

## 第10章 計画の財務および経済的フェージビリティ

### 10.1 概要

Wabo水力発電計画は、メイン・ダムにより造成された貯水池(FSL EL135、MOL EL110)により全設備容量2,160MW(360MW×6基)の発電所を稼働し、Gulf地区あるいはHall Sound地点の臨海工業地帯に常時電力の供給を行うものである。発電端における年間常時発生電力量は、ロード・ファクターを90%とした場合、11,825KWhであり、一方、送変電ロスを控除したあとのGulf地区工業地帯における年間常時受電電力量は11,660GWhである。また、貯水状況により、受電端で3,130GWh/aの二次電力の受電が可能である。

臨海工業地帯に1基の予備機をふくむ60MW×7基のガス・タービン発電所を設け、Wabo発電所との連動運転を行った場合、受電端における年間常時受電電力量は、11,660GWhから14,000GWhに増加することになる。

本水力発電計画は、臨海工業地帯が発生常時電力の総量を消費できるとの前提に立った場合のみ、財務的・経済的にフェージブルである。本計画が財務的・経済的にフェージブルであるかどうかは、すべてが想定したとおりの常時電力需要があるかどうかにかかっている。

### 10.2 電力需要の伸びに対する仮定

今回のフェージビリティ調査では、工業地帯の電力需要がピークに達するまでの過程を二通りに想定した。一つは、工場の操業開始後5か年間で640MWから1,735MWに到達する場合(以下、5か年案)と他は、10か年間で250MWから1,735MWに到達する場合とである(以下、10か年案)。両案ともロード・ファクターを90%とした。

電力需要予測(上記二案)とこれに対応する発電所設備の増設との関係を示したのが図40(a)と図40(b)で、他方、受電端での年間常時電力需要が5か年ないしは10か年間で11,660GWh/aに達するまでの過程を示したのが表3.6である。

5か年案の場合は、日本興業銀行ブラリ工業開発調査団が1975年に想定したごとく、当初から大規模の複合工場群が稼働することになっているが、10か年案の場合は、まず最初の5か年間にアルミニウム精錬工場が稼働し、残りの5か年間で逐次、他の工場群が稼働して、想定した常時電力需要量に到達するものである。

表36 工業地帯における年間平均常時電力需要  
( Gulf 地区工業地帯 )

( 単位 : GWh/a )

年 次	5 年 案	10 年 案
9	5,800	2,500
10	7,400	3,700
11	9,000	4,800
12	10,600	6,000
13	11,660	7,150
14	11,660	8,300
15	11,660	9,500
16	11,660	10,650
17	11,660	11,650

- 注 1. 上表の電力需要は、Wabo 発電所における発電可能常時出力の限度内で伸長するものと想定(図40(a)および(b)参照)。
2. 発電端のロード・ファクターを90%、受電端に対する送電効率を98.6%と想定。
3. Hall Sound地点での受電可能電力はGulf地区より0.7%減となる。本巻付録Dの「送電ロス」を参照。

### 10.3 工事資金の調達

Wabo 水力発電計画の工事費は、Gulf 地区に送電する場合の送電線の工事費を含めて、1976年9月現在の価格(以下1976年現在価格)で9億米ドル、送電先がHall Sound地点となった場合は10億2,000万米ドルとなる。表37は上記工事費の年次別所要工事資金を示したものである。

Wabo 計画の場合、巨額の事業投資を要すること、本格的に発電収益があがるまでにはかなりの時間を要することから、資金の調達是非常にむずかしい問題で、たとえどのような方法で資金の調達がなされたとしても、着工決定後1,2,3年を経なければ、本格的な償還を始める状態にはならない。

表 3 7 年次別工事資金需要の推移

( Gulf 地区工業地帯に送電する場合 )

( 単位 : 百万米ドル、1976年現在価格 )

年 次	5 年 案	10 年 案
1	12	12
2	25	25
3	50	50
4	105	90
5	120	90
6	218	220
7	240	220
8	95	90
9	23	30
10	10	12
11	2	12
12		11
13		11
14		10
15		9
16		4
17		4
合 計	900	900

- 注 1. 所要工事費の積算に関しては、本巻第9章参照。
2. 上記の年次別工事資金需要はいずれも Gulf 地区に送電する場合のものである。Hall Sound 地点に送電する場合は、上表の5か年目から8か年目までの4か年間に毎年3,100万米ドルを送電線の追加工事費として計上することを要する。

年間運転、保守維持費（OMコスト）は、発電所施設については、発電所工事費の0.78%、送電施設については送電線工事費の1%、すなわちダム、発電所関係では550万米ドル、送電線関係では110万米ドル、合計660万米ドルと見込んでいる（Gulf地区送電案の場合）。Hall Sound送電案の場合、送電線関係のOMコストは、さらに年間110万米ドルの追加を必要とする。

#### 10.4 事業費の回収

Wabo計画にかかわる本格的かつ総合的な財務分析を行なうためには、本計画をめぐる多くの未知の問題があらかじめひとつひとつ解明されていない限り不可能である。

解明すべき問題点としては、たとえば、

- 計画の所要資金の調達と管理の方法。
- 計画（発電部門）の財務計画をPurari河総合開発計画全般の財務計画に組入れ、全体的な調和をはかる問題およびその方法。
- 計画の着工時期
- 価格の上昇に伴う工事請負契約等のプライス・エスカレーション。

以上のほか、十分に信頼しうる的確な長期電力需要予測をたてる問題、大口需要先との電力料金をふくむ詳細売電協定案を作成することなどの問題点も残されている。

今回のフィージビリティ調査を実施した時点では、上記のような問題点はすべてが不明であったから、財務分析に関する作業は、Wabo計画と類似プロジェクトの電力コストとを比較するための手掛りともなる利益を含まないWabo電力コストの指標値（an indicative break even cost of Wabo energy）を算出することに限らざるを得なかった。

電力コストの指標値の算出は、下記する3種の方法で行なった。

- (a) 事業費（特定融資期間と利子率のもとで算出した所要工事費とOMコスト）償還のための年間均等電力コスト（1976年現在価格による年間均等電力コスト）。
- (b) 上記(a)と全く同じ計算方法により算出されたものであるが、実質利子率をゼロ、すなわち割引率をゼロとして算出した年間均等電力コスト（1976年現在価格による年間均等実質電力コスト）。
- (c) 将来の年間平均物価上昇率を加算して算出した年間均等電力コスト（将来価格による年間均等電力コスト）。

上記は、いずれも工業用電力のみならず一般用電力も含めた平均電力コストである。

## 10.5 1976年現在価格による年間均等電力コスト (Financial Power Cost)

これは1976年現在の価格により与えられた融資条件と割引率のもとで算出した総事業費（割引コスト）と融資期間内の発生常時電力の総量から求めた発電収益（割引収益）とを均等化させた年間電力コストのことで、本来、融資期間中に当然発生するはずの物価の上昇傾向とこれに基づくコスト・エスカレーションを、この計算方法においては無視することになっている（本巻付録F-1、第1章参照）。

それは、着工決定から融資期間終了時までの全期間内に要した総事業費を、年平均電力コストという名目で均等分括した結果の、いわば償還のための平均電力価格とも呼べるものである。ただし、融資期間終了時までの価格上昇は全くないこと（計算上無視すること）、利率に相当する内部収益分はこの電力コストに含ませることを上述の計算上の前提条件としている。

この計算方法では、特定の割引率を想定する代わりに、実際に課せられる利率という概念のもとで割引電力コストの算出を行った。インフレ要素を全く無視してはいるものの、Wabo電力コストを同様の方法で算出された類似プロジェクトの電力コストと比較することが可能となる。しかし、その比較を行う際に他の類似プロジェクトの電力コストが、Wabo計画とほぼ同時点の価格で算出されたものかどうか注意を払う必要がある。

表38は利率（割引率）をそれぞれ7%、8%、9%とした場合の電力コストである。表39は、そのような電力コストの要約で、たとえばGulf地区において常時電力需要が5か年間でピークに達すると想定し、融資期間を30年、利率を8%とした場合、同上融資条件のもとでの電力コストは、1.061ミル/KWhとなることを示す。

表38 1976年現在価格にもとづく方法(a)による電力コスト

(単位: USミル/KWh)

受電端および利率	融資期間(2)	5 か 年 案			10 か 年 案		
		10年	30年	40年	20年	30年	40年
Gulf地区	7%	13.64	9.57	8.34	17.82	11.30	9.57
	8%	14.72	10.61	9.42	19.33	12.63	10.92
	9%	15.82	11.73	10.58	20.95	14.09	12.41
Hall Sound地点	7%	15.57	10.93	9.53	20.42	12.95	10.97
	8%	16.79	12.11	10.75	22.13	14.47	12.51
	9%	18.09	13.37	12.07	23.97	16.13	14.20

注 (1) 上記の割引電力コストは本巻付録 F-1、付表 F-1、F-3、F-5、F-7 からの抜粋で、Wabo 発電所を単独運転した場合の割引電力コストを 1976 年現在価格により算出したものである。

(2) 上記の融資期間は着工決定の時点から起算したものである。

表 39 方法(a)によって求めた電力コストとキャッシュフロー

条件：5 か年案、Gulf に工場立地、30 年借款、利率 8%

(1976 年コストは借款期間にエスカレーションしない)

電力コスト：上記の条件で求めた電力コストは、10.61 ミル/KWh となる。

キャッシュ・フローは下表の通り。

年	1976年時点でのコスト (US\$10 <sup>6</sup> )	売電による収入 (US\$10 <sup>6</sup> )	利子 (US\$10 <sup>6</sup> )	各年の末における収支のバランス (US\$10 <sup>6</sup> )	バランスにかかる利子 (US\$10 <sup>6</sup> )	発生電力量 (GWh/年)	電力コスト (ミル/KWh)
1	12.0		0.48	12.48	1.00		
2	25.0		1.00	39.48	3.16		
3	50.0		2.00	94.64	7.57		
4	105.0		4.20	211.41	16.91		
5	120.0		4.80	353.12	28.25		
6	218.0		8.72	608.09	48.65		
7	240.0		9.60	906.34	72.51		
8	95.0		3.80	1077.64	86.21		
9	29.6	615.4	-1.28	1130.64	90.45	58.00	10.61
10	16.6	785.1	-2.48	1156.70	92.54	74.00	"
11	8.6	954.9	-3.48	1158.87	92.71	90.00	"
12	6.6	1124.7	-4.23	1141.48	91.32	106.00	"
13	"	1237.1	-4.68	1111.00	88.88	116.60	"
14	"	"	"	1078.08	86.25	"	"
15	"	"	"	1042.53	83.40	"	"
16	"	"	"	1004.13	80.33	"	"
17	"	"	"	962.67	77.01	"	"
18	"	"	"	917.88	73.43	"	"
19	"	"	"	869.51	69.56	"	"
20	"	"	"	817.28	65.38	"	"
21	"	"	"	760.86	60.87	"	"
22	"	"	"	699.93	55.99	"	"
23	"	"	"	634.13	50.73	"	"
24	"	"	"	563.06	45.04	"	"
25	"	"	"	486.31	38.90	"	"
26	"	"	"	403.41	32.27	"	"
27	"	"	"	313.89	25.11	"	"
28	"	"	"	217.20	17.38	"	"
29	"	"	"	112.78	9.02	"	"
30	6.6	1237.1	-4.68	-	-	116.60	10.61

## 10.6 1976年現在価格による年間均等実質電力コスト(1976 Real Break Even Cost)

Wabo計画の着工決定の時期は、何時になるか全く不明であるが、現時点において他の類似プロジェクトの電力コストと比較しうるよう、Wabo計画の電力コストの1976年現在価格を示すと考えられる電力コストを算出しておくことが望ましい。

前節に述べたと同様の計算方法により特定の融資と実質利率の条件下で算出したのが標題の電力コストである。

上記の実質利率とは、実際に課せられるはずの利率を長期に亘る融資期間中の年間平均価格上昇率で相殺することにより生ずる差を指す。したがって、仮りに上記の平均価格上昇率を実際に課せられる利率と同率と想定した場合、実質利率はゼロになる。

表40の電力コストは、上述のように実質利率をゼロとして算出した電力コストである。このような算出電力コストによるアプローチの主な利点は、Wabo計画の電力コストを1976年現在の時点で他の類似の発電計画の電力コストと比較するための根拠ができたということであるが、工業電力需要先との電力価格協定交渉のための根拠としては不十分である。

その理由は、

- 算出した電力コストは、将来の価格上昇の如何によって変る。
- 着工時期が不明である。
- 算出した電力コストは工業用および一般用電力コストを平均したものである。
- 電力供給側にとって、この電力コストからは融資期間中の発電収益が得られない。

表40 1976年価格による年間均等電力コスト  
(実質利率が0%の場合)

(単位: USミル/KWh)

融 資 期 間	5 年 案			10 年 案		
	20年	30年	40年	20年	30年	40年
Gulf 地点	7.77	4.31	3.09	9.86	4.84	3.34
Hall Sound 地点	8.92	4.95	3.56	11.32	5.57	3.85

## 10.7 将来価格上昇を考慮した年間均等電力コスト

これは長期間に亘る融資期間中の価格上昇は不可避的であるから、予め全融資期間を通じた特定の年間平均価格上昇率を設定、加算することにより算出した、いわば将来価格による年間

均等電力コストで、Wabo計画の財務分析上、このように将来価格により融資期間を通じて適用可能な電力コストを算出しておくことが望ましい。

図41は、上記のごとき将来価格による事業費償還計画表で、これはGulf地区において常時電力需要が5か年間でピークに到達する場合について、融資期間30年、利率8%、年間平均価格上昇率を8%と想定したときのもので、その場合の年間均等電力コストは18.09ミル/KWhとなる。

この電力コストは、電力供給側にとって将来価格により算出された所要総事業費を回収するために融資期間を通じて適用すべき年間均等電力コストということになる。ただし、上記は、

- ・年率8%で価格が上昇すること。
- ・発電開始は着工決定後九年目であること。
- ・利率8%に相当する支出増加をカバーする内部収益を見込むこと。

を前提としている。

表41 コスト上昇を考慮した電力コスト及びキャッシュフロー

条件：5か年案、Gulfに工場立地、50年借款、利率8%及び年物価上昇率8%

年	支	出	取	入	利	子	各年の末に おける収支の バランス	各年の末に バランスに かかる利息	発生電力量 (GWh/年)	電力コスト (ミル/KWh)
	(US\$10 <sup>6</sup> )	(US\$10 <sup>6</sup> )	(US\$10 <sup>6</sup> )	(US\$10 <sup>6</sup> )	(US\$10 <sup>6</sup> )	(US\$10 <sup>6</sup> )	(US\$10 <sup>6</sup> )	(US\$10 <sup>6</sup> )	(GWh/年)	(ミル/KWh)
1976										
77	12.96			0.52	13.48	1.08				
78	29.16			1.17	44.88	3.59				
79	62.99			2.52	113.98	9.12				
80	142.85			5.71	271.67	21.73				
81	176.32			7.05	476.77	38.14				
82	345.94			13.84	874.69	69.98				
83	411.32			16.45	1,372.44	109.8				
84	175.84			7.03	1,665.11	133.21				
85	59.17	104.89		-1.83	1,750.77	140.06		5,800	18.09	
86	35.84	133.83		-3.92	1,788.92	143.11		7,400	18.09	
87	20.05	162.77		-5.71	1,783.6	142.69		9,000	18.09	
88	16.62	191.70		-7.00	1,744.21	139.54		10,600	18.09	
89	17.95	210.87		-7.72	1,683.11	134.65		11,660	18.09	
90	19.39	210.87		-7.66	1,618.62	129.49		11,660	18.09	
91	20.94	210.87		-7.60	1,550.58	124.05		11,660	18.09	
92	22.61	210.87		-7.53	1,478.84	118.31		11,660	18.09	
93	24.42	210.87		-7.46	1,403.24	112.26		11,660	18.09	
94	26.37	210.87		-7.38	1,323.62	105.89		11,660	18.09	



95	2848	210.87	-7.30	1,239.82	99.19	11,660	18.09
96	3076	210.87	-7.20	1,151.69	92.14	11,660	18.09
97	3322	210.87	-7.11	1,059.07	84.73	11,660	18.09
98	3588	210.87	-7.0	961.81	76.94	11,660	18.09
99	3875	210.87	-6.88	859.75	68.78	11,660	18.09
2000	4185	210.87	-6.76	752.74	60.22	11,660	18.09
01	452	210.87	-6.63	640.67	51.25	11,660	18.09
02	4881	210.87	-6.48	523.38	41.87	11,660	18.09
03	5272	210.87	-6.33	400.77	32.06	11,660	18.09
04	5693	210.87	-6.16	272.74	21.82	11,660	18.09
05	6149	210.87	-5.98	139.2	11.14	11,660	18.09
06	6641	210.87	-5.78	-	-	11,660	18.09

表4.2は融資期間中の年間平均価格上昇率を8%と想定し、Gulf地区およびHall Sound地点における常時電力需要(5か年案および10か年案)、融資期間、利率を各種組合せた場合の該当電力コストで、電力供給者が異なった条件下で要した総事業費を回収して行く場合の物価上昇を考慮した電力コストを示すものである。

表4.2 物価上昇を考慮した電力コスト(年間平均価格上昇率8%、  
電力が1985年に供給可能になると想定した場合)

(単位: USミル/KWh)

工場立地点、 利率	電力需要予測、 融資期間	5 年 案			10 年 案		
		20年	30年	40年	20年	30年	40年
Gulf地区	7%	22.25	16.56	15.46	30.06	20.19	18.31
	8%	23.88	18.09	16.95	32.36	22.22	20.27
	9%	25.61	19.74	18.58	34.83	24.43	22.44
Hall Sound 地点	7%	25.57	19.06	17.83	34.53	23.23	21.10
	8%	27.42	20.86	19.52	37.13	25.55	23.34
	9%	29.32	22.86	21.37	40.00	28.08	25.82

## 10.8 財務上の実質内部収益率

前節に述べた三種類の年間均等電力コストからは、売電による収益を得られないので、計画を財務的にフィージブルとするためには、電力当局があらゆる事業負債を償還し、保守維持費を確保し、健全な資金繰りを維持し、さらには満足の行く財務上の内部収益をあげられるような、平均売電価格を設定しなければならない。

表43は、60年の計画耐用年限内での償還を想定したときの、実質内部収益率と電力コストの関係を示す。選択した内部収益率が実質利子率と同じか、それ以上の場合、耐用年限内での回収は可能となる。

しかしながら、融資期間内の操業収益を保証するためには電力コスト(1976年現在価格)が実質利子率ゼロのときの電力コスト(表40)よりも高くなるように実質内部収益率を設定することが必要である。

表43 1976年現在価格による電力コストと  
実質内部収益率との関係<sup>(1)</sup>  
(計画耐用年限60年間での回収を想定した場合)

(単位: USミル/KWh)

	5 か 年 案				10 か 年 案			
実質内部収益率	7%	11%	15%	19%	7%	11%	15%	19%
Gulf地区	7.6	12.7	19.2	29.2	8.6	15.1	24.0	35.5
Hall Sound地点	8.7	14.5	21.8	30.7	9.8	17.3	27.4	40.3

- 注 (a) 前記の電力コストは本巻付録F-1、付表F-1、F-3、F-5、F-7からの抜粋である。
- (b) いずれも1976年現在価格により算出したもので融資期間中の物価上昇率を折込んでいないから、将来、国際市価の昂騰に即した修正を必要とする。
- (c) 一般的にいつて水力開発事業の内部収益率は、通常、上記の数字をかなり下廻るものである。

図40(c)および図40(d)は、それぞれGulf受電端において常時電力の需要がWabo発電開始後5か年間でピークに達する場合と、Hall Sound受電端において10か年で到達する場合の二つのケースについて、さまざまに異なる内部収益率と融資期間の組合せのもとで電力コスト(1976年現在価格)がどのように変化するかを図示したものである。

また、1976年現在価格による算出電力コストを一覧表にしたのが、本巻付録F-1の付表F-1からF-8までである。上述の図40(c)と図40(d)がそれぞれGulf受電端において5か年でピーク電力需要に達する場合およびHall Sound受電端で10か年で達する場合と両極端のケースを図示したのに対して、付表F-1/F-8はこの両極端をふくむ八種類のケースについての算出電力コストを示したものである。

上述の付表を参照して、希望する内部収益率のもとでの割引電力コストを知ることができるが、この場合、上述各ケースについてそれぞれ最小の電力コストは、実質割引率ゼロ、期間は計画耐用年限に相当する60年としたときに得られる。したがって、付表上望ましい内部収益率を設定し60年よりも短い期間内に割引コストの回収をはかるとして、その回収可能期間を付表上で知るためには、まずその望ましい内部収益率(割引率)と期間60年のときの電力コストを読み、次に割引率ゼロの欄上にその電力コストと等しい数字を求めることにより該当回収可能期間が得られる。

例えば、Wabo単独運転、Gulf受電端でのピーク電力需要5か年到達の場合(付表F-1)のとき、バブア・ニューギニア政府が年間7%の実質内部収益率のもとでの回収を意図したと仮定した場合、割引率7%、60年のときの電力コスト7.60 USミル/KWhはほぼ実質割引率ゼロ、融資期間25年のときの電力コストに相当し、電力多消費産業が魅力を感じるような資金回収可能期間はおよそ25年間ということになる。ただし、上述の電力コストは、国際市価の上昇に伴うコスト・エスカレーションを考慮していない1976年現在価格によるものである。

## 10.9 電力価格政策

Wabo電力の実際の売電価格は、電力供給側の責任において決められるのであるが、その電力価格政策のあり方あるいは大口需要先との事前交渉による両者間の電力供給契約などによっても影響を受ける。

電力価格政策の決定は、Wabo計画上の財務管理上の重要問題である。計画地域内の家庭用あるいは一般向け売電価格ないしは売電量の如何が、工業用大口電力の平均電力料金に投影することになる(本巻付録F-1、第5章参照)。したがって、全体の発電収益には響かず、しかもブラリ工業開発計画上の基幹企業となる電力多消費産業に対して一層魅力ある立地条件を提供しうよう、可能な限り業種別に異なる電力料金制度を取入れるようにすべきである。

最大電力料金（KW当り電力料金）と電力量料金（KWh当り電力料金）とを組合せた料金制度を取入れた電力価格政策を採れば、当然、電力の消費のあり方もそれに依りて変るし、ロード・ファクターにも影響するはずである。最大電力料金制度の取入れによって、全体の電力消費が時期により変動するような際にも安定した売電収益を保証することにもなる。電力料金制度のなかに定額料金制を取入れた場合も、同様に売電収益にその影響が現われ、したがって事業負債の償還能力にも関係してくる。

Wabo発電計画のごとく、完工後数年を経なければ本格的な事業収益が得られないような状況下にある計画の場合、償還開始後数年間は償還能力の点で非常に苦しい状態が続くはずである。したがって、この段階から比較的高率の電力料金を課せられるようなら、それは本計画の財務管理を有利にするものである。これは初期に電力価値を資本化し、数年間にわたって、傾斜料金契約を行うことにより達成できる。これにより、平均電力価格により所要内部収益率を保つことができるはずである。

上述のような電力価格政策は、電力供給側の財務管理を有利にするが、一方需要者側にとっては不都合のほずである。傾斜料金契約制度はWabo計画の財務計画を有利に進めさせるが、工場側では、稼働当初の料金はできるだけ低い水準に抑え、以後、たとえば五年後に再度、話し合っ価格協定を更新する等の方法によって、できるだけ工場側の財務を有利に運営するよう望むはずである。

本計画の財務的フィージビリティは、Wabo電力を消費する大規模電力多消費企業の財務的フィージビリティに多くを依存するがゆえに、電力供給協定は疑いなく両者の財務上の要求の妥協の上に成り立つものと思われる。

#### 10.10 Wabo計画に関する経済分析

Purari河総合開発計画（電力、港湾、電力多消費産業、都市開発）は、Papua New Guinea経済の現状からみてきわめて大規模な開発計画である。したがって、この総合開発計画の及ぼす影響を広汎、多岐にわたり検討してみ、始めてPapua New Guinea経済に及ぼす影響を的確に評価することが可能になるが、そのような作業は今回のフィージビリティ調査の範囲を超える問題であった。

Wabo水力発電計画に関する経済分析の結果については、本巻付録F-2に詳述したが、本計画にかかわる発電便益を経済的に評価する方法としては、重油専焼火力発電案に置き換えた最少費用代替法を採ることとした。本計画の内部収益率（IRR）は20%を超えることが判明した。したがって、Wabo計画を調査中の類似計画と比較した場合、本計画は経済的にきわめて有利な電力開発案であり、上述のごとき大きさの内部収益率を超える水力開発計画はきわめて稀れであるといえる。

#### 10.11 Aure水力発電計画に関する財務評価（単独開発の場合）

Aure川水力開発計画に関しては、Wabo計画を補完するための電力開発案として、その第一期開発計画（第6章、6.6節）についてのプレ・フェージビリティ・スタディ（第6章、6.5.3節）を行った。Aure計画は、計画立案の内容およびその固有の地形の利用の仕方によっては、常時出力100MWから450MWの発電が可能である。したがって、工業地帯での電力需要が、ある期間、Wabo計画ほどの大規模発電計画を必要としないと判断される場合には、そのような工業電力需要に対応するための電源として、より詳細な調査を行う必要が出て来ることになるだろう。

本巻付録F-3に、常時出力450MWをHall Sound地点に送電する初期開発案の経済分析の結果を詳述したように、本計画の内部収益率は20%となる。Gulf地区に送電する場合、工事費、OMコストともHall Sound送電案よりも約7%減少することになるので、内部収益率は若干ながら上述よりも高くなる。

Aure計画に関する財務的フェージビリティの分析をWabo計画と同じ方法により行った。表44は、Hall Sound地点に送電するケースについて、実質内部収益率を7%、11%、19%とするために必要な割引電力コストを示す。Gulf地区に送電する場合の方法(a)による電力コスト（Financial Power Cost）は表44よりも若干低くなる。

表44 Aure計画の割引電力コスト

（単位：USミル/KWh）

1976年価格での方法(a)による電力コスト（Financial Power Cost）			
融資期間	20年	30年	40年
利子率 7%	21.79	15.82	13.94
8%	23.62	17.61	15.78
9%	25.58	19.53	17.78

1976年価格での方法(b)による電力コスト

(Real Break Even Cost)

融資期間	20年	30年	40年
実質利率を0%とした場合	11.21	6.52	4.78

コストインフレーションを見込んだ方法(c)による電力コスト

(Future Annual Break Even Cost)

(融資期間中の年間平均価格上昇率を8%、  
発電開始時期を1983年と想定した場合)

融資期間	20年	30年	40年
利率 7%	32.84	25.45	24.17
8%	35.39	27.85	26.46
9%	38.10	30.44	29.00

実質内部収益率を7%、11%、15%、19%とするための

所要電力料金

(計画耐用年限60年、1976年現在価格)

実質内部収益率	7%	11%	15%	19%
	12.00	20.2	30.7	43.7

## 第11章 環境調査

### 11.1 概要

Waboのような大プロジェクトは熱帯の発展途上国に大きな恩恵をもたらし得るものである。Waboプロジェクトは、重工業にエネルギーを供給するとともに、以前には開発されていなかった地域を開発することとなる。しかしながら、これらの利点に対しては、熱帯地方の人造湖に特有な、いくつかの生態的あるいは社会的問題があり、これを評価しなければならない。Waboプロジェクトにおいては、バブアニューギニア政府の一機関であるOffice of Environment and Conservationが実施した予備的考察で指摘された諸問題がある。すなわち水性植物、住民の再定住、堆積とデルタの安定性、マングローブの生存能力及び魚類の養殖区域に関するものである。この調査以前に、National Executive Councilは、ダムと水力発電計画全般の影響としての生態的調査研究を早期に行うことを指令した。しかも、それはもちろんこれらプロジェクトの工作物の建設に何ら着手をしない時点で実施すべきである、というものであった。

世界中の熱帯地方の既存の貯水池におけるいくつかの経験によると、工事後に生じた技術的問題を数多く検討して多額の費用が費されている例もある。例えばFAOによるUNDP計画では、アフリカにおける主要な4箇所のダムプロジェクトにおける二次的問題を解決する作業が実施されたが、このプログラムには8.80万米ドルより若干多い費用を要した。これらのプログラムの費用は、水力発電計画、建設および運用の当初の財政措置には含まれない傾向にあり、この意味では費用/便益の解析は、マクロ経済学および社会的評価の観点からは正確とはいえない。

バブアニューギニアがこれらの熱帯地方のダム建設から学ぶべき教訓は、これらの計画に対してさらに広い多目的のアプローチが必要であるということである。ここでいうアプローチとは、地域開発の促進、国家経済開発、環境条件の向上、天然資源の保全と社会福祉の向上等を目的として考えることである。例えば、これらの考察の結果として、現在の環境調査の漁業部門にその影響が反映されてくるのである。これらを検討することにより、この地方の漁業資源に関する情報と漁業資源開発の可能な方法を求めようとしたものである。この計画が進行するならば、漁業資源の開発はこの地方の経済全体に結びつくことになる。農産物と漁類を工業中心地に供給することにより、従来の生活形態を維持することを望む村民に対し、経済的な利益を得る手段をもたらすことができる。

もしWabo計画に着手しない、すなわち計画の見送りが決定された場合には、特にPurari河の計画が話題になり、住民の期待が大いに高まったという理由もあり、おそらくこの地域に

おける代替の開発が考慮されるであろう。Gulf Province は漁業資源に極めて富んでいるので、漁業開発は代替案の提案の中でも極めて重要な役割を持っている。したがって、魚類とこの地域の漁業の可能性について正確な情報を得ることが必要である。環境的な観点からすれば、魚類の生態に関する情報は、漁業資源と全環境に対する開発の影響を予測するためにも必要である。また何か起り得る変化、例えばマングローブ群生地の変化、湾への栄養物質の流入の変化、あるいは本計画の結果起る工業汚染は、いずれも既存のあるいは潜在的な漁業への影響という面で考慮されなければならない。商業を目的とした漁業または自給のための漁業のいずれにも起り得る損失は、計画全体の費用の中に含めなければならない。逆に、起り得るいかなる利点も、計画の利益と考えることができる。

既に述べたように、潜在的な環境上の問題点に関する予備的な検討は、1974年にOffice of Environment and Conservationによって実施された。これに引続き、計画全体の包括的な環境調査立案を含めたコンサルティングに対する援助が、UNDPに求められた。ここで作成された報告書(Goldmarほか、1975)は、計画に関係ある主要地域についての概要を述べ、さらに、環境要素を計画全体の過程の中で必要不可欠の部分として組みこむ方式を提案した。この報告書はまた、実施されるべき検討のための組織と実際の調査計画を提案し、これらの調査に必要な概算費用が200万Kinaであることを示した。この報告書を受け取った時に、勧告された調査の種々の面について、政府部内で相当の議論があったが、最終的には優先順序をつけ、これら調査の多くを政府部内で行うことになった。

このプログラムの目的は、Waboプロジェクト実行にともなう生ずるPurari河下流域地域の環境の変化を判定するものであり、発生する環境問題の性質と大きさを検討することである。そして救済手段及びあらかじめ防いでおくべき問題、或は修正すべき問題を明確にして、計画及び実行を行うことである。

現在、環境調査により下記の項目につきPNG政府によって検討が進められている。開発によって生じ得るべき植物相と動物相の変化、土地利用の変化、水質流域管理、水中病原体、漁業、沈泥、デルタの生態、廃棄物管理と工業汚染、水生植物、考古学上の保存その他環境の保全、管理および促進に如何なる変化が生ずるか等の多くの面を検討するものである。

環境調査について提案された計画を入念に分析した結果、下記に関する調査が優先的に行われるべきだとの結論に達した。

- 漁業とそれに関連する海産資源
- 水生あるいは陸生生物
- 堆積機構を含むデルタの生態
- 産業開発に関連して生ずる汚染を含む水質問題



- ・流域管理
- ・住民の定住
- ・健康の問題

現段階では、Waboプロジェクト調査の一環として行われている環境調査については、中間的な報告しかなし得ない。本プロジェクトに起因する影響及びその中の好ましくない影響を防止し、管理するのに必要な費用を推定できる十分な情報を収集するためには、PNG政府が行っている調査は少なくとも1978年まで継続されなければならないが、本章ではその一部について述べることにする。この作業はCommonwealth Technical Aid Scheme（オーストラリア連邦技術援助計画）より資金を受けて、環境問題管理組織が企画し1977年はじめに開始された。仮りにWabo計画及び関連産業の活動の開始が遅れたとしても、環境調査はパプアニューギニア全般、とりわけGulf Provinceの社会経済的發展に利益をもたらすであろうという見解が大方の意見である。

## 11.2 漁業

Purari地域における漁業に関する調査は、Department of Primary Industry (Fishery Division)の生物学者によって始められた。漁業に関する主題はデルタに関するものであって、この地域には確立された漁業の伝統を有する人達が多く集っている。デルタには、目下開発中の魚、えび、かに等の莫大な資源があり、沿岸の広大なマングローブの林は、パプア湾におけるえび、その他の海生生物の栄養源となっている。Purari河の水はおそらく湾水域の主な栄養源であろう。漁業調査の目的は、

- ・存在する魚種の確認
- ・魚種の分布形態の確立
- ・魚類の餌と摂取の関係を把握し、広い生態系における各種の魚種の生態条件の調査
- ・魚類賦存の相対量（何が多いか）につき知識を得る。
- ・魚類の移動を含む年間サイクルについてある理解を得る。
- ・繁殖に関する情報を得る — 時期、場所、移動および特別な条件。
- ・各種魚種の環境的に重要な条件を把握すること。

調査区域は河川（Waboと河口デルタとの間）、デルタの淡水区域、デルタの河口部および海岸デルタである。これらの広範な領域から環境型式資料が得られる。例えば海岸砂洲、マングローブの潟、主水道および側水道、完全に孤立あるいは部分的に孤立した分流、支流あるいは湧泉である。本調査により48科、約100種が記録された。大半のものは上述の領域のうちの1箇所あるいは数箇所に限られた。魚の量の多寡及び種類に関する調査結果は、Ariidae

科のなまずが支配的である。完全な食物サイクルは、栄養源の流れと水生の無脊椎動物に関する調査が進まない定められないが、魚はその食物摂取の関係で分類できる。地上植物（例えばいちじくおよびたこの木の果実）の消費者（*Hexanematichthys acrocephalus* などであるが）と地上動物（例えば昆虫）は、直接的に地上生活圏に依存する。mud-eater類（多数の種）は、その栄養の大半を破砕された陸上物質より摂取する。食物連鎖の種々のレベルの中には食肉の水生動物も存在する。これらの大半のものはえびを常食としている。えびは食物サイクルの中で主要な部分を占めるものであって、追加の調査が必要である。

漁等調査においても一つの重要な部分は、村の漁業調査に関するものであって、漁業スタッフとWildlife Divisionおよびラエ工科大学の学生とスタッフの協力によって実施されている。環境の観点からすれば、生活経済の中でどの種が重要であるか、正確にいえどのように重要であるかを知る必要がある。資源的に見ると、今後の漁業の開発は少なくとも当初は既存の漁業慣習と両立しなければならない。村の漁業の調査を行えば、既存の生計漁業に関する数値が得られるであろう。誰が魚を採るか、どのようにして、どこで、いつ採るか、誰が消費するのか、そしてどの位消費されるのか、どの種がどの程度の量を利用されるのか、さらに魚はどのように料理され保存されるのか、ということは全て伝統的な村の漁業を解明するために重要である。Waboプロジェクトが実現する場合には、これらの情報は今後起り得る補償問題を落着させるのに有用である。

漁業に関する最終的な報告はまだできていないが、現在までの結果では次のことが示唆される。

- (a) 上流に上る魚類は、Hathor峡谷の急流によってその遡上が極度に制限される。魚は、魚道等の工作物をダム設計に取り入れても効果は保証されないだろう。これは特に他の地点における成功が限られたものであることからいえることである。
- (b) Purariデルタに未開発漁業資源が存在すること、およびPurariデルタに隣接する海であまり漁業が行われていないことから、ここに努力を集中する方がWabo貯水池における将来の漁業資源を開発、管理するよりも経済的で好ましい。Purari河の魚類の大半は海から来たものであり、その多くはそのライフサイクルの一部を海水、または中間の半淡、半かん帯で過すので、それらが将来Wabo貯水池に定住するかどうかは確実ではない。ダムは、魚類が下流に移動するのに対して障害となるので、それらは完全に淡水内に閉じ込められることになる。商業的に重要な元来の魚類がダム湖に順応しない場合には、湖は外部より導入した適当な魚類を育成するようになるだろう。理論的には、Wabo貯水池は養魚池として年間5,000tの魚類を生産するが、現実の魚獲高は水位低下その他の好ましからぬ影響

によって、これより低くなるだろう。将来の淡水池内における停滞水、あるいは緩流水中の植物プランクトンの種類は、主要な生産性と生物学的研究とをあわせて実施する必要があり、これにより最終的なダム湖の栄養状態を予想する助けともなるのである。

(c) 食土魚類 (mud eating fish)、えび類を捕食する魚類は、いずれも重要であり、またマングローブ地帯で急激に増えているかに類 (mound building crabs) も大切で、これらはすべて Purari 河下流部の堆積土砂と密接な関係があり、河流堆積物は重要である。1.1.4 節で述べるが、ダム建設により、デルタ系に対する堆積物供給が減少することによる影響を評価するために、さらに詳細な作業をすることが緊急必要事項である。

(d) 貯水池湛水の期間に、塩水が現在よりも上流に侵入する可能性については、注意深い検討が必要である。そして実質的な変化が起りそうな場合には、適切な準備ができるように検討を行うべきである。

### 11.3 陸生あるいは水生生物

Purari 河に沿って生存する植物と動物共同生活体は、極めて複雑であり、実態はあまり研究されていない。調査作業は外国人専門家、Wildlife Division (Department of Natural Resources)、および Office of Forest (Department of Primary Industry) によって実施された。すべての記録された動物種のリストは現在集成中である。注目すべきものは、移住性涉禽、火食鳥、犀鳥、極楽鳥および goura 鳩を含む鳥類、さらに2種のワニとカメ (Pitted - Shelled turtle) を含むは虫類である。このカメは、極めてせまい分布を示し、生きた化石といわれている動物である。

Wildlife Division は、提案されている湛水区域における植生と動物相について2回の調査を実施した。湛水によって、特別の生息場所あるいは動植物の種が危機に類することはないとと思われる。今後さらに市街地域と工業地域および道路と送電線に沿う調査が必要である。これに関して注目しなければならない点は、Purari 河下流地域は、バブアニューギニアにおいて相異なる植生、動物が変化する3つの生物学的「縫合領域」のうちの一つであるということである。この地域における開発の結果、ある種が絶滅して、他のものが侵入あるいは混生し、虫害のまん延を防いでいた障壁が取り除かれることになるかもしれない。これを防止するために、自然の植生による切れ目のない森林状態を保全する必要がある。マングローブ、サゴ椰子、および nypa 椰子の広大な樹域に対して他の提案がされつつあるが、このことは、対象地域内で魚類、その他の水生動物が成育しているので重大である。同様にいくつかの地域が将来の国立公園として検討されている。これらは、単に保全という目的のみならず、地域社会に

よって使われている野生生物及び植物群の生存の根源を守るために、まことに重要である。

パプアニューギニア政府のOffice of Forestsは、将来の湛水池内における潜在木材産出量を評価した。しかし、この他貯水池内の発電利用水深範囲、その他将来の航行区域ないし漁業活動区域についても、もしこれらの使用が、妥当と思われるならば、その範囲の伐採量を見積る作業を追加実施する必要がある。さらに、デルタにおける水生無脊椎動物、特にえび類は人間の食用のみならず魚の餌にもなるので、今後調査する必要がある。

#### 水生植物

熱帯地方の貯水池系における共通の問題は、湛水に引続いて起る水生植物の急激な成長である。今までは、浮遊水草が最大の関心事であったが、貯水池に周辺の居住地やかんがい農業地区から汚濁下水あるいは肥料が流入した場合に、糸状水藻が発生した例がある。

貯水領域に水生植物が発生することは魚類の成長を阻害し、漁業活動と航行に支障をきたし健康上の問題をもたらす(人間の病気を宿す病原菌媒介体となるかたつむり、巻貝類の恰好の生息環境を形成する)、又、貯水容量を減少させ、水車流入口をつまらせ、リクリエーション活動を防たげる。水生植物が問題となった場合には、そのコントロールは費用のかかるものとなる。SurinamのBrokopondo湖におけるWater hyacinth, Eichornia, の侵入は、除草の実施を必要とし、その費用は年間25万米ドルであり、更に漁業収入が減少し、蒸発損失量が増加したため、余分に費用がかかった。

Purari河流域内では、多くの場所においてOffice of Forests (Division of Botany)が、水生植物による損害の可能性について調査を行った。ニュージーランドの援助計画によって調査をした植物専門家は、本調査のいくつかの局面について助言をした。以下に概述するところにより、今後さらに調査を行うことが必要である。

どこにでも存在する普通の水生植物が、多数あることが分った。これらの一つであるPistiaは、他の国々の人造貯水池では時に重大な問題となっている。Pistiaは、提案されたWaboダムの効率的な運用を阻害する恐れはあるが、パプアニューギニアの他の地方における状態から推測すると、それはあり得ないと思われる。パプアニューギニアに存在することが知られているMyriophyllum科の中では、M. tuberculatumだけが問題となる可能性を持っている。しかしながら、それは本島には存在せず、現在は局所的にわずかに存在しているに過ぎないので、これがまん延する徴候は見られない。Waboダムサイトに近いTebera湖においては、水生植物が急速な成長をしており、古い航空写真と最近の写真とを比較して見るとよく分る。確認のための現地調査は必要であるが、その湖における過去の調査によると、Phragmites KarkaとCeratophyllum demersumが水界に侵入する可能性がある。同様に、Purari河のWaboとHathor峡谷の間で合流する小さな支流にある淵、

または緩流部分の調査が必要である。これらのよどみに存在する水生植物は、水鳥等によって将来作られる湖水にまん延するかもしれない。

最も悪質の熱帯湖沼の水生植物である *Eichornia* と *Salvania* は、バブアニューギニアには存在しない。そして Wabo 貯水池のためのみならず、国内にある他の湖沼と緩流部分を防護するために、将来の侵入を阻止するために、嚴重な手段を講ずる必要がある。この点に関連して *Myrophyllum aquaticum* の侵入を阻止する手段をとることも必要である。港で嚴重に植物を検査することのできる、立法化された検疫策が必要である。この対策によって、こん包材料、その他はく然とした好ましからぬ没入物、例えば水族館用の鑑賞用水草の売買等もチェックしなければならない。さらに、法律による側面からの援助として、水生植物による危険とそれらの見分け方に関し、ポスター、新聞、ラジオ等による教育キャンペーンを実施する必要がある。プロジェクトが進行するにつれて、植物が鳥あるいは人間によって新しい貯水池に運ばれる可能性があるので、連続的な監視が必要である。

#### 11.4 デルタの生態と堆積物

Purari 河下流地域は、堆積地域であって、大量の沖積土砂が海の外側へ向けて発達するデルタに堆積する。堆積と沈下の作用は、デルタの形態に影響を与えるものであるが、その作用は極めて活発なものである。デルタの形成はまた、潮汐による侵食および堆積物を海岸沿いに西方に移動させる沿岸流の影響を受ける。これらは複合した過程により、土地の現在の形状及び構成を規制するだけでなく、地形と植物の関係をも大いに規制する。このように、実際の堆積デルタから遠く離れた場所の環境も Purari 河から流出する土砂の影響を受けることとなる。堆積物は、マングローブ *nypa* およびサゴ椰子林、あるいは障害となっている土塁に捕促され、デルタ内部に付着される。この地域はまた、頻繁に氾濫する。他の河口環境と同様、Purari 河は魚、軟体動物、えび、かにのような多くの水生動物に対する重要な栄養源となる。

Wabo ダムができると、シルト堆積の速度、水中栄養レベル、その他の面に影響する可能性があり、それによって植生、食物、産卵および成長区域に変化を及ぼす可能性が心配される。Purari 河の流出河水は、既存の漁場であり、将来の漁業の中心地となるバブア湾の水質にも影響する。バブア湾におけるえびの捕獲は、既存の産業であって、750,000 Kina/年の収入をもたらしている。

