

8.2.2 貯水池規模の検討

(1) 貯水池運用計画

上部貯水池の61ヶ年の月別平均流入量の季節変化および経年変化は、Fig. 8-4 のマス・カーブに示される。季節的には1月～6月の半年間に流入量が多く、7月～12月が少ない傾向にある。61ヶ年平均の年間流入量は、 $495 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($15.7 \text{ m}^3/\text{s}$) である。

1月～6月の流入量は $314 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($20.1 \text{ m}^3/\text{s}$) で、7月～12月の流入量 $181 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($11.4 \text{ m}^3/\text{s}$) の約1.8倍である。また各年の流入量を経年的に見ると、61年間の最豊水年(1968年)の流入量は $888 \times 10^6 \text{ m}^3$ で、最渇水年(1954年)の流入量 $280 \times 10^6 \text{ m}^3$ の約3.2倍である。

この様に貯水池の流入量の変動巾は季節的には小さいが、経年的にはかなり大きい。

また豊水年、渇水年の継続する期間が各々20年程度と非常に長い。従って、貯水池の調節効果による、渇水期間の流入量の平均化による保証流量の増加は、年間平均流入量の10%程度の有効貯水容量で可能であるが、貯水池の補給効果によって、保証流量を増加するためには、大規模な貯水池が必要となる。検討に当たっての電力量計算は、電子計算機により、1927年1月から1987年12月までの61年間の月別流入量を用いて行った。

保証使用水量は61年間のうち95%の期間は常に発電に使用出来る流量と定義し、流入量のマスカーブを用いて使用水量が最も大きくなる様決定した。

Fig. 8-5 に貯水池有効容量と保証使用水量の関係を示す。

電力量の計算に当たっては、利用水深の有効落差に対する比が上部計画では最大25%であるが、下部計画では1%以下であるため、上部発電計画では効率カーブを考慮したが、下部計画では一定効率とした。水車・発電機の設計の基準となる基準取水位は、満水位で与えた。貯水池からの蒸発量は無視した。貯水池運用は、DP法を用いて電力量最大となる様な理想的なルールを設定した。

Fig. 8-6 に電力量計算の手順を示す。Fig. 8-7 および 8-8 に1/5,000地形図により作成された上部貯水池、下部調整池の湛水面積-貯水容量曲線を示す。

Fig. 8-4 Mass Curve at Upper Kihansi Dam Site

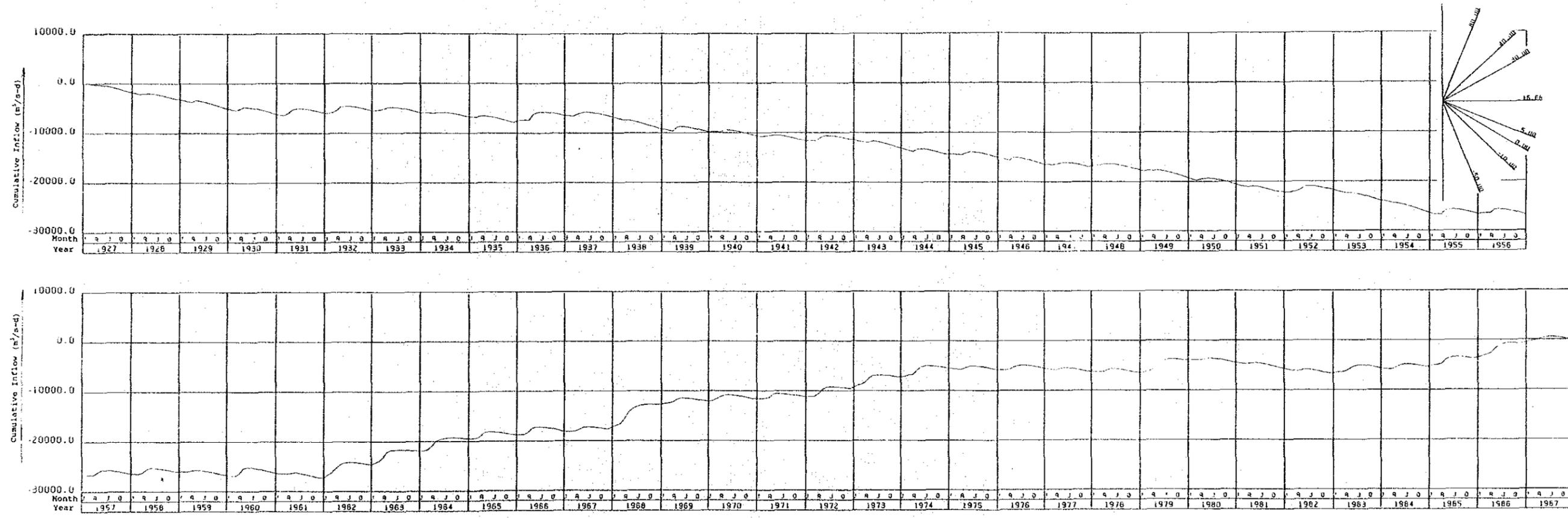


Fig. 8-5 Effective Storage Capacity and Firm Discharge at Kihansi Dam Site

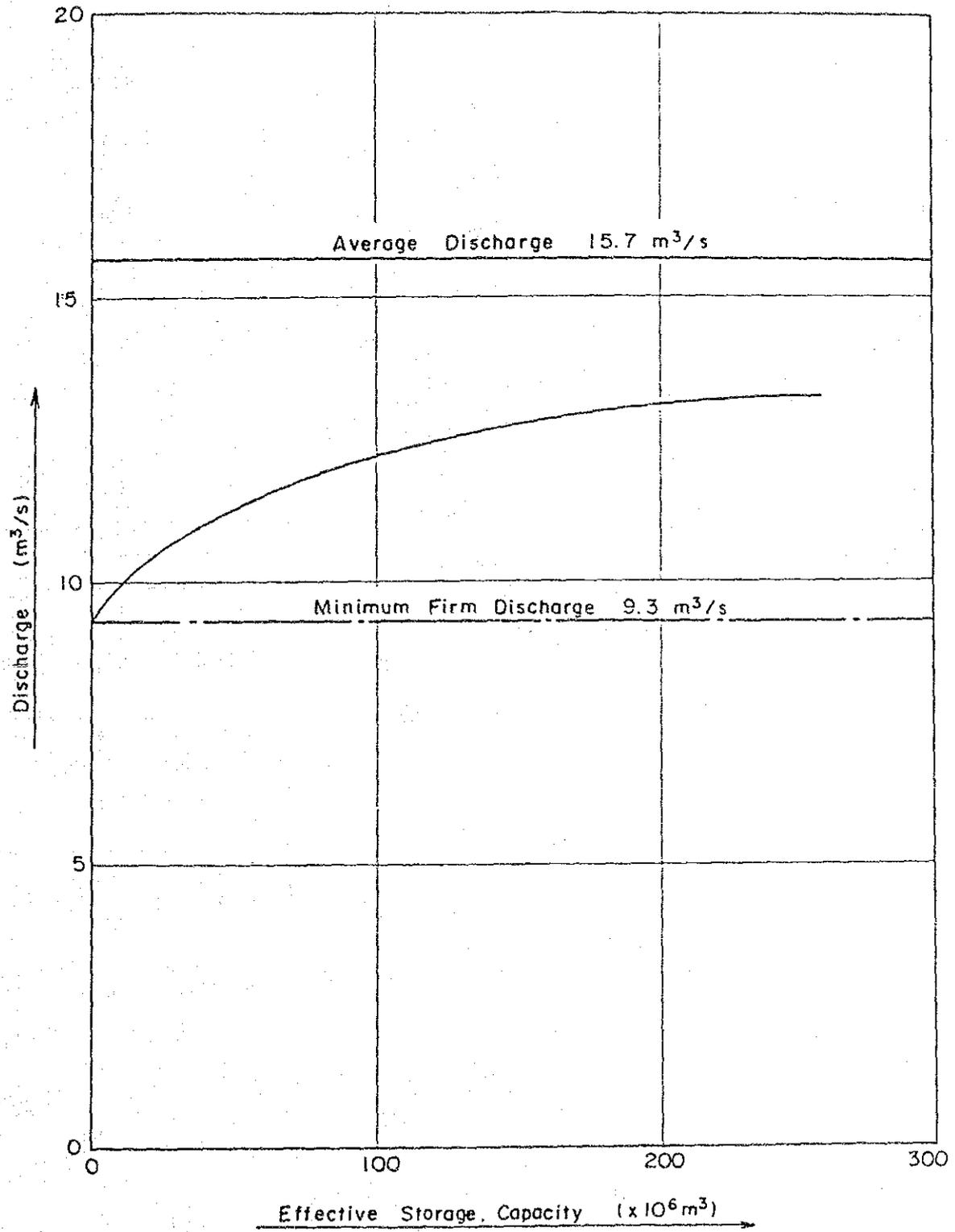


Fig. 8-6 Flow Chart of Calculation of Power and Energy

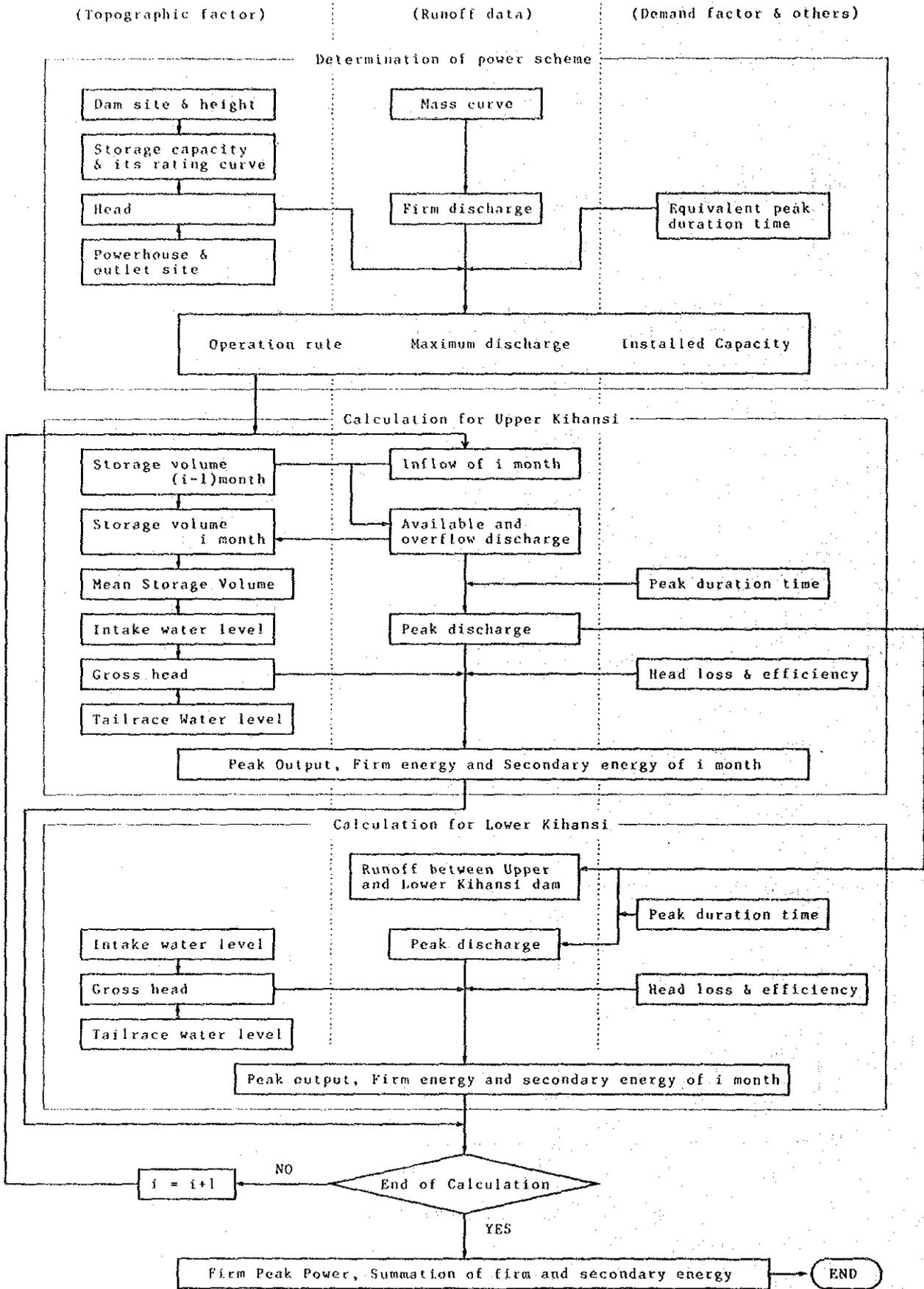


Fig. 8-7 Area Capacity Curve at Upper Kihansi Dam Site

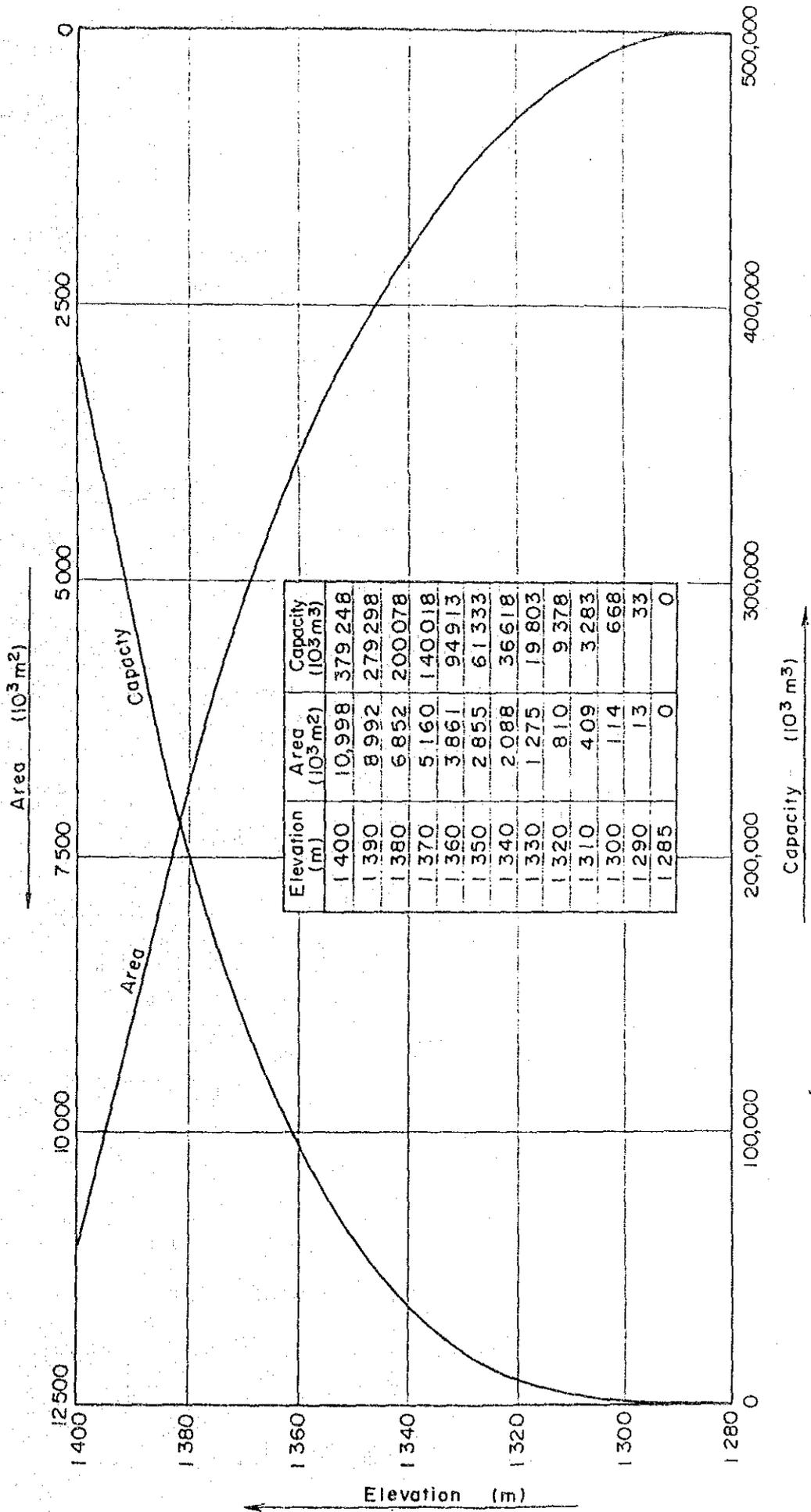
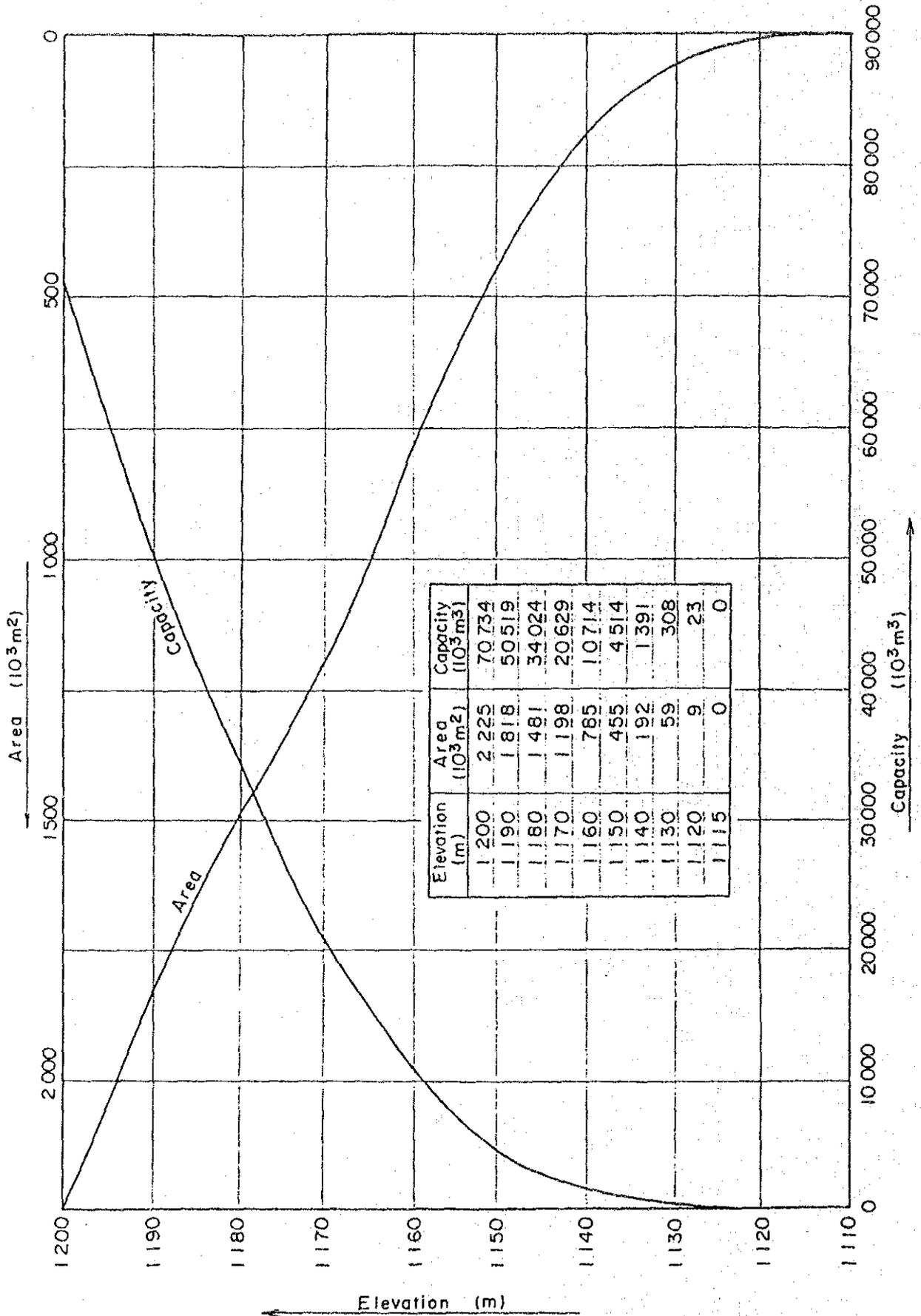


