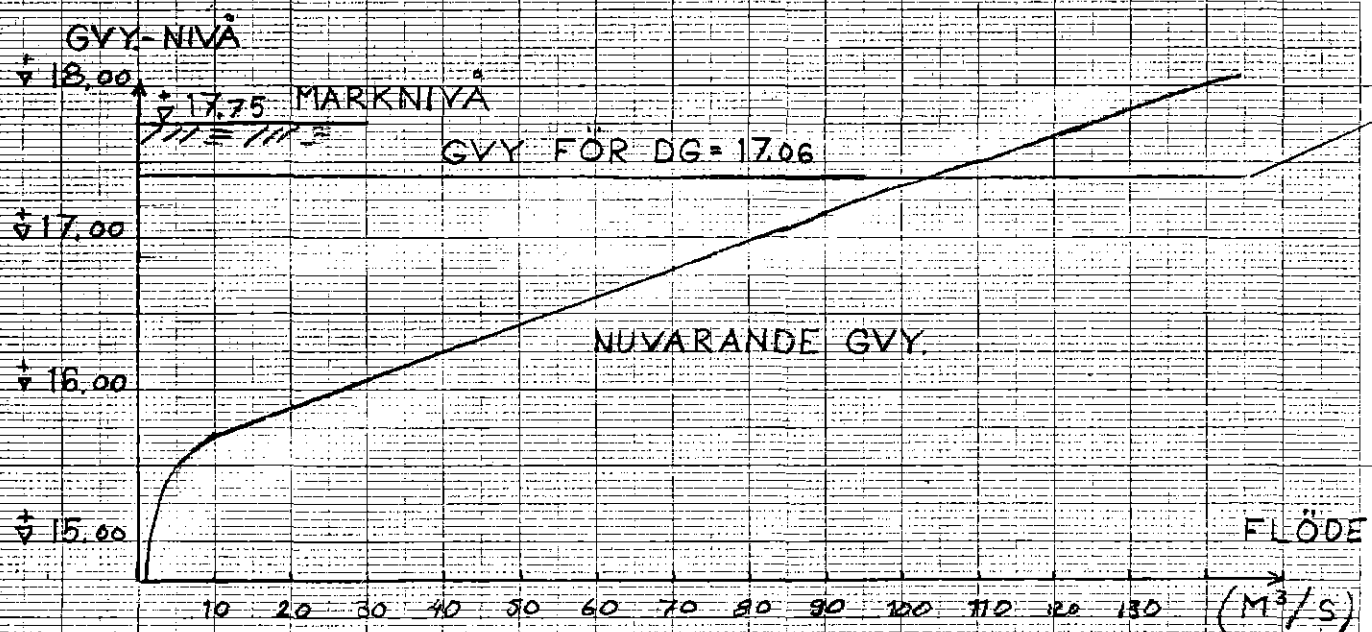
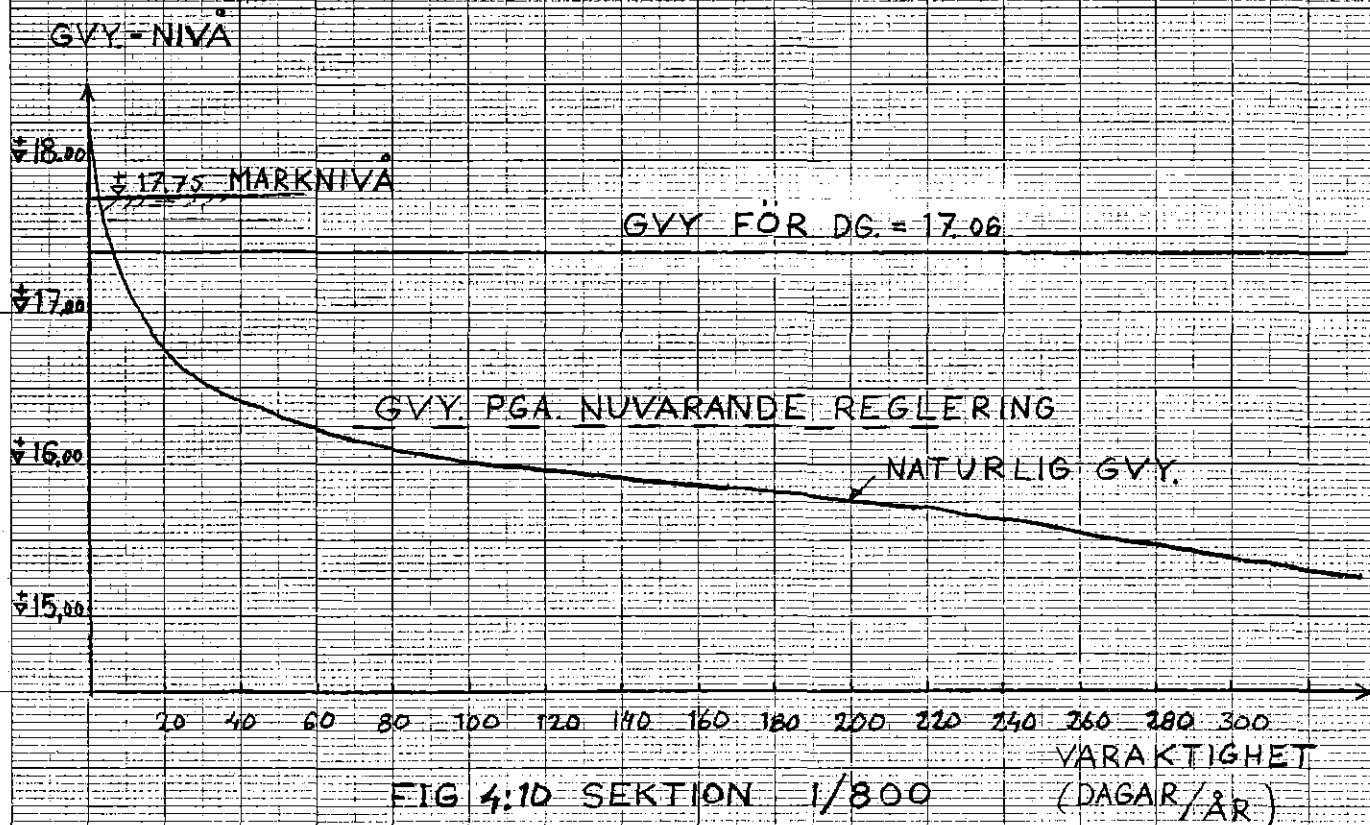
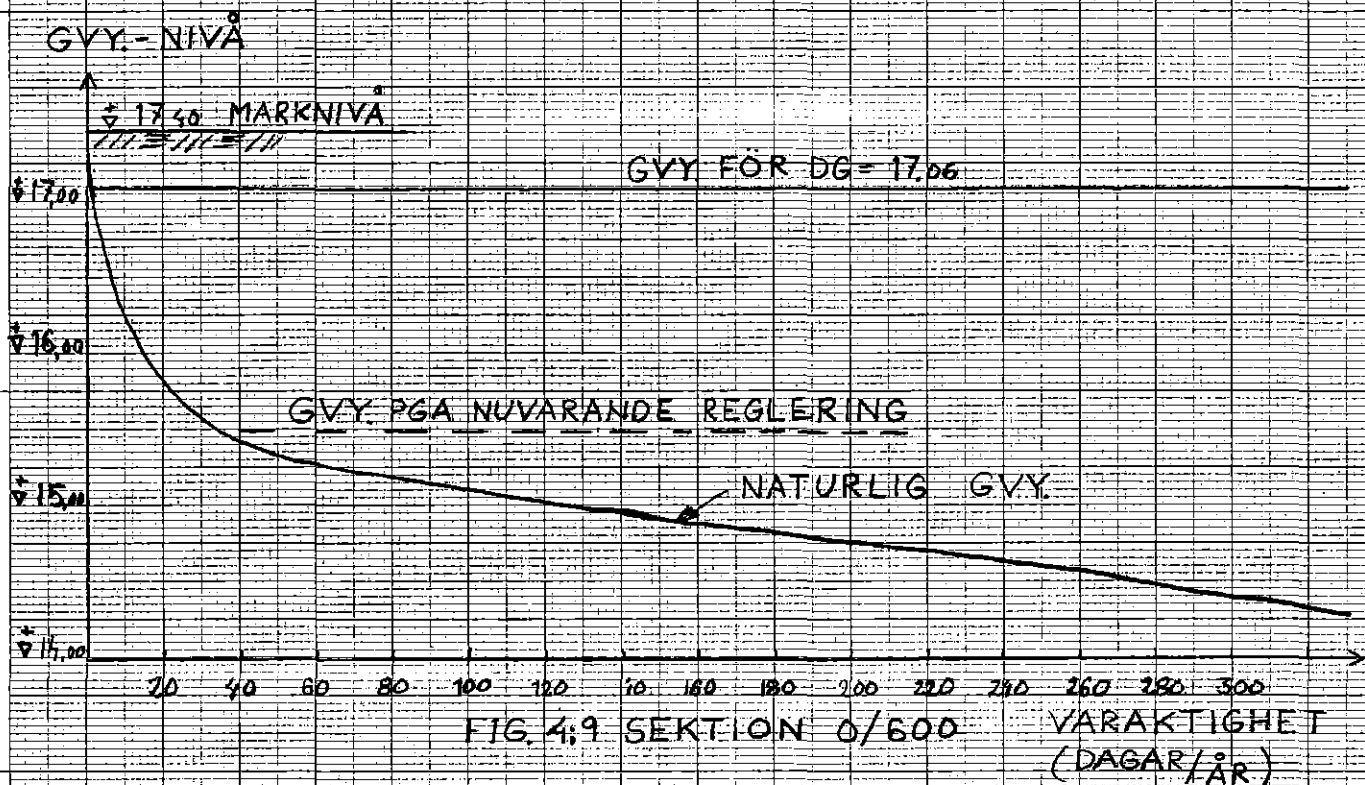


FIG. 4.8 SEKTION 1/800

VARAKTIGHETEN FÖR OLIKA GRUNDVATTENNIVÅER

23.



Kommentar

För åkerarealen vid sekt 0/500 - 0/750 innebär en dämningssgräns på +17.06 att åkern ej kan användas för något annat än betesmark. Vid sektion 0/750 finns en större kolonilott på ca 1000 m². Den odling som bedrivs här kommer att försvåras om vattenytan höjs till 17.06 = d. g.

För åkerarealen vid sekt. 1/700 - 2/000 innebär d. g. = 17.06 att största delen av åkern kan användas på oförändrat sätt som odlingsmark dock med reducerad avkastning.

Den exakta kostnaden för inlösen av ovanstående åkerarealer eller ersättning för lägre markvärde är svåra att uppskatta. Vår bedömning är dock att denna engångskostnad blir tämligen liten i det totala sammanhanget.

Inom ramen för detta examensarbete har vi ej kunnat undersöka vilken effekt en dämning vid Lekvad skulle få på de åkerarealer som ligger högre uppströms än sektion 2/000. Vår bedömning är dock att dämningens inverkan ej skulle bli av betydande omfattning.

4.3.2 Hänsyn till uppströms belägna kraftverk

400 m från Slottsåns mynning i Viskan är Hulta kraftstation belägen. Vid utbyggnadsvattenföringen $Q_{\text{utb}} = 21 \text{ m}^3/\text{s}$ är nedströms vattenstånd där +17.75. En förutsättning för utbyggnad vid Lekvad är naturligtvis att dämningen ej påverkar fallhöjden vid Hulta. Sålunda måste skillnaden mellan nedströms vattenyta vid Hulta och dämningssgräns vid Lekvad minst vara lika med energiförlusterna mellan Hulta och Lekvad.

Energiförlustformeln vid kanalströmning är:

$$h_f = \frac{Q^2 \cdot L}{A^2 M^2 R^{4/3}}$$

För att få ett värde på Mannings tal har vi använt oss av de tvärsektioner som är redovisade i bilaga 3. Med hjälp av dessa har vi då fått fram värden på A = Arean och R = hydrauliska radien. Eftersom vattenhastigheten är ganska låg ($u < 1 \text{ m/s}$), dvs hastighetshöjdens betydelse för energinivån

ganska liten, har vi antagit att energilinjens lutning sammanfaller med vattenytans lutning. Den aktuella vattenföringen vid olika mättillfällen har vi fått uppgift på av respektive driftpersonal vid Kungsfors och Hulta. Dessa ansträngningar har upplyst oss om att Mannings tal varierar med en rad olika parametrar. En kombination av de mätvärden vi har erhållit och de erfarenhetsmässiga värden på Mannings tal som återfinns i litteraturen tyder på att $M=35$ är relevant för den typ av strömning som Viskan uppvisar.

Energiförlusten kommer vid aktuella vattenföringar ($30-40 \text{ m}^3/\text{s}$) att bli ca 0.5 m mellan Hulta och Lekvad. Detta medför en högsta tillåten dämpningsgräns på $+17.75 - 0.5 = 17.25$. Jämfört med d. g. $= 17.06$ som fastslogs år 1907 erbjuder detta ej någon betydande ökning av fallhöjden.

4.4 Avbördning

4.4.1 Allmänt

Av allmänt intresse är utskovsluckornas avbördningskapacitet. Denna har ju dessutom en avgörande betydelse för hur uppströms vattenstånd varierar. Utskovsluckornas kapacitet avgör om dammen kan utformas som en fast betongdamm eller om man vid höga vattenföringar måste kunna förbättra avbördningen genom bräddning över dammen. Detta kan i så fall åstadkommas genom att utforma dammen som ett stålfackverk med löstagbara sättar som kan vinschas upp från en gångbro ovanför m. h. a. ett spel.

En betongdamm förefaller mest förmånlig då såväl anläggnings- som underhållskostnader blir lägre än för alternativet med sättar. Dessutom kan det bli problem att få konstruktionen med sättar helt tät efter arbeten då man lyft bort sättarna eller under perioder då reglering medför att vattenståndet varierar.

4.4.2 Beräkning av utskovsluckornas maximala avbördningskapacitet

Beräkningsförutsättningar enl. "Hydraulik för väg- och vattenbyggare".

Som sektion (1) gäller sektion 0/450 (se bilaga 3). Sektion (2) utgörs av dammluckorna. Se Fig. 4:11-12.

Vi antar att en kritisk sektion utbildas över skibordets krön. Kriterium för kritisk strömning: Kritisk strömning erhålles då ett givet flöde avbördas vid minimal specifik energi = vid kritisk strömning avbördas maximal vattenföring med hänsyn till tillgänglig specifik energi.

Ovanstående kriterium kan anses uppfyllt. Då sektionen är rektangulär gäller följande samband. $U_k = \sqrt{g Y_k}$.

En energibetraktelse mellan sektion (1) och (2) blir som följer:

$$z_1 + y_1 + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{u_2^2}{2g} + k_a \frac{u_2^2}{2g}$$

där y = vattendjup i respektive sektion

u = vattnets hastighet i resp. sektion

$k_a \frac{u_2^2}{2g}$ = avbördningsförlust över tröskeln där $k_a \approx 0,2$

Den tillgängliga bredden för luckorna är sammanlagt 13,0 m.

Om dämningssgränsen +17,06 ej ska överskridas kan $y_2 = y_k$ tillåtas bli 2,0 m. För enbart den automatiska luckan betyder detta en maximal avbördning på ca 66 m³/s, för enbart spettluckan ca 49 m³/s och totalt 66 + 49 = 115 m³/s.