堆積に関する資料は収集され（第6巻参照）、浮遊物質の環境的側面は、7.8節で議論されている。堆積物の87%が貯水池内に捕促されることを考えると、第6巻（12章）で勧告されたように、この問題に関してさらにデータが必要である。Wabo ダム下流の支流から、堆積物がデルタに流れ込み、堆積物が Wabo 貯水池に捕促され、流入量に変化した場合に起きるデ

ルタの変化についてのモデルを作成して、検討することが依然必要である。

Office of Forests (Department of Primary Industry)は、デルタのマングローブについて、生態系、侵食、再生その他の観測を含む調査を実施した。しかしながら、この報告書はまだ未完成であり、漁業と堆砂の種々の観点から上記の結果を総合的に観察するためには、さらに作業が必要なることは明白である。同様に表流水の塩分と地下水の塩分の変化が、サゴの成長に与える何らかの影響についても調査が必要である。

Gulf Province並びにパプアニューギニア全般のマングローブ植生を見分ける野外検索表は、Botany Divisionによって刊行されている。

## 11.5 水 質

Purari河は、その支流とともに流路の短い急流河川であって、その性質はアマゾン河の上流部に似ている。若干の水質測定を行った(第6巻参照)。本流、各所の支流およびデルタ内の各地点において水質試料を採取し、Mines Laboratory (Department of Natural Resources), Geological Survey, その他の試験所で分析した。濃い灰かっ色の水は、 $40 \sim 1,500 \text{ mg/l}$ の懸濁堆積物を含んでいる。若いカオリナイトの風化は、パプアニューギニアにおける最も一般的な風化で、その結果、カオリナイト、ハロサイト、アロファン等の2次粘土鉱物ができる。Purari河においては、カオリナイトの濃度が比較的高く、そのため水の混濁度は比較的高いが、懸濁堆積物の重量は比較的小さいように思われる。負の電荷を持つカオリナイトは、長期間にわたり水の高い混濁度を保持し、堆積の過程が遅いことが知られている。この水には、世界の平均的な河川と類似のイオンが卓越している。すなわちイオンの種類はCa, Mg, Kおよび $\text{HCO}_3(\text{SO}_4)$ , Cl, である。Na:Caおよび $\text{Ca} + \text{Mg} = \text{Na} + \text{K}$ 等のイオン比は、高地における化学的風化が溶解性物質の主要供給源となっており、それがPurari河下流の化学的性質を決定することを示している。

さらに、水質の基礎データが必要である。貯水に伴う水質の変化により将来起り得るいくつかの問題については、7.8節に記述してある。水の成層化の可能性について、さらに正確に評価するため、モデルを作る必要がある。同様に、栄養物質の変化の可能性については、さらに追加作業が必要である。特に、貯水池に貯えられる大量の堆積物について考究しなければならない(11.4節参照)。

## 11.6 流域管理

Purari河の流域面積は、 $33,000 \text{ km}^2$ (Waboダム地点で $26,300 \text{ km}^2$ )である。自然の堆積は、土塊の移動、斜面の洗い流し、風化および河川の侵食によって生じ、これらは全て流域の大半で、普通に起きている。少数の測定より行われていないが、パプアニューギニアに

おける一年間の平均侵食速度は、約2～5 mmである(Brookfield, 1971)。今回の検討によれば、流域の削剥速度は1.4 mm/年である(6巻参照)。植生は土壌を保全し、比較的安定した流水を維持し、比較的乾燥した時期に流量を増し、河川の堆積土砂量を少なくするので、適切な植生の管理は極めて重要である。流域内で、いかなる変化が起きても、それは流水量と下流に運ばれる堆積物の量に影響を与えるものである。流域全体にわたり、生活にとって必須な農業活動が活発であり、人口急増とともに増加する傾向がある。このことは、休耕期間を短くし、森林の開墾を増加させるので、侵食を加速することになる。これに関連して流域各地では、道路建設と農業のための開墾が行われている。これはまた侵食の原因となる。もし適切な定住対策がなかったならば、貯水池の湛水に引き続いて自然的な移住が行われ、その結果、造園活動が行われることになる。新しく道路が建設されると、新しい地域が開け、それによって、例えばChimbuのように計画外の移住にも拍車がかかることになる。第6巻で議論された堆積についての検討では、堆積速度が増加した場合の影響を考慮していないが、十分な流域管理を行うことを前提としている。

流域管理計画に関しては、更に作業をする必要があるが、いくつかの検討が行われ、これにより流域管理政策を作成するための重要な基礎資料が得られている。オーストラリア国立大学で着手されたChimbu開発の研究は、この点において重要であり、流域の他の部分にも適用できるような、広範囲にわたる勧告をしている。Southern Highland Provinceの人々により農業の強化計画が逐次明らかにされつつあるが、これは流域の上流部全体についても同様に適用することができる。

#### 11.7 住民の定住とそれに関連した問題点

Waboプロジェクトの開発は、その直接区域のみならずバブアニューギニア全体にわたって、人々の生活に複雑な変化をもたらす。Gulf Province内において大量のデータを収集する作業がGulf Province地方庁によって着手された。その他の作業は、バブアニューギニア大学の社会学の学生により行われている。これらの研究がカバーしている事項は、人口統計特性、土地所有、生計活動、資源所有、移住と交易のルート、その他の文化的活動、さらにプロジェクトに対する女性の認識に対して行なわれている。住民との間に有効なコミュニケーション路線を形成するための甚大な努力が、Office of Information (Prime Ministers Department)、地方の役人ELCOMおよびPurari Action Groupのような多くの民間団体によってなされている。多くの人々の間にまだ当惑混乱があるということは、計画の性質およびその将来に対して、現在なお不確定な事項を十分に伝えることが、いかに困難であるかを示している。

## 人間の健康

Gulf における健康水準は低い。マラリア、胃病、肺炎、が疾病と死亡の大きな原因であり、それに次いで伝染病と寄生虫がある。それらは、栄養状態の不良によってさらに悪化している。今後引続き健康調査を行わなければならないが、マラリアに関する調査は Department of Public Health と Defence Force により、完了している。栄養状態の調査は Department of Public Health により完了している。

脾臓と寄生虫に関する調査により、マラリアは Province の大半にわたる風土病であることが示された。換言すれば、2～9才の子供の50%以上がひどいマラリアにかかり、成人の人口が低下している。らい病と結核も流布している。栄養状態に関する調査によると、潜在的なたんぱく質欠乏症が、Wabo と Ihu 地域に存在し、人口の10%以上がビタミンAとビタミンB1不足に陥っている。乳幼児の死亡率が高く、貧血症も流布している。栄養状態の調査結果によって、次のような勧告がなされた。

(a) Gulf Province に Province 所属の栄養士を任命し、このプロジェクト中の大きな建設工事開始に先立って、できるだけ早い時期に派遣する。

(b) Province の全ての普及作業員に対して、トレーニングコースを開く、その目的は、彼らにこの地域の栄養問題の問題点を認識させ、栄養状態を改善するための行動の方向を示唆することである。

(c) Wabo プロジェクトが始ったならば、人々の栄養状態の変化を確認するために、また Province 内部で優先地域を見いだすために、監視制度を確立する。

(d) Department of Primary Industry は緊急優先で、特に次のことに留意して、食物としての農産物の普及を目的とする、適当で高い栄養価を有する作物の種を配給する。特に Winged beans やピーナツのような豆類が良い。

進歩した漁業技術とともに、くん製、塩づけ、あるいは干物のような適切な処理技術を普及させる。

次の分野においてさらに作業が必要である。

(a) Purari 河における高い細菌汚染(第6巻)。



(b) 節足動物に寄生するウイルスによる、病気の増加とまん延に対するプロジェクトの影響。現在、いくつかの主要グループがあって、病気を引き起していることが証明されている。それらの中には、デング熱、Murray Valley 脳炎等の新しい熱病がある。Aedes aegypti は、主な保菌生物としての蚊であって、市街地あるいは新開地で、水が水槽に貯えられている所に集中する。パプアニューギニアの Institute of Medical Research は、寄生虫の媒介生物と保菌生物を根本的に監視するとともに、この分野の仕事に着手することになっている。

(c) 湛水地域および下流地域における病原菌媒介生物、特にマラリアとフィラリアの媒介生物、Bancroftian フィラリア症は、この地域の風土病であるが、感染率はあまり高くないようである。Anopheles farauti と Punctulatus および Culex fatigans が主要媒介生物のようである。

Anopheles は、半永久的、あるいは一時的な水たまりで増殖する。外国人作業員による病原体の導入の可能性を考えると、住血吸虫病を伝播する地方種のかたつむり、onchocerciasis のミクロフィラリアを伝播する Simulium 属のはえ等の、病原媒介生物についての研究も必要であろう。

(d) 性病のような伝染病に対するプロジェクトの影響、ならびに重要な健康サービスと専門家による健康管理の必要性。

#### 考古学的遺跡

パプアニューギニア大学の人類学科は、考古学的あるいは有史前の遺跡についての既存の知識の収集を実施した。これにより、湛水区域において、より詳細な調査を行うことが決定され、国立博物館のスタッフによって実施されることになっている。

## 第12章 プロジェクト実施のための諸準備

### 12.1 必要な組織

本プロジェクトを遂行するために、単一機構の形式をとり、Purari Development Authorityの名称で、専任の委員長の指揮のもとに全体組織を形成することが、勧告されたが、これについては第1巻に述べた。この機構には三つの部があって、それぞれは副委員長の指揮下にある。これらの部は電力部、施設部および総務部である。

### 12.2 最終調査と設計

将来行われる最終調査と最終設計段階での作業の目的は、工事中においても本質的に変化しない広範な設計を行い、競争入札の前提条件を与えるに十分な図面、仕様書およびその他の補足情報を作成することにある。配筋その他の詳細を示す施工図面は、建設の進捗にもなって作成することとする。

この段階及び建設中の請負工事監督のために、コンサルタントが指名されることになる。この機構(the Authority)の初期における重要な仕事の一つは、コンサルタントのプロポーザルを受けるために詳細な引き合い条件(Terms of reference)を準備し、できれば着手決定の段階では、すでにコンサルタントを選定しておき、開始準備を整えておくようにすることである。最終調査と設計において必要とする作業についての勧告は、付録Gに記述してある。Waboの前にAureプロジェクトを開発するのが魅力的であるならば、このプロジェクトの完全なフィージビリティスタディに対する勧告を行うことも含まれる。

知識の伝達を最良に行うために、作業は可能な限りパプアニューギニア内で行うことを勧告する。多くの材料試験は、既存の試験所で実施できる。しかし、品質管理のために、Waboに試験所が必要である。可能な限り多くの試験を実施するために、早めに設立する必要がある。地形測量は、地元の測量会社が行うべきであるが、請負工事管理段階では、Authority自体の測量部門を持つべきである。特別なボーリングと模型試験は、外国の組織で行うのが最善であるが、これはパプアニューギニア内で利用できる設備のいかんによる。

フィージビリティ調査段階と同様、最終調査段階においても、小型軽飛行機もしくはヘリコプターを使用する必要がある。船外機を備えた小型モーターボートは、過去の実績があまり良くないので、あまり信頼性をおかないよう勧告する。Pawala 棧橋からサイト周辺への人間あるいは機材の運搬には、5トン以下の軽量ディーゼル船を考えるべきである。これらの船は、満載した時は排水量速度で航行するが、機材1トンまでの軽荷のときは設計速度で航行する。

## 12.3 工事請負契約

9.2 節において下記の4つの主要な工事請負に対する記述がなされている。

- 土木工事請負契約
- 発電プラント請負契約
- 送電線工事契約
- 端部変電所請負契約

これらの請負契約をいついかなる時点で行うかは、図3.9に示されている。土木工事は単価精算方式によって実施するよう勧告する。

主要請負契約以外の調達及び工事が必要であるが、これらは主要土木工事請負業者の現地乗り込みの前に完了する必要がある。これに要する設備は、9.4 節に掲載してあるが、大半は請負契約によることができる。3台のサクションカッター浚渫機のような重要項目の購入は、専門のコンサルタントが準備した仕様書のもとで、国際入札によって行いべきである。

### 第13章 参 考 文 献

- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (1970). Register of selective withdrawal works in United States. Task Committee on Outlet Works, Committee on Hydraulic Structures. Proceedings of the Society. Journal of the Hydraulics Division. September 1970.
- AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS (1969). Flood breach of partly completed rockfill dam. ANCOLD Bulletin, July 1969.
- BEAUCHAMP, R. S. A. (1964). The Rift Valley Lakes of Africa. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol No. 15. : 91-99
- BELL, H. S. (1942). Stratified flow in reservoirs and its use in prevention of silting. United States Bureau of Reclamation, Soil Conservation Service. Miscellaneous Paper No. 491. September 1942.
- BLEIFUSS, D. J. (1964). Unwatering Akosombo cofferdams. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. SM2 March 1964.
- BROOKFIELD, H. C. and HART, D. (1971). Melanesia : A geographical interpretation of an island world. Methven Co. Ltd. London 1971.
- BROMS, B. B. and FORSSBLAND, L. Vibrating Compaction of cohesionless soils. Paper published by Swedish Geotechnical Institute. Date unknown.
- BUTTLING, S. and SHAW T. L. (1971). Sedimentary Processes in reservoirs. International Association for Hydraulic Research. Paper No. 109.
- COMMONWEALTH ALUMINIUM CORPORATION PTY. LTD. (CAC) (1960). Report on Site Investigations for proposed Wabo Dam, Purari River, Papua. Lab. Ref. No. S/1922/A, George Wimpey & Co. Ltd. December 1960.

- COOKE, J. B. (1974). Details of New Melones Dam, Bogota, and comments on slab design thickness. Private communications, Kentfield, California, 24 June 1974 and 29 December 1974 respectively (unpublished).
- COOKE, J. B. (1974). Review of current practices in design and construction of concrete faced rockfill dams. Unpublished. Cooma, 21 July 1974.
- COOKE, J. B. (1976). Verbal communication during fourth meeting of Joint Technical Board. Port Moresby. February 1976. (Unpublished).
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA (1969). Anchicaya Dam, Columbia tender documents, September 1969.
- CREAGER, W. P., JUSTIN, J. D., HINDS, J., (1960). Engineering for Dams. John Wiley and Sons.
- DAS, B. P. (1972). Stability of rockfill in end-dump river closures. Journal of the Hydraulics Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. 98 (HY11) November 1972.
- DAVIS, C. V. and SORENSEN, K. E. (1969). McGraw-Hill Book Company. Third edition.
- ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY, THAILAND, (1971). Bhumibol reservoir sediment survey. Report of the Survey Division, Planning Department, June, 1971.
- FRASER, J. B. (1962). A steel faced rockfill dam for Papua. Institution of Engineers, Australia. Civil Engineering Transactions. CE4(2), September 1962.
- GOLDMAN, C. R., HOFFMAN, R. W. AND ALLISON, A., (1975). Environmental studies design, Purari River Development, Papua New Guinea. Ecological Reserach Associates, Davis, California.

- GOLTERMAN, H. L. (1975). Physiological limnology - An approach to the Physiology of lake ecosystems. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Chapter 9.
- CORDON, J. L. (1970). Vortices at intakes. Water Power, April 1970. HALCROW, Sir William and Partners, (1956). Report on the development of water power in Papua. Prepared for New Guinea Resources Prospecting Co. Ltd. January 1956.
- HALCROW, Sir William and Partners, (1956). Supplementary report on the development of Water Power in Papua - Purari Hydroelectric Project. Prepared for New Guinea Resources Prospecting Co. Ltd. May 1956.
- HALCROW, Sir William and Partners, (1962). Report on the Purari River Hydroelectric Project - Wabo Development. Prepared for British Aluminium Co. Ltd. January 1962.
- HATHAWAY, (1951). Fourth Congress on Large Dams. Discussion on Question 14, Sedimentation of reservoirs and related problems. New Delhi, 15 January 1951.
- HILF, J. W. (1948). Estimating construction pore pressures in rolled earth dams. Second International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rotterdam, 1948, Proceedings.
- HOSKING, A. D. (1968). Subsurface testing with particular reference to embedded instruments. Australian Road Research Board Proceedings, 4(2)
- HOSKING, A. D. (1974). Monitoring of earth-rock dams. Australian Geomechanics Journal, G4 (1).
- HUTCHISON, G. E. (1957) A treatise on limnology. John Wiley and Sons, Inc : 462-465.
- INDUSTRIAL BANK OF JAPAN LTD. (1975). Report by Purari Industrial Survey Mission, March 1975.

- ISBASH, S. V., (1936). Construction of dams by depositing rock in running water. Second Congress on Large Dams, Washington, 1936, 5.
- JONES, J. C., (1967). Deep cutoffs in pervious alluvium, combining slurry trenches and grouting. Ninth Congress on Large Dams, Question 32. Istanbul, 1967.
- KAROL, R. H., (1968). Chemical grouting technology. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Division of Soil Mechanics and Foundations. SM1, January 1968.
- KULESH, N. P., (1971). Experimental study of reservoirs with density currents formed during the flood, calculation principles for silting of such reservoirs. International Association for Hydraulic Research. Paper No. 104.
- LABIB, A. H., (1970). New techniques applied to the design and construction of the High Aswan Dam. Tenth Congress on Large Dams. Montreal, 1970.
- LAMBE, T. W. and WHITMAN, R. V., (1969). Soil Mechanics. Wiley, 1969.
- LEEDS HILL AND JEWETT INC., (1974). Purari River Development and Wabo Project. Prepared for Papua New Guinea Office of Minerals and Energy by T. A. Land, President. June 1974.
- LEEDS HILL AND JEWETT INC., (1976). Upper Purari hydroelectric investigations, report prepared for Papua New Guinea Electricity Commission, May 1976.
- MACGREGOR, W., (1967). River Diversion at Furnas, Water Power, September 1967.
- MIKHALEV, M. A., (1971). Control of silting in reservoirs on mountain rivers. International Association for Hydraulic Research. Paper No. 101.

- MILES, K. R. (1960). Report on further geological investigations, Wabo Dam Project. January, 1960.
- MORPURGO, S. and BREZZI, A. (1976). Influence of climate conditions on Chivor Dam construction. Twelfth Congress on Large Dams, Mexico, 1976. Question 47.
- MURTHY, Y. K., (1972). Engineering problems in the design and construction of recent dams in India. Irrigation and Power, January 1972.
- NIPPON KOEI CO., LTD., (1972). The Wabo Hydroelectric Project on the Purari River (Papua New Guinea), July 1972.
- NIPPON KOEI CO., LTD., (1973). The Lower Basin Development of the Purari River (Papua New Guinea) Preliminary Report. September 1973.
- NIPPON KOEI CO., LTD., (1973). Tsengwen Reservoir Project (Taiwan). Design Report.
- PALTA, B. R. and KHOSLA, H. K., (1970). Diversion of the river Beas during construction of Beas Dam. Irrigation and Power, July 1970.
- PAPUA NEW GUINEA, OFFICE OF ENVIRONMENT AND CONSERVATION, (1975). Letter (Ref. 6-4-5(2) ) to Office of Minerals and Energy, 4 September 1975 (unpublished).
- PAPUA NEW GUINEA, OFFICE OF MINERALS AND ENERGY (1976). Notes tabled at the fourth meeting of the Joint Technical Board, Port Moresby. February 1976 (unpublished).
- PRATT, H. K., (1970). Diversion at Portage Mountain Project. American Society of Civil Engineers. Journal of the Power Division. P03, June 1970.



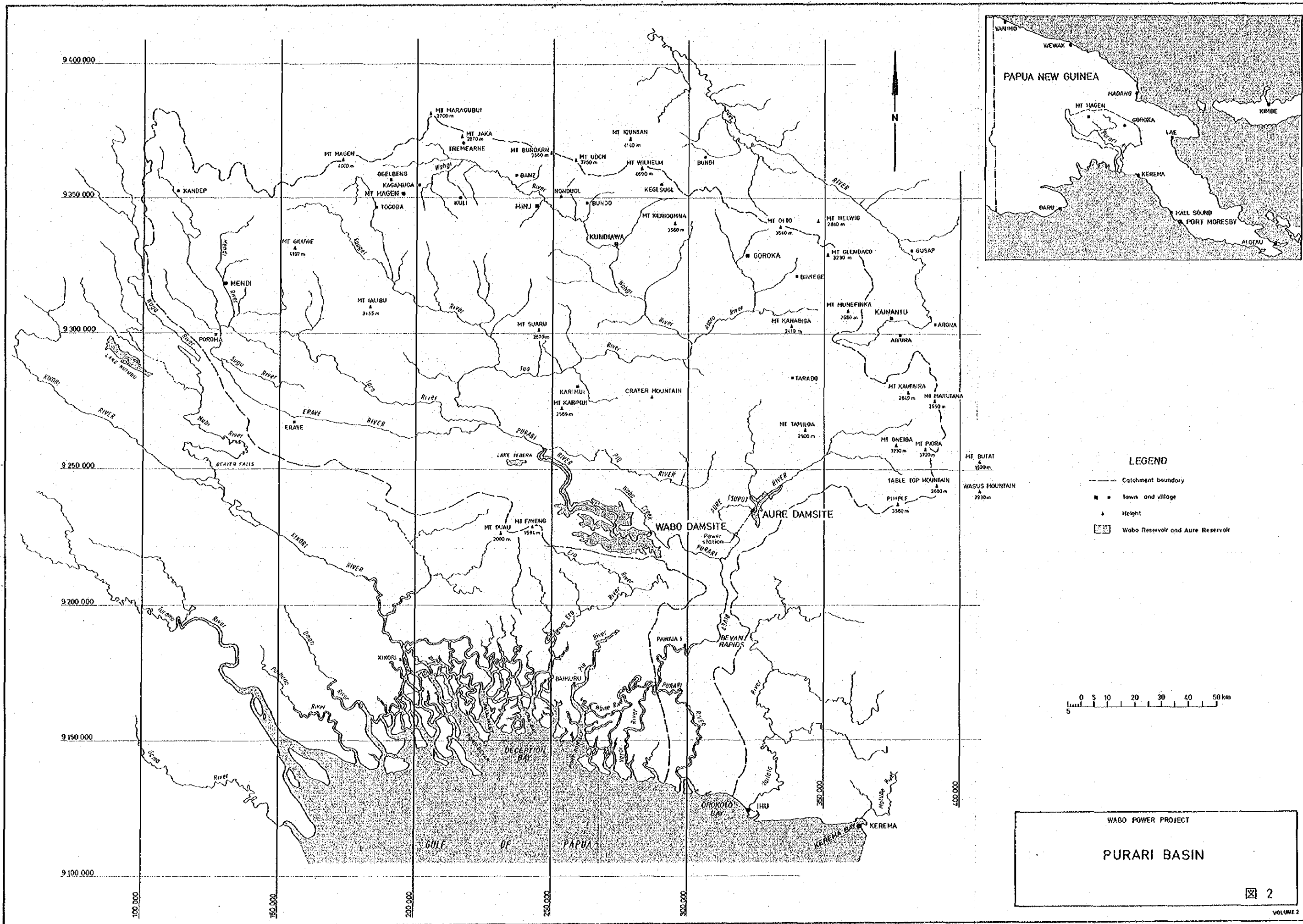
- PUBLIC WORKS DEPARTMENT OF P. N. G. (1971). Pai-a Inlet port site, Gulf District, Papua New Guinea. Compendium of basic data and preliminary assessment. Prepared for Department of Transport, November 1971.
- RAO, K. L. and CHOWDHURY, (1951). Fourth Congress on Large Dams. Discussion on Question 14, Sedimentation of reservoirs and related problems. New Delhi. 15 January 1951.
- RAUD, J., (1958). Desilting devices on the Iril Emda Dam, results after operating for four years. Original in French. La Houille Blanche. Year 13, No. 4. August - September 1958.
- RÜTTNER, F., (1931). Hydrographische und Hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. Arch. Hydrobiol. Supp. No. 8 : 197-454.
- SANDOVER, J. A., (1966). Hydraulic stability of loose-tip cofferdams. Water Power, August 1966.
- SANDOVER, J. A. and TALLIS, J. A., (1966). Construction of loose-tip cofferdams. Water Power, July 1966.
- SANDOVER, J. A., (1971). Theories of closure of rockfill dams. Journal of the Construction Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, CO2, November 1971.
- SAVILLE, T., McCLENDON, E. W. and COCHRAN, A. L., (1962). Freeboard allowances for waves in inland reservoirs. Journal of the Waterways and Harbours Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 88, (WW2), May 1962.
- SHAND, N. and PELLIS, P. J. N., (1970) Experience in the design and construction of reinforced rockfill dams. Tenth Congress on Large Dams, Question 36, Montreal 1970.
- SHERARD, J. L. et al., (1963). Earth and earth-rock dams : engineering problems of design and construction. Wiley, 1963.

- SNOWY MOUNTAINS ENGINEERING CORPORATION, (1970). Assessment of Runoff and Hydroelectric Potential - Territory of Papua New Guinea. Report prepared for the Department of External Territory of Papua New Guinea. Report prepared for the Department of External Territories, Australia, August 1970.
- SNOWY MOUNTAINS ENGINEERING CORPORATION, (1974). Purari Project - Papua New Guinea, Review of Nippon Koei Preliminary Report. Prepared for Department of Foreign Affairs, Australia, April 1974.
- SNOWY MOUNTAINS ENGINEERING CORPORATION & NIPPON KOEI CO., LTD. (1974). Purari River Development Papua New Guinea. Proposal for Consulting Services, Feasibility study for Wabo Power Project, December 1974.
- SNOWY MOUNTAINS ENGINEERING CORPORATION AND NIPPON KOEI CO., LTD. (1975). Feasibility study for Wabo Power Project, Preliminary report on hydraulic layout, September 1975.
- UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION, (1973). Design of small Dams. Second Edition 1973.
- VALENTINE, H. R. (1958). Flow in rectangular channels with lateral constriction plates. La Houille Blanche, No. 1, January - February 1958 : 75-84.
- VILLEGAS, F., MEJIA, O. and SANCHEZ, G., (1976). Construction of an earth dam built of silt in Columbia under extremely rainy weather. Twelfth Congress on Large Dams, Mexico, 1976. Question 47.
- WATER POWER, (1974). World's highest spillway discharge intensities. Correspondence March 1974:76.
- WORLD CONSTRUCTION, (1973). Niigata Earthquake, March 1973.

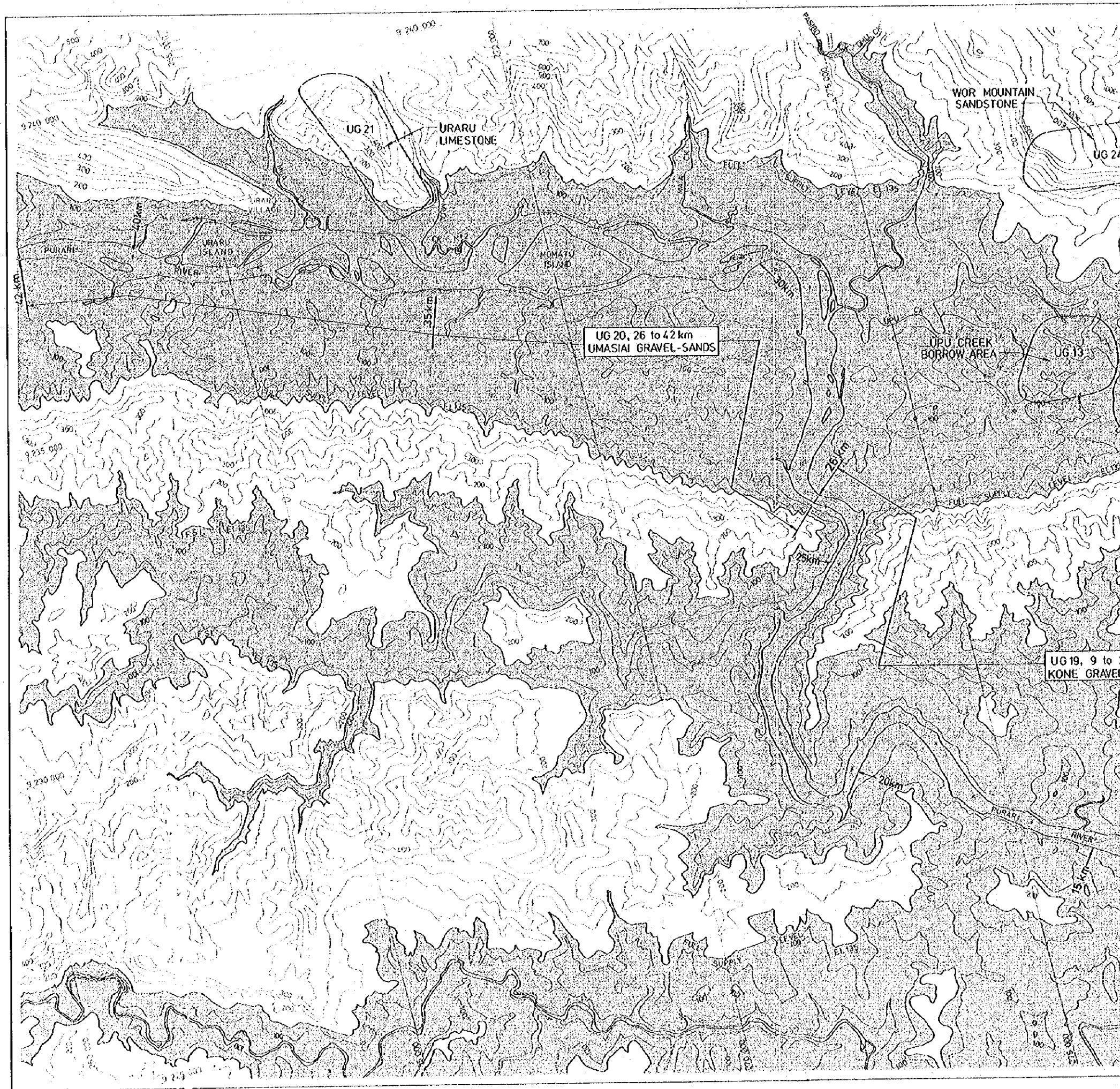
添 付 図

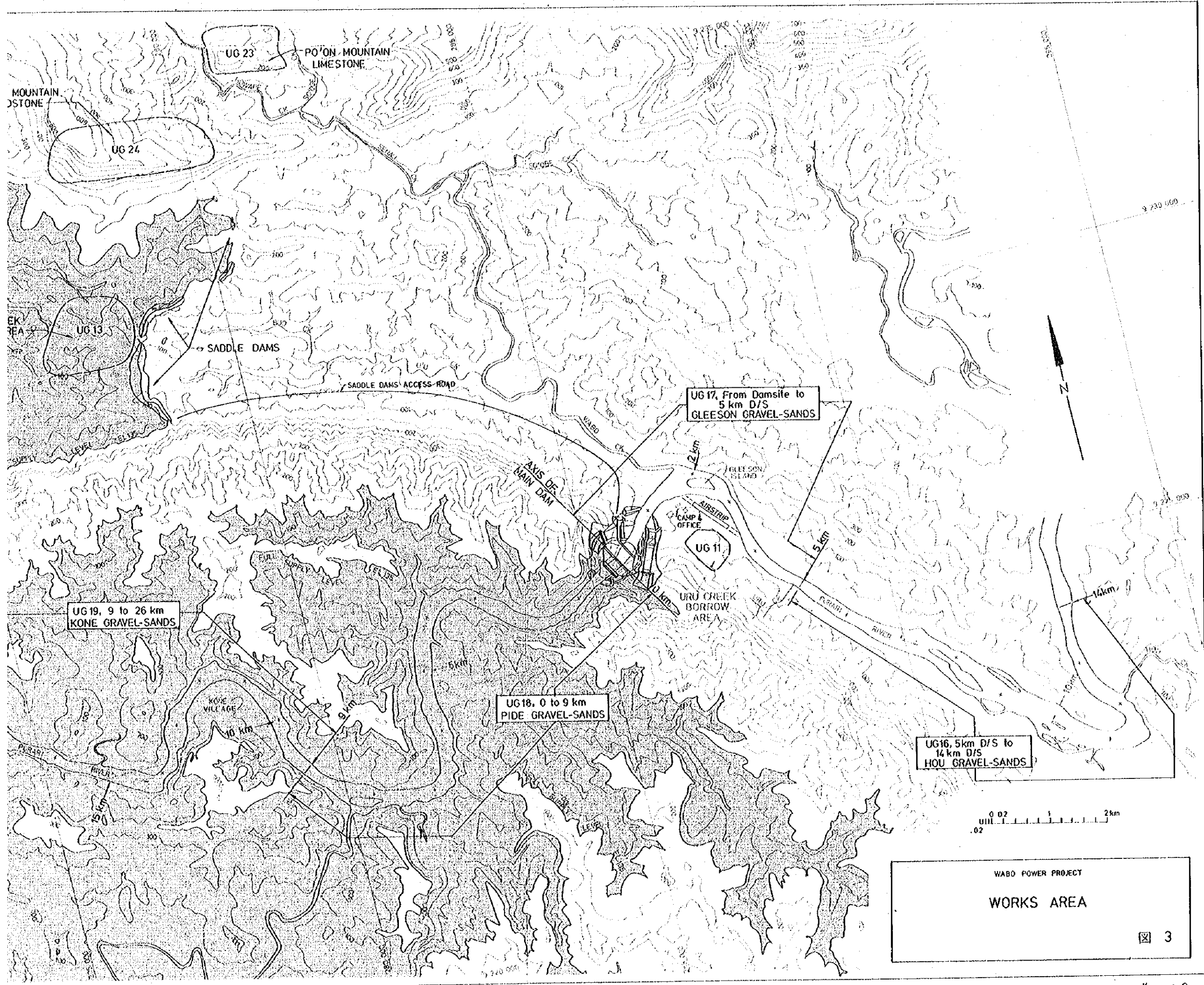
図 1 ~ 図 4 0

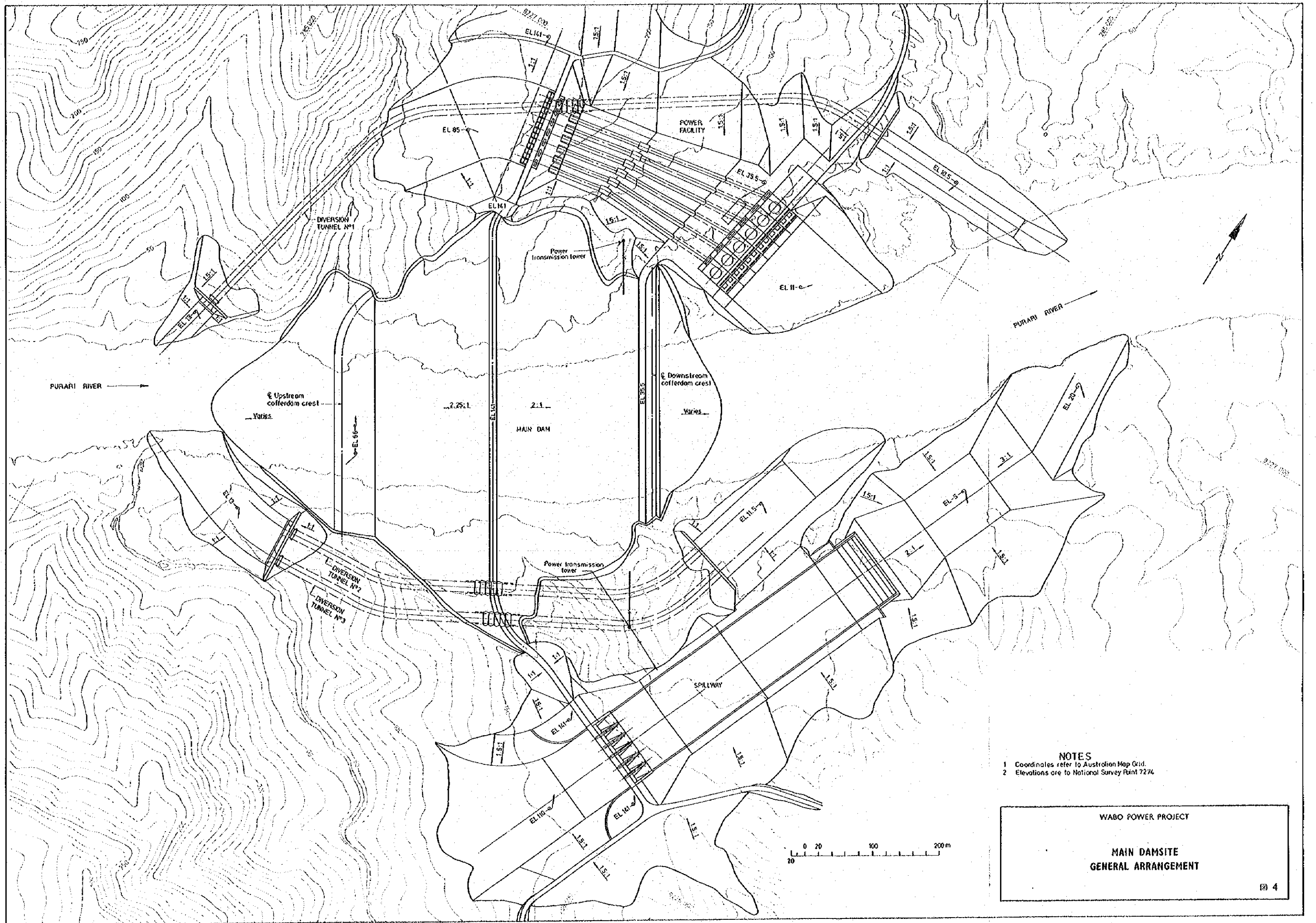




WABO POWER PROJECT  
**PURARI BASIN**







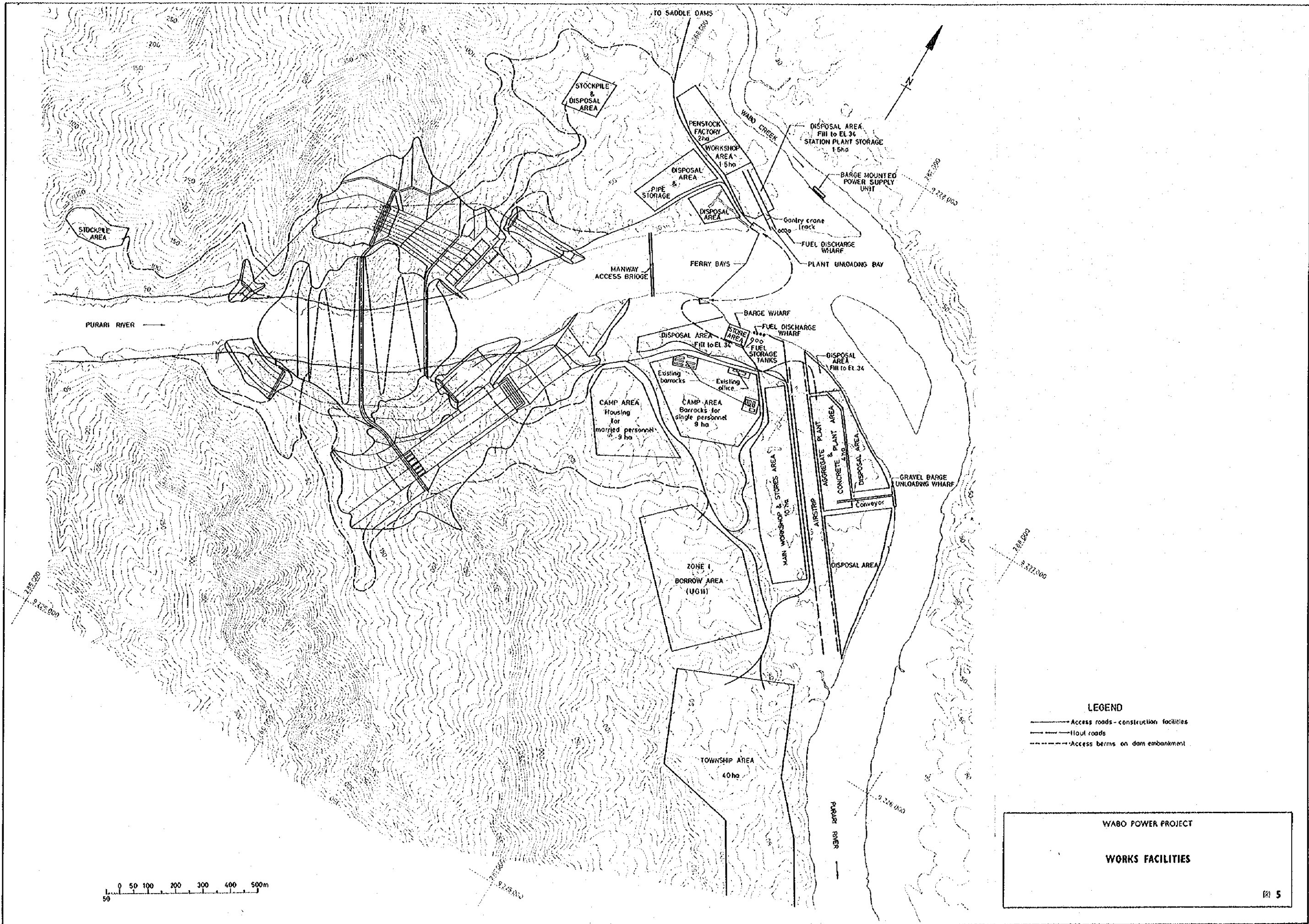
- NOTES**
- 1 Coordinates refer to Australian Map Grid.
  - 2 Elevations are to National Survey Point 7274.

