

第 3 部

水 文 調 査

第3部 水文調査

目 次

	頁
現地調査	III-1
1.1 現地踏査	III-1
1.2 資料収集	III-1
1.3 雨量及び流量観測所の設置	III-2
1.4 浮遊土砂測定及び水質分析	III-2
1.5 流量観測	III-3
収集資料	III-6
2.1 気象資料	III-7
2.2 水文資料	III-7
2.3 浮遊土砂資料	III-7
2.4 水質資料	III-7
流域の特徴	III-8
3.1 地形の特徴	III-8
3.2 気象の特徴	III-9
3.3 水文の特徴	III-11
長期間流量	III-12
4.1 概 説	III-12
4.2 流域の平均降雨量の評価	III-12
4.3 蒸発量及び蒸発散量	III-15
4.4 低水解析	III-17
洪水流量	III-28
5.1 概 説	III-28
5.2 確率最大降雨量の評価	III-29
5.3 既往洪水	III-30
5.4 設計洪水と確率最大洪水	III-31
背水計算	III-37
設計堆砂量	III-38

LIST OF TABLES

	<u>PAGE</u>		<u>PAGE</u>
Table III-1	Meteo-Hydrological Stations in the Project Area ...	III-	
Table III-2	Suspended Sediment of the Kampar Kanan River (1) ..	III-	
Table III-3	Suspended Sediment of the Kampar Kanan River (2) ..	III-	
Table III-4	Suspended Sediment of the Mahat River	III-	
Table III-5	Water Quality of the Kampar Kanan River	III-	
Table III-6	Results of River Discharge Gauged (1)	III-	
Table III-7	Results of River Discharge Gauged (2)	III-	
Table III-8	Results of River Discharge Gauged (3)	III-	
Table III-9	Results of River Discharge Gauged (4)	III-	
Table III-10	Results of River Discharge Gauged (5)	III-	
Table III-11	Collected Daily Rainfall Data	III-	
Table III-12	Collected Meteorological Data	III-5	
Table III-13	Collected Daily Discharge Data	III-5	
Table III-14	Collected Suspended Sediment Data	III-5	
Table III-15	Monthly Mean Daily Temperature	III-5	
Table III-16	Monthly Mean Daily Relative Humidity	III-5	
Table III-17	Monthly Mean Daily Wind Velocity	III-5	
Table III-18	Annual Rainfall around the Project Area	III-5	
Table III-19	Monthly Mean Daily Evaporation at the Pasar Kampar	III-5	
Table III-20	Monthly Mean Daily Evaporation at the Pasir Pengarayan	III-5	
Table III-21	Monthly Mean Daily Evaporation at the Tanjung Pati	III-5	
	Table III-22	Method of Runoff Calculation according to Tank Model	III-22
	Table III-23	Relationship between Annual Rainfall and Runoff ...	III-60
	Table III-24	Predicted Monthly Mean Discharge at the Dam Site ..	III-61
	Table III-25	Discharge Duration at the Dam Site	III-63
	Table III-26	Measured Results of Soil Sedimentation	III-66

LIST OF FIGURES

		<u>PAGE</u>	<u>PAGE</u>
Fig. III-1	Location Map of Meteo-Hydrological Stations in the Project Area	III-1	III-87
Fig. III-2	Rating Curve for Rantau Berangin Gauging Station ...	III-2	III-88
Fig. III-3	Rating Curve for Danau Bingkuang Gauging Station ...	III-3	III-89
Fig. III-4	Rating Curve for Lubuk Sipopay Gauging Station	III-4	III-90
Fig. III-5	Rating Curve for Kotapanjang Dam Axis-4	III-5	III-91
Fig. III-6	Isohyets of Annual Rainfall and Thiessen Polygons ..	III-6	III-92
Fig. III-7	Method of Tank Model Analysis and its Parameters ...	III-7	III-93
Fig. III-8	Comparison of Calculated and Recorded Hydrograph ...	III-8	
Fig. III-9	Dispersion of Observed Rainfall Data	III-9	
Fig. III-10	Frequency Analysis by Iwai for Rejection	III-10	
Fig. III-11	Relationship between Annual Rainfall and Runoff	III-11	
Fig. III-12	Discharge Duration Curve at the Dam Site (1)	III-12	
Fig. III-13	Discharge Duration Curve at the Dam Site (2)	III-13	
Fig. III-14	Mass Curve of Kotapanjang Reservoir	III-14	
Fig. III-15	Reservoir Capacity and Area Curves	III-15	
Fig. III-16	Isohyets of Rainfall of 200-year Return Period	III-16	
Fig. III-17	Isohyets of 5 days Rainfall of 200-year Return Period	III-17	
Fig. III-18	Flood on February 10th, 1979	III-18	
Fig. III-19	Flood on May 5th, 1979	III-19	
Fig. III-20	Flood on November 27th, 1979	III-20	
Fig. III-21	Correlation of Rainfall Intensity and Duration Hours	III-21	
		III-22	III-87
		III-23	III-88
		III-24	III-89
		III-25	III-90
		III-26	III-91
		III-27	III-92
		III-28	III-93

第 3 部 水 文 調 査

現 地 調 査

1 現 地 踏 査

カンパールカナン川流域の河川並びに既設の気象・雨量及び流量観測所の現況を把握するため、現地踏査を行った。

流域内の踏査した各観測所の位置その他の現状を表Ⅲ-1及び図Ⅲ-1に示す。

4ヶ所の測水所は、すべて自動水位記録式であり、PLN所有の3ヶ所については、PLNの委託によりDPMAが監理しており、年間4回の流量観測が行われている。

コタパンジャンダムが完成後、既設のルブックシボパイ、タンジュン測水所及びタンジュンバウ雨量観測所が水没することとなる。

2 資 料 収 集

解析に必要な資料を、リアウ州、西スマトラ州、バンドン及びジャカルタの関係機関から収集した、収集先は次に示すとおりである。

- (1) Departmen Pekerjaan Umum (DPU), Riau and West Sumatra
- (2) Pekerjaan Umum (PU), Jakarta
- (3) Direktorat Penyelidikan Masalah Air (DPMA), Bandung
- (4) Lembaga Meteorologi dan Geofisika (BMG), Jakarta
- (5) Dinas Survei PLN, Jakarta
- (6) Pusat Penyelidikan Masalah Kelistrikan (LMK), Jakarta
- (7) PLM Hydropotential study Team, Jakarta

雨量資料については、1900年頃から定時観測が実施されているが、欠測期間が多い。

流量資料については、1977年からダナウビンクアン測水所の観測記録がある。このよう

に既存の資料は、水文解析を行うのに十分なものとはいえない。そのため、流域の特徴等を把握するため流域近傍の資料を収集した。

資料の収集は主に日雨量と流量を、又、基本となる洪水波形と流量観測結果、浮遊土砂、水質並びに気象資料を入手した。収集資料の詳細は2章の収集資料の項で述べる。

1.3 雨量及び流量観測所の設置

1982年1月から3月の現地踏査において、JICA調査団は雨量及び流量観測所の設置を提案し、設置地点の図上検討、現地踏査及び技術仕様書の作成を行った。設置地点は図III-1のとおりである。

	流域	地点
雨量観測所	カンパールカナン川	ゴルゴール
		タンジュン
		ランタウブランギン
	マハット川	グノンピントン
流量観測所	カンパールカナン川	ランタウブランギン

雨量観測所の設置は、1982年10月下旬から開始され、11月上旬までに設置を終了した。しかし測水所については、工事の着手遅延、雨期による河川水位の上昇等により工期が大幅に遅れ、JICA調査団の帰国後は、PLNの管理の下で工事が行われていたが、1983年8月に終了した。なお、設置位置を図III-1に示す。

雨量及び流量観測所の機器は、すべて自動記録式(1ヶ月巻き)であり、機器の仕様は表III-2に示すとおりである。

機器	形式	メーカー	備考
雨量計	自記式	THIES	1ヶ月巻き
水位計	自動フロート式	A.OTT	"

1.4 浮遊土砂測定及び水質分析

浮遊土砂測定及び水質分析のための試料の採取位置は、新設のランタウブランギン測水所とし、採取時期は低水位、平水位及び洪水位とした。しかし、今回の調査期間中の洪水位は、仮量水標の水位2.5m(流量524m³/s)であった。採取及び分析はJICA調査団がPLN担当者の協力を得てバンキナン事務所において行った。

今回の調査期間中に、浮遊土砂及び水質の調査のため、浮遊土砂資料8回、水質資料8回を採取し、測定及び分析を行った。その結果を表III-2及び表III-5に示す。

浮遊土砂及び水質の調査の資料採取時の河川流量は、今回観測できた最大流量が524m³/sと少なかったため、今後、継続的に観測を行うことが必要である。浮遊土砂については、今後PLN担当者が継続して調査ができるよう打合せ指導を行った。

その後、1982年12月から1983年2月の期間PLN担当者によってランタウブランギン、ルブックシボパイ及びタンジュン測水所において、浮遊土砂の測定が実施された。その結果を表III-2～表III-4に示す。

1.5 流量観測

流量観測は、ランタウブランギン測水所において、仮量水標の水位0.67m～2.35mの間で40回行った。又、近傍測水所の流量曲線の確認のため、ランタウブランギン測水所下流のダナウピンクアン測水所において2回、マハット川のルブックシボパイ測水所において1回観測を行った。又、ダム軸4の下流において、放水水位その他設計水位を算定するため観測を行った。

新設のランタウブランギン測水所の流量曲線を設定するため、流量観測を40回実施した。又、ダナウピンクアン及びルブックシボパイ測水所の流量曲線を確認するため、それぞれ2回及び1回実施を行った。なお、ダム軸4下流において、放水水位その他設計水位の検討のため14回の実測を行った。

流量曲線については、今後低水位～平水位の間で変化する可能性があり、又、高水位の観測結果は少ないため、今後継続して観測する必要がある。PLN担当者と観測及び監理の方法について打合せ、指導を行った。

ランタウブランギン測水所については、1982年12月から1983年2月の期間にPLN担当者により、12回の観測が実施され、同測水所における流量観測は、水位0.67～3.10m流量92.98m³/s～860.34m³/sまで52回の観測結果が得られた。52回の観測結果から流量曲線式を設定した結果

$$Q = 62.885H^2 + 67.659H + 18.199$$

となった(表III-6、図III-2参照)。又、流域面積を測定したところ3,357km²であった。

ダナウピンクアン測水所の現在の流量曲線式は、今回の観測結果及び公共事業省(PU)によって観測された結果より検討した結果

$$Q = 26.306H^2 + 131.985H + 12.164$$

が適当と考えられる(表Ⅲ-7, 図Ⅲ-3参照)。

ルブックンボパイ測水所の現在の流量曲線式は, 今回の観測結果より現状のものではないと考える(表Ⅲ-8, 図Ⅲ-4参照)。又, 1982年12月から1983年2月まで PLN担当者によって3回観測された。

ダム軸4下流における観測結果から流量曲線式を設定した結果

$$Q = -0.333H^2 + 171.000H - 102.667$$

となった。しかし, この式の適用範囲は水位4.00mまでとする(表Ⅲ-9, 図Ⅲ-5)

1982年12月から1983年2月までに, カンパールカナン川タンジュン測水所にて PLN担当者により9回の観測が実施されたが, 観測数が少ないため流量曲線式は設定できない。観測結果を表Ⅲ-10に示す。

Table III-1 Meteo-hydrological Stations in the Project Area

Data	Station name	Number	Beginning of observation	
Hourly rainfall	Pasar Kampar	P3SA-1	1976	
	Pasir Pengarayan	P3SA-2	1979	
	Tanjung Pati	P3SA-3	1975	
	Peranap	P3SA-4	1977	
	Ujung Batu	P3SA-5	1979	
	Lubuk Jambi	P3SA-6	1978	
	Tanjung Balit	PLN-1	1975	
	Muara paiti	PLN-2	1979	
	Maninjau	PLN-3	1967	
	Tanjung	PLN-4	1982	
	Galugur	PLN-5	1982	
Gunung Bintang	PLN-6	1982		
Daily rainfall	Pekanbaru-Simpang Tiga	BMG-1	1953	
	Bangkinang	BMG-5	1901	
	Mahat	BMG-6	1951	
	Tanjung Pauh	BMG-7	1928	
	Pangkalan Kotabaru	BMG-8	1901	
	Kota Tinggi	BMG-9	1923	
	Lubuk Sikaping	BMG-10	1951	
	Payakumbuh	BMG-11	1879	
	Temperature	Pekanbaru-Simpang Tiga	BMG-1	1961
	Humidity	Padang-Tabing	BMG-2	1971
	Wind speed	Japura-Rengat	BMG-3	1961
Sunshine duration	Padang Gelugur-Pasaman	BMG-4	1976	
Monthly rainfall	Pasar Kampar	P3SA-1	1976	
	Pasir Pengarayan	P3SA-2	1979	
	Tanjung Pati	P3SA-3	1975	
	Peranap	P3SA-4	1977	
Evaporation	Pasar Kampar	P3SA-1	1976	
	Pasir Pengarayan	P3SA-2	1979	
	Tanjung Pati	P3SA-3	1975	
	Peranap	P3SA-4	1977	
Daily water level and discharge	Danau Binguang	P3SA-7	1977	
	Lubuk Sipopay	PLN-7	1976	
	Tanjung	PLN-8	1980	
	Muara Paiti	PLN-9	1977	
	Rantau Berangin	PLN-10	1983	

2. 収集資料

2.1 気象資料

2.1.1 雨量資料

雨量資料については、表Ⅲ-1、図Ⅲ-1に示すコタパンジャンダム流域及び近傍地点において、時間雨量9ヶ地点、日雨量7ヶ地点ほかを収集した。

収集した資料は、表Ⅲ-1に示すように、欠測が多い。自記観測計により観測されたのが1975年前後からで時間雨量資料は少ない。

日雨量については、気象庁(BMG)により観測されているものが期間的に長く、いものでは1900年頃から観測が行われている。最近では水資源開発計画(P3SA)に基づき、州公共事業局(DPU)の自記観測計が設置されはじめており、1976年から観測所数が増加している。

2.1.2 その他の気象資料

気象観測は、現在気象庁(BMG)、水資源開発計画(P3SA-DPU)及び州農業局(Dinas Pertanian Rakyat)により観測されている。

気象庁の観測所は、主に各州都の空港に設置されており観測期間は他の関係各所観測所より長く、バカンバル及びルンガットでは20年間の記録がある。水資源開発計画に基づき、雨量観測所と同様に気象観測所の設置が最近進んでいる。

観測項目は気温、湿度、風速、日射量、蒸発量は主に水資源開発計画により設置された観測所において観測されている。コタパンジャンダム近傍の観測所の位置及び地点名は表Ⅲ-1、図Ⅲ-1に収集期間を表Ⅲ-12に示す。

2.2 水文資料

流量観測所は、現在カンパールカナン川流域内に4ヶ所あるが、PLN所有のものが3ヶ所、水資源開発計画により設置されたものが1ヶ所ある。

流量資料は、観測所が設置されたのが、最近であるため、観測期間が短い。又、ダナウビンククアン及びタンジュン測水所以外の2観測所は、カンパールカナン川の支川に位置し流域面積が小さく本計画の基本資料には適さない。タンジュン測水所については、水位観測が1980年からと期間が短かく、この測水所資料も基本資料には適さない。そこで基本資料はダムサイトの下流30Km地点にあるダナウビンククアン測水所とし、既存資料を収集した。又、ダナウビンククアン測水所に欠測期間がある場合を考慮し、支川マハット川のルブックシボパイ測水所の資料も収集した。観測所位置及び地点名を表Ⅲ-1及び図Ⅲ-1に収集期間を表Ⅲ-13に示す。

2.30 浮遊土砂資料

浮遊土砂測定は、流量観測点において実施されている。今回の収集ではPLN所有の2観測所の資料が5年間入手できたが観測は不定期で年数回(2回~4回)であり、資料数としては少ない。

資料採取地点を図Ⅲ-1に収集期間を表Ⅲ-14に示す。

資料採取は州公共事業局(DPU)により実施され、採取した資料はバンドンの水資源問題研究所(DPMA)に送られ分析されている。

2.4 水質資料

水質分析は、カンパールカナン川ダナウビンククアン測水所及びマハット川ルブックシボパイ測水所の2ヶ所で実施されており、今回は過去2回の資料が入手できた。水質分析資料は、浮遊土砂と同様州公共事業局(DPU)により採取されバンドンの水資源問題研究所(DPMA)に送られ分析されている。資料の輸送には1ヶ月以上の時間を要しているため輸送中に生物化学的項目の変化がみられる。これは、バクテリアの増加により変化するものである。

3. 流域の特徴

3.1 地形の特徴

カンパールカナン川は、マラッカ海峡へ注ぐカンパール川の一つの支川であり、その源をバリサン山脈のアマス山（標高2,271 m）、ヒジャウ山（標高2,274 m）等とし、山岳地帯を多くの支流を集めて流下し、準平原台地のコタタンガを通過し、ムアラマットにおいて、マハット川を合流した後、ランタウブランギン付近から平坦な沖積平野を流下し、パカンバル東南約30 kmのランガム付近においてカンパールキリ川を合流し、カンパール川となる。又、計画地域の河川勾配は緩く、湛水区間では、約1:1,070、ダムイト付近では約1:1,090である。

支川マハット川は、その源をアマス山、デインギン山（標高1,597 m）等とし、山岳地帯を流下し、準平原台地のパンカランコタバルを通過し、タンジュンバウ付近の山岳地帯を流下し、ムアラマットにおいてカンパールカナン川に合流する。河川勾配約1:1,500、流域面積1,142 km²の河川である。

カンパールカナン川流域は、そのほとんどがまだ未開発の密林であるが、カンパール川沿いのコタタンガ、マハット川沿いのパンカランコタバル及びムアラマット付近では、水田やプランテーションなどの農業開発が進んでおり、密林の伐採が行われている。このように密林の伐採が今後進行した場合、密林における降雨の貯留効果が減少し、洪水流の増加現象が表われる。しかし、この開発地域のうち、2ヶ所（コタタンガ、ムアラマット）は、コタパンジャンダムが完成した場合水没してしまうため、この影響は、湛水はないと考えられる。

土砂流出については、降雨量の少ない乾季にはほとんどなく、降雨量の多い雨期には、土の色がラテライトに影響され赤褐色となるほど流出する。

3.2 気象の特徴

3.2.1 概 要

東南アジアの気候は、熱帯多雨気候（KUPPERの気候区分）である。気温の年較差は、低緯度で小さく高緯度で大きく、赤道周辺では5℃以下で3℃以下のところも多い。又、降雨量の分布も地域差が著しい。降雨量は物理的にみると大気中の水蒸気量と上昇気流の強さで決まり、前者は気温が高いほど多く含むことができるから、降雨量は低緯度で多く、高緯度で少なくなる。

水蒸気の主要な補給源は海洋であるから、海洋から湿潤な気流が流入する海岸地方は降雨量が多く、島内部は少ない。特に地形の影響が大きく、湿潤な気流に面した山地斜面で降雨量が多く、逆に湿潤気流の流入をはばむ山脈の風下側や内陸部で降雨量が減少する。

東南アジア及び東アジアは、モンスーンアジアと言われるように季節風が卓越するため、海洋から風が吹く時期に降雨量は多くなり、スマトラ島の気候は、一般に北東及び南西季節風により特徴づけられる。

北東季節風は、毎年10月から1月にかけて南支那海方面より飛来し、南西季節風は、毎年3月から5月にかけてインド洋方面より飛来降雨をもたらす。降雨量は、北東季節風の時期のほうが南西季節風の時期よりも多く、この時期だけで年降雨量の約30%である。

中部スマトラの年平均降雨はインド洋側で4,000~5,000 mmと多く、パダンで4,000 mm程度、マラッカ海峡硬側パカンバルでは2,400 mm程度である。

月最大降雨は、10月から4月に発生し、リアウ州中央部のバンキナンで799 mm（1918年11月）流域内のパンカランコタバルで1,099 mm（1923年12月）、ルンガットで715 mm（1979年11月）であり、インド洋側のパダンでは897 mm（1962年10月）である。

3.2.2 気 温

リアウ州の月平均気温は、パカンバルで27.1℃（5月）から24.4℃（1月）と月較差は2.7℃であり、年平均気温は25.8℃である。パカンバルとバンキナンの中間点に位置するパッサールカンパールとパカンバル南東130 kmに位置するルンガットの気温は、28.7℃（5月）、26.9℃（1月）、月較差1.3℃、年平均気温27.2℃及び27.3℃である。

℃(5月), 25.9℃(1月), 月較差1.4℃, 年平均気温26.0℃である。

西スマトラ州については, ダムサイトから65kmの南にあるタンジュンパティにいて, 25.6℃(5月), 24.1℃(1月), 月較差1.5℃, 年平均気温24.4℃で, インド洋側のパダンにおいては, 26.4℃(5月), 25.6℃(11月), 月較差0.8℃, 年平均気温25.9℃である。以上の詳細については, 表Ⅲ-15に示すとおりである。プロット地域の月平均気温は27℃前後であり, 月較差は小さい。しかし, 一日の気温変動は最高35.5℃程度, 最低21.6℃程度と日較差13.9℃と大きい。又, 一般に, 最高気温は5月に発生し, 最低気温は1月に発生する。

リアウ州と西スマトラ州を比較すると, 年平均気温は等しいが, 月較差では西スマトラのほうが小さく, 年変動は少ない。

3.2.3 湿度

パカンバルの日平均相対湿度は83~85%, パッサールカンパール82~90%, ルンガット80~85%, タンジュンパティ92~98%, パダン82~84%であり, 島中央部では90%以上で海よりの地域では90%以下である。湿度は日変化が大きく, その差は40%前後で早期に高く昼間に低い。これは, 湿度が温度変化に影響されているためである。詳細は表Ⅲ-16に示す。

3.2.4 風速

パカンバルでの日平均風速は10.35 km/day (最大42.6 km/day), パッサールカンパール37.3 km/day (最大103.1 km/day), ルンガット6.4 km/day (最大35.2 km/day), タンジュンパティ10.6 km/day (最大566.1 km/day), パダン7.7 km/day (最大48.1 km/day)であり, 一般に風速は小さいが, 高度が高くなるにつれて大きくなる。詳細は表Ⅲ-17に示す。

3.2.5 降雨

年間降雨量は, パカンバル2,403 mm, バンキナン3,050 mm, タンジュンバウ3,890 mm, バンカラコタバル3,740 mm, ムアラバイティ3,352 mm, タンジュンパティ2,000 mm, パダン3,917 mmである。

中部スマトラの年降雨量は, インド洋側パダン周辺で4,000 mmを超え, ブキティンギ, パヤクンプ地域の盆地で2,000 mm程度, コタパンジャンダム付近で3,000 mm程度, パカンバル周辺で2,500 mmである。最も多い降雨量は, 西スマトラの海岸沿いであ

最も少ないのは, ブキティンギ, パヤクンプの盆地である。コタパンジャンダムの流域内の降雨量についてはマハット川沿いでは, データがあり, ある程度把握できるが, カンパール川沿いでは, データが少なく把握しにくい。そこで流域近傍の観測所のデータにより考えると, カンパールカナン川流域降雨量は3,000~3,500 mmであり, 支川マハット川流域降雨量は3,000~4,000 mmと考えられ, マハット川流域の降水量が多い。流域全体では3,000~3,500 mmである。詳細は表Ⅲ-18に示す。

3.3 水文の特徴

カンパールカナン川の流量は, この地域の気象条件に左右されており, 雨季には乾季の3倍の流出量がある。雨季(11月~5月)と乾季(6月~10月)の総流量の比率は69%:31%とその差は50%である。

ダムサイトにおける流量の変動は11ヶ年平均で155.5 m³/s ~ 198.99 m³/s (1971~1981)と約40 m³/sの差がある。月平均流量は, 11ヶ年平均で12月の225.59 m³/sが最大, 8月の111.03 m³/sが最小, 173.52 m³/sが平均であり, 年間総流入量は5,472×10⁶ m³である。

流況図を見ると, 11ヶ年平均でその結果は下表のとおりで, 100 km² 当り95日流量6.37 m³/s, 185日流量4.31 m³/s, 275日流量2.95 m³/s, 355日流量1.77 m³/s, 年平均流量5.20 m³/sであり良い流況を示している。

(単位: m³/s/100 km²)

最大流量	35日 流量	95日 流量	185日 流量	275日 流量	355日 流量	最小流量	平均流量
20.16	9.61	6.37	4.31	2.95	1.77	1.53	5.20

4. 長期間流量

4.1 概 説

コタバンジャンプロジェクトの最適計画の検討,のため,ダムサイトにおける長期間流出評価を実施した。

カンパールカナン川における河川流出量の観測は, 1977年からダムサイト下流30のダナウピングクアン測水所で行われているが, 観測期間が5年間と短い。

流域の降雨量については, マハット川流域のパンカラコタバルで61年間の観測(日雨量)があるほかは, タンジュンバリ, ムアラバイティほかに観測所があるが観測期間が短い。又, 流域近傍ではパンキナン, パッサールカンパール, パヤクンプ, タンジュンパティ等の観測データがある。そこでパンカラコタバルの降雨量から流出量を算出した。

降雨量と流出量の解析は, タンクモデル法の直列四段型タンクモデルで行ったが, 降雨量と流出量の双方が揃っている期間を利用して流出モデルを同定し, 次にモデルに降雨量と流出量を代入して流出量を求めた。