Fig. 8-8 Area Capacity Curve at Lower Kihansi Dam Site



(2) 貯水池規模の検討

“8.1の開発計画の比較検討”で選定された基本開発案について貯水池規模を検討した。“(1)貯水池運用計画”に述べた様に、貯水池の流入量の変動中は季節的には小さいが、経年的にはかなり大きい。貯水池の有効容量を大きくして、調整能力の増大を図ると、河水利用率の向上、常時使用水量の増加を図れるが、反面ダム規模を大きくする必要があり、工事費が増大する。一方、有効容量を小さくすると、ダム規模が小さくて済み、工事費の減少を図れるが、調整能力が低下し、常時使用水量が減少するとともに、溢水量が増加する事になる。この事から、流況および貯水池の特性を考慮して最適の貯水容量を決定する必要がある。貯水池のダムである上部ダムは、ダム地点およびダム地点上流右岸の鞍部の標高等の地形上、最高満水位標高は、1.390mが限度となる。

“第6章 気象および水文”で解析した結果によれば、50年間の推砂量は $750 \times 10^3 \text{ m}^3$ であるが、貯水池上流域の将来の開発の進展を考慮して、堆砂量には十分余裕を見込み、死水位を、標高 1.320m、死水容量を $9.4 \times 10^3 \text{ m}^3$ とする。

キハンシ計画は、総落差 1,000m以上、最大使用水量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下の典型的な高落差、小使用水量計画なので、落差増を得るためのダム高の増加は計画の経済性を著しく悪化させるので、貯水池の低水位は、堆砂位に取水口の押し込み水頭10mを加えた、標高1.330mに固定し、貯水池の有効容量の検討は、この低水位より上に利用水深をそれぞれ60m、50m、40m、30m、20m設定した5ケースについて行った。

また上部計画に貯水池を設けず、日間調整を目的とした調整池を設けたケースについても検討を行った。この場合調整池容量は流入量の完全調整が行える量とした。

比較検討に当たって考慮した条件は下記の通りである。

- 最適貯水容量は上部・下部両計画を対象として検討する。
- “第5章 電力需要想定および供給計画”に於ける検討に基づき、下部計画の保証流量に対する設備利用率は、年間負荷率64%に15%の余備率を考慮して55%程度とし、ピーク継続時間を13時間として最大使用水量を決定するが、上部計画については、貯水池水位低下時の取水能力減少も併せて考慮して、最大使用水量を決定する。

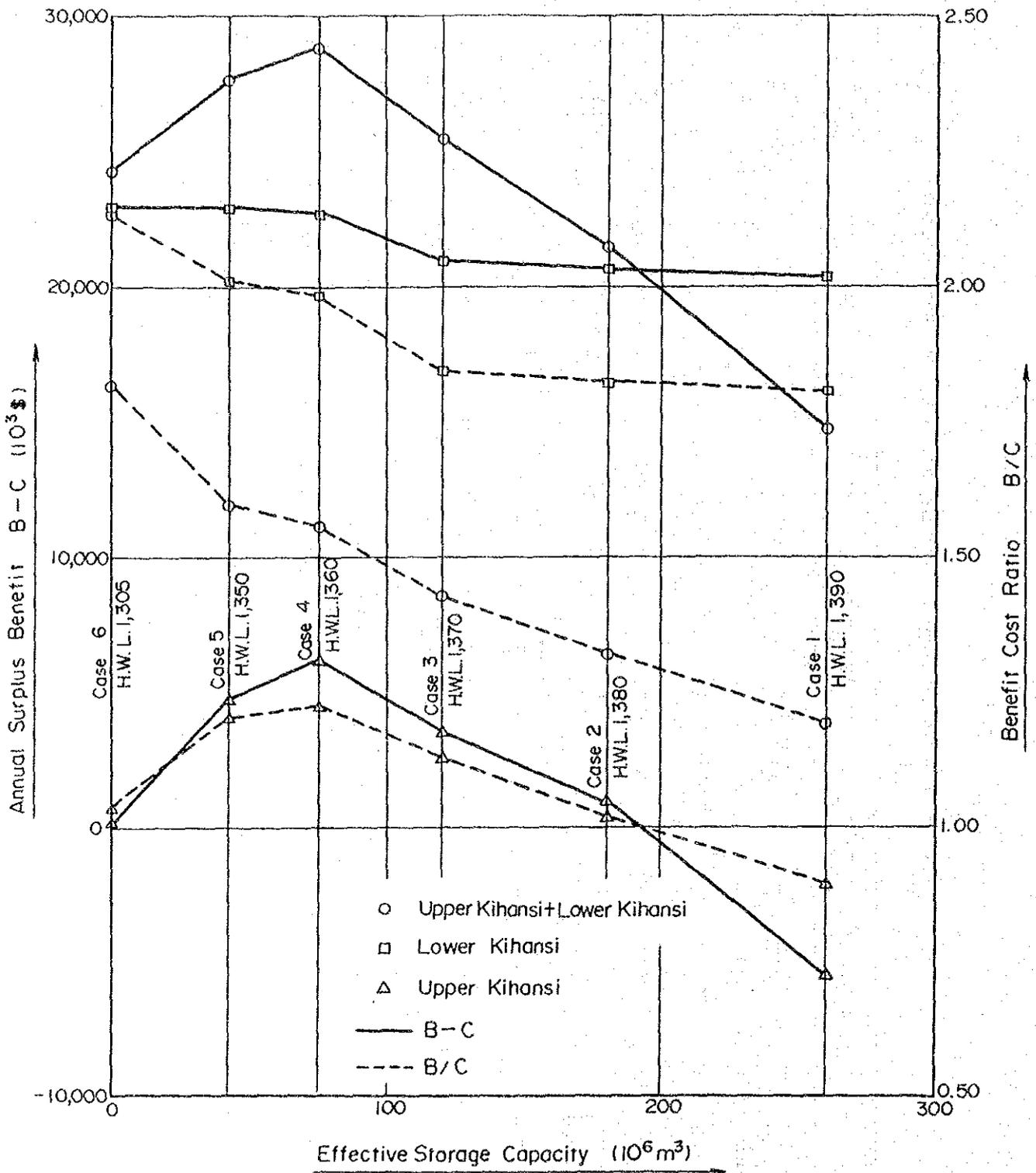
- 一 主機容量は、既設最大容量である51MWを最大容量とする。
- 一 発生電力量の評価は、保証電力量のみを対象とする。
- 一 上部貯水池による下部計画の下流増は、全て上部計画に帰属するものとする。検討の結果をTable 8-7、Fig. 8-9に示す。満水位標高1,360mまでは、満水位が高い方が経済性は良いが、1,360m以上になると経済性は悪化する。これは満水位1,360m以上では、貯水容量を増加させても、保証流量の増加が僅かであるのに対し、ダム高の増加によるダム体積の増加が大きいため、コストの増加が便益の増加を大きく上廻るためである。

この検討の結果、上部貯水池の規模は、満水位EL 1,360m、利用水深30m、有効貯水容量 75.1×10^6 m³と決定した。

Table 8-7 Study on Optimum Storage Capacity of Upper Kihansi Reservoir

Item	Unit	Case 1			Case 2			Case 3			Case 4			Case 5		
		Upper Kihansi	Lower Kihansi	Total												
High Water Level	m	1,390.00	1,140.00	1,380.00	1,140.00	1,140.00	1,370.00	1,140.00	1,140.00	1,360.00	1,140.00	1,140.00	1,350.00	1,140.00	1,140.00	1,340.00
Lower Water Level	m	1,330.00	1,136.60	1,330.00	1,136.60	1,330.00	1,136.60	1,330.00	1,136.60	1,330.00	1,136.60	1,330.00	1,136.60	1,330.00	1,136.60	1,330.00
Available Drawdown	m	60.00	3.40	60.00	3.40	60.00	3.40	60.00	3.40	60.00	3.40	60.00	3.40	60.00	3.40	60.00
Gross Storage Capacity	10 ⁶ m ³	279.30	1.39	200.10	1.39	140.00	1.39	94.80	1.39	51.30	1.39	20.90	1.39	5.00	1.39	2.10
Effective Storage Capacity	10 ⁶ m ³	259.50	0.53	180.30	0.52	120.20	0.51	75.10	0.48	41.50	0.45	17.20	0.37	8.13	0.37	2.10
Dam Type		Rockfill	Concrete	Rockfill	Concrete	Rockfill	Concrete	Rockfill	Concrete	Rockfill	Concrete	Rockfill	Concrete	Rockfill	Concrete	Rockfill
Dam Height x Length	10 ³ m ³	125x680	95x177	115x650	95x177	105x620	95x177	95x583	95x177	85x550	95x177	85x550	85x550	85x550	85x550	85x550
Dam Volume	m ³	11,500	54	9,200	54	7,800	54	5,300	54	3,200	54	3,200	54	3,200	54	3,200
Maximum Discharge Standard Intake Water Level	m ³ /s	29.00	24.30	28.40	24.30	27.20	23.40	25.70	22.20	25.00	20.90	24.20	20.90	24.20	20.90	24.20
Tail Water Level	m	1,338.50	296.50	1,338.50	296.50	1,338.50	296.50	1,338.50	296.50	1,338.50	296.50	1,338.50	296.50	1,338.50	296.50	1,338.50
Gross Head	m	251.30	843.50	241.50	843.50	241.50	843.50	241.50	843.50	241.50	843.50	241.50	843.50	241.50	843.50	241.50
Effective Head	m	244.50	813.00	234.50	813.00	224.50	813.00	214.50	813.00	204.50	813.00	194.50	813.00	184.50	813.00	174.50
Installed Capacity	MW	61	171	57	167	52	161	47	153	42	144	37	135	32	126	27
Firm Peak Power	MW	110.8	101.8	106.0	101.8	97.3	101.8	86.1	101.8	71.8	101.8	56.1	101.8	41.1	101.8	26.1
Annual Energy Production	10 ⁶ kWh	316.6	890.4	1,207.0	890.4	293.0	890.4	275.1	890.4	257.8	890.4	240.1	890.4	222.4	890.4	204.1
Annual Firm Energy Production	10 ⁶ kWh	475.5	551.0	1,026.5	551.0	393.3	551.0	335.7	551.0	272.8	551.0	218.8	551.0	164.8	551.0	110.8
Annual Benefit	10 ³ US\$	29,042	26,683	55,725	26,683	54,457	25,593	52,186	22,568	49,251	18,819	26,683	45,502	5,164	26,683	31,847
Peak Power Benefit	10 ³ US\$	16,341	18,936	35,277	18,936	34,109	15,516	32,452	11,537	30,473	9,375	18,936	28,311	3,586	18,936	22,087
Firm Energy Benefit	10 ³ US\$	45,383	45,619	91,002	45,619	88,576	39,019	84,638	34,105	79,724	28,194	45,619	73,813	8,750	45,619	53,934
Total Benefit (B)	10 ⁶ US\$	446.2	128.4	574.6	128.4	492.3	295.5	421.5	239.5	359.4	198.2	317.5	64.9	317.5	111.8	176.7
Investment Cost	10 ⁶ US\$	30.2	98.8	129.0	98.8	126.8	27.0	96.3	86.4	107.9	20.1	85.3	105.4	13.3	85.3	92.2
Electro-Mechanical Facilities Cost	10 ⁶ US\$	476.4	227.2	703.6	227.2	619.1	323.5	544.8	261.0	467.3	219.3	203.6	422.9	78.2	203.6	268.9
Total Cost (C)	10 ³ US\$	50,838	25,326	76,164	25,049	67,185	34,604	59,273	27,915	50,868	23,481	22,953	45,134	8,452	22,953	29,657
Annual Cost	10 ³ US\$	47,263	13,598	60,861	13,428	52,134	31,399	44,637	25,363	38,060	21,095	12,528	33,623	6,873	12,528	18,718
Electro-Mechanical Facilities Cost	10 ³ US\$	3,565	11,728	15,313	11,621	15,051	5,205	14,636	2,552	12,808	2,388	10,125	12,511	1,579	10,125	10,944
Total Cost (C)	10 ³ US\$	50,838	25,326	76,164	25,049	67,185	34,604	59,273	27,915	50,868	23,481	22,953	45,134	8,452	22,953	29,657
Annual Surplus Benefit (B - C)	10 ³ US\$	-5,455	20,293	14,838	821	21,391	4,415	25,365	6,190	28,856	4,713	22,956	27,679	298	22,956	24,277
Benefit Cost Ratio (B/C)	US\$/kWh	0.893	1.801	1.195	1.019	1.318	1.123	1.428	1.221	1.567	1.201	1.041	1.600	1.035	1.041	1.131
Unit Annual cost	US\$/kWh	0.110	0.546	0.104	0.102	0.088	0.093	0.063	0.083	0.082	0.086	0.041	0.056	0.083	0.041	0.043

Fig. 8-9 Study on Optimum Storage Capacity of Upper Kihansi Reservoir



8.2.3 上部計画

(1) ダム規模の検討

“8.2.2 貯水池規模の検討”では、各ケースの貯水容量を確保する最小のダム規模により比較検討を行ったが、最適貯水容量 $75.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ を固定として、ダム規模を増加させた場合の経済性を、満水位EL. 1,360m、1,370m、1,380m、1,390mの4ケースについて検討し、その結果をTable 8-8、Fig. 8-10に示す。

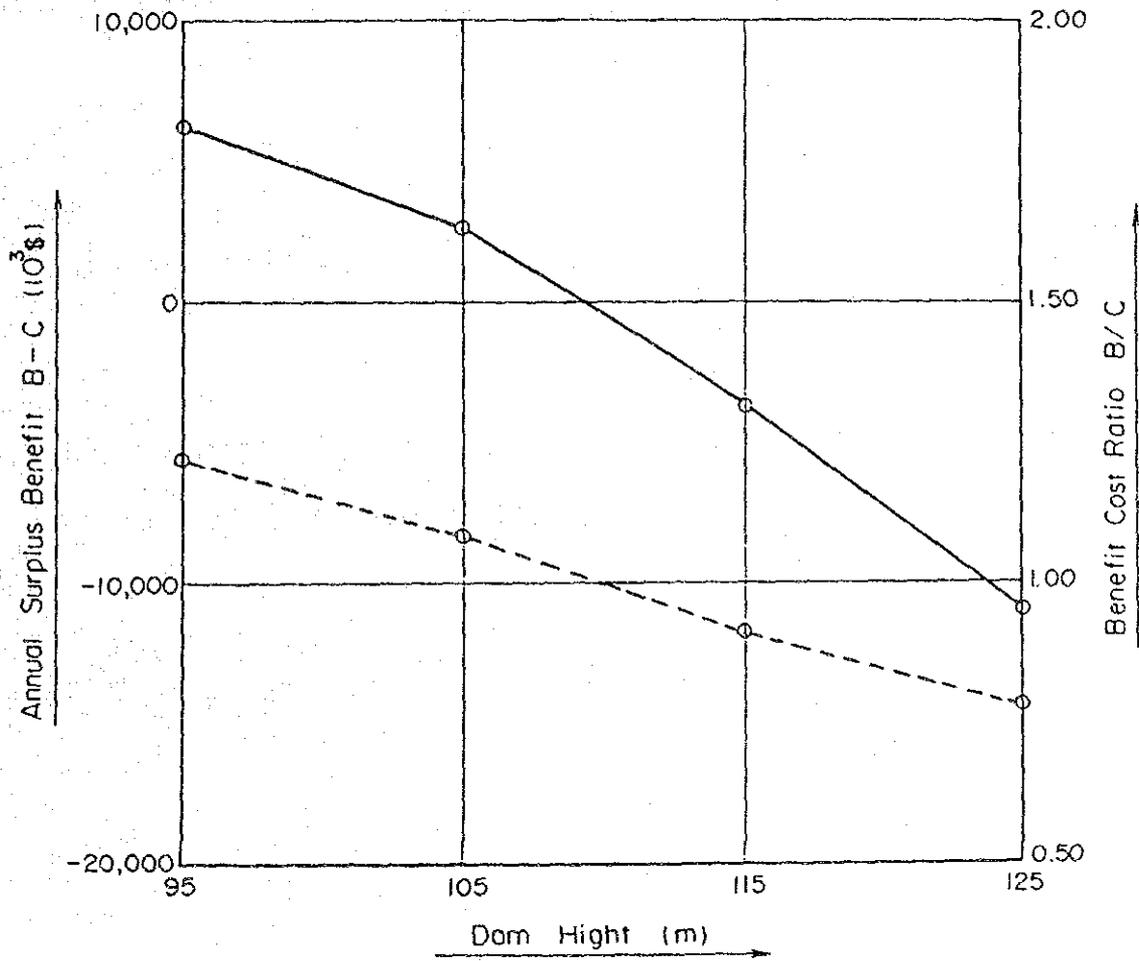
検討結果によれば、ダム規模を大きくすれば、ダム高の増加と利用水深の減少による取水位の上昇により落差は増加するが、ダム体積も急激に増加し、これによるコストの増加は便益の増加を大きく上廻り、計画の経済性を著しく悪化させる。

従って、最適貯水容量 $75.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ を確保するのに必要な最小ダム規模である、満水位標高1,360mとしたダム規模を最適ダム規模と決定した。

Table 8-8 Study on Optimum Dam Height of Upper Kihansi Reservoir

Item	Unit	Case 1'	Case 2'	Case 3'	Case 4
		Upper Kihansi	UpperKihansi	Upper Kihansi	Upper Kihansi
High Water Level	m	1,390.00	1,380.00	1,370.00	1,360.00
Lower Water Level	m	1,380.50	1,368.00	1,351.00	1,330.00
Available Drawdown	m	9.50	12.00	19.00	30.00
Gross Storage Capacity	10 ⁶ m ³	279.30	200.10	140.00	94.90
Effective Storage Capacity	10 ⁶ m ³	75.10	75.10	75.10	75.10
Dam Type		Rockfill	Rockfill	Rockfill	Rockfill
Dam Height x Length	10 ³ m ³	125 x 680	115 x 650	105 x 620	95 x 583
Dam Volume	10 ³ m ³	11,500	9,200	7,600	5,300
Maximum Discharge	m ³ /s	25.70	25.70	25.70	25.70
Standard Intake Water Level	m	1,390.00	1,380.00	1,370.00	1,360.00
Tail Water Level	m	1,138.50	1,138.50	1,138.50	1,138.50
Gross Head	m	251.50	241.50	231.50	221.50
Effective Head	m	244.50	234.50	224.50	214.50
Installed Capacity	MW	54	51	49	47
Firm Peak Power	MW	100.1	96.3	92.1	86.1
Annual Energy Production	10 ⁶ kWh	330.9	317.1	298.3	275.1
Annual Firm Energy Production	10 ⁶ kWh	377.1	366.8	352.9	335.7
Annual Benefit					
Peak Power Benefit	10 ³ US\$	26,237	25,241	24,140	22,568
Firm Energy Benefit	10 ³ US\$	12,959	12,605	12,127	11,537
Total Benefit (B)	10 ³ US\$	39,196	37,846	36,267	34,105
Investment Cost					
Civil Facilities Cost	10 ⁶ US\$	443.2	362.5	293.5	239.5
Electro-Mechanical Facilities Cost	10 ⁶ US\$	27.5	26.3	22.1	21.5
Total	10 ⁶ US\$	470.7	388.8	315.6	261.0
Annual Cost					
Civil Facilities Cost	10 ³ US\$	46,935	38,389	31,082	25,363
Electro-Mechanical Facilities Cost	10 ³ US\$	3,264	3,122	2,623	2,552
Total Cost (C)	10 ³ US\$	50,199	41,511	33,705	27,915
Annual Surplus Benefit (B - C)	10 ³ US\$	-11,003	-3,665	2,562	6,190
Benefit Cost Ratio (B/C)		0.781	0.912	1.076	1.221
Unit Annual Cost	US\$/kWh	0.133	0.113	0.096	0.083