WABO POWER PROJECT

**MAIN DAMSITE  
GENERAL ARRANGEMENT**

4



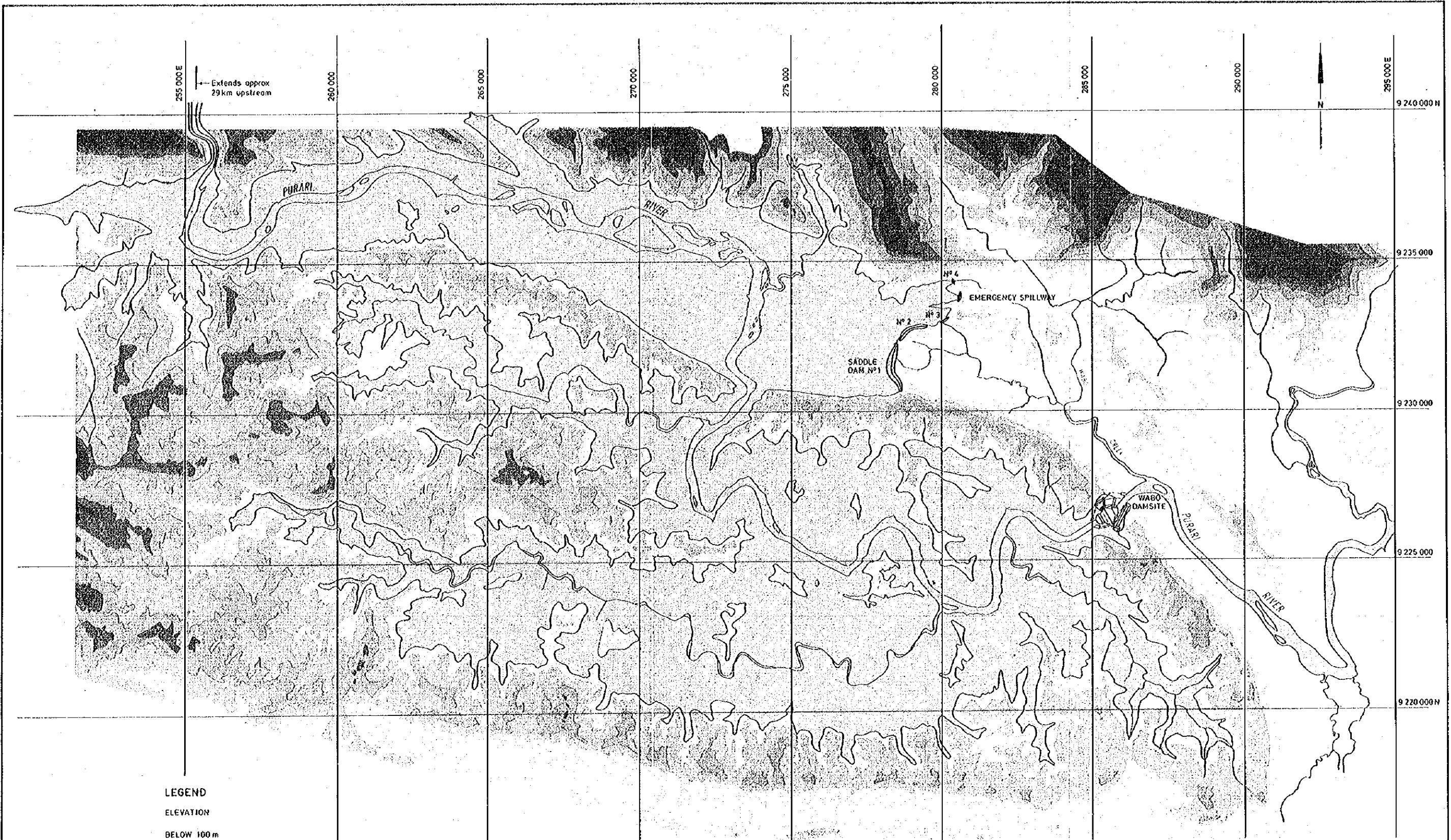


**LEGEND**

- Access roads - construction facilities
- Haul roads
- - - Access berms on dam embankment

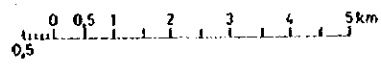
WABO POWER PROJECT

**WORKS FACILITIES**



**LEGEND**

- ELEVATION**
- BELOW 100 m
  - 100 m - 200 m
  - 200 m - 300 m
  - 300 m - 400 m
  - 400 m - 500 m
  - 500 m - 600 m
  - ABOVE 600 m



WABO POWER PROJECT

**RESERVOIR AREA**  
FULL SUPPLY LEVEL EL 135

6

← Extends approx  
29 km upstream

9 240 000 N

9 235 000

9 230 000

9 225 000

9 220 000 N

PURARI

RIVER

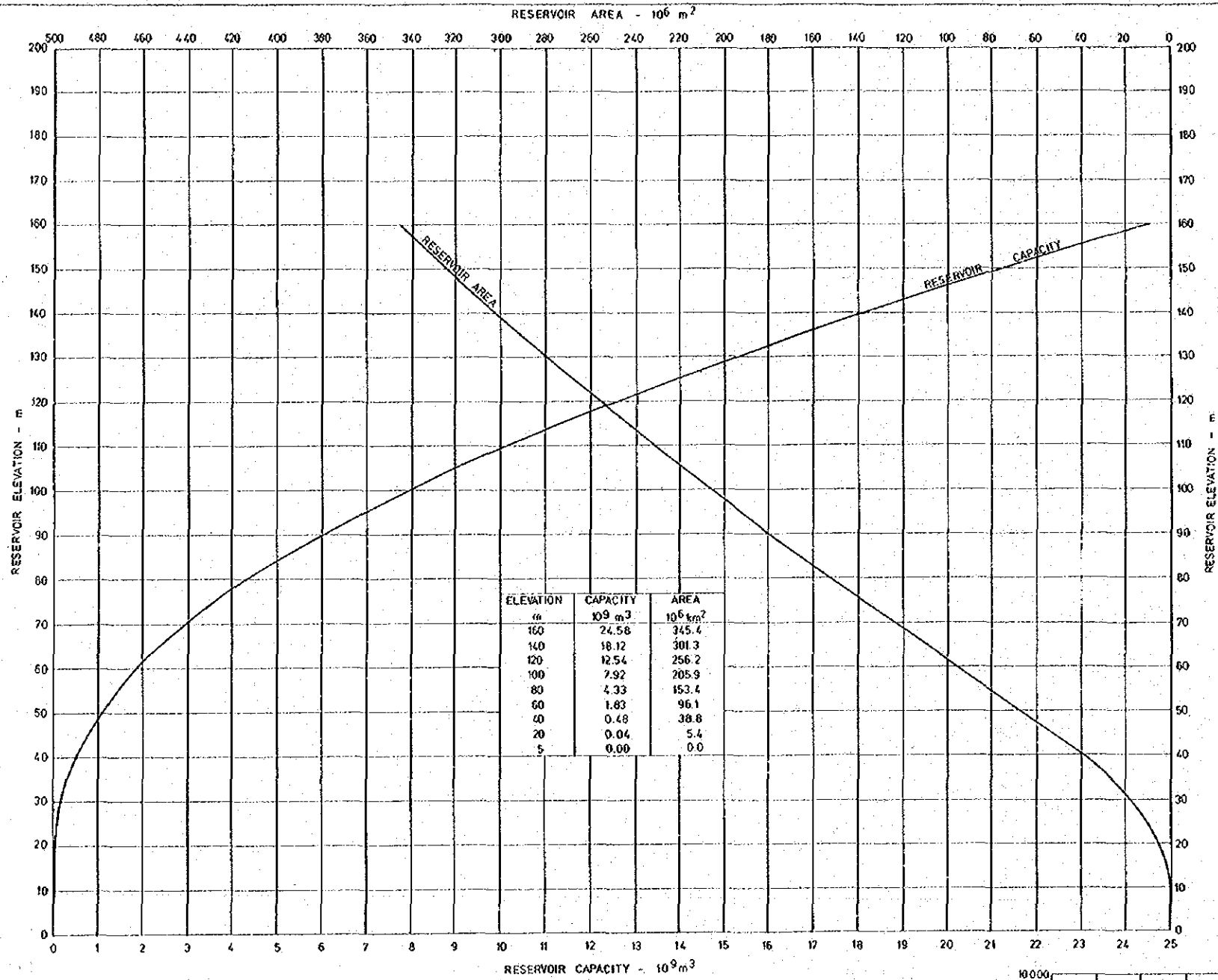
SADDLE  
DAM N°1

EMERGENCY SPILLWAY

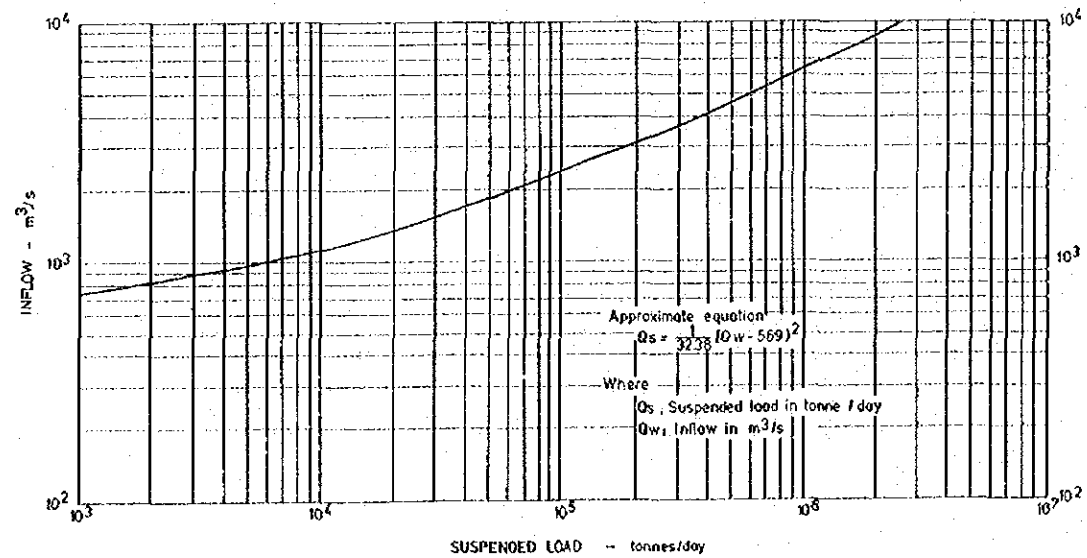
WABO  
DAMSITE

RIVER

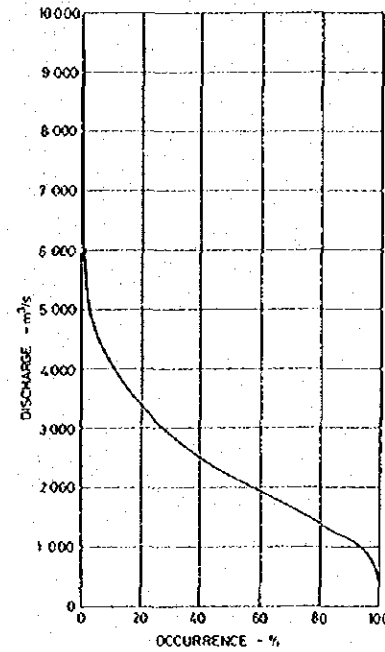
N



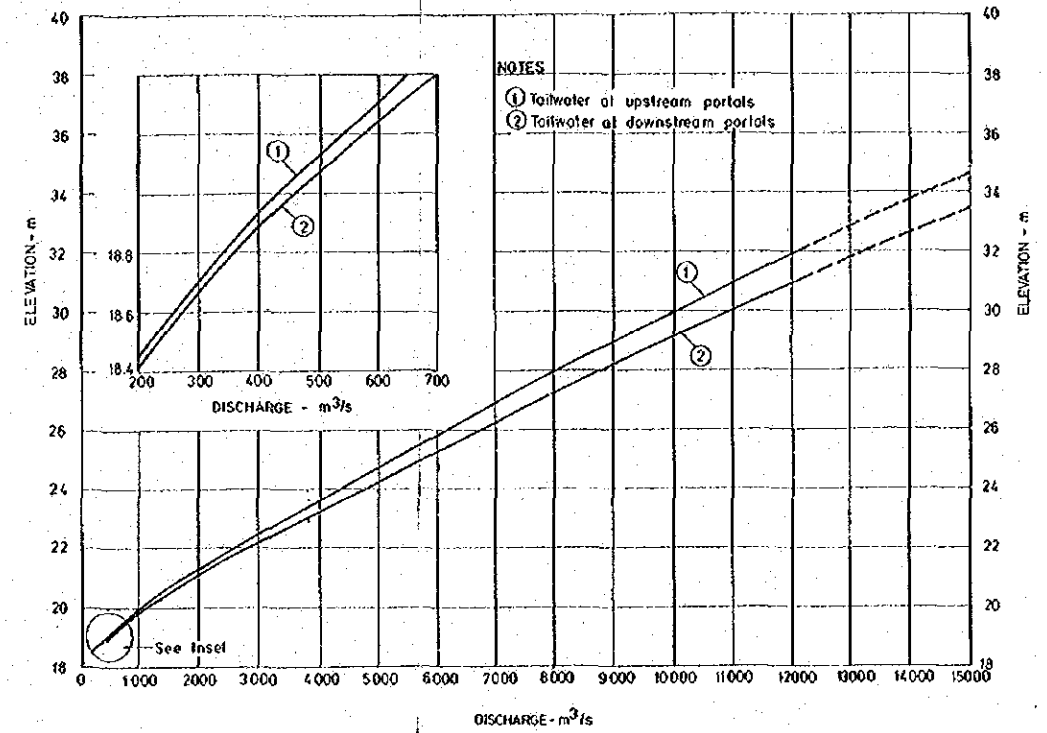
(a) RESERVOIR AREA AND CAPACITY CURVES



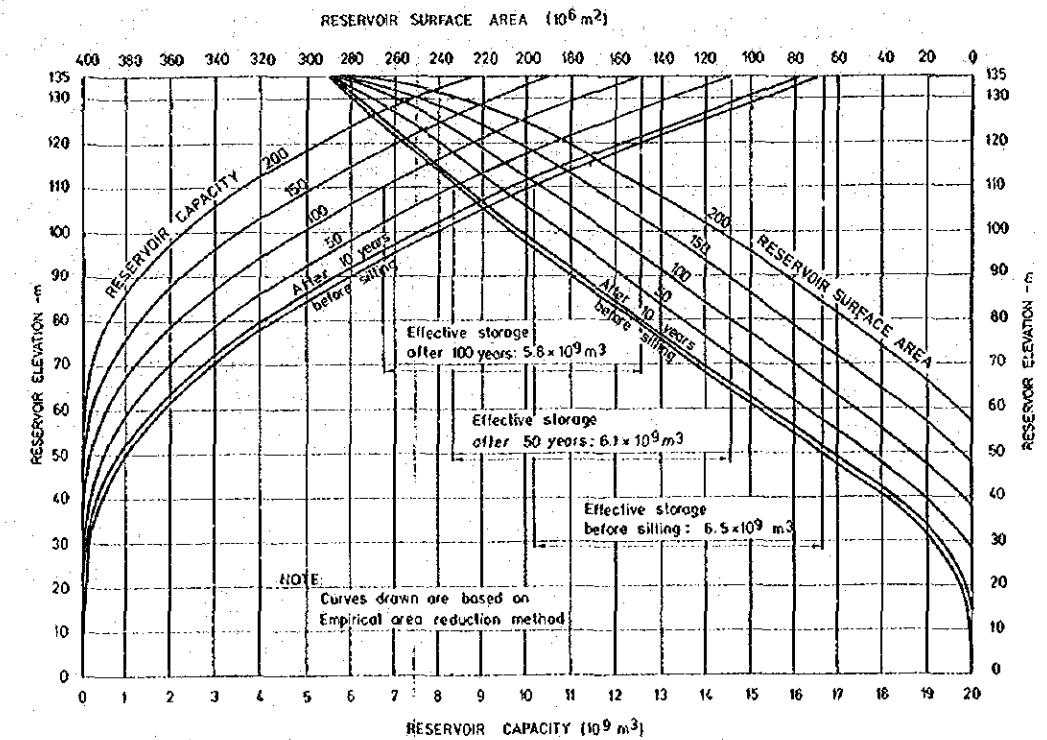
(c) SEDIMENT CONCENTRATION  
PURARI RIVER AT WABO



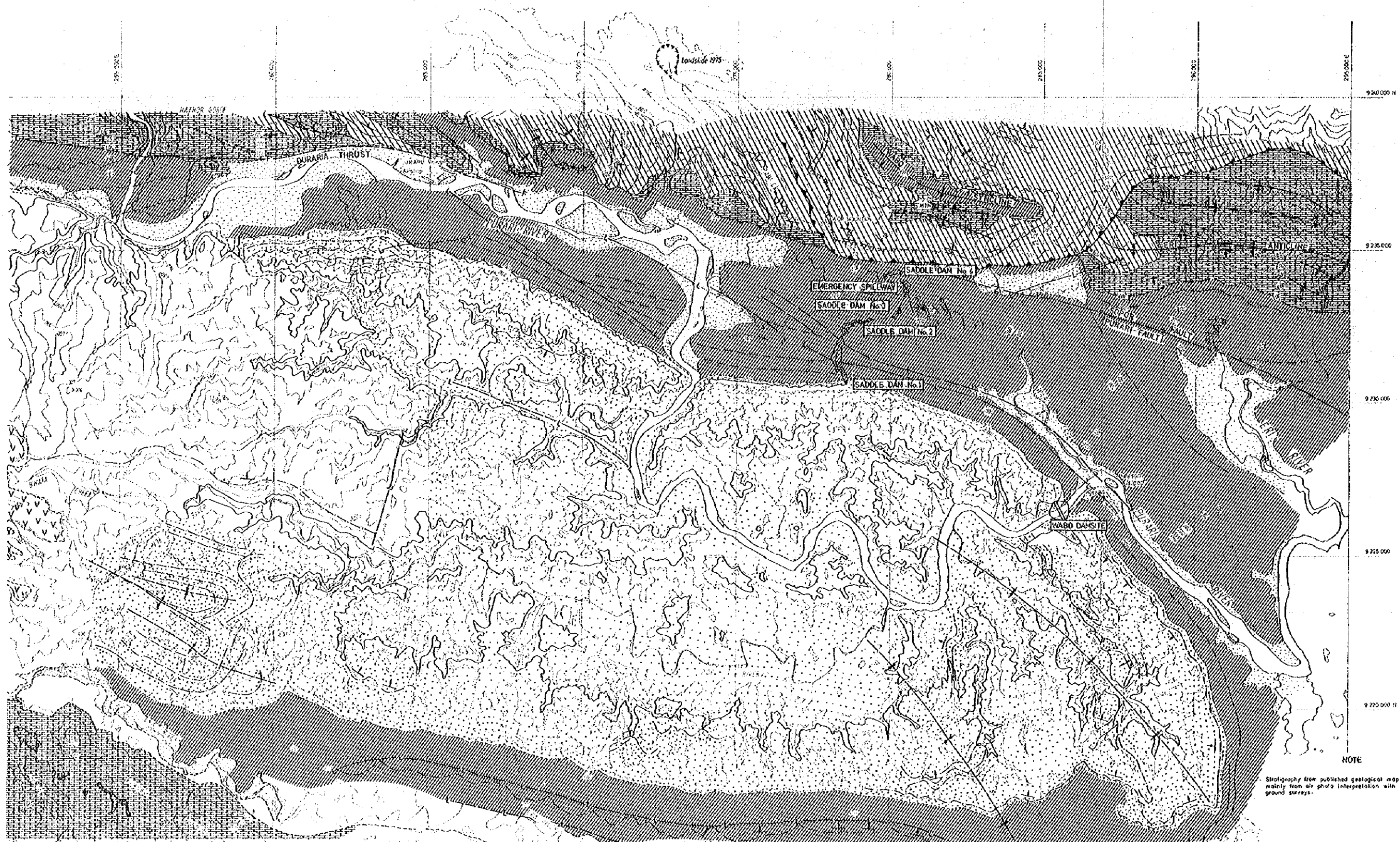
(d) DAILY FLOW DURATION



(b) RATING CURVE  
PURARI RIVER AT WABO



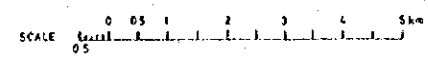
(e) AREA AND CAPACITY CURVES AFTER VARIOUS PERIODS OF SEDIMENT DEPOSITION



NOTE  
 Stratigraphy from published geological maps, geology mainly from air photo interpretation with limited ground surveys.

**LEGEND**

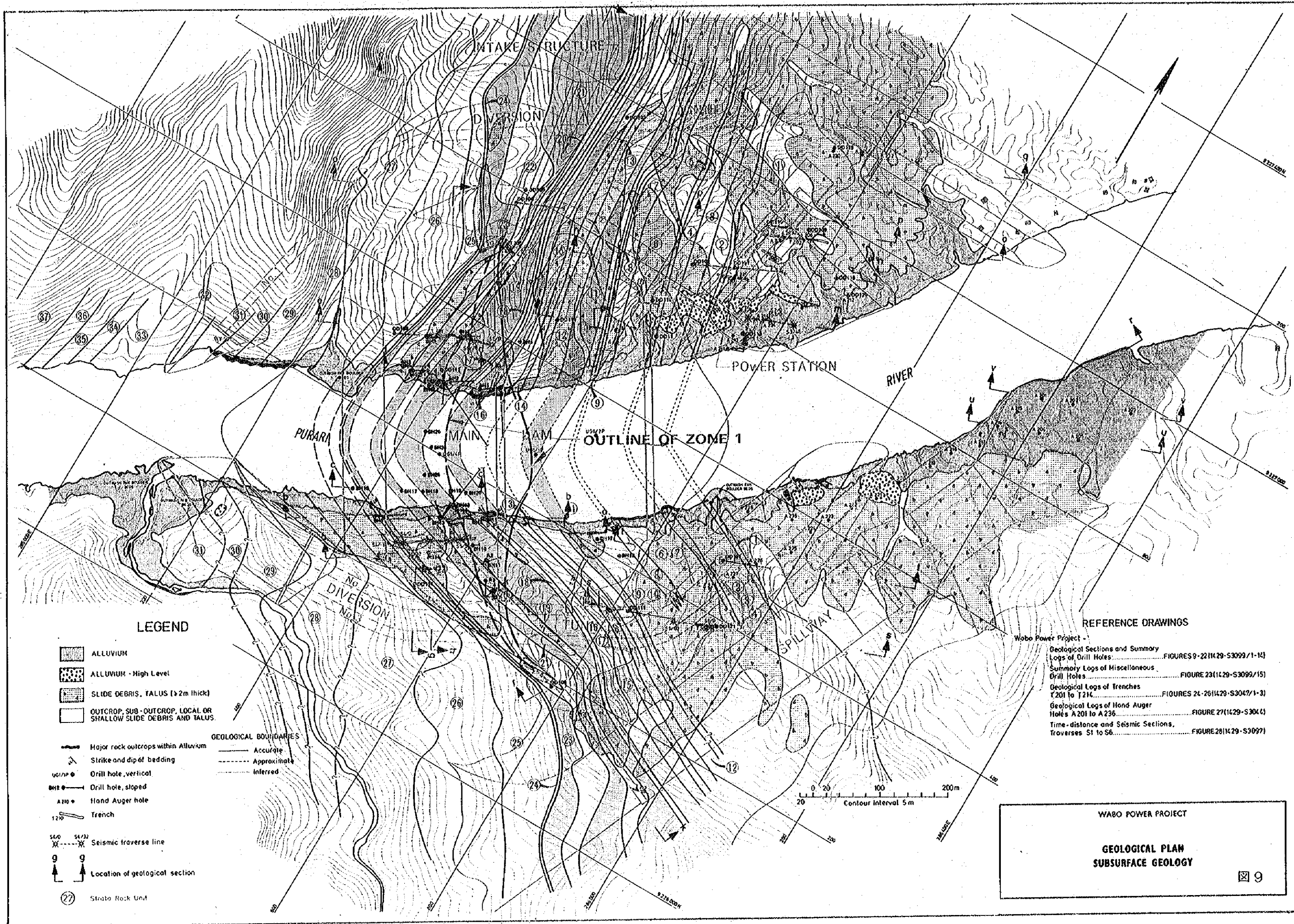
- |  |   |   |  |   |
|--|---|---|--|---|
| HNOCENE  | Alluvium<br>Gravel, sand, clay.   | MIDDLE MIOCENE<br>to<br>UPPER OLILOCENE | DARAI LIMESTONE.<br>Limestone of AURE BEDS           | Strike lines of bedding - air photo interpretation                          |
| NOLOCENE   | QUARY VOLCANICS<br>Tuff   | CRETACEOUS                              | Sandstone, siltstone, mudstone.                      | Air photo lineament   |
| PLEISTOCENE<br>to<br>PLIOCENE  | ERA BEDS<br>Interbedded sandstone, siltstone<br>and mudstone.                         |   | Strike and dip of bedding - measured                 | Fault   |
| PLIOCENE<br>UPPER MIOCENE<br>or<br>MIDDLE MIOCENE<br>UPPER OLILOCENE | ORUBADI BEDS<br>and<br>AURE BEDS<br>Mainly mudstone and siltstone,<br>some sandstone. |   | Strike and dip of bedding - air photo interpretation | Thrust fault  |
|  |   |   | Anticline  | Approximate<br>Geological boundaries (mainly from air photo interpretation) |
|  |   |   | Syncline   | Inferred  |
|  |   |   | Depression contours and<br>strike-slip               | Full Supply Lines   |



WABO POWER PROJECT

**GENERAL GEOLOGY**

FIG 8



**LEGEND**

- ALLUVIUM
- ALLUVIUM - High Level
- SLIDE DEBRIS, TALUS (1-2m thick)
- OUTCROP, SUB-OUTCROP, LOCAL OR SHALLOW SLIDE DEBRIS AND TALUS
- Major rock outcrops within Alluvium
- Strike and dip of bedding
- Drill hole, vertical
- Drill hole, sloped
- Hand Auger hole
- Trench
- Seismic traverse line
- Location of geological section
- Strata Rock Unit

**GEOLOGICAL BOUNDARIES**

- Accurate
- Approximate
- Inferred

**REFERENCE DRAWINGS**

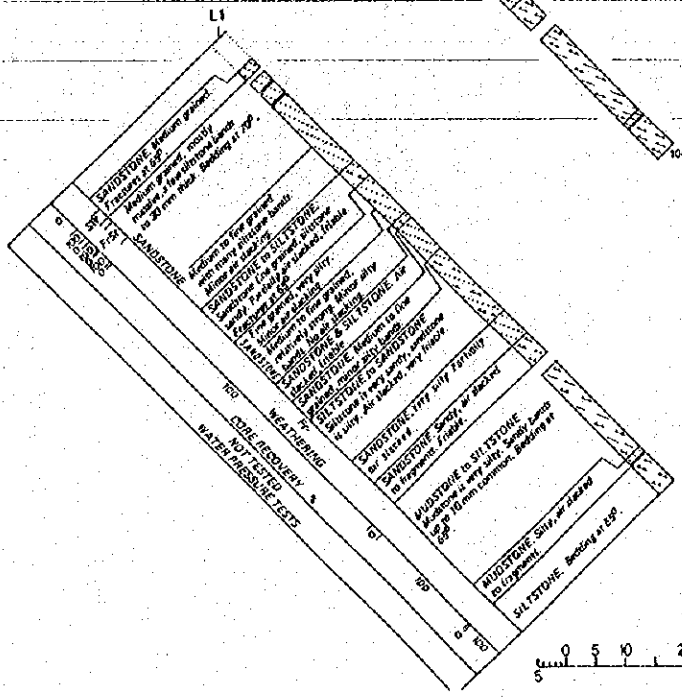
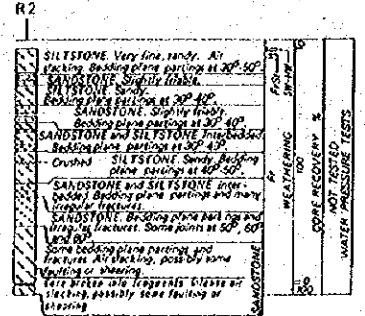
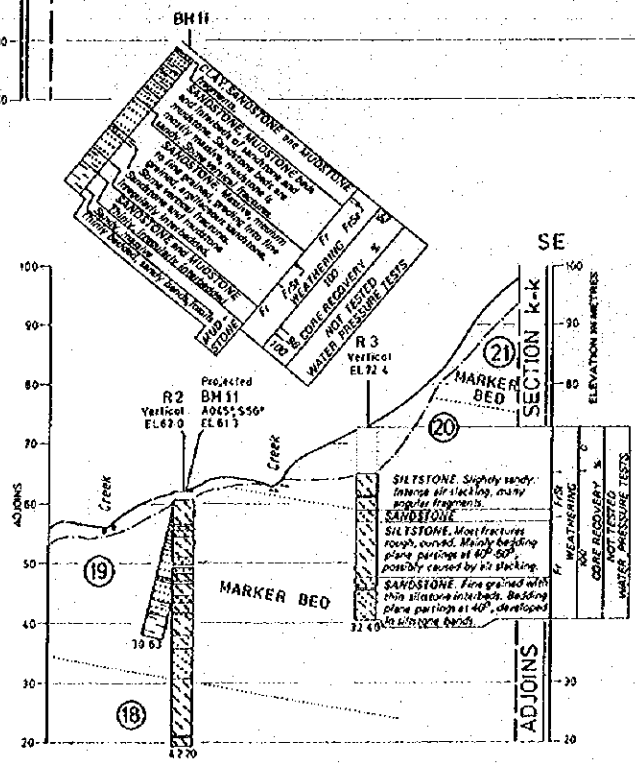
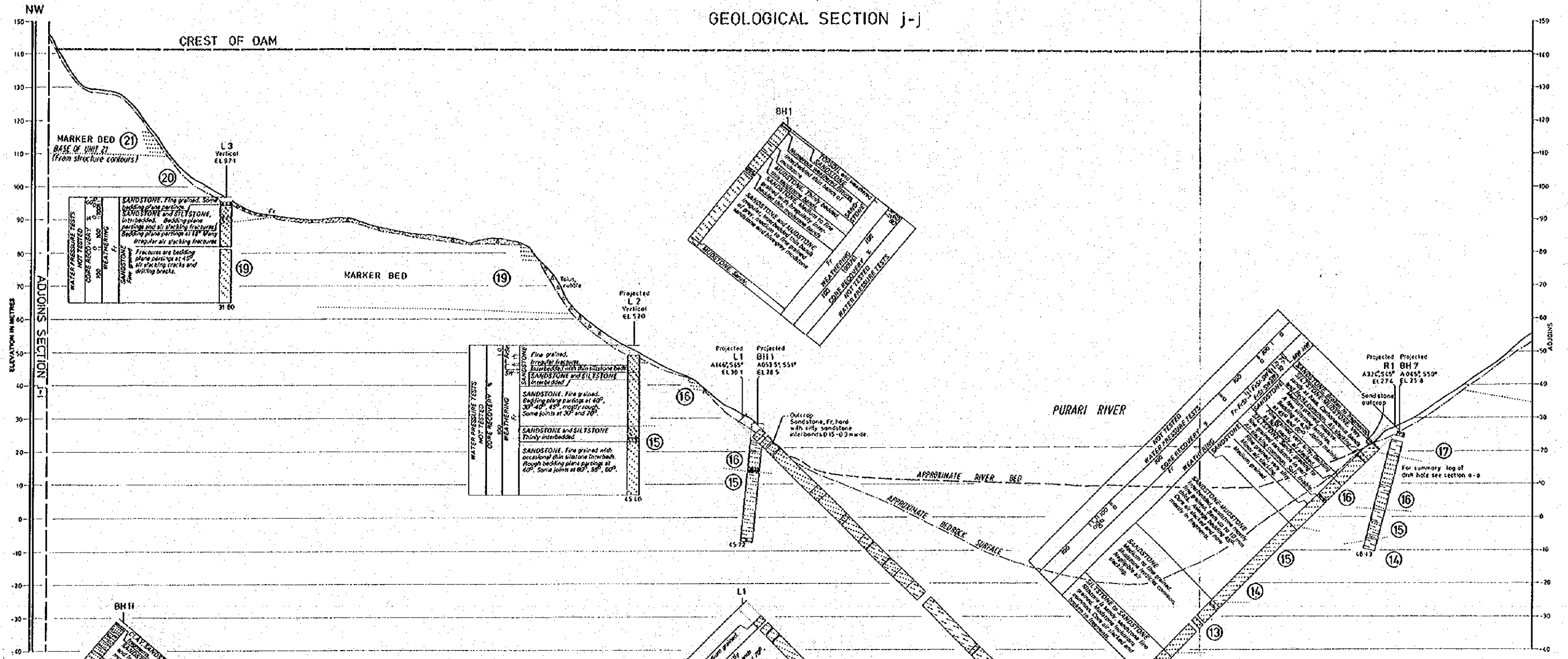
- Wabo Power Project -
- Geological Sections and Summary ..... FIGURES 9-22(1429-S3099/1-14)
  - Logs of Drill Holes ..... FIGURES 9-22(1429-S3099/1-14)
  - Summary Logs of Miscellaneous Drill Holes ..... FIGURE 23(1429-S3099/15)
  - Geological Logs of Trenches (T201 to T214) ..... FIGURES 24-26(1429-S3047/1-3)
  - Geological Logs of Hand Auger Holes A201 to A236 ..... FIGURE 27(1429-S3044)
  - Time-distance and Seismic Sections, Traverses S1 to S6 ..... FIGURE 28(1429-S3097)

**WABO POWER PROJECT**

**GEOLOGICAL PLAN**  
**SUBSURFACE GEOLOGY**

9

# GEOLOGICAL SECTION j-j



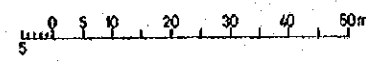
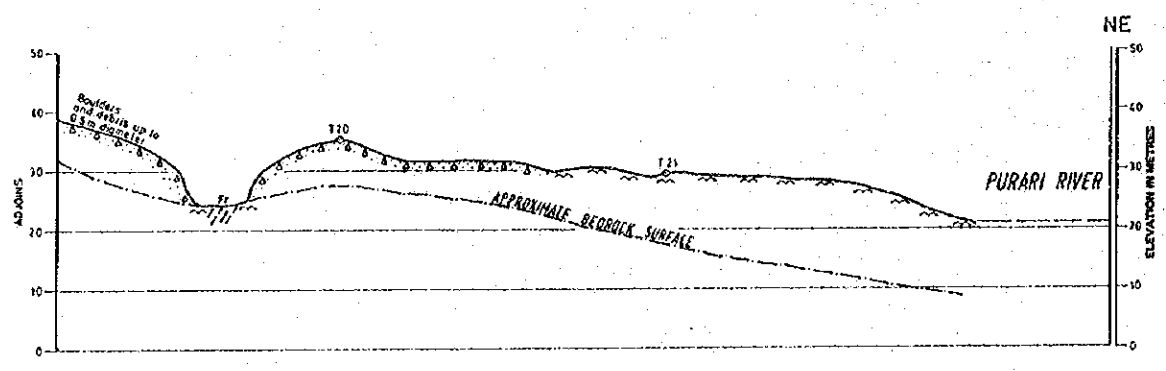
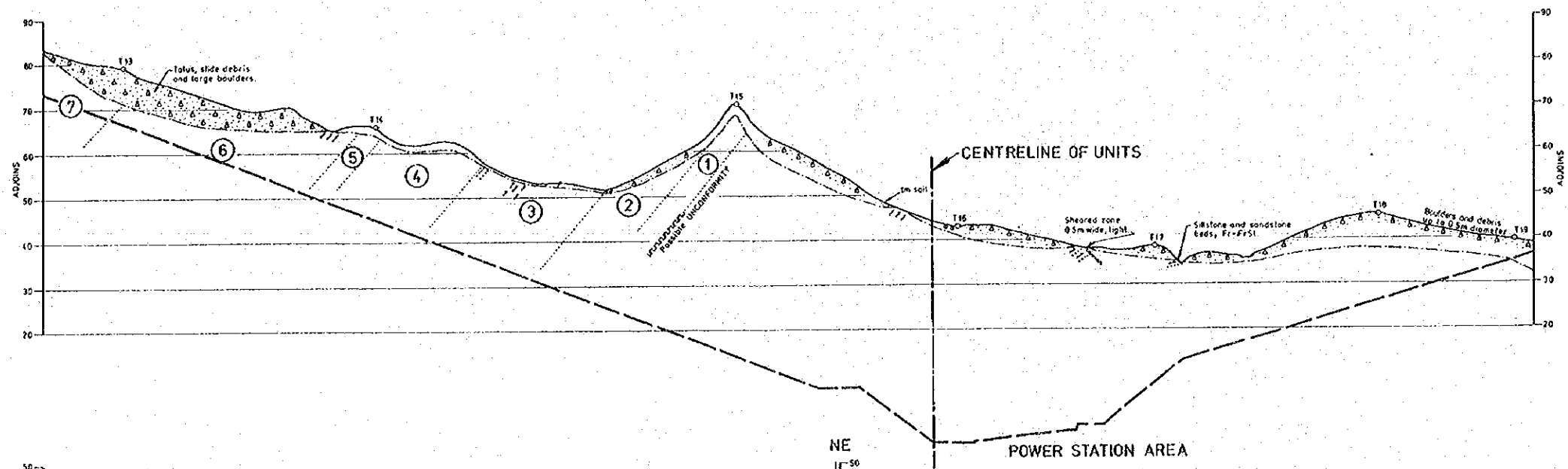
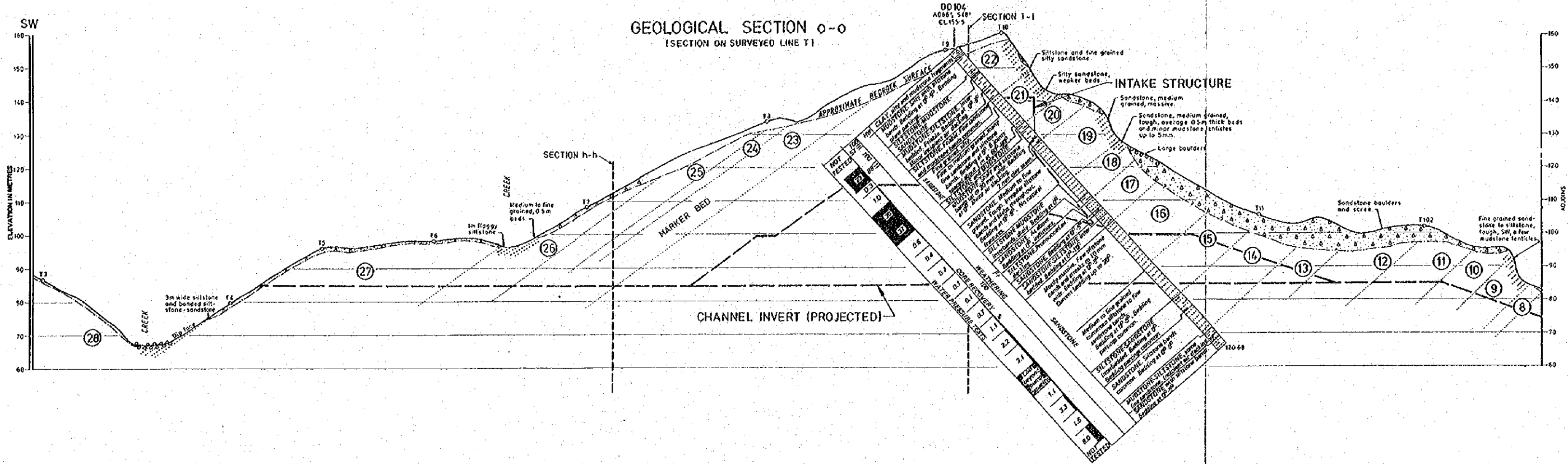
**NOTE**  
 • For legend see sheet 14 (FIGURE 221)

**REFERENCE DRAWINGS**  
 Wabo Power Project -  
 Geological Plan ..... FIGURE 4 (1429-53037)

**WABO POWER PROJECT**

**GEOLOGICAL SECTION j-j  
 AND SUMMARY OF LOGS**

**GEOLOGICAL SECTION 0-0**  
[SECTION ON SURVEYED LINE T1]



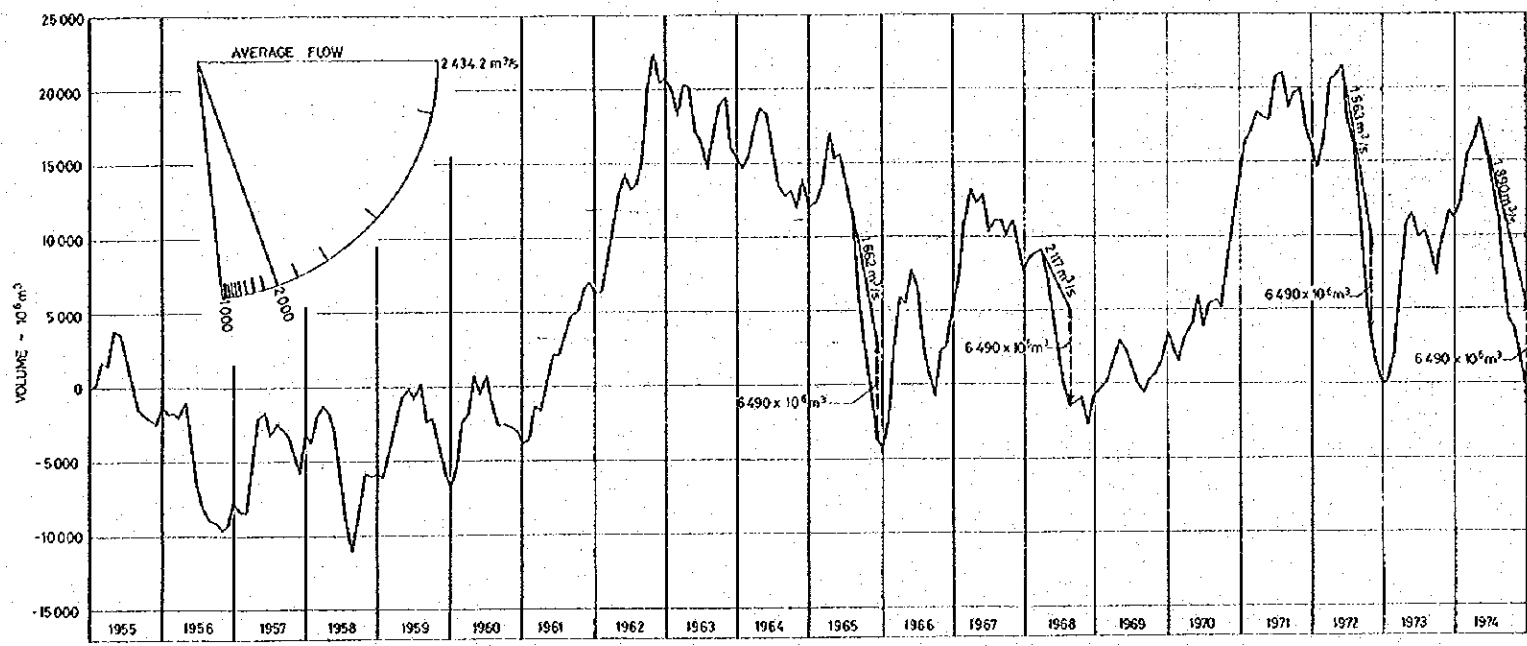
**NOTE**  
• For legend see sheet 14 (FIGURE 22)

**REFERENCE DRAWINGS**  
Wabo Power Project -  
Geological Plan.....FIGURE 4 (N29-S30371)

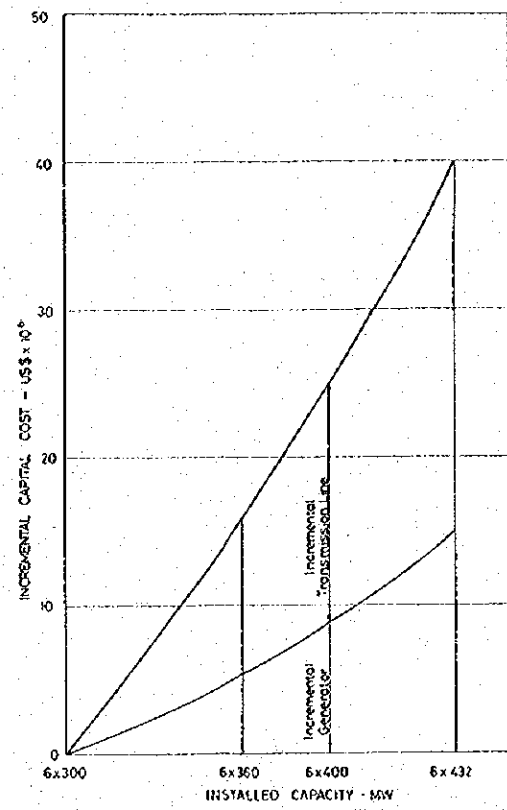
**WABO POWER PROJECT**

**GEOLOGICAL SECTION 0-0 AND SUMMARY OF LOGS**

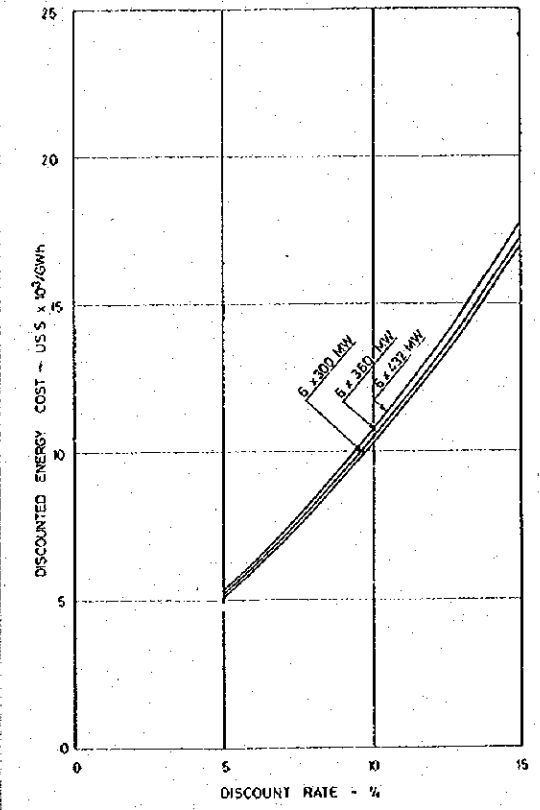
11



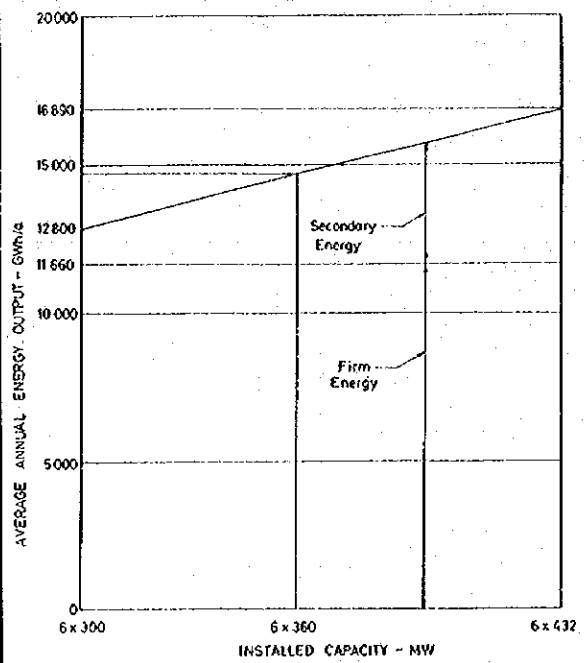
(a) RESIDUAL INFLOW VOLUME - WABO STORAGE