この同定では, モデルの中のパラメータの目盛を決定した。

4.2 流域の平均降雨量の評価

4.2.1 年降雨量

流域の年平均降雨量については, ティーセン多角法及び等降雨量線法によるが, 法に使用する観測所はカンパールカナン川流域4ヶ所(パンカラコタバル, ムアラバイティ, コタティンギ, タンジュンパウ)と流域近傍1ヶ所(ルブクシカピン)とし, 位置は図III-6に示す。流域及び流域近傍の年降雨量は下表のとおりであるが, 流域の北方及び西方は観測が行なわれていない。このような観測所の不均等分布は, コタバンジャンダム流域の年平均降雨量の評価を困難なものとしている。

ティーセン多角法による5観測所のそれぞれの重さ(Weighted values)は次に示すとおりである。

雨量観測所	年降雨量(mm)	面積(km ²)	重さ	観測所年降雨量(mm)
Pangkalan Kotabaru	3,740	473	0.142	531
Muara Paiti	3,352	1,296	0.389	1,304
Kotatinggi	2,296	525	0.157	360
Tanjung Pauh	3,893	445	0.133	518
Lubuk Sipaping	3,643	598	0.179	652
流域内平均降雨				3,365

観測所の既存データから流域内の年平均降雨量を算出すると3,365 mmである。

又, 等降雨量線法により流域内の平均降雨量を算出すると3,343 mmとなり, コタバンジャンダム流域内の年間降雨量は3,354 mm程度と考えられる。なお, 等降雨量線は図III-6に示すとおりである。

等降雨量線法では次式により各地域の平均降雨量を算出した後, 流域内の平均降雨量を算定した。

$$\gamma = B + \frac{i(2a+b)}{3a+b}$$

γ = 各地域の平均降雨量

B = 下方降雨線量

i = 上・下方降雨線量の差

a = 上方降雨線の長さ

b = 下方降雨線の長さ

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A}$$

\bar{P} = 流域平均降雨量

A_i = 各流域面積

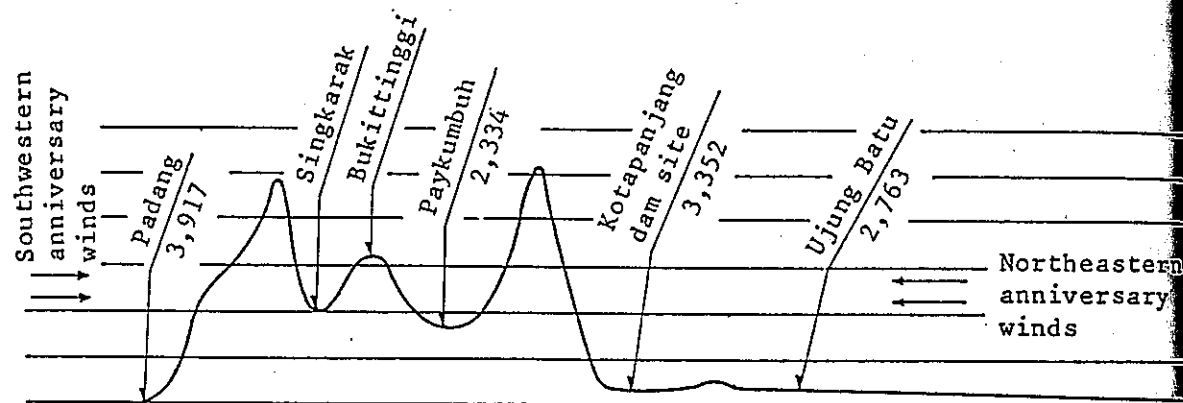
P_i = 各地域の平均降雨量

A = 流域面積

4.2.2 月降雨量

コタバンジャンプロジェクト流域及び近傍における季節変化を月雨量の平均, 最大,

最小及び標準偏差などの統計値によって示す。これによれば、雨季は10月から乾季は5月から9月であり最も降雨の少ない時期は5月から8月に発生している。月平均降雨量はパンカラコタバルで311.7 mm, ムアラバイティで279.3 mmと流では300 mm前後である。又、パダンでは328 mm, バヤクンプ194.5 mm, バンキナン254.1 mm, バカンバル200.3 mmとスマトラ島のインド洋側では多く、バヤクンプで少なくバカンバルでまた増える。これは下図のように南西季節風がバリサン山脈西側斜面に当る地域(パダン)及び北東季節風が東側斜面に当る地域に降雨量がバリサン山脈に囲まれたバヤクンプ地域に降雨量が少ない。



4.2.3 日雨量

日雨量資料は流域の適切な降雨特性の把握、タンクモデルのインプットデータとして用される。

流域内には、パンカラコタバル、ムアラバイティ、コタティンギ、タンジュンパウの7観測所がある。この内でマハット、タンジュンバリ、バトウブスラットの資料には欠測が多く、又、観測値が異状に小さいため、水文解析から除外した。又、ムアラバイティ、コタティンギ、タンジュンパウの観測期間は短かく、観測期間も一致していないため、この資料も除外した。

そこで、タンクモデルのインプットとしては、パンカラコタバルの資料を使用するとし、欠測資料については、周辺観測所との相関回帰分析を実施して補填した。

4.2.4 相関回帰分析

コタパンジャンダム流域及びその近傍において長期間の雨量資料が観測されている観測所はパンカラコタバル、バンキナン、バヤクンプの3観測所のみである。そこでこの観測所の1931年から1941年までの11ヶ年間の月雨量の相関回帰分析を実施した。1931年から1941年までの期間を選定した理由は、最近の資料には欠測が多く対象とするに好ましくないためである。

分析結果はパンカラコタバルに対しバンキナンでは相関係数0.68907、バヤクンプで0.69232と両観測所ともほぼ等しい結果となった。回帰式は下記のとおりである。

$$\text{バンキナン対パンカラコタバル } X = 0.755 Y + 119.063$$

$$\text{バヤクンプ対パンカラコタバル } X = 1.055 Y + 124.656$$

4.3 蒸発量及び蒸発散量

雨量から流出量を算定するために、流域の実蒸発散量を決定する必要がある。そのため蒸発量記録のないコタパンジャンダム流域の実蒸発散量は、流域近傍観測所の資料を参考にして推定するものとする。

4.3.1 蒸発量

表Ⅲ-19～Ⅲ-21は、コタパンジャンダム流域近傍の観測所における水資源開発計画に基づく3観測所の蒸発量を示したものである。

パッサールカンパールにおける蒸発量は年間を通し比較的变化が少なく、月間日平均蒸発量は、4～6 mmの間にあり、年平均では4.6 mmである。

又、タンジュンパティにおいても、パッサールカンパール同様、年間を通して比較的变化が少なく、月間日平均蒸発量は3～4.5 mmの間にあり、年平均では3.8 mmである。

パッサールカンパール(EL50 m)とタンジュンパティ(EL515 m)の蒸発量を比較すると、年平均で1 mmの差がある。これは、タンジュンパティがパッサールカンパールより高所にあり、気象条件が異なるためである。一般に蒸発量はその高度により異なり、高くなるに従って減少していく。

4.3.2 蒸発散量

対象地域の蒸発散量は、年雨量と年流出高との関係によって算定することが

$$\text{年蒸発散量} = \text{年雨量} - \text{年流出高}$$

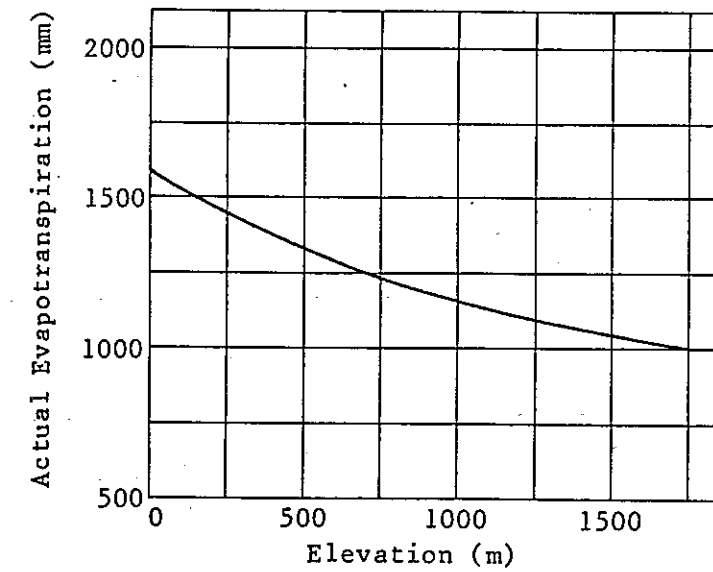
下記に示す結果は、カンパールカナン川ダナウピンクアン測水所及び流域近傍所の年雨量、年流出高及び年蒸発散量の関係を示したものである。

観測所	観測期間	流域面積	年平均値		
			年雨量	年流出高	年蒸発散
Danau Bingkuang (R.Kemper kanan)	1977~1981 (5年)	4,035	3,007	1,668	1,339
Lubuk Bendahara (R.Rokan)	1980~1981 (2年)	3,005	2,486	1,161	1,325
Maninjau (R.Antokan)	1967~1976 (10年)	232	3,700	2,540	1,160
Badus (R.Ombilin)	1973~1982 (9年)	1,176	3,000	1,743	1,257

上記の関係では、流域面積が大きくなるにつれ、蒸発散量が多くなる傾向が見られる。これは、小流域の流出が大流域の流出よりも早いために表われる傾向であるとえられる。

インドネシアにおける標高と蒸発散量の関係は一般に下記のようなのである。

標高 (m)	蒸発量の実績 (mm)
0	1,600
500	1,280
1,000	1,200
1,500	1,040



以上から考え、カンパールカナン川流域の蒸発散量は、ダナウピンクアン測水所地点において算出した 1,339 mm が妥当であると推定されるため、コタバンジャンダム流域の蒸発散量は、このダナウピンクアン測水所地点のものを使用する。

4.4 低水解析

河川流量の観測開始以前の値を推定するため、低水流出モデルによる解析(タンクモデル)を行い、計算値と実測値を比較検討した。

4.4.1 基礎資料

検証に用いられる流量、蒸発散量、雨量の基礎データは次のとおりである。

(1) 流量

1979年及び1981年の観測流量は欠測を含まないのでモデルの検証用に採用した。

(2) 蒸発散量

コタバンジャンダム流域における年蒸発散量は4.3節のとおり約1,339 mmと推定された。そこでタンクモデルに採用する日蒸発散量は、ダナウピンクアン測水所の流域内にあるパッサールカンパール観測所の蒸発量に蒸発散係数を乗ずることによって求めた。

タンクモデルの平均蒸発散量

(単位: mm)

月	パッサールカンパールの月蒸発量	日蒸発量	タンクモデルの蒸発散量
1	124	4.0	3.16
2	120	4.3	3.39
3	164	5.3	4.18
4	147	4.9	3.87
5	146	4.7	3.71
6	138	4.6	3.63
7	143	4.6	3.63
8	143	4.6	3.63
9	144	4.8	3.79
10	158	5.1	4.03
11	129	4.3	3.40
12	130	4.2	3.32
年	1,686		

蒸発散係数 = $1,339 / 1,686 = 0.79$

(3) 雨量

1979年及び1981年のパンカランコタバル観測所の雨量記録は、欠測を含まないので検証用に採用した。

しかし、パンカランコタバル観測所の雨量は、流域平均降雨より大きいためこの雨量でタンクモデルの計算を実施した場合タンク内の貯留高が異状に大きくなり、流出量は経年ごとに多くなる現象が表われる。そのためパンカランコタバルの雨量を流域平均降雨に等しくなるよう降雨倍率を設定した。

降雨倍率は、流域の年平均降雨量 3,354 mm とパンカランコタバルの年平均降雨量 3,740 mm の比率により算出した。その結果降雨倍率 0.89679 を設定した。

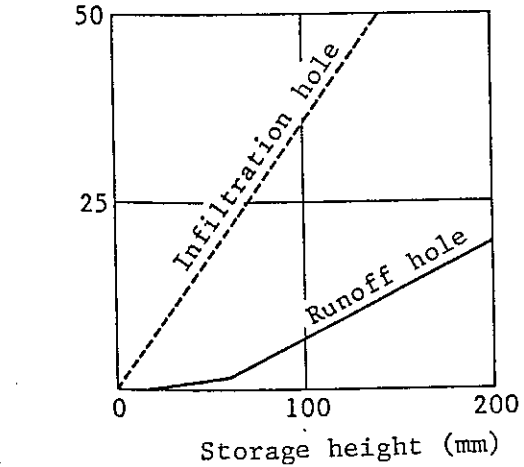
4.2 タンクモデルのシステム

貯留型機構を示す図 III-7 に雨が流入されたとするとき、容器の水深が H 以下のときは、水は流出しないですべて下方に浸透する。降雨が止めば、容器内の水は指数関数的に流出する。水は底の孔から浸透を続けているから、水深が H 以下になって測面の孔からの流出がとまる。

貯留型の直列方式のタンクモデルは図 III-7 のようであるが、雨が Tank I に加えられるとその水はあるいは測面の孔から流出し、あるいは底面の孔から Tank II に移行する。Tank II の水は同様に測面の孔から流出し、あるいは底面の孔から Tank III に移行する。以下同様に行なわれる。各タンクの測面の孔からの流出の和が河川の流出高 (mm) となる。Tank I、Tank II などの側面の孔が底面より上方についている理由は、雨が降り出してからまず土層をぬらし、表層がある程度水を含むと水は地表を流れて、やがて河川の流量となる機構に基づいており、雨が更に多く降り続けると、表面流出が更に激しくなるのに対応して、Tank I の上方の流出孔がつけられている。表層の水は絶えず浸透して、Tank I の底面の孔から流出し、やがて第 1 の帯水層にたまり、これがある量に達すると帯水層からも流出する。順次下方に浸透した水は安定な地下水となり、低水や湧水と平衡した状態で、緩やかに河川に流出する。

流出孔、浸透孔に記した乗数は、その孔を通じて流れる流量と水圧との比である。たとえば、Tank I に記した $A1 = 0.030$ というのはその孔にかかる水圧が水頭で 10 mm ならばその孔からの流出速度は、 $10 \times 0.030 = 0.3 \text{ mm/hr}$ であることを意味する。Tank I から IV の中の水も雨量と同様に深さ (mm) で表わし、これを貯留高と呼ぶ。

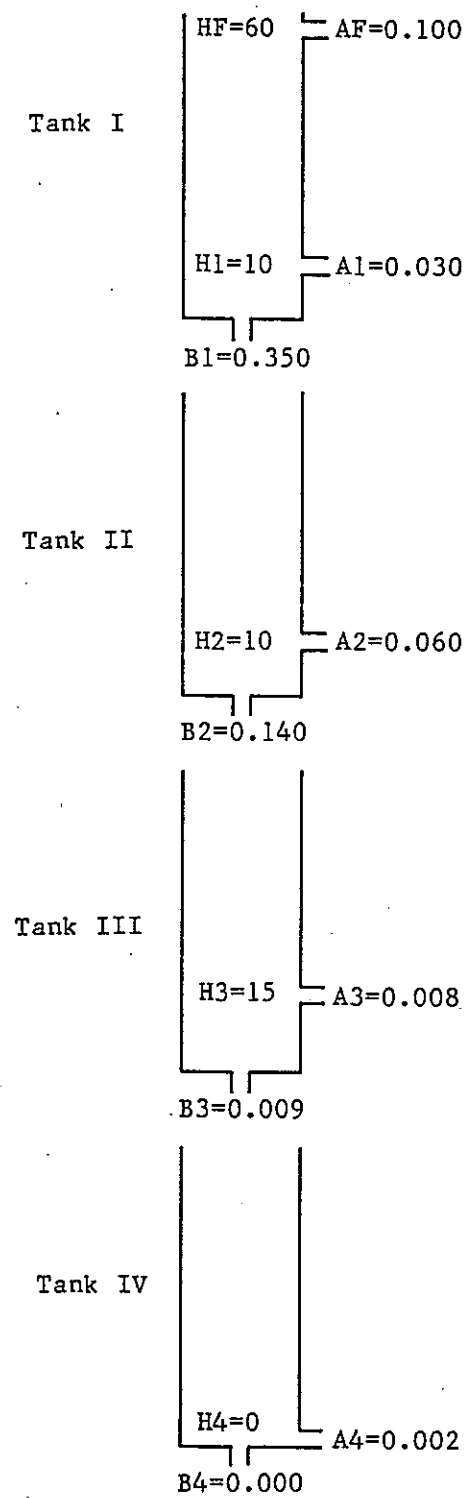
土地が乾燥している Tank I から Tank IV がほとんど空であるところに、わずかの雨が降っても、Tank I 内の水面は流出孔の高さに達しないなら流出は起こらないで、すべての水は下方に浸透する。このような条件では降雨はすべて損失雨量となる。



雨量強度が大きい場合には、Tank I 内の水面は上昇し、側面の孔から流出が起る。この場合の Tank I 内の貯留高と流出高及び浸透高との関係

Relationship between storage height in Tank I, amount of runoff and infiltration

Fig. III-7 Method of Tank Model and its Parameters



は図のようである。すなわち、Tank I内の貯留高が100mmのときは、底面の孔からは1時間当り、 $100 \times 0.35 = 35 \text{ mm/hr}$ の水が浸透し、側面A1の孔からは $(100 - 10) \times 0.03 = 2.70 \text{ mm/hr}$ 、側面AFからは $(100 - 60) \times 0.100 = 4.00 \text{ mm/hr}$ の水が流出するので、1時間当り底面からは35mmの水が下方に浸透し側面からは $2.70 + 4.00 = 6.70 \text{ mm}$ の水が流出することになる。又、貯留高が130mmのときは、浸透は 45.5 mm/hr 、流出は 10.60 mm/hr となり、100mmの場合に比べて流出率が増大する。図に示すように、貯留高が小さいときは浸透が大部分で流出はほんの一部に過ぎないが、貯留高が増すにつれて流出の占める比率が大きくなる。

以上の流出過程をTank IからIVで示すと表III-22に示すとおりである。

Table III-22 Method of Runoff Calculation according to Tank Model

No.	Tank	Item	Calculation formula	Remark
1	Top stage tank	Storage height remainder of the previous period	4 - 7 - 8 (of previous period)	
2		Precipitation	Input	
3		Evapotranspiration	Estimated value	
4		Storage height	1 + 2 - 3	
5		Run-off height (upper outlet)	$(4 - h_2) \times 2$	
6		Run-off height (lower outlet)	$(4 - h_1) \times 1$	
7		Subtotal of run-off height	5 + 6	
8		Infiltration height	4 x	
9	2nd stage tank	Storage height remainder of the previous period	11 - 12 - 13 (of previous period)	
10		Evapotranspiration	Estimated value	
11		Storage height	8 + 9 - 10	
12		Run-off height	$(11 - h) \times$	
13		Infiltration height	11 x	
14	3rd stage tank	Storage height remainder of the previous period	16 - 17 (of previous period)	
15		Evapotranspiration	Estimated value	
16		Storage height	13 + 14 - 15	
17		Run-off height	$(16 - h) \times$	
18		Infiltration height	11 x	
19	4th stage tank	Storage height remainder of the previous period	21 - 22 (of previous period)	
20		Evapotranspiration	Estimated value	
21		Storage height	8 + 9 - 20	
22		Run-off height	$(21 - h) \times$	
23		Total of run-off	7 + 12 + 17 + 22	

4.3 タンクモデルの検証

タンクモデルの検証は多くの試行錯誤をとおして実施された。

1979年, 1981年の実測ハイドログラフと各タンクによる計算ハイドログラフを比較検討した結果, 図Ⅲ-8のタンクのパラメーターを今後の検証計算のための基本タンクとして選定した。基本タンクで試算した流出ハイドログラフと実測ハイドログラフを見較べて試算した流出ハイドログラフの訂正する部分を見つけだし, 3段タンク, 4段タンクの流出孔, 浸透孔の乗数, 流出孔の高さ及び初期貯留量を補正し, 減水期の実測ハイドログラフに近づけた。

更に, 洪水期及び洪水から低水への移行期については, 1段タンク, 2段タンクの定数を補正した。このようにして定数を1つずつ改めながら計算した流出ハイドログラフを実測ハイドログラフに近づけてゆき図Ⅲ-8が得られた。

図Ⅲ-8における実測, 計算流量はピーク高が一致し, 減水部の低減傾向も相以していることから図Ⅲ-8に示すタンクを最終モデルとした。

しかし, 図Ⅲ-8のある期間については, 一致していないところがある。特に1979年6月から9月と1981年の4月から6月で, これは雨量資料をマハット川流域のパンカラコタバルのものを使用しているためで, この期間の実測ハイドログラフは, 計算ハイドログラフより高くでている。この現象は, マハット流域ではなくカンパールカナン川流域に降雨があるためである。

4.4.4 ダムサイト流量の推定

流量資料は, 水力発電開発調査には不可決のものであるが, カンパールカナン川のダナウビンクアン測水所には過去5ヶ年間の観測資料しかなく, 発電計画上資料数が少ない。従って過去の流出量を推定する必要がある。

ダムサイト流量は, 近年5ヶ年は, ダナウビンクアン測水所の観測資料を流域換算し使用するものとし, それ以外の過去の分についてはダムサイト地点でタンクモデルにより推定するものとした。

(1) 雨量

タンクモデルに使用する雨量資料は, パンカラコタバル観測所の資料を降雨倍率により流域平均降雨にしたものとするが, 欠測がある場合は他観測所との相関回

帰式により雨量を補填することとした。補填は次の2手法で実施した。

- (a) バンカンコタバル観測所に資料がない時
バンキナン観測所の日雨量を相関分析により補正して用いる。
- (b) バンキナン観測所に資料がない時
バヤクンブ観測所の日雨量を相関分析により補正して用いる。

欠測補填を上記の手順で計算し、その結果付属資料に示すように流量年表を作成した。

(2) 棄却検定

タンクモデルに使用するバンカンコタバル雨量資料については、年雨量最大で6,035 mm (1925), 最小で1,775 mm (1974), 平均で3,740 mmである。図9は平均値に対する観測値のパラツキを示したものである。この中で1925, 1974, 1975及び1976年の4ケ年の資料は異常値と考えられる。そこで、この4ケ年の資料は異常値と考えられる。そこでこの4ケ年の資料について棄却検定を実施した。

検定は、1903年から1981年までの31個の年雨量で岩井法により確率計算を実施し、その結果より異常率の計算と棄却検定を実施した。

岩井法による異常率の基本推定式は以下のとおりである。

確率計算結果は、

$$\log(x+0) = 3.594 + 0.089\epsilon$$

であり、異常率推定式は

$$\log(x_\epsilon + b) = \log(x_0 + b) \pm r_\epsilon \cdot S_x$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{ \log_{10}(x_i + b) \}^2 - \{ \log_{10}(x_0 + b) \}^2}$$

$$\therefore \log(x_\epsilon + 0) = 3.594 + 0.0616 r_\epsilon$$

異常値計算表

(%)	F	T	Y _ε	0.0616r _ε	log(x _ε +0)	x _ε +0	x _ε
0.05	99.95	2,000	3.766	0.23199	3.8259	6698.62	6698.62
0.25	99.75	400	3.129	0.19275	3.7867	6119.92	6119.92
0.50	99.50	200	2.840	0.17494	3.7689	5874.14	5874.14
1.25	98.75	80	2.437	0.15012	3.7441	5547.78	5547.78
2.50	97.50	40	2.109	0.12991	3.7239	5295.59	5295.59
5.00	95.00	20	1.753	0.10798	3.7020	5034.83	5034.83
12.50	87.50	8	1.212	0.07466	3.6687	4662.93	4662.93
25.00	75.00	4	0.7052	0.04344	3.6374	4339.51	4339.51

棄却限度 ε₀ の値

N	β ₀		N	β ₀		N	β ₀	
	5%	1%		5%	1%		5%	1%
18	0.285%	0.056%	34	0.151%	0.030%	50	0.103%	0.020%
20	256	049	36	142	028	55	093	018
22	233	046	38	135	027	60	085	017
24	214	042	40	128	025	65	079	016
26	197	039	42	122	024	70	073	014
28	183	036	44	117	023	75	068	013
30	171	034	46	111	022	80	064	013
32	160	032	48	107	021			

最大値に対する異常率 ε は、対数確率紙上に X_ε をプロットした図 III-10 から求めると ε = 0.40% (F=99.6) である。この値は棄却限界表の N=31, β₀=5%, ε₀=0.166% よりも大きく、この値を除外することの危険率は5%以上であるため棄却することはさける。

最小値を含む3個の資料に対する異常率は、

$$1974年 \quad 1,775 \text{ mm} \quad \epsilon = 0.001\% < \epsilon_0 = 0.166\%$$

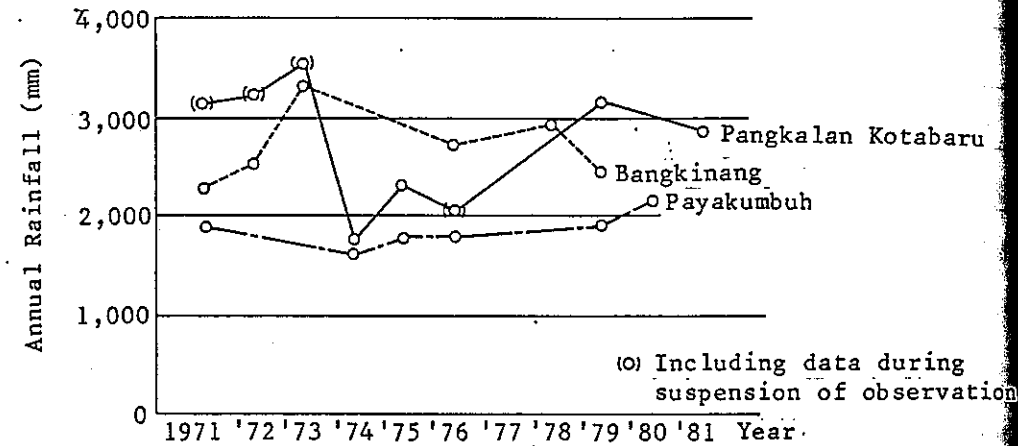
$$1975年 \quad 2,305 \text{ mm} \quad \epsilon = 0.130\% < \epsilon_0 = 0.166\%$$