Utskovsluckorna kan alltså tillsammans med turbinerna avbörda 115 + 30 = 145 m³/s (resp. 155 m³/s för $Q_{utb} = 40$ m³/s) utan att någon höjning av uppströms vattenyta ska behöva ske (se fig. 4:14).

Enligt kap. 3 "Hydrologi" (fig. 3:5) kommer vattenföringen att överskrida 145 m³/s endast en gång på 10 år (statistiskt sett). Under förutsättning att båda turbinerna är i drift kommer vattenytan ej att stiga lika mycket

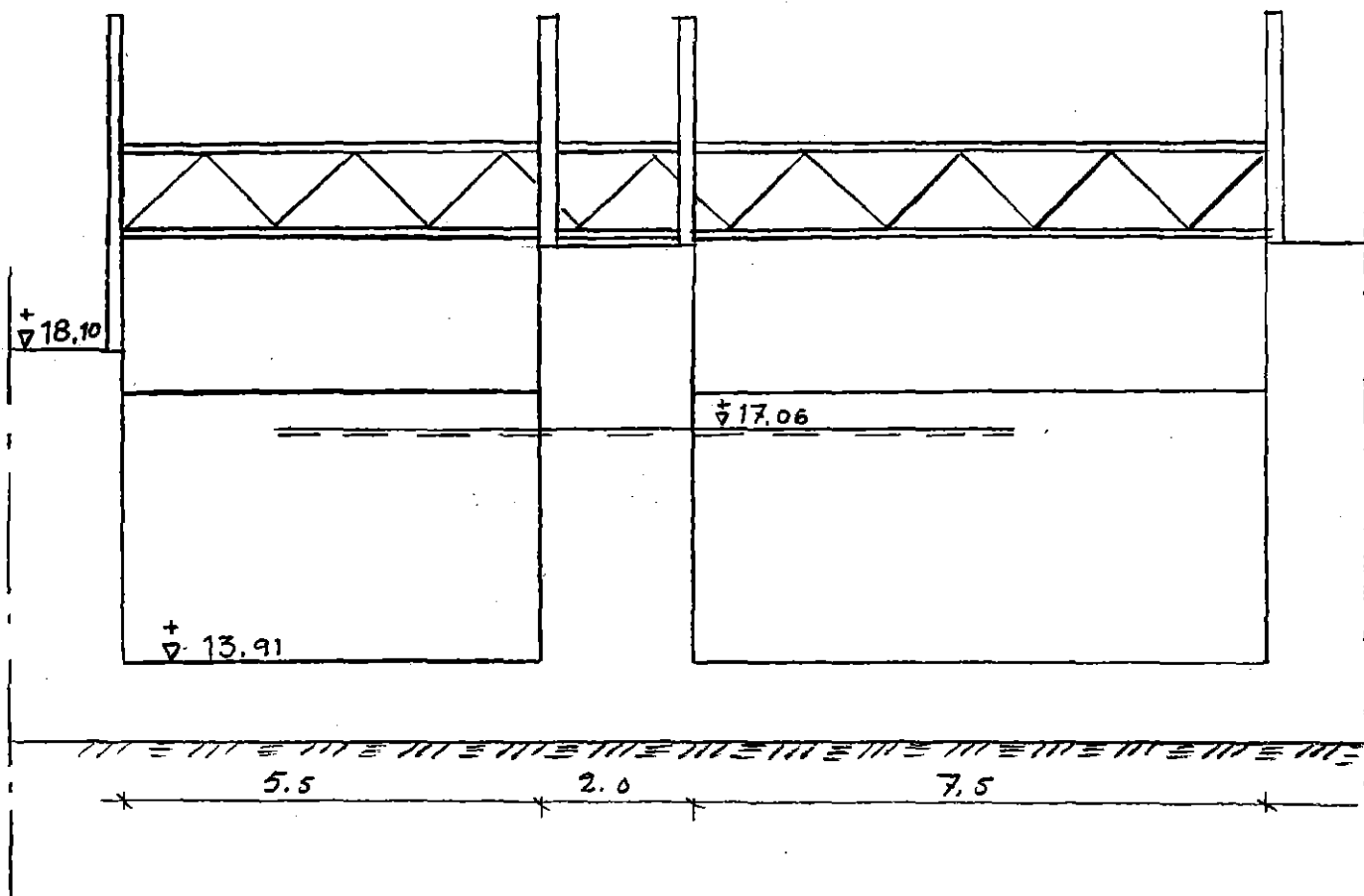


FIG 4:11
TVÄRSEKTION AV UTSKOVSLUCKORNA

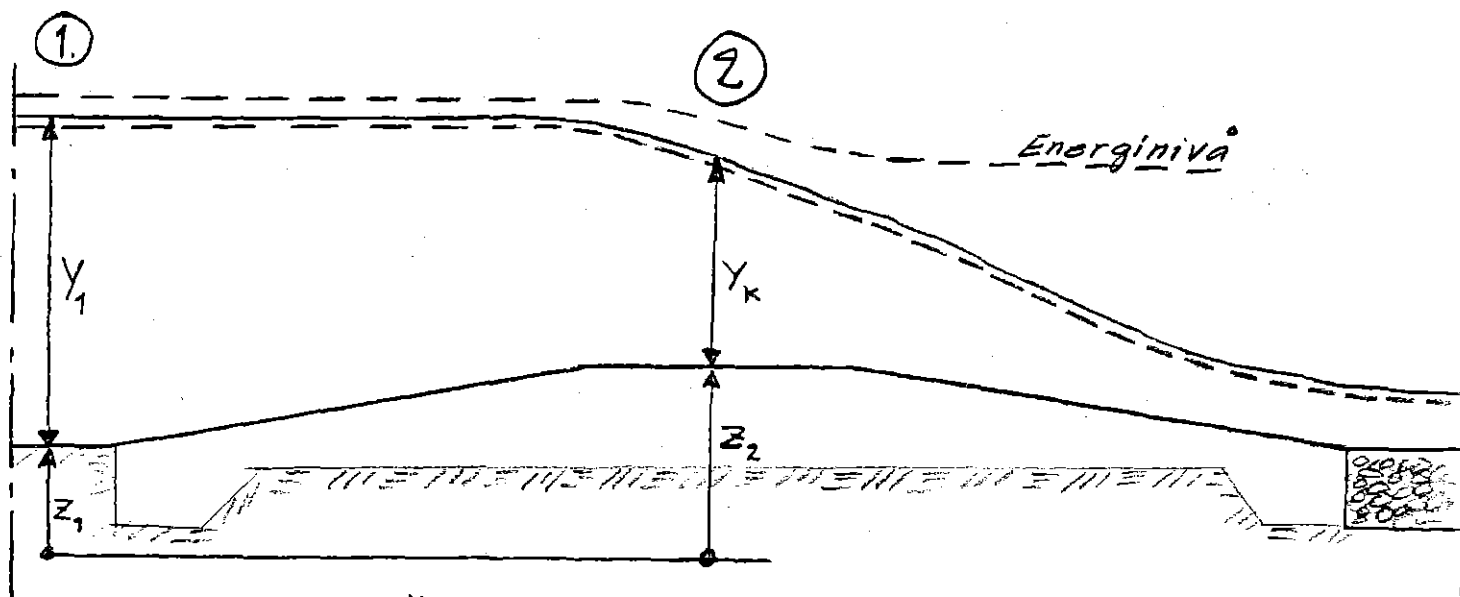
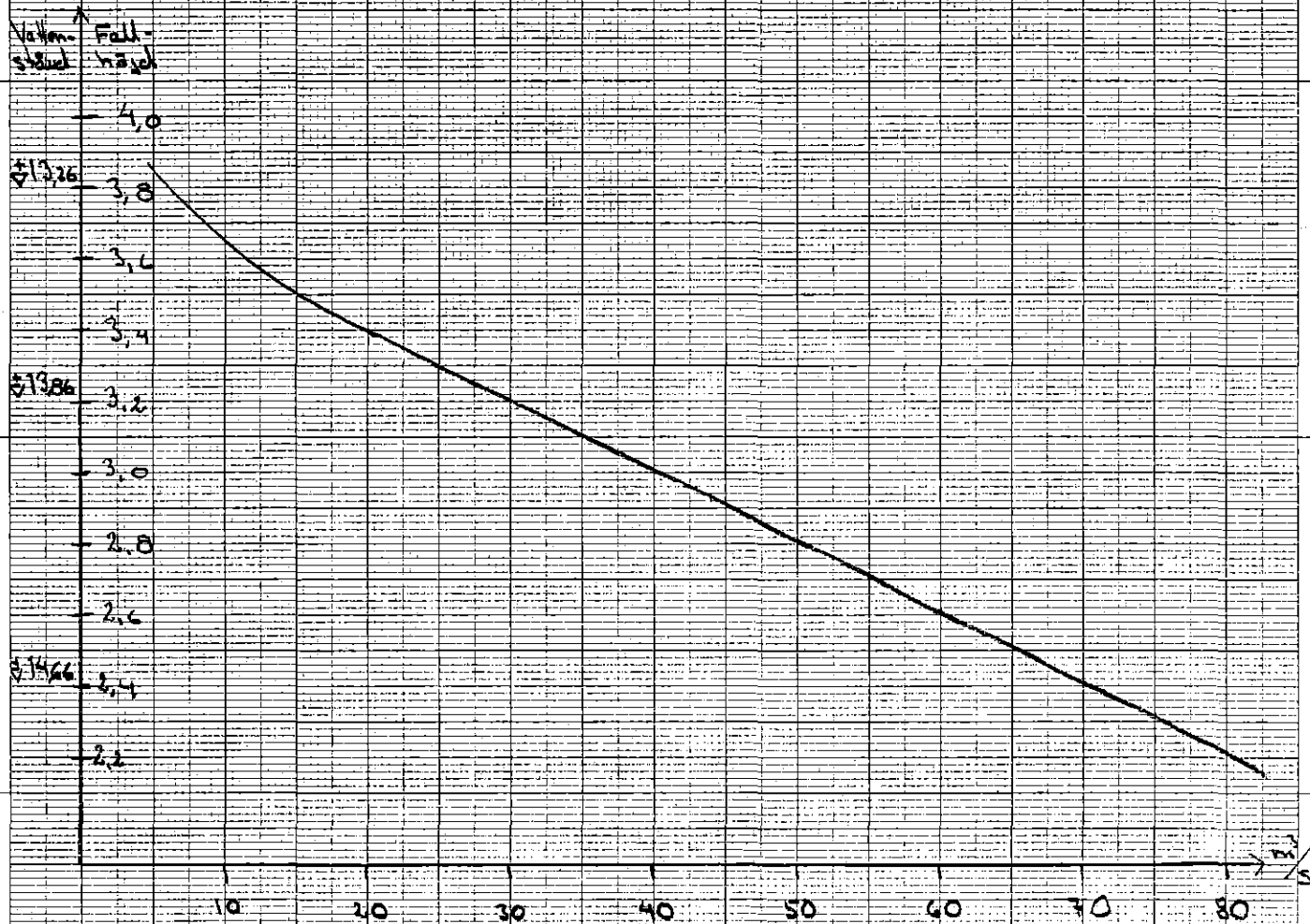


FIG 4:12 LÄNGDSEKTION AV UTSKOVSLUCKORNA

NORSTRÖMS VATTENSTÅND OCH
FALLHÖJD SOM FUNKTION AV FLÖDET

28.

FIG 4:13



VATTENSTÅND SOM FUNKTION
AV FLÖDET FÖR SEKTION
0/450

29.

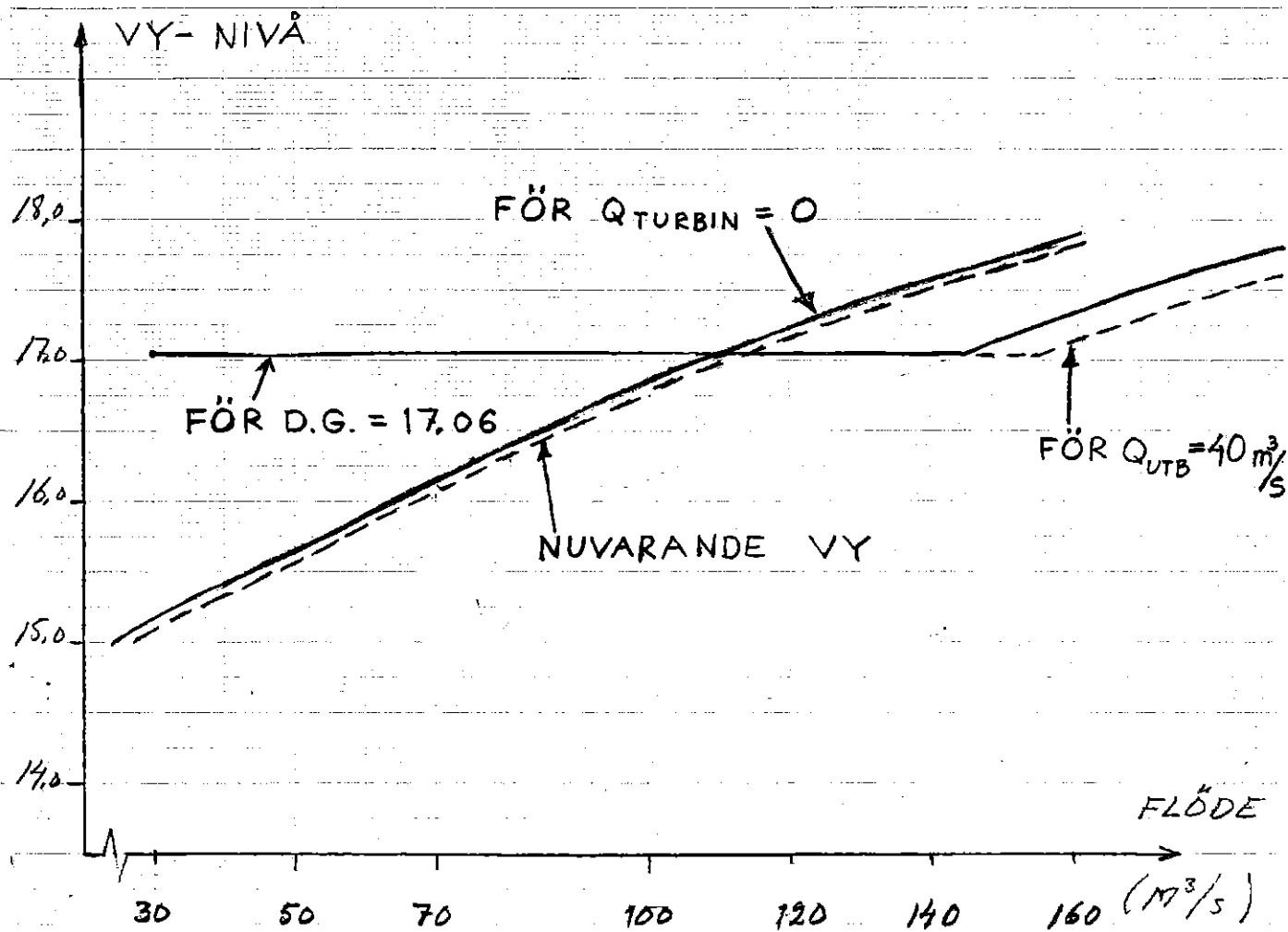


FIG 4.14

som idag, då ju avbördningen förbättras genom en utbyggnad.