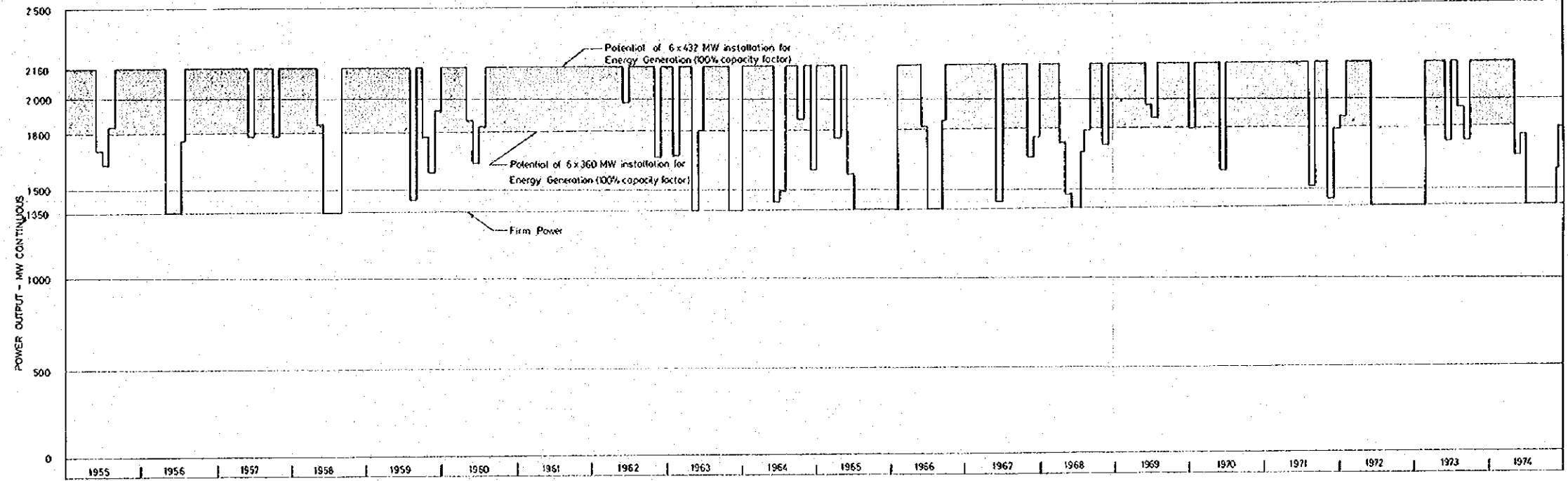
(b) INCREMENTAL CONSTRUCTION COST OF GENERATORS AND TRANSMISSION LINE FOR WABO PROJECT



(c) EFFECT OF GENERATOR CAPACITY ON COST TO PRODUCE FIRM ENERGY OUTPUT OF 11,825 GWh/a



(d) RELATIONSHIP BETWEEN AVAILABLE ENERGY AT OROKOLO BAY AND INSTALLED CAPACITY AT WABO

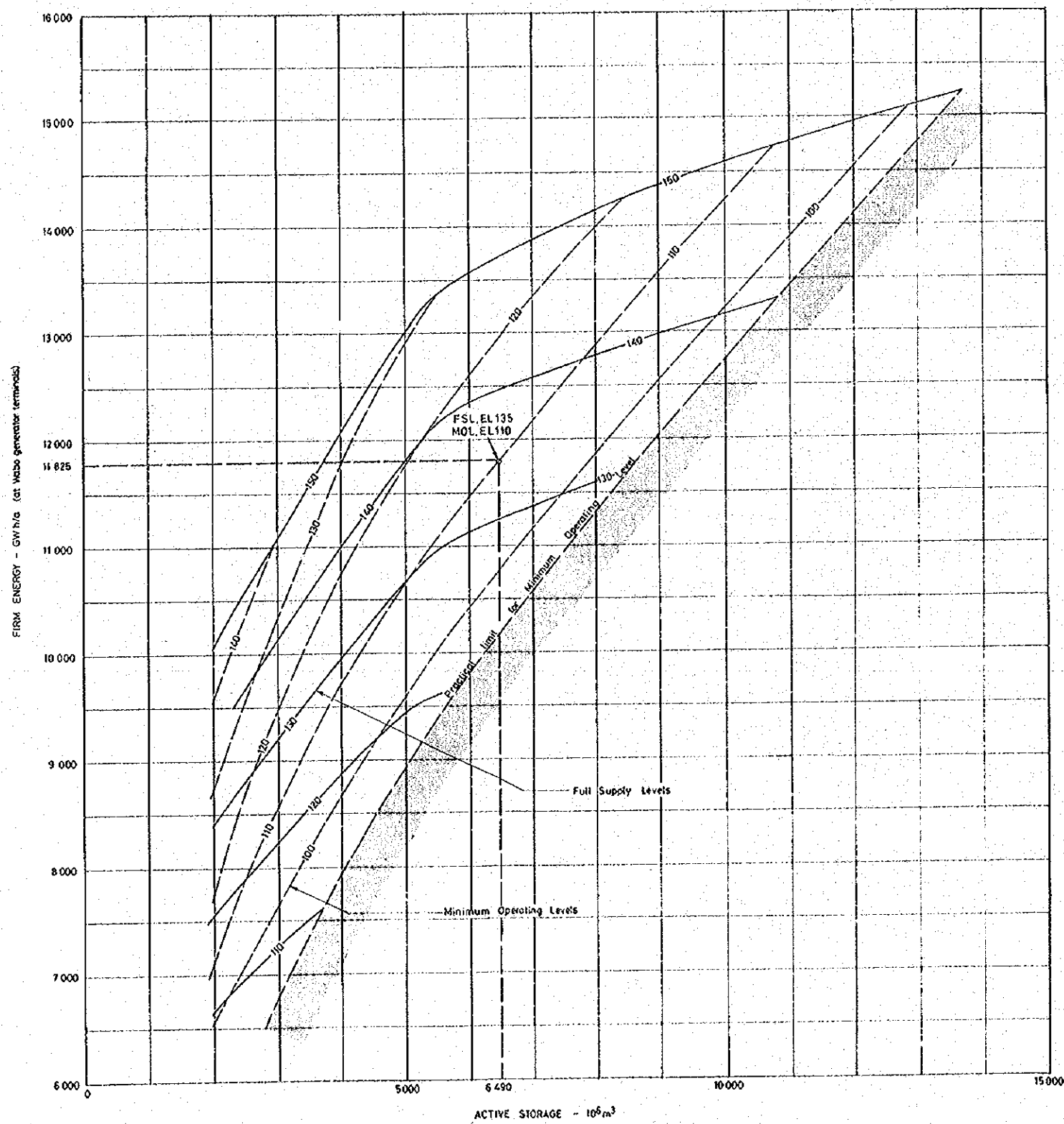


(e) SIMULATED STORAGE OPERATION - WABO STORAGE ALONE

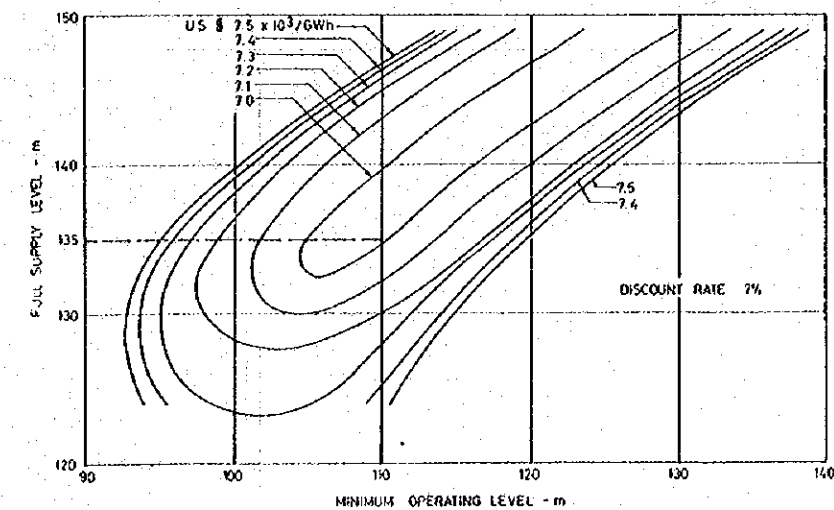
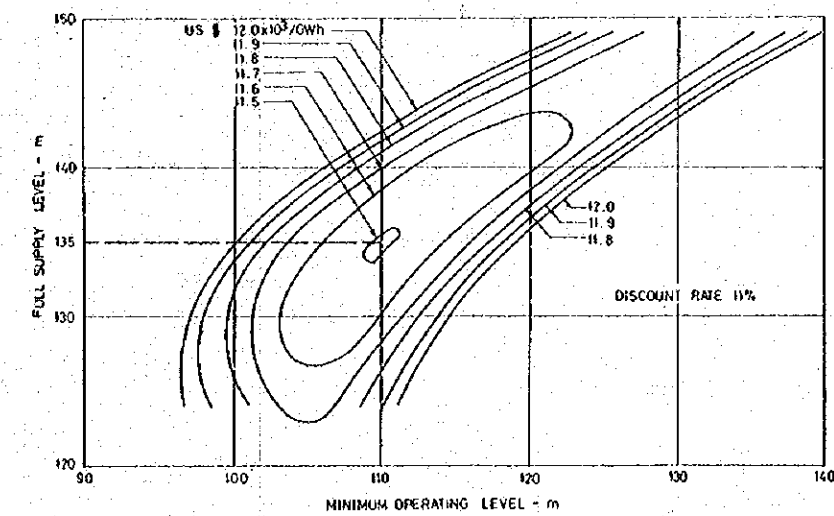
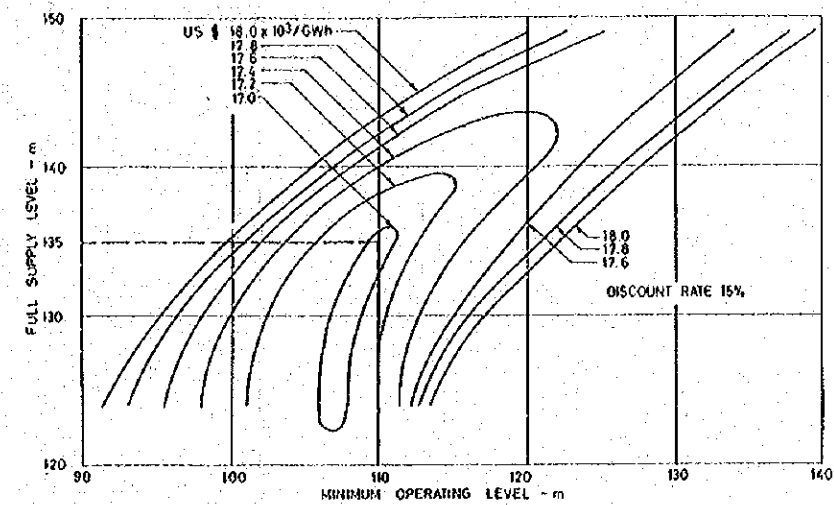
For either 6x360 MW or 6x432 MW installation secondary power output is restricted to periods where storage is at or above FSL

WABO POWER PROJECT  
  
STORAGE OPERATION  
WABO ALONE





(a) WABO RESERVOIR FIRM ENERGY POTENTIAL

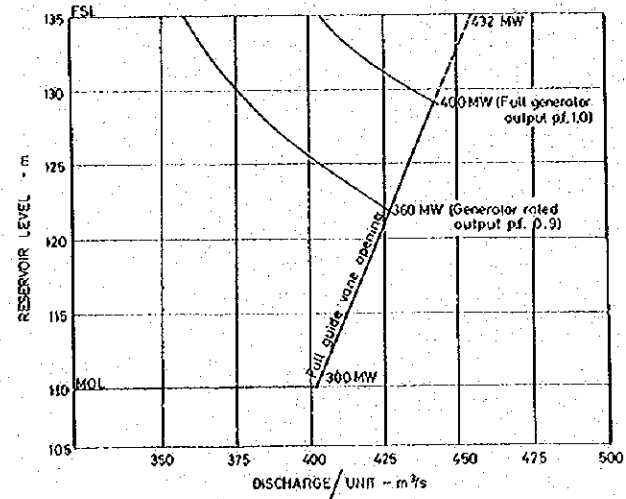


(b) DISCOUNTED ENERGY COST UNIT CONTOURS AT OROKOLO BAY

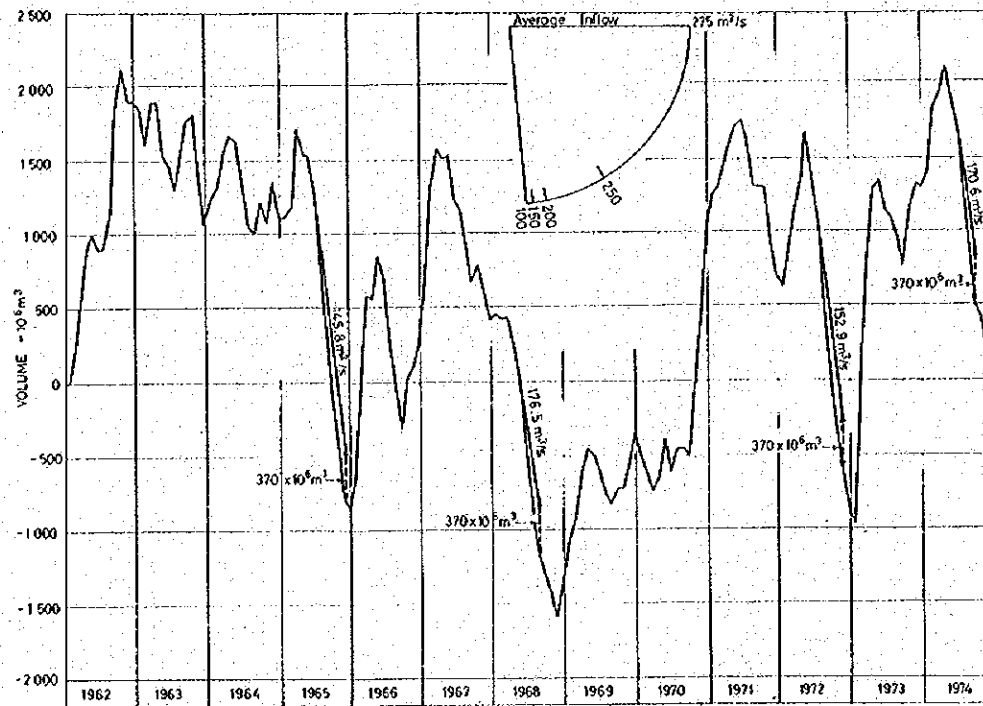
WABO POWER PROJECT

**STORAGE OPTIMISATION**  
**WABO ALONE**

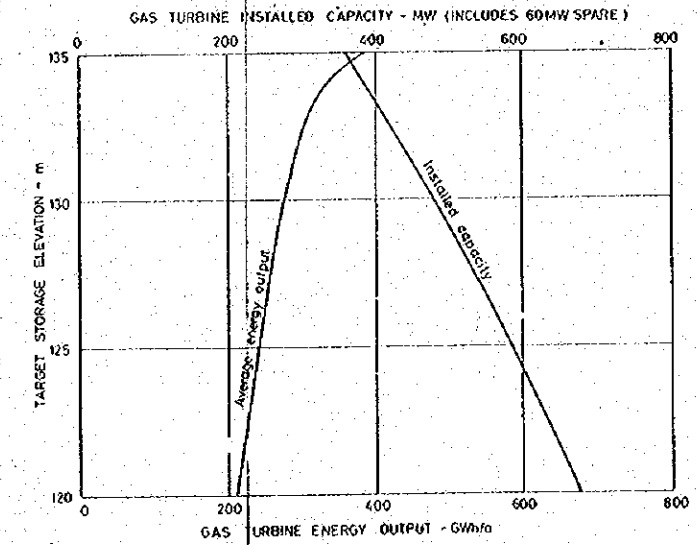
13



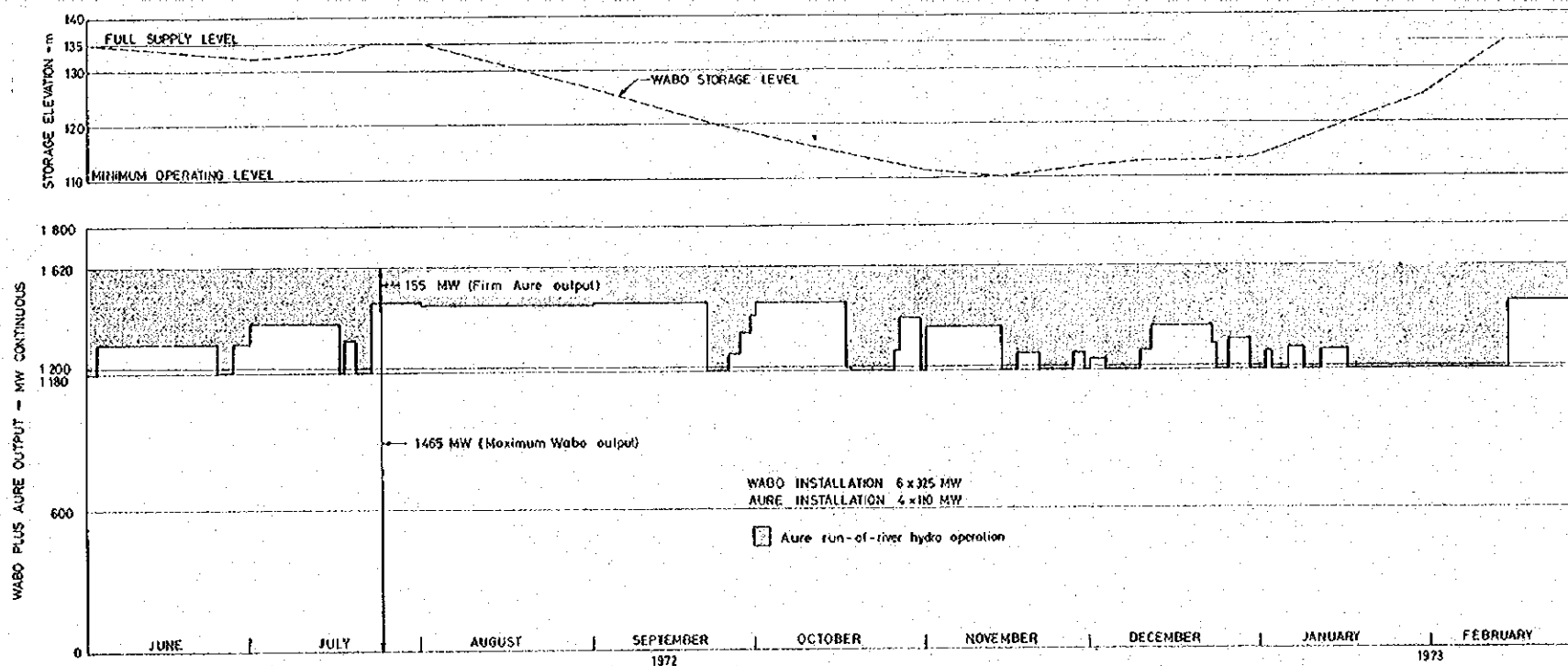
(a) TURBINE DISCHARGE VS RESERVOIR LEVEL  
5 UNITS OPERATING)



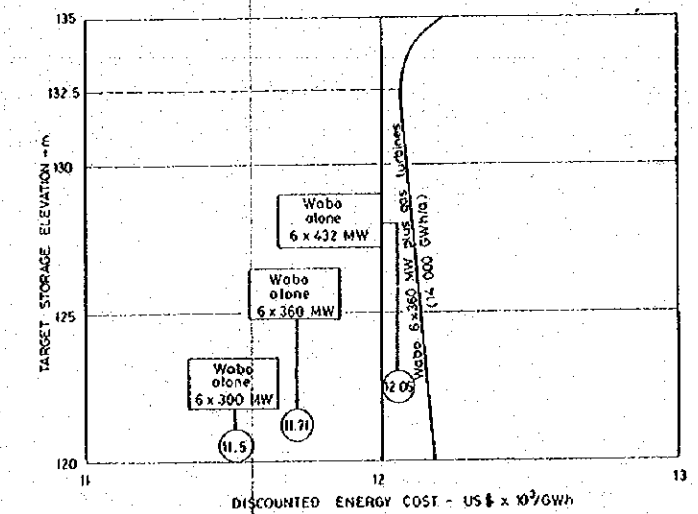
(b) AURE STORAGE RESIDUAL INFLOW VOLUME (ARK 201)



(c) RELATIONSHIP BETWEEN GAS TURBINE AVERAGE ANNUAL ENERGY OUTPUT / INSTALLED CAPACITY AND TARGET LEVEL (DURING PERIOD 1955-1974)



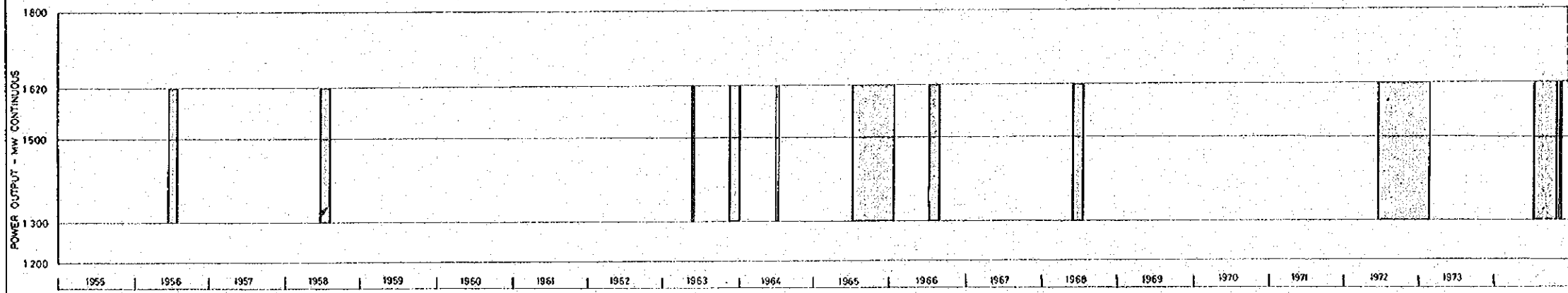
(d) SIMULATED STORAGE OPERATION  
WABO PLUS AURE RUN-OF-RIVER HYDRO



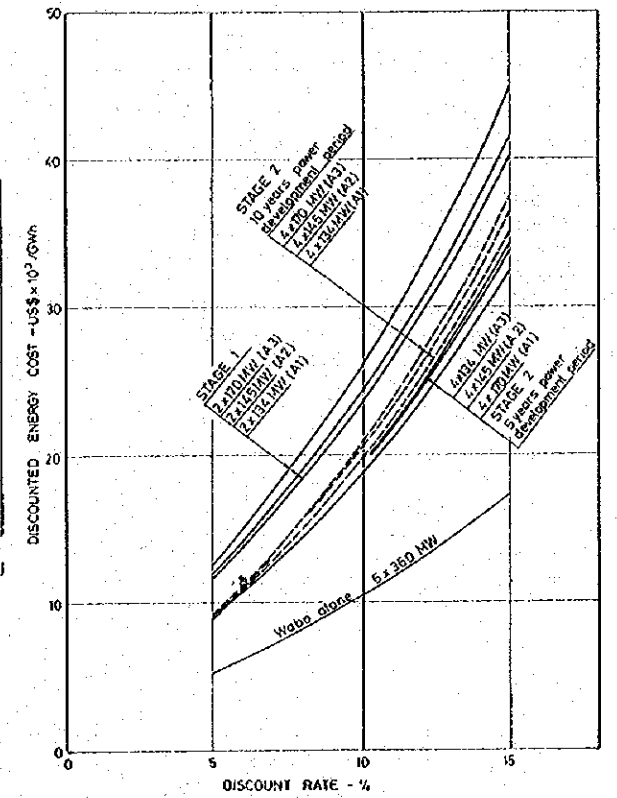
(e) RELATIONSHIP BETWEEN DISCOUNTED ENERGY COST AND TARGET LEVEL (FIRM ENERGY FOR WABO ALONE = 11 660 GWh/a)

WABO POWER PROJECT

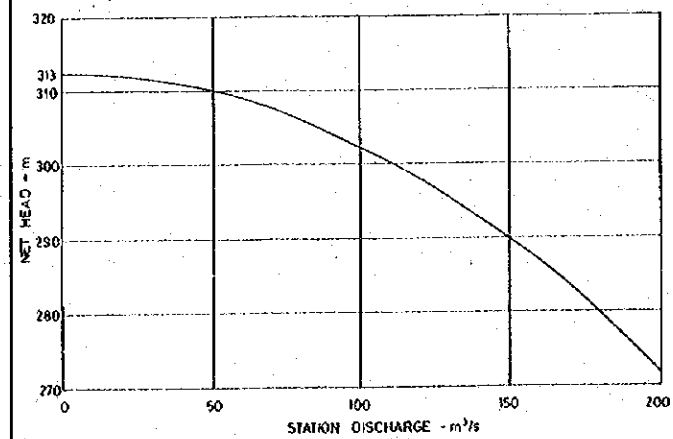
**TURBINE CHARACTERISTICS  
AND OPERATION WITH FIRING SOURCES**



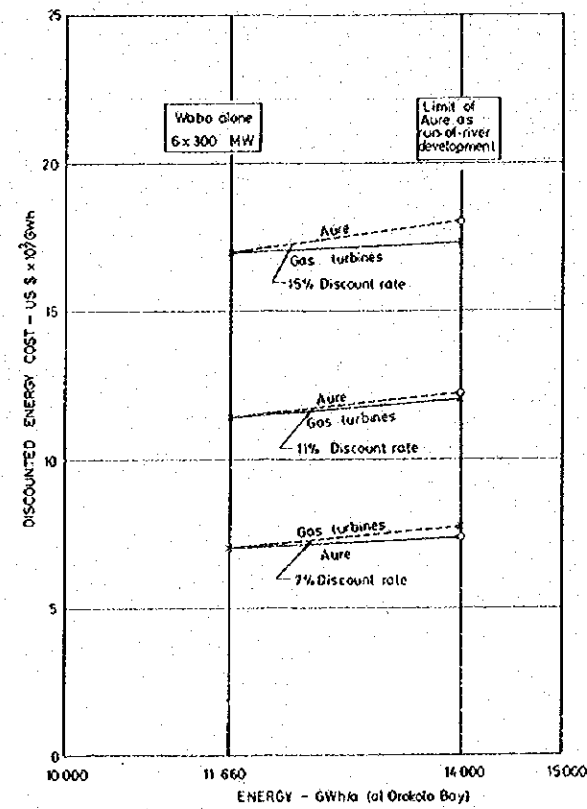
WABO INSTALLATION - 6x360 MW  
 TARGET STORAGE ELEVATION - 132.5  
 Gas turbine operation (7x60MW)  
 (a) SIMULATED STORAGE OPERATION  
 WABO PLUS GAS TURBINE OPERATION



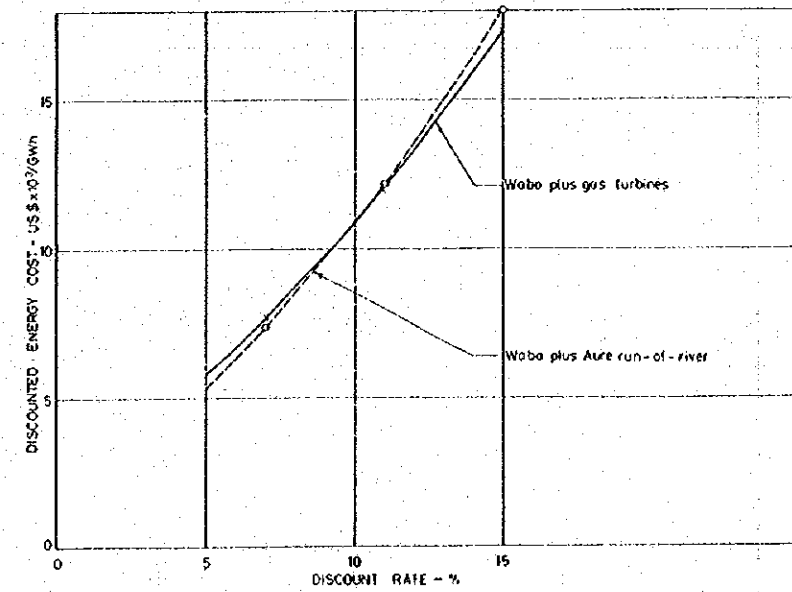
(f) AURE HYDROELECTRIC SCHEME  
 SEPARATE DEVELOPMENT



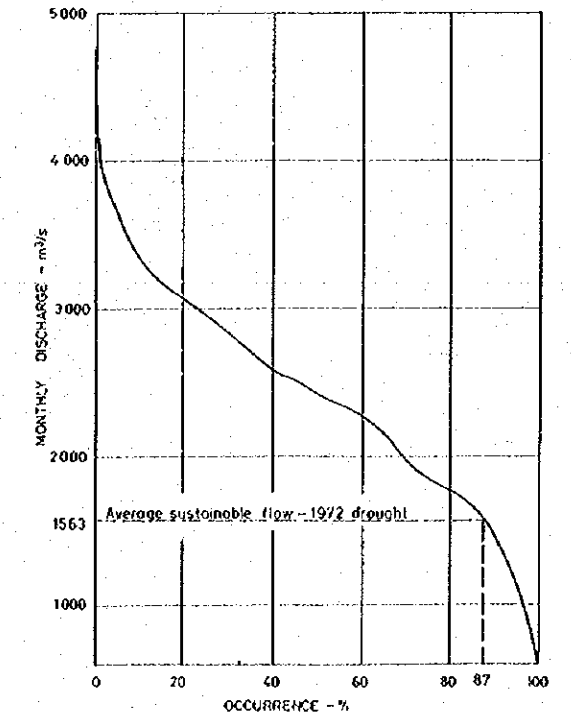
(b) AURE RUN-OF-RIVER SCHEME  
 HYDRAULIC CHARACTERISTICS FOR PRESSURE CONDUITS



(c) COMPARISON OF SCHEMES FOR FIRING WABO

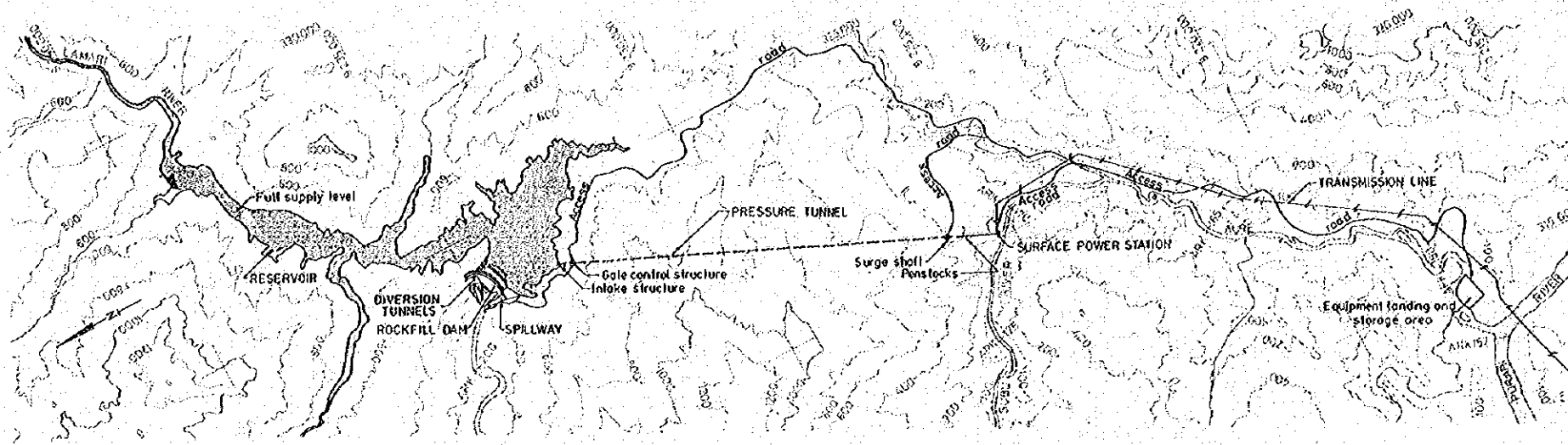


(d) AURE COMPARED WITH GAS TURBINES TO PRODUCE 14,000 GWh/a  
 AT ORAKOTO BAY

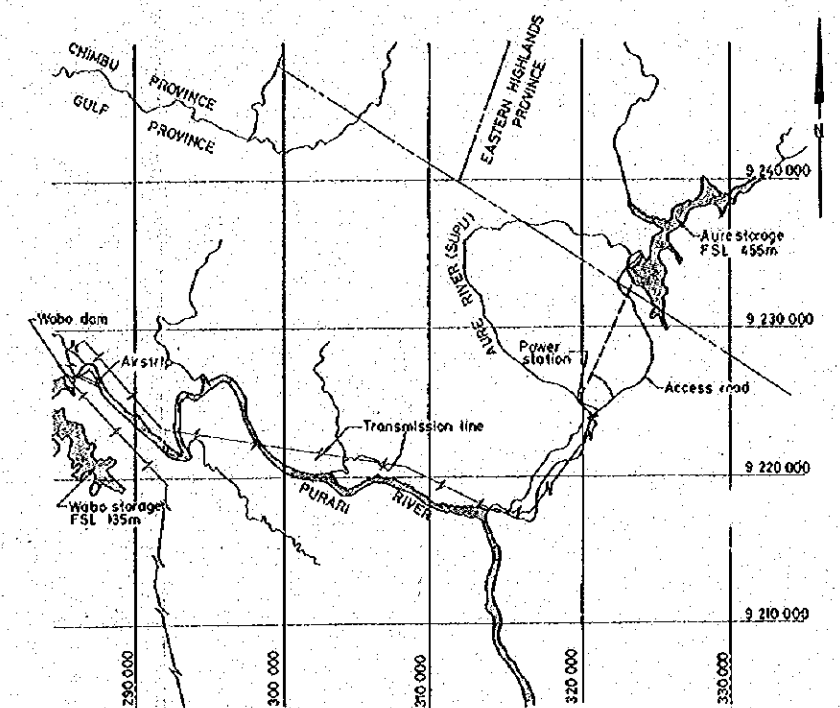


(e) MONTHLY FLOW DURATION AT WABO  
 FOR PERIOD 1955-1974

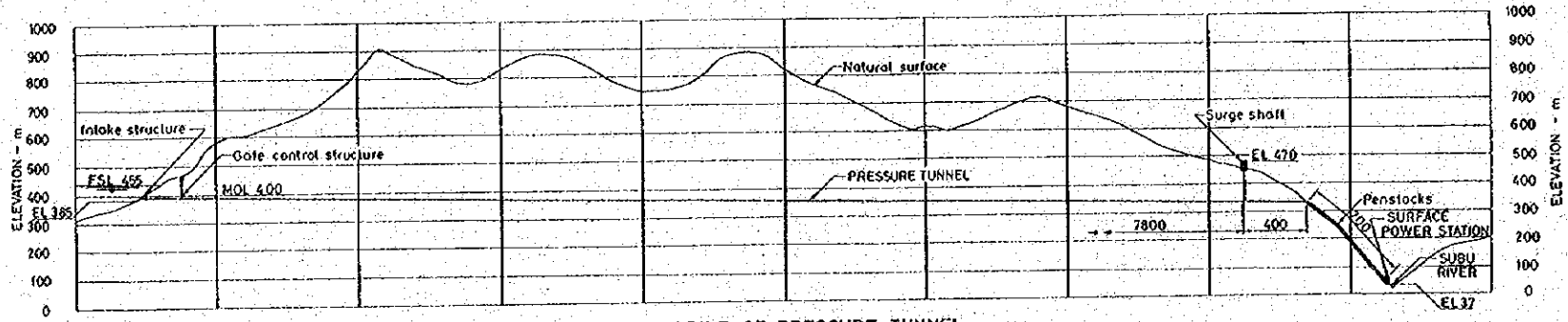
WABO POWER PROJECT  
 WABO STORAGE OPERATION WITH GAS TURBINES  
 AND COSTS OF AURE PROJECTS  
 15