1976年 2,082 mm $\epsilon = 0.018\%$ $< \epsilon_0 = 0.166\%$

と危険率は5%以下である。

又、1974年から1976年を含む11年間について近傍観測所の傾向を見ると他地点については、ほぼ通年等しい降雨量があるが、パンカラコタバル地点においては極端に雨量が少ない。そこで、この3年間の降雨資料はタンクモデルの入力として使用せず、相関分析を実施し補填雨量とした。

Relationship of annual rainfall



なお、回帰式による欠測補填は、月雨量の相関関係からパンカラコタバルの観測月の月雨量を算定し、対象とした雨量観測所の雨量との比率により日雨量とした。

(3) 結果

ダムサイトにおける1903年～1941年、1971年～1981年の50年間の年平均流量は1926年の479.97 m³/sが最大で1971年の151.97 m³/sが最小であり、近年11ケ年は長期的にみて渇水年にあると考えられる。

しかし、表III-23と図III-11に示す結果より1903年から1941年の39ケ年と1971年から1976年の6ケ年及び実測資料のある1979年と1981年の観測と比較検討すると最初の39ケ年は流出率が57～76%程度、年流出量の平均は252.93 m³/sであり、次の6ケ年は51～59%程度、年流出量の平均は173.23 m³/s、1971年と1981年は55.57%年流出量160.87 m³/sで、1971年から1976年の6ケ年と1971年、1981年の結果はほぼ一致しているが、36ケ年の流出量及び流出率は高く出ている。これは、39ケ年の雨量が最近の雨量に比べ多いためである。

この雨量の観測結果が正しいかどうか、この近傍の観測所の資料が少なく、又観測技術がどの程度精度あるものが判明しないため1903年から1941年の39

年の解析結果は、あくまでも参考資料として扱う必要がある。

ダムサイトにおける流量は、表III-24に示す。又、流況は表III-25、図III-12、III-13に示すとおりであり、1971年から1981年までの11ケ年の年平均流量は173.52 m³/sとなる。

図III-14はダムサイトにおける1971年から1981年までの11ケ年のマスカーブである。又、III-15に貯水池の水位容量曲線を示す。

5. 洪水流量

5.1 概 説

ダムサイトにおける設計洪水流量の算定は、特に水理構造物を設計する上で重要である。この章では設計洪水流量の検討結果について述べる。

検討方法はまず確率雨量の検討を行い、次にこの検討結果を用いて、コタバンジャンムの生起確率 200 年洪水を算定した。

生起確率 200 年降雨は、ヘーゼン法、岩井法及びトーマス法を適用し、下表に示す流域内及びその近傍の計 6 地点の資料を用いて算定した。

観測所	期 間	データ数
Bangkinang	1903 ~ 41 , 1952 ~ 55 1971 ~ 73 , 1976 ~ 80	51
Tanjung Pauh	1928 ~ 41 , 1954 ~ 58 1960 ~ 61	21
Pangkalang Kotabaru	1902 ~ 41 , 1954 ~ 57 1974 ~ 75 , 1979 ~ 81	48
Kota Tinggi	1923 ~ 41 , 1951 ~ 54 ~	23
Payakumbuh	1879 ~ 41 , 1951 ~ 59 1961 ~ 71 , 1974 ~ 79, 1980	84
Lubuk Sikaping	1891 ~ 1902, 1927 ~ 41 1952 ~ 55 , 1974 ~ 76 1980 ~ 82	37

5.2 確率最大降雨量の評価

岩井、トーマス、ヘーゼン法による 200 年確率降雨量は下表のとおりとなる。

	1 日			5 日		
	岩 井	トーマス	ヘーゼン	岩 井	トーマス	ヘーゼン
Bangkinang	230	230	225	430	430	410
Tanjung Pauh	195	210	190	360	420	380
Pangkalan Kotabaru	348	320	330	720	720	700
Kota Tinggi	160	160	160	380	420	390
Payakumbuh	180	170	150	360	360	350
Lubuk Sikaping	250	250	235	390	410	390

以上のように岩井法とトーマス法は、ほぼ同じ値であるが、ヘーゼン法による値は小さい結果となっている。

岩井法による、1 日、5 日の各生起確率 200 年降雨量による等降雨量線は図 III-16 及び III-17 のとおりである。

流域内及びその近傍の各雨量観測所から得られた生起確率 200 年降雨量から流域内の平均降雨を等降雨量線法によって算出すると次のとおりである。

平均降雨	1 日	5 日
	264 mm	526 mm

5.3 既往洪水

ダナウピングクアン測水所で観測された過去の洪水時の最大流量、ハイドログラフと流域内の降雨の特徴について述べると以下のとおりである。

(1) 洪水時の最大流量

ダナウピングクアン測水所 (C.A. = 4,035 km²) 水位観測資料 (1977年~1981年) の中から洪水時の瞬間最大水位に、当測水所の流量曲線を適用し、ダム地点の流量を求めたものを下表に示す。

No.	水位 H (m)	流量 Q (m ³ /s)	測定日	備考
1	6.90	1,799.0	1978年12月15日	○流量曲線 $Q = 26.306H^2 + 131.985H + 12.164$ Q: 流量 (m ³ /s) H: 水位 (m) ○流量は C.A. = 3,337 km ² に換算した。
2	5.73	1,349.8	1979年 2月10日	
3	5.36	1,200.1	1979年11月27日	
4	5.02	1,106.3	1980年11月25日	
5	4.92	1,073.7	1977年12月 8日	
6	4.83	1,044.8	1978年 3月24日	
7	4.73	1,013.1	1979年 1月10日	

上記より、コタパンジャンダム地点に推定される5ヶ年の洪水流量は1,799.0 m³/s となる。

(2) ハイドログラフと流域内の降雨

1979年の洪水時のハイドログラフとパンカラコタバルの日降雨パターン図 III-18~III-20 に示すとおりである。

No.	測定日	ダムサイト流量 (m ³ /s)
1	2月10日	1,349.8
2	5月 1日	1,000.5
3	11月27日	1,220.1

これら三つの洪水と降雨との特徴は、

- (a) パンカラコタバルにおいて100 mm/day 以上の降雨が発生すると約1~2日後には1,000 m³/s 以上の洪水が発生する。(図 III-18 参照)
- (b) 1,000 m³/s 級の1山洪水の継続日数は約1週間程度である(図 III-19 参照)
- (c) 100 mm以上の降雨後、更に降雨が引き続き継続した場合には洪水も長期化する(図 III-20 参照)。

5.4 設計洪水と確率最大洪水

5.4.1 模型の選定

洪水解析法には数種類の方法があり、そのうち単位図法 (Unit Hydrograph)、貯留関数法 (Storage Function)、合理式 (Rational Formula) などがしばしば用いられる。しかし、合理式を除いた他の方法は、入力データとして時間降雨が必要である。コタパンジャンダムの流域内の雨量観測所にはこれら資料がない。そこで、日雨量から洪水流量を予測できる合理式によって200年洪水を求め、この値をジャカルタの降雨強度式及びインドネシア国内の他ダムの実績から算出した洪水流量と比較検討した。

5.4.2 合理式による洪水解析

(1) 合理式による解析方法

この方法は河川流域の降雨量からピーク洪水流量を算出する簡単な方法である。

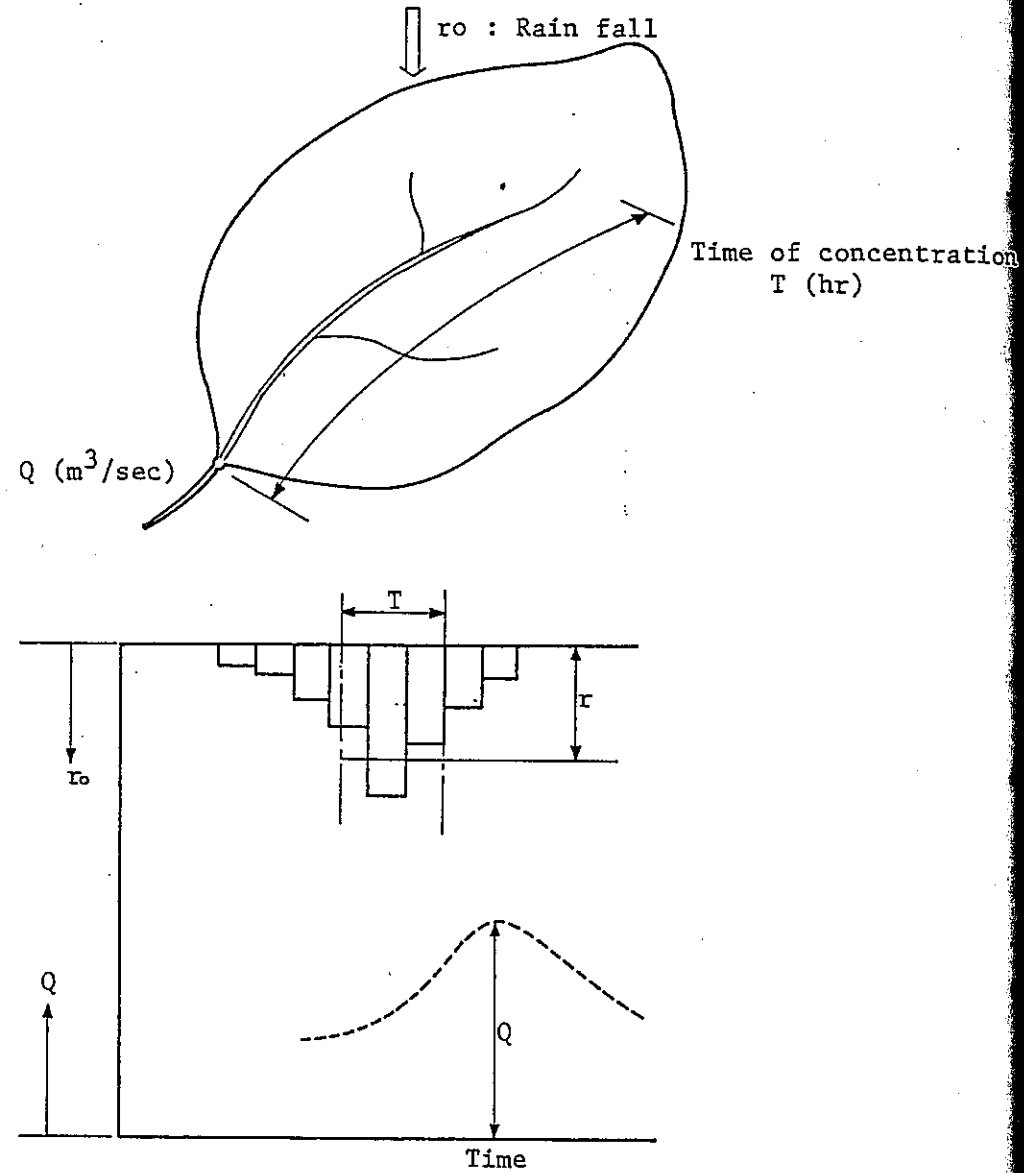
$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A$$

ここに、 Q: ピーク洪水流量 (m³/s)

f: 洪水流出係数

r: 時間当りの集中降雨量 (mm/hr)

Time of concentration



(a) 降雨集中時間

降雨集中時間は、流域の最上流から当該地点までの表面を流下するに必要な時間に基づくものであり、次の方法によって求めることができる。

Rziha 式

$$W = 72 (H/L)^{0.6}, \quad T = L/\omega$$

ここに、 L : 水系最上流部と当該地点との間の河川延長 (km)

H : 上記の 2 地点の標高差 (km)

ω : 洪水の流速 (km/hr)

T : 降雨集中時間 (hr)

(b) 物部式による雨量強度

流域内に時間降雨記録がない場合は、 T 時間の雨量強度は次の物部式から得られる。

$$r = \frac{r_0}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}, \quad (T: \text{hr})$$

$$(r: \text{mm/hr})$$

(c) 日本の河川における洪水流出係数の例を下表に示す。

日本内地河川の流出係数 f の値

急峻な山地	0.75 ~ 0.90
三紀層山岳	0.70 ~ 0.80
起伏のある土地及び樹林	0.50 ~ 0.75
平坦な耕地	0.45 ~ 0.60
かんがい中の水田	0.70 ~ 0.80
山地河川	0.75 ~ 0.85
平地小河川	0.45 ~ 0.75
流域のなかば以上が平地である大河川	0.50 ~ 0.75

(2) 設計洪水と確率最大洪水

生起確率 200年洪水は、流域内の平均 200年降雨と、流域内で最大降雨を観測したパンカラコタバルの 200年確率降雨から求めると下式のとおりである。

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A$$

$$r = r_0 \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

$$T = \frac{L}{\omega}$$

$$\omega = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6}$$

ここに、 H : 最上流点からの落差 (km) = 635m - 85m = 550m

L : " 水平距離 (km) = 75km

ω : 洪水の到達速度 (km/hr)

T : 到達時間 (hr)

r_0 : 日雨量 / 24 (mm/hr) = 264 / 24 = 11.0 mm/hr (流域平均)
= 348 / 24 = 14.5 mm/hr (パンカラコタバル)

r : 雨量強度 (mm/hr)

A : 集中面積 (km²) = 3,337 km²

f : 流出係数 = 0.6

f の表から「流域のなかば以上が平均である大河川」に対し

① 到達速度で示される値 (0.5~0.75) のほぼ中央値を設定

$$\omega = 72 \times \left(\frac{0.55}{75} \right)^{0.6} = 3.77 \text{ km/hr}$$

② 到達時間

$$T = \frac{75}{3.77} = 19.9 \text{ hr}$$

③ 雨量強度

$$r = 11.0 \times \left(\frac{24}{19.9} \right)^{2/3} = 12.5 \text{ mm/hr}$$

$$r = 14.5 \times \left(\frac{24}{19.9} \right)^{2/3} = 16.4 \text{ mm/hr}$$

④ ピーク流量

流域平均の 200年確率降雨によれば

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.6 \times 3,337 \times 12.5 = 6,952 \div 7,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

パンカラコタバルの 200年確率降雨によれば

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.6 \times 3,337 \times 16.4 = 9,121 \div 9,100 \text{ m}^3/\text{s}$$

パンカラコタバルの 200年確率降雨による洪水流量は、流域平均の 200年確率降雨から算出された流量の 1.3 倍になっている。現段階では、十分な実測降雨資料による厳密な算定ができないので、パンカラコタバルの 200年確率降雨から求めた値 (9,100 m³/s) を合理式から推定した 200年洪水とする。

5.4.3 設計洪水の検証

(1) ジャカルタの降雨強度式による推定

ジャカルタで採用されている雨量強度と継続時間の関係は図 III-21 のとおりである。1976年 12月 18日~19日の降雨より継続時間を 18 (hr) と設定し、各確率年の雨量強度を求め合理式により設計洪水流量を求めたものを図 III-22 に示す。これより生起確率 200年の設計洪水流量は $Q = 8,200 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

(2) インドネシア国内の他ダムの実例

図 III-23 は、ジャワ島で既設又は建設途中のフィルダムの設計洪水流量と流域面積の関係を示している。図中各数値は、生起確率年を示しており、生起確率年は 200年から 10,000年に及ぶ広範囲にわたっている。図中で各設計洪水流量を包絡する直線を考慮すると、コタパンジャンダムの流域面積 3,337 km² に相当する生起確率 2,000年~10,000年洪水流量は、11,000 m³/s となる。

図 III-24 は、インドネシアにおける河川計画に使用された比流量と流域面積の関係である。図より各比流量を包絡する直線を考慮すると、コタパンジャンダムの流域面積に相当する生起確率 40~50年洪水流量は、

$$1.6 \text{ m}^3/\text{s} / \text{km}^2 \times 3,337 \text{ km}^2 = 5,300 \text{ m}^3/\text{s}$$

これらの実績を図Ⅲ-22にプロットとし、生起確率200年の設計洪水流量を定すると、 $6,800 \leq Q \leq 7,900 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

(3) 設計洪水流量の設定

各算定式及び実例で求められたコタパンジャンダム設計洪水流量の推定値は下表のとおりである。

	手 法	設計洪水流量推定値 Q (m^3/s)	備 考
1	合 理 式	9,100	但し、パンカラコタバル降雨より推定生起確率200年
2	合 理 式 (雨量強度はジャカルタの実績)	8,200	
3	他 ダ ム の 実 例	$6,800 \leq Q \leq 7,900$	

以上により、設計洪水流量として $Q = 9,000 \text{ m}^3/\text{s}$ を設定する。

又、現在仮排水路の設計洪水流量を $1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と設定している。

これは図Ⅲ-22の他地点のダムの実績より生起確率1.0年を考慮し、設定し

背水計算

貯水池の完成後は、貯水池の水が流下するに必要なだけ水面が上昇する。カンパールカナン川及びマハット川に沿い、水面上昇を求めるため、背水計算を行った。計算はダムサイト位置での流量が洪水時($9,000 \text{ m}^3/\text{s}$)及び185日流量時($143.77 \text{ m}^3/\text{s}$)の場合について行った(図Ⅲ-25~Ⅲ-28参照)。

計算の結果、洪水時にはカンパールカナン川ではムアラマハットの仏教遺跡付近で水位は満水位 85.0m 以上に上昇し、 86.396m となる。このため、遺跡の防水対策が必要である。又、マハット川ではパンカラコタバル付近では水位は 91.551m となるが、ダム築造前でも 91.444m であるので、ダム築造のいかんにかかわらず洪水時には同町の北側の一部低い標高($88.2\text{m} \sim 91.5\text{m}$)では一時的に冠水することとなる。185日流量の場合は、ダムの築造による背水の影響は無視できる。

7. 設計堆砂量

設計堆砂量の設定にあたっては、インドネシア国内での実績調査、カンパール川及びマハット川での浮遊土砂量の実測並びに種々の推定式を用いて行った。

(1) 他のプロジェクトの実例

ダム名	比堆砂量 ($m^3/km^2/年$)	ダム形式 (ダム高さ m)	流域面積 (km^2)	位置, 河川名
Cirata	1,430	コンクリート重力 (114)	4,119	ジャワ島 Citarum R.
Wonogiri	1,170	ロックフィル (37.5)	1,020	ジャワ島 Benga Wan Solo R.
Riam Kiwa	246	アースフィル (50)	1,420	カリマンタン島 Riam Kiwa R.

(2) 浮遊土砂量からの推定

DPMAにより過去に、カポエルナン川(ムアラバイティ)及びマハット川(クシボパイ)で浮遊土砂量は、表Ⅲ-29のとおり測定されている。又、今回調査で測定された地点は第1節のとおりである。浮遊土砂の堆砂量 q_s について安全側を考慮し表Ⅲ-26の最大値 $143.66 (mg/l)$ を用いて検討する。表Ⅲ-26から貯水池への平均流入量 $173.52 m^3/s$ 、推砂の密度を一般的な $15 t/m^3$ とする。

$$q_s = 143.66 \times 10^{-9} \times 173.52 \times 10^3 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 / 1.5$$

$$= 524,084 m^3/年$$

掃流土砂量は浮遊土砂量の20%程度と考えると、堆砂量は、

$$Q = 1.2 \times q_s = 628,900.8 m^3/年$$

比堆砂量 Q_s は、C.A. = $3,337 km^2$ より

$$Q_s = 188 m^3/km^2/年$$

となる。なお、ウオノギリダムでは掃流土砂量を15%としている。

(3) その他の式

日本国内で広く用いられている方法に、吉良、田中及び石外の式があるの(4)考までにこれらの式によって堆砂率を求めると次のとおりとなった。

吉 良	$170 m^3/km^2/年$	
田 中	134 "	($76 \leq Q_s \leq 193$)
石 外	640 "	($346 \leq Q_s \leq 933$)

(4) 設計堆砂量の設定

堆砂量について、他プロジェクトの実績、浮遊土砂量からの推定及び種々の推定式による比堆砂量を求めると、その推定値は下表のとおりである。

	手 法	比堆砂量推定値 ($m^3/km^2/年$)	備 考
1	他プロジェクトの実例	$246 \leq Q_s \leq 1,430$ (838)	()内は、 平均値を示す。
2	浮遊土砂量からの推定	188	
3	吉 良 の 式	170	
4	田 中 の 式	$76 \leq Q_s \leq 193$ (134)	
5	石 外 の 式	$346 \leq Q_s \leq 933$ (640)	

以上より、今後更に調査を継続するものとし、現段階では、上記推定値を総合勘案し、比堆砂量を $500 m^3/km^2/年$ と設定した。

Table III-2 Suspended Sediment of the Kampar Kanan River (1)

Flow Gauging Station: Rantau Berang
 Catchment Area : 3,357 km²

No.	Date	Discharge	Suspended Sedimentation (ppm)	Sampling Sites
1	Oct. 7, '82	177	8	Left Dx20%
	"	"	16	Left Dx50%
	"	"	8	Center Dx20%
	"	"	16	Center Dx50%
	"	"	6	Right Dx20%
2	Oct. 11, '82	344	12	Right Dx50%
	"	"	10	Left Dx20%
	"	"	6	Left Dx50%
	"	"	10	Center Dx20%
	"	"	8	Center Dx50%
3	Oct. 16, '82	215	10	Right Dx20%
	"	"	8	Right Dx50%
	"	"	3	Left Dx20%
	"	"	4	Left Dx50%
	"	"	4	Center Dx20%
4	"	224	6	Center Dx50%
	"	"	2	Right Dx20%
	"	"	6	Right Dx20%
	"	"	4	Left Dx20%
	"	"	2	Left Dx50%
5	Oct. 31, '82	524	4	Center Dx20%
	"	"	4	Center Dx50%
	"	"	5	Right Dx20%
	"	"	2	Right Dx50%
	"	"	20	Left Dx20%
6	"	405	19	Center Dx20%
	"	"	12	Right Dx20%
	"	"	10	Left Dx20%
	"	"	8	Left Dx50%
	"	"	8	Center Dx20%
7	Nov. 1, '82	264	7	Center Dx50%
	"	"	7	Right Dx20%
	"	"	8	Right Dx50%
	"	"	4	Left Dx20%
	"	"	7	Left Dx50%
8	Nov. 2, '82	424	6	Center Dx20%
	"	"	7	Center Dx50%
	"	"	2	Right Dx20%
	"	"	4	Right Dx50%
	"	"	39	Left Dx20%

Note: *1) Dx20% shows sampling site at 20% of the river depth.