Den automatiska luckan och turbinerna kan tillsammans avbörda $66 + 30 = 96 \text{ m}^3/\text{s}$ vilket kommer att överskridas i genomsnitt 5 dagar per år, detta motsvarar alltså den tid som spettluckorna normalt måste användas.

Med hänsyn till ovanstående resultat måste utskovsluckornas kapacitet betraktas som tillräcklig och dammen kan alltså utformas som en fast betongdamm med dammkrön på dämningssgräns .

4.5 Vattenståndsvariationer

Hur vattenståndet varierar nedströms kraftverket visas i fig. 4:13. Då dämningssgränsen förutsätts hållas konstant blir nedströms vattenståndsvariation avgörande för fallhöjden. Alltså varierar fallhöjden på samma sätt som vattenståndet.

Fig. 4:13 har vi grundat på VBB:s utredning från 1943. Då gjordes nämligen vattenståndsmätningar med hjälp av en pegel samtidigt med flödesmätningar.

Vattenståndsvariationen i en sektion ca 40 m (0/450) uppströms kraftverket framgår av fig. 4:14. Vid upprättande av diagrammet har samma förutsättningar som i kap. 4.4 "Avbördning" använts.

5. FÖRSLAG TILL UTFORMNING AV ANLÄGGNINGEN

5.1 Nuvarande anläggning

Den anläggning som idag återstår efter raset 1927 har i stort stått sig väl. Detta gäller främst de rena anläggningarna såsom betongdamm, pelare och intag-utlopp. De mekaniska delarna vid såväl maskinstationen som vid skibordsluckorna är så gott som totalt förstörda. Som framgår av fig. 5:1 består anläggningen av en vid den östra stranden belägen skibordsdamm bestående av två stycken luckor. Därefter kommer överfallsdammen som består av en kallmur överbyggd med betong. Tidigare bestod den även av sätтар (löstagbara) för att reglera vattennivån, men dessa är raserade. Vad gäller själva maskinstationen består den till en början av ett intag som är uppdelat på tre stycken lika stora delar. Vidare ett turbinrum ($12 \times 7 \text{ m}^2$) och två stycken utloppstunnlar som mynnar i den nedströms uppmuddrade kanalen. Kanalen avdelas från själva åfåran med hjälp av en stenpir som sträcker sig ca 120 m nedströms.

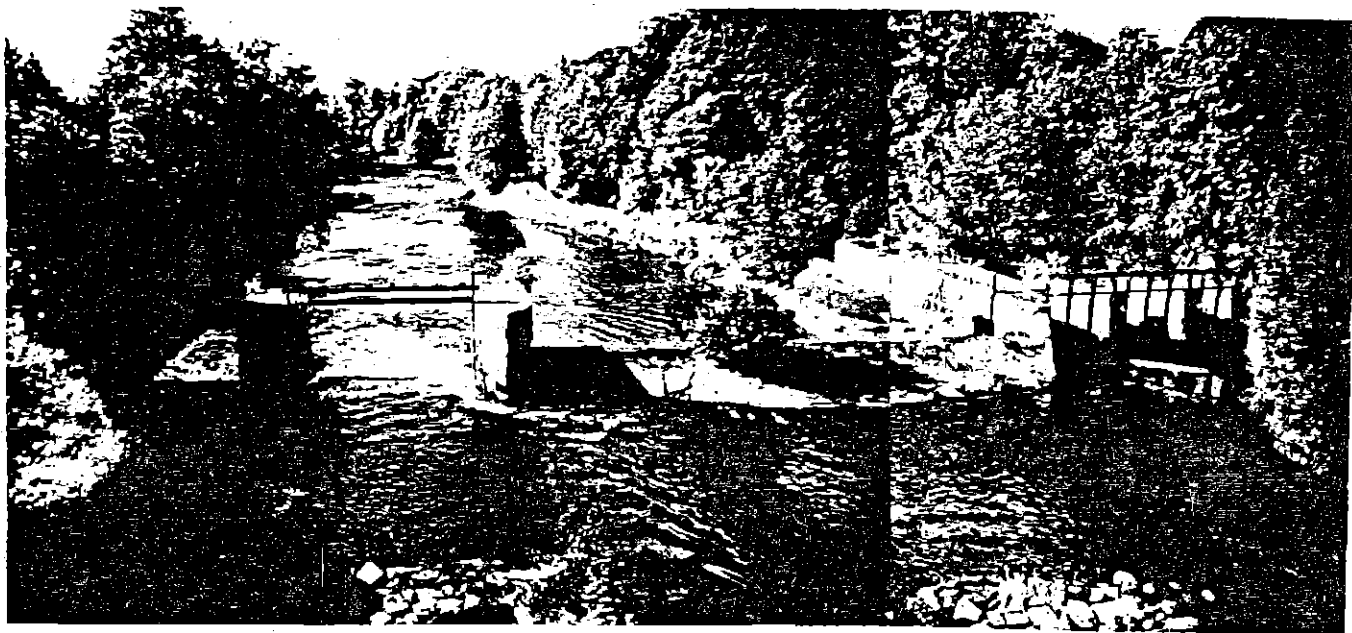


Fig. 5:1 Nuvarande anläggning

5.2 Utbyggnad

I stort behålls utseendet av den gamla anläggningen då en betydande besparing åstadkommes genom utnyttjande av de befintliga delarna. Så gäller för hela dammanläggningen att denna bibehålls, förstärks och pågjutes vissa nygjutningar. Detta gäller såväl överfall som pelare. Däremot vad gäller den västra delen rivs den till större delen ned och byggs om. Dels är den betydligt mer nedsliten än dammen och behöver anpassas på ett riktigt sätt gentemot den nya turbininstallationen. Då två turbiner föreslås användas måste intaget rivas och byggas om för att avpassas för dessa. Det samma gäller för ombyggnad av avlopp. Muddring av den befintliga kanalen är nödvändig såväl som förstärkningsarbeten på stenpiren. (Nuvarande kanal, se fig. 5:5).

5.3 Inlopp

Vid utformning av inloppet rivs de gamla murarna som avdelar inloppet ner. Murarna, som dels är nedslitna, dels är onödigt långa, byggs sålunda om. Däremot sparas den östliga pelaren och påkostas vissa förstärkningsåtgärder, likaså används den vid den västra stranden belägna muren och påkostas viss pågjutning.

De nya intagsmurarna förses med vertikala balkar i betongen för att man vid ett eventuellt fel skall kunna fira ner sättar och på detta sätt stoppa flödet genom stationen. Då en hävertuppställning används behöver ej dessa sättar finnas i upphängningsanordning utan kan lyftas på plats med hjälp av en kranbil. Intaget förses med en rensgrind som är försedd med automatisk rensare (se nedan).

5.3.1 Automatisk rensare

Den typ av rensare som föreslås utgöres av en maskinkropp som går på en räls, maskinen är försedd med en skrapa. När maskinen startas förs skrapan ned till botten på kanalen och dras därefter upp utefter grinden, de föroreningar som fastnat på grinden förs upp av skrapan. Precis bakom grinden finns en ränna där föroreningarna (typ löv, kvistar, is) lägges.

Grindrensaren flyttar sig nu ett steg och förs ned igen osv. När den nått över hela sidan går den tillbaka utan att rensa, men en påmonterad skopa för med sig föroreningarna som tippas i en ränna som är förbunden med nedströmssidan. Alternativt kan de tippas i en behållare som tömmes kontinuerligt.

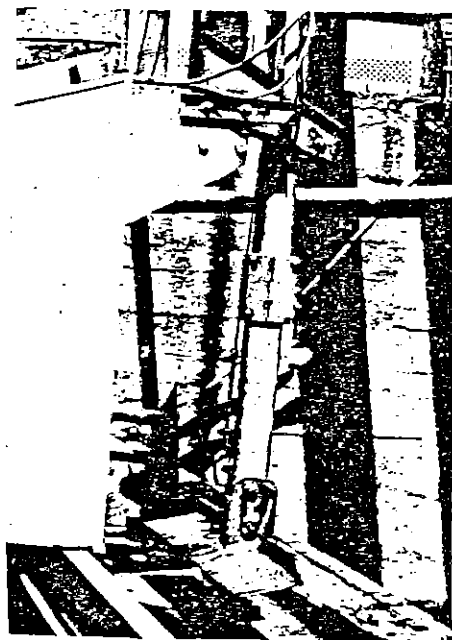
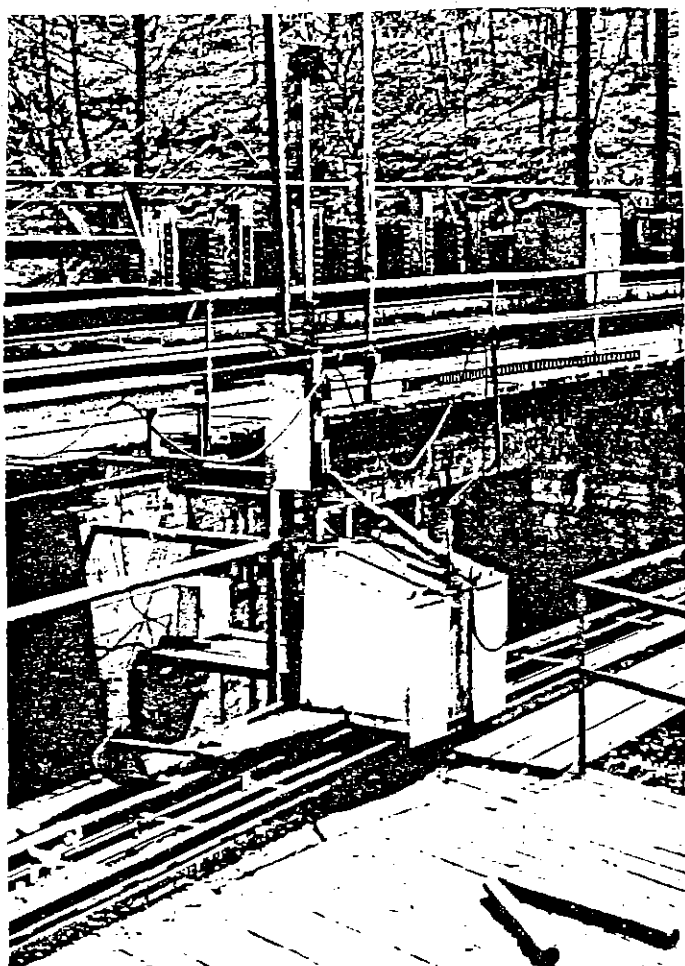


Fig. 5:2 a Grindrensarens placering vid drivvattenintaget till aggregat I vid Kungsfors kraftstation.

Fig. 5:2 b Skrapan

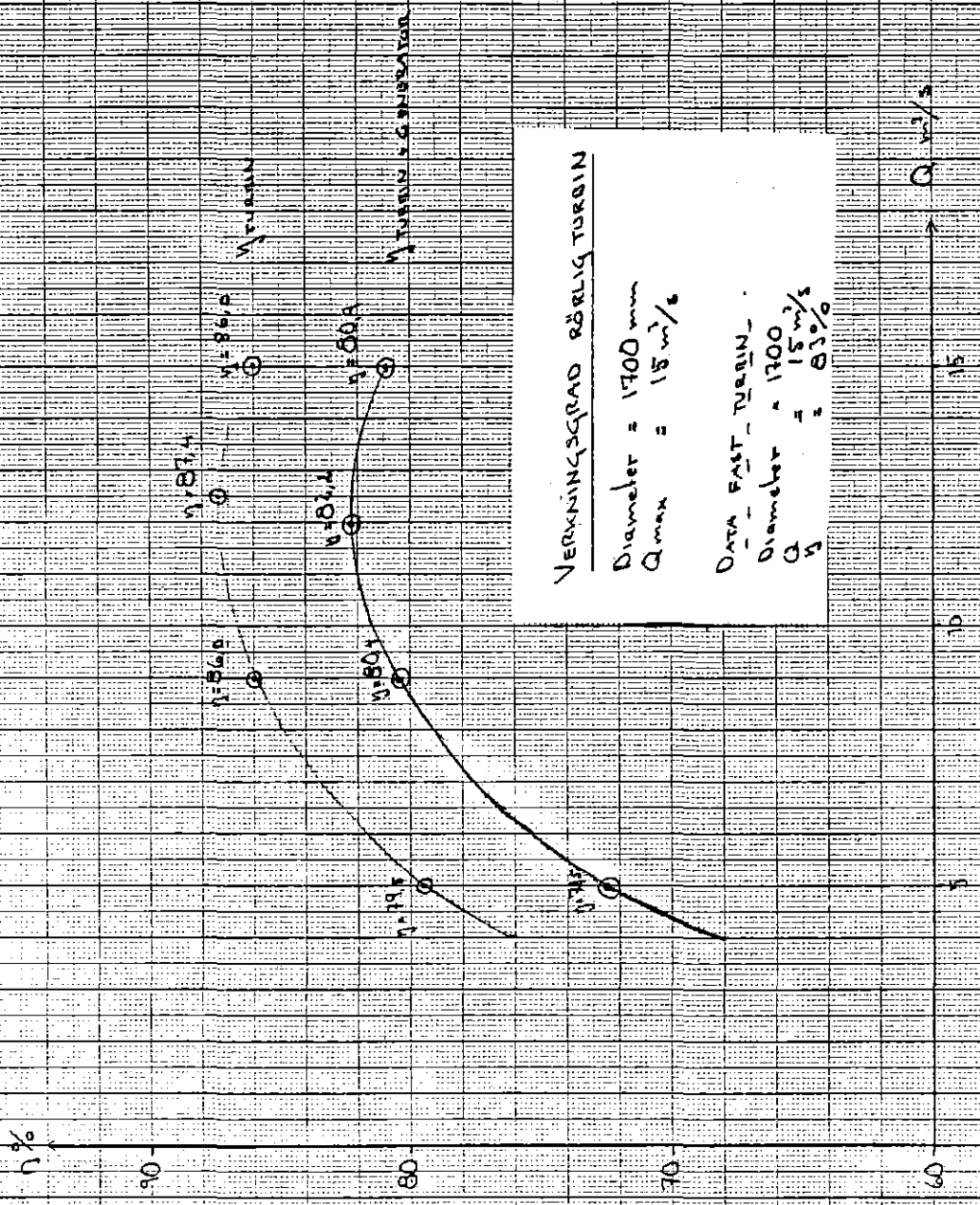
5.4 Maskinstation

Då fallhöjden är så pass låg som den är vid Lekvad har vi funnit det lämpligast att använda en hävertuppställning framtagna av Bofors Nohab. Denna uppställning gör att man ej behöver schakta ned stationen till så stort djup. Anledningen är att man vid drift använder sig av en vakuum-pump som pumpar ut luften längst upp i turbinrummet, på detta sätt lyfts vattnet upp och man får en hävertprincip på flödet genom stationen. När turbinen stängs av vid reglering e. d. påförs ett övertryck av luft ned i turbinrummet, vilket medför att vattennivån sjunker tills den ligger under turbinens överkant. Nu ligger vattenytan på samma nivå såväl utanför som inne i rummet och för att få igång den igen fordras en yttre kraft, dvs vakuum-pumpen. (Se Bil. 2, Ritn. 6 och 7).