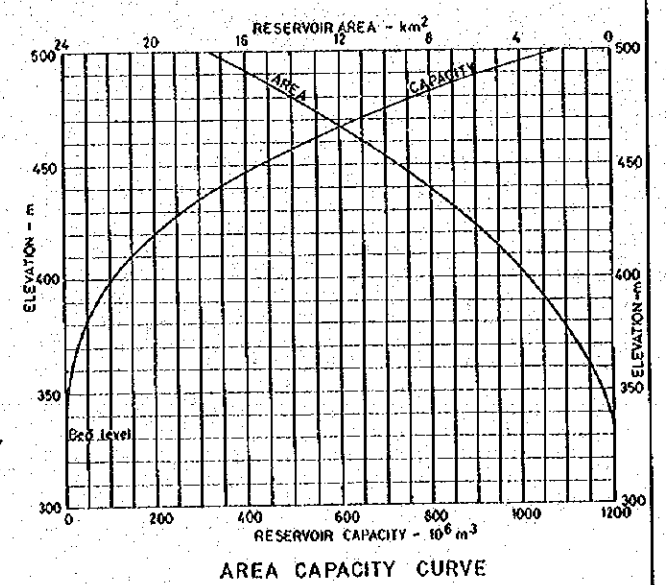
PLAN  
Scale A



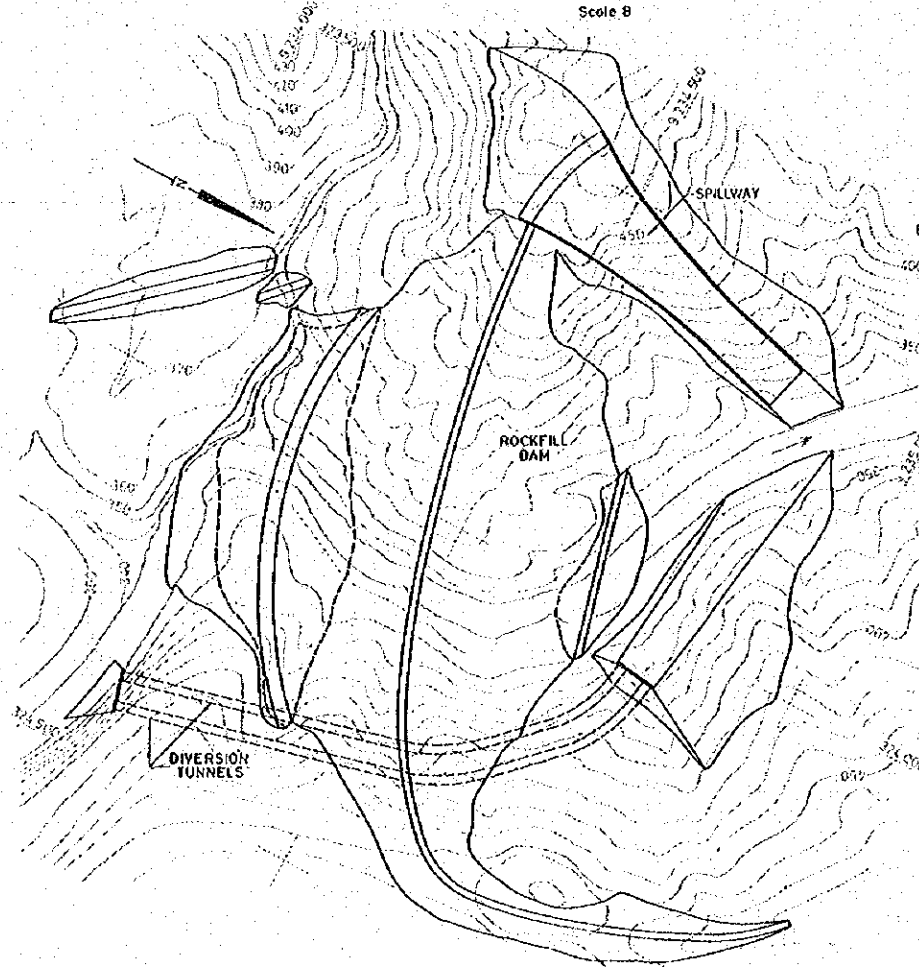
LOCALITY PLAN  
Scale E



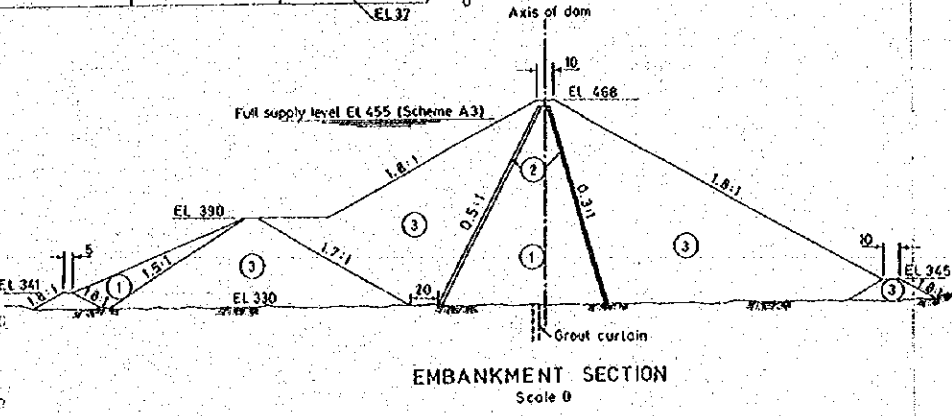
PROFILE OF PRESSURE TUNNEL  
Scale B



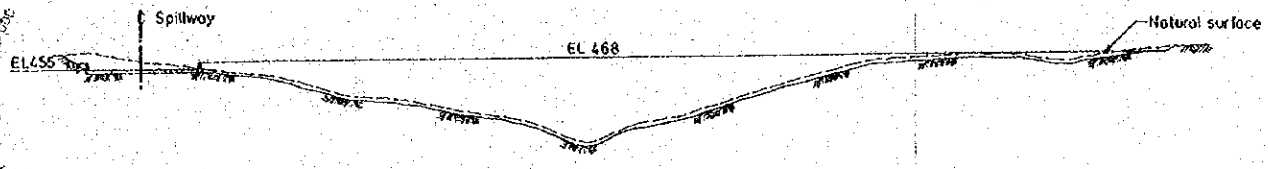
AREA CAPACITY CURVE



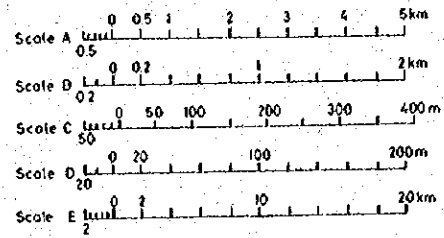
PLAN  
Scale C



EMBANKMENT SECTION  
Scale D



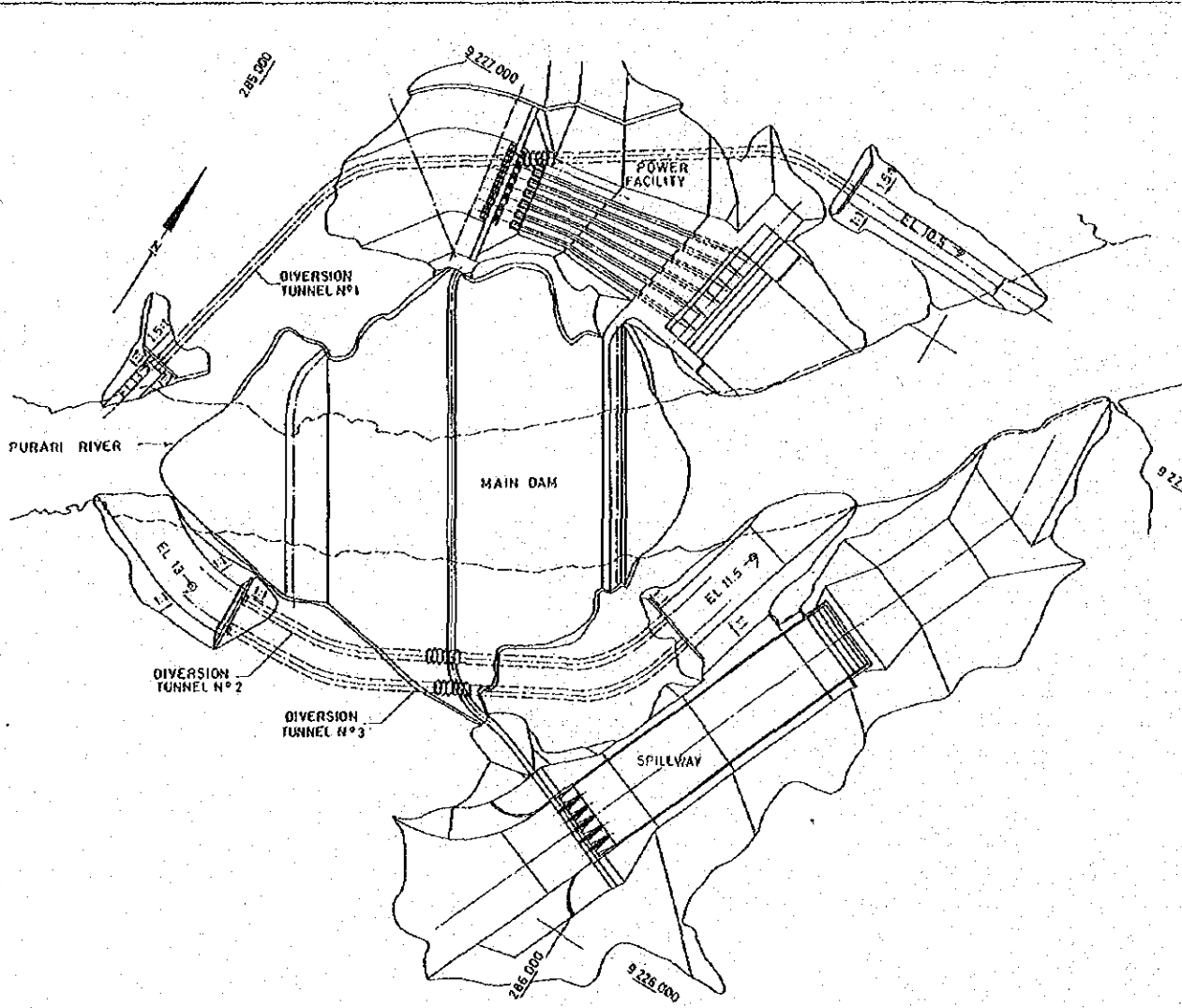
CREST PROFILE  
Scale C



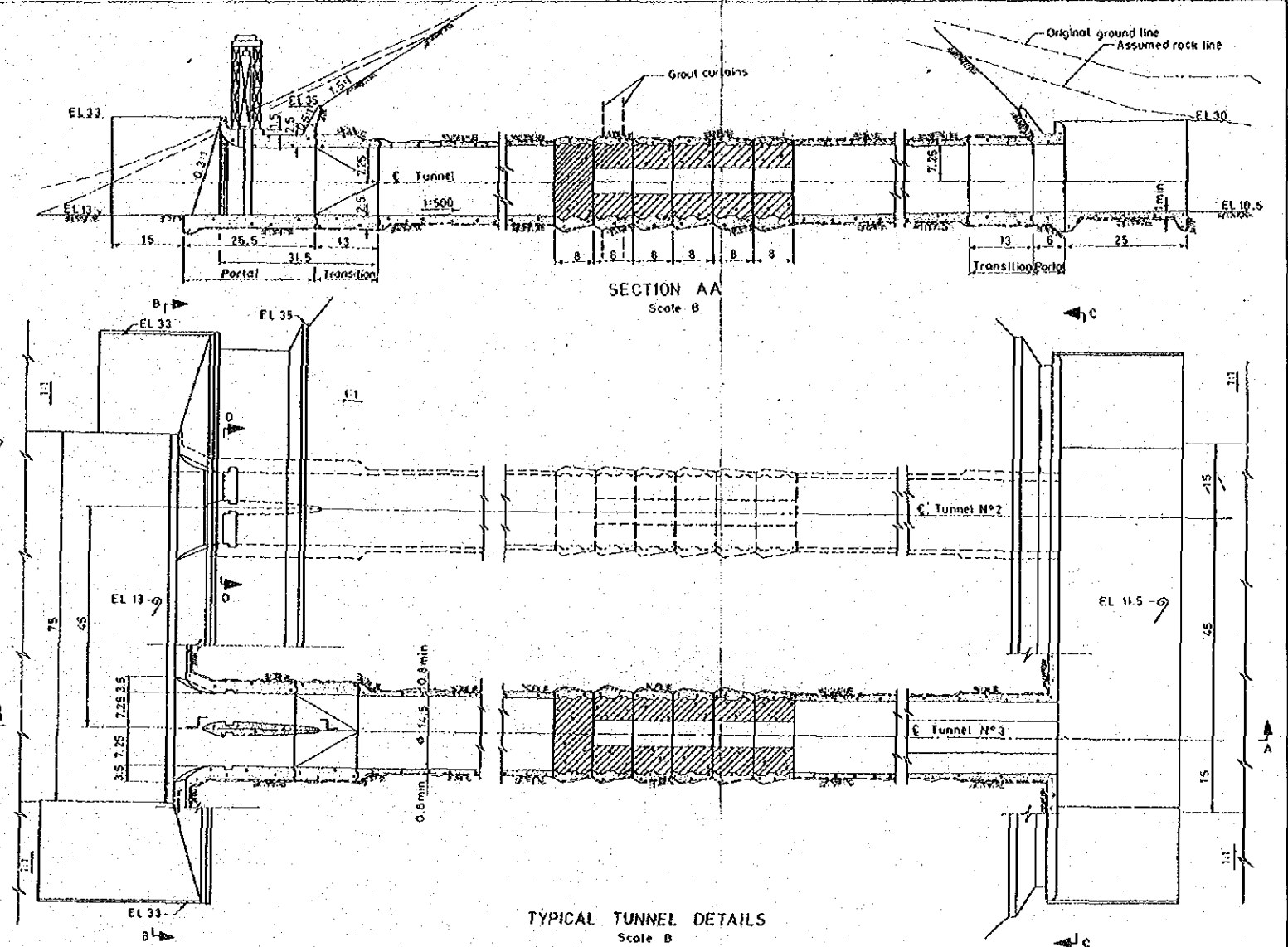
**WABO POWER PROJECT**

**AURE HYDROELECTRIC SCHEME**

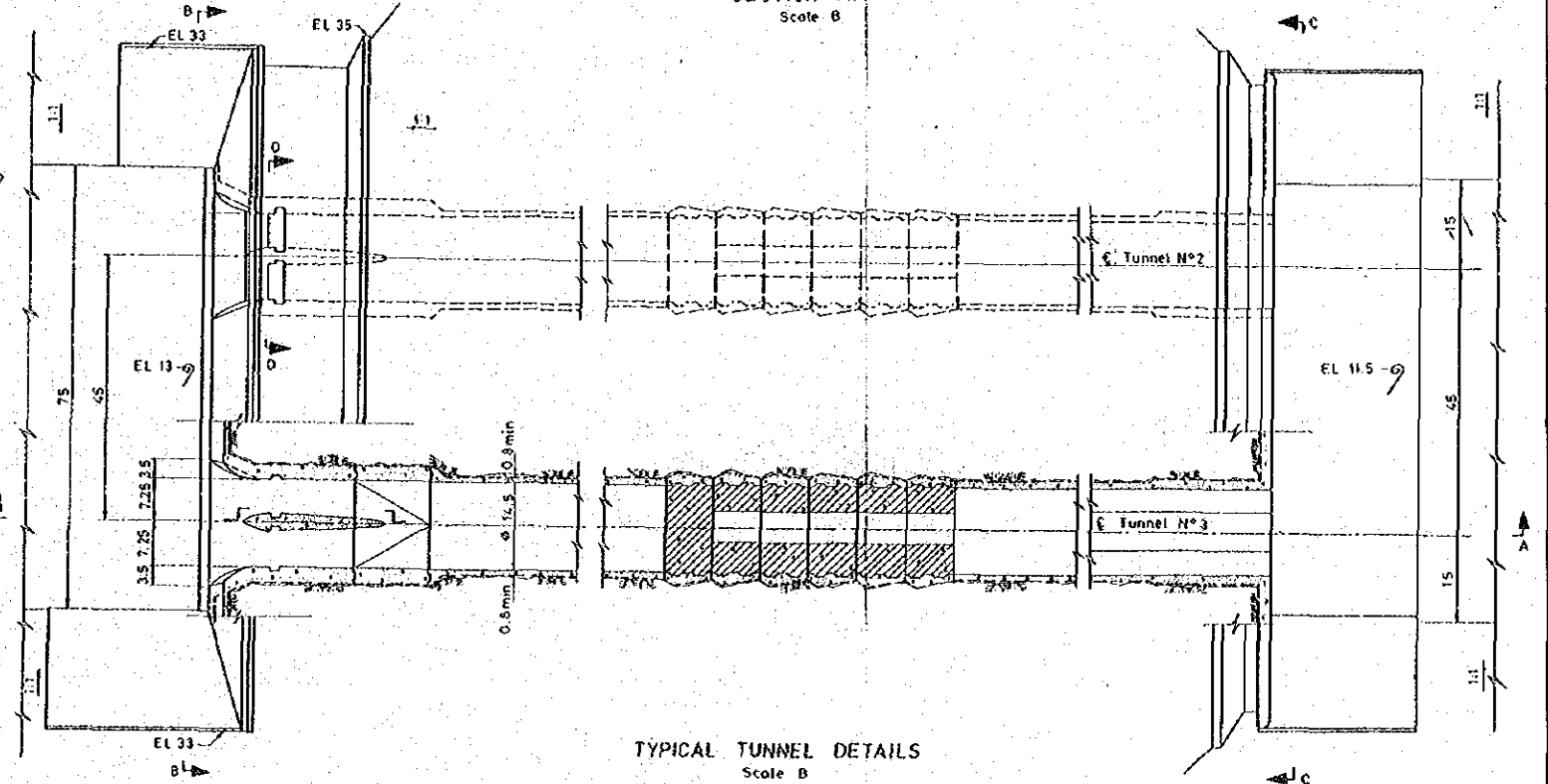
16



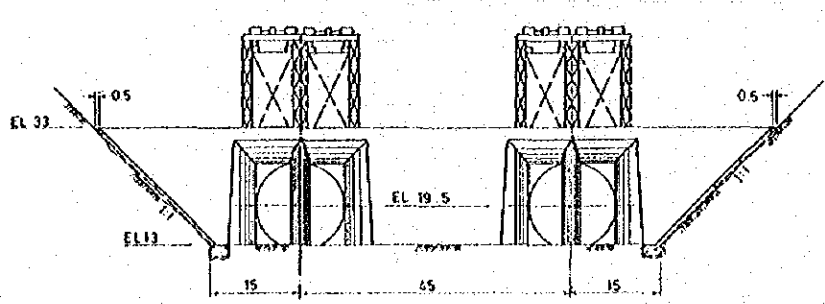
PLAN  
Scale A



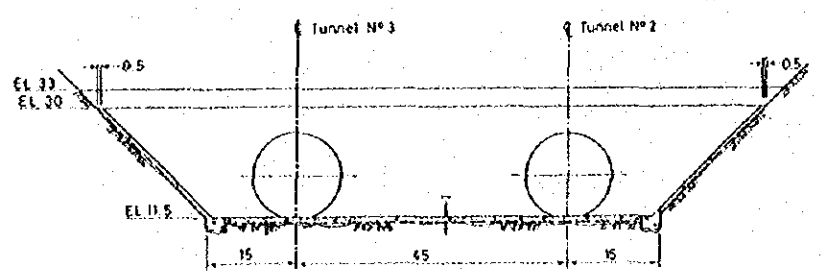
SECTION AA  
Scale B



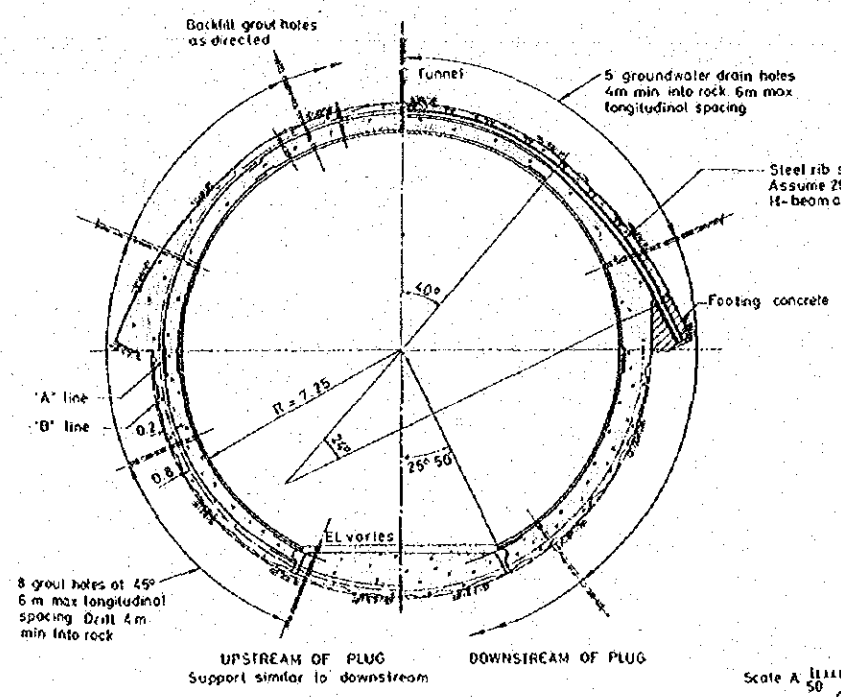
TYPICAL TUNNEL DETAILS  
Scale B



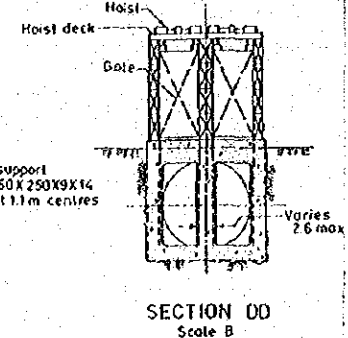
SECTION BB  
Concrete details for upstream  
portal of Tunnel No. 1 similar  
Scale B



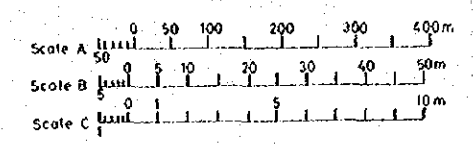
SECTION CC  
Concrete details for downstream  
portal of Tunnel No. 1 similar  
Scale B



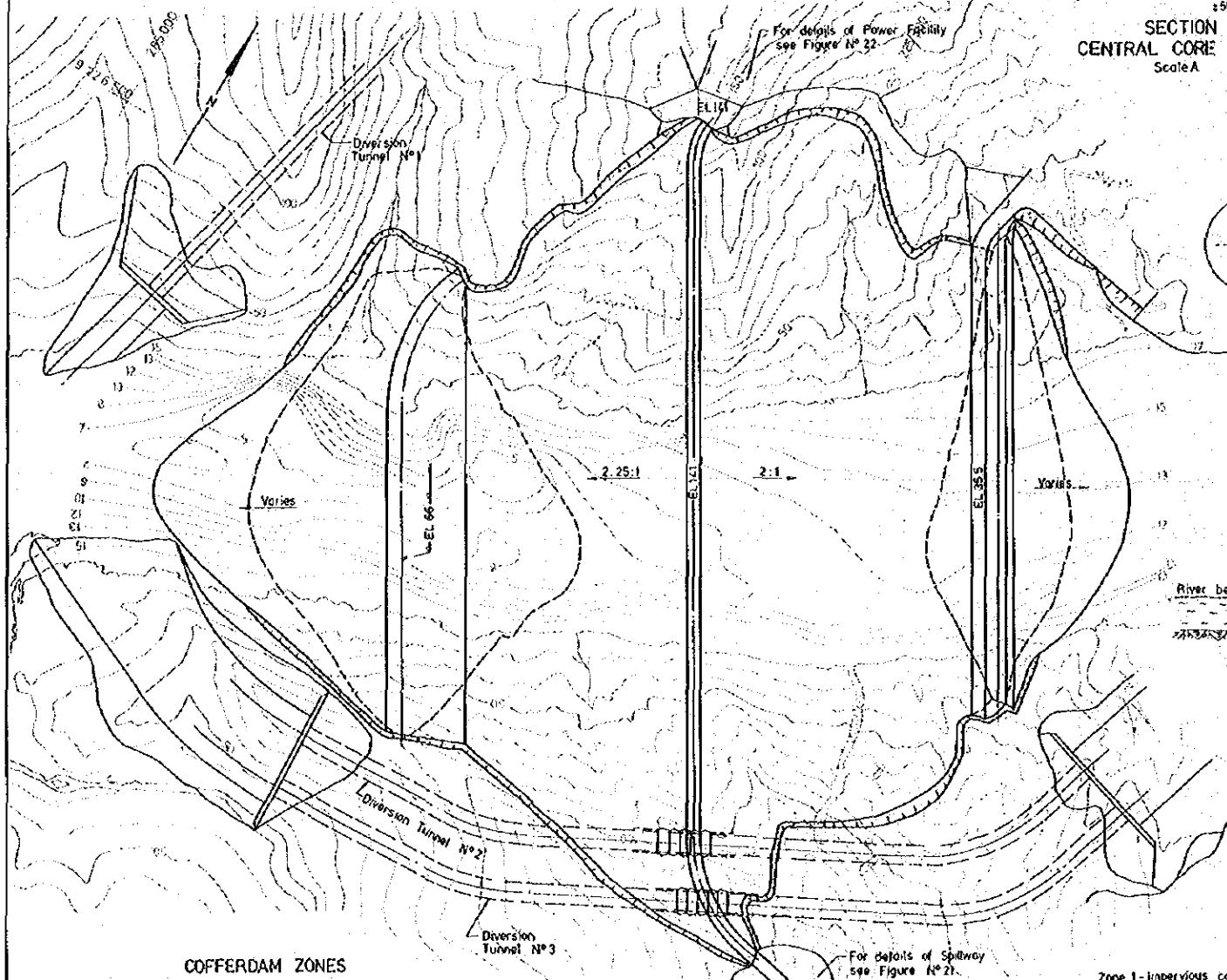
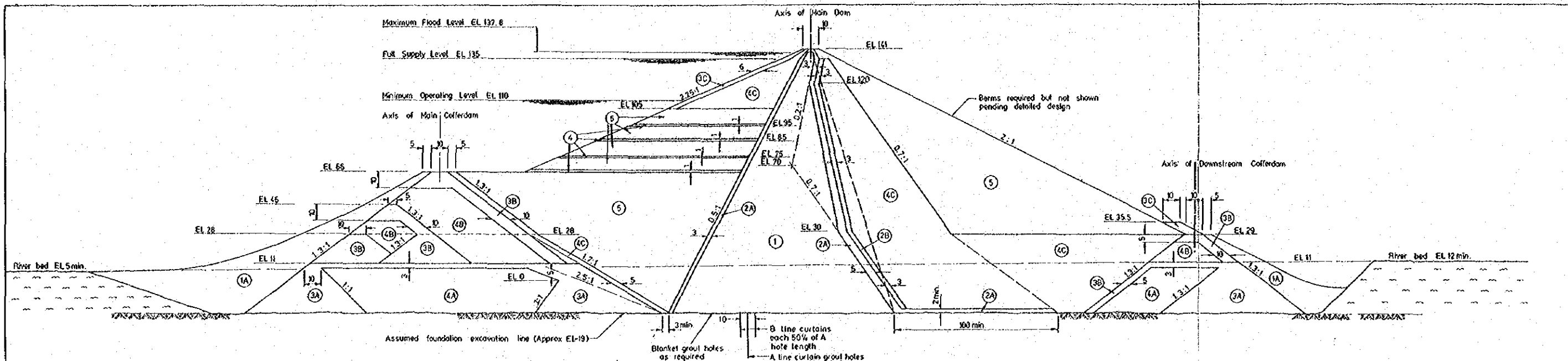
TYPICAL SECTION OF TUNNEL  
Scale C



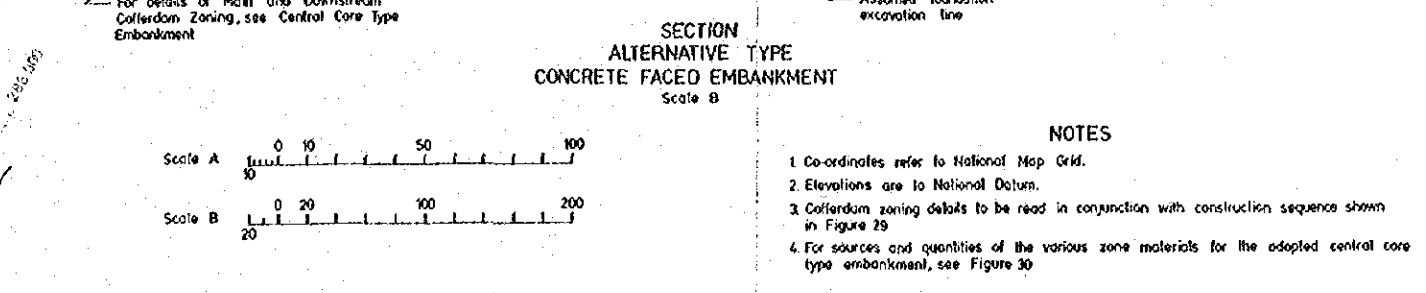
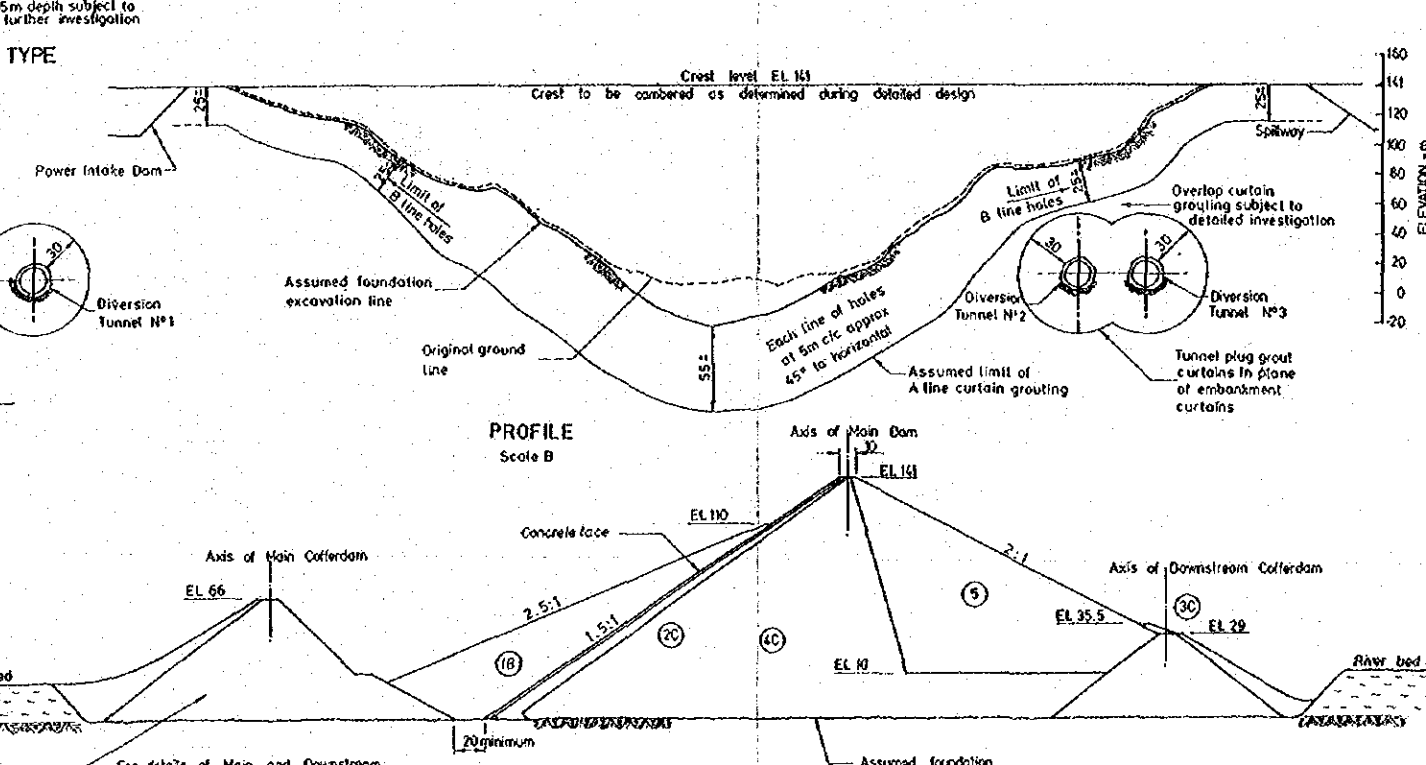
SECTION DD  
Scale B



WABO POWER PROJECT  
  
DIVERSION TUNNELS



- COFFERDAM ZONES**
- Zone 1A- Sealing membrane  
Below existing riverbed level, barge dumped mixture of gravels, sands and silts  
Above riverbed material stripped from Main Dam abutments, dumped progressively
  - Zone 3A- Quarry run, barge dumped limestone rock, probable maximum size 1m but larger for closure and armour protection.
  - Zone 3B- As for Zone 3A except end dumped above water.
  - Zone 4A- Dredged gravel-sands, barge dumped
  - Zone 4B- Dredged gravel-sands, end dumped above water



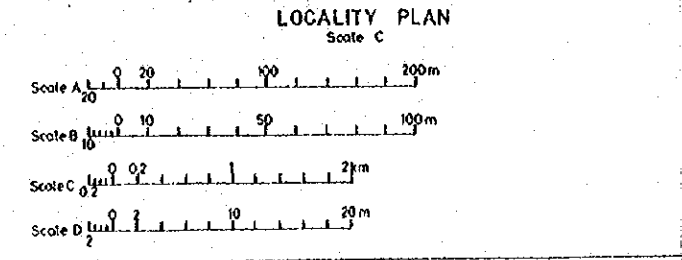
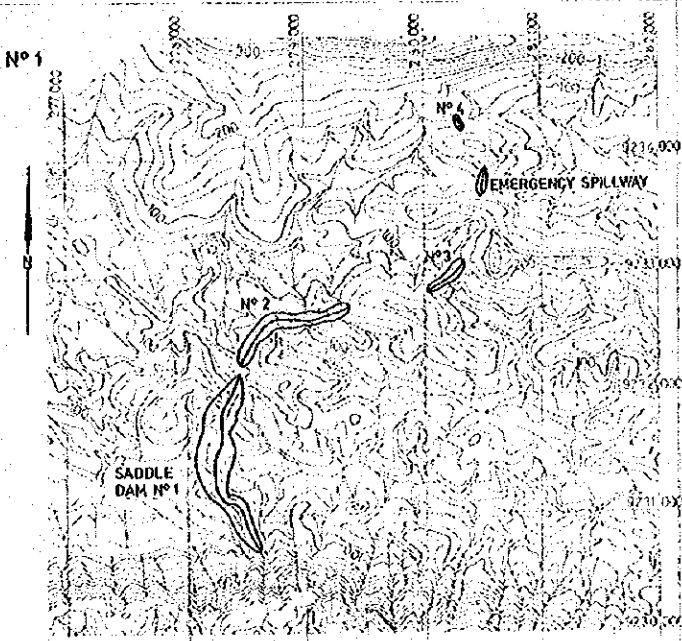
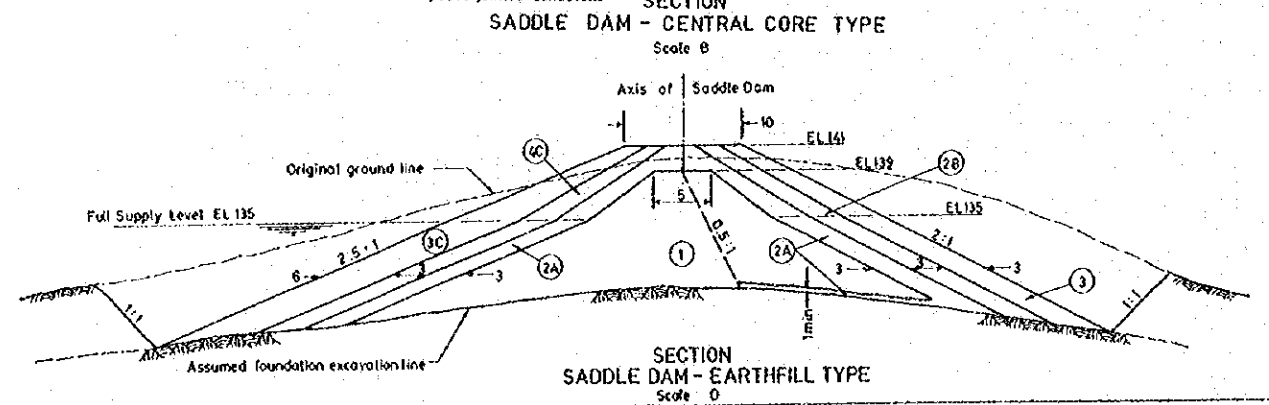
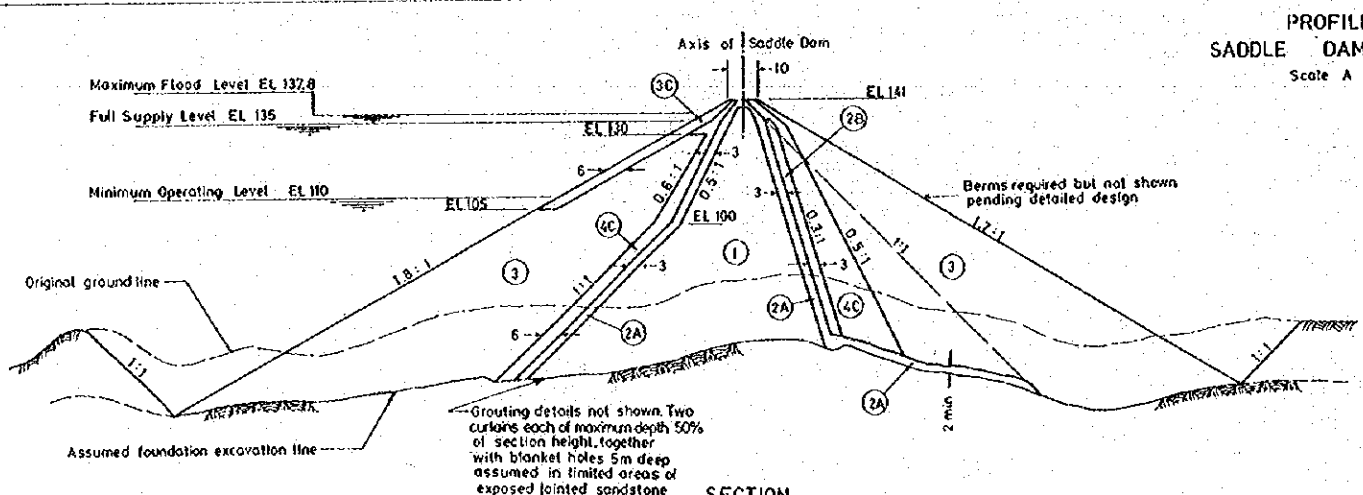
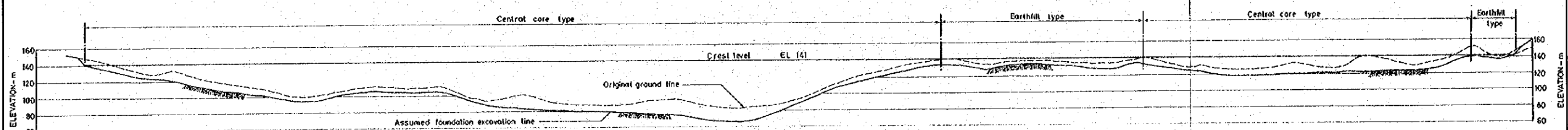
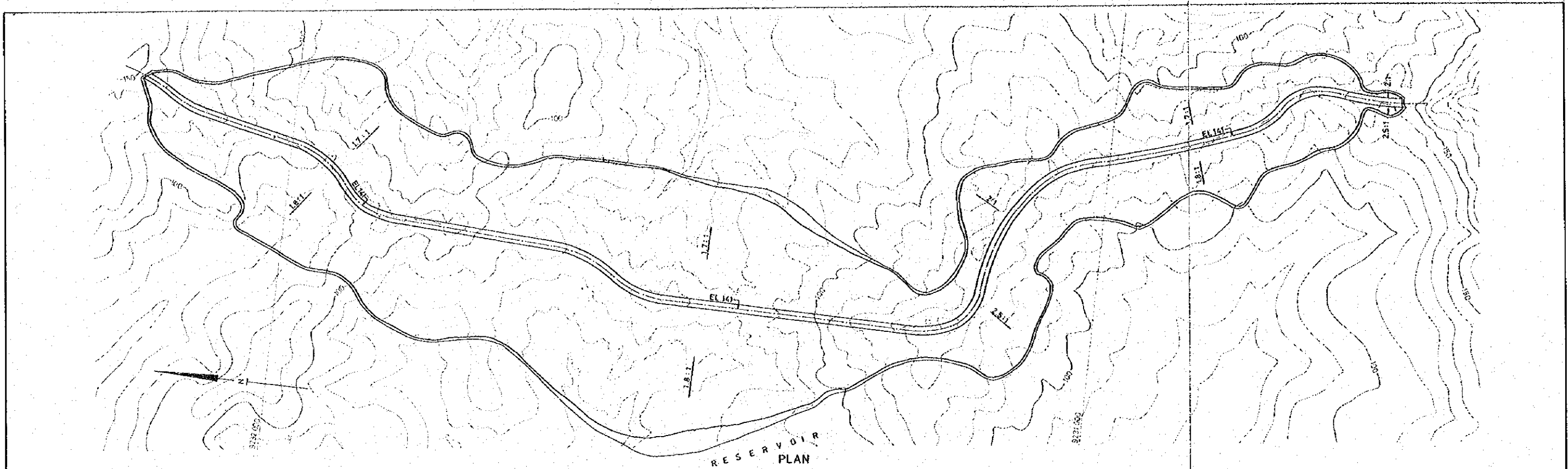
- EMBANKMENT ZONES**
- Zone 1- Impervious core, mudstone compacted with tamping roller, probable layer thickness 150mm.
  - Zone 1B- Upstream blanket (concrete faced embankment only) mudstone placed and compacted by passage of construction equipment.
  - Zone 2A- Fine filter, processed from dredged fine sands and silts. Maximum size 20 mm, compacted to 500mm layers.
  - Zone 2B- Coarse filter, processed from dredged gravel-sands. Maximum size 80 mm, free draining, compacted to 500mm layers.
  - Zone 2C- Compacted bedding (decked) (all embankment only). Processed from dredged gravel-sands, well graded, 80mm maximum size.
  - Zone 3C- Slope protection, quarry run placed limestone rock, maximum size as required for wave action, restricted proportion of minus 150mm.
  - Zone 4C- Dredged gravel-sands, not more than 50% passing 10 mm, not more than 2% passing 60µm, compacted with 10 tonne or heavier vibrating drum roller, probable layer thickness 500mm.
  - Zone 5- Random fill from required excavation in Ero Bed sandstone. Generally not more than 50% passing 75mm after compaction. Liquid limit not exceeding 40%. Compacted in 500mm layers.

- NOTES**
- Co-ordinates refer to National Map Grid.
  - Elevations are to National Datum.
  - Cofferdam zoning details to be read in conjunction with construction sequence shown in Figure 29.
  - For sources and quantities of the various zone materials for the adopted central core type embankment, see Figure 30.

**WABO POWER PROJECT**

**MAIN DAM DETAILS**

(2) 18



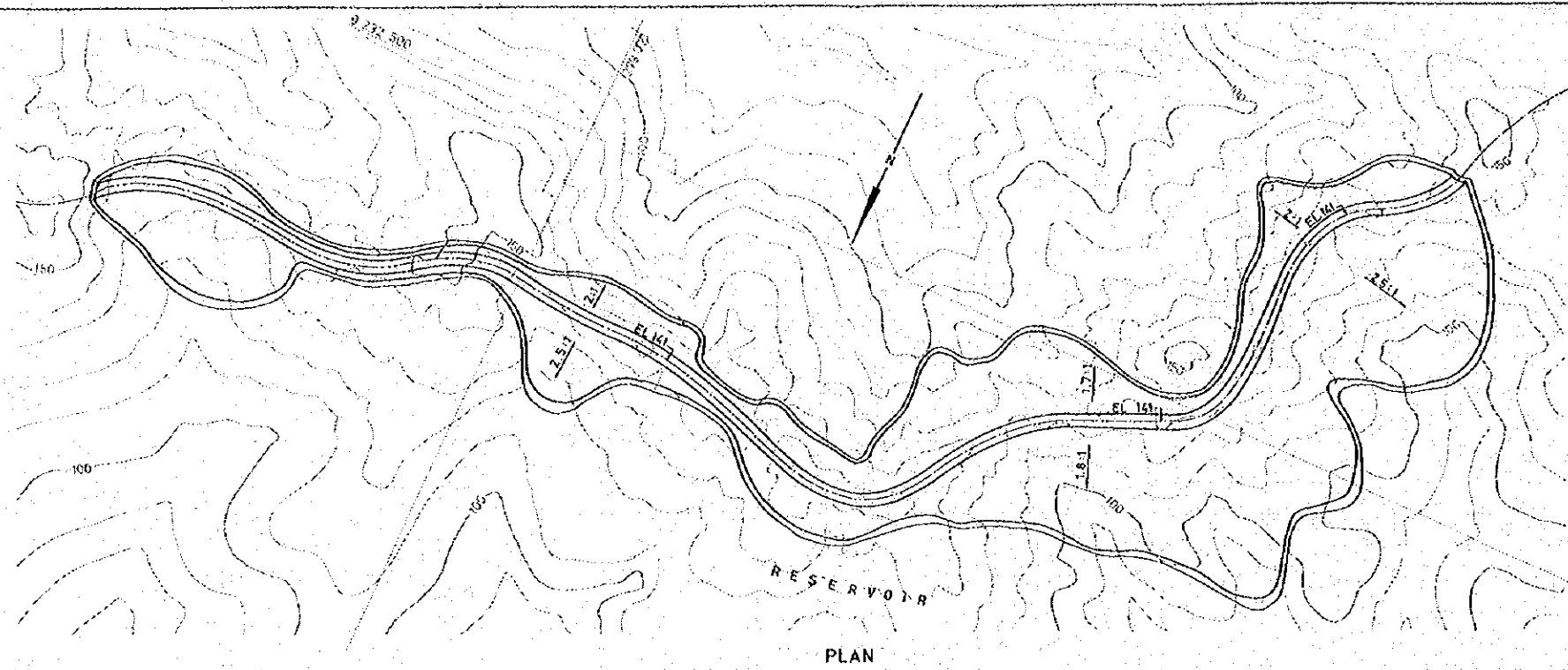
- NOTES**
- 1 For general notes see Figure 4
  - 2 For sources and quantities of the various zone materials, see Figure 30
  - 3 Embankment outlines are preliminary only. See Section 7.4.1
- EMBANKMENT ZONES**
- Zone 1 - Impervious core, mudstone compacted with tamping roller, probable layer thickness 150 mm
  - Zone 2A - Fine filter, processed from dredged fine sands and silts. Maximum size 20mm, compacted to 500mm layers.
  - Zone 2B - Coarse filter, processed from dredged gravel sands. Maximum size 80 mm, free draining, compacted to 500mm layers.
  - Zone 3 - Quarry run sandstone rockfill, free draining, compacted to 1m layers with heavy vibrating drum roller
  - Zone 3C - Slope protection, quarry run placed sandstone rock, maximum size as required for wave action, restricted proportion of minus 150mm.
  - Zone 4C - Dredged gravel-sands, not more than 50% passing 10 mm, not more than 2% passing 80µm, compacted with 10t or heavier vibrating drum roller, probable layer thickness 500 mm.