Table III-2 (Cont'd)

No.	Date	Discharge	Suspended Sedimentation (ppm)	Sampling Sites
9	Dec. 28, '82	590.42	80	Left Dx20%
	"	"	100	Center Dx20%
	"	"	111	Right Dx20%
10	Jan. 1, '83	860.34	125	Left Dx20%
	"	"	115	Center Dx20%
	"	"	145	Right Dx20%
11	Jan. 14, '83	-	38	Center Dx20%
	Jan. 16, '83	801.96	98	Left Dx20%
	"	"	80	Center Dx20%
12	"	"	71	Right Dx20%
	Jan. 17, '83	-	65	Left Dx20%
	"	"	75	Center Dx20%
13	"	"	44	Right Dx20%
	Jan. 24, '83	593.38	38	Left Dx20%
	"	"	80	Center Dx20%
14	"	"	20	Right Dx20%

Table III-3 Suspended Sediment of the Kampar Kanan River (2)

Flow Gauging Station: Tanjung
Catchment Area : 1,369 km²

No.	Date	Discharge	Suspended Sedimentation (ppm)	Sampling Sites
1	Jan. 29, '83	235.49	59	Left Dx20%
	"	"	71	Center Dx20%
	"	"	55	Right Dx20%
2	Jan. 30, '83	181.40	20	Left Dx20%
	"	"	21	Center Dx20%
	"	"	40	Right Dx20%
3	Feb. 1, '83	173.19	108	Left Dx20%
	"	"	92	Center Dx20%
	"	"	97	Right Dx20%
4	Feb. 2, '83	159.20	20	Left Dx20%
	"	"	40	Center Dx20%
	"	"	36	Right Dx20%

Table III-4 Suspended Sediment of the Mahat River

Flow Gauging Station: Lubuk Sipopay
Catchment Area : 879 km²

No.	Date	Discharge	Suspended Sedimentation (ppm)	Sampling Sites
1	Jan. 17, '83	235.00	50	Left Dx20%
	"	"	61	Center Dx20%
	"	"	24	Right Dx20%
2	Jan. 21, '83	113.76	38	Left Dx20%
	"	"	38	Center Dx20%
	"	"	24	Right Dx20%
3	Jan. 23, '83	170.39	44	Left Dx20%
	"	"	60	Center Dx20%
	"	"	47	Right Dx20%
4	Feb. 3, '83	43.78	42	Left Dx20%
	"	"	22	Center Dx20%
	"	"	44	Right Dx20%

Table III-5 Water Quality of the Kampar Kanan River

Flow Gauging Station: Rantau Berangin
Catchment Area : 3,357 km²

Substances	Unit	No. 1	No. 2
Sampling Date	-	Oct. 7, '82	Oct. 31, '82
Air Temperature	°C	27.5	30.4
Water Temperature	°C	25.5	26.1
Discharge	m ³ /sec	177.0	524.0
pH Value	-	6.7	6.2
Suspended Sediment	mg/lit.	16.0	19.0
Calcium VI (Cr VI)	"	0.05	0.09
Copper (Cu)	"	0.04	0.03
Zinc (Zn)	"	0.35	0.07
Iron (Fe)	"	0.02	0.33
Lead (Pb)	"	0.22	0.26
Phosphate (Po)	"	5.10	7.10
Nickel (Ni)	"	0.01	0.03
Phenols	"	0.08	1.83
Fluoride (F)	"	0.01	0.36

Table III-6 Results of River Discharge Gauged (1)

River : Kampar Kanan River Flow Gauging Station: Rantau Berangin Catchment Area : 3,357 km ²					
No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/sec)	Discharge (m ³ /sec)
1	Oct. 4, '82	0.78	291.02	0.354	103.18
2	"	1.02	319.86	0.522	167.12
3	Oct. 7, '82	1.14	317.39	0.565	179.22
4	"	1.55	368.33	0.845	312.25
5	"	1.57	376.50	0.831	312.72
6	Oct. 11, '82	1.82	398.37	0.898	357.64
7	"	1.72	376.55	0.847	318.86
8	Oct. 12, '82	1.10	292.95	0.472	138.22
9	"	0.97	284.66	0.445	126.54
10	"	1.03	294.74	0.481	141.83
11	Oct. 27, '82	0.69	270.50	0.292	78.90
12	Oct. 28, '82	0.72	271.30	0.327	88.62
13	Oct. 29, '82	0.76	258.90	0.384	99.30
14	Oct. 30, '82	0.67	257.10	0.362	92.98
15	"	2.35	438.60	1.335	505.61
16	"	2.09	395.80	1.014	401.47
17	Oct. 31, '82	1.91	373.70	0.967	361.44
18	Nov. 1, '82	1.51	339.40	0.825	280.10
19	"	1.64	348.00	0.880	306.30
20	Nov. 2, '82	2.06	392.70	1.092	428.81
21	"	2.24	409.90	1.201	492.20
22	"	2.23	393.20	1.146	450.71
23	Nov. 3, '82	1.46	332.70	0.768	255.63
24	"	1.50	337.70	0.790	266.70
25	Nov. 4, '82	1.18	299.00	0.622	185.97
26	"	1.17	298.10	0.613	182.80
27	"	1.21	303.70	0.629	190.97

Table III-6 (Cont'd)

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/sec)	Discharge (m ³ /sec)
28	Nov. 5, '82	1.29	316.25	0.725	229.32
29	"	1.45	319.10	0.841	268.21
30	"	1.57	337.60	0.889	300.02
31	"	1.74	358.90	0.979	351.52
32	"	1.87	356.50	0.976	347.93
33	"	1.73	357.10	0.937	334.58
34	"	1.64	347.30	0.882	306.44
35	Nov. 6, '82	1.59	337.80	0.829	280.19
36	Nov. 7, '82	1.45	333.20	0.772	257.09
37	"	1.37	313.25	0.697	218.43
38	Nov. 8, '82	2.19	388.40	1.190	462.17
39	"	2.25	408.50	1.193	487.47
40	"	2.12	392.40	1.127	442.20
41	Dec. 27, '82	2.14	401.30	1.120	449.48
42	Dec. 28, '82	2.53	443.89	1.330	590.42
43	Jan. 1, '83	3.10	504.50	1.705	860.34
44	"	2.83	470.90	1.520	713.36
45	Jan. 7, '83	1.40	324.61	0.944	306.27
46	Jan. 16, '83	3.03	504.59	1.588	801.96
47	Jan. 22, '83	1.36	313.77	0.917	287.75
48	Jan. 23, '83	1.48	323.52	1.530	372.94
49	Jan. 24, '83	2.29	432.30	1.240	536.03
50	"	2.72	466.46	1.502	700.72
51	Feb. 5, '83	0.98	287.41	0.485	139.47
52	Feb. 10, '83	0.80	274.87	0.449	123.53

Table III-7 Results of River Discharge Gauged (2)

River : Kampar Kanan River
 Flow Gauging Station: Danau Bingkuang
 Catchment Area : 4,035 km²

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/sec)	Discharge (m ³ /sec)
1	Nov.11, '82	1.55	264.20	1.015	268.03
2	"	1.55	264.70	0.902	264.70

Table III-8 Results of River Discharge Gauged (3)

River : Mahat River
 Flow Gauging Station: Lubuk Sipopay
 Catchment Area : 879 km²

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/sec)	Discharge (m ³ /sec)
1	Sep. 5, '82	0.18	60.09	0.180	10.87
2	Nov.10, '82	1.37	72.80	0.869	63.23
3	Jan.21, '83	1.46	118.61	0.963	113.76
4	Jan.23, '83	1.72	120.76	1.411	170.39
5	Feb. 3, '83	1.15	94.48	0.441	41.63

Table III-9 Results of River Discharge Gauged (4)

River : Kampar Kanan River
 Flow Gauging Station: Kotapanjang Dam Axis 4
 Catchment Area : 3,337 km²

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/sec)	Discharge (m ³ /sec)
1	Oct.13, '82	1.28	233.40	0.476	111.08
2	"	1.29	227.03	0.488	110.85
3	Oct.29, '82	1.31	228.97	0.477	109.17
4	Oct.30, '82	1.25	232.27	0.441	102.41
5	"	1.09	224.44	0.407	91.37
6	Nov.12, '82	1.08	229.28	0.415	95.26
7	"	1.95	283.90	0.835	236.99
8	Nov.13, '82	1.90	271.10	0.824	223.26
9	"	1.50	259.80	0.621	161.26
10	Nov.15, '82	1.59	157.64	0.667	171.79
11	"	2.55	330.30	1.000	330.50
12	"	2.73	347.10	1.014	351.90
13	"	3.04	370.10	1.131	418.70
14	Nov.14, '82	2.61	294.90	0.868	256.10

Table III-10 Results of River Discharge Gauged (5)

River : Kampar Kanan River
 Flow Gauging Station: Tanjung
 Catchment Area : 1,369 km²

No.	Date	Water Level (m)	Section (m ²)	Velocity (m/sec)	Discharge (m ³ /sec)
1	Jan.28, '83	2.10	154.51	1.433	221.40
2	"	1.99	157.46	1.437	266.27
3	"	2.06	155.64	1.518	236.31
4	Jan.29, '83	2.05	150.93	1.560	235.49
5	Jan.30, '83	1.95	128.00	1.417	181.40
6	"	1.91	126.27	1.378	174.06
7	Jan.31, '83	1.84	132.00	1.312	173.19
8	Feb. 1, '83	1.92	137.46	1.260	173.19
9	Feb. 2, '83	1.81	131.63	1.209	159.20

Table III-15 Monthly Mean Daily Temperature

(Unit: °C)

Month	Pekanbaru (1961 - 1979) No. BMG-1			Pasar Kampar (1976 - 1981) No. P3SA-1			Japura-Rengat (1961 - 1979) No. BMG-3			Tanjung Pati- Payakumbuh (1975 - 1982) No. P3SA-3			Tabing-Padang (1971 - 1979) No. BMG-2		
	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.
Jan.	24.4	32.7	20.7	26.9	34.5	19.4	25.9	32.1	20.9	24.1	34.0	12.5	26.0	31.1	21.0
Feb.	26.1	33.2	20.6	27.3	35.3	18.7	26.2	31.5	20.5	24.1	33.5	15.5	25.9	31.5	21.9
Mar.	26.6	34.0	20.8	27.8	35.7	18.1	26.6	33.8	21.2	25.2	34.5	16.5	26.1	31.1	20.5
Apr.	26.9	33.7	21.2	28.0	36.0	19.1	27.0	33.0	21.8	25.2	33.5	16.0	26.3	31.2	21.7
May	27.1	34.1	21.6	28.2	36.7	19.0	27.3	33.7	21.6	25.6	37.7	13.3	26.4	31.2	22.2
Jun.	26.8	33.5	21.4	27.6	39.5	18.6	27.1	33.7	21.1	24.6	35.5	15.3	26.0	30.8	22.0
Jul.	26.4	33.1	20.7	27.4	35.8	18.2	26.8	32.9	21.2	24.3	40.2	15.1	25.6	30.6	21.4
Aug.	26.2	33.0	20.6	27.7	39.4	16.2	26.6	32.2	21.1	24.3	32.7	15.5	25.6	30.4	21.4
Sept.	26.4	33.0	21.0	27.4	36.2	19.0	26.7	32.6	21.5	24.3	33.5	14.7	25.6	30.3	21.9
Oct.	26.2	33.5	21.4	28.0	37.0	19.0	26.7	32.0	21.6	24.8	39.1	13.2	25.6	30.3	21.1
Nov.	26.1	32.8	21.2	27.5	35.5	20.2	26.4	32.2	21.6	24.6	31.4	18.8	25.6	30.1	21.9
Dec.	25.8	32.8	21.2	27.2	35.3	21.4	26.0	31.7	21.4	24.4	39.5	15.6	25.8	31.1	21.4

Note: Maximum and Minimum show the instantaneous temperature.

Table III-16 Monthly Mean Daily Relative Humidity

(Unit: %)

Month	Pekanbaru (1961 - 1979) No. BMG-1			Pasar Kampar (1976 - 1981) No. P3SA-1			Japura-Rengat (1961 - 1979) No. BMG-3			Tanjung Pati- Payakumbuh (1975 - 1982) No. P3SA-3			Tabing-Padang (1971 - 1979) No. BMG-2		
	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.
Jan.	85	91	82	88	94	76	83	85	79	92	99	70	82	83	81
Feb.	85	89	81	88	95	76	82	87	78	93	98	81	82	84	80
Mar.	85	90	79	89	95	75	82	85	77	97	98	95	82	84	81
Apr.	86	89	82	89	95	77	83	87	78	96	99	89	84	86	82
May	84	87	80	90	96	80	82	86	78	97	99	93	82	86	79
Jun.	83	86	80	88	96	71	81	85	75	98	99	95	82	84	79
Jul.	84	89	82	86	95	72	81	84	73	96	98	93	82	84	79
Aug.	83	89	80	82	96	68	80	84	73	96	98	89	82	85	81
Sept.	84	86	81	86	94	73	81	85	75	97	99	93	84	86	81
Oct.	84	87	80	87	95	74	83	87	78	96	99	88	84	86	82
Nov.	85	87	82	86	95	72	83	86	75	95	97	90	84	86	82
Dec.	85	87	83	87	93	78	85	88	81	94	98	87	84	86	81

Table III-17 Monthly Mean Daily Wind Velocity

(Unit: km/day)

Month	Pekanbaru (1961 - 1979) No. BMG-1			Pasar Kampar (1976 - 1981) No. P3SA-1			Japura-Rengat (1961 - 1979) No. BMG-3			Tanjung Pati- Payakumbuh (1975 - 1982) No. P3SA-3			Tabing-Padang (1971 - 1979) No. BMG-2		
	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.
Jan.	11.1	31.5	38.5	89.2	7.4	31.5	7.9	30.3	7.4	37.0	7.4	37.0	7.4	37.0	7.4
Feb.	11.1	33.3	36.9	71.5	5.6	27.8	11.4	75.3	9.3	48.1	9.3	48.1	9.3	40.7	9.3
Mar.	11.1	29.6	39.2	77.8	5.6	31.5	15.3	566.1	23.0	37.0	7.4	37.0	7.4	38.9	7.4
Apr.	9.3	31.5	41.1	84.0	5.6	29.6	6.9	23.0	7.4	37.0	7.4	37.0	7.4	38.9	7.4
May	9.3	29.6	35.3	71.4	5.6	29.6	9.4	48.5	7.4	38.9	7.4	38.9	7.4	42.3	7.4
Jun.	9.3	33.3	36.3	70.8	5.6	31.5	10.4	95.8	7.4	42.3	7.4	42.3	7.4	44.4	7.4
Jul.	11.1	37.0	38.0	89.9	7.4	31.5	10.3	97.8	7.4	44.4	7.4	44.4	7.4	40.7	7.4
Aug.	11.1	37.0	37.0	103.1	5.6	29.6	10.7	96.1	7.4	40.7	7.4	40.7	7.4	44.4	7.4
Sept.	11.1	35.2	37.9	78.8	7.4	31.5	11.2	80.8	7.4	44.4	7.4	44.4	7.4	46.3	7.4
Oct.	9.3	33.3	40.0	74.4	5.6	33.3	13.0	58.6	7.4	46.3	7.4	46.3	7.4	42.3	7.4
Nov.	9.3	42.6	38.3	72.7	7.4	35.2	8.7	89.1	7.4	42.3	7.4	42.3	7.4	40.7	7.4
Dec.	11.1	35.2	28.5	72.5	7.4	31.5	12.1	67.1	7.4	40.7	7.4	40.7	7.4	40.7	7.4

Table III-18 Annual Rainfall around the Project Area

Month	Pasar Kamper P3SA-1		Pasir Pengarayan P3SA-2		Tanjung Pati P3SA-3		Ujung Batu P3SA-5		Tanjung Balit PLN-1		Muara Paiti PLN-2													
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD												
Jan.	101	158	23	51	229	427	116	111	161	210	122	37	171	412	44	138	115	257	30	99	268	510	153	135
Feb.	141	214	67	60	192	277	78	70	149	222	60	52	236	398	142	94	140	361	10	154	261	362	101	97
Mar.	144	206	81	48	249	504	152	102	220	294	92	78	254	396	161	87	230	393	61	172	300	362	261	29
Apr.	287	512	165	146	230	330	118	79	236	424	118	103	319	621	179	178	184	315	76	111	242	339	214	49
May	183	330	103	80	181	355	39	101	165	280	39	96	212	316	70	92	126	250	15	109	337	964	188	283
Jun.	164	346	73	96	141	223	84	53	122	229	28	78	95	194	11	75	99	182	40	68	224	297	97	70
Jul.	113	171	46	51	143	224	75	54	100	160	54	41	119	186	31	57	56	118	11	49	181	321	85	82
Aug.	89	141	10	45	113	175	33	51	115	203	56	60	164	366	10	124	84	132	11	52	227	284	160	51
Sep.	152	241	83	65	199	343	106	96	148	242	89	67	201	403	79	116	91	205	21	80	220	340	168	60
Oct.	287	468	192	105	240	448	33	110	227	367	51	114	317	587	30	197	191	345	92	135	238	325	113	70
Nov.	303	485	155	117	231	382	98	93	159	218	127	51	393	991	95	354	153	250	105	66	446	557	362	82
Dec.	200	296	133	65	335	445	164	100	207	389	72	131	282	473	139	115	162	235	103	58	408	672	177	177
Annual	2118	2688	1613	378	2483	2566	1800	243	2009	-	-	2763	3311	2234	416	1631	2400	791	704	3352	3529	2752	328	

Statistics of Mean Monthly Values	Mean	Standard Deviation	Coeff. of Variation	BNC-1	BNC-2	BNC-3	BNC-4	BNC-5	BNC-7
Mean	176.5	78.0	0.44	167.4	206.9	230.3	230.3	135.9	279.3
Standard Deviation	78.0	78.0	0.44	46.0	60.0	85.7	85.7	61.6	76.7
Coeff. of Variation	0.44	0.44	0.29	0.27	0.29	0.37	0.37	0.45	0.27

Month	BNC-1		BNC-2		BNC-3		BNC-4		BNC-5		BNC-7													
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD												
Jan.	177	443	8	103	279	493	161	101	197	472	39	121	111	149	69	34	318	542	142	107	402	1076	215	241
Feb.	216	531	31	116	263	416	154	65	222	365	25	81	103	221	38	82	225	424	28	92	329	1780	91	346
Mar.	200	434	16	113	271	467	108	118	239	457	69	118	168	276	55	97	263	586	53	103	364	1180	82	223
Apr.	241	419	100	99	370	616	121	132	265	479	120	102	151	217	78	61	265	424	28	86	401	1120	123	246
May	181	345	45	96	290	782	100	158	204	514	65	118	107	199	34	71	232	463	66	105	284	805	62	187
Jun.	148	368	7	77	252	445	96	111	120	285	34	65	120	181	43	67	161	368	52	88	183	480	75	98
Jul.	118	274	23	60	259	708	71	153	132	352	25	79	96	124	77	24	155	403	10	88	162	630	37	135
Aug.	162	327	14	96	256	578	84	141	128	286	37	61	107	155	57	49	184	434	0	83	208	436	79	94
Sep.	195	376	14	94	368	745	34	155	166	540	69	115	135	253	62	88	235	531	60	91	259	410	94	98
Oct.	229	443	25	113	445	897	12	240	209	358	71	82	196	253	75	81	314	623	68	117	393	619	287	104
Nov.	291	616	64	124	474	741	145	191	279	715	69	147	291	404	167	130	353	799	82	182	416	700	163	166
Dec.	245	440	32	113	390	705	145	184	244	412	70	96	213	344	113	97	345	718	100	124	492	1595	169	316
Annual	2403	3262	837	1085	3917	4455	3222	620	2405	3821	1503	-	1798	1987	1514	269	3050	3879	2228	-	3893	4329	2518	-

Statistics of Mean Monthly Values	Mean	Standard Deviation	Coeff. of Variation	1953 - 1981	1953 - 1981	1951 - 1981	1976 - 1979	1901 - 1941	1951 - 1981	1928 - 1964
Mean	200.3	47.7	0.24	328.0	200.4	150.0	254.1	324.4	254.1	324.4
Standard Deviation	47.7	47.7	0.24	78.0	53.8	58.6	68.1	102.0	68.1	102.0
Coeff. of Variation	0.24	0.24	0.29	0.24	0.27	0.39	0.27	0.31	0.27	0.31

Observation Period	1953 - 1981	1953 - 1981	1951 - 1981	1976 - 1979	1901 - 1941	1951 - 1981	1928 - 1964
Mean	200.3	328.0	150.0	254.1	324.4	254.1	324.4
Standard Deviation	47.7	78.0	58.6	68.1	102.0	68.1	102.0
Coeff. of Variation	0.24	0.24	0.39	0.27	0.31	0.27	0.31

Table III-18 (Cont'd)

Month	Pangkaran - Kata baru		Kata Tinggi		Lubuk Sikaping		Payakumbuh									
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD								
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.								
	BMG-8		BMG-9		BMG-10		BMG-11									
Jan.	406	951	61	197	214	572	47	145	228	467	39	101	246	484	34	115
Feb.	305	737	73	163	151	404	36	152	222	288	111	96	207	542	46	93
Mar.	353	900	89	138	208	485	23	119	347	589	182	142	240	1026	74	127
Apr.	356	680	64	130	212	535	28	125	438	844	188	192	246	508	78	95
May	251	748	22	152	182	565	24	121	304	687	82	165	165	418	20	85
Jun.	187	434	38	82	94	475	3	93	185	354	18	106	114	355	3	65
Jul.	162	447	11	100	100	755	8	142	271	551	92	125	101	301	2	65
Aug.	216	514	30	119	91	208	13	57	242	414	78	80	144	371	9	82
Sep.	272	603	29	129	196	329	41	80	343	620	153	127	167	373	23	75
Oct.	379	766	93	160	300	510	88	120	400	646	201	138	215	528	11	109
Nov.	381	902	93	198	262	508	96	108	381	756	165	183	241	594	38	130
Dec.	472	1099	160	220	286	1220	38	239	282	483	207	85	248	531	26	119
Annual	3740	5103	2299	724	2296	3941	693	875	3643	5031	2379	610	2334	3478	1670	365

Statistics of Mean Monthly Values
 Mean 311.7
 Standard Deviation 91.3
 Coeff. of Variation 0.29

191.3
 68.7
 0.36

303.6
 75.6
 0.25

194.5
 54.3
 0.28

Observation Period
 1901 - 1941
 1953 - 1982

1923 - 1941
 1951 - 1956

1879 - 1941
 1957 - 1980

Table III-19 Monthly Mean Daily Evaporation at the Pasar Kampar

No. P3SA-1	Year	Month												Annual Total		
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.			
	1976	3.5	4.8	6.5	4.1	4.8	4.3	4.2	-	4.7	4.6	4.5	4.2	6.5	3.5	-
	1977	4.3	4.2	4.8	5.0	4.5	5.4	5.5	4.9	5.7	5.7	4.3	5.5	5.7	4.2	1825
	1978	4.2	4.2	4.7	4.5	4.6	4.4	4.5	4.1	4.3	4.6	4.1	3.3	4.7	3.3	1570
	1979	4.2	4.2	5.1	5.0	4.9	4.2	3.9	4.5	4.7	6.0	4.5	4.8	6.0	3.9	1716
	1980	4.2	3.8	6.9	5.5	4.8	4.2	4.8	4.5	5.0	4.8	4.2	3.8	6.9	3.8	1716
	1981	3.7	4.7	4.0	5.2	4.5	4.8	4.6	5.0	4.2	4.6	4.4	3.6	5.2	3.6	1606
	Max.	4.3	4.8	6.9	5.5	4.9	5.4	5.5	5.0	5.7	6.0	4.5	5.5	6.9	-	-
	Min.	3.5	3.8	4.0	4.1	4.5	4.2	3.9	4.1	4.2	4.6	4.1	3.3	-	3.3	-
	Ave.	4.0	4.3	5.3	4.9	4.7	4.6	4.6	4.6	4.8	5.1	4.3	4.2	5.8	3.7	1686

Note: The type of Pan is "CLASS A".

Table III-20 Monthly Mean Daily Evaporation at the Pasir Pengarayan

No. P3SA-2		EL. 50m (Unit: mm)														
Year	Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Max.	Min.	Annual Total
		1979		4.4	2.8	5.2	4.9	5.0	3.3	3.5	5.2	2.8	-	-	-	-
1980		4.1	4.5	4.9	4.6	4.7	4.4	4.8	4.1	5.1	5.8	4.5	3.9	5.8	3.9	1679
1981		4.9	5.2	5.7	4.0	3.8	5.4	5.2	5.4	5.0	4.6	5.0	3.8	5.7	3.8	1752
Max.		4.9	5.2	5.7	4.6	4.7	5.4	5.2	5.4	5.1	5.8	5.0	3.9	5.8	-	-
Min.		4.1	4.5	4.9	4.0	3.8	4.4	2.8	4.1	4.9	4.6	3.3	3.5	-	2.8	-
Ave.		4.5	4.9	5.3	4.3	4.3	4.7	4.3	4.9	5.0	5.1	4.3	3.7	5.6	3.5	1681

III-58

Note: The type of pan is "CLASS A".

Table III-21 Monthly Mean Daily Evaporation at the Tranjung Pati

No. P3SA-3		EL. 50m (Unit: mm)														
Year	Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Max.	Min.	Annual Total
		1975		3.6	3.5	4.7	3.5	4.2	3.5	3.6	4.0	3.8	5.0	4.2	3.8	5.0
1976		3.5	3.7	5.5	4.5	4.1	5.7	4.2	5.7	3.4	4.0	3.0	3.4	5.7	3.0	1533
1977		2.6	3.6	3.4	3.7	3.9	3.7	4.8	3.7	3.0	-	2.0	3.9	4.8	2.0	-
1978		3.7	3.9	3.7	4.3	4.0	4.7	5.0	4.6	5.5	5.0	-	2.3	5.5	2.3	-
1979		3.9	3.3	3.4	4.4	4.9	3.0	3.5	4.1	3.6	4.1	-	3.4	4.9	3.0	-
1980		-	4.3	2.4	2.8	3.2	-	3.0	-	-	3.7	2.5	4.2	4.3	2.4	-
1981		3.4	5.7	2.7	-	3.4	-	3.2	-	-	-	-	-	5.7	2.7	-
Max.		3.9	5.7	5.5	4.5	4.9	5.7	5.0	5.7	5.5	5.0	4.2	4.2	5.7	-	-
Min.		2.6	3.3	2.4	2.8	3.2	3.0	3.0	3.7	3.0	3.7	2.0	2.3	-	2.0	-
Ave.		3.5	4.1	3.6	3.9	3.8	3.9	3.7	4.4	3.9	4.4	2.9	3.5	5.1	2.7	1387

III-59

Note: The type of Pan is "CLASS A".