Fig. 8-10 Study on Optimum Dam Height of Upper Kihansi Reservoir



(2) 最大使用水量および設備出力の検討

水力発電所の最大使用水量および設備出力は、ピーク継続時間、地点特性を考慮し最も経済的となる様、決定する必要がある。“8.1 開発計画の比較検討”および“8.2.2 貯水池規模の検討”では、タンザニアに於ける貯水池式水力発電所のピーク継続時間は、系統全体の年間負荷率に余備力を考慮した、13時間を基準とする事とし、上部計画では、これに保証流量11.8 m³/sと、貯水池低水位時の取水能力の低下による下部計画への影響を考慮して、最大使用水量を25.7 m³/sと決定し、設備出力を47MWと設定した。

上部計画の最大使用水量および設備出力は、今後実施される上部計画フィージビリティ調査時に最終的に決定する必要がある。

(3) 主機台数の検討

上部計画の主機台数は、建設費のスケールメリットを考慮して、47MW 1台と決定した。

(4) 最適開発計画

これまでの検討で決定された最適開発計画について、Table 8-9 に計画諸元を示す。

Table 8-10、Fig. 8-11 に、1927年から1987年までの61年間、上部貯水池を運用した時の流入量、使用水量、溢水量を示す。

各月の発生電力量、保証電力量を Table 8-11、Table 8-12 および Fig. 12 に示す。各月の出力および出力デュレーションを Table 8-13、8-14 に示す。最適開発計画の概算工事内訳を Table 8-15 に示す。

Table 8-9 Outline of Optimum Development Plan
of Upper Kihansi Project

Reservoir

Catchment Area	583 km ²
High Water Level	1,360.00 m
Low Water Level	1,330.00 m
Available Drawdown	30.00 m
Gross Storage Capacity	94.90 × 10 ⁶ m ³
Effective Storage Capacity	75.10 × 10 ⁶ m ³
Annual Average Runoff	15.68 m ³ /s
Firm Discharge	11.80 m ³ /s

Dam

Type	Rockfill
Height × Length	95 m × 583 m
Volume	5,300 × 10 ³ m ³

Power Station

Standard Intake Water Level	1,360.00 m
Tail Water Level	1,138.50 m
Gross Head	221.50 m
Effective Head	214.50 m
Maximum Discharge	25.70 m ³ /s
Installed Capacity	47 MW
Unit Type × Number of Unit	Vertical Francis×1
Firm Peak Power	36.9 MW (86.1 MW)
Annual Total Energy Production	237.1 × 10 ⁶ kWh (275.1 × 10 ⁶ kWh)
Annual Firm Energy Production	175.7 × 10 ⁶ kWh (335.7 × 10 ⁶ kWh)

Note: Figures in () show the values of cases including power generation increase in the Lower Kihansi Project due to regulating effect of the Upper Kihansi Project

Table 8-10 Summary of Operation Study on Upper Kihansi Reservoir

Unit: 10^6 m^3

<u>Year</u>	<u>Inflow</u>	<u>Power Discharge</u>	<u>Spill</u>
1927	343.84	418.92	0.0
1928	367.62	362.46	0.0
1929	331.24	336.40	0.0
1930	398.91	385.88	0.0
1931	517.11	482.81	0.0
1932	535.32	535.59	0.0
1933	453.95	462.80	0.0
1934	430.24	420.24	0.0
1935	422.67	438.22	0.0
1936	591.59	554.66	21.38
1937	464.59	467.56	0.0
1938	282.86	328.10	0.0
1939	438.27	400.14	0.0
1940	429.74	436.79	0.0
1941	409.34	424.21	0.0
1942	506.86	474.87	0.0
1943	350.02	398.23	0.0
1944	388.25	348.31	0.0
1945	442.32	439.30	0.0
1946	362.09	396.48	0.0
1947	470.80	431.16	0.0
1948	425.00	469.62	0.0
1949	350.64	354.23	0.0
1950	380.81	365.44	0.0
1951	357.52	366.21	0.0
1952	535.32	489.06	5.01
1953	303.12	351.05	0.0
1954	280.17	280.17	0.0
1955	472.97	429.39	0.0
1956	483.50	488.18	0.0
1957	533.31	524.00	0.0
1958	531.89	531.89	0.0
1959	429.10	443.37	0.0
1960	532.18	512.63	14.85
1961	414.68	412.73	0.0
1962	720.01	620.53	91.86
1963	724.84	634.73	90.11
1964	707.91	658.32	49.59
1965	555.14	555.14	0.0
1966	547.97	560.33	0.0
1967	577.58	544.46	0.0
1968	888.16	716.93	191.99
1969	539.65	539.64	0.0
1970	543.61	543.61	0.0
1971	525.53	525.53	0.0
1972	656.89	638.13	18.76
1973	678.50	628.56	49.94
1974	636.01	613.86	22.15
1975	474.60	474.60	0.0
1976	513.02	513.06	0.0
1977	438.36	438.32	0.0
1978	476.85	476.85	0.0
1979	709.22	678.36	30.86
1980	449.57	449.57	0.0
1981	388.80	415.47	0.0
1982	412.09	385.42	0.0
1983	579.54	579.54	0.0
1984	531.98	531.98	0.0
1985	639.58	639.58	0.0
1986	755.81	704.54	51.27
1987	543.37	543.37	0.0
Average	494.79	484.78	10.46

Table 8-11 Total Energy Generation of Upper Kihansi Project

UNIT: 10⁶ kWh

MONTH	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	<TOTAL>
1927	34.78	29.37	14.48	14.23	14.88	14.35	14.67	14.41	13.42	9.70	8.83	13.21	196.33
1928	10.53	10.50	15.93	14.39	15.27	14.85	15.28	15.12	14.42	14.61	13.84	14.13	168.88
1929	13.11	8.85	13.93	14.32	15.40	14.85	15.19	14.93	14.10	13.50	7.89	8.30	154.85
1930	13.53	9.70	22.91	15.78	15.82	15.41	15.92	15.82	15.14	15.41	14.65	14.73	184.83
1931	14.37	13.64	31.90	32.38	22.94	19.66	20.72	17.98	16.25	15.99	15.32	15.66	236.80
1932	26.91	30.46	32.22	32.62	22.02	18.85	20.19	17.76	16.13	15.99	15.33	15.67	264.17
1933	29.62	29.25	27.21	14.72	15.88	15.57	16.09	16.18	15.56	15.94	15.24	15.48	226.76
1934	26.97	23.36	15.16	14.43	15.42	15.26	15.96	16.01	15.48	15.90	15.24	16.17	205.37
1935	26.55	26.07	26.59	14.18	14.81	14.37	14.76	14.56	13.80	13.05	10.57	14.61	203.93
1936	28.27	27.77	15.70	32.02	34.96	24.29	23.35	20.14	18.03	17.53	15.35	17.70	275.11
1937	25.23	21.28	31.69	14.75	18.85	17.89	19.45	17.13	16.23	16.42	15.33	15.65	229.90
1938	16.93	18.45	14.23	13.77	14.37	13.68	11.22	9.47	8.61	9.91	9.27	9.02	148.91
1939	13.96	11.05	13.93	27.83	15.95	15.90	18.02	16.09	15.55	15.92	15.21	15.46	194.89
1940	28.71	26.14	16.35	17.37	15.85	15.47	15.99	15.92	15.27	15.60	14.89	15.20	212.78
1941	15.08	29.02	22.96	14.21	15.16	14.95	15.44	15.35	14.68	14.90	14.24	14.65	200.65
1942	16.30	21.80	30.06	24.25	18.86	18.84	20.09	17.51	15.89	15.98	15.20	17.92	232.80
1943	19.52	21.96	15.49	14.24	15.34	15.22	15.66	15.50	14.80	15.00	14.13	13.31	190.18
1944	10.66	7.89	11.84	14.46	15.86	15.52	16.04	15.94	15.27	15.54	16.82	15.31	169.15
1945	25.40	23.81	16.77	14.69	21.94	16.73	18.46	16.16	15.56	15.92	15.20	15.52	216.14
1946	16.14	17.33	14.31	21.40	15.83	15.41	15.88	15.75	15.03	15.27	16.46	14.53	191.32
1947	14.53	19.43	23.09	14.55	15.69	15.51	16.10	16.10	15.55	15.93	15.21	28.81	210.50
1948	33.58	28.09	27.84	14.29	15.14	14.82	15.32	15.23	14.56	14.76	14.07	14.28	221.98
1949	13.40	16.63	14.45	14.40	15.27	14.79	15.17	14.96	14.16	14.19	8.34	7.51	163.28
1950	7.41	9.37	20.89	14.43	15.52	15.33	15.85	15.77	15.12	15.42	14.68	14.80	174.60
1951	14.35	12.70	13.94	14.01	15.08	14.64	14.99	14.74	13.91	11.83	13.67	14.27	168.13
1952	14.43	23.57	23.00	17.69	34.63	21.94	20.75	17.88	16.06	15.98	18.84	15.71	240.48
1953	18.69	17.35	14.44	14.02	14.77	14.43	14.71	14.38	12.12	8.46	7.53	11.08	161.98
1954	13.94	11.40	11.89	13.48	13.94	10.86	9.60	8.71	7.80	7.62	6.88	6.96	123.07
1955	8.38	12.79	16.91	30.56	20.84	19.99	20.57	17.78	15.94	15.98	15.31	15.62	210.66
1956	30.88	29.14	18.07	29.98	15.96	17.57	19.07	16.61	15.56	15.94	15.22	15.48	239.49
1957	28.11	29.22	20.23	26.18	28.98	17.91	19.64	18.24	17.17	17.42	15.91	19.02	258.03
1958	25.45	25.84	31.02	29.21	22.59	16.74	18.78	17.65	16.97	17.48	15.74	23.72	261.17
1959	26.03	26.12	24.68	14.51	15.47	15.11	15.62	15.59	15.02	15.41	14.80	15.23	213.56
1960	15.17	26.09	31.90	32.34	33.92	17.97	16.81	16.11	15.45	15.77	15.07	15.42	252.01
1961	18.60	25.62	17.98	14.44	15.57	15.31	15.70	15.62	16.98	15.27	14.63	15.26	198.97
1962	34.33	31.58	34.96	33.63	34.96	24.94	24.24	21.58	17.47	19.70	17.06	20.81	315.45
1963	34.02	30.98	34.81	33.83	34.96	23.35	25.12	21.68	19.74	19.45	25.98	17.37	321.28
1964	31.14	30.60	33.39	33.49	34.96	29.50	27.54	25.00	21.86	20.89	18.75	22.19	329.30
1965	29.72	29.28	31.84	32.28	20.14	17.56	20.05	18.83	17.53	18.23	16.82	20.76	273.04
1966	29.24	28.33	32.00	32.87	30.15	19.74	20.07	19.28	17.95	15.93	15.14	15.40	276.11
1967	21.51	28.21	23.57	15.62	27.91	21.63	21.27	19.45	17.71	17.96	19.50	34.77	269.11
1968	35.09	32.71	34.96	33.83	34.96	33.83	33.43	28.11	24.76	22.92	21.96	28.52	365.07
1969	33.57	29.44	29.94	22.06	22.98	17.93	19.91	19.52	17.39	17.08	16.79	19.08	265.69
1970	33.56	30.26	34.16	33.34	15.98	15.57	18.02	17.38	16.39	16.11	15.33	25.20	271.29
1971	27.19	29.30	26.14	27.99	17.72	15.97	20.71	18.09	17.22	21.92	16.76	19.53	258.55
1972	30.12	28.22	32.27	32.70	34.96	24.54	23.02	19.46	20.49	19.90	18.51	32.71	316.90
1973	34.39	31.20	34.56	33.84	34.96	24.62	23.62	20.54	19.56	19.68	18.51	22.55	318.03
1974	33.04	29.89	31.35	32.28	34.89	26.91	23.91	19.73	19.59	19.40	17.82	15.78	304.59
1975	27.56	22.66	15.90	15.67	24.79	20.97	20.54	18.47	18.10	17.04	15.34	17.69	234.73
1976	26.00	26.76	23.51	16.88	25.15	25.24	22.98	20.05	17.89	17.66	15.35	15.70	253.17
1977	24.99	20.50	16.05	14.65	17.05	17.54	18.76	16.68	15.57	15.96	15.42	23.23	216.39
1978	27.40	24.32	21.17	15.62	22.15	19.13	19.16	16.62	15.57	15.96	15.78	22.15	235.04
1979	33.51	29.28	31.89	32.25	34.69	33.83	32.00	24.80	21.18	19.69	18.76	23.90	335.80
1980	29.14	28.09	18.04	14.47	15.69	15.59	18.17	17.14	15.72	15.99	15.33	17.51	220.87
1981	23.09	22.94	17.76	14.46	15.51	15.25	15.76	15.69	15.04	15.36	14.64	14.89	200.40
1982	14.66	13.03	14.37	14.30	15.57	15.51	16.09	16.05	15.43	15.82	15.22	22.24	188.30
1983	33.86	29.79	26.20	21.14	33.14	28.25	25.77	20.39	18.02	17.54	15.58	17.41	287.09
1984	23.80	23.64	22.27	17.06	29.06	25.05	23.57	19.44	17.83	17.90	16.37	26.97	262.98
1985	33.82	29.87	32.02	30.10	30.98	26.18	25.58	20.96	18.86	18.10	19.81	30.13	316.41
1986	33.87	30.47	33.72	33.18	34.96	33.83	31.45	26.20	21.16	19.97	22.34	32.79	353.94
1987	33.80	30.06	32.68	14.83	21.66	21.71	22.21	19.16	16.93	17.54	16.95	22.04	269.56
T O T A L	1467.94	1442.48	1433.55	1322.67	1348.70	1164.15	1180.02	1073.42	994.53	989.21	936.83	1107.22	14460.71
A V E	24.06	23.65	23.50	21.68	22.11	19.08	19.34	17.40	16.30	16.22	15.36	18.15	237.06
M A X	35.09	32.71	34.96	33.84	34.96	33.83	33.43	28.11	24.76	22.92	25.98	34.77	365.07
M I N	7.41	7.89	11.84	13.48	13.94	10.86	9.60	8.71	7.80	7.62	6.88	6.96	123.07

Table 8-12 Firm Energy Generation of Upper Kihansi Project

UNIT: 10⁶kwh

MONTH YEAR	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	<TOTAL>
1927	15.88	13.26	13.77	13.63	14.33	13.80	14.04	13.67	12.77	9.70	8.83	13.21	156.89
1928	10.53	10.50	13.40	13.86	14.88	14.51	14.89	14.68	13.89	13.96	13.08	13.28	161.46
1929	13.11	8.85	13.00	13.76	15.06	14.50	14.77	14.40	13.45	13.28	7.89	8.80	150.85
1930	12.93	9.70	13.40	14.32	15.67	15.31	15.81	15.67	14.92	15.08	14.22	14.12	171.15
1931	13.61	12.27	14.01	14.53	15.93	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.18	15.44	180.15
1932	15.03	13.50	14.21	14.68	16.05	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.20	15.46	183.31
1933	15.02	12.93	13.85	14.32	15.76	15.54	16.09	16.09	15.52	15.84	15.06	15.18	181.19
1934	14.85	12.88	13.78	13.92	15.10	15.09	15.86	15.94	15.40	15.79	15.06	15.39	179.05
1935	15.04	12.88	13.78	13.55	14.24	13.83	14.17	13.88	13.03	13.05	10.57	13.95	161.98
1936	14.74	13.34	13.78	14.74	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.50	182.59
1937	15.04	12.88	13.87	14.36	15.86	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.20	15.42	181.81
1938	14.99	12.88	13.42	12.99	13.62	12.86	11.22	9.47	8.61	9.91	9.27	9.02	138.23
1939	13.04	11.05	13.00	14.06	15.86	15.57	16.09	16.09	15.90	15.81	15.02	15.16	176.24
1940	14.85	13.34	13.78	14.32	15.71	15.39	15.91	15.81	15.10	15.35	14.54	14.79	178.92
1941	14.61	12.78	13.79	13.60	14.73	14.65	15.13	15.00	14.27	14.36	13.65	14.01	170.58
1942	14.35	12.86	13.78	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.90	15.15	15.44	180.97
1943	15.04	12.88	13.78	13.64	14.98	15.03	15.44	15.22	14.44	14.51	13.48	13.31	171.75
1944	10.66	7.89	11.84	13.96	15.72	15.47	15.97	15.84	15.10	15.26	14.46	14.93	167.11
1945	14.89	12.88	13.78	14.28	15.83	15.57	16.09	16.09	15.51	15.81	15.00	15.23	180.96
1946	14.95	12.88	13.53	14.15	15.68	15.30	15.75	15.56	14.76	14.88	13.95	13.84	175.21
1947	13.83	12.60	13.78	14.08	15.48	15.45	16.09	16.09	15.51	15.82	15.02	15.35	179.08
1948	15.09	13.40	13.78	13.71	14.70	14.46	14.95	14.83	14.10	14.17	13.41	13.50	170.09
1949	13.05	12.05	13.74	13.88	14.88	14.42	14.75	14.44	13.53	13.36	8.34	7.51	153.95
1950	7.41	9.37	13.40	13.91	15.24	15.19	15.71	15.60	14.89	15.10	14.26	14.22	164.30
1951	13.58	11.91	13.03	13.33	14.62	14.21	14.49	14.14	13.18	11.83	12.84	13.48	160.63
1952	13.69	12.97	13.78	14.32	15.93	15.57	16.09	16.09	15.54	15.90	15.21	15.50	180.59
1953	15.04	12.88	13.71	13.34	14.18	13.91	14.09	13.63	12.12	8.46	7.53	11.08	169.97
1954	13.02	11.40	11.89	12.57	13.01	10.86	9.60	8.71	7.80	7.62	6.88	6.96	120.32
1955	8.38	12.04	13.77	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.89	15.16	15.37	174.09
1956	14.96	13.34	13.78	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.53	15.84	15.04	15.18	181.60
1957	14.87	12.91	13.83	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	181.71
1958	15.04	12.88	13.78	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	181.81
1959	15.04	12.88	13.78	14.02	15.17	14.87	15.38	15.34	14.74	15.08	14.44	14.82	175.54
1960	14.75	13.31	14.00	14.89	16.09	15.57	16.09	16.09	15.37	15.59	14.82	15.09	181.64
1961	14.87	12.88	13.78	13.92	15.30	15.16	15.49	15.38	14.70	14.88	14.20	14.86	175.41
1962	15.58	14.53	16.09	15.57	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	187.76
1963	15.38	14.06	16.02	15.57	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	187.02
1964	15.04	13.59	14.97	15.41	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	185.01
1965	15.04	12.95	13.97	14.46	15.93	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	182.27
1966	15.04	12.88	14.07	14.85	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.82	14.95	15.06	182.04
1967	14.81	12.88	13.78	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.87	181.94
1968	16.09	15.05	16.09	15.57	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	188.78
1969	15.09	13.06	13.94	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	182.19
1970	15.08	13.58	15.47	15.16	15.90	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.18	15.47	185.02
1971	15.04	12.96	13.88	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	181.99
1972	15.04	13.34	14.24	15.05	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	183.67
1973	15.62	14.20	15.73	15.57	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	187.12
1974	15.04	13.34	14.38	14.47	16.05	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	183.20
1975	15.04	12.88	13.78	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.21	15.49	181.77
1976	15.04	13.34	13.78	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.21	15.50	182.25
1977	15.05	12.88	13.78	14.23	15.79	15.57	16.09	16.09	15.53	15.87	15.19	15.51	181.55
1978	15.04	12.88	13.78	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.53	15.86	15.18	15.51	181.71
1979	15.05	12.95	14.00	14.45	15.96	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	182.32
1980	15.04	13.34	13.78	13.97	15.48	15.57	16.09	16.09	15.54	15.90	15.19	15.48	181.46
1981	15.04	12.88	13.78	13.96	15.22	15.07	15.59	15.47	14.77	15.01	14.21	14.35	175.35
1982	14.02	12.37	13.62	13.73	15.30	15.45	16.05	16.00	15.33	15.66	15.04	15.43	178.01
1983	15.27	13.28	13.98	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	182.65
1984	15.04	13.34	13.78	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	182.27
1985	15.25	13.33	14.08	14.32	15.87	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	182.77
1986	15.28	13.72	15.19	15.27	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	185.45
1987	15.23	13.45	14.51	14.48	15.85	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.51	183.44
T O T A L	879.13	776.27	849.86	870.90	948.00	926.27	952.38	945.98	906.61	915.76	861.78	887.19	10720.11
A V E	14.41	12.73	13.93	14.28	15.54	15.18	15.61	15.51	14.86	15.01	14.13	14.54	175.74
M A X	16.09	15.05	16.09	15.57	16.09	15.57	16.09	16.09	15.54	15.91	15.22	15.87	188.78
M I N	7.41	7.89	11.84	12.57	13.01	10.86	9.60	8.71	7.80	7.62	6.88	6.96	120.32