WABO POWER PROJECT

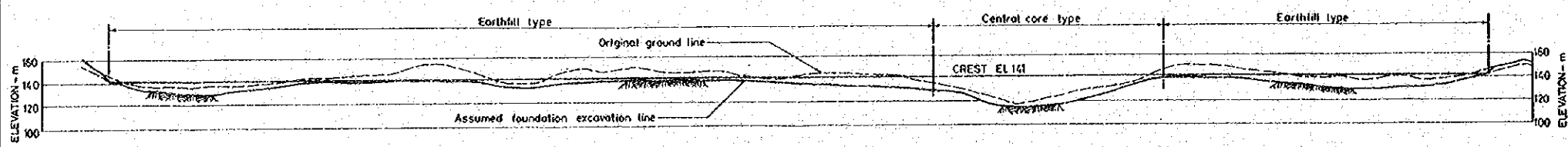
**SADDLE DAMS  
AND EMERGENCY SPILLWAY**

SHEET 1 OF 2

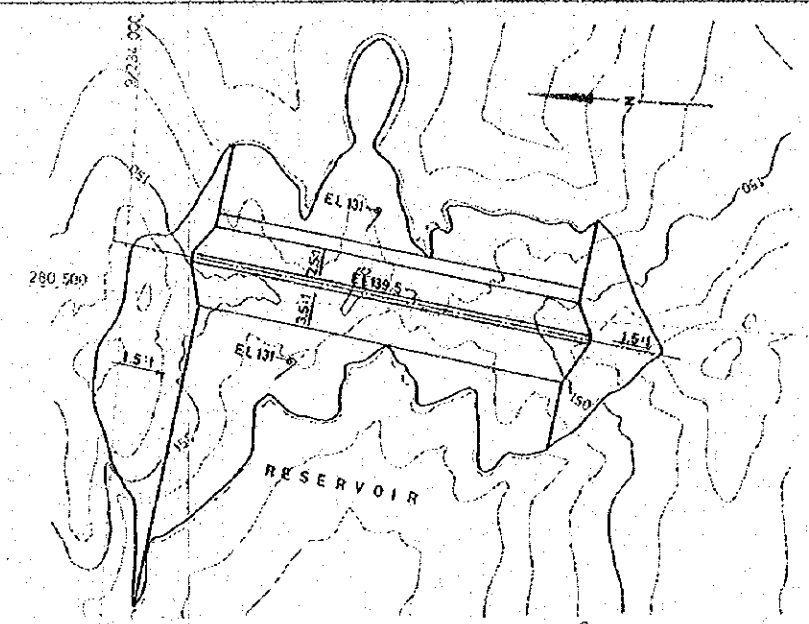
19



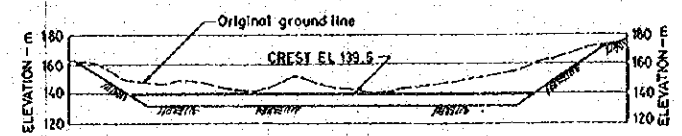
PLAN



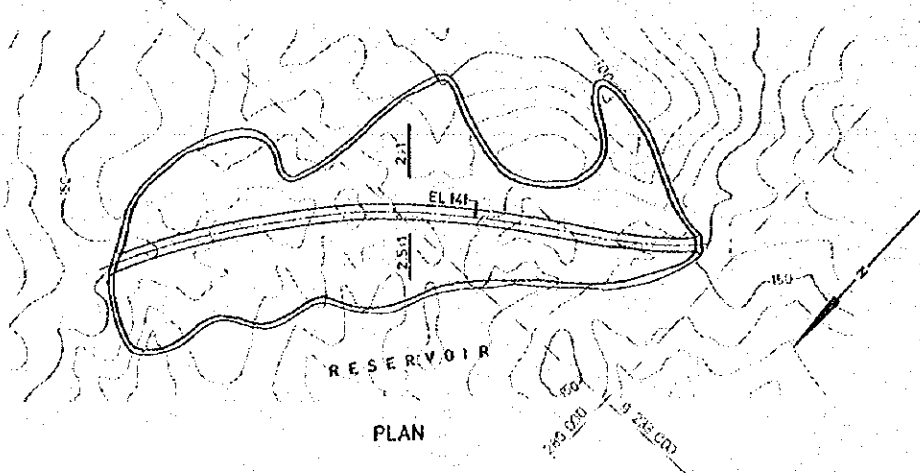
PROFILE  
SADDLE DAM N° 2  
Scale A



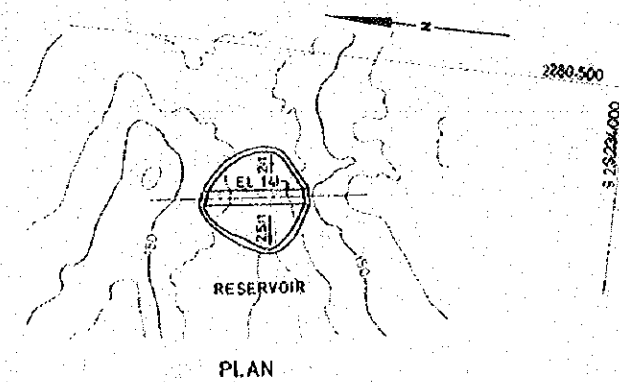
PLAN



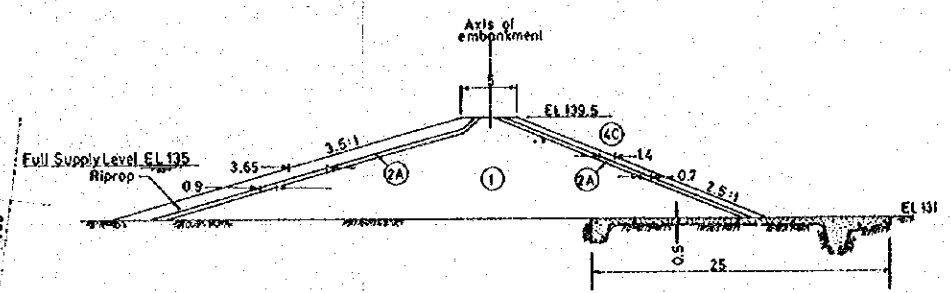
PROFILE  
FUSE PLUG EMBANKMENT  
Scale A



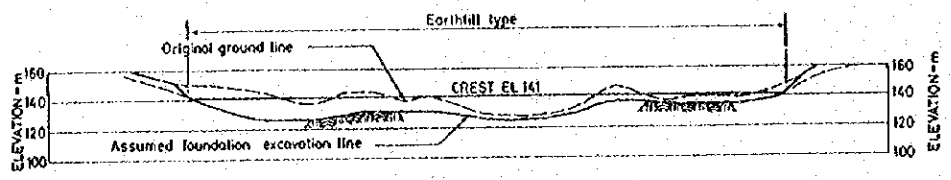
PLAN



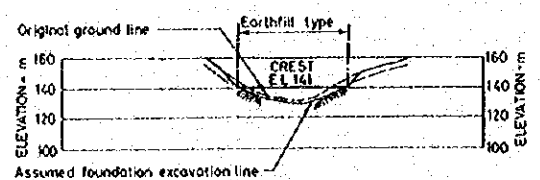
PLAN



SECTION  
FUSE PLUG EMBANKMENT  
Scale 0  
EMERGENCY SPILLWAY



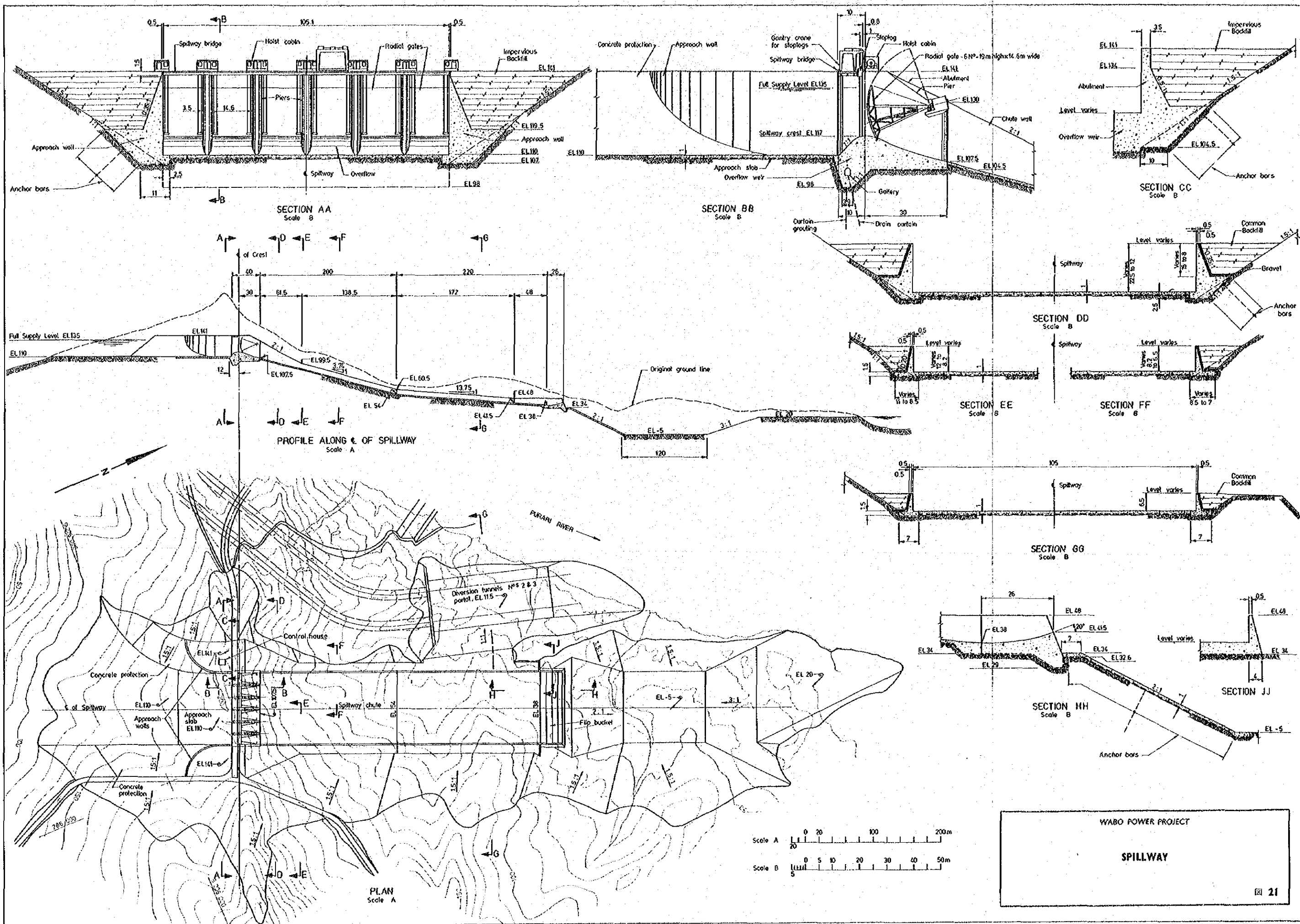
PROFILE  
SADDLE DAM N° 3  
Scale A

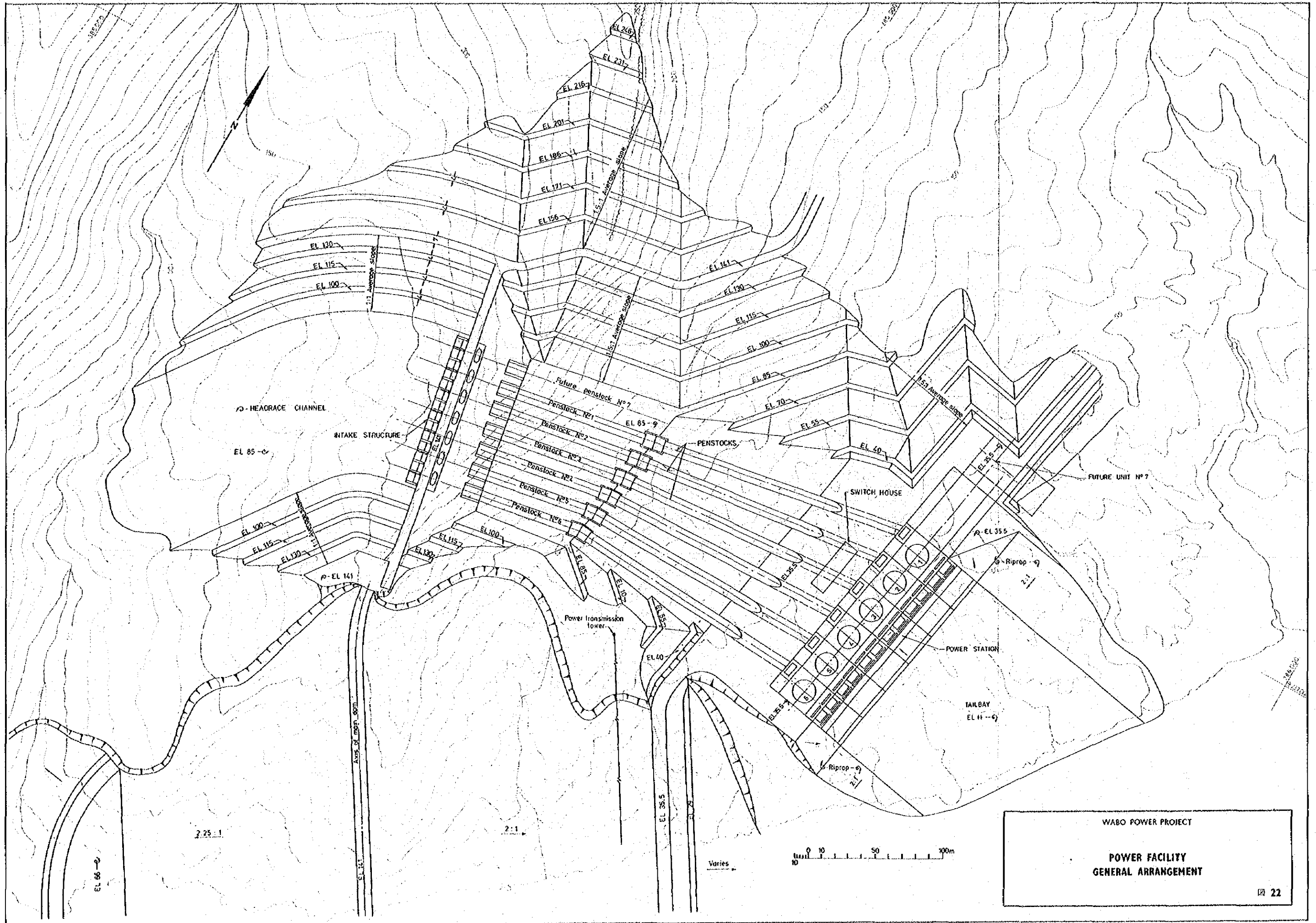


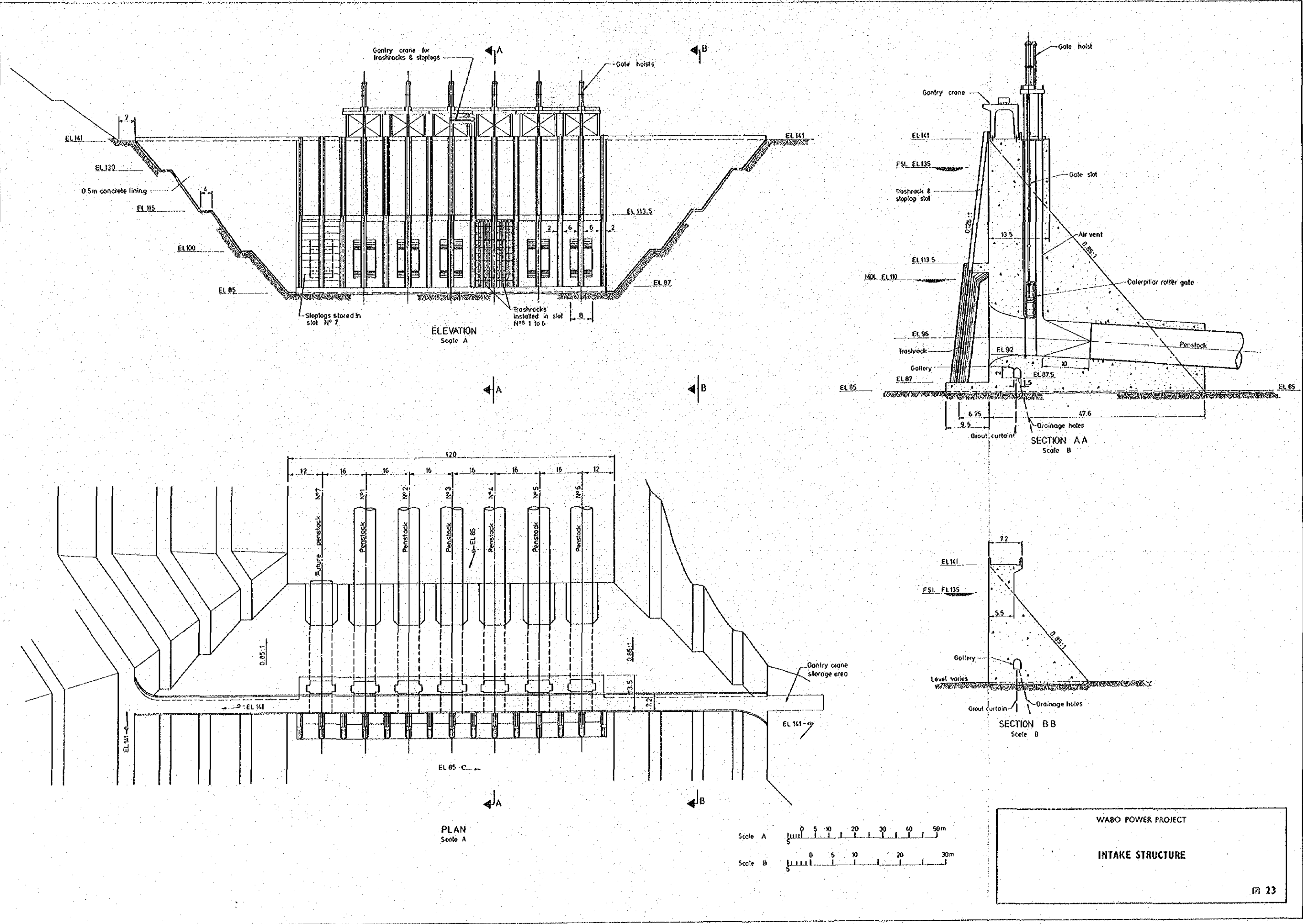
PROFILE  
SADDLE DAM N° 4  
Scale A

NOTES  
For notes and scales refer Figure 19.





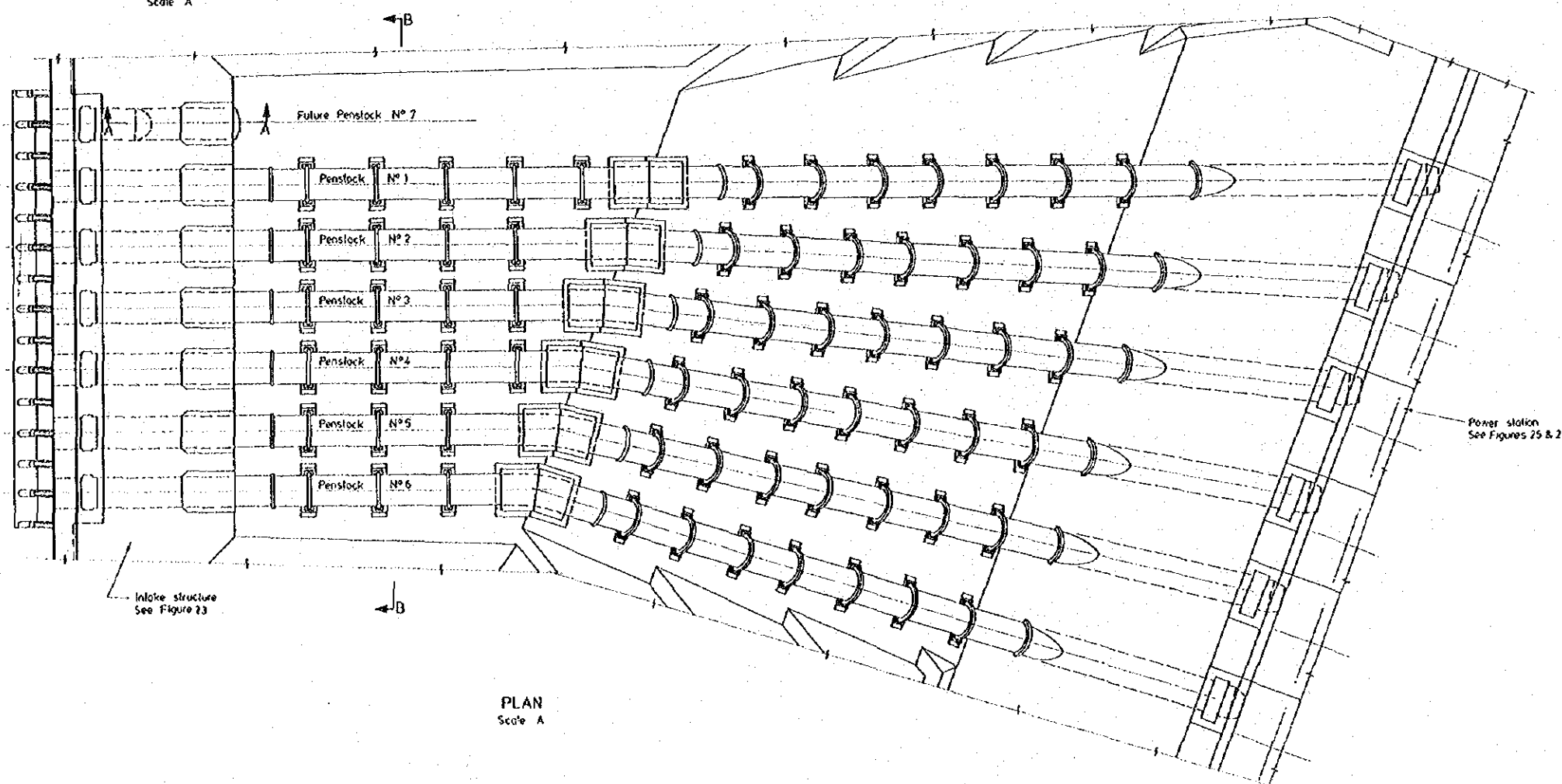
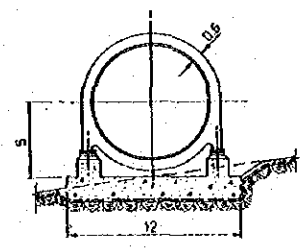
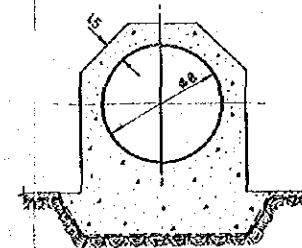
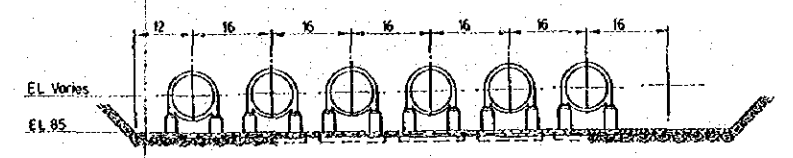
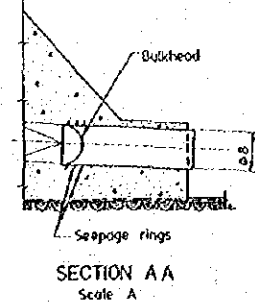
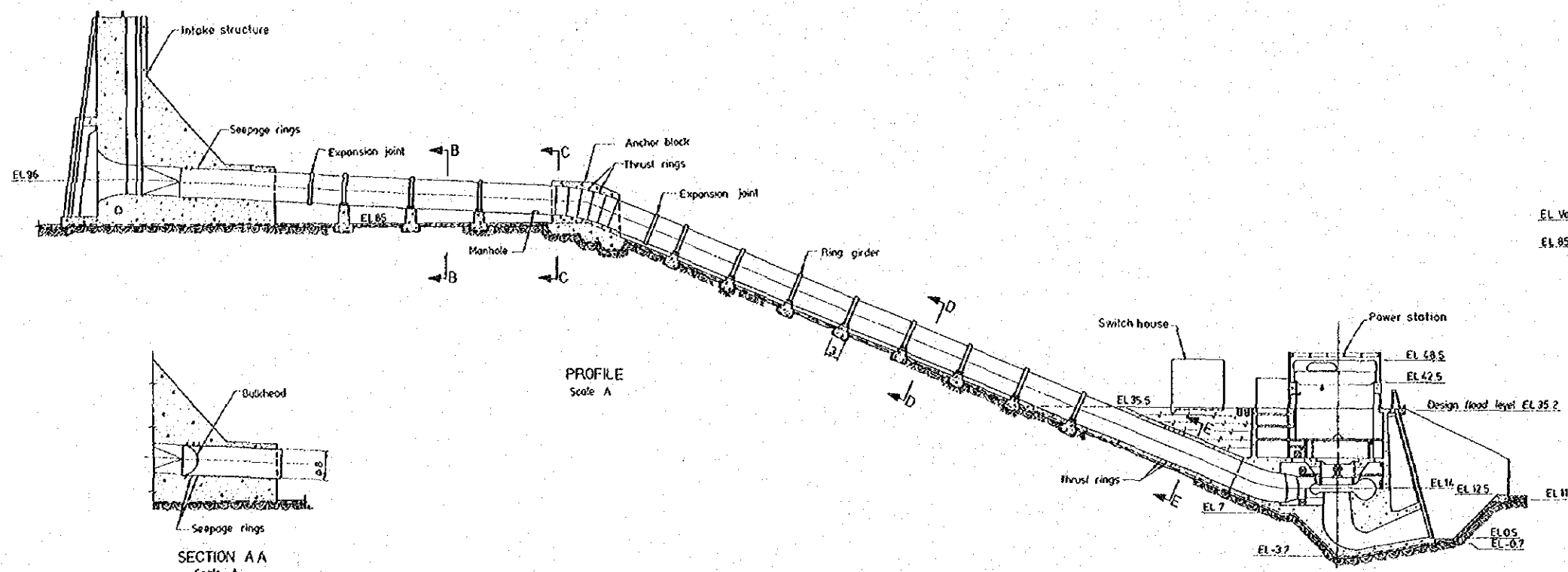




WABO POWER PROJECT

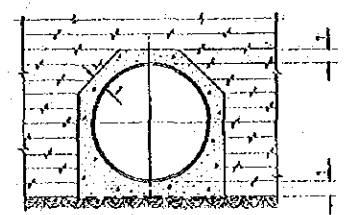
INTAKE STRUCTURE

Fig 23

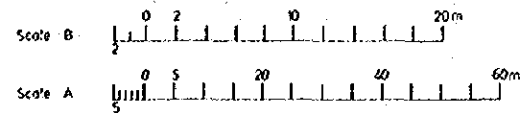


SECTION CC Scale B

SECTION DD Scale B



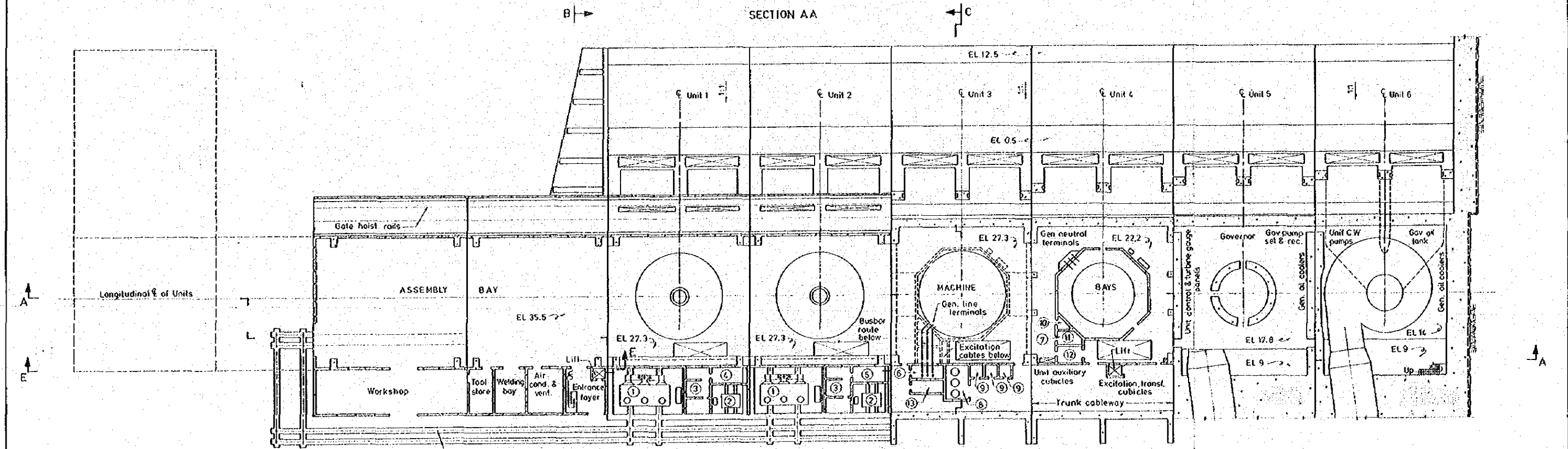
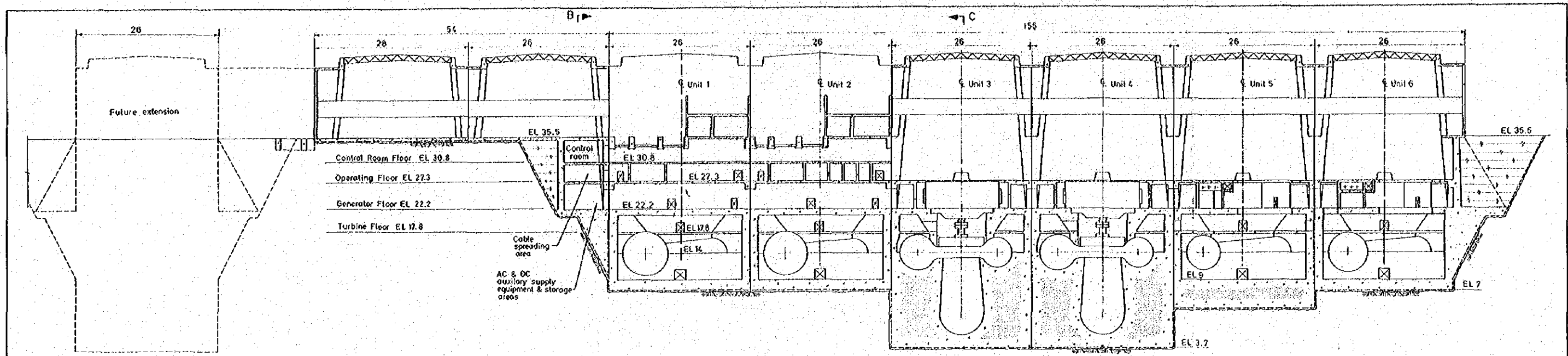
SECTION EE Scale B



WABO POWER PROJECT

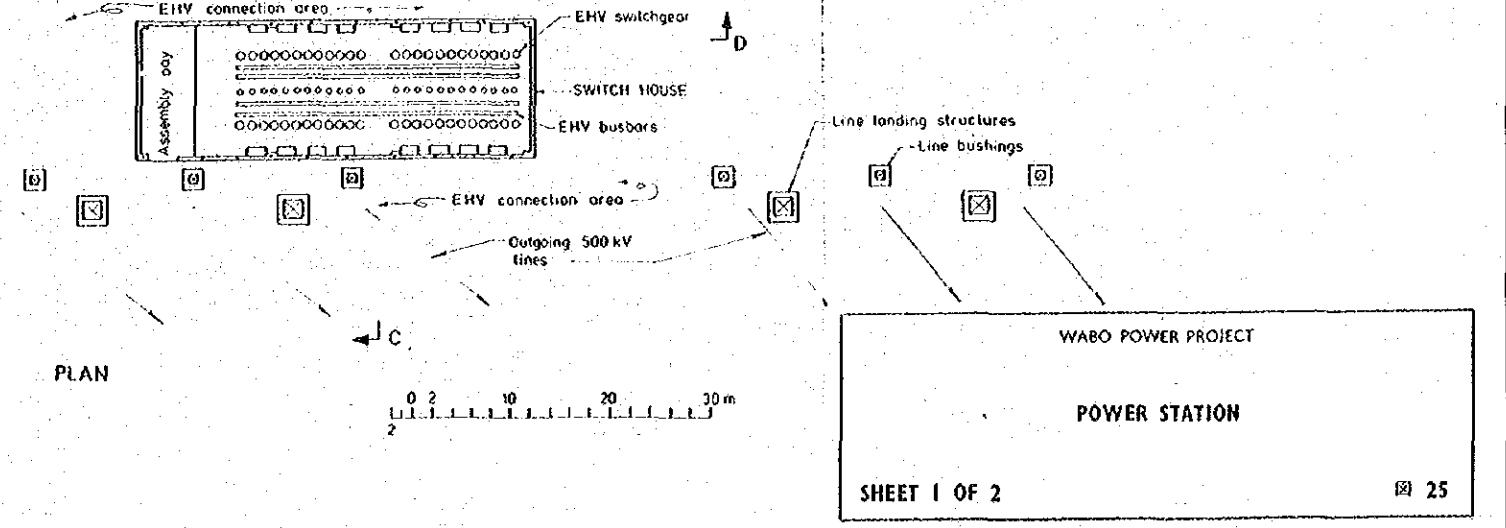
**PENSTOCKS**

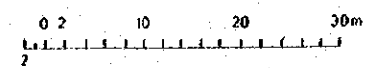
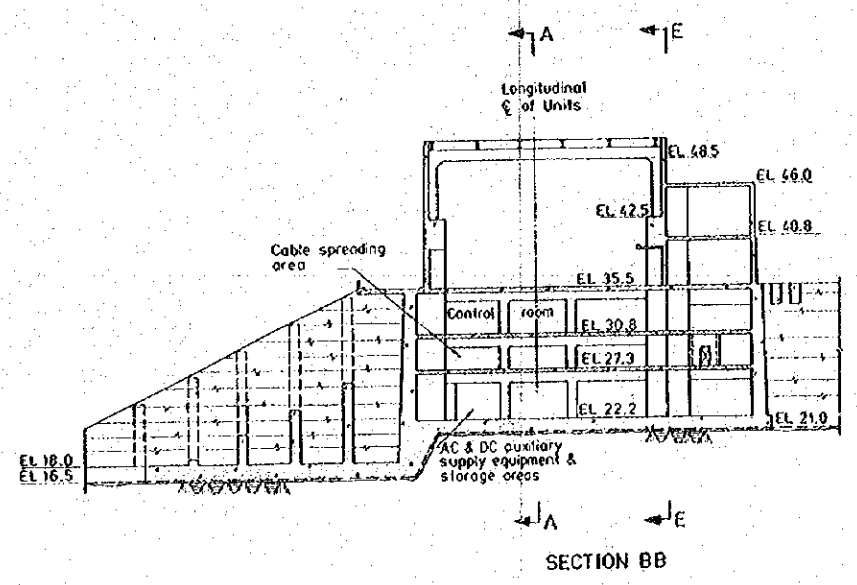
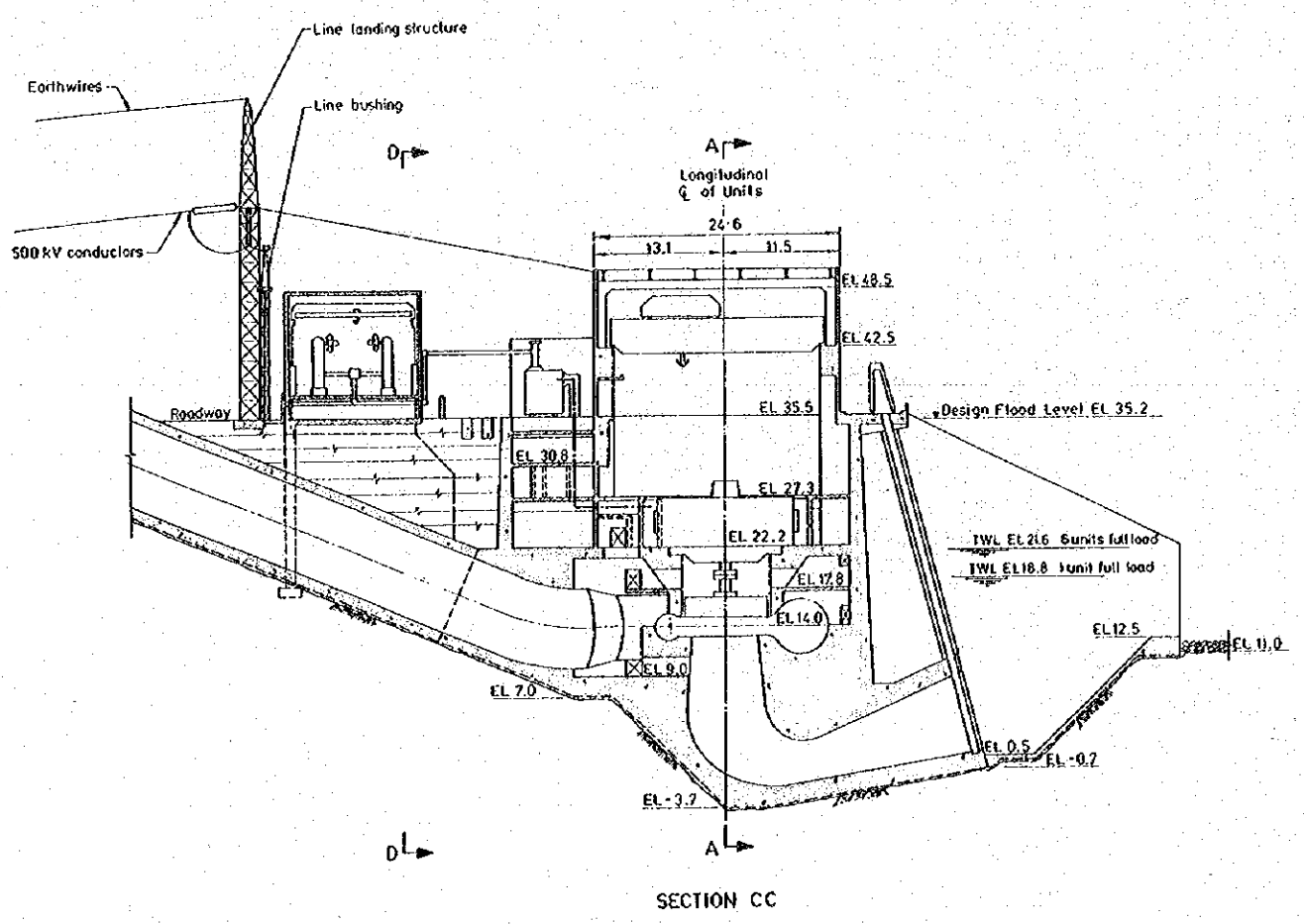
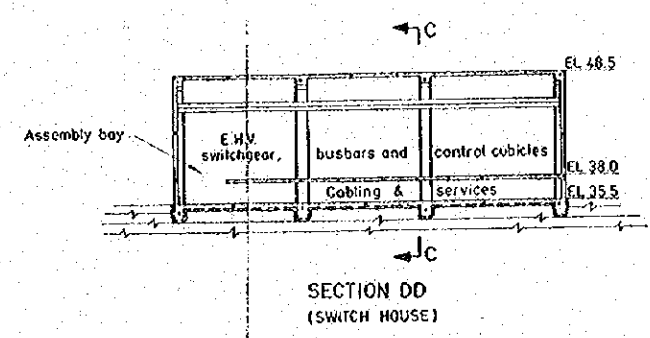
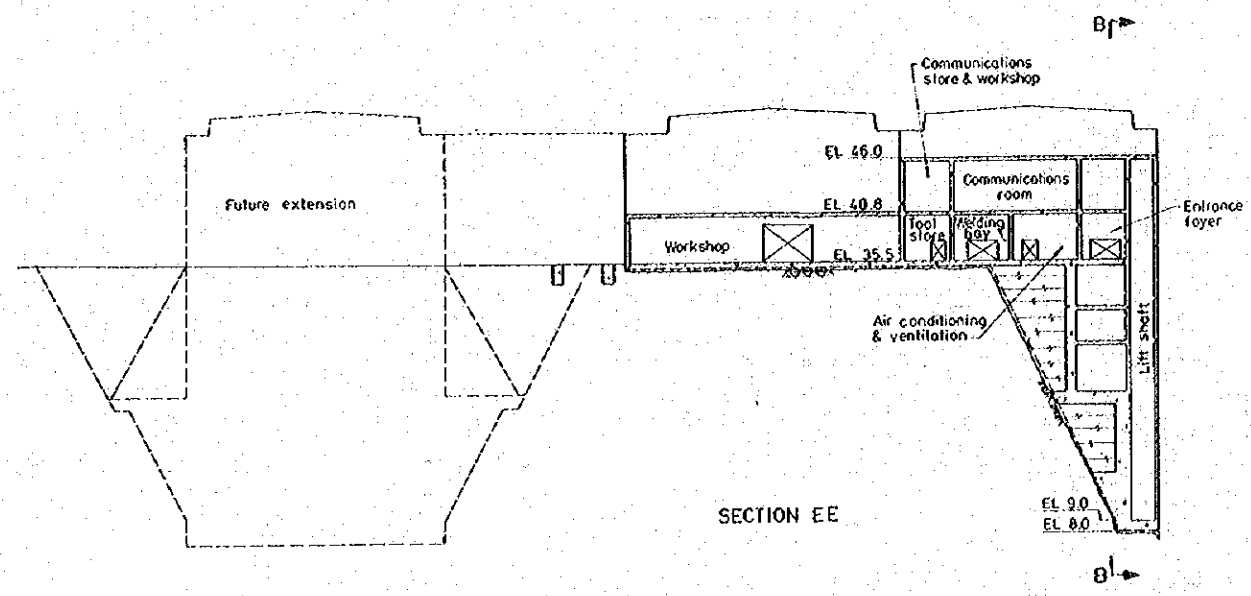
24



- LEGEND**
- ① Main transformer (three-phase)
  - ② Station service transformer
  - ③ Transformer auxiliary plant
  - ④ Station service transformers H.V. switchgear
  - ⑤ Station service transformers L.V. switchgear
  - ⑥ Generator isolator switch
  - ⑦ Generator earthing switch
  - ⑧ Reactors (applicable to Bays 1, 2, 5, 6)
  - ⑨ Auxiliary switchgear (applicable to Bays 1, 5)
  - ⑩ Busbar ventilation room
  - ⑪ Generator line terminal room
  - ⑫ Unit auxiliary transformer
  - ⑬ Main transformer earthing switch

- NOTES**
- Plant in Unit Bays at EL 9.0
- Unit 1 - Tool air compressors, receiver  
Ventilation C.W. pumps
  - Unit 2 - 5 MW hydrogenerator
  - Unit 3 - Operating and dewatering air compressors
  - Unit 4 - Dewatering air receivers  
Drainage pit and pumps below
  - Unit 5 - Dewatering air receivers  
Drainage pit below
- Plant in Unit Bays at EL 35.5  
(adjacent to main transformers)
- Unit 1 - As indicated
  - Unit 2 - As indicated
  - Unit 3 - Transformer auxiliary plant, spare main transformer
  - Unit 4 - Transformer auxiliary plant, 4MVA emergency diesel generating set
  - Unit 5 - Transformer auxiliary plant oil filtration equipment & transfer equipment
  - Unit 6 - Transformer auxiliary plant, visitors or storage facilities



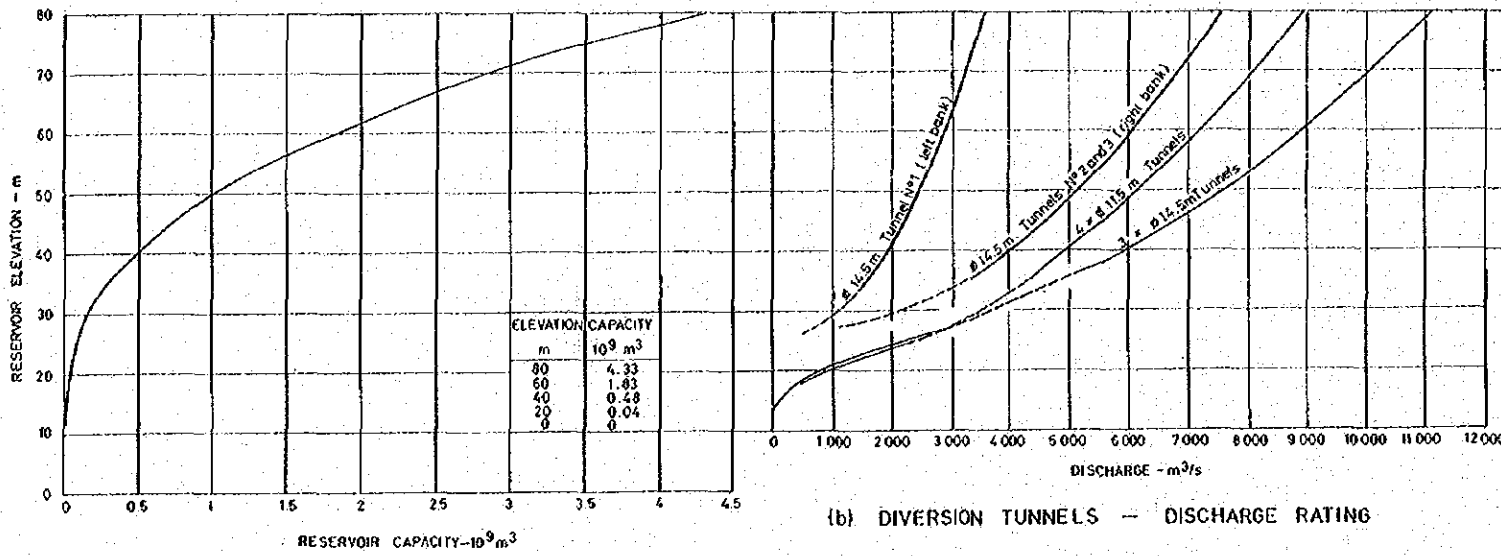


WABO POWER PROJECT

POWER STATION

SHEET 2 OF 2

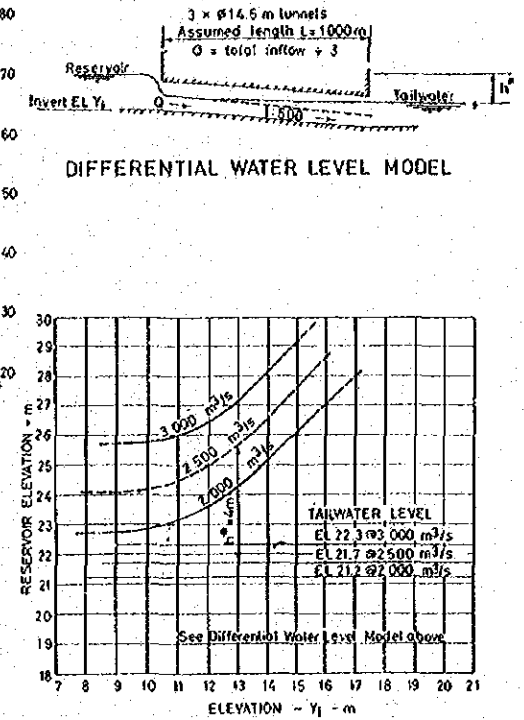
26



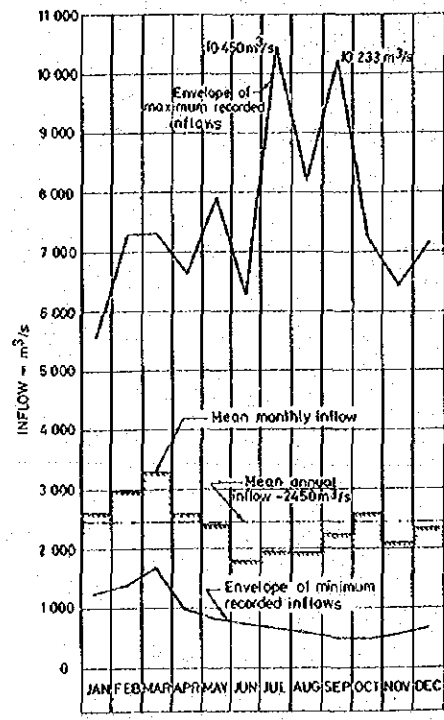
(a) RESERVOIR CAPACITY - PURARI RIVER AT WABO