5.4.1 Turbinval

Vid val av turbiner har vi tittat på en del olika kombinationer som kan användas vid en utbyggnadsvattenföring på 30 resp. 40 m³/s. Det som vi anser vara det intressantaste ur såväl ekonomisk som effektsynpunkt är att studera antingen 2 st ϕ 1700 eller 2 st ϕ 2000, varav den ena är försedd med fasta och den andra med rörliga skovlar. Med hjälp av denna kombination kan man på ett bra sätt utnyttja olika vattenföringar. Om vi tittar på vattenföringen 30 m³/s förklaras detta på följande sätt. Vid vattenföringar som understiger 15 m³/s (minimum är dock 4 m³/s) köres endast den turbinen med rörliga skovlar. Denna anpassar sina skovlar automatiskt till det aktuella flödet så att bästa verkningsgrad uppnås. När vattenföringen uppgår till 15 m³/s byter vi och kör endast med den fasta och håller på så upp till 19 m³/s då den rörliga sätts igång och vi har en parallell-drift upp till 30 m³/s som är utbyggnadsvattenföring. Anledningen till att turbinen med rörliga skovlar ej används mellan 15 och 19 m³/s är dess låga verkningsgrad vid små vattenföringar. Principen är sedan densamma vid ϕ 2000 turbinerna.

Verkningsgraden framgår av fig. 5:3, 4 som tydligt visar att det ej är lönsamt att driva turbinerna under 25 % av Q_{utb} . Av figuren framgår också att toppvärdet ej ligger vid Q_{utb} utan vid något lägre vattenföring.



VERMININGSGRAD RÖRLIG TURBIN

Diameter = 1700 mm
 $Q_{\text{max}} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$

DATA FAST - TURBIN
 Diameter = 1700 mm
 $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$
 $\eta = 83\%$

Fig. 5.3

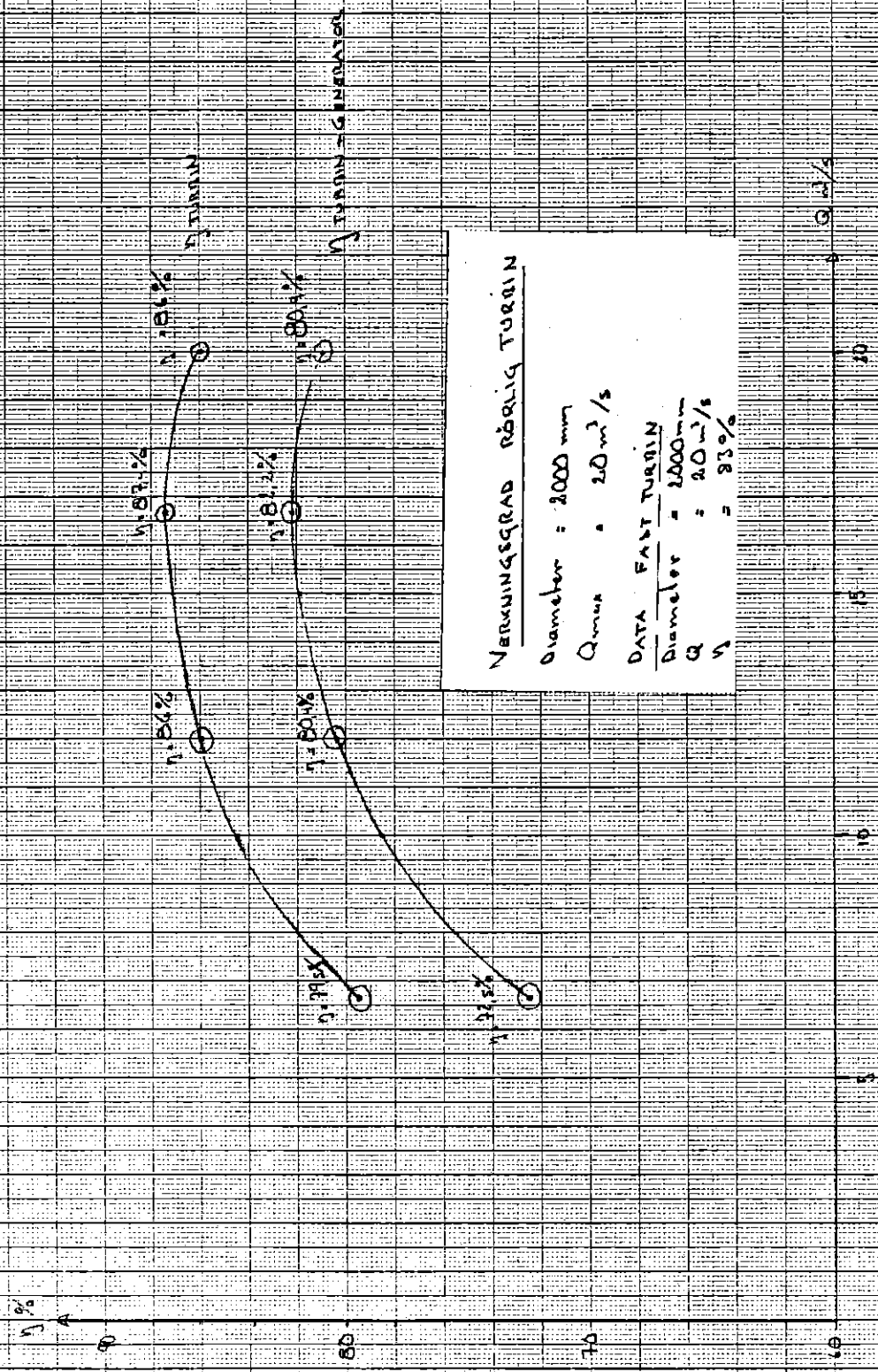


Fig. 5.4

5.4.2 Stationsbyggnad

Vad gäller själva byggnaden bör den få en så enkel konstruktion som möjligt. Därför har vi valt att utföra den med ett enkelt stomsystem klätt med korrugerad plåt. Detta gör att både investerings- och underhållskostnaden pressas ned. Då två turbiner med tillhörande generatorer används får stationen ett utförande enl. ritn. 5, 6. Då möjlighet finns att använda kranbil blir den billigaste lösningen att låta den ta hand om lyft av turbiner eller andra tunga maskindelar vid eventuellt maskinfel. Detta sker enklast genom luckor i taket belägna rakt ovanför turbinerna, genom vilka en kran kan arbeta. På detta sätt undviker man kostnad för travers inuti byggnaden. I övrigt vad gäller mekaniska och elektriska delar inne i stationshuset, levereras dessa av fabrikanten som även står för montage och service.

5.4.3 Nivåkontroll

För att kunna kontrollera att turbinerna ej används när uppströms vattenyta är för låg utläggs en kännare för detta ändamål. Den består av en flottör som registrerar vattenståndet uppströms. Visar det sig att vattendjupet är för lågt skickas en impuls till vakuumpumpen som "trycker ut" vattnet och ej låter det passera förrän en ny impuls talat om att djupet är tillräckligt.

5.5 Avlopp

Avloppets placering blir densamma som i den nu befintliga anläggningen. Vissa nygjutningar blir nödvändiga samt en viss breddning av avloppet, då avloppskanalen måste ha vissa givna mått. Dessa mått definieras av Bofors-Nohabs broschyr "Small scale hydro turbine program". Avloppet dimensioneras av turbinstorleken. För de aktuella vattenföringar vi studerat kommer den totala bredden att ligga mellan 9 och 11 m. Betongkonstruktionen kan utföras relativt slank om man bortser från det ställe i botten som blir hårdast belastat av vattentrycket uppifrån (se ritning 5). Själva avloppskanalen bör rensas upp så att maximal fallhöjd erhålls. Slänterna schaktas och jämnas av i den utsträckning som framgår av Bil.2, sid.2.



Fig. 5:5 Avloppskanal

5.6 Dammanläggning

Till stora delar kan den gamla dammanläggningen utnyttjas då denna är stabil och har klarat erosion väl under årens lopp. Vad gäller överfallet väljer vi att gjuta detta i betong och frångår principen med reglerbara sättar, detta då avbördningen genom utskovsluckorna har tillräcklig kapacitet att klara flödet. (Beräkningar, se kap. 4). På den befintliga dammkroppen pågjutes ca 15 cm tjockt täcklager med betong och på krönet uppgjutes en 1 m hög mur (Bil.2, sid.4). Vid skibordsluckorna pågjutes på liknande sätt pelarna med betong. Öppningarna förses med luckor varav den större har en automatisk reglering som styrs m.h.a. en uppströms placerad nivåmätare, den andra luckan som är manuell måste hissas med hjälp av ett spel. Detta behöver endast tillgripas vid extrema flöden ($Q > 96 \text{ m}^3/\text{s}$) vilket inträffar ca 5 dagar per år. Den östra strandmuren pågjutes ett täckskikt av betong och eventuella sprickor lagas.

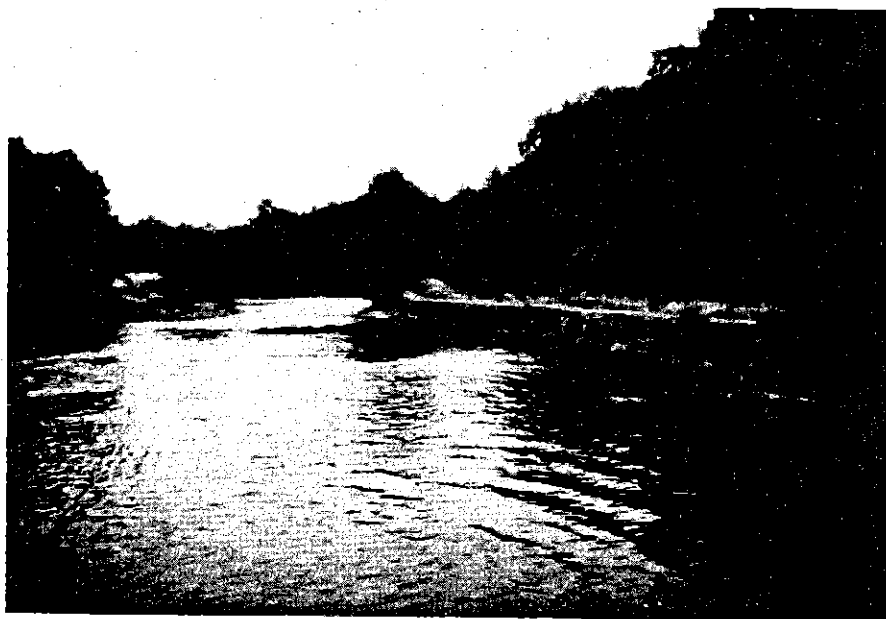


Fig. 5:6 Visar åfåran och stenpiren som avskiljer avloppskanalen från åfåran.

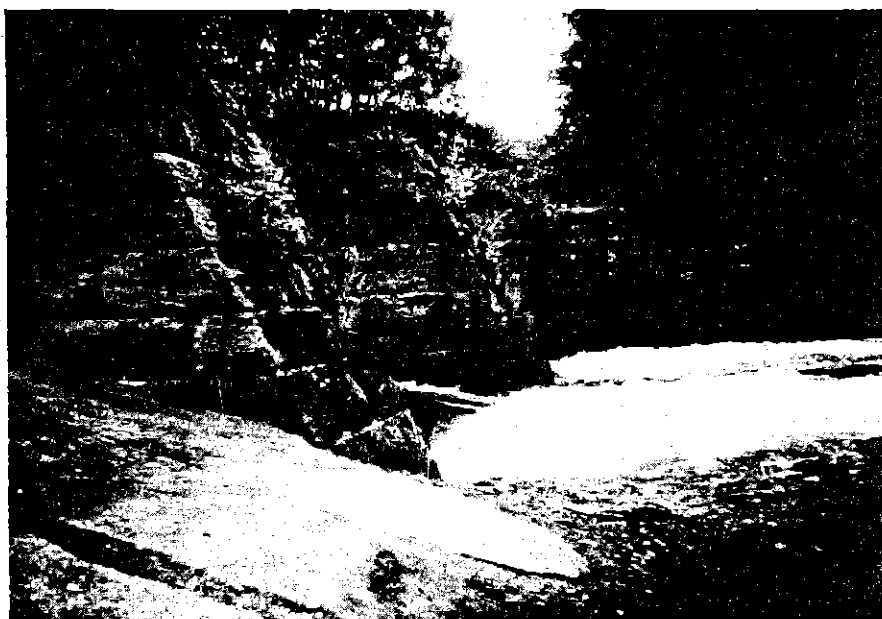
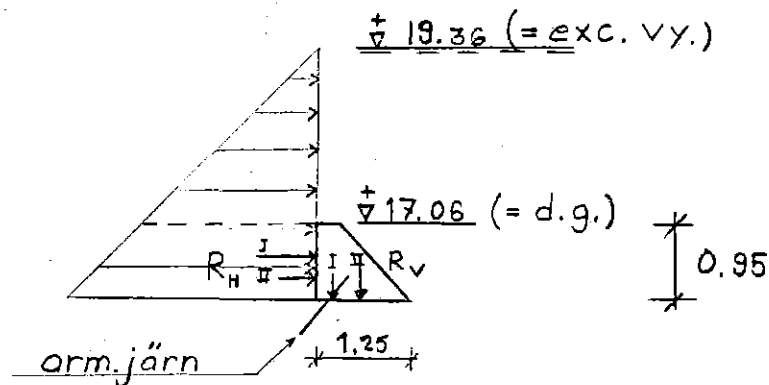


Fig. 5:7 Visar dammpelarna

5.6.1 Utformning av betongdamm

På den befintliga betongdammen pågjutes en ny damm upp till existerande dämningssgräns 17,06 m. Dammen utföres med triangulär tvärsnittsytta och stabiliseras vid pågjutningen med förankringsjärn som borrar ned i den gamla betongen ca 1 m i 45° vinkel med strömriktningen för att bäst ta upp såväl moment som horisontalkrafter. Förankringsjärnen väljes till Ks40 $\phi 25$ och borrar och injekteras på ett c/c avstånd på 2,4 m. Övrig armeringsmängd ligger på ca 40 kg/m^3 betong.

Beräkningar



$$R_{HI} = \rho g H \cdot h = 1,0 \cdot 10 \cdot 2,3 \cdot 0,95 = 21,9 \text{ kN/m}$$

$$R_{HII} = \rho g H H \cdot h = 1,0 \cdot 10 (3,25 - 2,3) \cdot \frac{0,95}{2} = 4,5 \text{ kN/m}$$

$$R_{VI} = \rho g h \cdot b = 2,65 \cdot 10 \cdot 0,95 \cdot 0,3 = 7,6 \text{ kN/m}$$

$$R_{VII} = \rho g h \cdot b = 2,65 \cdot 10 \cdot \frac{0,95 \cdot 0,95}{2} = 12,0 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pådrivande moment: } 21,9 \cdot \frac{0,95}{2} + 4,5 \cdot \frac{0,95}{3} = 11,8 \text{ kN/m}$$

$$\text{Mothållande moment: } 7,6 \cdot 1,1 + 12,0 \cdot 0,95 \cdot \frac{2}{3} = 16,0 \text{ kN/m}$$

Horisontalkraft:

$$H = 21,9 + 4,5 = 26,4 \text{ kN/m}$$

Upptas av injekterade armeringsjärn $\phi 25$ vinkel 45° klarar 100 kN/st, vinkel $45^\circ \Rightarrow \frac{100}{\sqrt{2}} = 70 \text{ kN/st.}$

c/c blir lika med $\frac{70}{26,4} \approx 2,7 \text{ m}$

Längd 19 m = 8 st.