Table 8-13 Monthly Peak Power of Upper Kihansi Project

UNIT: MW

MONTH	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	<TOTAL>
1927	46.4	42.9	40.2	41.1	41.9	41.7	41.0	39.9	38.6	28.3	26.6	38.6	467.4
1928	30.8	32.8	39.2	41.8	43.5	43.8	43.5	42.9	41.9	40.8	39.5	38.8	479.3
1929	38.3	28.6	38.0	41.6	44.0	43.8	43.1	42.1	40.6	38.8	23.8	25.7	468.4
1930	37.8	31.4	39.2	43.2	45.6	46.2	46.2	45.8	45.1	44.1	42.9	41.2	508.8
1931	39.8	39.7	40.9	43.9	46.5	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.8	45.1	536.1
1932	43.9	42.2	41.5	44.3	46.9	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.9	45.2	544.3
1933	43.9	41.8	40.5	43.2	46.0	46.9	47.0	47.0	46.9	46.3	45.5	44.4	539.4
1934	43.4	41.7	40.3	42.0	44.1	45.6	46.4	46.6	46.5	46.1	45.5	45.0	533.0
1935	44.0	41.7	40.3	40.9	41.6	41.8	41.4	40.6	39.3	38.1	31.9	40.8	482.3
1936	43.1	41.7	40.3	44.5	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	542.2
1937	44.0	41.7	40.5	43.4	46.3	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.9	45.1	541.2
1938	43.8	41.7	39.2	39.2	39.8	38.8	32.8	27.7	26.0	29.0	28.0	26.3	412.2
1939	38.1	35.8	38.0	42.5	46.3	47.0	47.0	47.0	46.8	46.2	45.3	44.3	524.3
1940	43.4	41.7	40.3	43.2	45.9	46.5	46.5	46.2	45.6	44.8	44.0	43.2	531.3
1941	42.7	41.3	40.3	41.1	43.0	44.2	44.2	43.8	43.1	42.0	41.2	40.9	507.9
1942	41.9	41.7	40.3	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.4	45.7	45.1	538.7
1943	44.0	41.7	40.3	41.2	43.8	45.4	45.1	44.5	43.6	42.4	40.7	38.9	511.4
1944	31.1	24.7	34.6	42.1	45.9	46.7	46.7	46.3	45.6	44.6	43.7	43.6	495.6
1945	43.5	41.7	40.3	43.1	46.3	47.0	47.0	47.0	46.8	46.2	45.3	44.5	538.7
1946	43.7	41.7	39.5	42.7	45.8	46.2	46.0	45.5	44.6	43.5	42.1	40.4	521.7
1947	40.4	40.7	40.3	42.5	45.2	46.6	47.0	47.0	46.8	46.2	45.3	44.9	533.1
1948	44.1	41.9	40.3	41.4	42.9	43.7	43.7	43.3	42.6	41.4	40.5	39.4	505.1
1949	38.1	39.0	40.1	41.9	43.5	43.5	43.1	42.2	40.9	39.0	25.2	21.9	458.5
1950	21.7	30.3	39.2	42.0	44.5	45.9	45.9	45.6	45.0	44.1	43.1	41.5	488.7
1951	39.7	38.5	38.1	40.2	42.7	42.9	42.3	41.3	39.8	36.6	38.8	39.4	478.3
1952	40.0	40.5	40.3	43.2	46.6	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.9	45.3	536.2
1953	44.0	41.7	40.1	40.3	41.4	42.0	41.2	39.8	36.6	26.7	22.7	32.4	446.8
1954	38.0	36.9	34.7	38.0	38.0	32.8	28.1	25.5	23.5	22.3	20.8	20.3	358.8
1955	26.5	38.9	40.2	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.4	45.8	44.9	518.4
1956	43.7	41.7	40.3	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.3	45.4	44.4	539.2
1957	43.4	41.8	40.4	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	540.9
1958	44.0	41.7	40.3	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	541.2
1959	44.0	41.7	40.3	42.3	44.3	44.9	44.9	44.8	44.5	44.1	43.6	43.3	522.7
1960	43.1	41.6	40.9	44.9	47.0	47.0	47.0	47.0	46.4	45.5	44.8	44.1	539.3
1961	43.4	41.7	40.3	42.0	44.7	45.8	45.3	44.9	44.4	43.5	42.9	43.4	522.2
1962	45.5	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	559.2
1963	44.9	45.5	46.8	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	556.9
1964	44.0	42.5	43.7	46.5	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	549.3
1965	44.0	41.9	40.8	43.7	46.6	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	542.6
1966	44.0	41.7	41.1	44.8	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.2	45.1	44.0	541.9
1967	43.3	41.7	40.3	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	46.4	541.6
1968	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	560.7
1969	44.1	42.2	40.7	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	542.3
1970	44.1	43.9	45.2	45.8	46.5	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.8	45.2	550.9
1971	44.0	41.9	40.6	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	541.7
1972	44.0	41.7	41.6	45.4	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	545.3
1973	45.7	45.9	46.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	557.2
1974	44.0	43.2	42.0	43.7	46.9	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	545.4
1975	44.0	41.7	40.3	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.9	45.3	541.1
1976	44.0	41.7	40.3	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.9	45.3	541.1
1977	44.0	41.7	40.3	43.0	46.1	47.0	47.0	47.0	46.9	46.4	45.9	45.3	540.4
1978	44.0	41.7	40.3	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.3	45.8	45.3	540.9
1979	44.0	41.9	40.9	43.6	46.6	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.9	45.2	538.8
1980	44.0	41.7	40.3	42.2	45.2	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	45.9	45.2	538.8
1981	44.0	41.7	40.3	42.1	44.5	45.5	45.5	45.2	44.6	43.9	42.9	41.9	522.0
1982	41.0	40.0	39.8	41.4	44.7	46.7	46.9	46.7	46.3	45.8	45.4	45.1	529.8
1983	44.6	43.0	40.9	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	543.7
1984	44.0	41.7	40.3	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	541.2
1985	44.6	43.1	41.2	43.2	46.4	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	544.1
1986	44.6	44.4	44.4	46.1	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	552.2
1987	44.5	43.5	42.4	43.7	46.3	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	45.3	546.1
TOTAL	2568.8	2489.7	2483.2	2629.5	2770.0	2796.7	2782.8	2764.1	2737.4	2675.8	2602.0	2592.3	31892.2
AVERAGE	42.1	40.8	40.7	43.1	45.4	45.8	45.6	45.3	44.9	43.9	42.7	42.5	522.8
MAXIMUM	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.5	46.0	46.4	560.7
MINIMUM	21.7	24.7	34.6	38.0	38.0	32.8	28.1	25.5	23.5	22.3	20.8	20.3	358.8

Fig. 8-11 Upper Kihansi Reservoir Operation

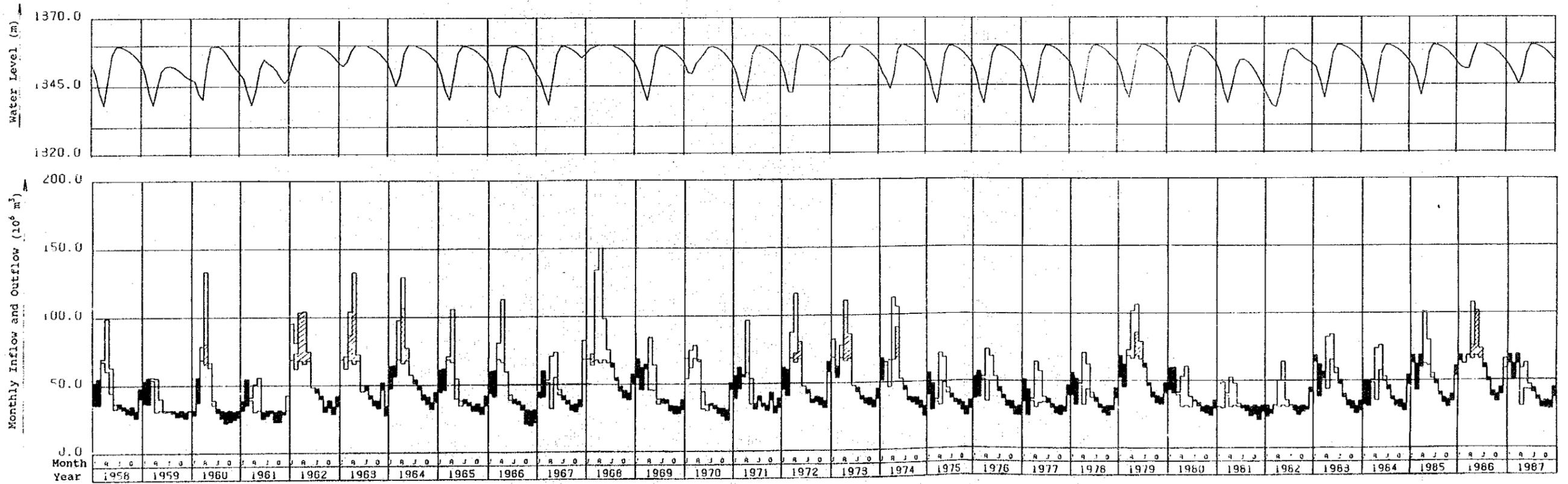
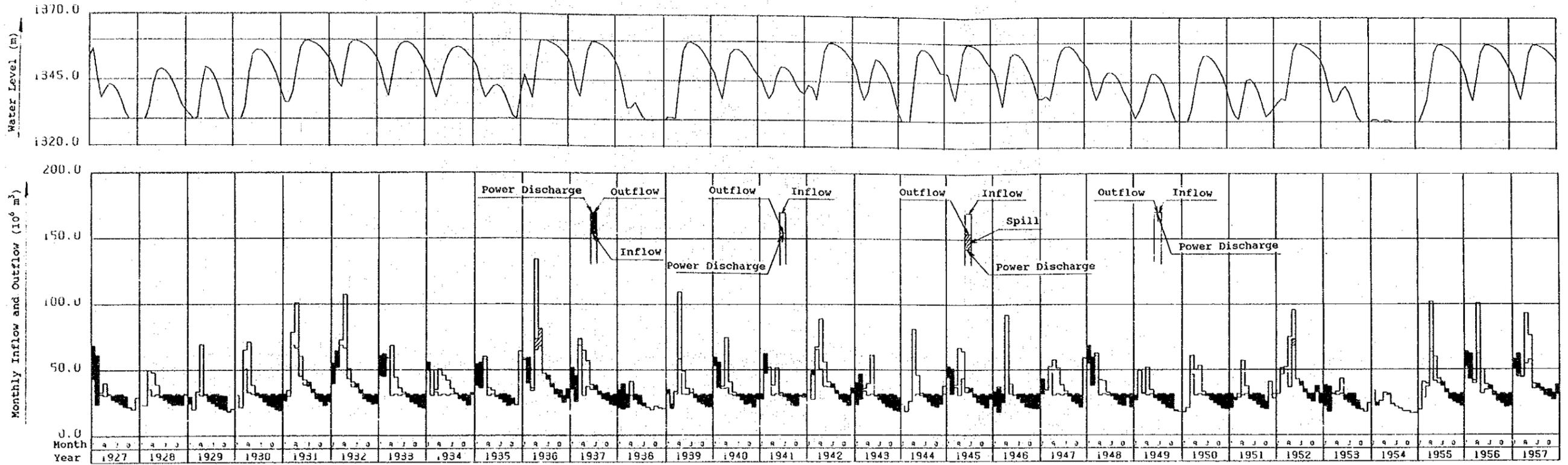
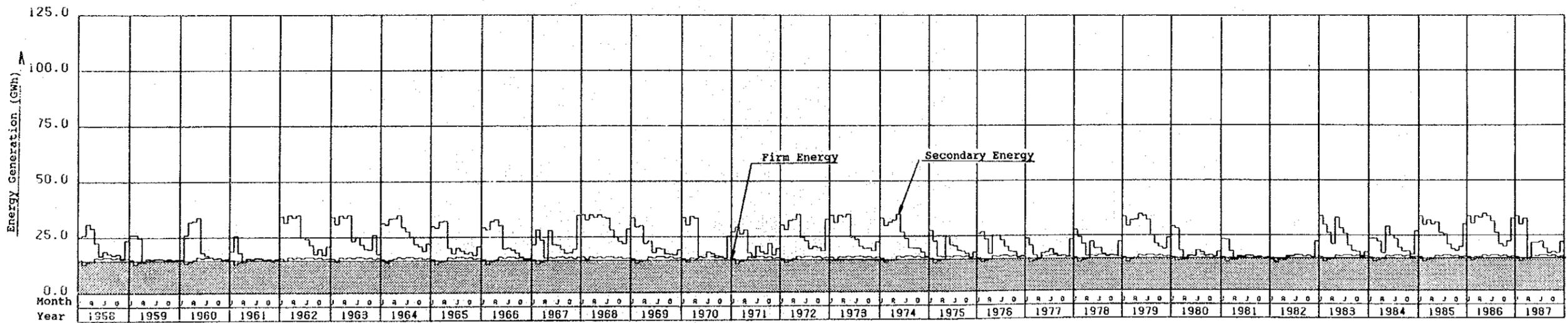
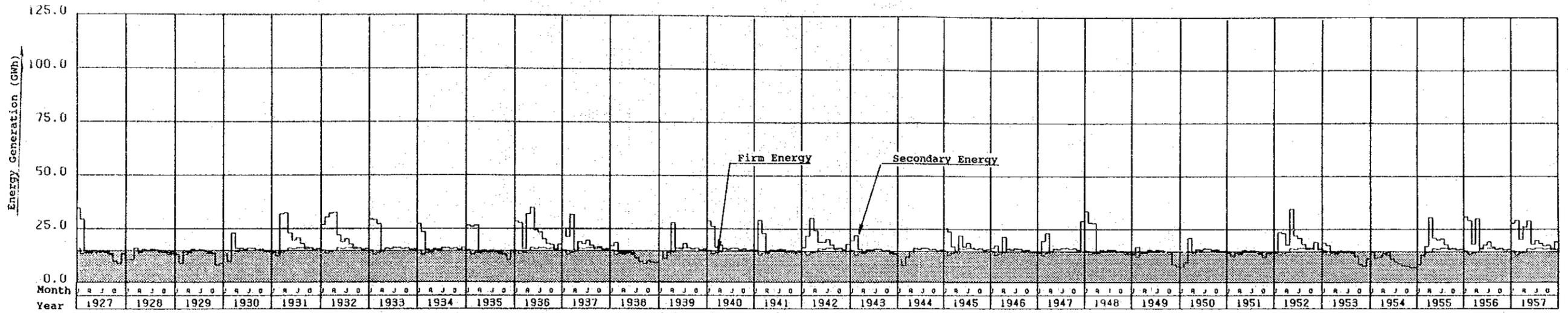


Fig. 8-12 Energy Generation of Upper Kihansi Project



**Table 8-15 Preliminary Estimation of Construction Cost of
Upper Kihansi Project**

Unit: 10³S

	Upper Kihansi		
	F.C.	F.C.	Total
1. Preparatory Work			
1-1 Access Road	0	0	0
1-2 Camp Facility & Others	3,600	1,000	4,600
Sub Total	3,600	1,000	4,600
2. Compensation	0	5	5
3. Civil Works			
3-1 Diversion & Cofferdam	2,059	641	2,700
3-2 Dam & Spillway	107,801	33,599	141,400
3-3 Intake	3,621	1,079	4,700
3-4 Headrace Tunnel	1,733	567	2,300
3-5 Penstock	1,698	502	2,200
3-6 Powerhouse & Switchyard	4,436	1,264	5,700
3-7 Tailrace Tunnel	1,878	622	2,500
3-8 Tailrace Outlet	610	190	800
Sub Total	123,836	38,464	162,300
4. Hydraulic Equipment	2,000	500	2,500
5. Electro-mechanical Equipment	10,700	3,400	14,100
6. Transmission Line	100	100	200
7. Total Cost (1+2+3+4+5+6)	40,236	43,469	183,705
8. Engineering & Administration 7 x 7.5%	11,034	2,760	13,794
9. Physical Contingency	20,395	6,320	26,715
(1+2+3) x 15% + (4+5+6) x 10%			
10. Interest during Construction	28,163	8,623	36,786
11. Grand Total (7+8+9+10)	199,828	61,172	261,000