Table III-23 Relationship between Annual Rainfall and Runoff

Year	Rainfall	Depth of run-off	Depth of run-off (%)	Evapo-transpiration	Residual rainfall on the end of			
					No.1 Tank	No.2 Tank	No.3 Tank	No.
1903	4701	3062	65.14	1339				
1904	4038	2580	63.89	1339				
1905	3539	2402	67.87	1339				
1906	4257	2796	65.68	1339				
1907	3695	2542	68.80	1339				
1908	3532	2241	63.45	1339				
1909	3307	2013	60.87	1339	35.326	69.604	268.309	3
1910	3042	1799	59.15	1339				
1911	4034	2364	58.60	1339				
1912	4564	3157	69.16	1339				
1913	4243	2900	68.35	1339				
1914	3239	2306	71.21	1339				
1915	3468	1994	57.51	1339				
1916	2893	1756	60.69	1339				
1917	3315	2044	61.66	1339				
1918	3288	1729	52.59	1339				
1919	3257	1880	57.72	1339	46.679	111.327	355.258	3
1920	2498	1486	59.49	1339				
1921	4500	2849	63.31	1339				
1922	3845	2481	64.53	1339				
1923	3533	2025	57.31	1339				
1924	4865	3609	74.18	1339				
1925	5001	3344	66.86	1339				
1926	5937	4536	76.40	1339				
1927	4163	3103	74.54	1339				
1928	2844	1809	63.61	1339				
1929	3088	1709	55.34	1339	20.023	35.781	382.266	3
1930	3396	2128	62.65	1339				
1931	4403	2818	64.01	1339				
1932	3852	2506	65.06	1339				
1933	4215	2949	69.96	1339				
1934	3410	2269	66.54	1339				
1935	3586	2124	59.22	1339				
1936	3108	1935	62.26	1339				
1937	3350	1931	57.63	1339				
1938	3205	1972	61.54	1339				
1939	3352	1901	56.72	1339	12.576	42.631	404.129	3
1940	3579	2155	60.21	1339				
1941	3296	2015	61.15	1339	73.302	93.444	307.902	3
1971	2832	1436	50.71	1339				(8)
1972	2894	1512	52.23	1339				
1973	3167	1673	52.84	1339				
1974	2888	1697	58.75	1339				
1975	3035	1709	56.30	1339				
1976	3388	1796	53.00	1339	6.881	38.680	285.479	7
1979*	2817	1558	55.30		0	2.817	248.494	3
1981*	2581	1483	57.44		26.683	35.063	157.026	3

Note: * actual observation data

Table III-24 Predicted Monthly Mean Discharge at the Dam Site

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
													(Unit: m ³ /sec)
													(C.A. = 3,337 km ²)

Runoff
n the end of
0.3 Tank No.

268.309
355.258
382.266
404.129
307.902
285.479
248.494
157.026

Table III-24 Predicted Monthly Mean Discharge at the Dam Site (C.A. = 3,337 km²) (Unit: m³/sec)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
1903	576.78	367.38	268.36	291.54	293.50	254.72	215.03	311.02	404.98	339.18	255.44	311.31	323.99
1904	395.91	378.55	262.41	361.05	223.45	142.37	119.24	127.88	160.39	298.40	178.45	630.02	273.00
1905	419.30	335.27	282.97	265.98	264.24	192.55	150.90	164.85	109.15	168.85	325.91	373.78	254.16
1906	270.56	266.53	307.55	411.29	265.63	207.89	277.75	335.79	161.97	235.73	201.04	599.62	295.89
1907	347.79	358.39	301.74	287.89	216.66	255.89	259.22	167.48	182.04	239.34	342.35	277.61	269.00
1908	355.66	366.21	281.09	407.65	210.18	102.87	122.79	93.97	203.44	235.91	240.94	248.11	237.18
1909	248.76	295.81	465.33	314.43	200.94	162.28	102.30	175.47	125.19	118.26	75.78	273.79	212.99
1910	314.42	251.47	247.38	219.78	177.42	132.03	189.40	133.33	158.37	144.89	139.74	178.79	190.39
1911	338.20	211.13	189.80	188.61	225.93	164.01	114.25	96.45	228.07	378.08	439.23	424.58	250.12
1912	286.71	423.27	345.22	414.05	464.82	383.80	248.18	226.33	215.40	267.49	264.35	475.28	334.01
1913	383.92	415.65	335.44	312.08	258.20	298.27	255.79	169.67	133.44	202.58	505.91	422.86	306.88
1914	502.96	570.86	416.18	330.61	278.42	159.49	96.49	109.59	107.36	75.72	99.78	203.81	244.05
1915	184.76	205.27	152.23	244.99	290.25	166.10	192.31	185.51	213.91	165.48	291.07	242.36	211.04
1916	256.52	171.04	124.15	176.99	181.03	134.63	156.07	160.23	187.32	245.31	167.49	264.78	185.79
1917	353.70	288.81	247.86	280.71	193.76	174.37	265.60	140.73	170.66	173.40	151.28	158.97	216.31
1918	251.67	123.65	193.82	292.40	129.01	92.72	65.20	73.16	128.51	135.44	360.59	348.36	182.97
1919	370.63	353.00	267.13	202.90	159.36	108.18	96.95	117.17	59.77	148.20	147.66	361.99	198.91
1920	427.28	236.46	258.95	223.57	152.86	112.87	39.90	74.71	71.29	37.97	124.71	130.96	157.25
1921	345.35	482.69	353.07	298.65	379.23	305.94	172.04	114.42	252.14	343.72	285.93	299.93	301.47
1922	383.63	206.73	179.91	206.71	240.23	248.42	129.07	241.88	219.86	309.17	389.45	390.92	262.58
1923	256.26	221.86	181.09	216.39	118.80	81.23	114.18	101.61	224.39	114.54	233.43	704.69	214.25
1924	364.40	404.02	530.66	609.79	586.89	327.65	291.81	246.51	379.42	274.65	301.33	270.48	381.88
1925	688.07	588.31	370.14	286.04	221.38	235.88	164.42	232.37	268.89	283.23	336.34	584.23	353.82
1926	466.34	434.87	478.12	389.08	503.98	585.13	358.11	357.84	510.77	480.22	678.22	520.42	479.97
1927	425.26	675.95	480.14	422.29	365.03	238.40	183.20	115.96	150.43	183.27	306.08	421.73	328.37
1928	298.11	266.08	266.72	210.22	100.83	133.14	154.35	128.14	130.72	114.80	240.90	258.87	191.44
1929	210.34	170.66	198.73	154.15	121.67	106.62	65.80	63.61	177.53	267.50	324.76	309.06	180.84
1930	369.78	285.47	308.38	269.74	248.23	182.35	86.93	85.31	209.05	187.78	214.97	259.26	225.13
1931	519.40	360.78	313.34	305.18	278.87	273.51	266.76	204.06	222.09	162.62	202.00	470.19	298.24
1932	397.69	349.71	283.01	270.73	284.47	202.28	174.97	117.48	138.31	201.59	281.55	483.48	265.21
1933	470.03	385.77	399.57	370.16	345.76	196.87	237.40	170.13	193.30	276.77	310.45	389.62	312.03
1934	527.76	335.59	332.45	262.02	173.15	187.18	105.15	89.73	109.62	232.07	324.99	208.37	240.11
1935	292.67	226.72	311.17	292.09	158.80	217.40	162.79	180.15	118.56	151.55	241.98	342.11	224.73
1936	285.70	258.76	206.44	285.40	223.55	168.89	119.35	116.03	143.68	133.96	199.88	320.14	204.77
1937	183.83	213.28	174.20	182.82	207.85	141.79	129.31	61.54	94.18	361.13	391.94	310.37	204.30
1938	261.75	265.63	338.99	275.99	193.00	152.37	118.46	118.47	154.56	208.49	201.95	218.80	208.71
1939	265.55	180.68	191.20	227.48	202.07	182.77	106.35	77.23	155.49	232.46	212.55	377.70	201.20
1940	190.88	348.55	204.92	275.15	182.30	144.03	87.21	109.40	133.76	170.32	529.25	377.95	228.05
1941	353.42	265.99	203.73	295.06	188.49	213.03	114.56	123.43	172.51	137.96	237.74	260.52	213.27
Total	13841.75	12546.85	11253.59	11331.66	9500.17	7769.92	6309.59	5918.64	7180.52	8437.43	10757.41	13705.82	9864.30
Average	354.92	321.71	288.55	290.56	243.59	199.23	161.78	151.76	184.12	216.34	275.83	351.43	252.93

Table III-24 (Cont'd) (Units: M³/cc)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
*1971	202.96	161.90	131.38	182.15	122.12	145.83	138.43	188.51	161.70	79.11	142.45	168.88	151.97
*1972	136.29	218.09	158.54	241.08	243.73	142.96	116.53	57.53	151.86	106.26	152.56	201.25	159.96
*1973	165.14	141.98	176.70	213.84	205.53	159.45	115.51	100.18	145.93	219.82	246.34	232.83	177.06
*1974	164.39	186.80	171.86	345.49	257.56	176.42	183.49	186.47	111.54	111.93	102.06	157.78	179.54
*1975	113.23	302.41	172.08	269.63	149.76	180.05	199.11	134.47	281.90	137.89	132.06	113.48	180.81
*1976	127.59	120.10	168.53	177.96	118.34	181.78	130.90	246.13	242.08	192.44	291.38	280.46	190.01
1977	235.93	282.86	186.61	212.59	164.01	109.14	95.23	73.93	92.34	131.15	370.58	373.30	193.22
1978	306.82	285.17	354.57	213.59	193.33	86.71	107.65	61.62	63.56	119.15	228.70	368.78	198.99
1979	246.63	216.37	130.63	164.08	132.70	149.12	96.28	60.55	100.72	92.45	354.62	242.61	164.85
1980	204.15	137.35	205.30	188.97	231.52	158.19	83.01	75.09	99.71	104.24	188.36	188.83	155.50
1981	198.87	129.96	231.02	267.29	266.22	114.15	66.21	36.90	87.43	194.34	133.57	153.26	156.89
Total	2102.00	2182.99	2087.22	2476.67	2084.82	1603.80	1332.35	1221.38	1538.77	1488.78	2342.68	2481.46	1908.80
Average	191.09	198.45	189.75	225.15	189.53	145.80	121.12	111.03	139.89	135.34	212.97	225.59	173.52
**	318.88	294.60	266.82	276.2	231.70	187.47	152.84	142.80	174.39	198.52	262.00	323.75	235.46

*: Predicted monthly mean discharge

** : 50 years (1903 - 1941 and 1971 - 1981)

Table III-25 Discharge Duration at the Dam Site

(C.A. = 3,337 km²) (Unit: m³/sec)

Year	Maximum	35 days Run off	95 days Run off	185 days Run off	275 days Run off	355 days Run off	Minimum
1903	1208.37	460.60	379.09	291.68	233.46	166.57	144.95
1904	1499.83	493.37	339.19	223.74	151.14	86.14	69.88
1905	755.70	408.42	312.26	242.77	163.14	96.13	82.49
1906	1577.37	471.37	313.54	246.22	200.63	143.80	130.05
1907	750.54	390.97	326.44	257.35	194.72	125.68	113.48
1908	953.37	418.87	306.83	220.37	127.93	61.68	51.29
1909	1135.11	358.78	269.99	186.75	110.96	68.95	59.83
1910	496.38	331.91	233.48	169.24	124.87	87.32	78.36
1911	703.70	465.39	312.45	216.98	144.59	84.26	70.69
1912	1351.62	515.26	367.95	290.70	239.10	163.03	149.80
1913	978.89	502.92	383.64	267.84	200.07	118.89	105.74
1914	1671.19	482.72	350.34	169.31	97.76	56.00	37.35
1915	864.78	342.20	234.60	179.38	154.97	123.91	119.20
1916	740.28	315.67	221.40	153.94	120.15	93.94	86.96
1917	1076.31	336.37	249.64	188.03	148.01	110.87	102.06
1918	804.74	364.47	258.22	129.58	96.45	43.36	37.63
1919	969.83	369.26	278.92	165.34	82.83	41.86	32.90
1920	977.68	326.08	205.84	116.83	62.89	24.62	22.11
1921	984.07	451.67	346.20	284.74	223.08	93.99	81.25
1922	1193.71	456.95	300.28	224.28	152.04	95.04	71.40
1923	1220.40	369.46	245.79	166.91	106.48	47.18	44.45
1924	1159.06	613.71	459.98	343.74	251.75	177.67	161.11
1925	2112.32	600.86	423.44	292.73	204.68	135.83	120.97

Table III-25 (Cont'd)

(Unit: m³/sec)

Year	Maximum	35 days Run off	95 days Run off	185 days Run off	275 days Run off	355 days Run off	Minimum	Average
1926	1782.16	680.37	536.82	443.16	368.87	229.25	197.46	479.96
1927	1281.01	586.66	408.47	286.87	183.18	99.64	87.75	328.36
1928	567.70	309.39	246.35	185.49	106.99	73.01	68.88	191.44
1929	685.46	314.05	243.49	156.13	106.24	35.45	29.15	180.84
1930	621.51	349.31	285.42	226.54	157.26	48.68	36.98	225.13
1931	1236.71	476.60	337.23	273.51	211.85	120.04	98.38	298.24
1932	991.02	420.31	326.70	237.02	178.75	93.41	81.17	265.20
1933	885.82	490.61	394.27	308.07	198.08	137.25	114.03	312.03
1934	886.28	414.31	301.83	219.85	133.14	80.06	75.04	240.11
1935	789.23	362.09	273.01	203.83	150.43	94.27	77.37	224.72
1936	691.52	306.71	252.11	192.01	134.00	87.84	76.17	204.77
1937	1025.51	366.80	254.50	173.54	123.85	52.96	49.77	204.29
1938	657.69	330.34	248.06	192.39	150.21	93.47	89.57	208.71
1939	700.09	320.30	237.59	189.21	148.21	53.84	50.82	201.19
1940	1207.38	443.20	248.92	180.14	134.84	65.42	62.01	228.04
1941	767.19	331.22	260.99	199.20	145.99	90.68	82.16	213.27
Total	39961.51	16349.55	11975.27	8695.41	6223.59	3701.99	3250.66	9864.15
Average	1024.65	419.22	307.06	222.96	159.58	94.92	83.35	252.93

Table III-25 (Cont'd)

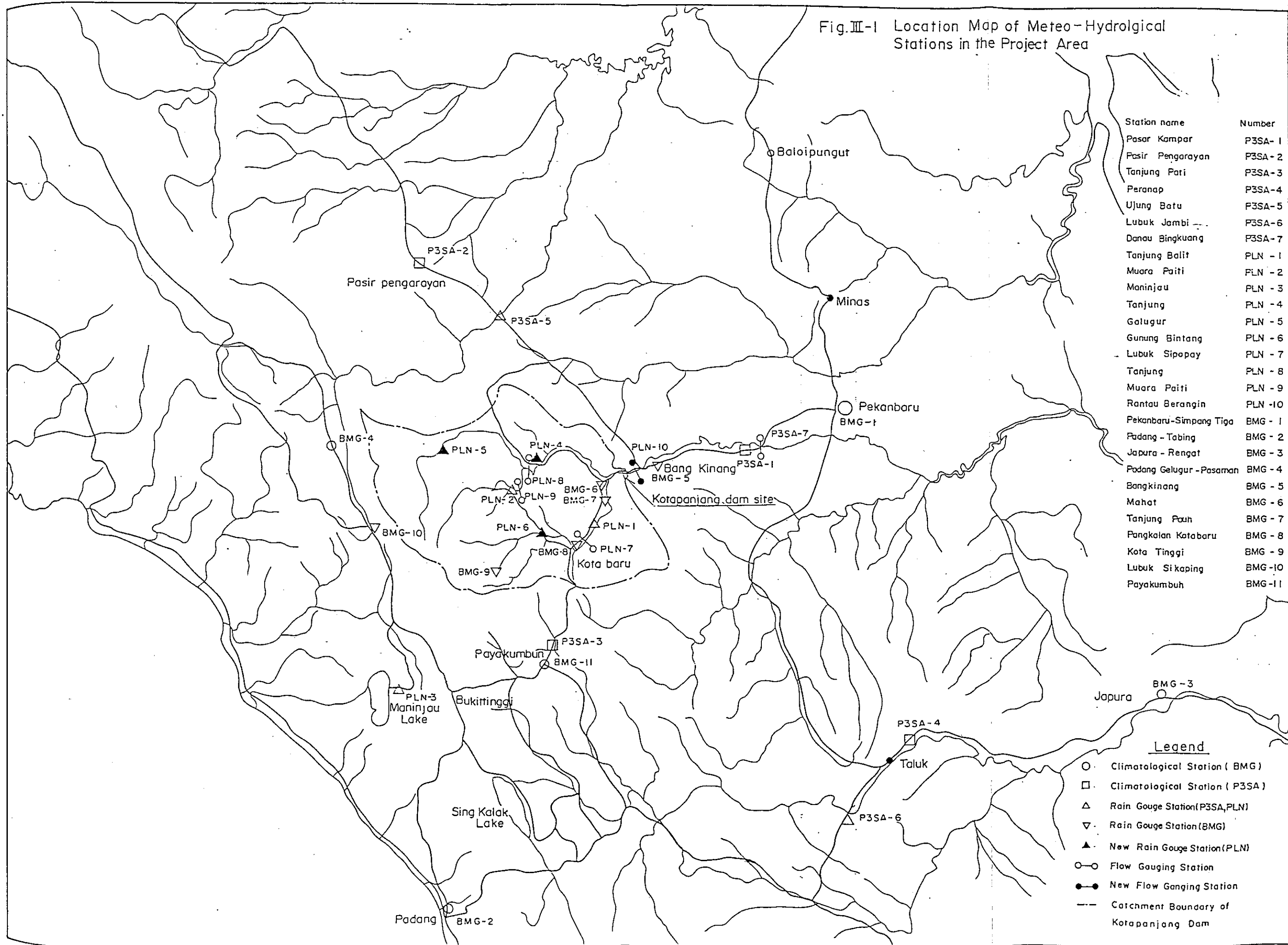
(Units)

Year	Maximum	35 days Run off	95 days Run off	185 days Run off	275 days Run off	355 days Run off	Minimum
1971	508.27	257.26	183.05	130.18	100.08	60.35	49.89
1972	876.66	289.83	191.92	133.70	87.14	48.28	44.29
1973	656.62	280.12	209.98	158.31	123.67	79.80	72.78
1974	677.00	289.73	210.60	150.18	120.22	71.26	59.33
1975	872.25	301.58	202.60	143.95	117.70	86.53	73.28
1976	828.60	329.01	238.03	163.73	112.15	78.09	64.21
1977	733.55	422.60	223.29	148.03	101.72	54.17	47.55
1978	670.70	397.79	274.56	171.19	80.22	41.35	36.47
1979	544.25	330.80	208.16	130.50	87.25	42.34	36.72
1980	478.01	287.46	195.17	131.82	84.68	55.08	47.14
1981	552.93	341.05	199.64	119.91	66.33	33.58	30.27
Total	7998.84	3527.23	2337.00	1581.5	1081.16	650.83	561.93
Average	672.62	320.66	212.45	143.77	98.29	59.17	51.08
1903 - 1941 and 1971 - 1981							
Total	47960.35	19876.78	14312.27	10276.91	7304.75	4352.82	3812.59
Average	959.21	397.54	286.25	205.54	146.10	87.06	76.25

Table III-26 Measured Results of Soil Sedimentation

River	Location	Soil Sedimentation (mg/lit)	Investigation Date	Remarks
Kapoernan River	Muara Paiti	6.63	Sept.9, 1977	All data re- present means of 3 measure- ment
		7.33	Feb.24, 1980	
		18.00	Aug. 9, 1980	
		12.67	Oct.10, 1980	
		23.33	Feb. 1, 1981	
		42.33	Apr. 1, 1981	
		24.00	Dec. 9, 1981	
		27.33	Feb. 1, 1982	
		108.00	Feb.18, 1982	
		17.67	Apr.26, 1982	
	Mean	28.70	-	
Mahat River	Lubuk Sipopay	10.60	Sept.8, 1977	
		17.00	Feb.25, 1980	
		21.00	Aug.10, 1980	
		6.67	Oct. 8, 1980	
		10.67	Dec.30, 1980	
		18.33	Mar.30, 1981	
		14.33	Aug.12, 1981	
		143.66	Feb.17, 1982	
		16.67	Apr.25, 1982	
		22.00	May 31, 1982	
	Mean	28.09	-	
Total Mean		28.40	-	

Fig.III-1 Location Map of Meteo-Hydrological Stations in the Project Area



Station name	Number
Pasar Kampar	P3SA-1
Pasir Pengarayan	P3SA-2
Tanjung Pari	P3SA-3
Peranap	P3SA-4
Ujung Batu	P3SA-5
Lubuk Jambi	P3SA-6
Danau Binguang	P3SA-7
Tanjung Balit	PLN-1
Muara Paiti	PLN-2
Maninjau	PLN-3
Tanjung	PLN-4
Galugur	PLN-5
Gunung Bintang	PLN-6
Lubuk Sipopay	PLN-7
Tanjung	PLN-8
Muara Paiti	PLN-9
Rantau Berangin	PLN-10
Pekanbaru-Simpang Tiga	BMG-1
Padang - Tabing	BMG-2
Japura - Rengat	BMG-3
Padang Gelugur - Pasaman	BMG-4
Bangkinang	BMG-5
Mahat	BMG-6
Tanjung Pah	BMG-7
Pangkalan Katabaru	BMG-8
Kota Tinggi	BMG-9
Lubuk Sikaping	BMG-10
Payakumbuh	BMG-11

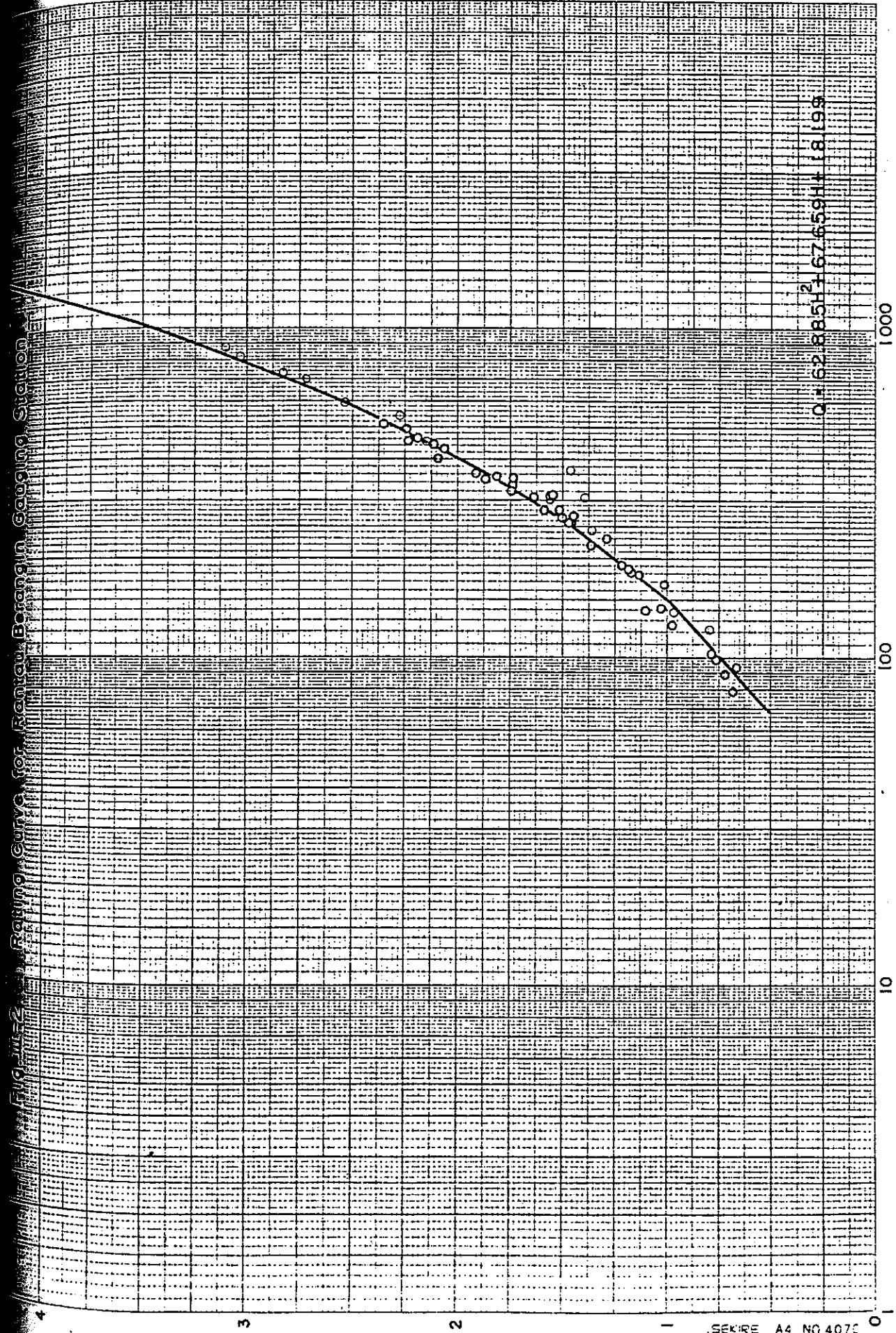
Legend

○	Climatological Station (BMG)
□	Climatological Station (P3SA)
△	Rain Gouge Station (P3SA, PLN)
▽	Rain Gouge Station (BMG)
▲	New Rain Gouge Station (PLN)
○—○	Flow Gauging Station
●—●	New Flow Ganging Station
---	Catchment Boundary of Kotapanjang Dam

89-III
Water Level (m)