Detta innebär att den horisontella kraften upptas helt av armeringsjärnen. Den säkerhet som pålagges är tagen som den friktionskraft som bildas mellan ny och gammal betong.

Armeringsjärnen hjälper dessutom till att ta upp det pådrivande momentet.

5.7 Spontning

Vid slagning av spont måste denna för att klara förbiledning av vattnet ske i två etapper. Beroende på när bygget igångsättes avgör vid vilken del av anläggningen man börjar bygget. Man bör nämligen låta vatten kunna rinna genom skibordsluckorna, då flödet är som störst och sålunda utföra byggnationen av dessa vid minimalt flöde, då vattnet kan ledas genom stationen.

Vid rensning av uppströms kanal används massorna till att valla in området där sponten skall slås så att denna kan slås i torrhet. (Spontning sker enl. Bil. 2, sid. 2).

5.8 Geotekniska förhållanden

Vid genomförande av examensarbetet har vi ej utfört några geotekniska fältundersökningar utan använt oss av ett utlåtande som SGI (Statens Geotekniska Institut) gav i samband med brobyggnationen över Viskan vid Lekvad år 1961. Utlåtandet gäller för provtagning gjord ca 50 m uppströms

kraftverket, men vid en översiktlig uppskattning ter sig förhållandena identiska för en längre sträcka såväl upp- som nedströms. Med hänsyn till detta faktum anser vi denna utvärdering vara lika aktuell för kraftverksbygget. I denna utvärdering framgår att marken i allmänhet består av grusig sand som överlagras av ett 1-2 m tjockt lager av mo och torrskorpelera. Materialet är enligt utförda sonderingar normalt till fast lagrat.

Med hjälp av denna bestämning av jordarterna har vi ej ansett det nödvändigt med några speciella förstärkningsarbeten e. dyl. innan byggnationen kan igångsättas.

5.9 Erosion

Enligt uppgifter från ortsbefolkningen kan vattnet vid extrema vårfloder stiga upp till en nivå som strax uppströms kraftverket ligger på ca 17,5 m. Vid normal högvattenföring når vattnet upp till 16,5 - 17 m. Då vattnet under en lång rad av år forsat fram fritt (raset 1927) har sålunda stränderna varit utsatta för starkt strömmande vatten med en eroderande effekt. En uppdämning får till följd att vattenytan visserligen stiger, men då hastigheten på vattnet samtidigt minskar anser vi att erosionsrisken vid en dämning snarare minskar än ökar.

Vad gäller släntstabilitet uppströms kan vi inte med vårt geologiska underlag anse att risk för ras föreligger. Men ändå bör en släntstabilitetsberäkning utföras för den sträcka uppströms Lekvad där de branta stränderna kan utgöra en rasrisk.

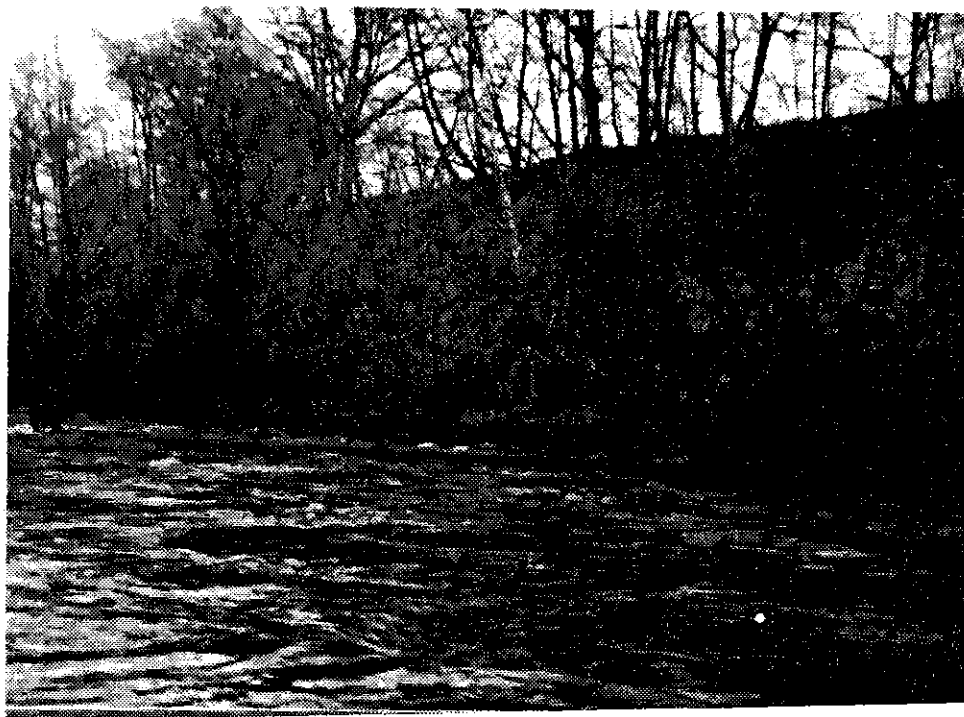


Fig. 5:8 Exempel på Viskans branta stränder, där en släntstabilitetsundersökning kan vara motiverad.

6. ANLÄGGNINGSKOSTNADER

Vid framtagande av kostnaderna för anläggningen har vi till stor del använt oss av överslagsmässiga beräkningar framtagna med hjälp av en del företag i Göteborg, bl. a. ABV och Binab. Vissa prisuppgifter är framtagna ur Göteborgs kommuns priskatalog 1977 och aktualiserade med hjälp av indexreglering.

Vad gäller kostnader för maskinutrustning har vi då vi använder oss av Bofors-Nohabs typ fått fram exakta prisuppgifter på all mekanisk och elektrisk utrustning.

Alla priser är baserade på en fallhöjd på 3,2 m.

Sammanställning kostnader (Alt. I $Q_{\text{utb}} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$)

Text	Mängd	å-pris	Kronor
<u>Intag</u>			
Rensning			30.000
Rivning	37,5 m^3	500	18.750
Pågjutning ledmur	50 m^3	1000	50.000
Nygjutning intag	50 m^3	1000	50.000
Pågjutning väggar	50 m^2	300	15.000
			Σ 163.750
<u>Maskinstation</u>			
Rivning gammal anl.	100 m^3	500	50.000
Spont	125 m^2	350	43.750
Schakt	1000 m^3	20	20.000
Grusfyllning	400 m^3	30	12.000
Återfyllning	500 m^3	20	10.000
Betong	375 m^3	1000	375.000
Överbyggnad			50.000
Övrigt (räcken, kantutskov m m)			100.000
			Σ 660.750
<u>Avloppskanal</u>			
Röjning	2000	5	10.000
Schakt	6000	25	150.000
Betong	50	1000	50.000
			Σ 210.000

Text	Mängd	å-pris	Kronor
<u>Dammanläggning</u>			
Pågjutning damm	750 m ²	300	225.000
Pågjutning pelare	2 x 35 m ³	1000	70.000
Nygjutning damm	20 m ³	1000	20.000
Övrigt skibord inkl. injekt.			50.000
Gångbana			20.000
Spont	100 m ²	350	35.000
			420.000
Vägar			10.000
Tot. byggn. arb.			1.464.500
Gemensamma kostn. + vinst = 70 %			1.025.150
Tot. byggkostnad			2.489.650

Text	Kronor
<u>Mek. och el. utrustning</u>	
Intagsgrind	25.000
Inlopp löstagbara sätтар	10.000
Utskovslucka I automatisk	270.000
Utskovslucka II manuell	50.000
Aut. grindrensare	60.000
Turbin fast ϕ 1700	200.000
Turbin rörlig ϕ 1700	1.580.000
Övrigt (bel. vent. m.m.)	20.000
	3.215.000
<u>Konsultkostn.</u>	
Projekt administration	100.000
Bygg.mek.el.	200.000
	300.000
Oförutsett 5 % på Mek. el. och konsult	178.500
Total kostn. innan ränta	6.183.150
Ränta under byggnation 10 % av $\frac{6183.150}{2}$ på $\frac{6}{12}$ år	154.580
TOTAL ANLÄGGNINGSKOSTNAD	6.337.700

Sammanställning kostnader (Alt. II $Q_{\text{utb}} = 40 \text{ m}^3/\text{s}$)

Text	Kronor
------	--------

<u>Intag</u> Se alt. I	Σ 163.750
------------------------	------------------

Maskinstation

Betong 415 m^3 à 1000 kr	415.000
Övriga kostn. se alt. I	<u>285.750</u>
	Σ 700.750

Avloppskanal

Betong 55 m^3 à 1000 kr	55.000
Övriga kostn. se alt. I	<u>160.000</u>
	Σ 215.000

<u>Dammanläggning</u> se alt. I	Σ 420.000
---------------------------------	------------------

<u>Vägar</u>	Σ 10.000
--------------	-----------------

Tot. byggn. arb.	1.509.500
------------------	-----------

Gemensamma kostnader + vinst = 70 %	1.056.650
-------------------------------------	-----------

Tot. bygg. kostnad	Σ 2.566.150
--------------------	--------------------

Text	Kronor
------	--------

Mek. och el. utrustning

Intagsgrind	30.000
Turbin fast ϕ 2000	1.560.000
Turbin rörlig ϕ 2000	2.054.000
Övrigt (belysning, vent.)	25.000
Övriga kostn. se alt. I	<u>390.000</u>
	4.059.000

<u>Konsultkostn.</u> se alt. I	300.000
--------------------------------	---------

<u>Oförutsett</u> 5 % på mek., el. och konsult	217.950
--	---------

<u>Tot. kostn. innan ränta</u>	7.143.100
--------------------------------	-----------

Ränta under byggtiden 10 % av $\frac{7.143.100}{2} \cdot \frac{6}{12}$	178.600
--	---------

TOTAL ANLÄGGNINGSKOSTNAD	<u>7.321.700</u>
--------------------------	------------------

7. FISKE

Långt tillbaka i historien har ett betydande laxfiske bedrivits i Viskan. Från 1800-talets mitt och fram till 1970-talet har stor föroreningspåverkan medfört att fisket varit starkt begränsat. Under de senaste åren har stora satsningar gjorts för att förbättra Viskan-vattnet. En undersökning vid Veddige har visat att dessa satsningar har givit som resultat en god förekomst av främst lax men även havsöring.

Kungsfors har alltid utgjort ett naturligt hinder för laxens och havsöringens uppvandring i ån. Lekplatserna i Slottsån förstördes i och med byggandet av kraftstationerna Haby och Hulta.

Med tanke på Lekvads närhet till Kungsfors (6 km) och Hulta (2 km) och den ringa förekomsten av fallsträckor som skulle försvinna vid en utbyggnad av Lekvad är vår bedömning den att nyttan av ett kraftverk vid Lekvad vida överstiger de inskränkningar i fisket som skulle bli fallet.

Dock måste frågan diskuteras med berörd fiskerimyndighet för att utröna om speciella åtgärder för fiskens vandring måste vidtas.

8. UTVÄRDERING

8.1 Effekt

Då effektpriset numera utgör en alltmer betydande del av det totala elpriset, är det väsentligt att studera effektens variation med olika flöden. Variationen styrs av tre stycken parametrar:

- 1) Flödet - dess variation framgår av varaktighetsdiagrammet i kap. 3.
- 2) Fallhöjden - hur den förändras med flödet syns i fig. 4:13.
- 3) Verkningsgraden - dess variation framgår av avsnitt 5:4. Maskinstation.

Hur effekten varierar med flödet med hänsyn till ovanstående parametrar har legat till grund för kurvorna i fig. 8:1, 2. Av kurvorna framgår att max. effekten endast uppnås för ett enda flöde för att sedan avta med ökad vattenföring. Orsaken till detta är fallhöjdens stora inverkan vid ökade flöden. Vad gäller den diskontinuitet som återfinns vid $Q = 15-20 \text{ m}^3/\text{s}$ resp. $Q = 20-25 \text{ m}^3/\text{s}$ beror denna på den parallelldrift som tidigare nämndes i punkt 5.2.1.

Idag värderas effekten på två olika sätt. Dels genom en högbelastningsavgift på 240 kr/kW · år om man kan garantera att effekten uppnås under minst 6 tim, dels en abonnemangsavgift på 30 kr/kW om effekten uppnås 1 tim som minimum.

Resultatet av intäkterna från effekten är intressanta under perioden nov-mars.

För alt. 1 är beräkningarna för $Q > 30 \text{ m}^3/\text{s}$ baserade på en medeleffekt under 97 dagar på 666 kW och för de resterande 53 dagarna på max. effekten = 780 kW. För alt. 2 är motsvarande siffror för $Q > 40 \text{ m}^3/\text{s}$ 854 kW resp. 965 kW vilket då är max. effekt.

$$\underline{\text{Alt. I}} \quad Q_{\text{utb}} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q > 30 m³/s under 97 dagar 47.800:-

$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ under 53 dagar 30.400:-

årlig intäkt 78.200:-

$$\underline{\text{Alt. II}} \quad Q_{\text{utb}} = 40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q > 40 m ³ /s under 55 dagar	34.800;-
---	----------

$Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ under 95 dagar 67.800:-

årlig intäkt = 102.600:-

Alltså blir ej intäkterna så olika men effektvariationen ligger på ca 180 kW för perioden.

8.2 Energi

För Viskans Kraft AB är i dag energiuttaget ej av samma stora intresse som max. effekten, då effektbrist som tidigare nämnts råder.

Energipriset varierar något under året. Det värderas nämligen något lägre under sommaren (maj-aug.). Det pris man får ut för varje kWh är uppbyggt av tre olika poster. För det första en energiavgift - ett slags grundbelopp som för närvarande ligger på 6,4 öre för maj-aug. och 7,3 öre övrig tid. Därefter har vi ett indextillägg som år 1980 är satt till 26 %. Detta är framtaget med hänsyn till den övriga indexutvecklingen. För det tredje så har vi ett energipristillägg som år 1980 ligger på 0,81 öre oberoende årstid. Summerar vi ihop dessa får vi en intäkt som ser ut enligt följande:

$$\text{Maj-Aug.} = 6,4 + 0,26 \cdot 6,4 + 0,81 = 8,9 \text{ öre/kWh}$$

$$\text{Sept-April} = 7,3 + 0,26 \cdot 7,3 + 0,81 = 10,0 \text{ öre/kWh}$$

Den årliga energi som kan tas ur kraftverket framgår av nedanstående tabell. Vid framtagning av energiintäkterna har vi använt oss av varaktighetsdiagram fig. 3:6 och effektdiagram fig. 8:1-2. samt ovanstående olika energipriser.