8.2.4 下部計画

(1) 調整池規模の検討

i) 調整容量の検討

調整池の規模は、どのような流入量の状態であっても下部発電所の使用水量の完全調整が出来る有効容量を持つ事とし、最大使用水量 $22.2\text{ m}^3/\text{s}$ に対する有効容量を $0.48 \times 10^6\text{ m}^3$ とした。

ii) ダム規模の検討

下部ダムの年間堆砂量は、調整池容量による堆砂捕捉率を考慮すれば、 $2,500\text{ m}^3/\text{年}$ となる。下部ダム完成の3年後に上部ダムが完成の予定であり、下部ダムの堆砂容量はこの間の堆砂量を見込めば良いが、計画上は下部ダムの堆砂容量を上部ダムが無いものとして、50年間の堆砂量 $0.1 \times 10^6\text{ m}^3$ とする。このため堆砂位は標高 $1,125\text{ m}$ となる。最大使用水量 $22.2\text{ m}^3/\text{s}$ に必要な有効容量 $0.48 \times 10^6\text{ m}^3$ の確保が可能な最小規模のダムは、堆砂量容量および取水口構造から、満水位標高 $1,135\text{ m}$ のダムある。また上部計画の放水位は標高 $1,140\text{ m}$ であるので、最大ダム規模は、満水位標高 $1,140\text{ m}$ のダムである。ダム規模を最小および最大とした場合の検討結果をTable 8-16に示す。

検討の結果、ダム規模増加による落差増の増分便益は、ダム体積増の増分費用を上廻っており、ダム規模を、満水位標高 $1,140\text{ m}$ のダムと決定した。

Table 8-16 Study on Optimum Dam Height of Lower Kihansi Reservoir

Item	Unit	Case 4	Case 4'
		Lower Kihansi	Lower Kihansi
High Water Level	m	1,140.00	1,135.00
Lower Water Level	m	1,137.00	1,129.00
Available Drawdown	m	3.00	6.00
Gross Storage Capacity	10 ⁶ m ³	1.39	0.68
Effective Storage Capacity	10 ⁶ m ³	0.48	0.48
Dam Type		Concrete gravity	Concrete gravity
Dam Height x Length		35 x 177	30 x 165
Dam Volume	10 ³ m ³	54	47
Maximum Discharge	m ³ /s	22.20	22.20
Standard Intake Water Level	m	1,140.00	1,135.00
Tail Water Level	m	296.50	296.50
Gross Head	m	843.50	838.50
Effective Head	m	813.00	808.00
Installed Capacity	MW	153	152
Firm Peak Power	MW	101.8	101.0
Annual Energy Production	10 ⁶ kWh	868.9	861.9
Annual Firm Energy Production	10 ⁶ kWh	551.0	546.6
Annual Benefit			
Peak Power Benefit	10 ³ US\$	26,683	26,469
Firm Energy Benefit	10 ³ US\$	18,936	18,784
Total Benefit (B)	10 ³ US\$	45,619	45,253
Investment Cost			
Civil Facilities Cost	10 ⁶ US\$	119.9	117.9
Electro-Mechanical Facilities Cost	10 ⁶ US\$	86.4	85.9
Total	10 ⁶ US\$	206.3	203.6
Annual Cost			
Civil Facilities Cost	10 ³ US\$	12,697	12,486
Electro-Mechanical Facilities Cost	10 ³ US\$	10,256	10,196
Total Cost (C)	10 ³ US\$	22,953	22,682
Annual Surplus Benefit (B - C)	10 ³ US\$	22,666	22,571
Benefit Cost Ratio (B/C)		1.987	1.995
Unit Annual Cost	US\$/kWh	0.042	0.041

(2) 最大使用水量および設備出力の検討

“8.2.2 貯水池規模の検討”では、下部計画は、ピーク継続時間を13時間とし、保証流量を、上部計画の保証流量 $11.8 \text{ m}^3/\text{s}$ に、残流域の保証流量 $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ を加えた $11.9 \text{ m}^3/\text{s}$ として、最大使用水量 $22.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 、設備出力 153 MW とした。

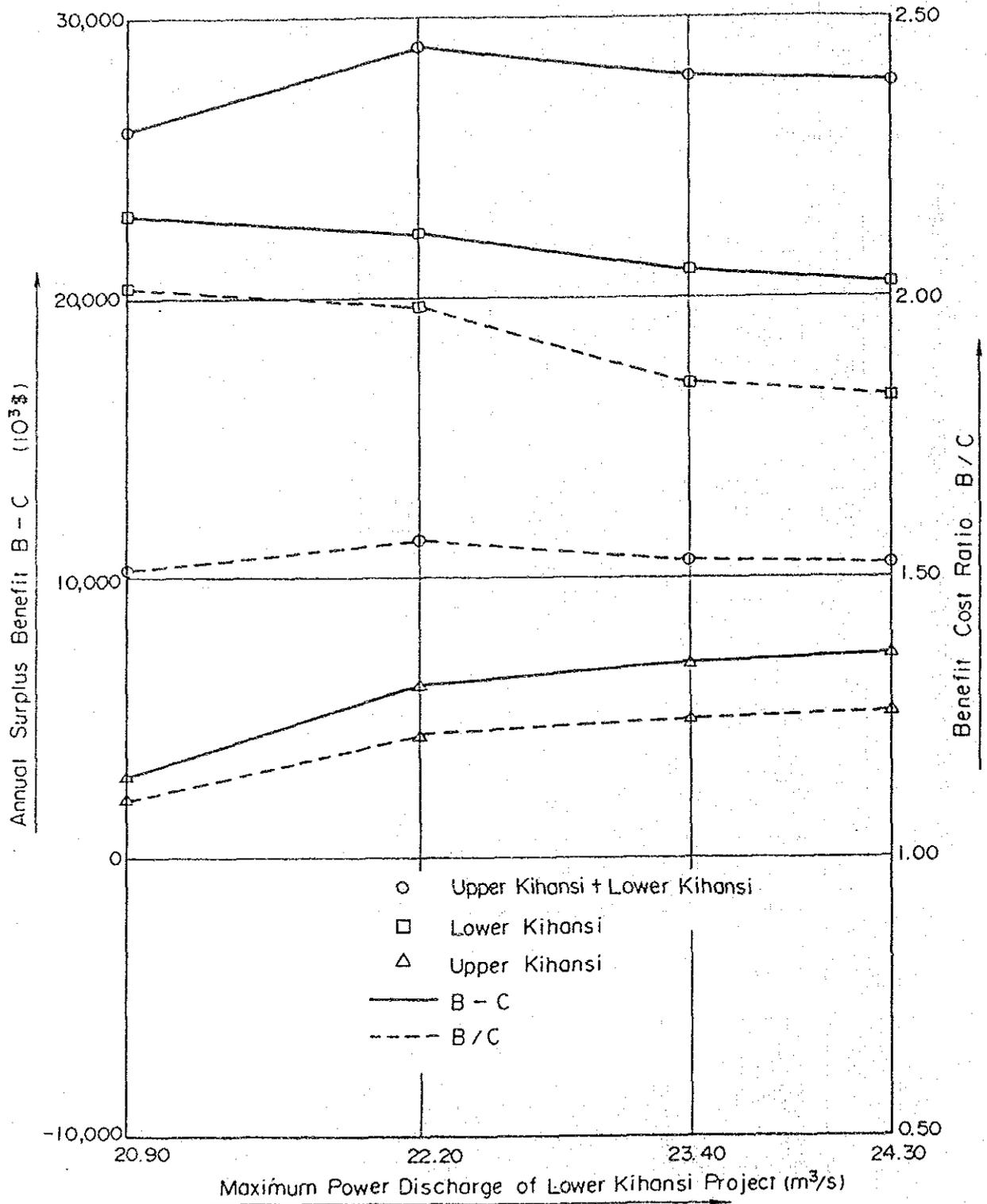
最大使用水量を $22.2 \text{ m}^3/\text{s}$ より以上に増加した場合、保証出力の増加は無いが、上部計画の最大使用水量が下部計画より大きく設定してあるため、若干の保証電力量の増加がある。下部計画の使用水量を $24.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $23.4 \text{ m}^3/\text{s}$ と大きくした場合と、 $20.9 \text{ m}^3/\text{s}$ と小さくした場合について、比較検討した結果をTable 8-17および Fig. 8-13 に示す。

検討の結果、最大使用水量 $22.2 \text{ m}^3/\text{s}$ より増加させた場合、増分コストが増分便益を上廻っており、また $22.2 \text{ m}^3/\text{s}$ より小さくした場合は、減分便益が減分コストを上廻っている。従って、最大使用水量を $22.2 \text{ m}^3/\text{s}$ とし、設備出力を 153 MW と決定した。

Table 8-17 Study on Optimum Discharge of Lower Kihansi Project

Item	Unit	Case 2'			Case 3'			Case 4			Case 5'		
		Upper Kihansi	Lower Kihansi	Total									
High Water Level	m	1,360.00	1,140.00		1,360.00	1,140.00		1,360.00	1,140.00		1,360.00	1,140.00	
Lower Water Level	m	1,330.00	1,137.00		1,330.00	1,137.00		1,330.00	1,137.00		1,330.00	1,137.00	
Available Drawdown	m	30.00	3.00		30.00	3.00		30.00	3.00		30.00	3.00	
Gross Storage Capacity	10 ⁶ m ³	94.90	1.39		94.90	1.39		94.90	1.39		94.90	1.39	
Effective Storage Capacity	10 ⁶ m ³	75.10	0.48		75.10	0.48		75.10	0.48		75.10	0.48	
Dam Type		Rockfill	Concrete		Rockfill	Concrete		Rockfill	Concrete		Rockfill	Concrete	
Dam Height x Length		95x583	95x177		95x583	95x177		95x583	95x177		95x583	95x177	
Dam Volume	10 ³ m ³	5,300	54		5,300	54		5,300	54		5,300	54	
Maximum Discharge	m ³ /s	25.70	24.30		25.70	24.30		25.70	24.30		25.70	24.30	
Standard Intake Water Level	m	1,360.00	1,140.00		1,360.00	1,140.00		1,360.00	1,140.00		1,360.00	1,140.00	
Fall Water Level	m	1,138.50	296.50		1,138.50	296.50		1,138.50	296.50		1,138.50	296.50	
Gross Head	m	221.50	843.50		221.50	843.50		221.50	843.50		221.50	843.50	
Effective Head	m	214.50	813.00		214.50	813.00		214.50	813.00		214.50	813.00	
Installed Capacity	MW	47	167		47	167		47	167		47	167	
Firm Peak Power	MW	86.1	101.8	187.9	86.1	101.8	187.9	86.1	101.8	187.9	86.1	101.8	187.9
Annual Energy Production	10 ⁶ kWh	275.4	886.6	1,162.0	275.4	880.1	1,155.5	275.4	868.9	1,144.0	275.4	854.8	1,129.7
Annual Firm Energy Production	10 ⁶ kWh	366.5	551.0	917.5	357.8	551.0	908.8	335.7	551.0	866.7	297.5	551.0	846.5
Annual Benefit	10 ³ US\$	22,568	26,683	49,251	22,568	26,683	49,251	22,568	26,683	49,251	22,568	26,683	49,251
Peak Power Benefit	10 ³ US\$	12,595	18,936	31,531	12,297	18,936	31,233	11,537	18,936	30,473	10,224	18,936	30,160
Firm Energy Benefit	10 ³ US\$	35,163	45,619	80,782	34,865	45,619	80,484	34,105	45,619	79,724	30,905	45,619	76,524
Total Benefit (B)													
Investment Cost	10 ³ US\$	239.5	126.8	366.3	239.5	125.0	364.5	239.5	119.9	359.4	239.5	118.3	357.8
Civil Facilities Cost	10 ³ US\$	21.5	97.9	119.4	21.5	96.3	117.8	21.5	86.4	107.9	21.5	85.3	105.8
Electro-Mechanical Facilities Cost	10 ³ US\$	261.0	224.7	485.7	261.0	221.3	482.3	261.0	206.3	467.3	261.0	203.6	464.6
Total													
Annual Cost	10 ³ US\$	25,363	13,428	38,791	25,363	13,238	38,600	25,363	12,697	38,060	25,363	12,528	37,891
Civil Facilities Cost	10 ³ US\$	2,552	11,521	14,173	2,552	11,431	12,808	2,552	10,256	12,808	2,552	10,125	12,677
Electro-Mechanical Facilities Cost													
Total Cost (C)													
Annual Surplus Benefit (B - C)	10 ³ US\$	7,248	20,570	27,818	6,950	20,950	27,900	6,190	22,666	28,856	2,990	22,966	25,956
Benefit Cost Ratio (B/C)	US\$/kWh	1,260	1,821	1,525	1,249	1,843	1,531	1,221	1,987	1,567	1,107	1,914	1,513
Unit Annual Cost		6,078	6,645	6,058	6,078	6,045	6,058	6,083	6,042	6,057	6,094	6,041	6,060

Fig. 8-13 Study on Optimum Discharge of Lower Kihansi Project



(3) 主機台数の検討

設備出力 153MWに対して主機台数の検討を行うと、1、2、3、4台の4案が考えられるが各々については次のことが挙げられる。

- 1台案の場合は建設費のスケールメリットが期待出来るが、単機容量が系統容量に比較してあまりにも大きく、脱落事故で系統にあたえる動揺が大きい。
- 2台案は、まだ単機容量が76.5MWで大きく脱落事故で系統に与える周波数の低下値が限度を超える。
- 3台案は運用上の自由度も充分であり、系統運用上も問題はない。
- 4台案は運用上の問題はないが建設費が割高となる。

従って、開発規模および経済性より最も妥当な、単機容量51MW 3台と決定した。

(4) 上部計画運開前の下部計画設備容量

下部計画は、導水路、水圧鉄管路、放水路が1条であるため、上部計画運開前の下部計画、単独運開時にダム水路については、全設備完成するが、水車・発電機は単独運開時には部分運開とする事も可能である。下部計画主機台数は3台と決定されているので、単独運開時で2台運開とすれば最大使用水量14.8m³/s、設備出力102MWとなる。下部計画単独運開時の保証出力は101.8MWであるので、2台運開でも保証出力の落ち込みは無い。保証電力量551×10⁶kWhに対する設備利用率は61.7%で、系統の年間負荷率64%よりも小さいので、保証電力量も全量系統内で消費する事が出来る。

従って、下部計画単独運開時には設備出力102MWの部分運開とする事が、不必要な先行投資を避けられ適当であるとも考えられる。下部計画単独運開時に、系統内には110MWの火力発電所が含まれており、水力発電所の発生電力量を保証電力量で考えた場合、1997年に223×10⁶kWh、1998年に375×10⁶kWhだけこれらの火力発電所で発電を行う事になる。この火力発電所での発電は、ベース負荷に対する連続運転とするのが望ましいので、運転出力は1997年で26MW、1998年で43MWとなる。また水力発電所の流入量が保証流量の17%増しとなった場合は、1997年、1998年とも火力発電所での発電の必要は無い。この様な状況で下部計画単独運開時の設備出力を部分運開の102MWとした場合についての検討結果を Table 8-18 に示す。

Table 8-18 Actual Reserved Margin in 1997 and 1998

Year	System Availability																		
	System Demand			Hydro Firm Base						Hydro 17% Incremental Base									
	GWh	MW	MW with 15% Reserve	Hydro		Thermal		Total		System Reserve		Hydro		Thermal		Total			
				GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	MW	%	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	MW	%
1997	2,449	437	502	2,226	475	223	26	2,449	501	64	14.6	2,601	475	0	0	2,601	475	38	8.7
1998	2,601	463	534	2,226	475	375	43	2,601	581	55	11.9	2,601	475	0	0	2,601	475	12	2.6

検討結果では、系統内の予備力を15%確保するためには、水力発電所の流入量を保証流量ベースで考えた場合に、1997年、1998年に各々 1MW、16MW、保証流量の17%増しと考えた場合に28MW、59MWの火力発電所の運転待期が必要となる。

もし下部発電計画を単独運転時に153MWの全設備出力運転としておけば、この様な火力発電所の運転待機は必要なくなり、また電源事故時の火力発電所によるバックアップの必要もなくなる事から、系統内の事故の確率も下がり、系統の信頼性向上に非常に有効である。従って、下部計画は単独運転時から 153MWの全設備出力運転とする事とした。

(5) 最適開発計画

これまでの検討で決定された最適開発計画の概要について Table 8-19 に示す。

1927年から1987年までの61年間の下部計画単独運転時の各月の発生電力量、保証電力量を Table 8-20、Table 8-21 および Fig. 8-12 に示す。各月の出力および出力デュレーションを Table 8-22、8-23 に示す。また上部計画運転後の下部計画の各月の発生電力量、保証電力量を Table 8-24、Table 8-25 および Fig. 8-13 に示す。

各月の出力および出力デュレーションを Table 8-26、8-27 に示す。最適開発計画の概算建設工事費内訳を Table 8-28 に示す。

Table 8-19 Outline of Optimum Development Plan
of Lower Kihansi Project

Reservoir

Catchment Area	590 km ²
High Water Level	1,140.00 m
Low Water Level	1,137.00 m
Available Drawdown	3.00 m
Gross Storage Capacity	1.39 × 10 ⁶ m ³
Effective Storage Capacity	0.48 × 10 ⁶ m ³
Annual Average Runoff	15.87 m ³ /s
Firm Discharge	9.40 m ³ /s

Dam

Type	Concrete Gravity
Height × Length	35 m × 177 m
Volume	54 × 10 ³ m ³

Power Station

Standard Intake Water Level	1,140.00 m
Tail Water Level	296.50 m
Gross Head	843.50 m
Effective Head	813.00 m
Maximum Discharge	22.20 m ³ /s
Installed Capacity	153 MW
Unit Type × Number of Unit	Vertical Pelton×3
Firm Peak Power	151.0 MW (101.8 MW)
Annual Total Energy Production	906.9 × 10 ⁶ kWh (868.9 × 10 ⁶ kWh)
Annual Firm Energy Production	710.9 × 10 ⁶ kWh (511.0 × 10 ⁶ kWh)

Note: Figures in () show the values of cases without the
Upper Kihansi Project.