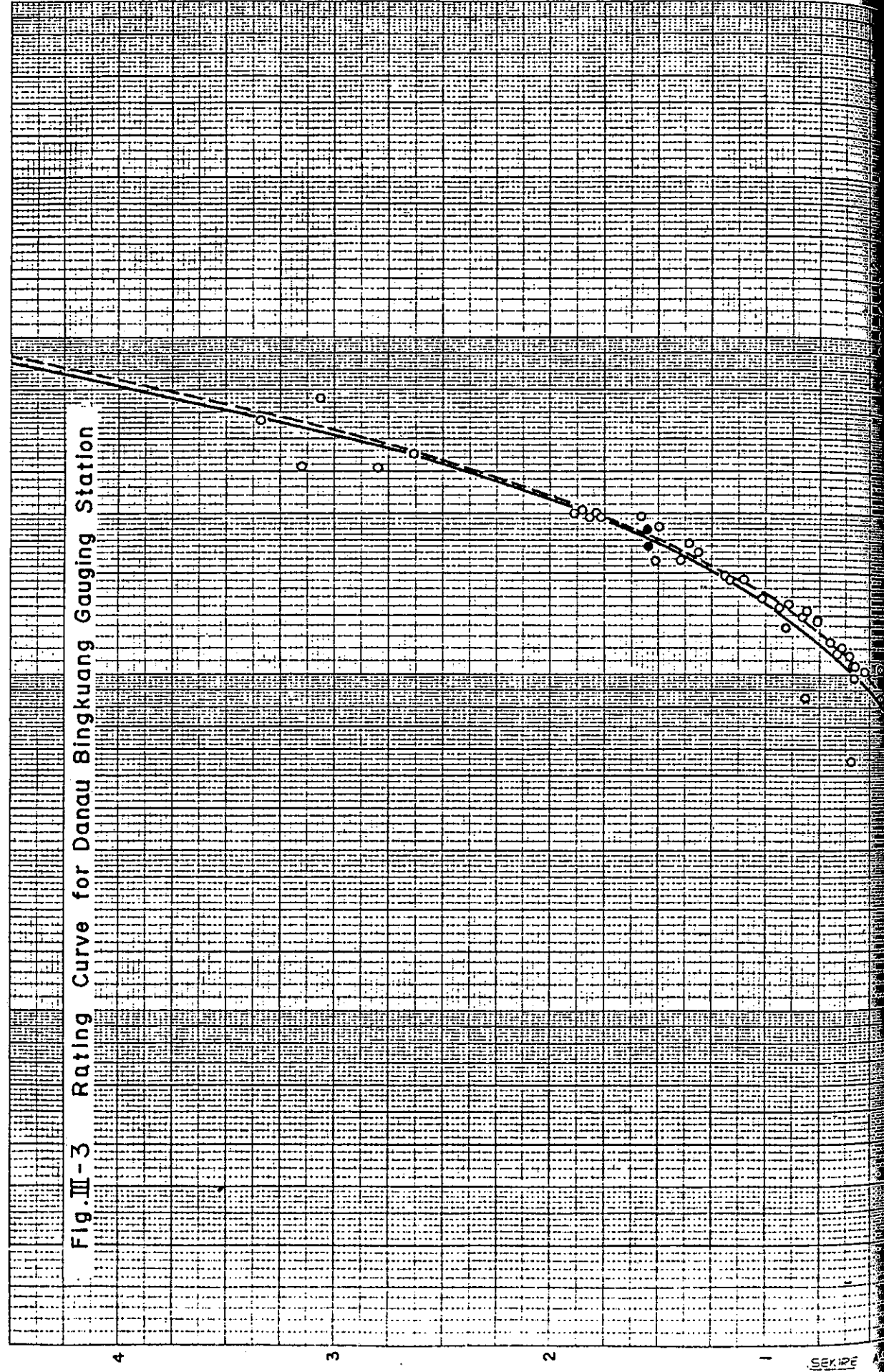
SEKIRE A4 NO.407C

Figure 2. Rating Curve for Rantau Berangin Gauging Station



Discharge (m³/s)

Fig. III-3 Rating Curve for Danau Bingkuang Gauging Station



07-III
Water Level (m)

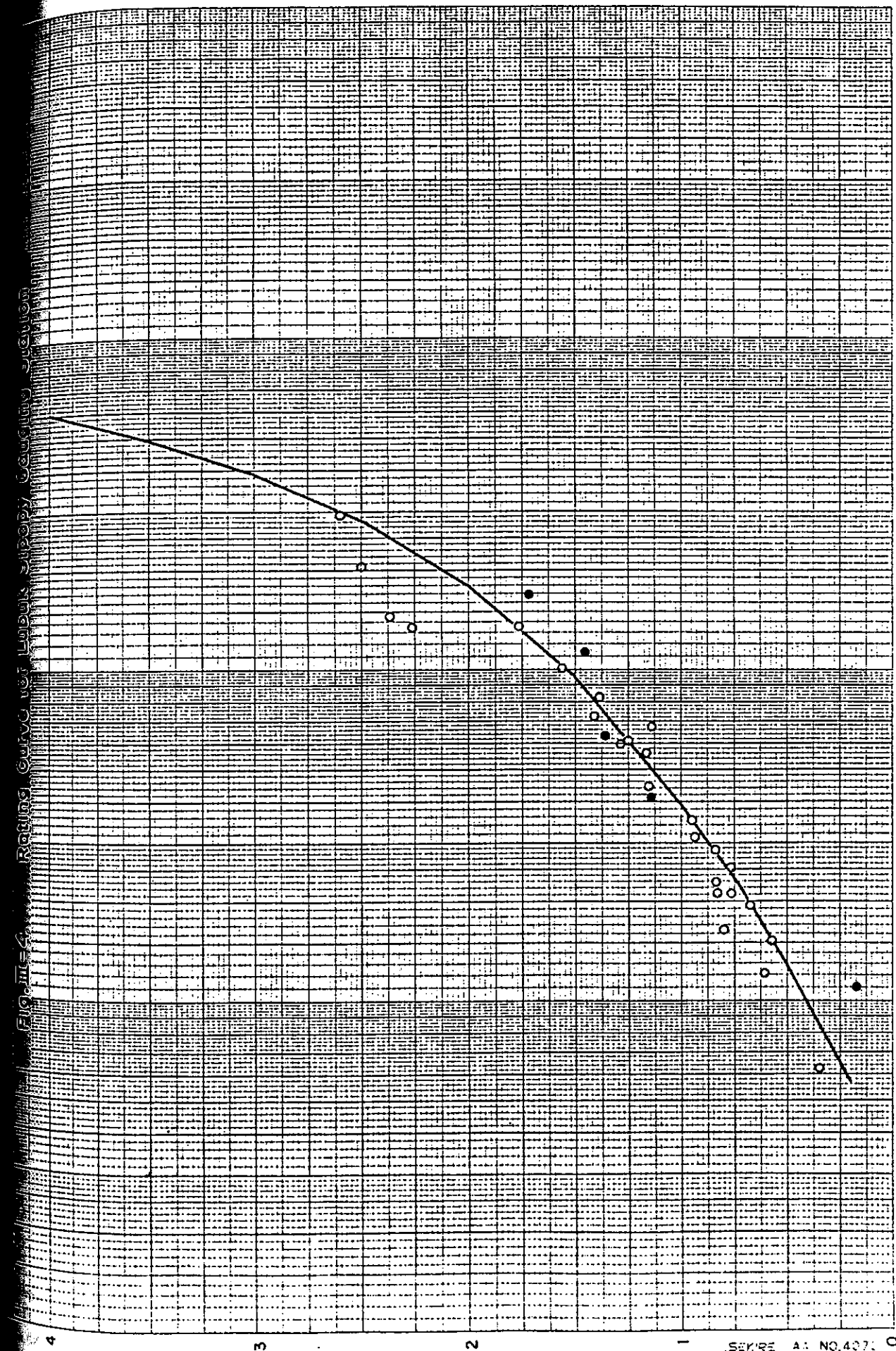
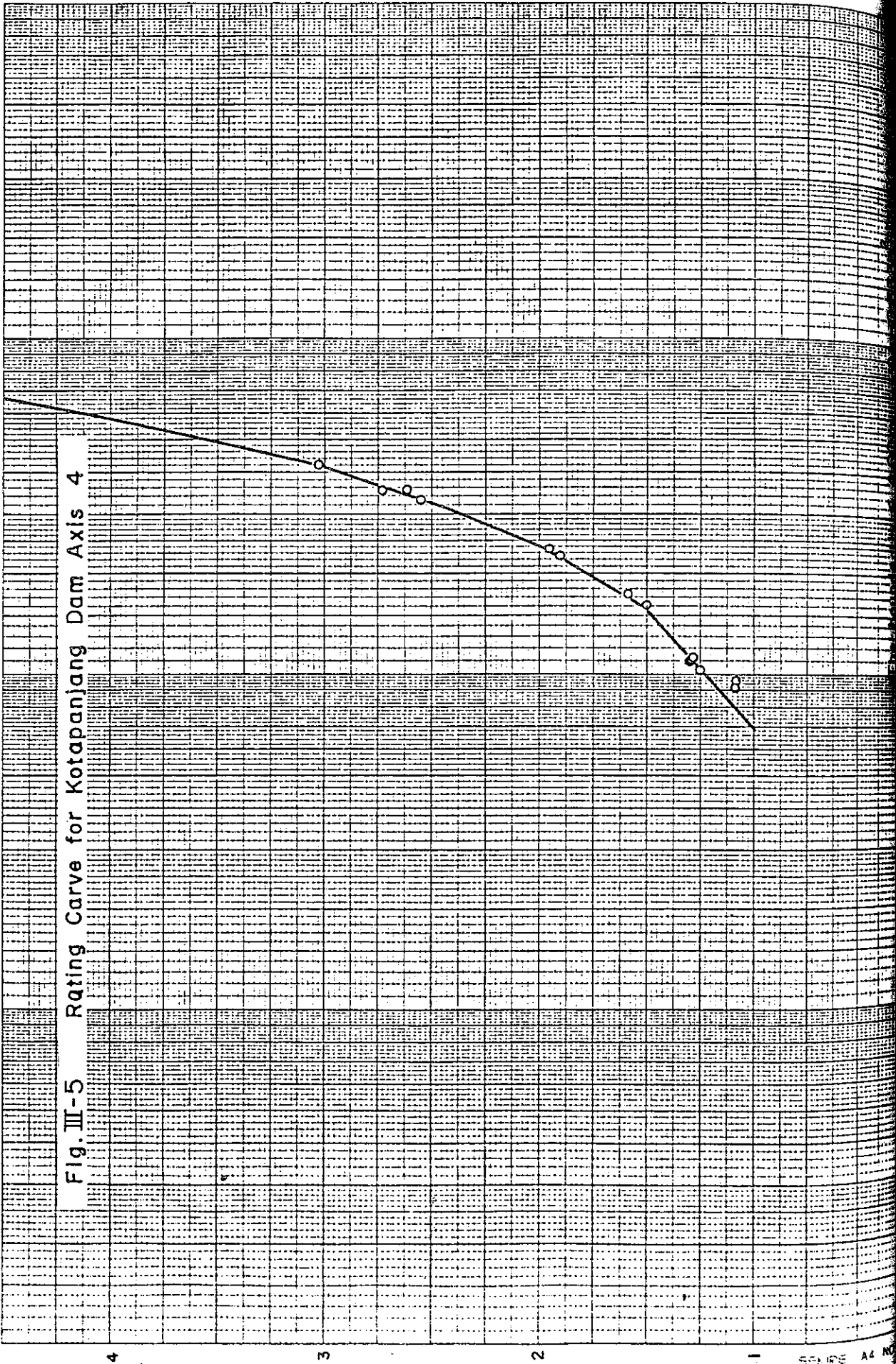


Fig. III-5 Rating Curve for Kotapanjang Dam Axis 4



Legend
 ○ JICA
 — JICA
 Rating C

17-III
 Water Level (m)

Scale A4 No.

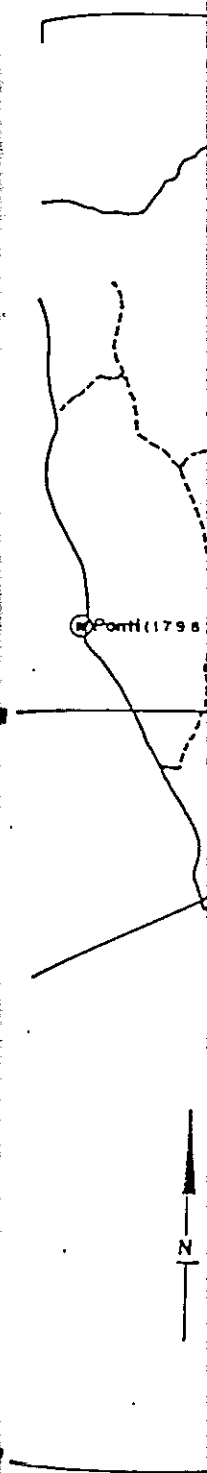


Fig. III-6 Isohyets of Annual Rainfall and Thiessen Polygons

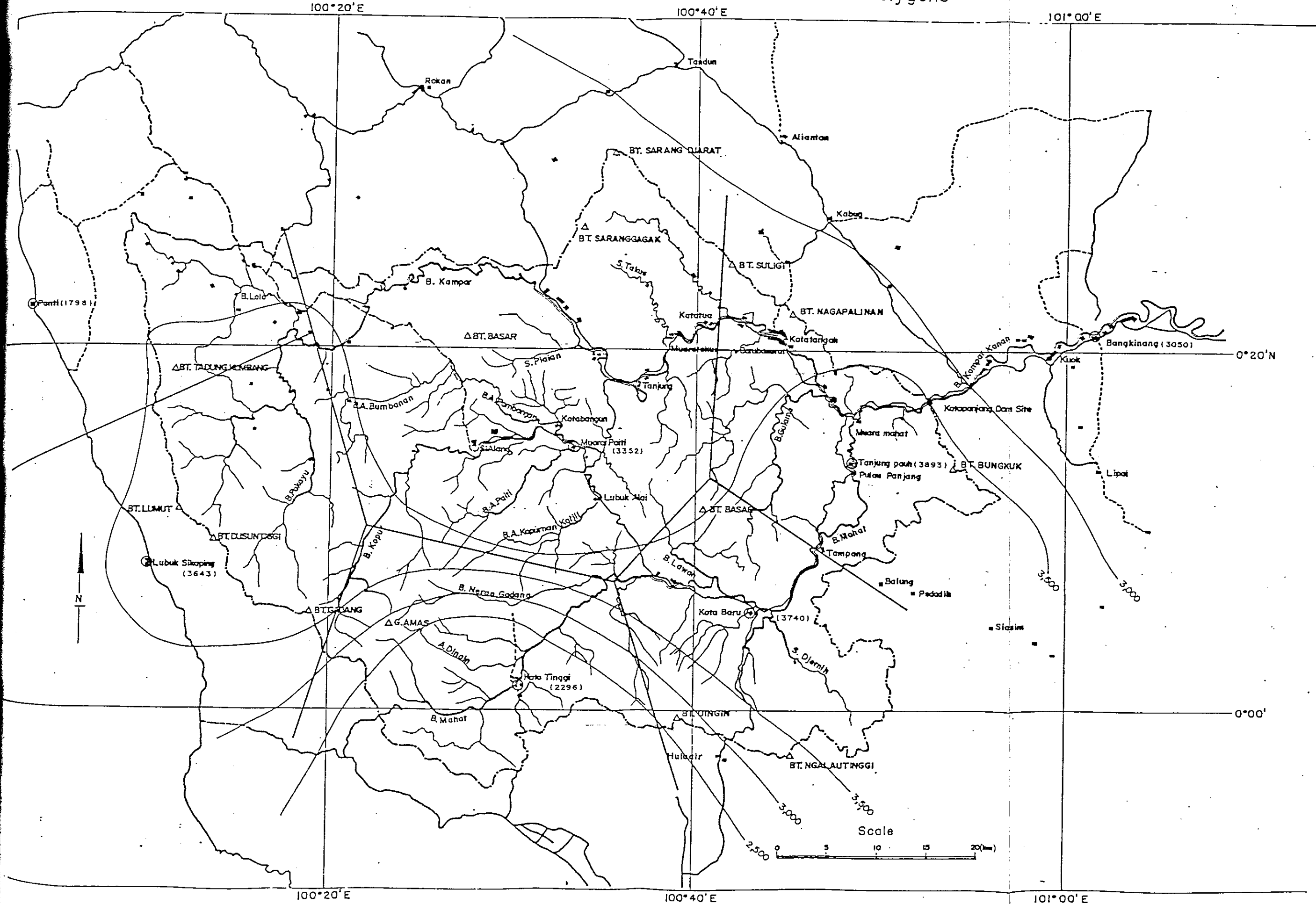
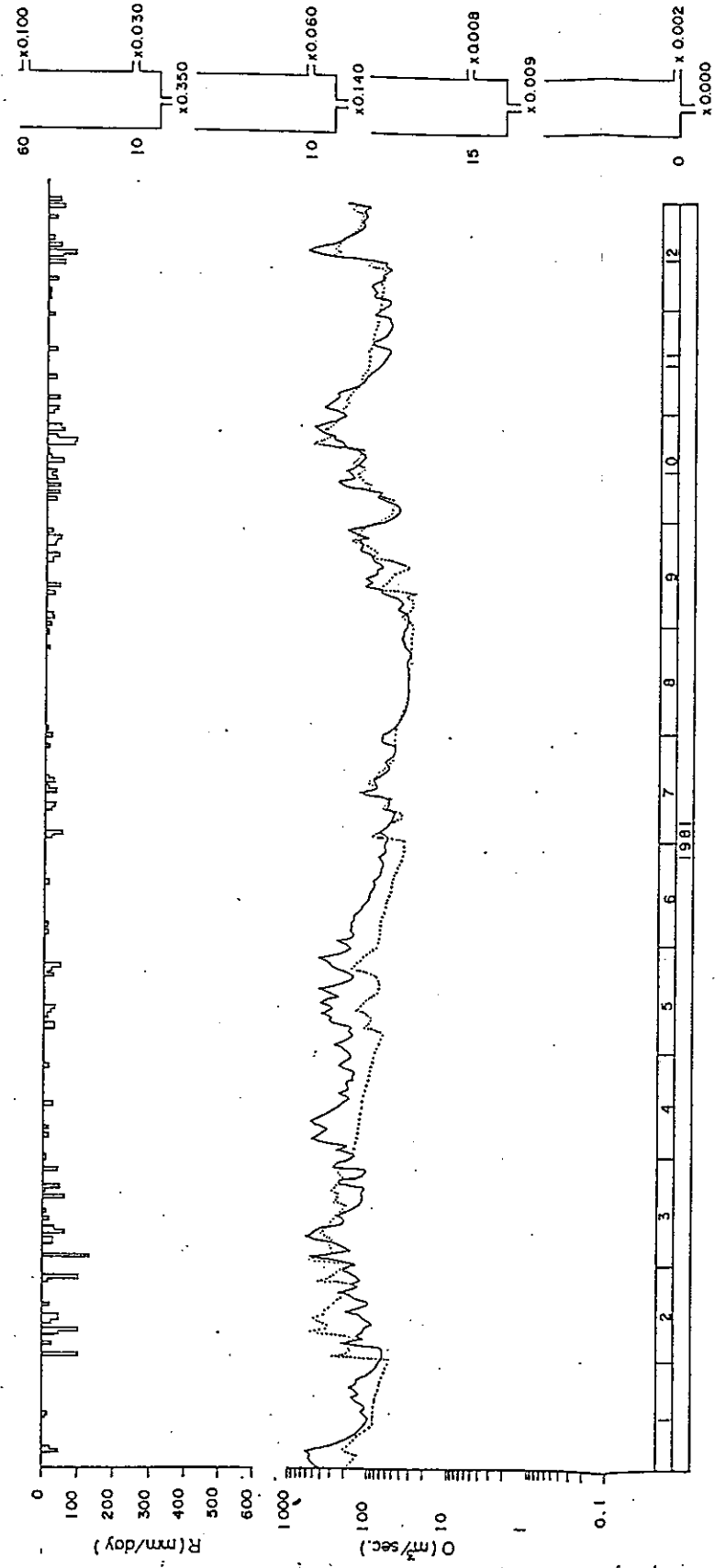
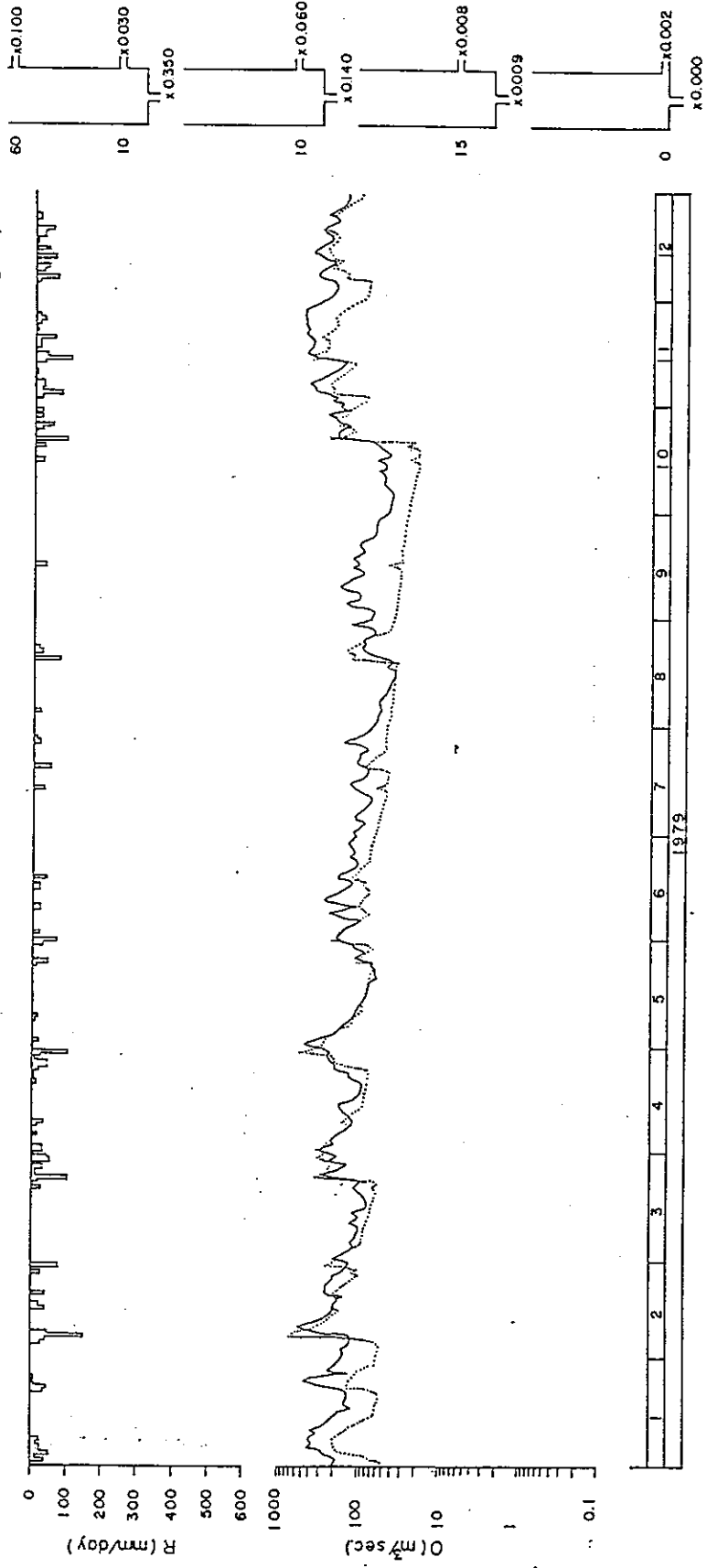
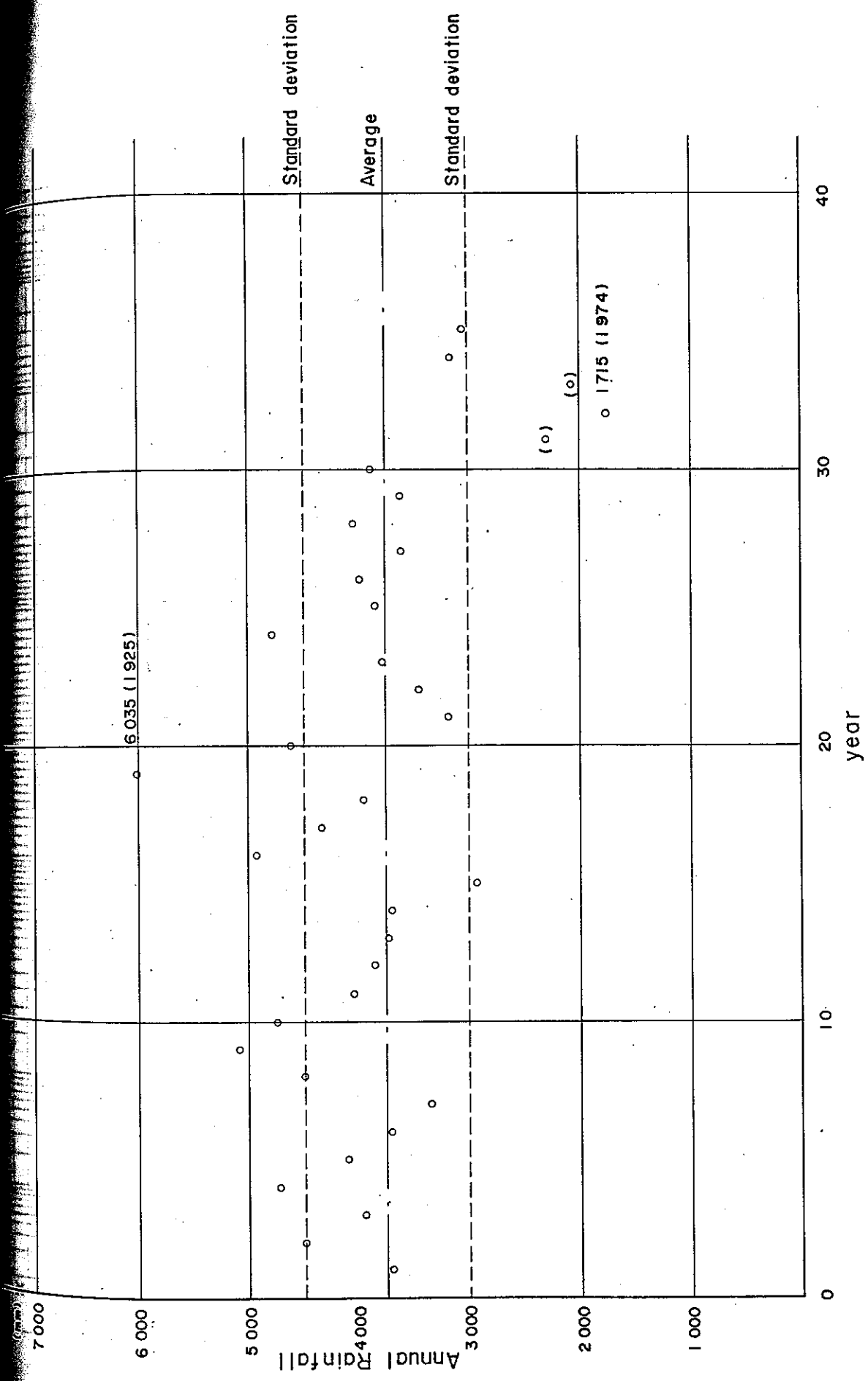