(b) DIVERSION TUNNELS - DISCHARGE RATING

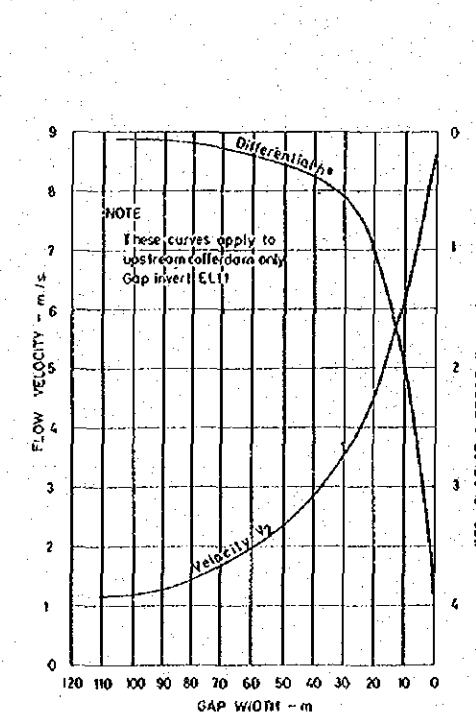
(c) MAXIMUM RESERVOIR ELEVATION FOR VARIOUS TUNNEL SYSTEMS



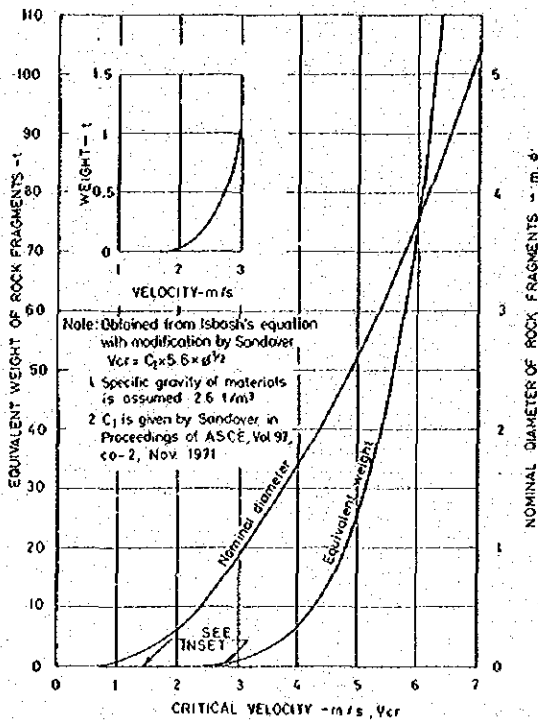
(d) UPSTREAM PORTAL - INVERT ELEVATION



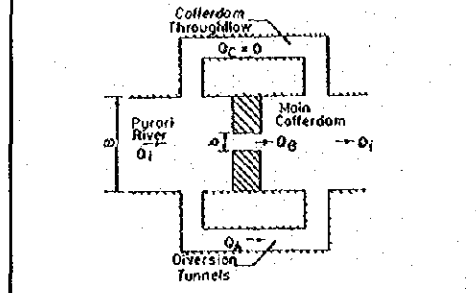
(e) RECORDED INFLOW AT WABO 1962 TO 1974



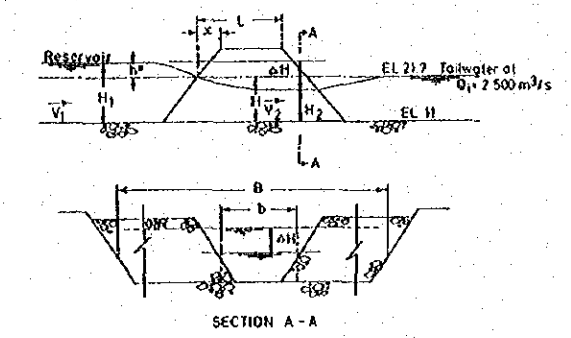
(f) CLOSURE RELATIONSHIPS INVOLVING GAP WIDTH, DIFFERENTIAL VELOCITY AND ROCK SIZE



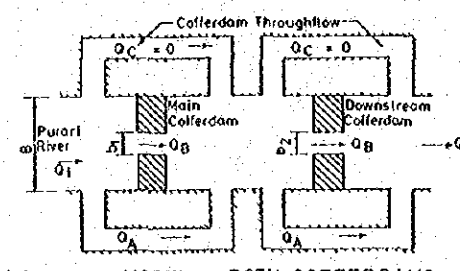
(g) DIVERSION DESIGN FLOOD AND DISCHARGE HYDROGRAPHS - 3 x 14.5 TUNNELS



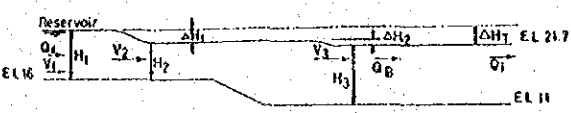
(h) FLOW MODEL - MAIN COFFERDAM ONLY



(i) CONTRACTION AT MAIN COFFERDAM ONLY

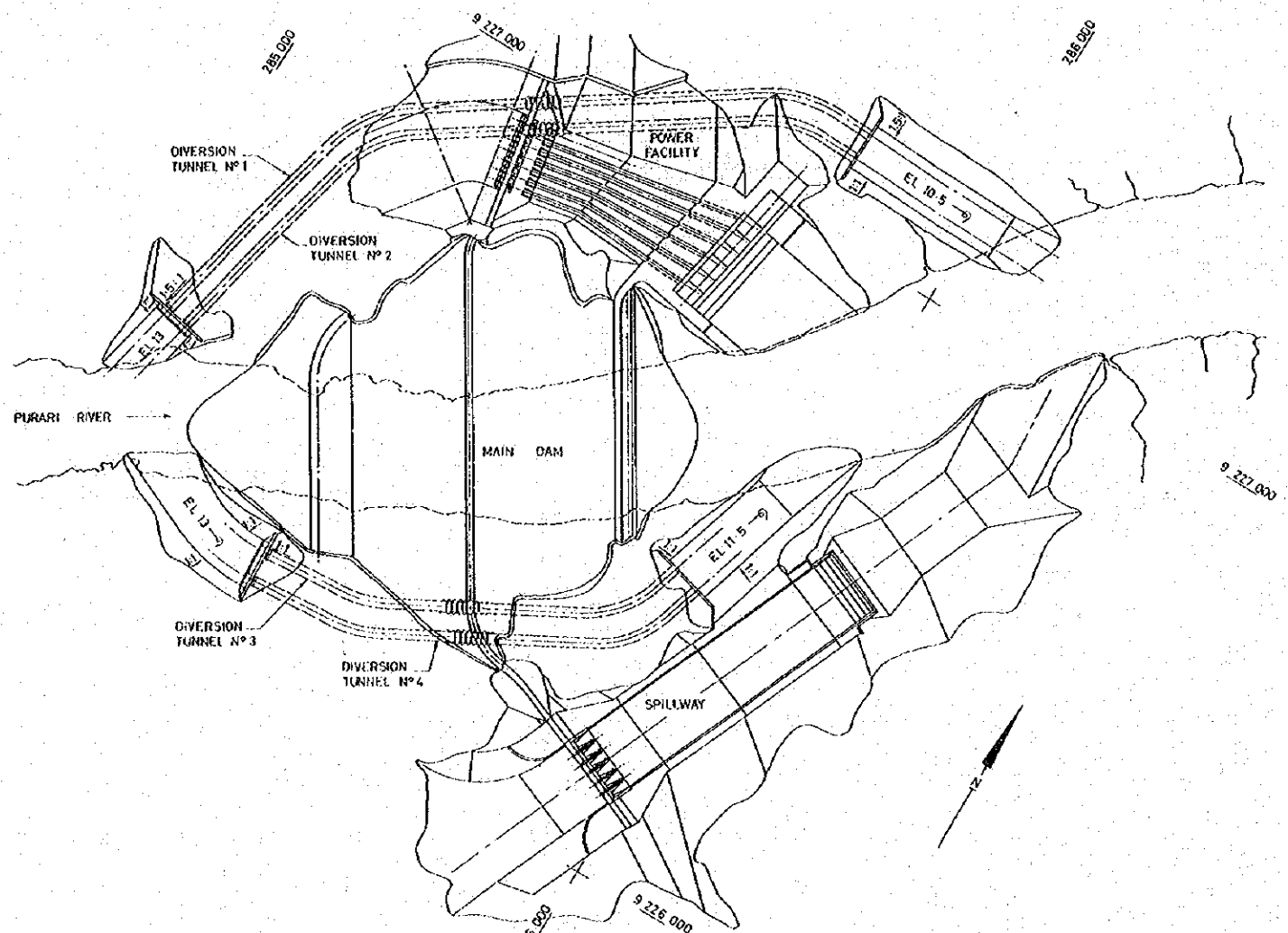


(j) FLOW MODEL - BOTH COFFERDAMS

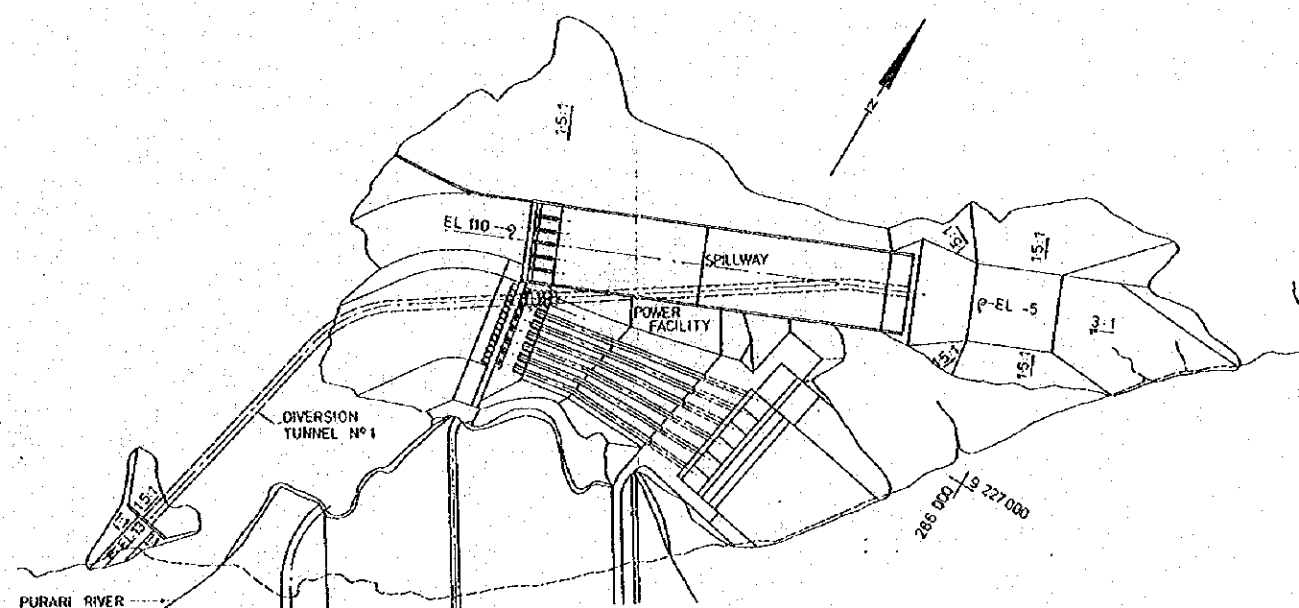


(k) CONTRACTIONS AT BOTH COFFERDAMS

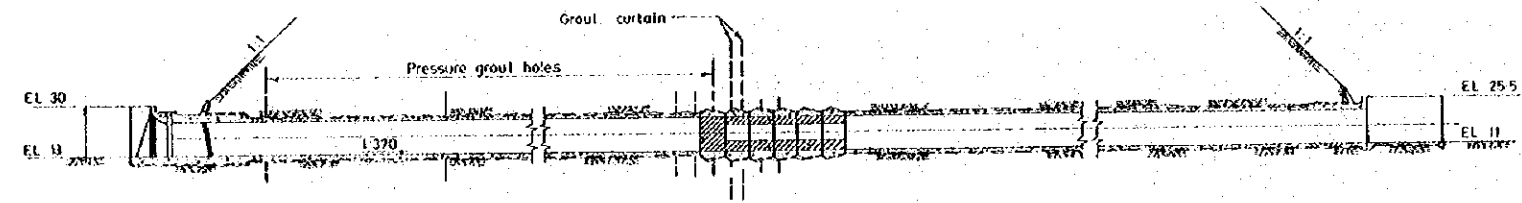
WABO POWER PROJECT  
DIVERSION AND CLOSURE CHARACTERISTICS



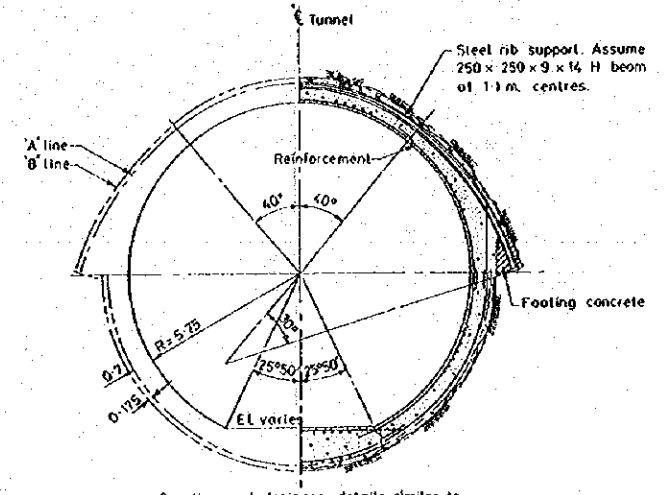
ALTERNATIVE FOUR TUNNEL DIVERSION  
Scale A



ALTERNATIVE SPILLWAY LAYOUT  
Scale A

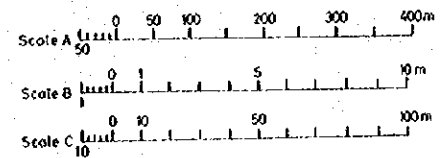


TYPICAL PROFILE  
Scale C



Grouting and drainage details similar to  $\phi$  14.5 tunnels. See Figure 17

TYPICAL TUNNEL SECTION  
Scale B

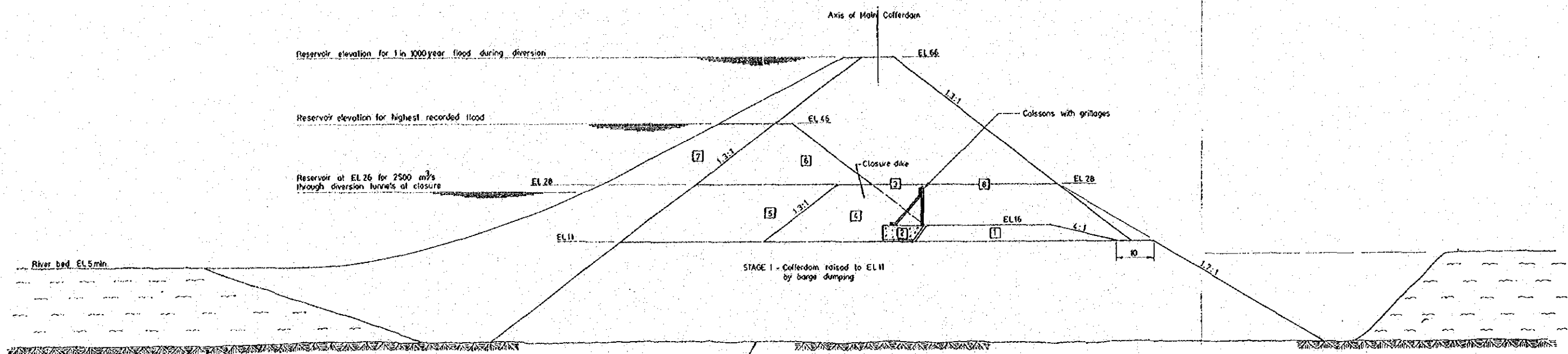


WABO POWER PROJECT

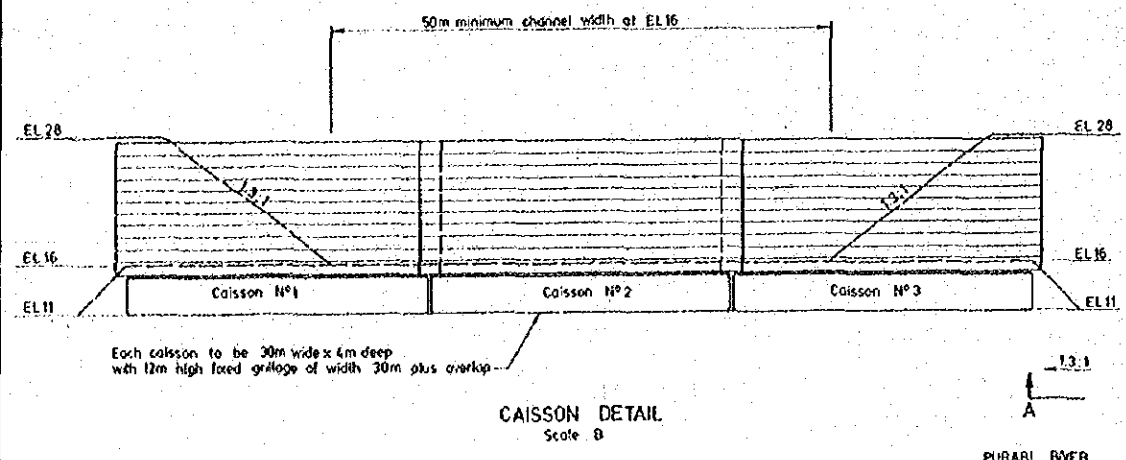
**SPILLWAY AND DIVERSION TUNNELS  
ALTERNATIVE LAYOUTS**

28



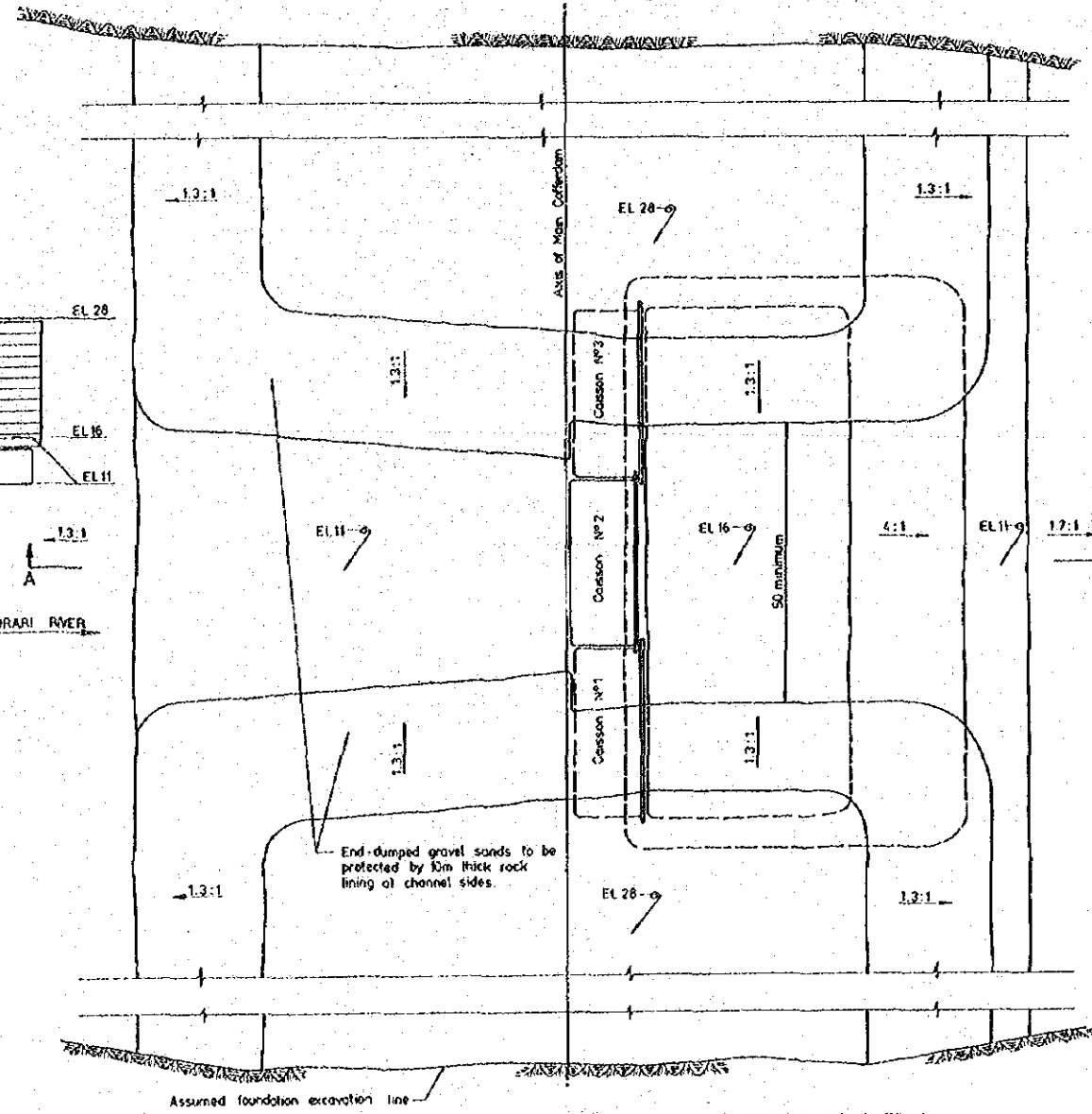


SECTION A A  
Scale A



CAISSON DETAIL  
Scale B

PURARI RIVER



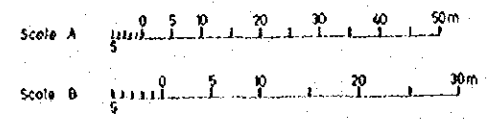
PLAN OF CLOSURE CHANNEL - ACTIVITIES 1, 2 & 3 COMPLETED  
MAIN COFFERDAM  
Scale A

CONSTRUCTION SEQUENCE OF SECOND STAGE COFFERDAM

- ACTIVITY 1  
Raise central channel section (90m minimum width) to EL 16 by bottom dumping rockfill from barges
- ACTIVITY 2  
Berth 3 concrete caissons with 12m high grillages on upstream side of the central section
- ACTIVITY 3  
Raise cofferdam to EL 28 by end-dumping from abutments and working towards centre of river. Dump rock onto and around Caisson 1 & 3 cease dumping when downstream channel invert at EL 16 reduced to 50m width
- ACTIVITY 4  
Place rock upstream of grillages to close off channel
- ACTIVITY 5  
Complete filling of upstream channel section to EL 28
- ACTIVITY 6  
Raise upstream section of cofferdam to EL 46
- ACTIVITY 7  
Seal cofferdam by dumping impervious fill material over upstream-face from EL 46 down to EL 11
- ACTIVITY 8  
Fill downstream portion of channel and raise cofferdam to EL 66

NOTES

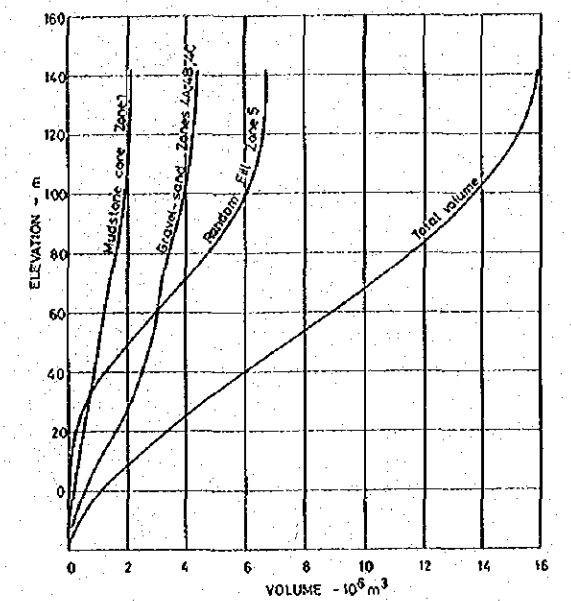
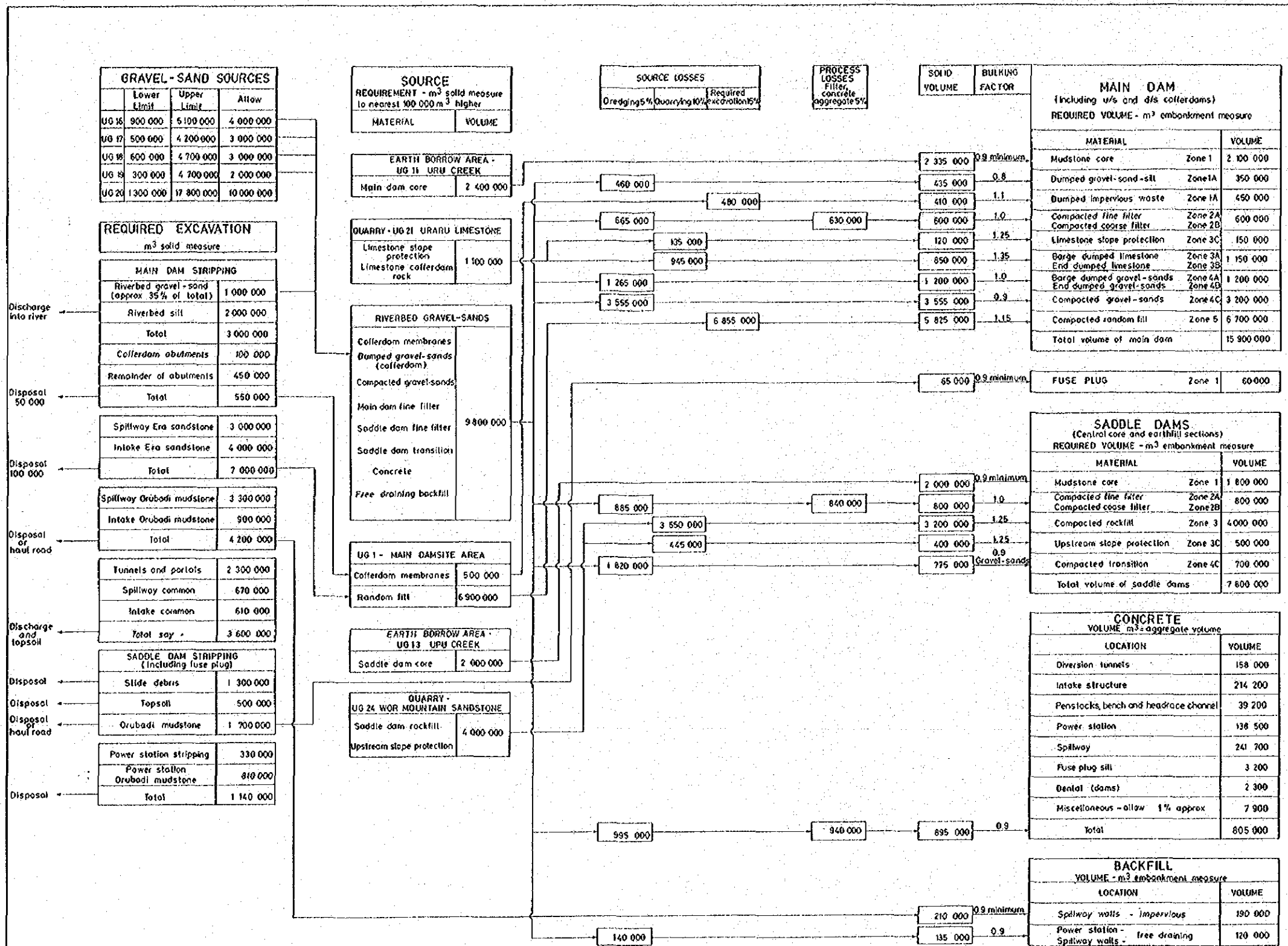
- 1 For cofferdam zoning details see Figure 18
- 2 Simultaneous end-dumping of Downstream Cofferdam to EL 29 similar to Activity 3. Completion during Activity 6



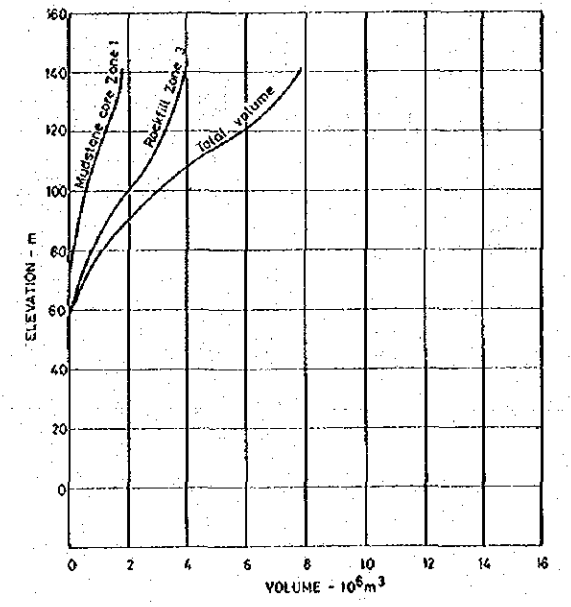
WABO POWER PROJECT

**MAIN COFFERDAM**  
CONSTRUCTION SEQUENCE AND CLOSURE PLAN

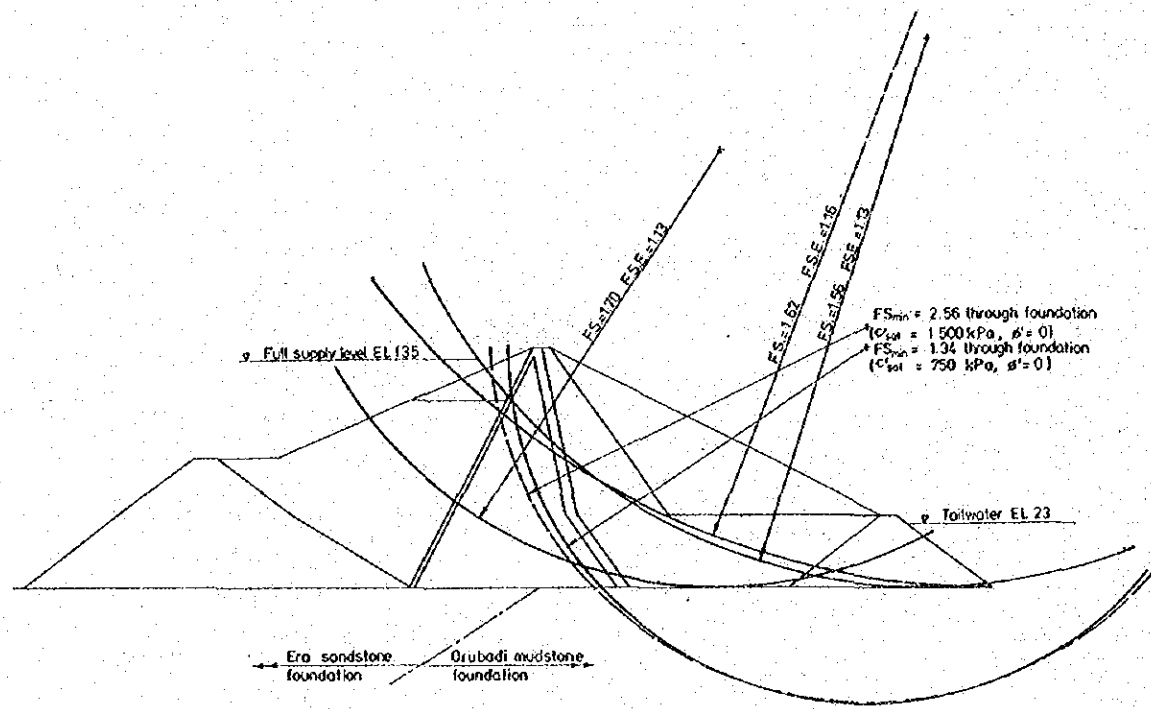
29



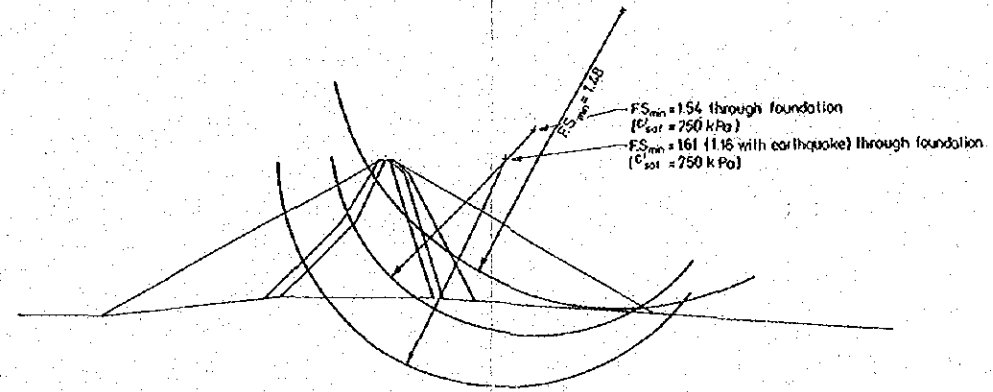
MAIN DAM EMBANKMENT VOLUME



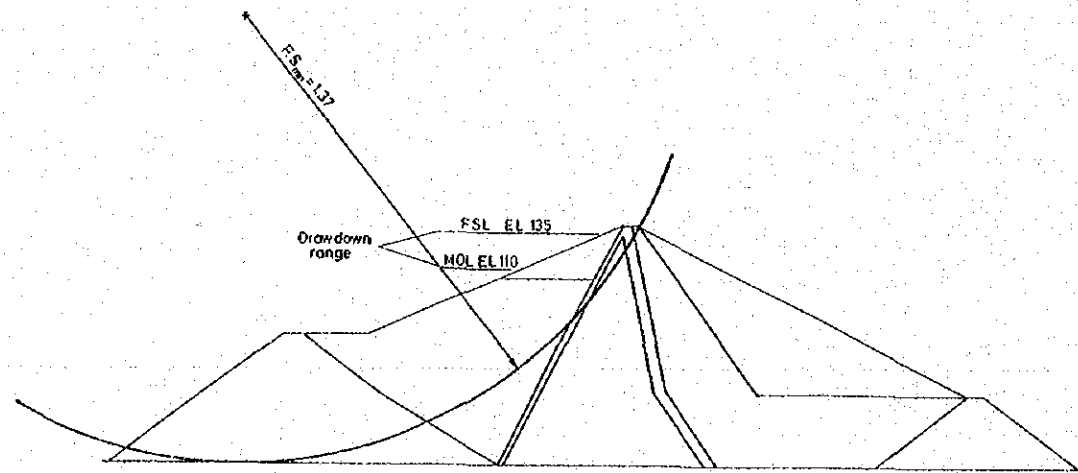
SADDLE DAMS EMBANKMENT VOLUME



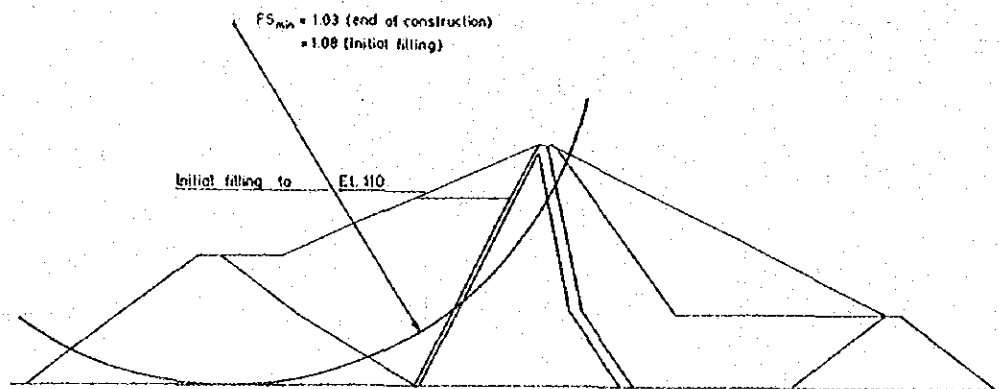
(a) MAIN DAM - STEADY SEEPAGE



(d) SADDLE DAM - STEADY SEEPAGE



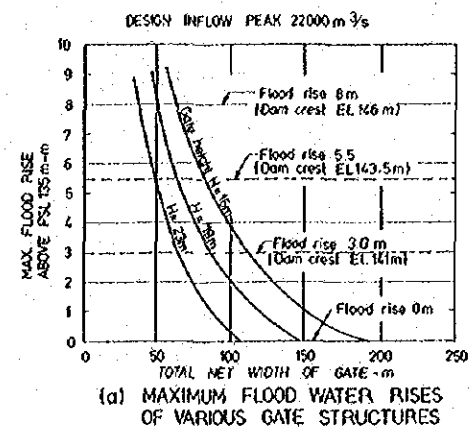
(b) MAIN DAM - RAPID DRAWDOWN



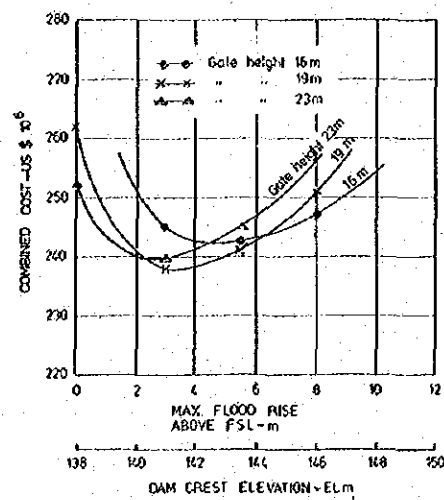
(c) MAIN DAM - END OF CONSTRUCTION AND INITIAL FILLING

NOTES

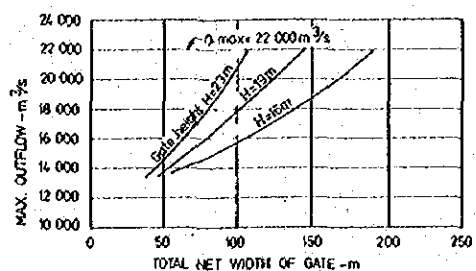
- 1 Cross sections shown are idealised sections for use in computer analysis. Zoning details and parameters are given in Section 74.3 of this Volume
- 2 Results shown are indicative only. Final factors of safety will depend on materials and foundation parameters established at the detailed design stage



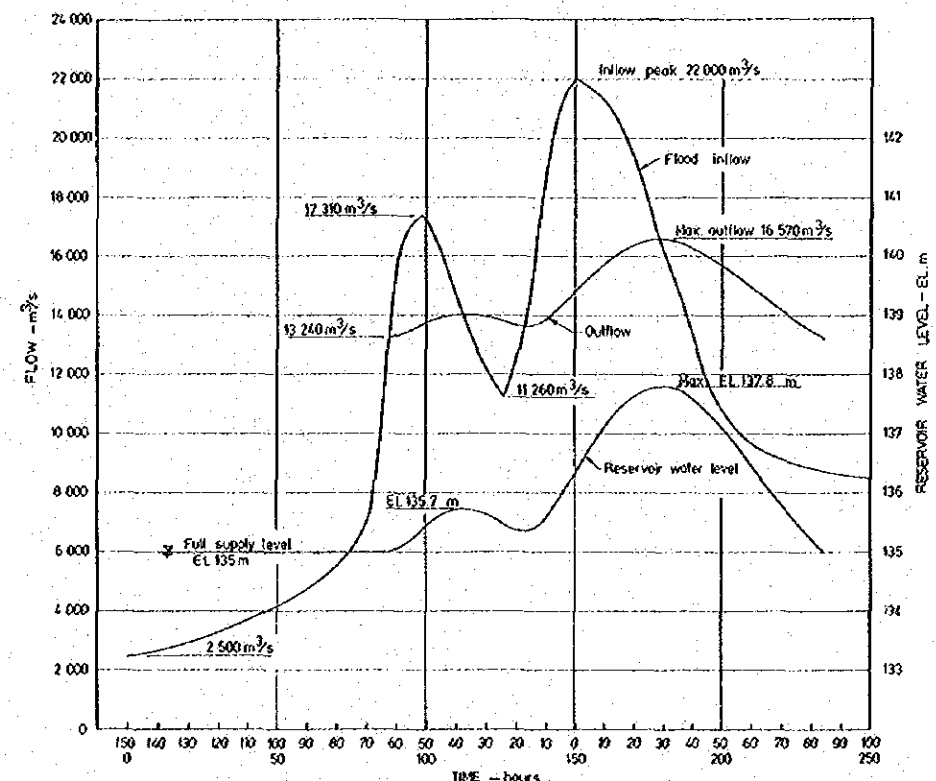
(a) MAXIMUM FLOOD WATER RISES OF VARIOUS GATE STRUCTURES



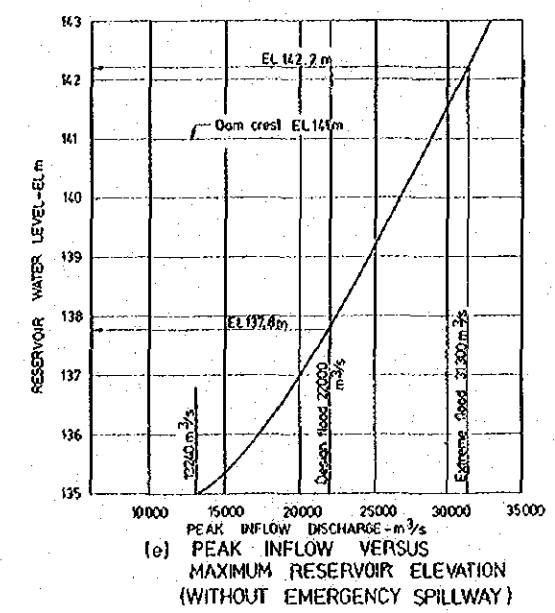
(c) COMPARATIVE COSTS OF SPILLWAY-DAM COMBINATIONS



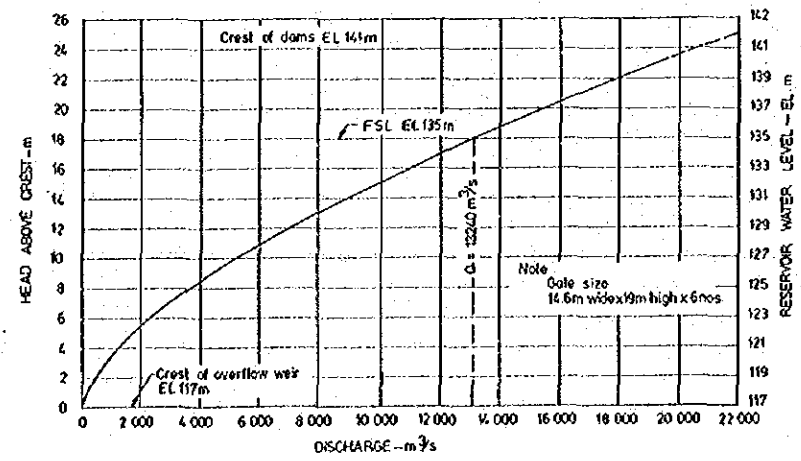
(b) MAXIMUM OUTFLOW DISCHARGES OF VARIOUS GATE STRUCTURES



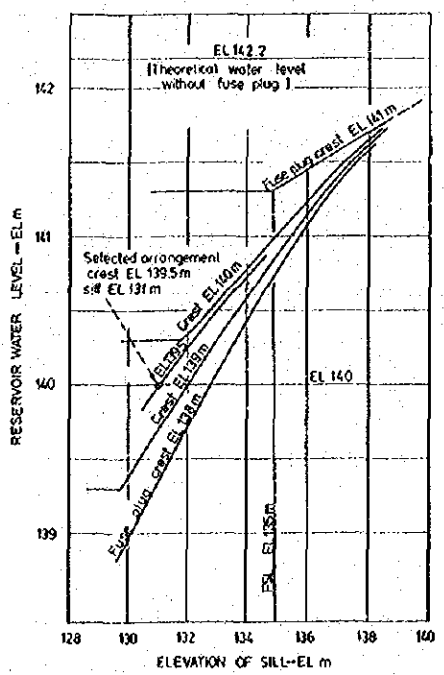
(d) DESIGN FLOOD HYDROGRAPH & RESERVOIR FLOOD ROUTING