Table 8-20 Total Energy Generation of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project

UNIT: 10⁶ kWh

MONTH YEAR	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	< TOTAL >
1927	83.60	66.80	64.00	77.50	61.30	53.60	50.60	47.00	43.10	42.20	38.80	56.20	664.70
1928	45.40	44.90	96.20	93.10	74.90	56.80	53.40	48.60	45.40	46.10	45.30	60.70	710.80
1929	47.20	38.50	64.80	110.00	60.30	51.40	47.80	63.80	39.70	38.50	35.60	39.00	616.60
1930	59.60	41.70	113.60	110.00	74.40	62.50	56.50	50.20	44.50	42.80	38.50	36.80	731.10
1931	51.10	66.80	113.60	110.00	113.60	81.90	73.00	63.60	54.50	50.50	44.50	50.50	873.60
1932	76.50	100.70	113.60	110.00	98.50	78.90	71.00	62.80	54.10	50.60	46.70	47.70	910.90
1933	87.80	87.40	113.60	110.00	86.00	70.00	63.50	56.90	49.80	47.00	42.20	40.70	854.90
1934	95.20	59.20	67.80	97.80	88.40	81.20	69.10	62.20	56.60	51.10	44.70	60.80	832.10
1935	73.20	70.40	113.60	70.50	86.50	57.40	53.70	48.90	44.00	47.00	45.30	113.60	804.10
1936	111.70	77.40	70.10	110.00	113.60	91.60	83.00	71.80	61.30	56.50	49.10	55.20	951.10
1937	68.00	50.70	113.60	110.00	110.30	75.20	68.10	60.40	54.40	52.20	46.40	44.30	853.60
1938	40.99	39.00	41.50	79.50	53.10	46.40	44.00	41.40	38.00	43.10	40.50	39.80	547.20
1939	67.40	40.30	64.90	110.00	95.30	69.40	62.70	55.60	49.30	46.60	42.30	42.50	746.10
1940	102.30	70.70	72.80	110.00	78.90	63.50	57.70	52.20	46.10	47.70	41.70	53.10	796.70
1941	53.60	91.90	100.30	73.90	99.20	62.30	57.00	51.00	44.90	43.60	57.10	56.80	791.60
1942	96.50	52.80	113.60	110.00	108.10	78.80	70.60	61.80	53.20	49.30	44.00	62.60	901.30
1943	45.30	53.50	69.20	76.40	113.60	58.00	52.90	47.40	42.40	40.90	36.90	35.90	672.40
1944	45.90	35.30	50.20	110.00	88.70	62.20	56.60	50.30	43.90	41.70	46.50	72.80	704.10
1945	65.40	61.10	74.60	110.00	113.60	70.80	64.40	56.70	49.00	45.60	40.60	53.80	825.60
1946	42.30	34.30	48.50	110.00	75.40	59.30	53.90	48.00	42.10	40.60	39.40	38.90	632.70
1947	83.20	66.60	101.30	110.00	99.20	74.40	65.50	57.60	49.70	46.60	41.10	113.60	908.80
1948	105.90	73.30	113.60	82.00	80.30	63.20	57.70	52.00	45.60	43.50	55.30	41.70	814.10
1949	51.70	95.60	62.20	100.10	66.90	55.10	50.70	45.70	40.70	39.30	35.50	34.60	678.10
1950	34.20	40.50	113.60	97.30	102.80	64.20	58.20	51.70	47.30	44.30	39.80	38.60	732.50
1951	40.40	51.80	55.50	110.00	72.30	53.50	50.70	45.10	40.20	38.60	78.80	54.40	691.30
1952	81.20	89.90	100.90	110.00	113.60	82.60	73.10	63.20	53.80	49.60	63.70	46.70	920.30
1953	42.60	34.40	60.40	64.40	83.30	51.60	47.80	43.30	38.80	37.80	34.30	47.40	586.10
1954	65.80	43.40	50.40	62.40	59.10	45.10	41.90	38.70	35.20	34.90	32.10	32.70	541.70
1955	37.50	78.30	76.00	110.00	113.60	83.20	72.40	62.80	53.30	48.80	46.50	42.90	825.30
1956	99.90	83.00	80.10	110.00	96.60	74.40	66.70	58.40	50.20	46.60	41.10	43.20	850.20
1957	98.40	86.00	86.10	110.00	113.60	75.30	68.90	64.60	58.00	56.10	51.60	60.10	928.50
1958	68.80	69.40	113.60	110.00	113.60	70.80	65.60	62.40	57.30	56.30	50.80	78.40	917.00
1959	71.20	70.60	107.90	106.80	77.90	61.20	60.20	57.70	52.60	52.80	50.50	60.50	829.90
1960	54.40	72.70	113.60	110.00	113.60	75.50	58.10	50.20	43.10	45.00	47.70	50.90	834.80
1961	60.80	68.50	79.70	98.10	107.60	49.10	53.40	57.40	44.40	44.90	55.80	82.20	801.90
1962	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	93.90	86.30	77.30	59.20	64.80	55.90	67.10	1057.90
1963	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	87.90	89.70	77.70	67.80	63.80	90.20	53.70	1084.20
1964	91.50	106.30	113.60	110.00	113.60	110.00	98.90	90.30	75.80	69.30	62.40	72.50	1114.20
1965	65.80	89.10	113.60	110.00	105.30	74.00	70.40	66.90	59.40	59.40	54.90	66.90	955.40
1966	83.90	79.70	113.60	110.00	113.60	82.30	70.50	68.50	61.00	60.90	38.80	43.40	906.20
1967	78.10	79.20	103.30	110.00	113.60	89.40	75.10	69.20	60.10	58.10	65.20	113.60	1014.90
1968	113.60	106.30	113.60	110.00	113.60	110.00	113.60	102.10	86.80	77.10	74.70	97.10	1218.50
1969	105.60	88.90	113.60	110.00	113.60	75.40	69.90	69.50	58.90	54.80	54.80	60.40	975.40
1970	104.40	102.60	113.60	110.00	85.40	67.00	66.10	61.30	55.00	51.00	45.00	88.60	950.20
1971	75.80	89.90	106.80	110.00	103.80	67.90	72.90	64.00	58.20	73.20	54.70	62.10	939.30
1972	87.40	79.20	113.60	110.00	113.60	92.40	81.70	69.20	70.60	65.50	61.40	113.60	1058.00
1973	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	92.70	84.00	73.30	67.10	64.70	61.50	73.90	1070.60
1974	99.10	102.60	89.90	110.00	113.60	101.30	85.10	70.20	67.20	63.60	58.80	47.50	1008.90
1975	77.20	56.30	70.90	110.00	113.60	86.90	72.30	65.50	61.50	54.60	47.50	56.90	873.20
1976	71.00	73.20	103.00	110.00	113.60	103.20	81.60	71.50	60.80	57.00	48.40	48.00	941.30
1977	67.10	47.40	71.50	110.00	110.80	73.90	65.50	58.70	50.70	48.70	52.80	76.50	833.60
1978	76.60	63.20	93.20	110.00	113.60	79.90	67.00	58.50	50.90	47.30	55.40	72.30	887.90
1979	101.60	87.70	113.60	110.00	113.60	110.00	113.60	89.50	73.30	64.70	62.40	79.10	1119.10
1980	83.50	78.70	79.90	102.30	113.60	73.70	67.10	60.40	52.50	50.00	46.90	57.40	866.00
1981	59.50	57.50	78.80	101.30	92.60	63.90	57.40	53.30	46.10	48.30	40.50	52.60	751.80
1982	45.50	49.30	61.80	96.70	113.60	68.80	61.40	53.90	47.80	52.50	55.00	80.30	786.60
1983	113.60	73.90	99.70	110.00	113.60	110.00	92.20	72.80	61.30	56.50	50.10	53.90	1007.60
1984	62.30	60.40	97.80	110.00	113.60	102.50	83.80	69.20	60.50	57.90	53.20	91.10	962.30
1985	113.60	83.00	113.60	110.00	113.60	106.80	91.50	74.90	64.40	58.70	66.40	103.30	1099.80
1986	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	110.00	113.60	94.80	73.20	65.80	76.20	113.60	1200.60
1987	113.60	98.80	113.60	110.00	113.60	89.70	78.60	68.10	57.10	56.50	55.40	71.90	1026.90
TOTAL	4739.60	4351.00	5642.00	6320.10	6071.40	4633.70	4210.20	3742.00	3271.70	3132.70	3079.00	3806.70	53000.10
AVERAGE	77.70	71.33	92.49	103.61	99.53	75.96	69.02	61.34	53.63	51.36	50.48	62.40	868.85
MAXIMUM	113.60	106.30	113.60	110.00	113.60	110.00	113.60	102.10	86.80	77.10	90.20	113.60	1218.50
MINIMUM	34.20	34.30	41.50	62.40	53.10	45.10	41.90	38.70	35.20	34.90	32.10	32.70	541.70

Table 8-21 Firm Energy Generation of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project

UNIT: 10⁶kWh

MONTH YEAR	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	<TOTAL>
1927	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.00	43.10	42.20	38.80	47.60	544.10
1928	45.30	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	45.30	46.10	45.30	47.60	556.50
1929	47.20	38.40	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	43.70	39.70	38.50	35.50	38.90	516.70
1930	47.60	41.70	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	44.40	42.70	38.50	36.80	534.10
1931	47.60	43.00	47.50	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	44.40	47.60	558.60
1932	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
1933	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.00	42.20	40.60	548.80
1934	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	44.70	47.60	558.90
1935	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	44.00	47.00	45.30	47.60	556.90
1936	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
1937	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	44.30	556.90
1938	40.90	38.90	41.40	46.00	47.60	46.00	44.00	41.30	38.00	43.00	40.40	39.70	507.20
1939	47.60	40.30	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	46.30	42.30	42.40	547.30
1940	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	41.70	47.60	557.40
1941	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	44.80	43.50	46.00	47.60	556.90
1942	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	44.00	47.60	558.20
1943	45.20	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.30	42.30	40.90	36.90	35.80	526.20
1944	45.80	35.30	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	43.90	41.70	46.00	47.60	542.70
1945	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	45.60	40.50	47.60	552.70
1946	42.30	34.30	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	42.00	40.60	39.30	38.90	519.80
1947	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	46.60	41.00	47.60	554.20
1948	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	45.50	43.40	46.00	41.70	551.10
1949	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	45.70	40.70	39.30	35.50	34.50	521.10
1950	34.20	40.40	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	44.30	39.80	38.50	525.60
1951	40.30	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	45.00	40.10	38.60	46.00	47.60	535.40
1952	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	46.70	560.80
1953	42.50	34.40	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	43.30	38.80	37.80	34.30	47.40	513.30
1954	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	45.10	41.90	38.70	35.20	34.90	32.10	32.70	492.40
1955	37.50	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	42.80	545.30
1956	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	46.60	41.00	43.20	551.30
1957	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1958	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1959	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1960	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	43.10	45.00	46.00	47.60	556.20
1961	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	44.30	44.80	46.00	47.60	555.70
1962	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1963	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1964	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
1965	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1966	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	40.90	38.80	43.40	542.10
1967	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1968	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
1969	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1970	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	44.90	47.60	559.10
1971	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1972	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
1973	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1974	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.10
1975	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1976	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
1977	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1978	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.30	46.00	47.60	559.90
1979	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1980	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
1981	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	40.50	47.60	554.70
1982	45.50	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	558.10
1983	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1984	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
1985	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1986	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
1987	47.60	43.00	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	560.20
TOTAL	2846.70	2603.70	2897.40	2806.00	2903.60	2805.10	2894.30	2874.80	2739.20	2788.20	2669.70	2782.60	33611.30
AVERAGE	46.67	42.68	47.50	46.00	47.60	45.99	47.45	47.13	44.90	45.71	43.77	45.62	551.00
MAXIMUM	47.60	44.50	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	47.60	46.00	47.60	46.00	47.60	561.70
MINIMUM	34.20	34.30	41.40	46.00	47.60	45.10	41.90	38.70	35.20	34.90	32.10	32.70	492.40

Table 8-22 Monthly Peak Power of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project

UNIT: MW

MONTH YEAR	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	< TOTAL >
1927	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	116.57	110.43	104.73	99.49	118.00	1375.21
1928	112.52	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	116.26	114.28	116.07	118.00	1403.13
1929	117.10	105.62	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	108.54	101.81	95.53	91.08	96.63	1306.30
1930	118.00	114.45	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	113.96	106.08	98.63	91.20	1350.30
1931	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	113.93	118.00	1411.93
1932	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1933	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	116.00	108.22	109.78	1387.61
1934	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	114.57	118.00	1412.57
1935	118.00	118.00	118.00	118.00	116.00	118.00	118.00	118.00	112.79	116.58	116.13	118.00	1407.50
1936	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1937	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	109.93	1407.93
1938	101.42	106.94	102.79	118.00	118.00	118.00	109.11	102.59	97.46	106.75	103.64	98.56	1283.26
1939	118.00	110.59	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	114.95	108.35	105.26	1383.15
1940	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	106.94	118.00	1404.94
1941	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	114.94	108.06	118.00	1402.99
1942	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	112.72	118.00	1410.72
1943	112.27	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	117.43	108.56	101.49	94.58	88.91	1331.25
1944	113.68	93.54	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	112.45	103.44	118.00	118.00	1367.11
1945	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	113.04	103.90	118.00	1396.94
1946	104.95	94.24	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	107.77	100.63	100.90	96.49	1312.67
1947	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	115.63	105.23	118.00	1400.86
1948	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	116.72	107.77	118.00	103.39	1389.88
1949	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	113.34	104.28	97.52	90.93	85.65	1317.73
1950	84.84	111.11	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	109.61	101.94	95.62	1329.32
1951	100.09	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	111.73	102.95	95.70	118.00	118.00	1354.47
1952	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	115.78	1413.78
1953	105.49	94.51	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	107.34	99.40	93.71	87.89	117.60	1295.94
1954	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	115.59	103.85	95.92	90.27	86.56	82.30	81.04	1245.54
1955	93.06	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	106.26	1379.31
1956	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	115.56	105.19	107.20	1389.95
1957	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1958	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1959	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1960	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	110.53	111.57	118.00	1402.10
1961	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	113.67	111.24	118.00	118.00	1404.91
1962	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1963	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1964	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1965	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1966	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	101.51	99.44	107.71	1370.68
1967	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1968	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1969	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1970	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	115.25	118.00	1413.25
1971	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1972	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1973	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1974	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	117.83	1415.83
1975	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1976	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1977	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1978	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	117.31	118.00	118.00	1415.31
1979	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1980	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1981	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	103.73	118.00	1401.73
1982	112.86	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1983	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1984	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1985	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1986	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
1987	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
TOTAL	7058.27	7084.98	7182.79	7198.00	7198.00	7195.59	7174.96	7127.48	7026.25	6914.06	6846.98	6999.82	84907.18
AVERAGE	115.71	116.15	117.75	118.00	118.00	117.96	117.62	116.84	115.18	113.35	112.25	113.11	1391.92
MAXIMUM	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00	1416.00
MINIMUM	84.84	93.54	102.79	118.00	118.00	115.59	103.85	95.92	90.27	86.56	82.30	81.04	1245.54

Table 8-24 Total Energy Production of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project

UNIT: 10⁶ kWh

MONTH YEAR	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	< TOTAL >
1927	113.60	102.60	61.20	59.40	61.10	59.10	61.00	61.00	58.10	42.20	38.80	56.20	774.30
1928	45.40	44.90	68.80	59.50	61.30	59.10	61.00	61.00	59.00	60.90	59.00	61.10	701.00
1929	57.10	38.50	61.20	60.00	61.10	59.10	61.00	60.90	58.90	58.20	35.60	39.00	650.60
1930	59.60	41.70	98.80	64.30	61.30	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	58.90	60.80	746.60
1931	61.00	58.20	113.60	110.00	88.00	74.80	78.70	68.20	61.60	61.00	59.00	61.00	895.10
1932	106.60	106.30	113.60	110.00	83.80	71.80	76.70	67.40	61.20	61.00	59.00	61.00	978.40
1933	113.60	102.60	113.60	60.00	61.40	59.30	61.10	61.40	59.00	61.00	58.90	60.90	872.80
1934	107.90	95.90	64.00	59.60	61.40	59.40	61.20	61.10	59.10	61.00	59.00	63.20	812.80
1935	105.10	102.60	112.20	59.30	61.20	59.10	61.00	61.00	59.00	55.00	65.30	61.90	842.70
1936	113.60	106.30	66.30	110.00	113.60	91.40	88.80	76.40	68.40	66.90	59.00	68.70	1029.40
1937	99.90	87.30	113.60	59.90	72.70	68.10	73.90	65.00	61.50	62.60	59.00	60.90	884.40
1938	67.10	75.60	60.90	59.40	61.00	59.00	47.70	41.40	38.00	43.10	40.50	39.80	633.50
1939	61.20	46.50	61.20	110.00	61.50	60.60	68.50	61.10	59.00	60.90	58.90	60.90	770.30
1940	113.60	106.30	69.00	70.70	61.30	59.20	61.10	61.00	59.00	61.00	58.90	61.00	862.10
1941	61.00	102.60	96.90	59.30	61.60	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	59.10	61.10	802.80
1942	67.20	89.40	113.60	98.30	72.70	71.70	76.30	66.40	60.30	61.00	59.00	69.80	905.70
1943	77.20	90.10	65.40	59.40	61.80	59.10	61.00	61.00	58.90	60.90	59.00	55.40	769.10
1944	45.90	35.30	50.20	60.30	61.40	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	59.00	61.30	674.60
1945	101.40	97.70	70.80	60.00	84.60	63.70	70.20	61.30	59.00	60.90	58.90	61.00	849.50
1946	64.20	71.00	61.00	87.80	61.30	59.10	61.00	61.00	58.90	60.90	58.90	60.90	766.00
1947	61.40	81.10	97.50	59.80	61.60	59.30	61.20	61.10	59.00	60.90	58.90	112.90	834.70
1948	113.60	106.30	113.60	59.40	61.30	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	59.10	60.90	875.40
1949	58.50	72.00	61.10	59.60	61.20	59.10	61.00	60.90	58.90	60.90	37.10	34.60	684.90
1950	34.20	40.50	90.10	59.60	61.60	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	58.90	60.90	707.00
1951	60.90	55.20	61.00	59.80	61.30	59.10	61.00	60.90	58.90	49.60	59.60	61.00	708.10
1952	61.40	98.90	97.10	71.90	113.60	82.60	78.90	67.80	60.90	61.00	72.50	60.90	927.50
1953	73.90	71.10	61.10	59.20	61.40	59.10	61.00	60.90	50.60	37.80	34.30	47.40	677.80
1954	61.20	48.00	50.40	59.20	61.10	46.30	41.90	38.70	35.20	34.90	32.10	32.70	541.70
1955	37.50	55.50	71.60	110.00	80.20	78.10	78.20	67.50	60.40	61.00	59.00	60.90	817.70
1956	113.60	106.30	76.30	110.00	61.50	66.90	72.50	63.00	59.00	60.90	58.90	60.90	909.80
1957	112.40	102.60	85.20	106.10	111.40	68.20	74.60	69.20	65.10	66.50	61.20	73.80	996.30
1958	100.70	102.60	113.60	110.00	86.90	63.70	71.40	67.00	64.40	66.70	60.50	92.10	999.60
1959	103.00	102.60	104.10	59.70	61.30	59.20	61.10	61.10	59.10	61.00	59.00	61.10	852.30
1960	61.00	106.30	113.60	110.00	113.60	68.40	63.90	61.00	59.00	60.90	59.00	61.00	937.70
1961	74.30	102.60	75.90	59.60	61.70	59.00	61.00	61.10	59.00	60.90	59.10	61.40	795.60
1962	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	93.90	92.10	81.90	66.30	75.20	65.60	80.80	1109.20
1963	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	87.90	95.50	82.30	74.90	74.20	100.00	67.40	1135.60
1964	113.60	106.30	113.60	110.00	113.60	110.00	104.70	94.90	82.90	79.70	72.10	86.20	1187.60
1965	113.60	102.60	113.60	110.00	77.20	66.90	76.20	71.50	66.50	69.50	64.70	80.60	1012.90
1966	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	75.20	76.30	73.20	68.10	60.90	58.90	60.90	1026.90
1967	86.30	102.60	99.50	63.60	107.30	82.30	80.90	73.80	67.20	68.50	75.00	113.60	1020.60
1968	113.60	106.30	113.60	110.00	113.60	110.00	113.60	106.70	93.90	87.50	84.50	110.80	1264.10
1969	113.60	102.60	113.60	89.50	88.40	68.30	75.70	74.10	66.00	65.20	64.50	74.10	995.60
1970	113.60	102.60	113.60	110.00	61.40	59.20	68.50	66.00	62.10	61.40	59.00	98.10	975.50
1971	107.70	102.60	109.70	110.00	68.30	60.80	78.70	68.70	65.30	83.60	64.50	75.80	955.70
1972	113.60	106.30	113.60	110.00	113.60	92.40	87.50	73.90	77.70	75.90	71.20	113.60	1149.30
1973	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	92.70	89.80	78.00	74.20	75.10	71.20	87.60	1122.00
1974	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	101.30	90.90	74.90	74.30	74.00	68.50	61.20	1098.50
1975	109.10	93.00	67.10	63.80	95.30	79.80	78.10	70.10	68.60	65.00	59.00	68.80	917.70
1976	102.90	106.30	99.20	68.70	96.70	94.10	87.40	76.10	67.90	67.40	59.00	61.00	988.70
1977	98.90	84.10	67.70	59.90	66.10	66.80	71.30	63.30	59.00	61.00	59.40	90.20	847.70
1978	108.50	99.80	89.40	63.60	85.20	72.80	72.60	63.10	59.00	61.00	60.80	86.00	922.00
1979	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	110.00	113.60	94.10	80.40	75.10	72.20	92.80	1191.60
1980	113.60	106.30	76.10	59.70	61.80	59.30	69.10	65.00	59.60	61.00	59.00	68.10	858.60
1981	91.40	94.10	75.00	59.60	61.50	59.20	61.10	61.00	59.00	61.00	58.90	61.00	802.80
1982	60.90	55.10	61.10	59.60	61.90	59.30	61.10	61.00	59.00	61.00	59.10	86.70	745.80
1983	113.60	102.60	109.30	85.80	113.60	107.50	97.90	77.40	68.40	66.90	59.90	67.60	1079.50
1984	94.20	97.00	94.00	69.40	111.70	95.40	89.60	73.80	67.60	68.30	62.90	104.80	1028.70
1985	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	99.70	97.20	79.50	71.50	69.10	76.20	113.60	1160.20
1986	113.60	102.60	113.60	110.00	113.60	110.00	113.60	99.50	80.30	76.20	85.90	113.60	1232.50
1987	113.60	102.60	113.60	59.80	83.40	82.60	84.40	72.70	64.20	66.90	65.20	85.60	994.60
TOTAL	5560.90	5446.60	5560.00	4974.10	4983.20	4416.00	4511.00	4138.30	3847.30	3856.60	3689.80	4338.90	55322.70
AVERAGE	91.16	89.29	91.15	81.54	81.69	72.39	73.95	67.84	63.07	63.22	60.49	71.13	906.93
MAXIMUM	113.60	106.30	113.60	110.00	113.60	110.00	113.60	106.70	93.90	87.50	100.00	113.60	1264.10
MINIMUM	34.20	35.30	50.20	59.20	61.00	46.30	41.90	38.70	35.20	34.90	32.10	32.70	541.70