Fig. III-8 Comparison of Calculated and Recorded Hydrograph



Legend
 — Observed
 Calculated



Note: (o) Included missing data

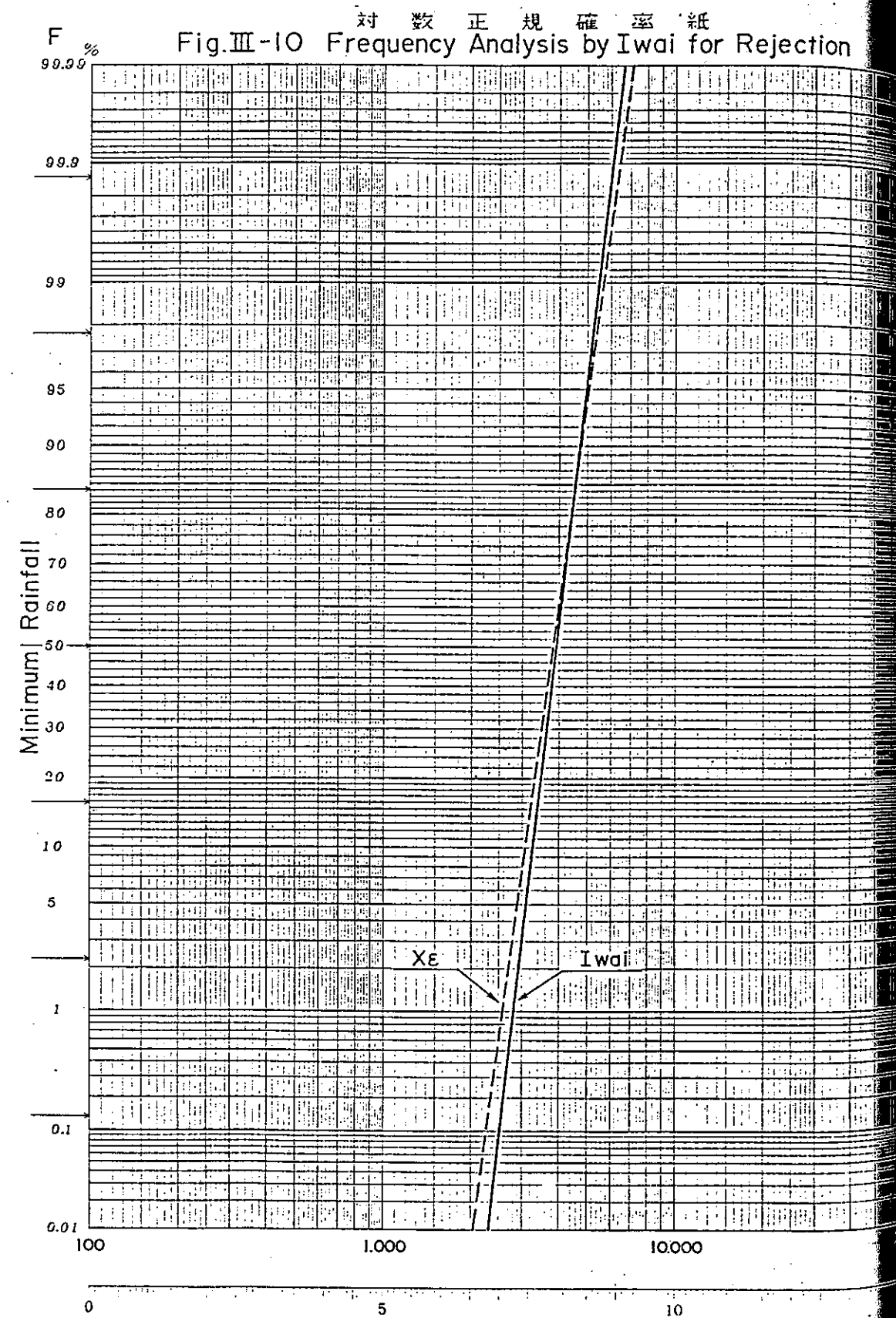


Fig. III-11 Relationship between Annual Rainfall and Runoff

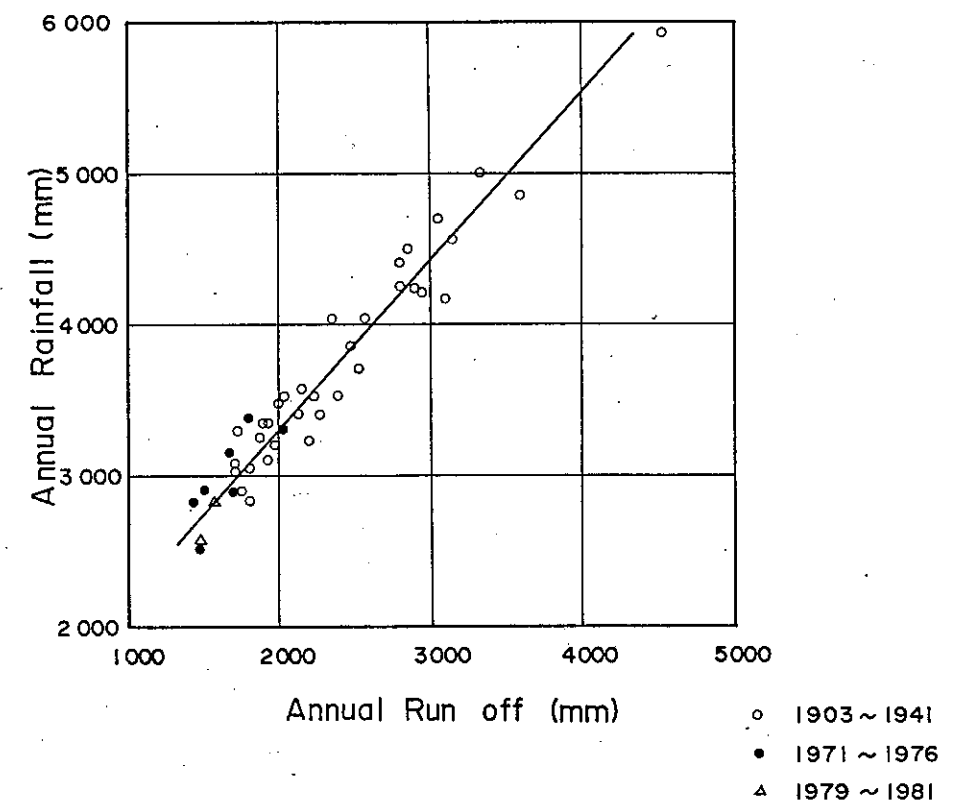
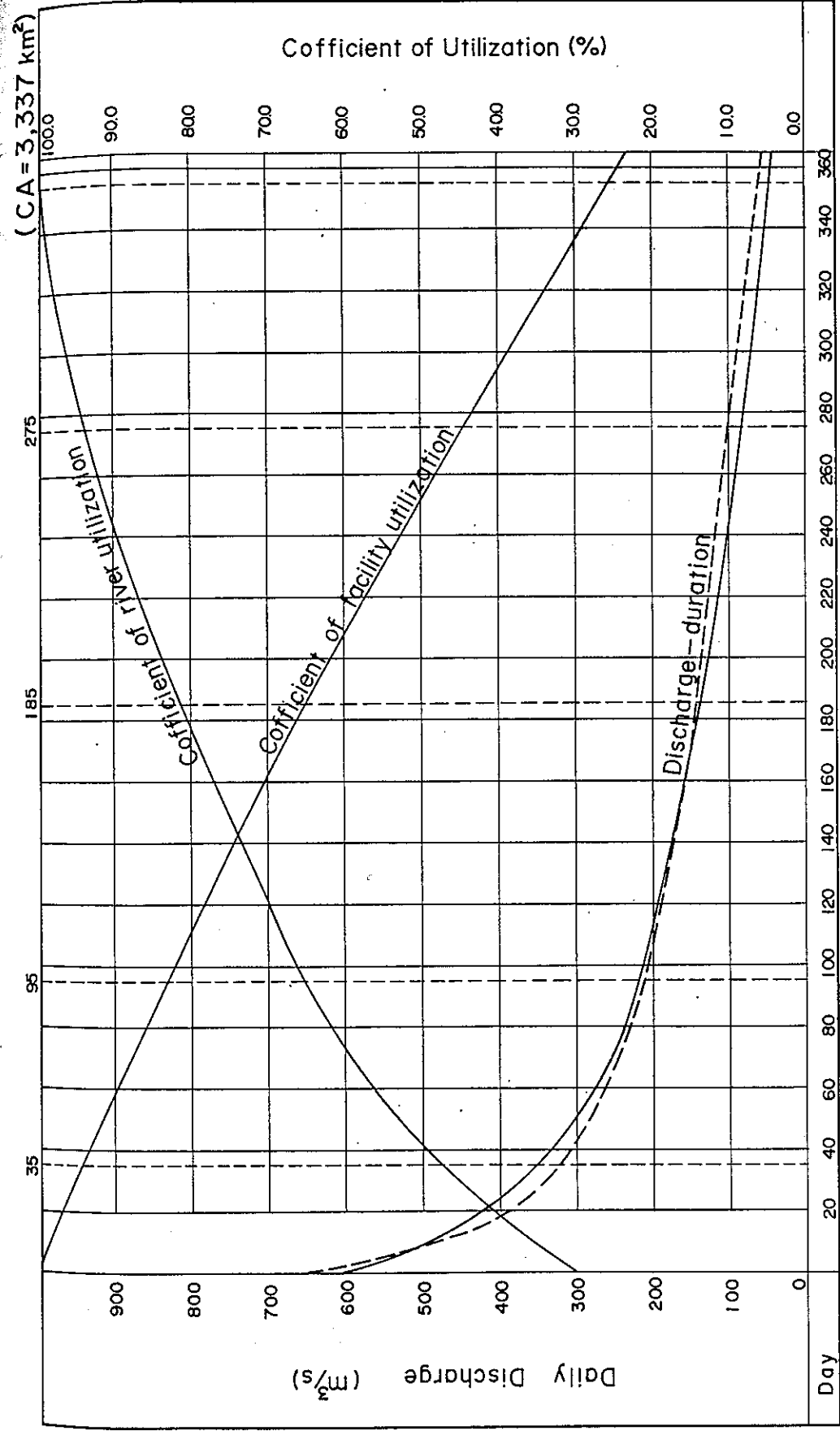
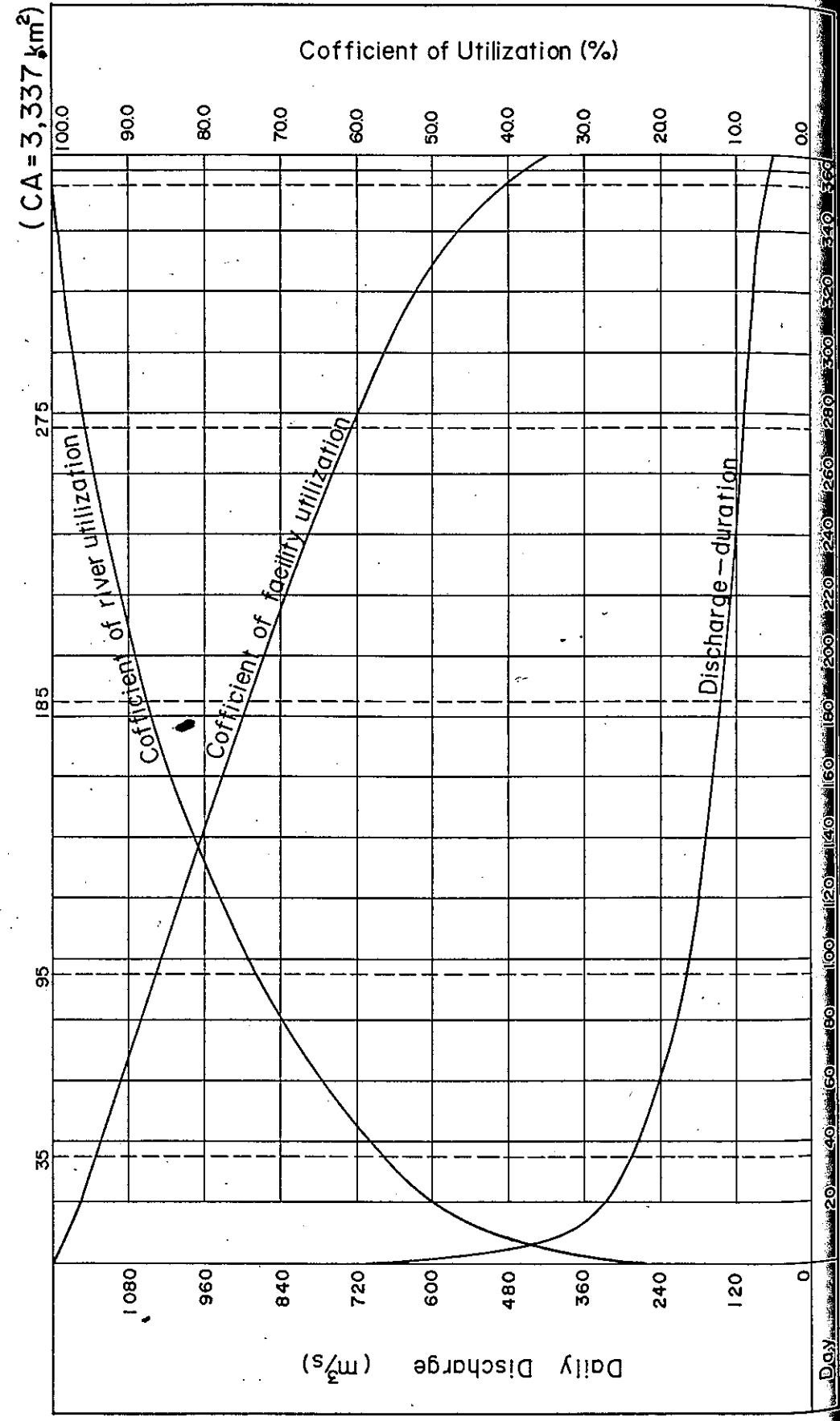
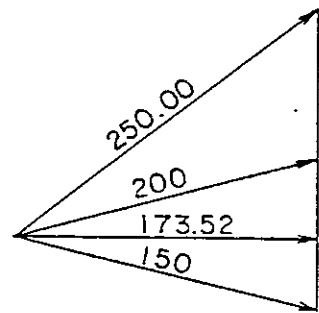


Fig. III-12 Discharge Duration Curve at the Dam Site (1)
(1971 ~ 1976)

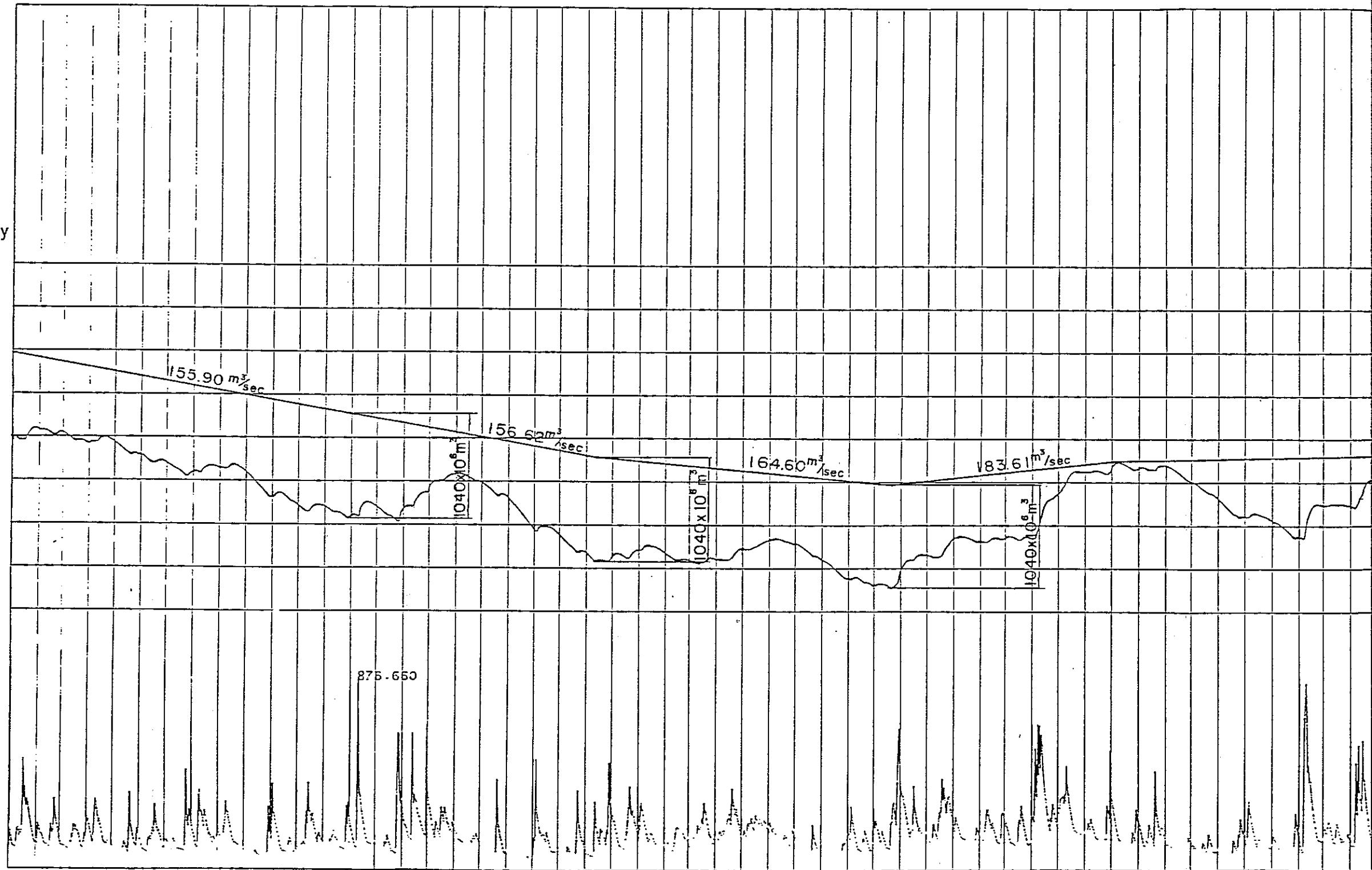


Legend — 5 years Average (1977~1981)
----- 1 years Average (1971~1981)



m³.sec.day

20000
15000
10000
5000
0
-5000
-10000
-15000
-20000



1971

1972

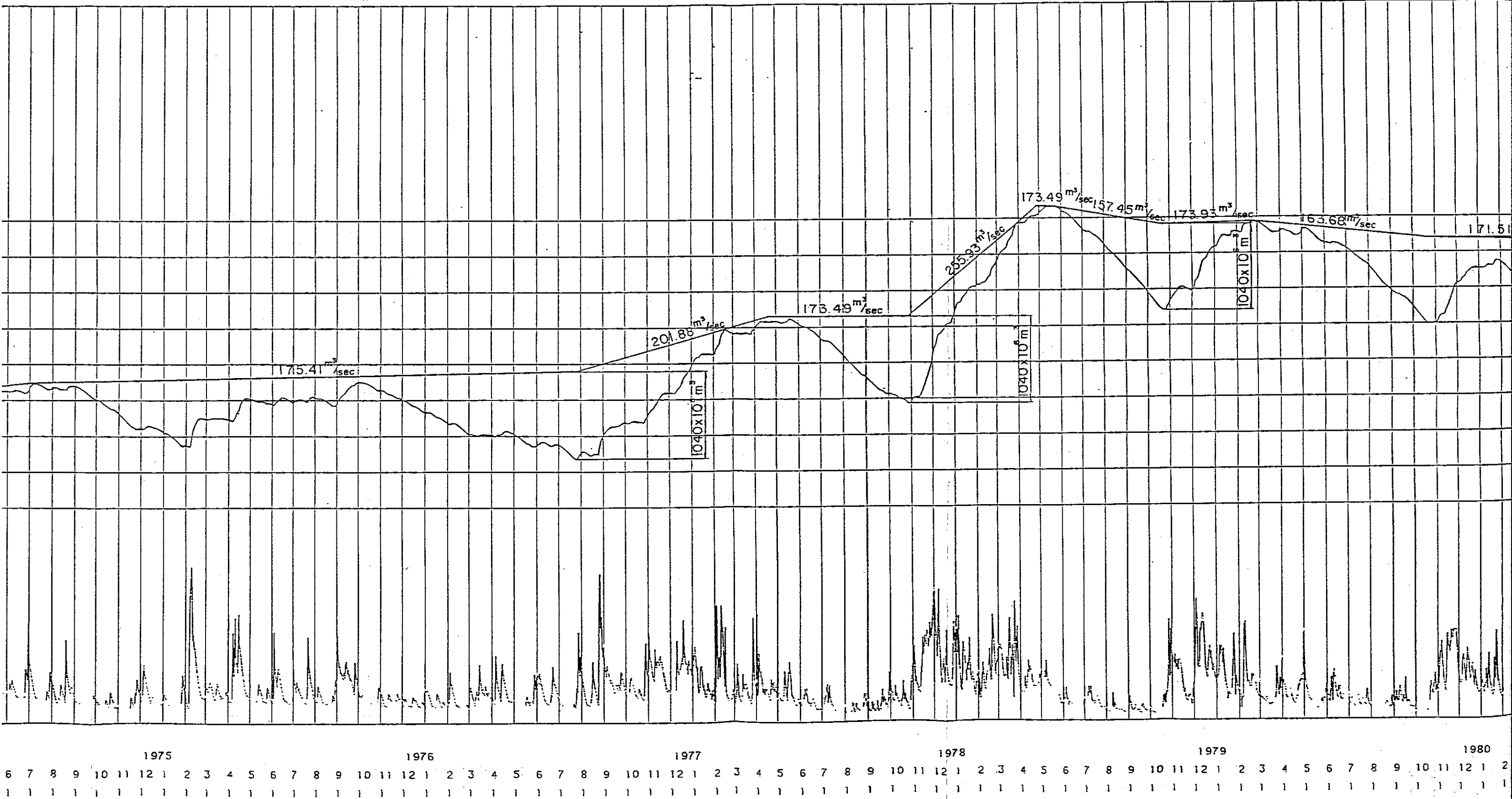
1973

1974

1975

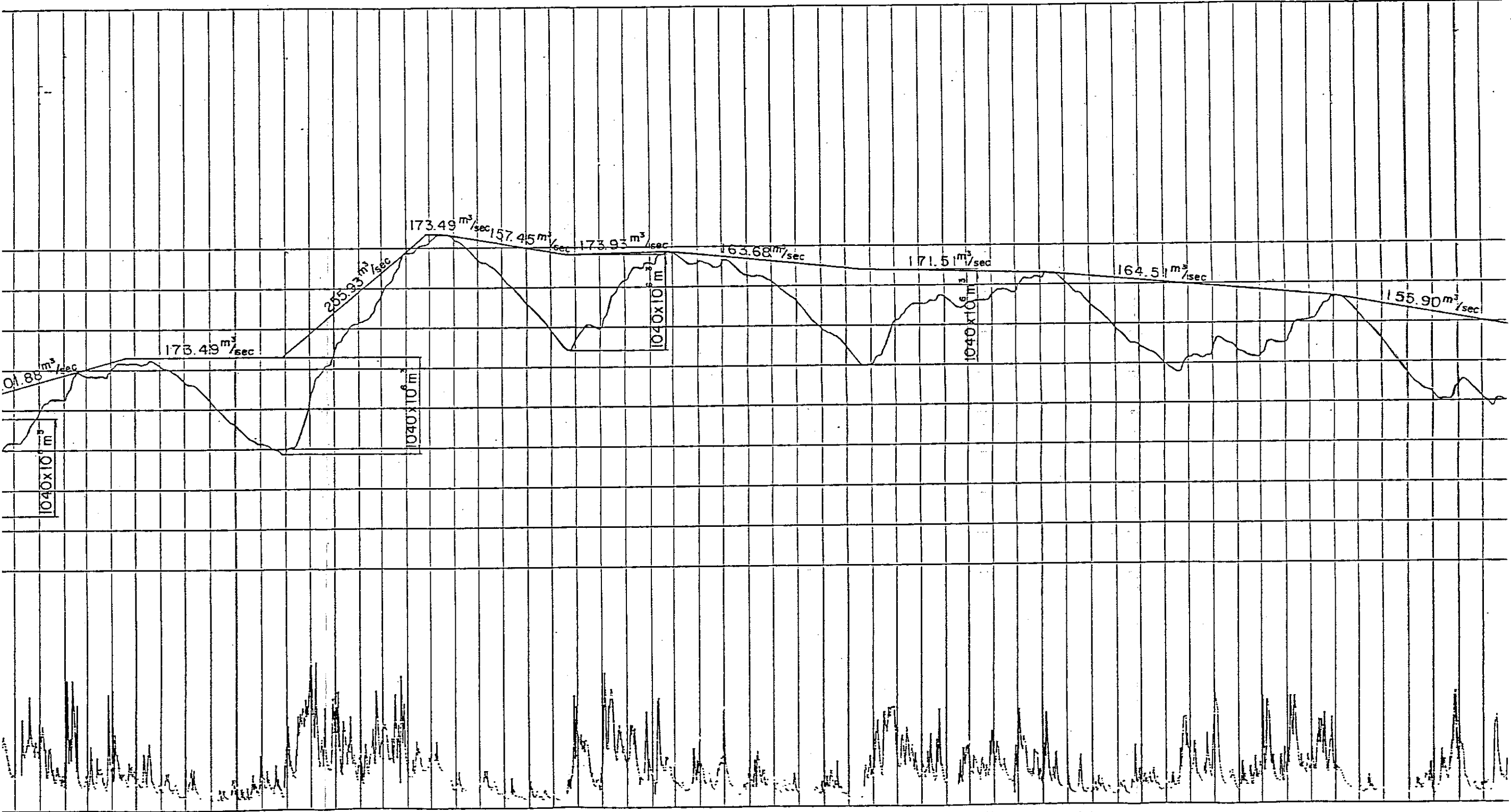
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 1 2 3 4