Alt. I

		<u>Energi</u>
under 97 dagar	$Q > 30 \text{ m}^3/\text{s}$	1.714 GWh
under 53 dagar	$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$	0.772 "-
under 105 dagar	$11 < Q < 30$	0.956 "-
Energi Sept. - April		3.442 GWh

under 110 dagar	$Q < 11 \text{ m}^3/\text{s}$	0.454 GWh
Energi Maj - Aug		0.454 GWh

$$\text{Energiintäkter } 3.442 \cdot 10^6 \cdot 0.1 + 0.454 \cdot 10^6 \cdot 0.089 = \underline{\underline{384.600:-}}$$

Alt. II

under 55 dagar	$Q > 40 \text{ m}^3/\text{s}$	1.126 GWh
under 95 dagar	$Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$	1.607 "-
under 105 dagar	$11 < Q < 40$	0.984 "-
Energi Sept - April		3.717 GWh

under 110 dagar	$Q < 11 \text{ m}^3/\text{s}$	0.420 GWh
-----------------	-------------------------------	-----------

$$\text{Energiintäkter } 3.717 \cdot 10^6 \cdot 0.1 + 0.42 \cdot 10^6 \cdot 0.089 = \underline{\underline{410.000:-}}$$

Effektens variation med
flödet då η , H , Q förändras
 $Q_{\text{ovn}} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$

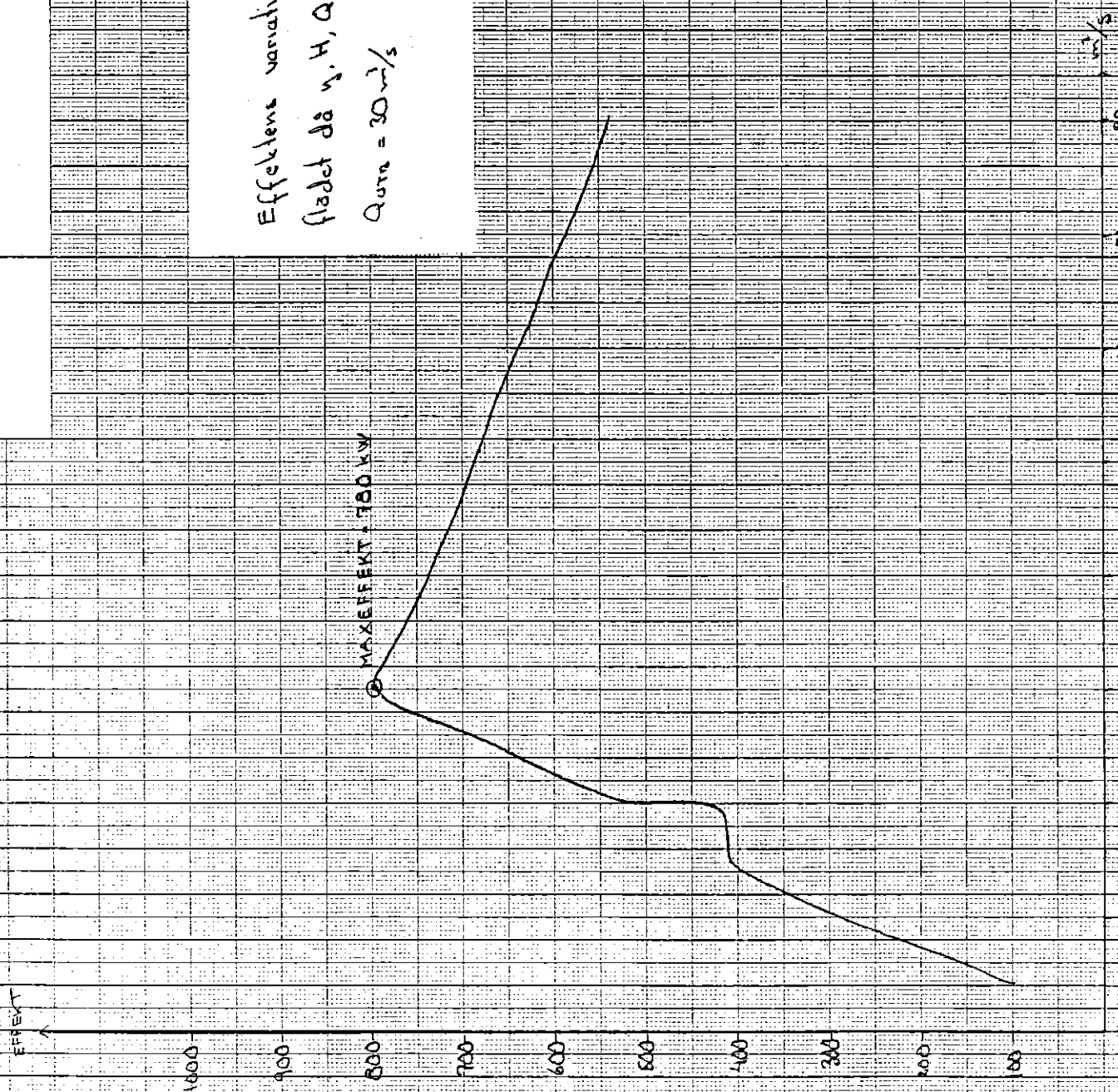


Fig. 8.1

Effektens variation med
flödet då η_H, Q förändras
 $Q_{utn} = 40 \text{ m}^3/\text{s}$

MAXEFFEKT = 965 kW

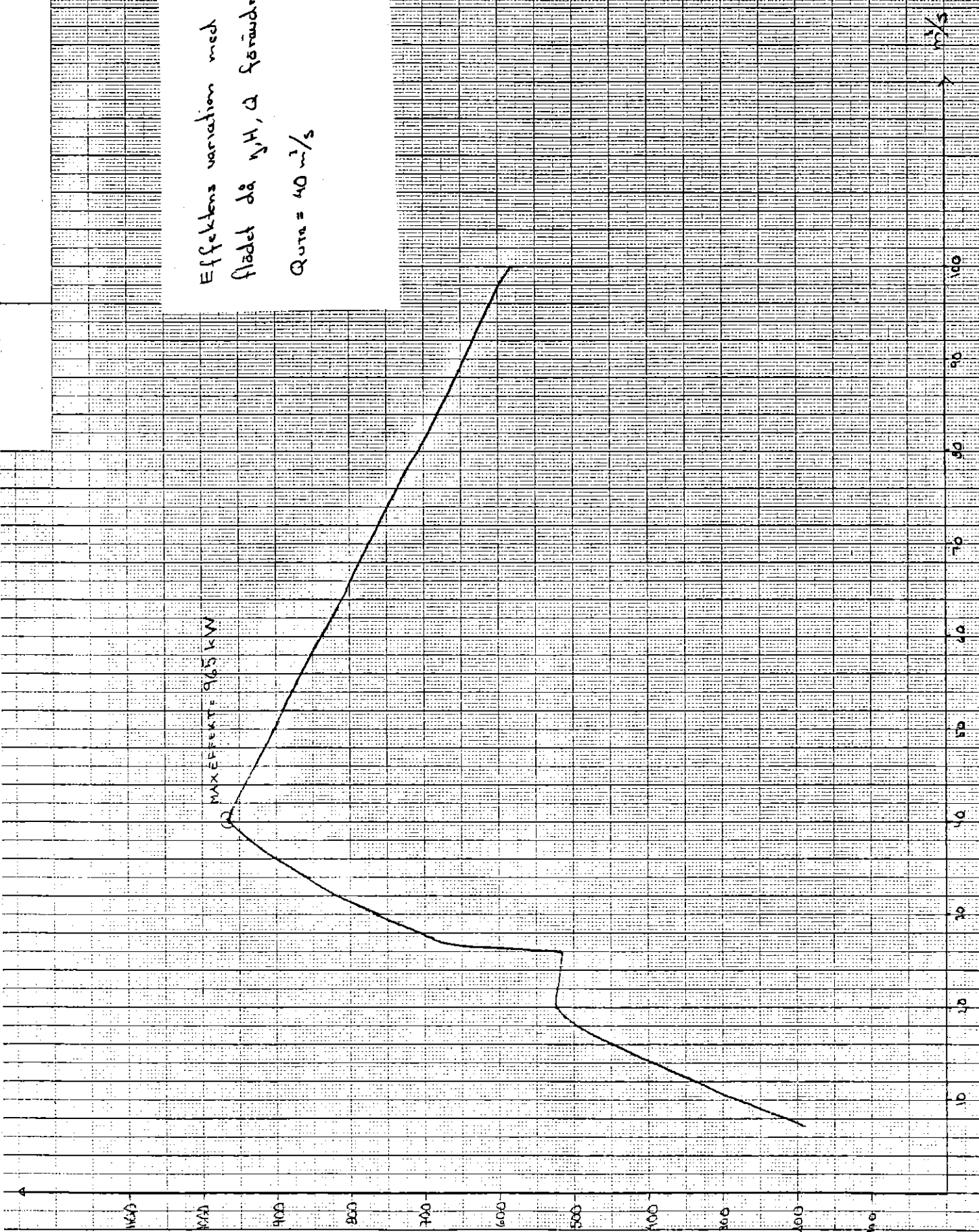


Fig. 8.2

8.3 Anläggningskostnader och årliga kostnader

Anläggningskostnaderna är för de olika alternativen framtagna i kap. 6 och är 6,3 respektive 7,3 milj. kr. Livslängden på sådana här anläggningar brukar vara 25 år på maskinstationens mekaniska delar och 50 år för alla byggnadsarbeten. I allmänhet är dessa år tilltagna i underkant. Amorteringstiden som anses lämplig ur Viskans Kraft AB:s synvinkel är 20 år och den interna kalkylräntan är 11 %. Med utgångspunkt från dessa förutsättningar har vi framräknat en årlig annuitet till 793800 alt. 919800 kr. I denna utvärdering tas ej hänsyn till några skattetekniska vinster utan vi ser till rena årskostnader. Till dessa årskostnader skall läggas de underhållskostnader som föreligger. För ett dylikt projekt sätts de till 1 % för mekaniska delar och 0,5 % för rena byggnadsarbeten. Detta skulle innebära en årlig underhållskostnad på 33.000 respektive 40.000 kr för de olika alternativen. Dessa kostnader skall adderas till den tidigare framtagna annuiteten, vilket skulle ge en total årssumma på 826800 resp. 959800 för de olika alternativen.

8.4 Bidrag

Den nuvarande bidragsformen som innebär ett maximalt bidrag på 35 % av anläggningskostnaden kommer att bestå fram till 1/7 1981. Därefter kommer förmodligen staten att gå in med lån, som under de första 2-3 åren kommer att vara ränte- och amorteringsfria, för att sedan fungera som vanliga banklån eventuellt med viss räntesubvention.

Då Lekvadsfallet ej kommer att byggas före 1/7 1981 är det ointressant att studera bidragens inverkan. Denna bedömning får göras i framtiden och då med hjälp av de nya bestämmelserna som då förhoppningsvis är utarbetade.

De restriktioner som gäller idag kommer förmodligen att finnas kvar då dessa är av nationalekonomisk betydelse. Dessa grundar sig på att insatt kapital skall ge minst 5 % avkastning vid ett energipris på 15 öre/kWh och en tjugofemårig amorteringstid. För våra alternativ skulle avkastningen ej uppfylla dessa krav.

8.5 Jämförelse av alt. I och II

Vid en jämförelse av de olika studerade alternativen har vi i punkterna 8:1 och 8:2 fått fram de årliga intäkterna för alternativen. Dessa, som består av effekt- och energiintäkter, är för

$$\text{alt I} = 78.200 + 384.600 = 462.800 \text{ kr/år}$$

$$\text{alt II} = 102.600 + 410.000 = 512.600 \text{ kr/år}$$

Skillnaden mellan dessa dvs en årlig summa av ca 50.000 skall sättas i relation till skillnaden i investering 6,3 resp. 7,3 milj. kr. En omedelbar reaktion är att den ökade miljonsatsningen kan vara i största laget för att tillgodogöra sig ytterligare 50.000. Men med tanke på de eventuella bidrag-lånemöjligheter som kan utnyttjas låter alt. II mer och mer intressant. Dessutom lär energipriset fortsätta att öka, vilket gör att skillnaden mellan alternativen kommer att öka. En annan faktor är det stora behovet som föreligger av en hög minimieffekt. Så med hänsyn till dessa tre faktorer anser vi att alt. II bör utnyttjas dvs en utbyggnadsvattenföring på $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

9. SLUTKOMMENTAR

Som det ser ut idag, kan man rent företagsekonomiskt ställa sig tveksam till en utbyggnad av kraftverket vid Lekvad. Specifik anläggningskostnad under ett normalår blir 1.63 resp. 1.73 kr/kWh. Detta utan hänsyn till ev. bidrag. Till dessa kostnader skall även hänsyn tas till de effektintäkter som finns och som är av stor vikt.

Vid byggnation får det anses lämpligast att använda en hävertuppställning med två turbiner, en fast och en rörlig, som var och en skall klara av $20 \text{ m}^3/\text{s}$ och för att bäst utnyttja effekten. Vad gäller fallhöjden kan den ej påverkas vare sig uppströms genom dämning eller nedströms genom muddring, utan fallhöjden måste sättas till 3,2 m vid utbyggnadsvattenföringen. Dammbbyggnaden utföres i betong, då detta är möjligt ur avbördningssynpunkt och kommer att minska underhållskostnaderna.

Då det är troligt att energiprisutvecklingen kommer att fortsätta i minst samma takt som de senaste åren skulle detta innebära att lönsamheten för Lekvadsfallet ökar år från år. Detta under förutsättning att anläggningskostnaderna ej ökar i samma takt.

Sålunda får man anse att Lekvadsfallet om några år blir ett nyttigt tillskott till den kedja av kraftverk som idag finns i Viskan.

Kontakter

	Tel.
SMHI; Bertil Jansson, Eggertson	011 - 10 80 00
Västerbygdens Vattendomstol	0521 - 190 80
Viskans Kraftaktiebolag; Holger Fredriksson	0320 - 130 90
Kinna Kommunalkontor; Gösta Nilsson, Erik Skänning	0320 - 142 00
Lantmäterikontoret; Axelson	0320 - 124 28
Kungsfors kontrollrum; Per Bergeling	
Wp-System; Gunnar Danielsson	060 - 12 17 60
Lantmäteriverket, Gävle; Sture Kilgren	026 - 10 03 40
Statens Vägverk, Vänersborg; Bo Jacobsson	0521 - 121 70
SGI (Statens Geotekniska Institut); Leif Eriksson	013 - 11 51 00
KMW, Karlstad; Per Karlsson	0550 - 152 00
Bofors Nohab; Lars Oscarsson	0520 - 180 00
Thorild Persson, VAST	023-230 70
Sind (Statens Industriverk); Lundström	08 - 24 06 00
Asea; Bertil Larsson	021 - 100 00
Värö Bruk; Gustav Sandberg	0340 - 606 60
ABV, Göteborg; Ulf Fredberg, Krister Norén	031 - 49 09 60
Binab, Göteborg; Henrik Nilsson	031 - 19 20 80
Noréns Ing.byrå; Hampus Tiberg	031 - 27 50 35
Energiverken, Borås; Stig Andersson	033 - 11 76 80

Litteraturförteckning

Bofors-Nohab: Small scale hydroturbine program (broschyr).

Bofors-Nohab: Sveriges dolda energireserv (broschyr).

Cederwall, K., Larsen, P., 1976: Hydraulik för väg- och vattenbyggare.