Table 8-25 Firm Energy Production of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project

UNIT: 10⁶ kWh

MONTH YEAR	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	< TOTAL >
1927	61.50	55.60	61.20	59.40	61.10	59.10	61.00	61.00	58.10	42.20	38.80	56.20	675.20
1928	45.40	44.90	61.50	59.50	61.30	59.10	61.00	61.00	59.00	60.90	59.00	61.10	693.70
1929	57.10	38.50	61.20	59.60	61.10	59.10	61.00	60.90	58.90	58.20	35.60	39.00	650.20
1930	59.60	41.70	61.50	59.60	61.30	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	58.90	60.80	704.60
1931	61.00	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.00	59.00	61.00	722.40
1932	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.00	59.00	61.00	724.90
1933	61.50	55.60	61.50	59.60	61.40	59.30	61.10	61.40	59.00	61.00	58.90	60.90	721.20
1934	61.50	55.60	61.50	59.60	61.40	59.40	61.20	61.10	59.10	61.00	59.00	61.50	721.90
1935	61.50	55.60	61.50	59.30	61.20	59.10	61.00	61.00	59.00	55.00	45.30	61.50	701.00
1936	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.00	61.50	725.90
1937	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.00	60.90	723.30
1938	61.50	55.60	60.90	59.40	61.00	59.00	47.70	41.40	38.00	63.10	40.50	39.80	607.90
1939	61.20	46.50	61.20	59.60	61.50	59.60	61.50	61.10	59.00	60.90	58.90	60.90	711.90
1940	61.50	57.60	61.50	59.60	61.30	59.20	61.10	61.00	59.00	61.00	58.90	61.00	722.70
1941	61.00	55.60	61.50	59.30	61.50	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	59.10	61.10	720.30
1942	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.00	59.00	61.50	723.40
1943	61.50	55.60	61.50	59.40	61.50	59.10	61.00	61.00	58.90	60.90	58.90	55.60	714.70
1944	45.90	35.30	50.20	59.60	61.40	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	59.00	61.30	673.90
1945	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.30	59.00	60.90	58.90	61.00	721.90
1946	61.50	55.60	61.50	59.60	61.30	59.10	61.00	61.00	58.90	60.90	58.90	60.90	719.70
1947	61.40	55.60	61.50	59.60	61.50	59.30	61.20	61.10	59.00	60.90	58.90	61.50	721.50
1948	61.50	57.60	61.50	59.40	61.30	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	59.10	60.90	722.50
1949	58.50	55.60	61.10	59.60	61.20	59.10	61.00	60.90	58.90	60.90	37.10	34.60	668.50
1950	34.20	40.50	61.50	59.60	61.50	59.20	61.10	61.00	59.00	60.90	58.90	60.90	678.30
1951	60.90	55.20	61.00	59.60	61.30	59.10	61.00	60.90	58.90	49.60	59.40	61.00	707.90
1952	61.40	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.00	59.60	60.90	725.30
1953	61.50	55.60	61.10	59.20	61.40	59.10	61.00	60.90	50.60	37.80	34.30	47.40	649.90
1954	61.20	48.00	50.40	59.20	61.10	46.30	41.90	38.70	35.20	34.90	32.10	32.70	541.70
1955	37.50	55.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.00	59.00	60.90	698.70
1956	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.00	60.90	58.90	60.90	724.00
1957	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1958	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1959	61.50	55.60	61.50	59.60	61.30	59.20	61.10	61.10	59.10	61.00	59.00	61.10	721.10
1960	61.00	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.00	59.00	60.90	59.00	61.00	723.20
1961	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.00	61.00	61.10	59.00	60.90	59.10	61.40	721.20
1962	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1963	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1964	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	726.50
1965	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1966	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	60.90	58.90	60.90	722.60
1967	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1968	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	726.50
1969	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1970	61.50	55.60	61.50	59.60	61.40	59.20	61.50	61.50	59.60	61.40	59.00	61.50	723.30
1971	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1972	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	726.50
1973	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1974	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.20	724.20
1975	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.00	61.50	723.90
1976	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.00	61.00	725.40
1977	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.00	61.00	59.40	61.50	723.20
1978	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.00	61.00	59.60	61.50	723.40
1979	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1980	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.30	61.50	61.50	59.60	61.00	59.00	61.50	725.10
1981	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.20	61.10	61.00	59.00	61.00	58.90	61.00	720.90
1982	60.90	55.10	61.10	59.60	61.50	59.30	61.10	61.00	59.00	61.00	59.10	61.50	720.20
1983	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1984	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	726.50
1985	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1986	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
1987	61.50	55.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	724.50
TOTAL	3655.70	3322.80	3725.40	3633.30	3747.30	3611.60	3708.50	3696.90	3563.20	3625.10	3462.30	3613.60	43365.70
AVERAGE	59.93	54.47	61.07	59.56	61.43	59.21	60.80	60.60	58.41	59.43	56.76	59.24	710.91
MAXIMUM	61.50	57.60	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	61.50	59.60	61.50	59.60	61.50	726.50
MINIMUM	34.20	35.30	50.20	59.20	61.00	46.30	41.90	38.70	35.20	34.90	32.10	32.70	541.70

Table 8-26 Monthly Peak Power of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project

UNIT: MW

MONTH	< JAN >	< FEB >	< MAR >	< APR >	< MAY >	< JUN >	< JUL >	< AUG >	< SEP >	< OCT >	< NOV >	< DEC >	< TOTAL >
1927	152.72	152.72	151.74	152.22	151.66	151.69	151.35	151.24	149.07	104.83	99.59	139.47	1708.08
1928	112.63	119.04	152.72	152.69	152.06	151.59	151.43	151.29	151.24	151.22	151.24	151.65	1748.78
1929	141.68	105.73	151.77	152.72	151.63	151.42	151.26	151.15	151.07	144.31	91.17	96.72	1640.62
1930	147.87	114.56	152.72	152.72	152.05	151.76	151.52	151.34	151.21	151.12	151.03	150.94	1778.83
1931	151.36	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.34	151.21	151.34	1826.99
1932	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.34	151.28	151.26	1828.33
1933	152.72	152.72	152.72	152.72	152.39	151.99	151.73	152.39	151.37	151.24	151.14	151.06	1824.17
1934	152.72	152.72	152.72	152.72	152.46	152.33	151.89	151.69	151.52	151.36	151.22	152.72	1826.05
1935	152.72	152.72	152.72	152.00	151.82	151.60	151.44	151.30	151.20	136.41	116.24	152.72	1772.88
1936	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.35	152.72	1831.22
1937	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.16	1829.59
1938	152.72	152.72	151.08	152.26	151.42	151.27	118.45	102.69	97.56	106.85	103.74	98.65	1539.42
1939	151.84	127.68	151.77	152.72	152.66	152.72	152.72	151.50	151.36	151.22	151.15	151.11	1798.43
1940	152.72	152.72	152.72	152.72	152.18	151.79	151.56	151.40	151.26	151.26	151.13	151.42	1822.86
1941	151.44	152.72	152.72	152.11	152.72	151.75	151.54	151.36	151.22	151.14	151.60	151.53	1821.83
1942	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.31	151.20	152.72	1829.66
1943	152.72	152.72	152.72	152.18	152.72	151.62	151.42	151.25	151.15	151.06	150.98	137.41	1807.94
1944	113.79	93.63	124.66	152.72	152.47	151.75	151.52	151.34	151.19	151.09	151.27	152.00	1697.43
1945	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.13	151.35	151.20	151.09	151.44	1826.22
1946	152.72	152.72	151.29	152.72	152.08	151.66	151.44	151.27	151.14	151.05	151.06	151.00	1820.14
1947	152.31	152.72	152.72	152.72	152.72	152.12	151.79	151.55	151.37	151.23	151.11	152.72	1825.06
1948	152.72	152.72	152.72	152.35	152.22	151.78	151.56	151.39	151.24	151.14	151.54	151.09	1822.46
1949	145.23	152.72	151.69	152.72	151.83	151.54	151.35	151.20	151.10	151.02	95.05	85.73	1691.17
1950	84.92	111.21	152.72	152.72	152.72	151.81	151.57	151.38	151.30	151.16	151.07	150.99	1713.57
1951	151.05	151.55	151.35	152.72	151.99	151.49	151.35	151.19	151.08	123.11	152.26	151.46	1790.57
1952	152.25	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.32	152.72	151.23	1829.24
1953	152.72	152.72	151.64	151.82	152.31	151.43	151.27	151.13	129.81	93.60	87.97	117.71	1644.32
1954	151.80	131.95	125.14	151.76	151.60	118.77	103.95	96.02	90.35	86.65	82.38	81.12	1371.47
1955	93.15	152.41	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.29	151.27	151.12	1768.25
1956	152.72	152.72	152.72	152.72	152.70	152.72	152.72	152.72	151.38	151.23	151.11	151.13	1826.57
1957	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1958	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1959	152.72	152.72	152.72	152.72	152.15	151.72	151.63	151.56	151.46	151.41	151.40	151.64	1823.82
1960	151.46	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.34	151.17	151.18	151.31	151.36	1824.11
1961	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.35	151.43	151.55	151.21	151.18	151.56	152.28	1824.13
1962	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1963	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1964	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1965	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1966	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.06	151.04	151.14	1827.68
1967	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1968	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1969	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1970	152.72	152.72	152.72	152.72	152.38	151.90	152.72	152.72	152.72	152.72	152.47	151.23	1829.70
1971	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1972	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1973	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1974	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.95	1831.82
1975	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.30	152.72	1831.17
1976	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.33	151.27	1829.76
1977	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.40	151.29	152.30	152.72	1829.43
1978	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	151.41	151.25	152.72	152.72	1829.82
1979	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1980	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.10	152.72	152.72	152.72	151.33	151.28	152.72	1829.15
1981	152.72	152.72	152.72	152.72	152.58	151.80	151.55	151.43	151.26	151.28	151.09	151.41	1823.26
1982	151.20	151.47	151.68	152.72	152.72	151.95	151.67	151.44	151.31	151.40	151.53	152.72	1821.80
1983	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1984	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1985	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1986	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
1987	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
TOTAL	9076.18	9047.71	9249.58	9310.62	9303.28	9258.84	9206.14	9176.84	9133.94	8997.64	8876.11	8969.54	109604.42
AVERAGE	148.79	148.32	151.63	152.63	152.51	151.75	150.92	150.44	149.74	147.50	145.51	147.04	1796.79
MAXIMUM	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	152.72	1832.59
MINIMUM	84.92	93.63	124.66	151.76	151.42	118.77	103.95	96.02	90.35	86.65	82.38	81.12	1371.47

Fig. 8-14 Energy Generation of Lower Kihansi Project without Upper Kihansi Project

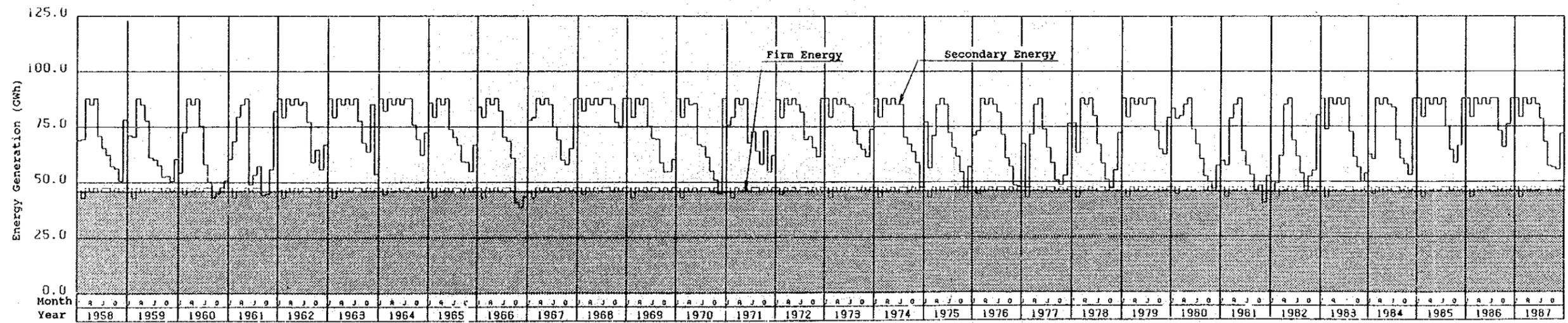
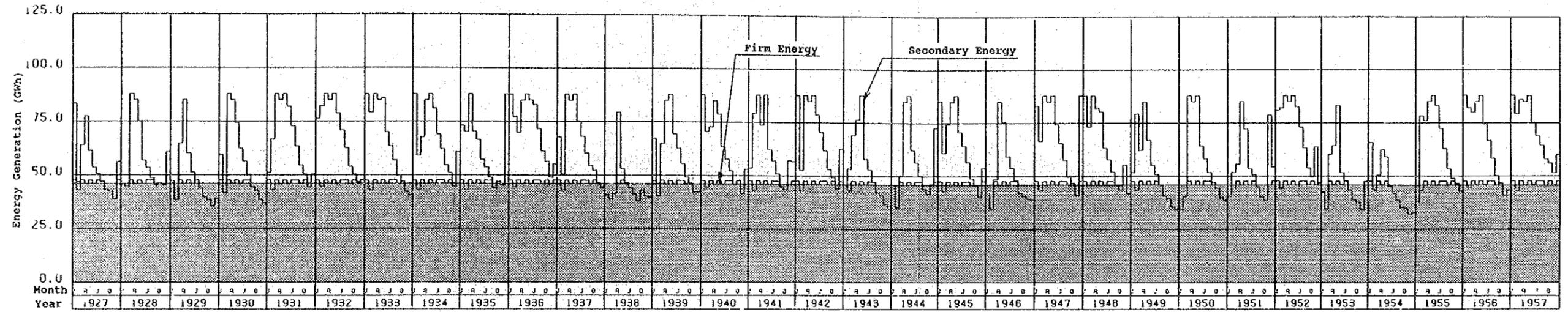


Fig. 8-15 Energy Generation of Lower Kihansi Project with Upper Kihansi Project

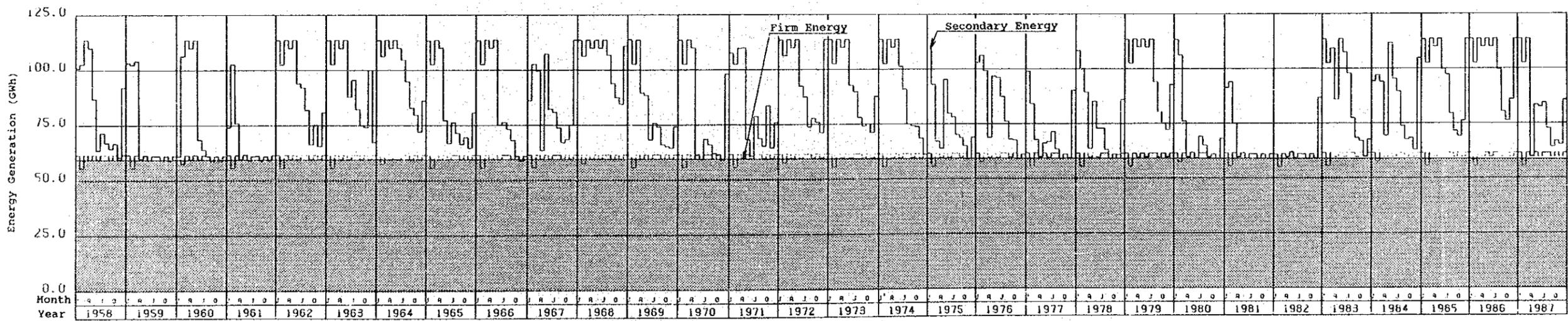
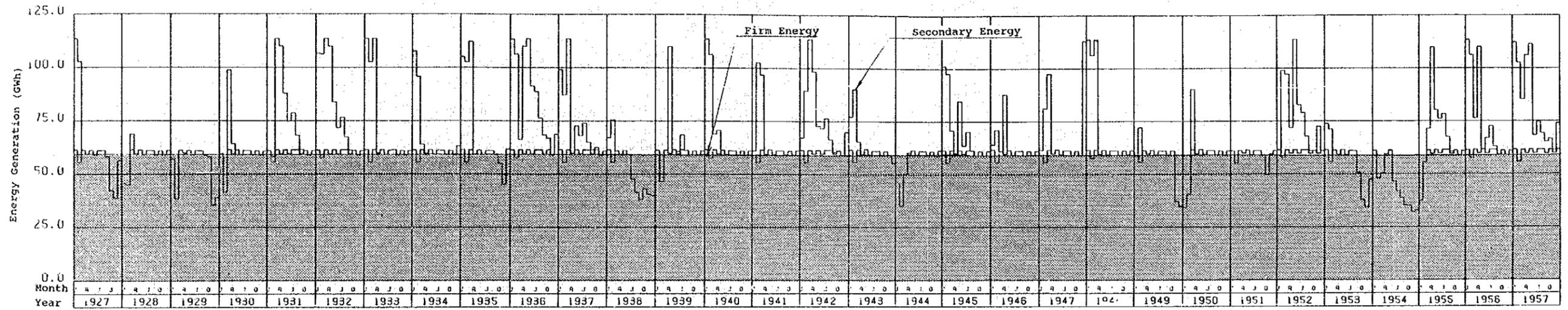