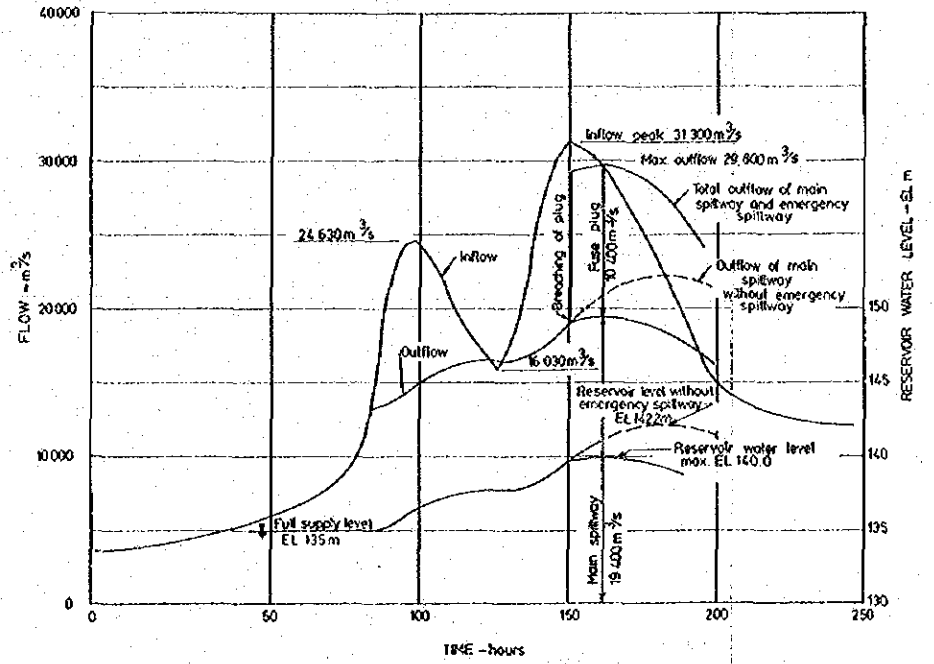
(e) PEAK INFLOW VERSUS MAXIMUM RESERVOIR ELEVATION (WITHOUT EMERGENCY SPILLWAY)



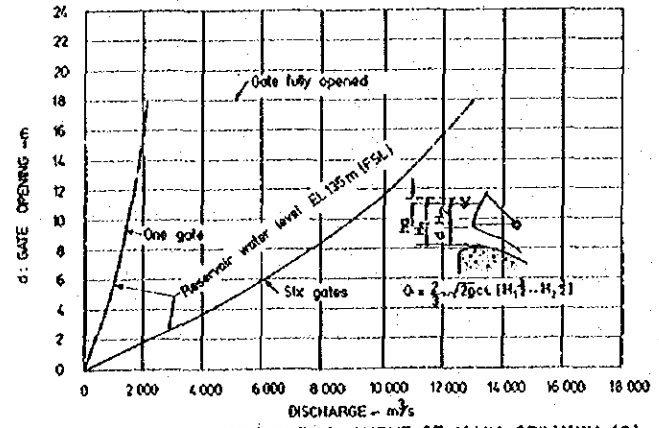
(f) DISCHARGE RATING CURVE OF MAIN SPILLWAY (1) (WITH GATES FULLY OPENED)



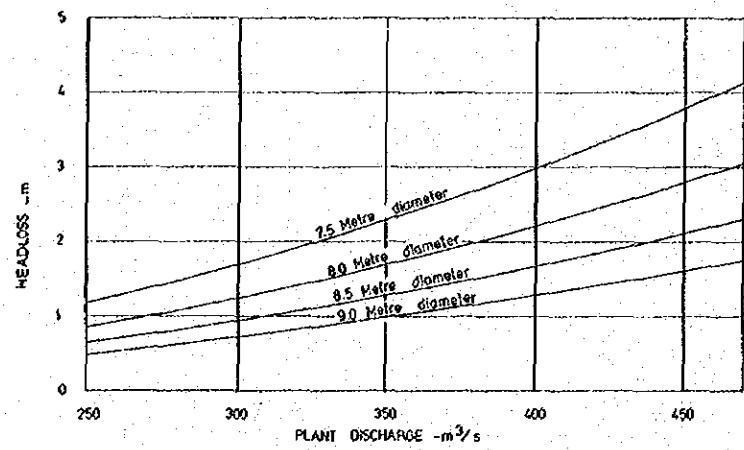
(h) EFFECT OF FUSE PLUG EMBANKMENT LEVELS ON EXTREME FLOOD RISE



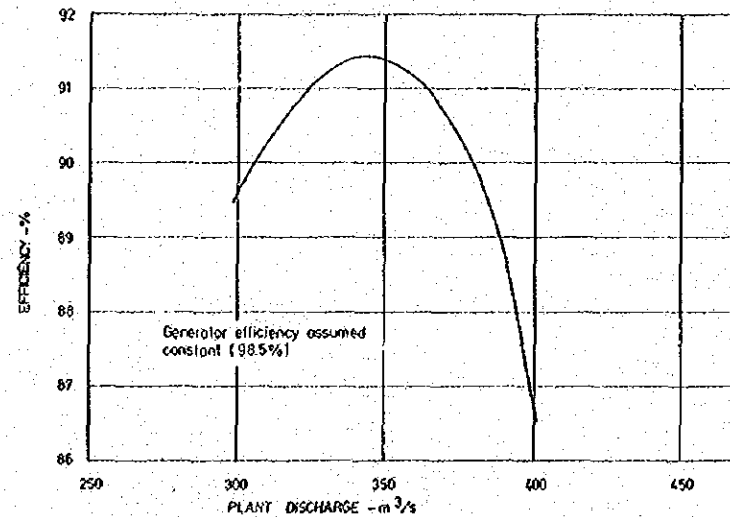
(i) RESERVOIR FLOOD ROUTING OF EXTREME FLOOD (WITH EMERGENCY SPILLWAY)



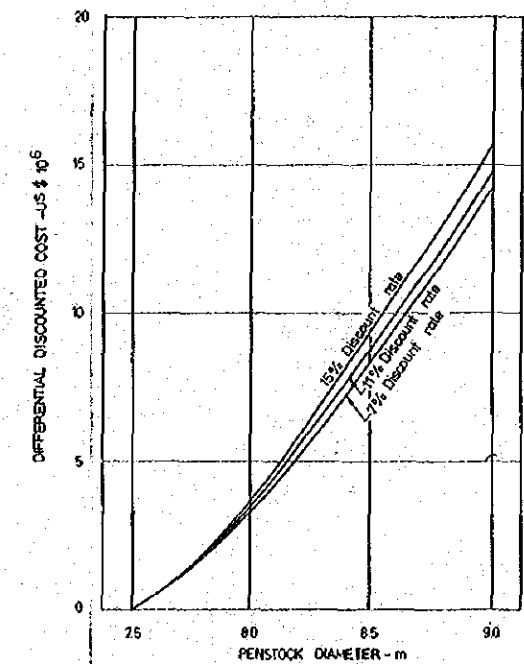
(g) DISCHARGE RATING CURVE OF MAIN SPILLWAY (2) (WITH GATES PARTIALLY OPENED)



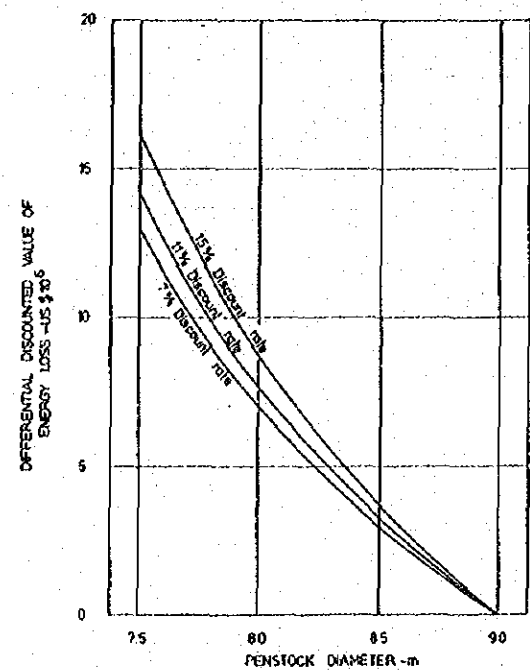
(a) HEADLOSSES IN PENSTOCK



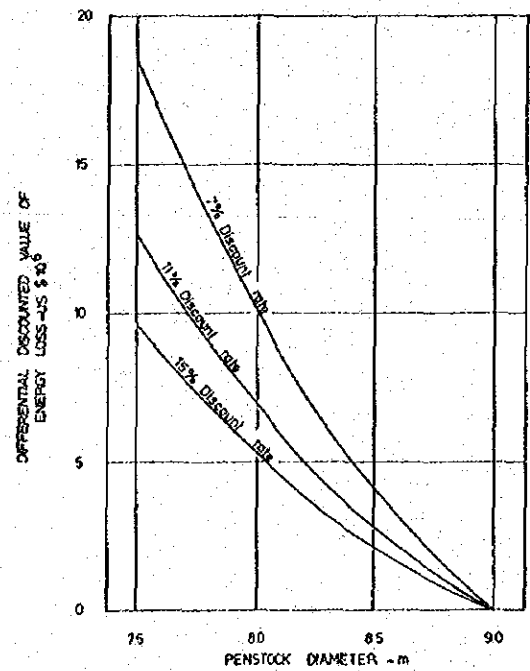
(b) TURBINE AND GENERATOR COMBINED EFFICIENCY FOR CONSTANT OUTPUT OF 300MW PER UNIT - 5 UNITS OPERATING



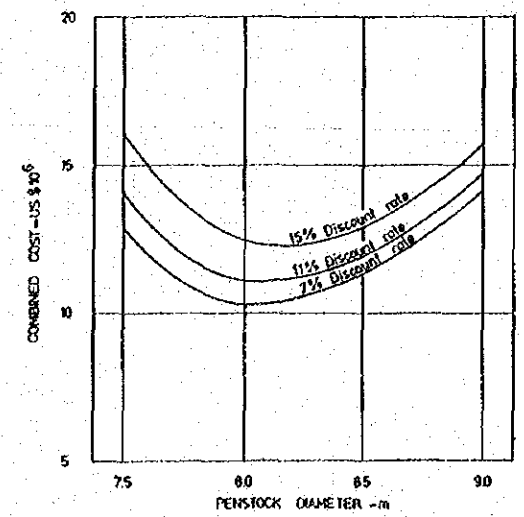
(c) DIFFERENTIAL DISCOUNTED COST DUE TO PENSTOCK DIAMETER INCREASE



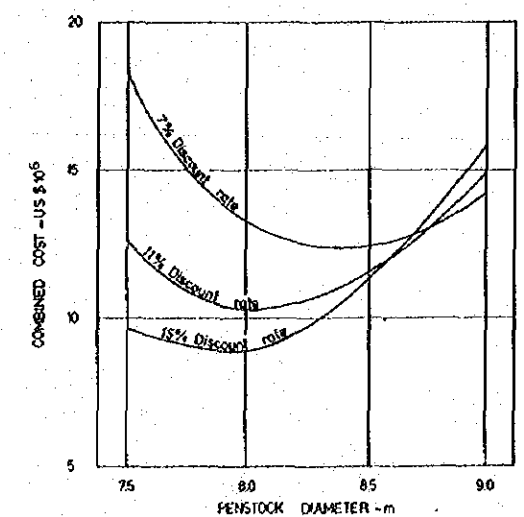
(d) DIFFERENTIAL DISCOUNTED VALUE OF ENERGY LOSS - WABO ALONE



(e) DIFFERENTIAL DISCOUNTED VALUE OF ENERGY LOSS - WABO WITH FIRMINO



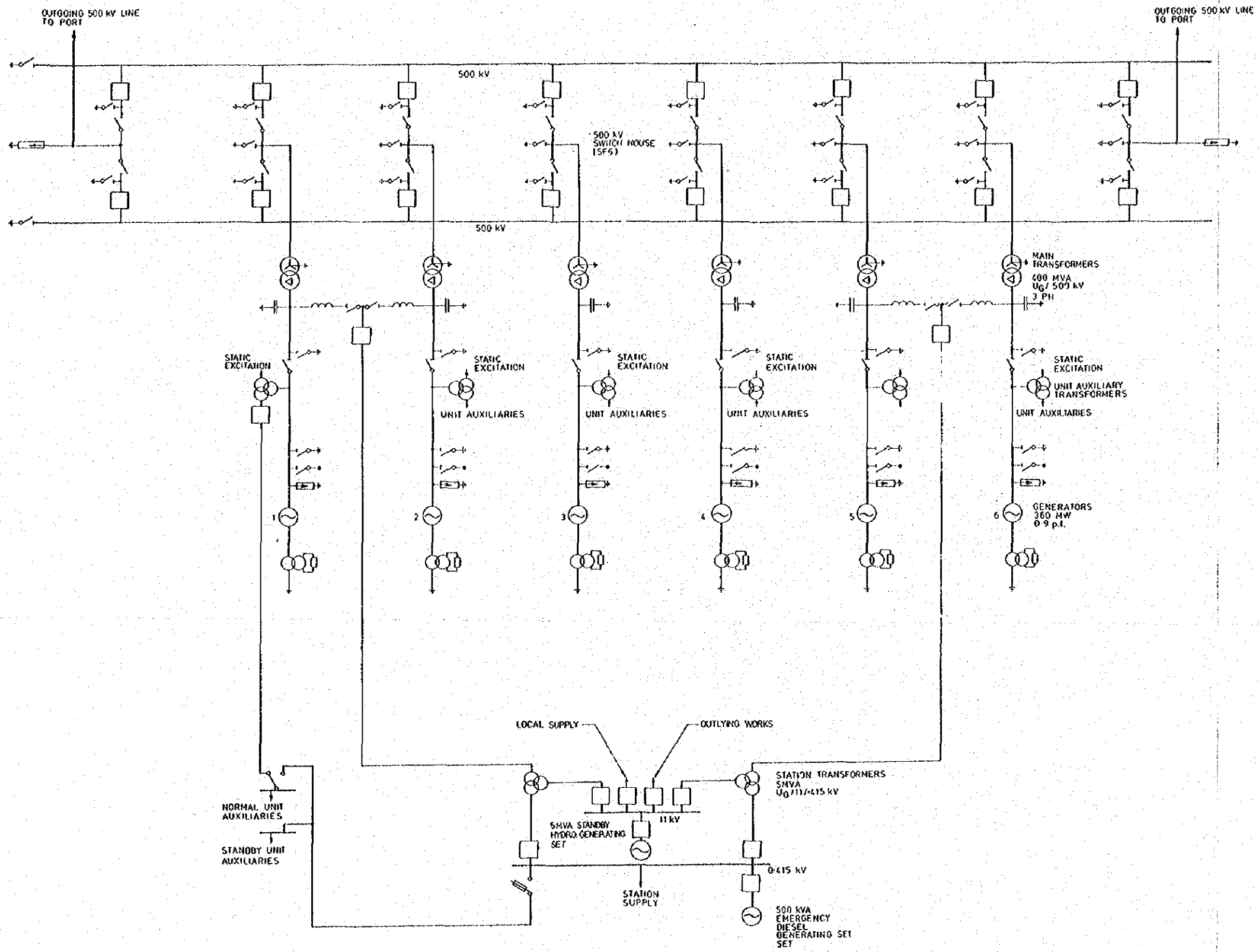
(f) COMBINED DISCOUNTED COST DUE TO PENSTOCK AND ENERGY LOSS - WABO ALONE



(g) COMBINED DISCOUNTED COST DUE TO PENSTOCK AND ENERGY LOSS - WABO WITH FIRMINO SOURCE

WABO POWER PROJECT

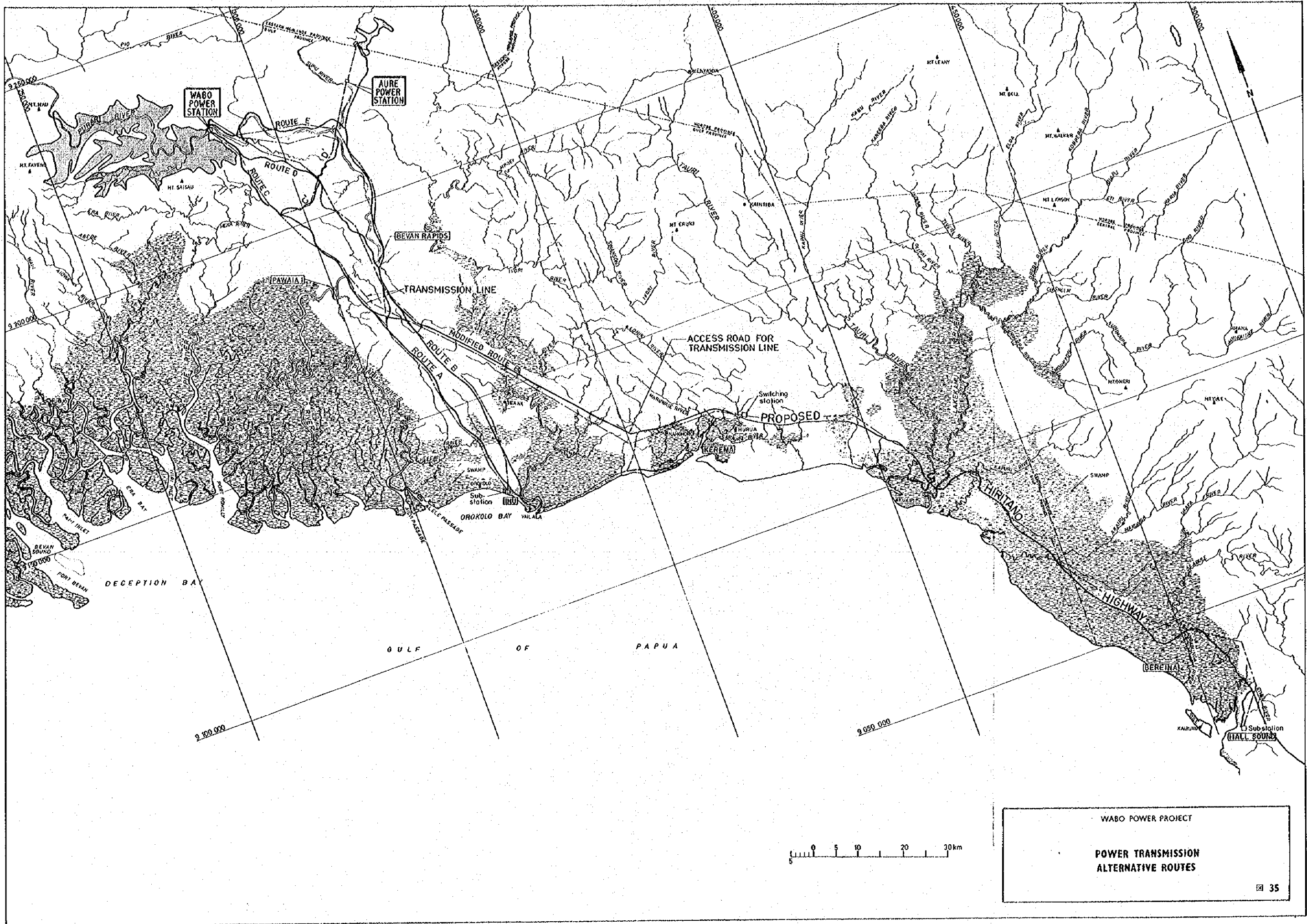
• PENSTOCK DIAMETER OPTIMISATION



WABO POWER PROJECT

WABO POWER STATION  
ELECTRICAL SINGLE LINE KEY DIAGRAM

34

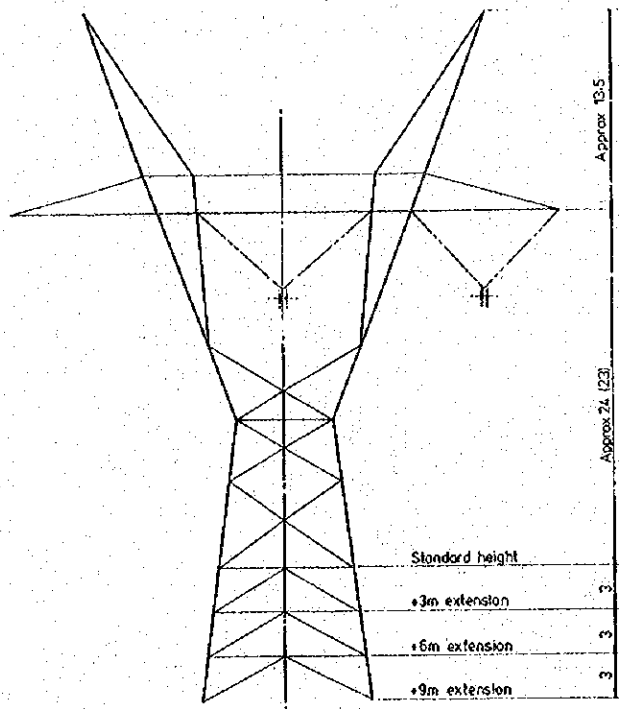


WABO POWER PROJECT

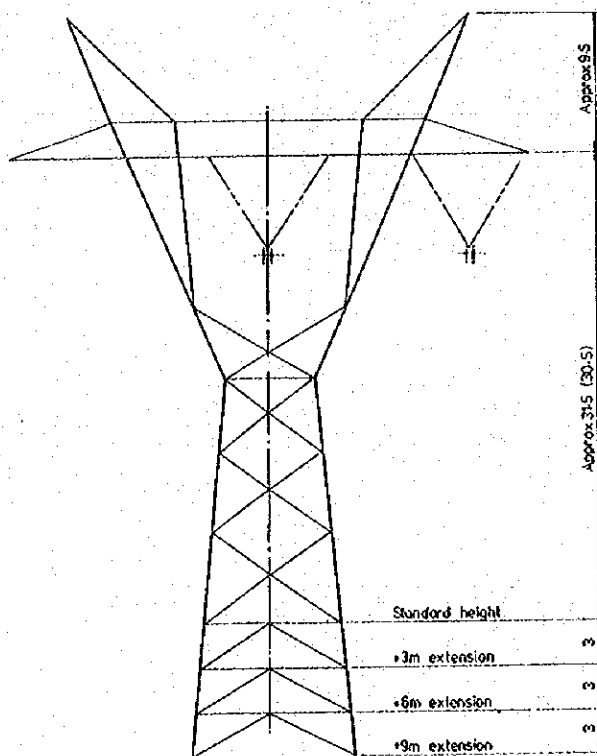
**POWER TRANSMISSION  
ALTERNATIVE ROUTES**

Substation

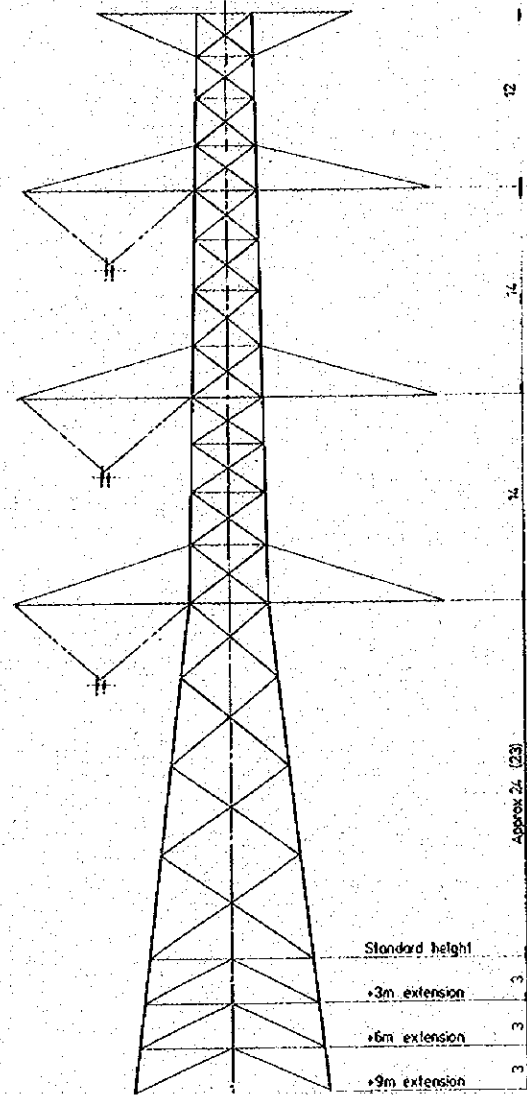
35



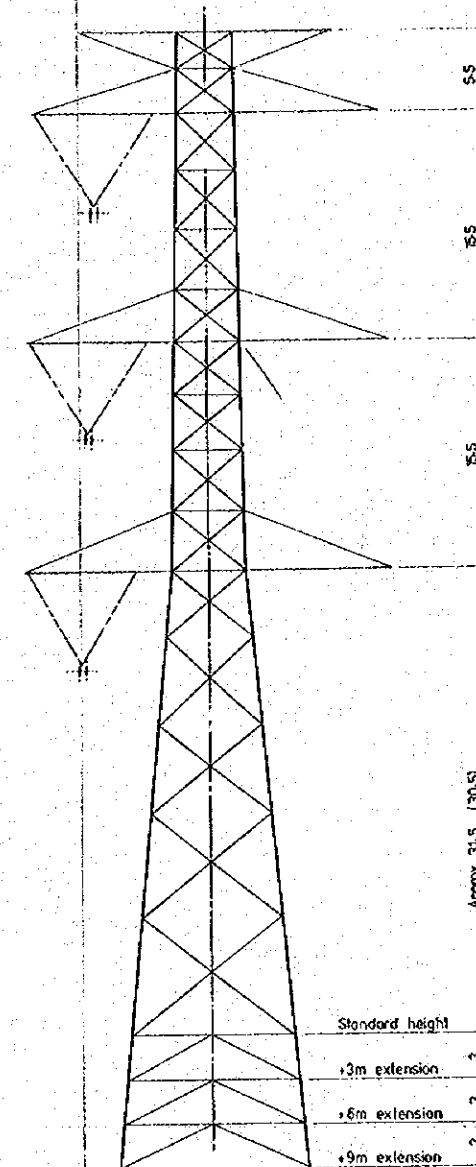
SINGLE CIRCUIT TENSION TOWER



SINGLE CIRCUIT SUSPENSION TOWER



DOUBLE CIRCUIT TENSION TOWER



DOUBLE CIRCUIT SUSPENSION TOWER

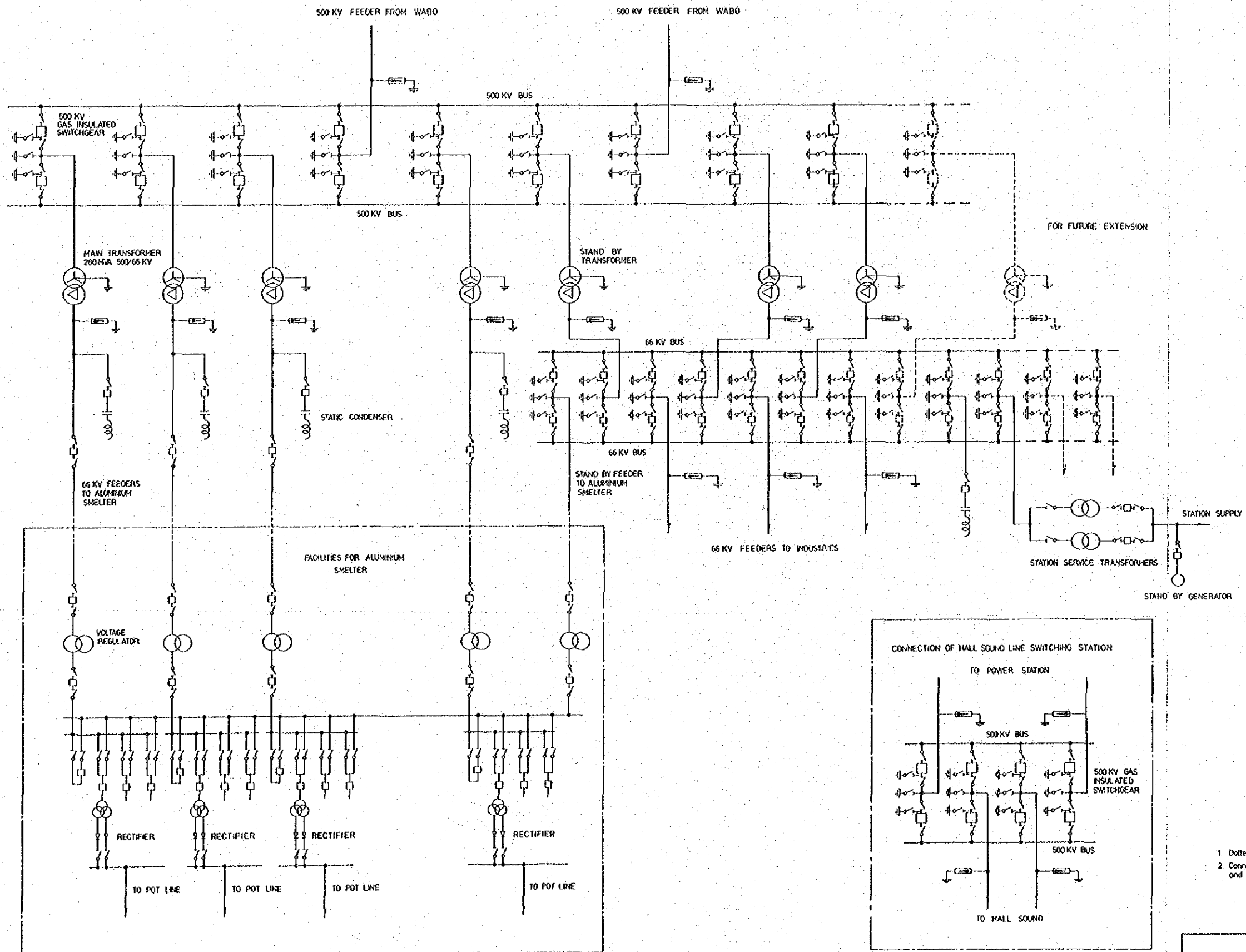
NOTES

- 1 Dimensions shown generally apply to both Orakoto and Hali Sound transmission towers. Bracketed dimensions apply to Hali Sound towers only.
- 2 Two cables, as shown, are required for the Orakoto line and four cables for the Hali Sound line.

WABO POWER PROJECT

**POWER TRANSMISSION LINE  
500 kV TOWER STRUCTURES**

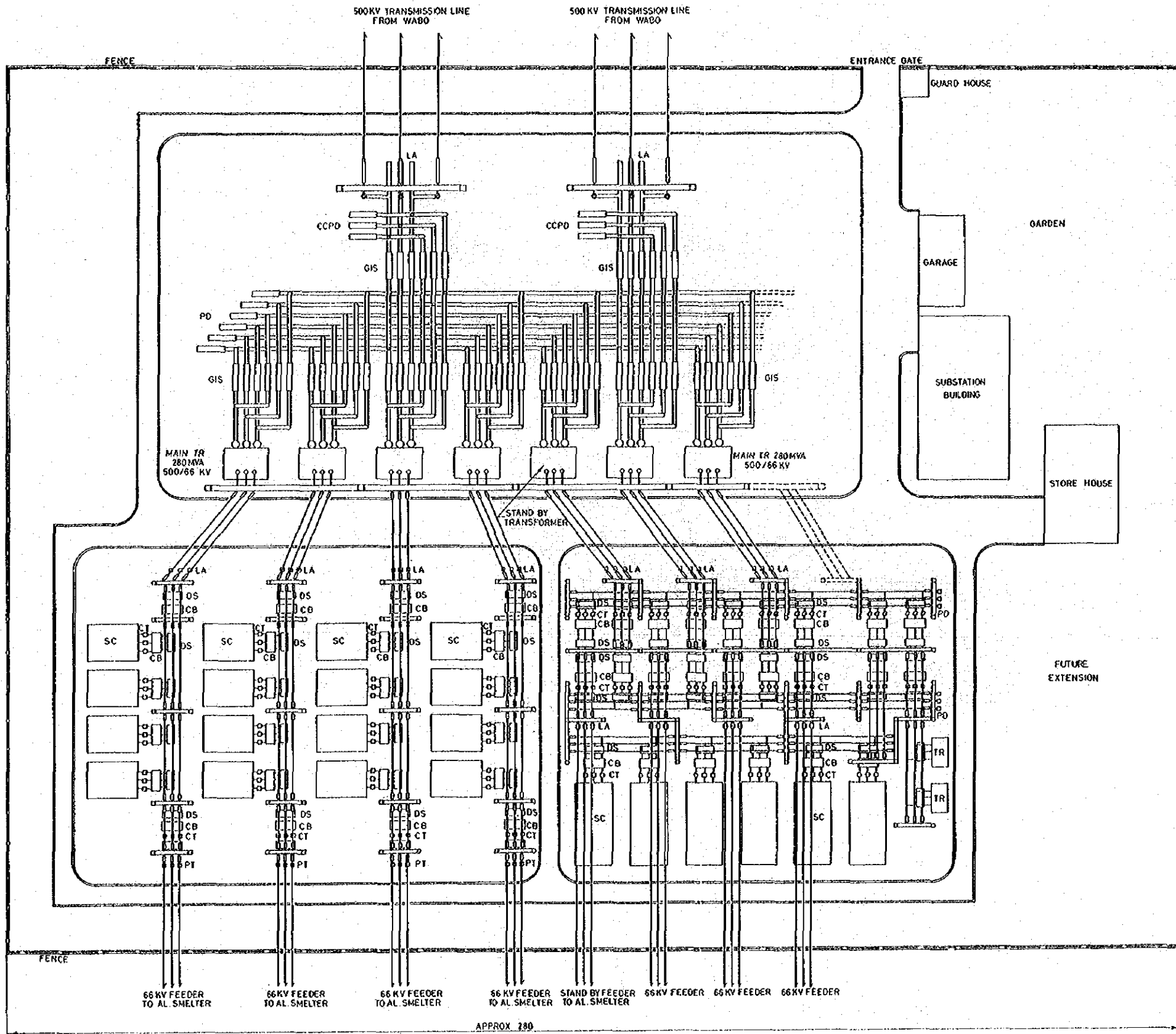




- NOTES**
1. Dotted lines show future extension.
  2. Connection for facilities of aluminum smelter for reference only, and do not form part of substation facilities.

WABO POWER PROJECT

**POWER TRANSMISSION LINE  
CONNECTION DIAGRAM**



APPROX 200

**NOTES**

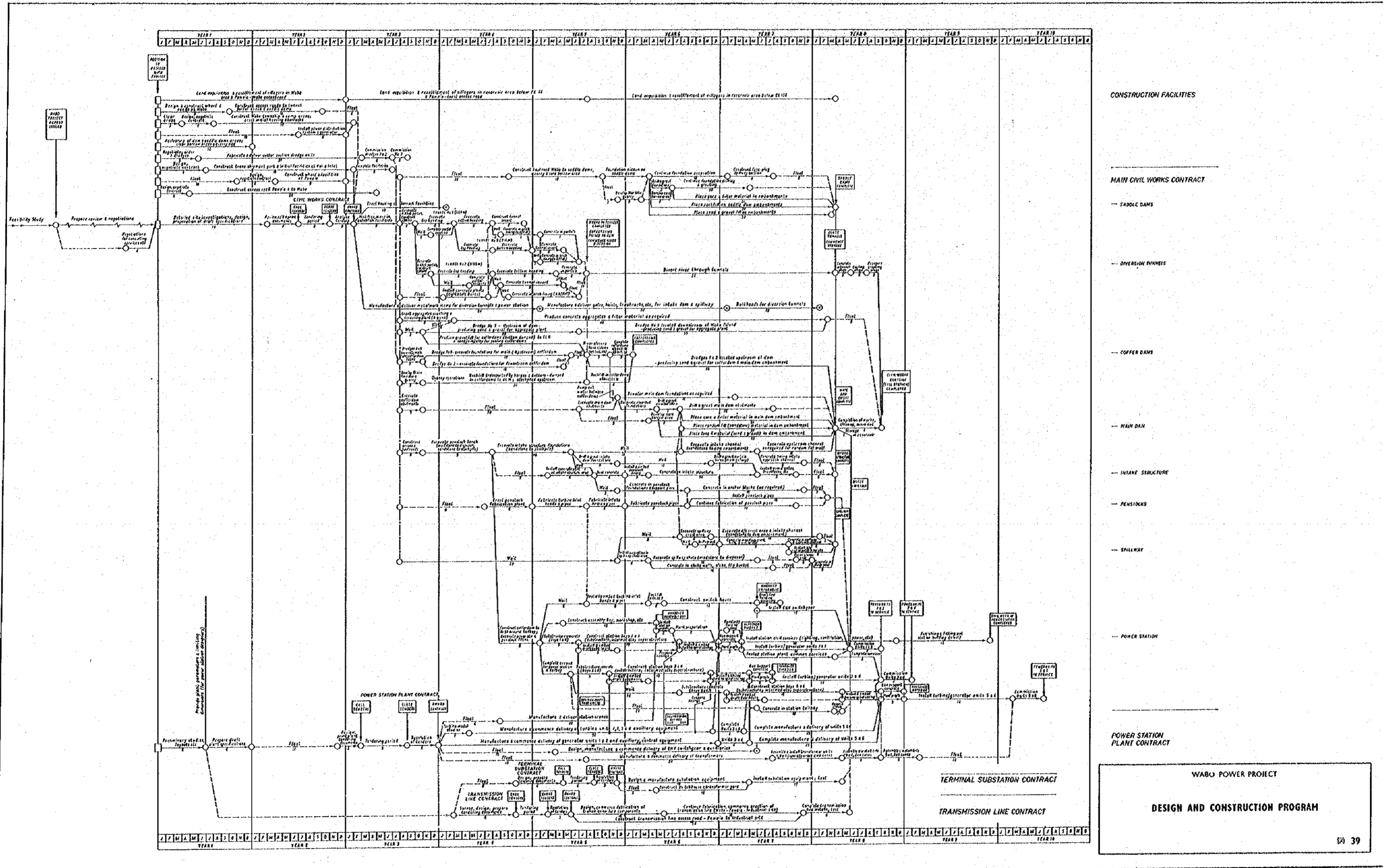
1 Arrangement of static condenser is based on the terminal substation of Orokelo

**LEGEND**

- GIS Gas insulated switchgear
- CB Circuit breaker
- DS Disconnecting switch
- PD Potential device
- CCPD Coupling capacitor potential device
- PT Potential transformer
- CT Current transformer
- LA Lightning arrestor
- SC Static condenser
- TR transformer
- Future installation

WABO POWER PROJECT

**POWER TRANSMISSION LINE  
TERMINAL SUBSTATION**



CONSTRUCTION FACILITIES

MAIN CIVIL WORKS CONTRACT

SADDLE DAMS

DIVERSION RUNNERS

COFFER DAMS

MAIN DAM

INTAKE STRUCTURE

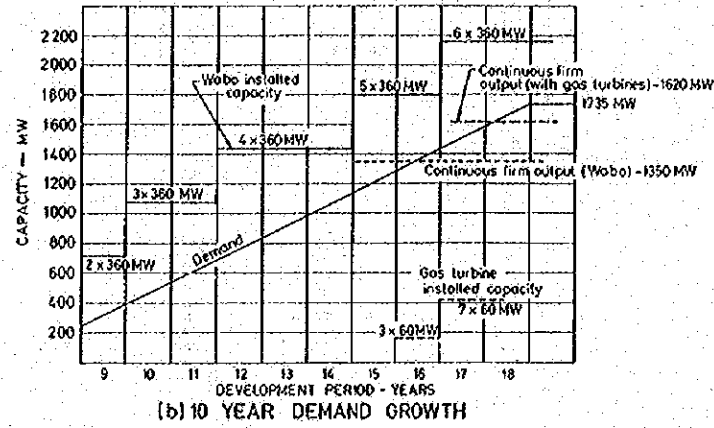
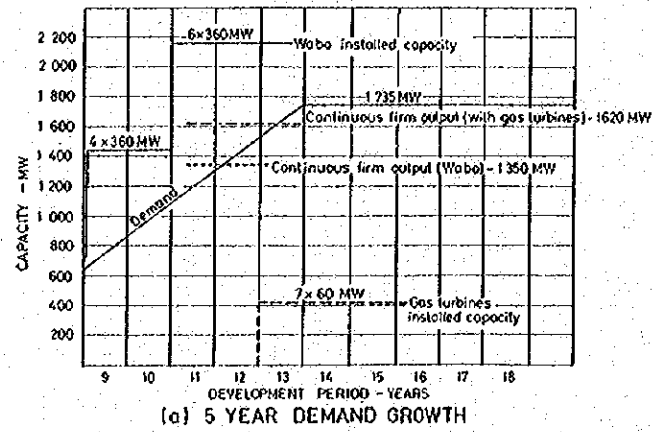
PENSTOCKS

SPILLWAY

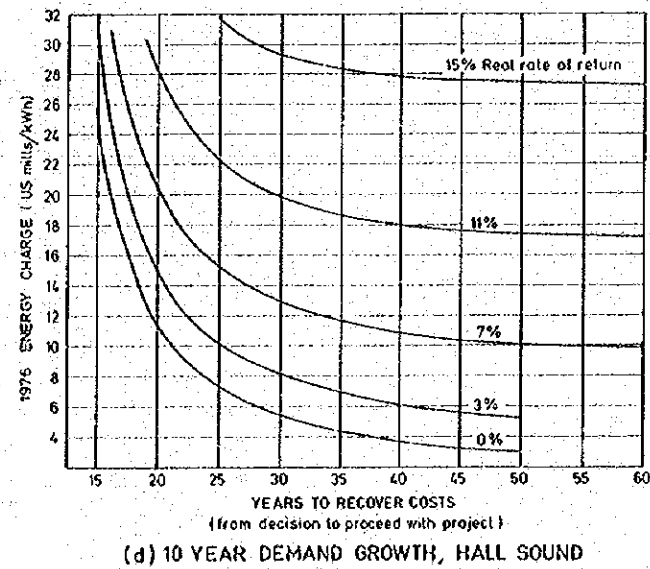
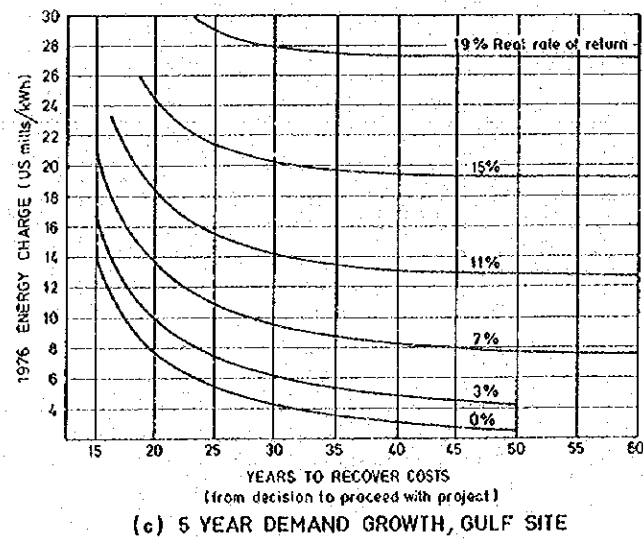
POWER STATION

POWER STATION PLANT CONTRACT

WABO POWER PROJECT  
DESIGN AND CONSTRUCTION PROGRAM



POWER DEMAND GROWTH AND GENERATING CAPACITY



1976 AVERAGE ENERGY CHARGES FOR VARIOUS REAL FINANCIAL RATES OF RETURN