Hallands Naturskyddsförening, 1980:1; Hallands natur.

Reinius, E.: Hydrologi och vattenreglering. Inst.f.vattenbyggn., KTH.

Sjöberg, A.; 1978. Hydrologi för V2. Inst.f.vattenbyggn., CTH: Undervisningsskrift nr 1978:06).

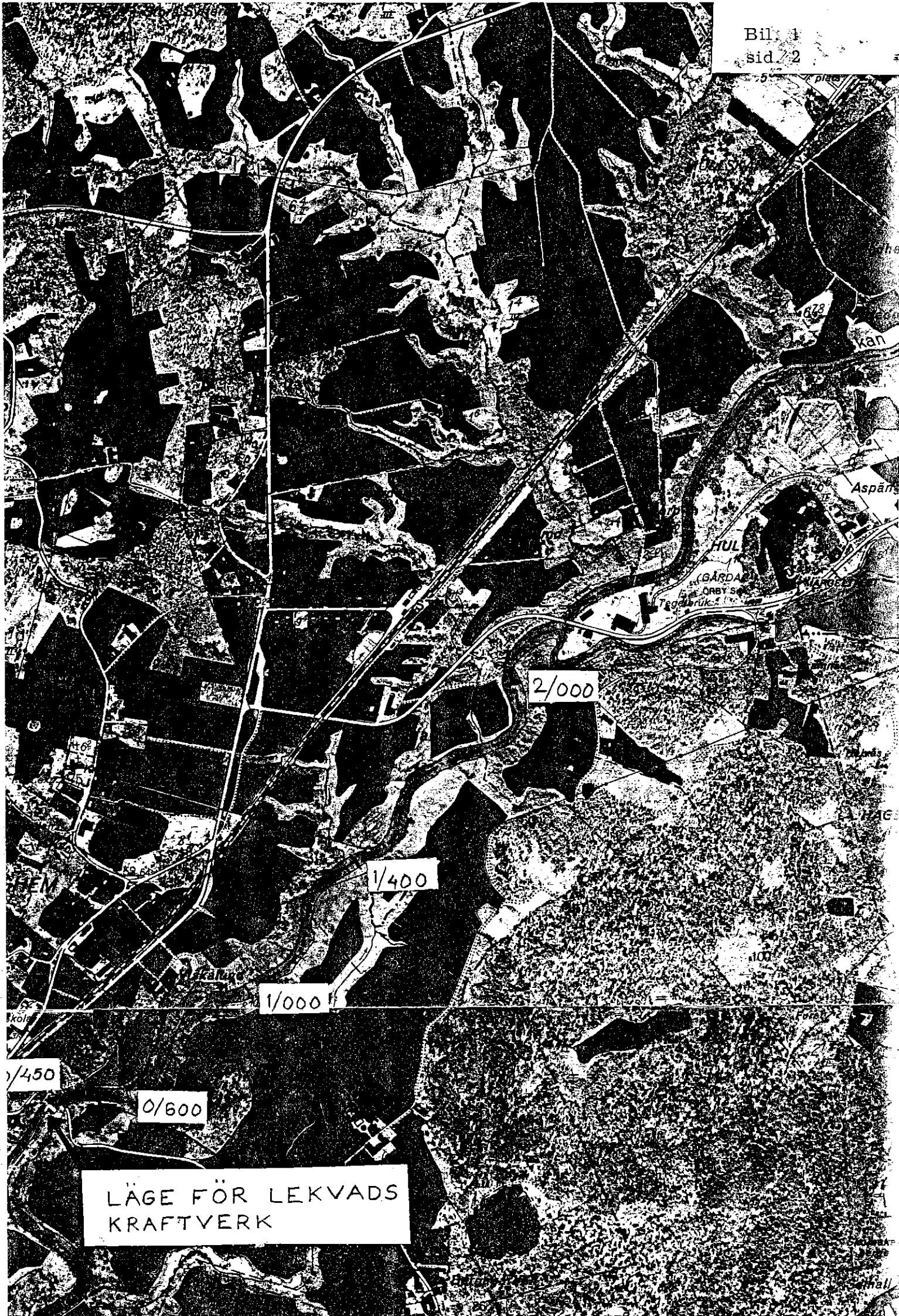
SMHI, 1941; Förteckning över Sveriges vattenfall, 105 Viskan och 106 Rolfsån.

Vast, 1979; Små vattenkraftverk (utredning gjord av kraftverksföreningens utvecklingsavdelning).

VBB, 1943; Utredning angående Lekvadsfallet.