Table 8-28 Preliminary Estimation of Construction Cost of Lower Kihansi Project

Unit ; 10³\$

	Lower Kihansi		
	F.C.	L.C.	Total
1. Preparatory Work			
1-1 Access Road	0	19,100	19,100
1-2 Camp Facility & Others	7,700	5,600	13,300
Sub total	7,700	24,700	32,400
2. Compensation	0	2	2
3. Civil Works			
3-1 Diversion & Cofferdam	160	40	200
3-2 Dam & Spillway	7,631	2,169	9,800
3-3 Intake	1,087	313	1,400
3-4 Headrace Tunnel	2,253	747	3,000
3-5 Penstock Tunnel	7,364	2,836	10,200
3-6 Powerhouse & Switchyard	9,880	2,720	12,600
3-7 Tailrace Tunnel	1,203	397	1,600
3-8 Tailrace Outlet	390	110	500
Sub Total	29,968	9,332	39,300
4. Hydraulic Equipment	5,760	1,440	7,200
5. Electro-mechanical Equipment	27,700	8,700	36,400
6. Transmission Line	11,000	7,900	18,900
7. Total Cost (1+2+3+4+5+6)	82,128	52,074	134,202
8. Engineering & Administration 7 x 7.5%	8,042	2,011	10,053
9. Physical Contingency (1+2+3)x15% + (4+5+6)x10%	10,096	6,909	17,005
10. Interest during Construction	24,680	20,360	45,040
11. Grand Total (7+8+9+10)	124,946	81,354	206,300

第9章 送電線計画および系統解析

第9章 送電線計画および系統解析

	頁
9.1 電力系統拡張計画	9-1
9.2 送電線計画	9-1
9.2.1 概要	9-1
9.2.2 受電変電所引込み方法	9-1
9.2.3 送電線ルート	9-3
9.2.4 送電電圧と回線数	9-5
9.2.5 工事用送電線	9-7
9.3 系統解析	9-7
9.3.1 解析の条件および主な解析結果	9-7
9.3.2 潮流計算	9-10
9.3.3 短絡容量	9-11
9.3.4 安定度	9-11

List of Tables

Table 9-1	Transmission System Development Plan
Table 9-2	Economic comparison of Transmission Plans
Table 9-3	Load Forecast by Load Centers
Table 9-4	Short Circuit Capacity

List of figures

Fig. 9-1	Power Transmission Line Route
Fig. 9-2	Diagram of Power Transmission Lines
Fig. 9-3	1999 Impedance Map
Fig. 9-4	1997 Peak Power Flow (Loop Operation Case)
Fig. 9-5	1997 Peak Power Flow (Separate Operation Case)
Fig. 9-6	1997 Night Power Flow
Fig. 9-7	1999 Peak Power Flow (Double Circuit Case)
Fig. 9-8	1999 Peak Power Flow (Single Circuit Case)
Fig. 9-9	1997 Peak, Kihansi 3LG-0 (Loop Operation Case)
Fig. 9-10	1997 Peak, Kihansi 3LG-0 (Separate Operation Case)
Fig. 9-11	1999 Peak, Kihansi 3LG-0 (Double Circuit Case)
Fig. 9-12	1999 Peak, Kidatu 3LG-0 (Single Circuit Case)
Fig. 9-13	1999 Iringa Bus Voltage at the Fig. 9-11 Case

9.1 電力系統拡張計画

Table 9-1 に ACRES報告書による電力系統拡張計画を示す。キダツからウブンゴ間の220kV送電線増設はこの区間の潮流の増加とダルエスサラームへの電力供給の信頼度を向上するためである。また、シンギダからアルーシャ間の220kV送電線新設は東部系統の電圧低下、潮流増加への対策と電力供給の信頼度を向上するためである。これらの拡張により連系系統はキハンシ発電所の電力を需要地帯に安定に送電するために必要な信頼度を持つと想定される。

9.2 送電線計画

9.2.1 概要

キハンシ地点はダルエスサラームの西方約480kmに位置し、その発生電力は下部発電所の153MWと上部発電所の47MWを合わせ合計200MWである。これらの電力を計画地点の近傍で消費することは期待出来ず、発生電力の殆どはダルエスサラームおよび東部の132kV系統で消費されることになる。ここでは本計画地点とイリング変電所を結ぶ送電線のみを検討の対象とし、イリング変電所より需要地までは連系系統により送電されるものとした。

送電計画概要は次のとおりである。

- i) 受電変電所：イリング変電所
- ii) 送電電圧：220kV
- iii) 電線サイズ：380mm² ACSR (Bison) 単導体
- iv) 送電線回線数：2回線（上部発電所、1回線π分岐）
- v) 送電線の巨長：下部発電所から上部発電所まで 8km
上部発電所からイリング変電所まで 105km

9.2.2 受電変電所引込み方法

最寄りの変電所は計画地点から約100kmのイリングにあるイリング変電所である。イリング変電所は連系系統の主要な変電所であり、キダツ発電所、ムテラ発電所、タンザニア西部への送電線の3回線の220kV送電線が引き込まれている。

Table 9-1 Transmission System Development Plan

<u>Year</u>	<u>System Additions</u>
1992	Kidatu-Morogoro-Dar es Salaam (new substation) - 300 km, 220 kV, conductor Tern Dar es Salaam (new substation)-Ubungo - 10 km, 220 kV, conductor Bluejay (Transformer addition) D.E.S.(new substation) 220/132/33 kV, 90/90/40 MVA
1993	Pangani Falls-Hale - 16 km, 132 kV, conductor Wolf
1995	Singida-Arusha - 300Km, 220kV, conductor Bison
1997	Lower Kihansi-Iringa * -113 km, 220 kV, conductor Bison
1999	Upper Kihansi connection * - 0.4 km, 220kV, conductor Bison
2002	Masigira-Mufindi - 145 km, 220 kV, conductor Bison
2005	Hale-Tanga - 60km, 132kV, conductor Wolf Rumakali-Mbeya - 85 km, 220 kV, conductor Bison Mufindi-Iringa-Kidatu - 290 km, 220 kV, conductor Bison Kidatu-Morogoro-D.E.S.(new substation) - 300 km, 220kV, conductor Bluejay

Note: * Based on JICA plan

Source: 1) Power Sector Development Plan 1985 to 2010,
TANESCO/ACRES, 1985

2) Review of 1985 Power Sector Development Plan,
TANESCO/ACRES, 1989

キハンシ発電所の電力もイリング変電所に送電すれば連系系統により安定に需要地に供給することが可能である。

イリング変電所は敷地的にもキハンシ発電所からの2回線を引き込むスペースがある。ただし、既設の機器配置ではキハンシ発電所からの送電線とタンザニア西部への220kV送電線がイリング変電所前で交差する形となっており、既設開閉設備の移設が必要になると思われる。

9.2.3 送電線ルート

上部発電所からイリング変電所までの送電線ルートは次の2案が考えられる。

(Fig. 9-1参照)

ルートA : 上部発電所から既設道路沿いに北へ向かい、直接イリング変電所へ結ぶ。(上部発電所～イリング変電所、105km)

ルートB : 上部発電所から西へ向かいマフィンガ付近で既設220kV送電線に結び、イリング変電所へ送電する。

(上部発電所～マフィンガ、80km)

検討の結果、次の理由により、ルートAを採用することとした。

i) ルートAは既設道路沿いに送電線を建設できるのに対し、ルートBは新設送電線の距離は短い、ルートの半分近くが既設道路から大きく離れることになる。

送電線の建設に際して、資機材の運搬に利用できる既設道路の有無は建設費に大きく影響する。また、既設道路に近いことは保守にとっても非常に有利である。

ii) イリングの南西には大きな水力発電所の計画がいくつかあり、これらの発電所が開発されると、イリングとムフィンディ間の送電線には大きな潮流が乗るものと想定される。潮流の集中を避け、電力供給の信頼度を保つためキハンシ発電所の電力は直接、基幹系統のイリング変電所へ送ることが望ましい。

下部発電所から上部発電所までの送電線ルートはキハンシ川左岸を通り、上部発電所付近で川を渡って上部発電所に到る。ただし、上部発電所への引込みは1回線の π 分岐とし上部発電所直前の鉄塔上クロスアームで分岐する。下部発電所運開から上部発電所運開までの間は、この鉄塔で上部発電所への引込み線をバイパスすることになる。Fig. 9-2に下部発電所からイリング変電所間の系統を示す。

Fig. 9-1 Power Transmission Line Route

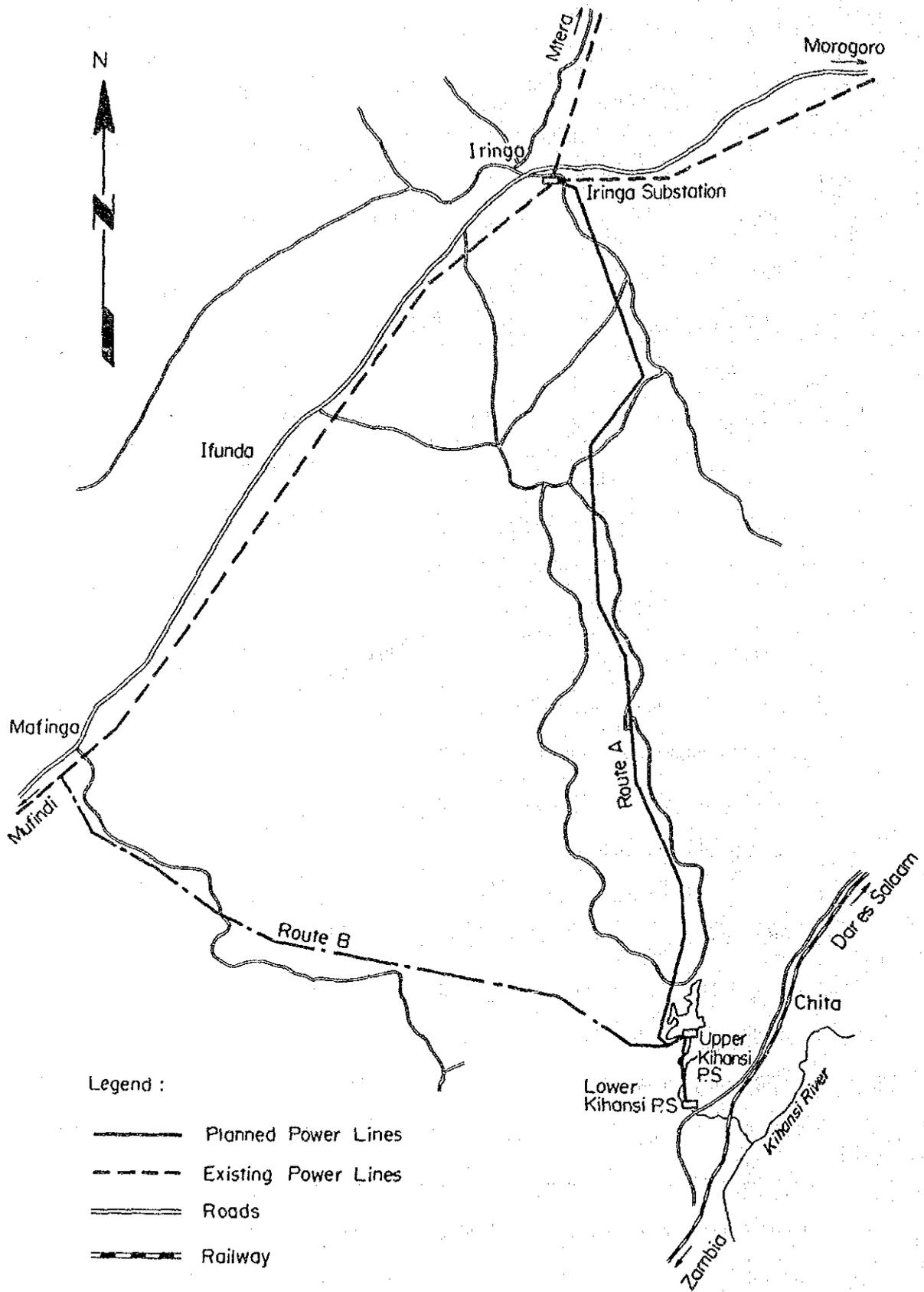
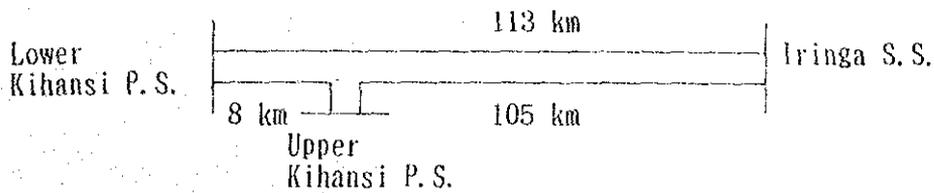


Fig. 9-2 Diagram of Power Transmission Lines



9.2.4 送電電圧と回線数

送電電圧は既設電力系統の電圧階級から選ぶことが経済的であり、運用にも便利である。本計画の送電電力 200MWおよびイリンガ変電所までの送電距離113kmを考慮すると132kVでは容量が不足であり、220kVを採用することとした。

回線数は1回線と2回線のケースが考えられる。Table 9-2 に1回線送電線と2回線送電線の経済性比較を示す。

Table 9-2 において年間損失電力量は次式により求めた。

$$P_{lossh} = P_{loss} \cdot P \cdot H$$

P_{lossh} : 年間損失電力量

P_{loss} : ピーク損失

P : 損失係数 [$P = A \cdot f^2 + (1-A) \cdot f$]

f : 負荷率、 $0.2 \leq A \leq 0.3$

H : 24×365

$f=0.66$ 、 $A=0.3$ とした。

Table 9-2 から1回線送電線の方が建設費は安い。しかし、キハンシ発電所はタンザニアの主要電源となることから、その事故遮断は連系系統に広範囲の停電を起こす可能性がある。このため信頼度を考え、2回線送電線を採用することとした。

Table 9-2 Economic comparison of Transmission Plans

	<u>Case 1</u>	<u>Case 2</u>
Transmission Pattern		
Transmission Line		
Voltage (kV)	220	220
Length to be constructed (km)	113	113
Conductor	Bison	Bison
Construction Cost (Millions of \$)	10.8	16.8
Annual Cost (Millions of \$)	1.23	1.92
Station Equipment		
Switch Gear sets		
Lower Kihansi P.S.	1	2
Upper Kihansi P.S.	1	2
Iringa S.S.	1	2
Construction Cost (Millions of \$)	2.5	4.9
Annual Cost (Millions of \$)	0.29	0.56
Transmission Losses		
Peak Power Loss (MW)	5.8	2.9
Annual Energy Loss (GWh)	30.0	15.0
Annual Cost (Millions of \$)	1.05	0.53
Total Annual Cost (Millions of \$)	2.57	3.01

Note: 1) Annual Factor: 11.4 %
 2) Cost for Power Loss and Energy Loss: £3.5/kwh

9.2.5 工事用送電線

キハンシ発電所計画地点近くには配電線は無く、工事用送電線を建設するとするとイリング変電所から引かなければならない。キハンシ発電所用の送電線を発電所工事に先駆けて建設すれば、これを工事用送電線として利用することが可能だが、資金的に大きな先行投資となり、工期的にも難しい。このため、工事用送電線は作らず、工事用電源としてはディーゼル発電機を据えつけることとする。

9.3 系統解析

9.3.1 解析の条件および主な解析結果

系統解析の対象年は下部発電所の運開年である1997年と上部発電所の運開年である1999年とした。

連系系統はTable 9-1に示すマスタープランに従って開発されるものとし、連系系統の供給力はTANESCOの計画に従って全て水力によって賄われるものとした。各変電所の負荷は需要予測とマスタープランの地域別需要を基にTable 9-3の通り想定した。

また、各変電所の負荷力率は0.85と想定した。

需要の増に合わせ1997年までに次の変圧器の増設があるものとした。

変電所	電 圧	容 量
キユンギ	132/33kV	20MVA
タンガ	132/33kV	20MVA

計算に使用した系統図およびインピーダンスマップをFig. 9-3 に示す。

主な解析結果は次の通りである。

- i) 連系系統の電圧はピーク時に東部地域で低めになり西部地域で高めになる。また、西部地域の電圧はオフピーク時にさらに上昇する。このため、調相設備の適正な配置が必要であり、系統の開発に合わせ詳細な検討を行う必要がある。
- ii) イリング変電所～キダツ発電所間の送電線が事故遮断した場合は、キハンシ、ムテラ発電所とキダツ発電所の同期は保たれず脱調する。このため、イリング変電所～キダツ発電所間の送電線は2回線としておくことが望ましい。さらに余裕があるならば、イリング変電所～ムテラ発電所間の送電線も2回線とすることが電力供給の信頼度向上にとって望ましい。

Table 9-3 Load Forecast by Load Centers

<u>Load Centers</u>	<u>Peak Load (MW)</u>	
	<u>1997</u>	<u>1999</u>
Arusha (Njiro)	32.9	37.1
Dar es Salaam (Ubungo+New Substation)	193.1	217.8
Morogoro	28.8	32.5
Moshi (Kiyungi)	25.0	28.3
Tanga	31.2	35.2
Dodoma	8.2	9.2
Iringa	23.1	26.0
Mbeya	17.8	20.1
Musoma	5.5	6.2
Mwanza	24.6	27.8
Shinyanga	20.6	23.2
Singida	1.5	1.7
Tabora	6.1	6.9
Mtoni	18.7	21.1
<u>Total</u>	<u>437.0</u>	<u>493.0</u>
Mufindi	25.0	25.0

Note: Mufindi boiler contractually only uses secondary energy off peak.

9.3.2 潮流計算

連系系統をループ運用した時の1997年ピーク時の潮流をFig. 9-4に示す。

Fig. 9-4 から、連系系統の電圧は東部地域で低めになり、西部地域で高めになることが分かる。これは連系系統の主要な発電所がタンザニア中央部に集中するのに対し、負荷は東部に集中するため、ピーク時には東部地域に向かって大きな潮流が流れ、電圧の低下が厳しくなるのに対し、西部地域の220kV系統は比較的軽負荷であり電圧が高くなるためである。

この対策として、東部地域では系統に電力用コンデンサの接続が必要であり、西部地域ではリアクトルを接続する必要がある。また、キハンシ発電所はかなり電圧を高めに運用しなければならない。

連系系統をループ運用することはセキュリティの点では望ましいが、運用の難しさがある。このため、連系系統をピーク時の潮流の最も少ない、ンジロ～キユンギ間で分離して運用した場合の潮流をFig. 9-5に示す。Fig. 9-5では西部地域の電圧の上昇が更に高めになる。

西部地域の電圧上昇が最も厳しくなると想定される、負荷が少ない1997年深夜の連系系統を分離運用した場合の潮流をFig. 9-6に示す。

今回の計算においては系統電圧を定格の略±10%以内に保つためにTable 4-2 に示す既設設備の他に次の調相設備を投入した。

計算ケース	変電所	リアクトル (MVA)	コンデンサ (MVA)
1997 ピーク	ウブンゴ		30
	新設変電所		30
	ムトニ		10
	キユンギ		5
	ムフィンディ	10	
1997深夜	ウブンゴ	40	
	ドドマ	10	
	シンギダ	20	
	ンジロ	10	