Bilaga 1

Ekonomisk karta 1:10 000



2/000

1/400

1/000

0/450

0/600

LÄGE FÖR LEKVADS
KRAFTVERK

Bilaga 2

Ritningar

Ritning I plankarta

Ritning II sektion A-A skala 1:100

Ritning III sektion B-B skala 1:100

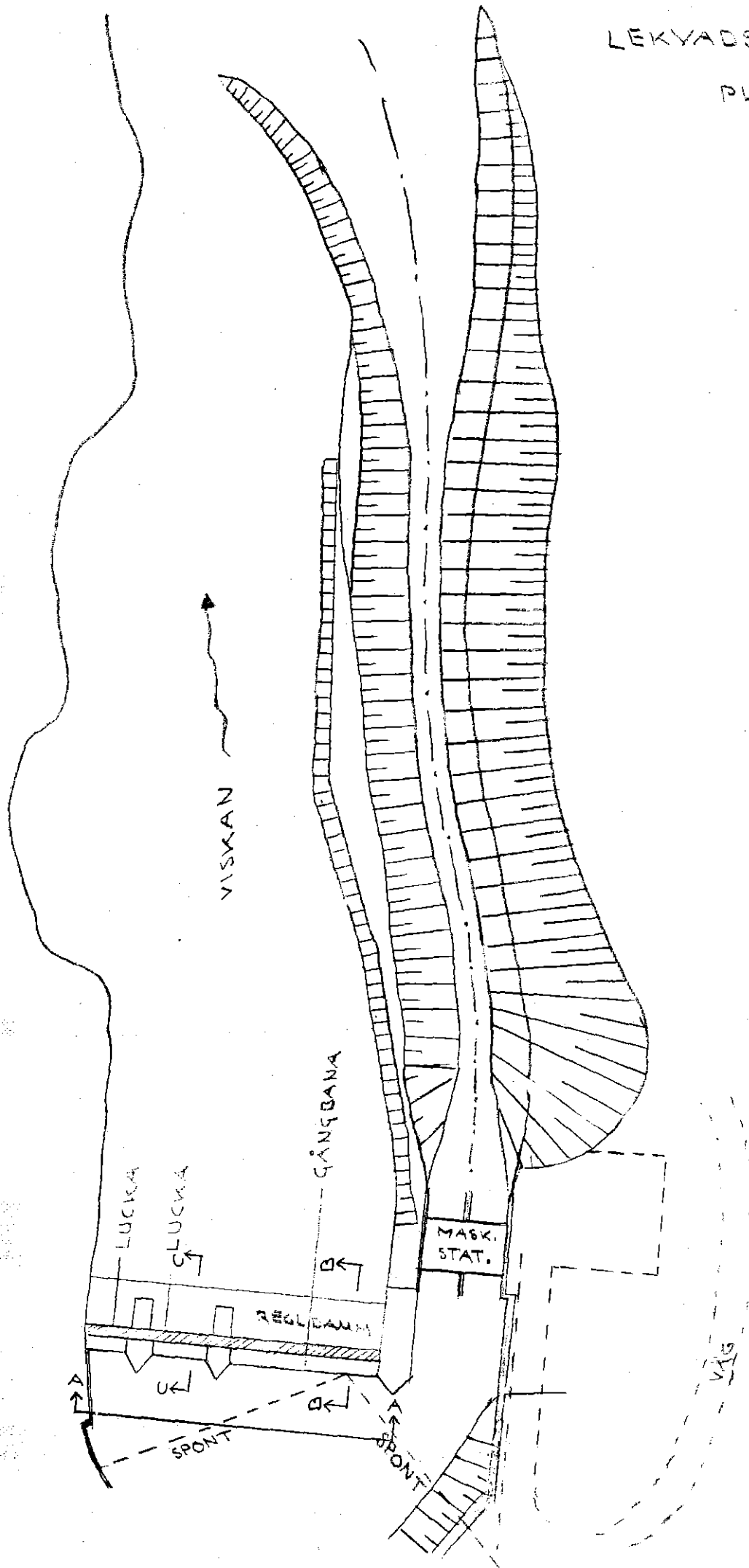
Ritning IV sektion C-C skala 1:100

Ritning V sektion maskinstation 1:100

Ritning VI plan maskinstation skala 1:100

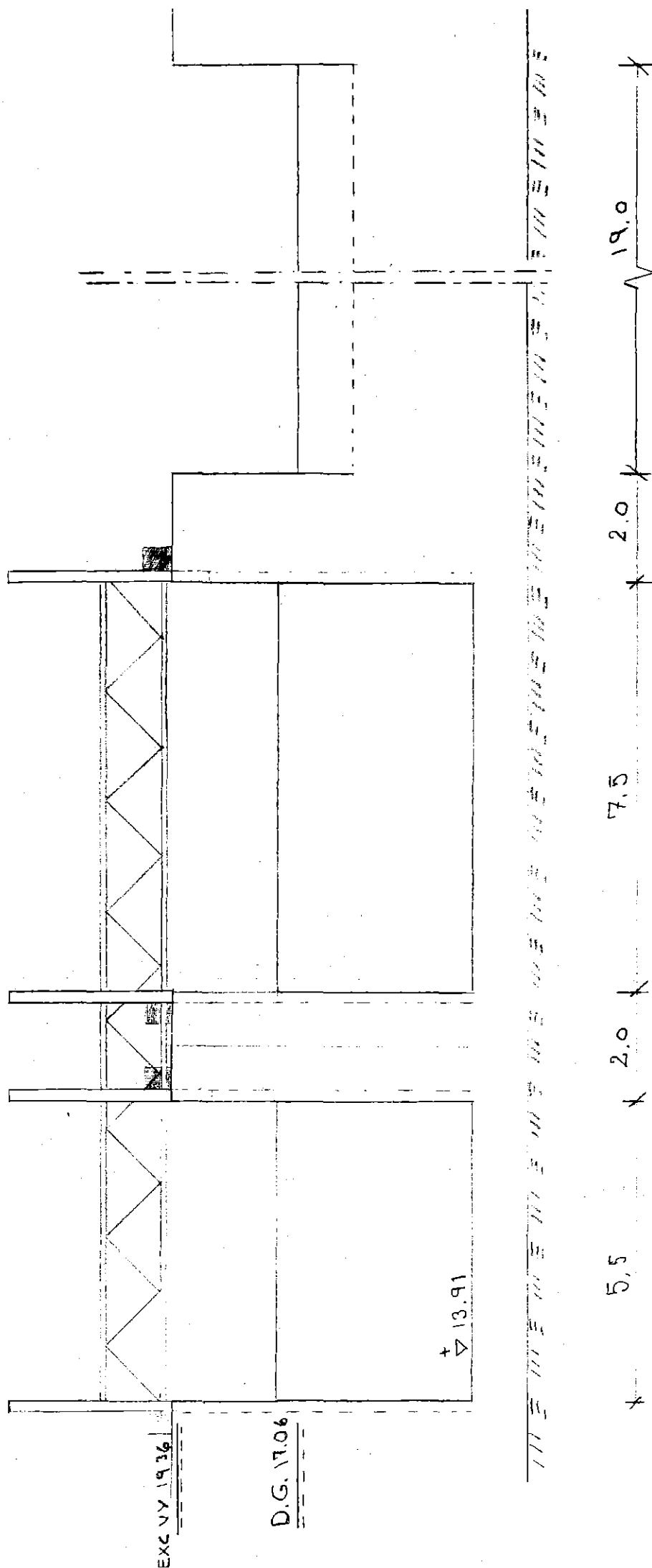
LEKVADS KRAFTVERK

PLAN



SEKCTION A-A

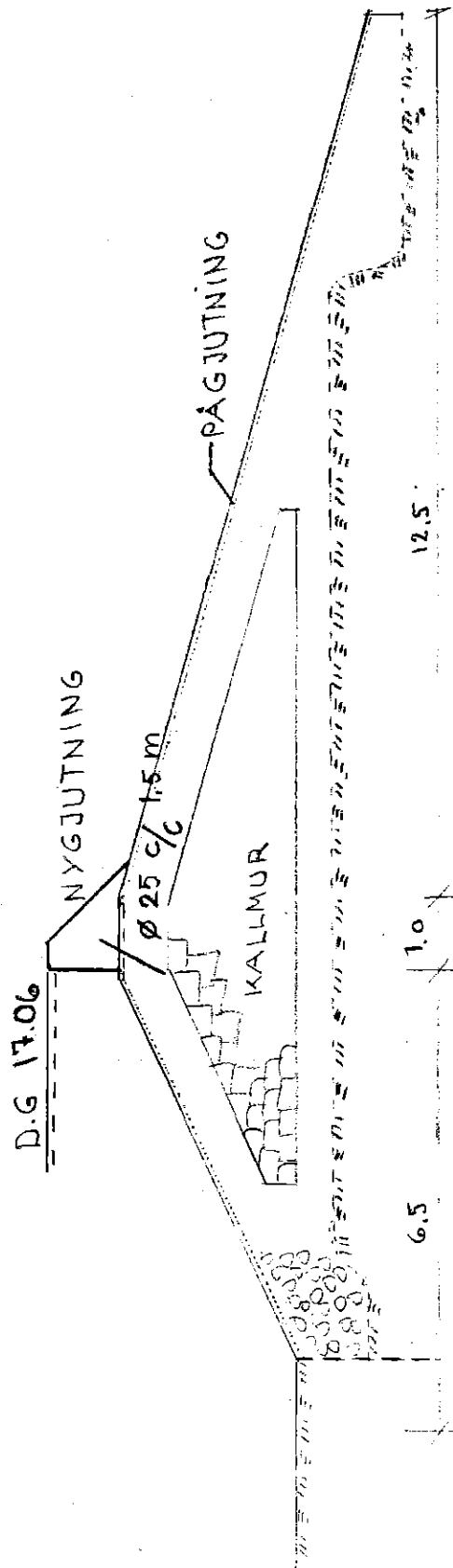
SKALA 1:100



SEKTION B-B

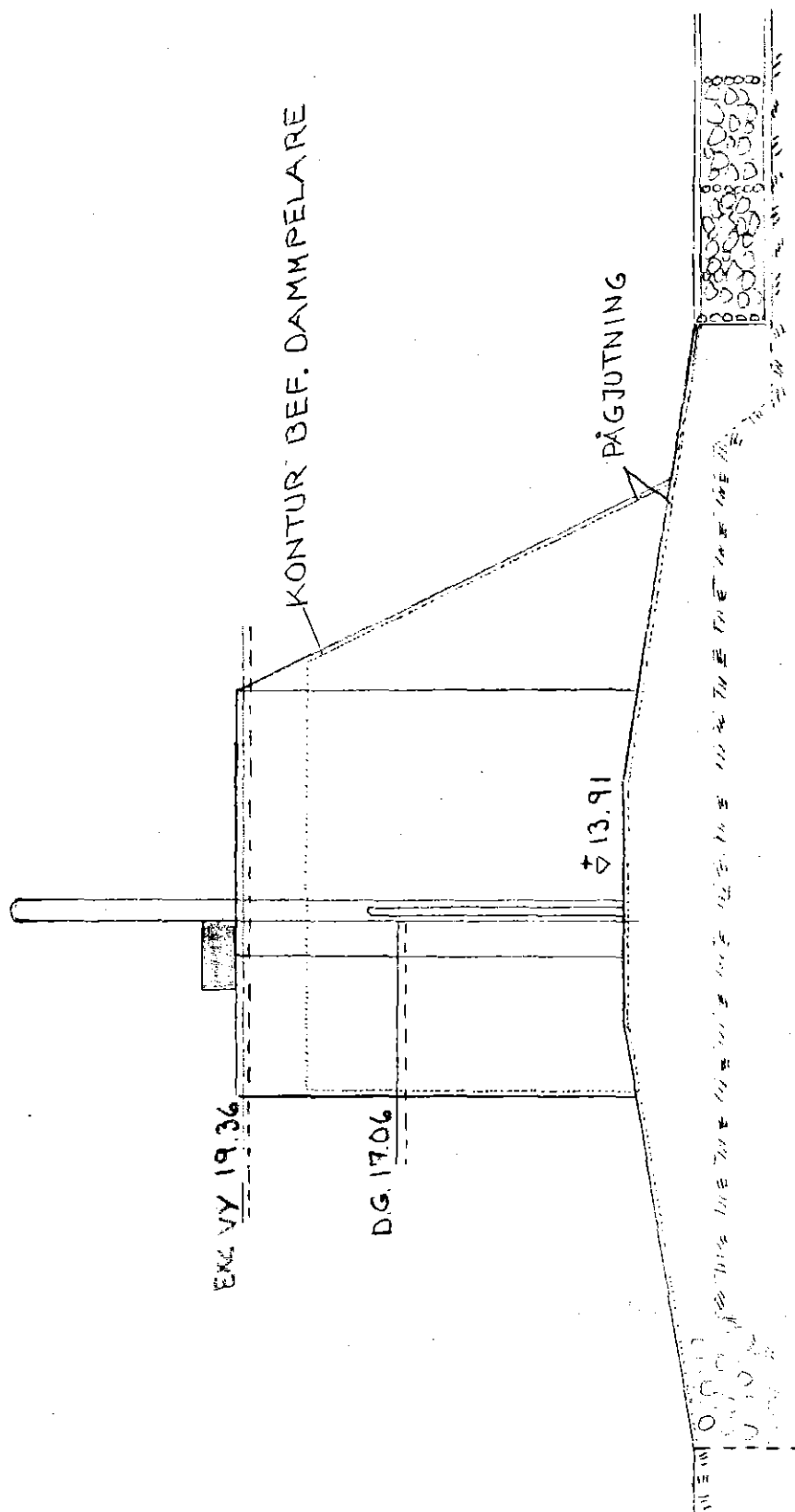
SKALA 1:100

EXC VY 1936



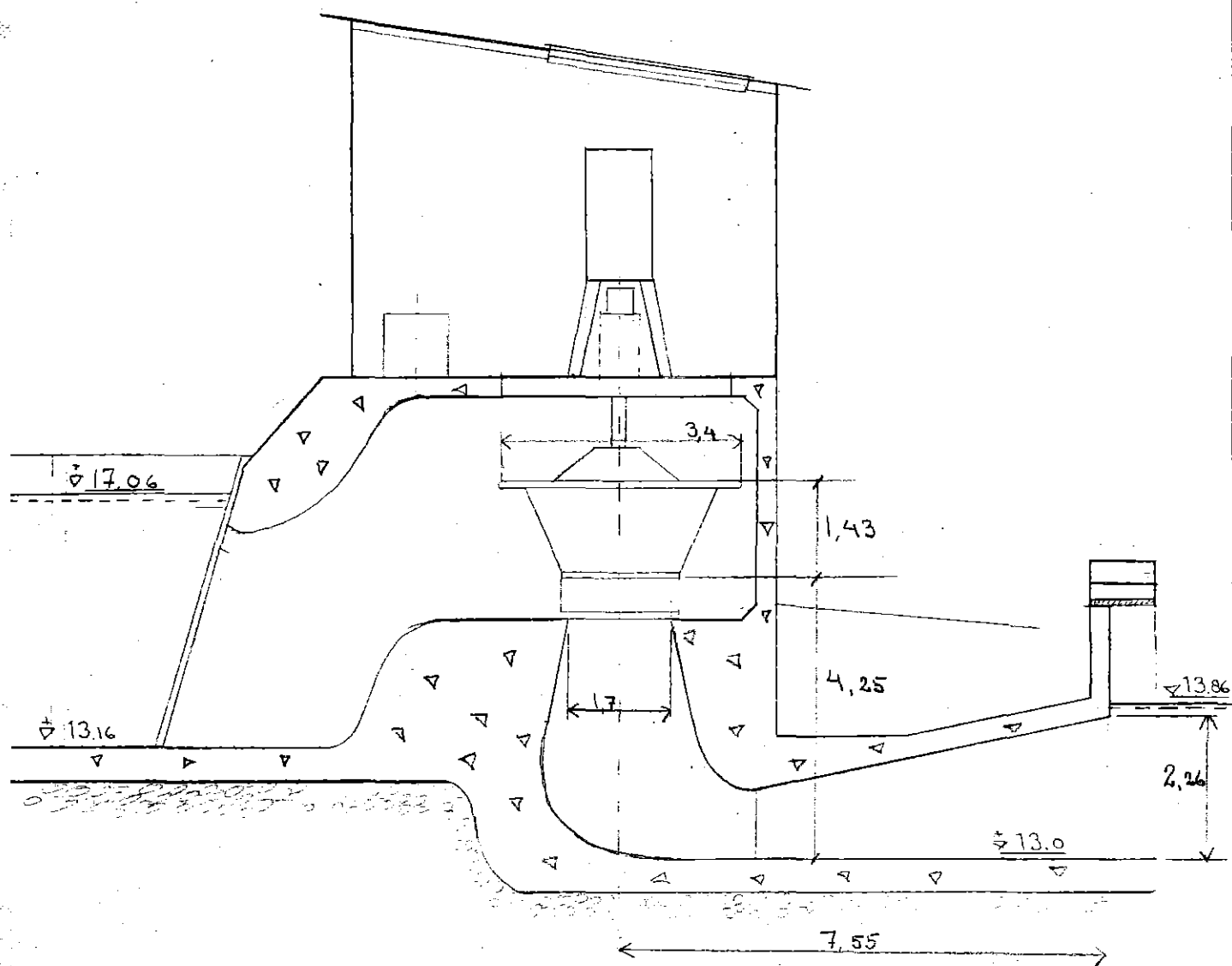
SEKTION C-C

SKALA 1:100

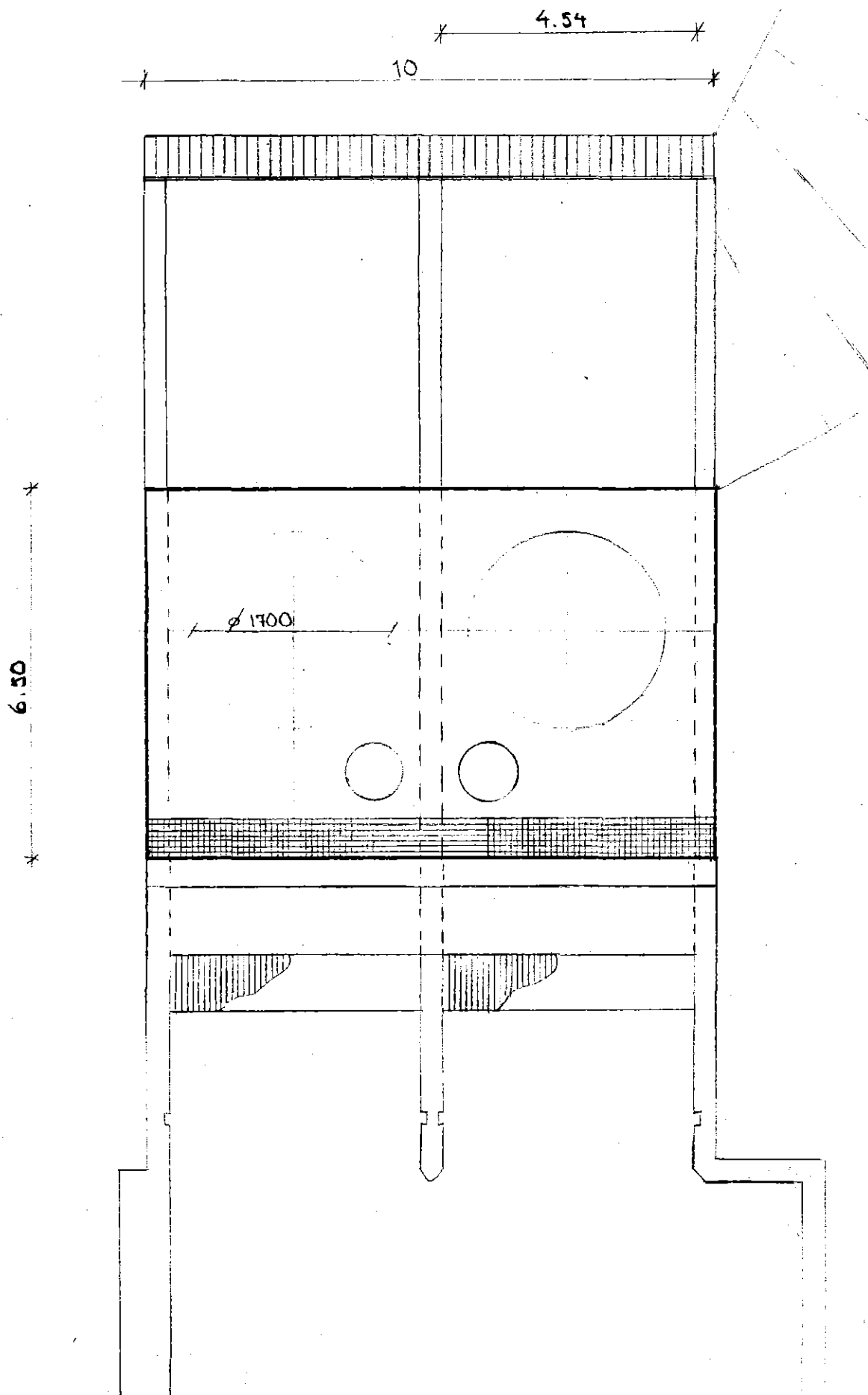


SEKTION

SKALA 1:100



VID ANLÄGGNING $\varnothing 2000$ FÖRSTÖRAS ANGIVNA MÅTT MED
EN FAKTOR 1,18



Vid anläggning 8 2000 förstoras angivna mått
Med en faktor 1,12

Ändring och/eller medd.-nr	Datum	Inf.	Godk.	Nr	Ant.	Ändring och/eller medd.-nr	Datum	Inf.	Godk.
----------------------------	-------	------	-------	----	------	----------------------------	-------	------	-------

Bilaga 3

Längdsektion Skala H 1:100, L 1:2000

Tvärsektioner Skala 1:200

FALL PROFIL LEKVADSFALLET

Höjdskala 1:100

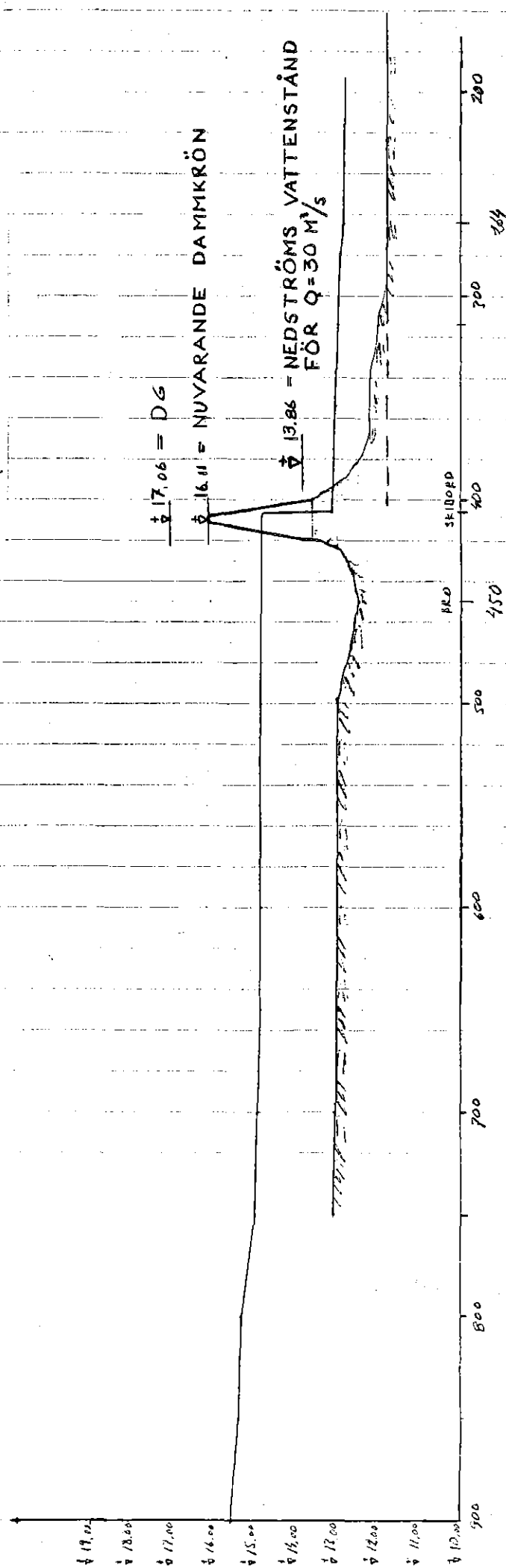
Längdskala 1:2000

Vattenytans profil över per
790904 för $Q = 10.9 \text{ m}^3/\text{s}$

+ 17.06 = DG

16.11 = NUVARANDE DAMMKRÖN

† 13.86 = NEDSTRÖMS VATTENSTÅND
FÖR $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$



TRÄSEKTIONER 0/264 - 0/314
SKALA 1:200

0/314

utloppskanal

± 13.02

± 15.00

± 11.00

0/289

± 12.95

± 15.00

0/264

± 12.87

± 13.00

± 11.00

TURSEKTIONER 0/500-0/550

SKALA 1:200

0/500

Ø 17.00
Ø 15.00
Ø 13.00
Ø 11.00

Ø 17
Ø 15

0/550

Ø 17
Ø 15
Ø 15

Ø 17
Ø 15

SKALA 1:200

0/450

17
15

16.14
14.89

17.00
15.00
13.00
11.00

0/550

17
15

16.15
14.89

17
15
13

Bil. 3
sid. 5

TVÄRSEKTIONER 0/600 - 0/650
SKALA 1:200

0/600

± 16.18
± 17.90

0/650

± 14.90

± 17.7

± 15

± 13

± 15.00

± 13.00

± 11.00

TVÄRSEKTIONER 0/700-0/750
SKALA 1:200

0/700

0/7

0/5

0/3

0/14.21

0/750

0/17

0/15

0/13

0/15.00