Fig.III-14 Mass Curve of Kotapanjang Reservoir
 (Average = $173.52 \text{ m}^3/\text{sec}$)



Mass Curve of Kotapanjang Reservoir

(Average = $173.52 \text{ m}^3/\text{sec}$)



Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
1977	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1978	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1979	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1980	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1981	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

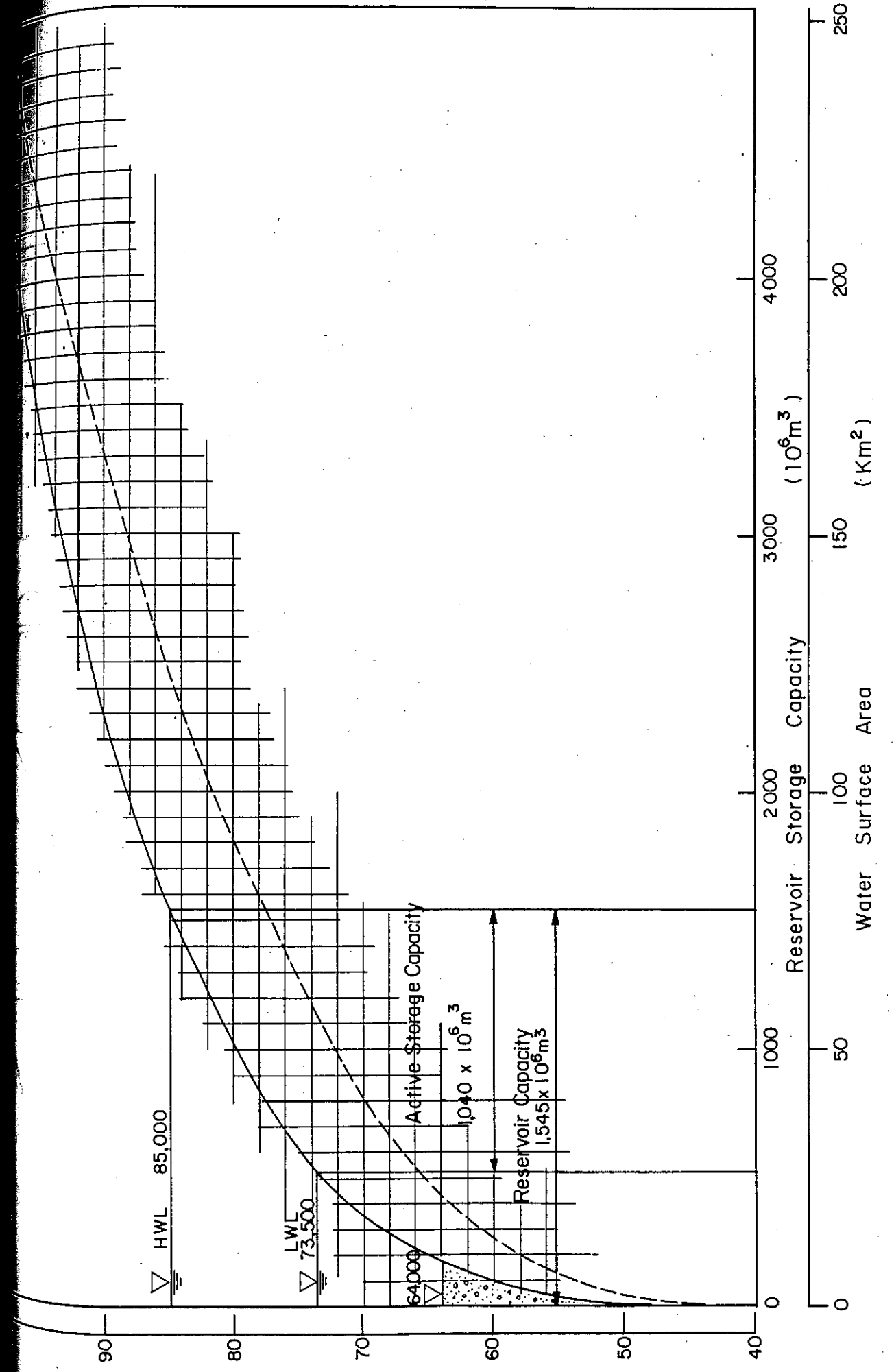


Fig. III-16 Isohyets of Rainfall of 200-year Return Period

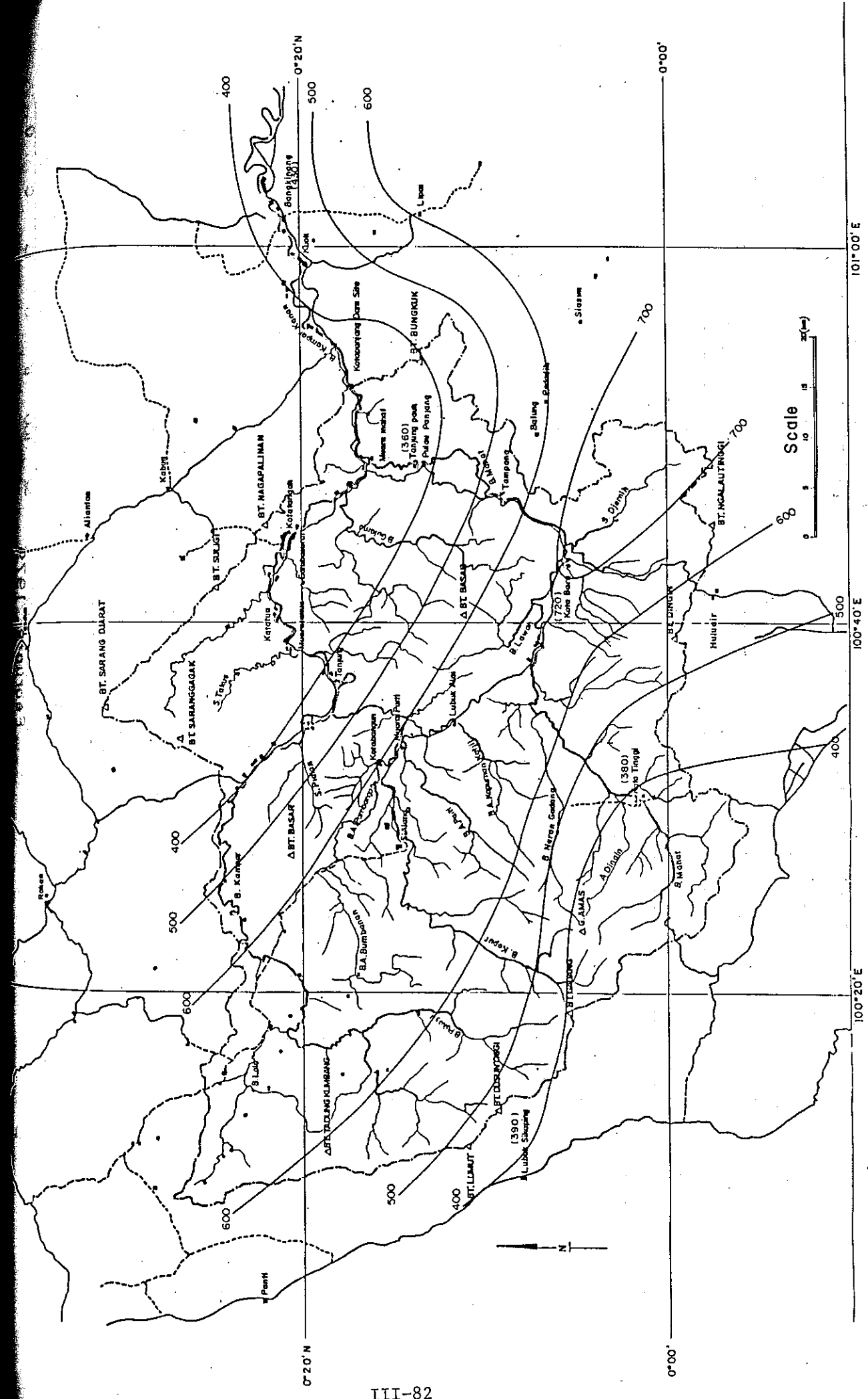
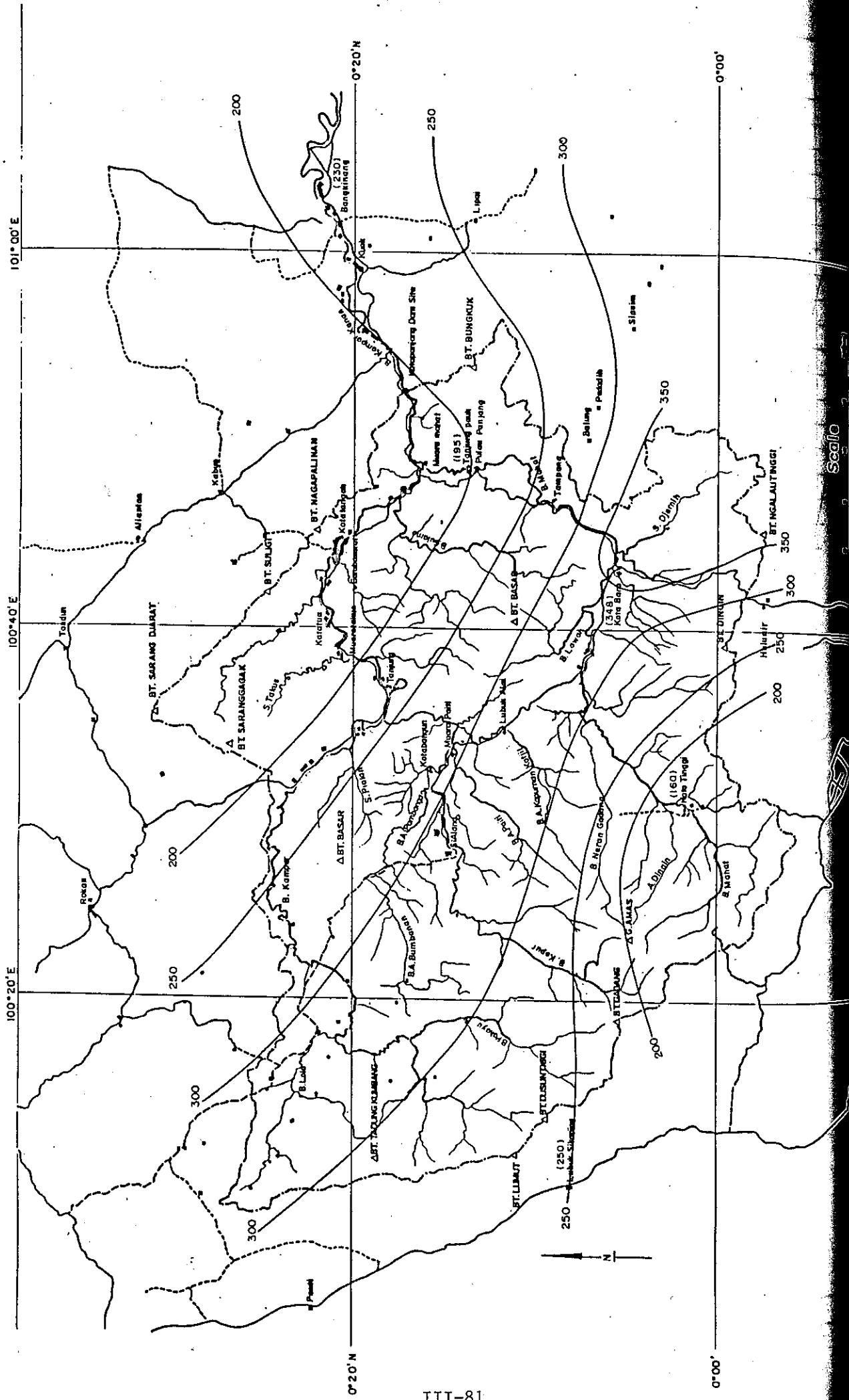


Fig. III-18 Flood on February 10th. 1979 (Qmax=1,3498 m³/sec)

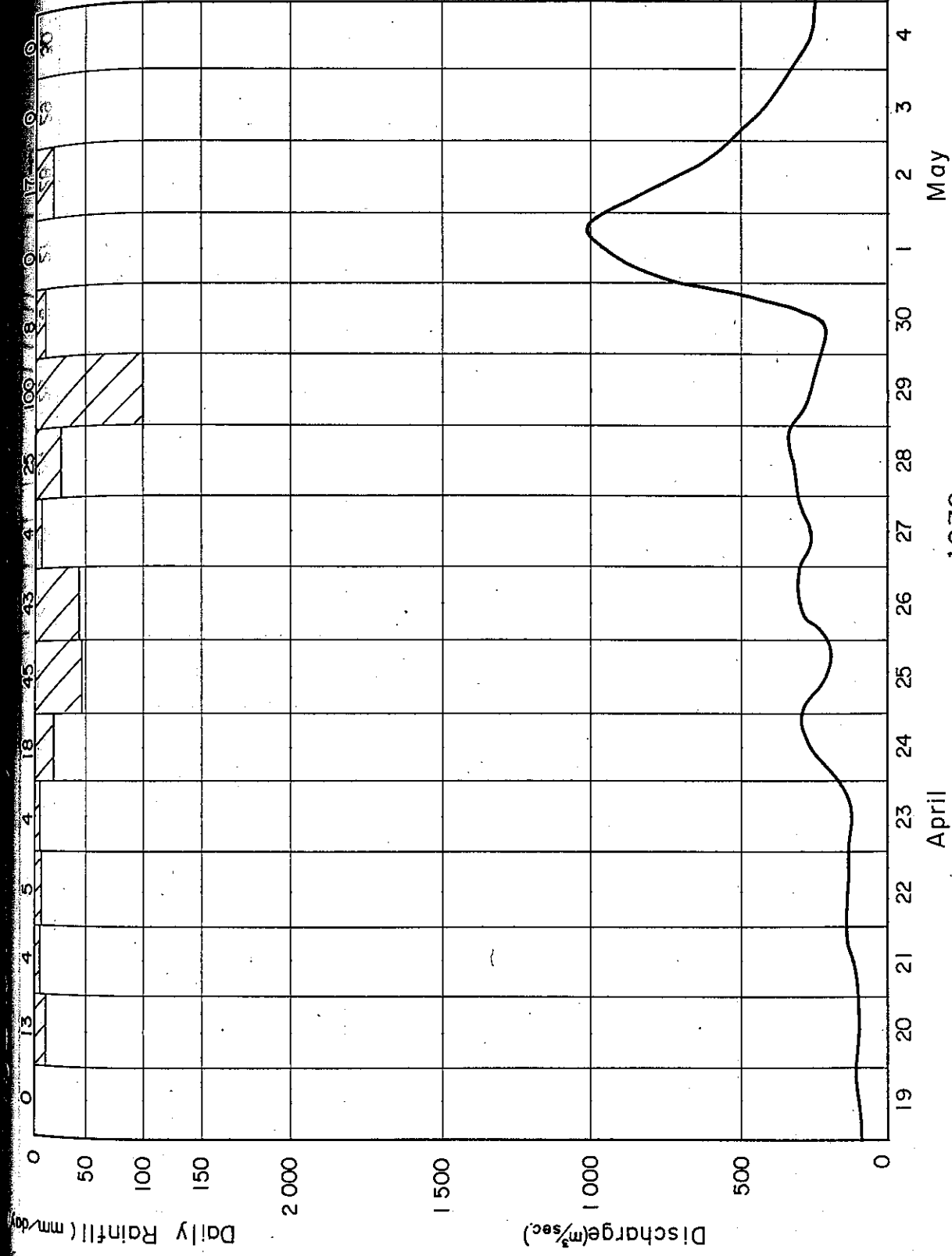
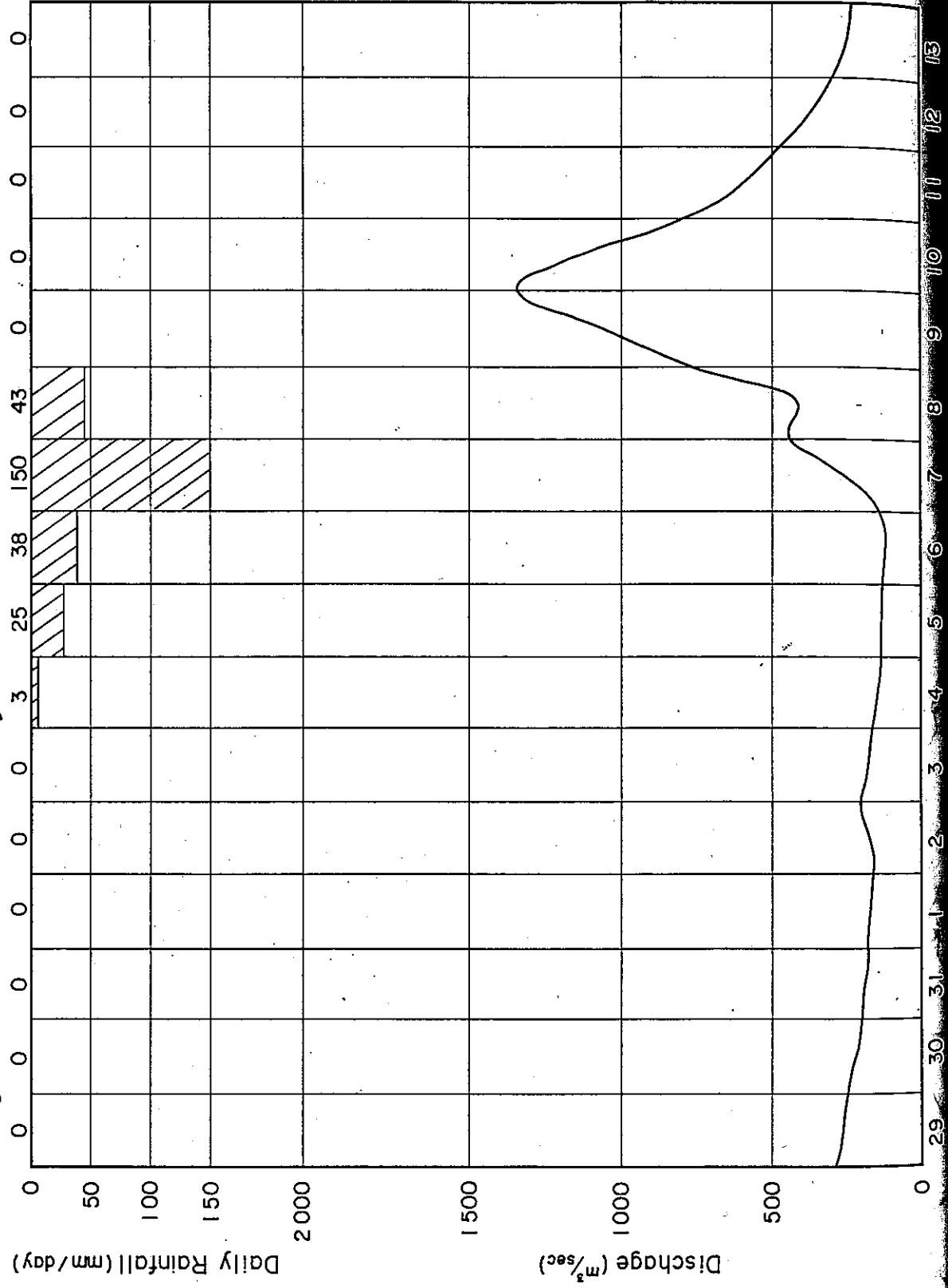


Fig. III-20 Flood on November 27th. 1979 ($Q_{max} = 1,223.6 \text{ m}^3/\text{sec}$)

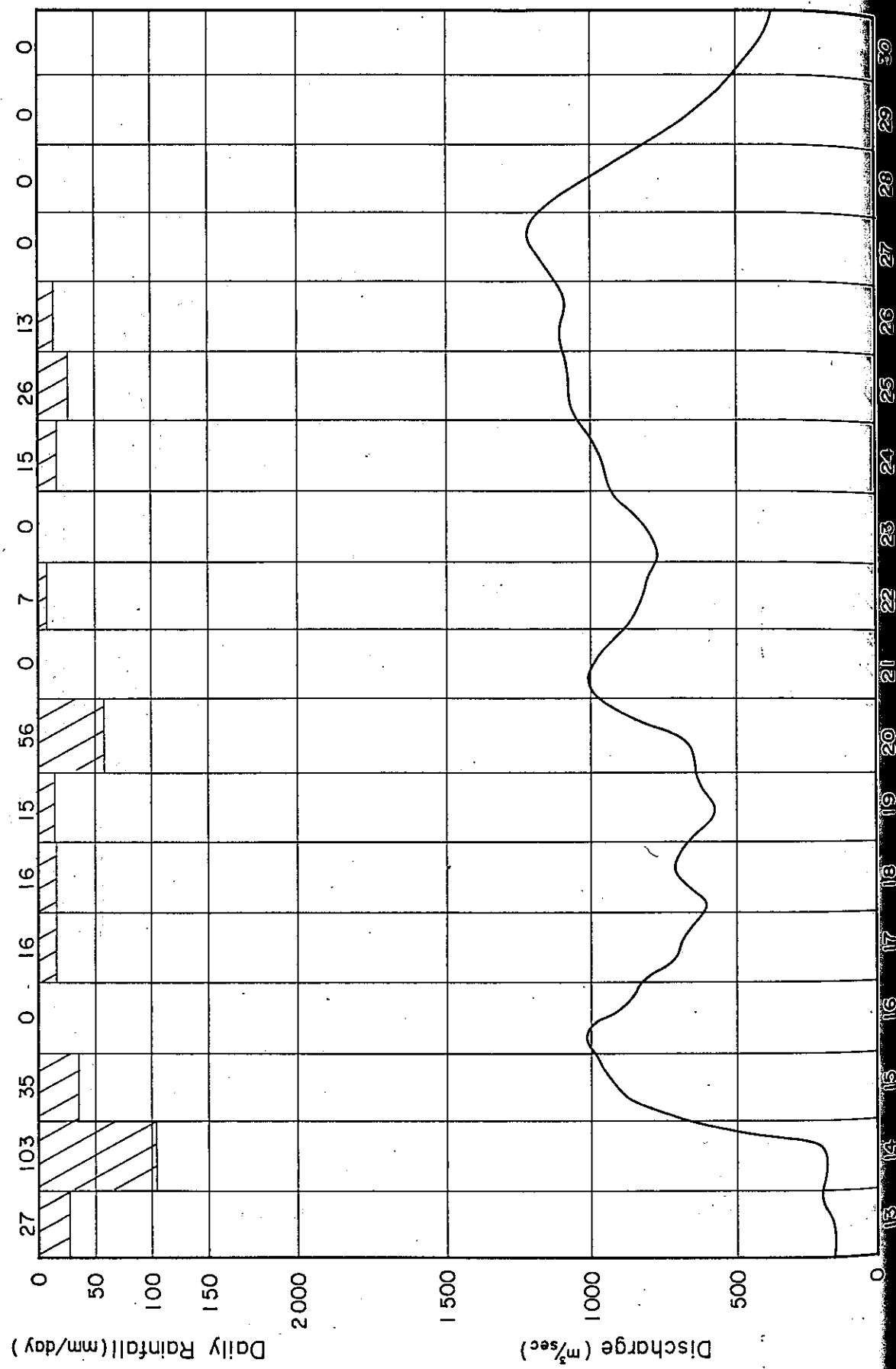
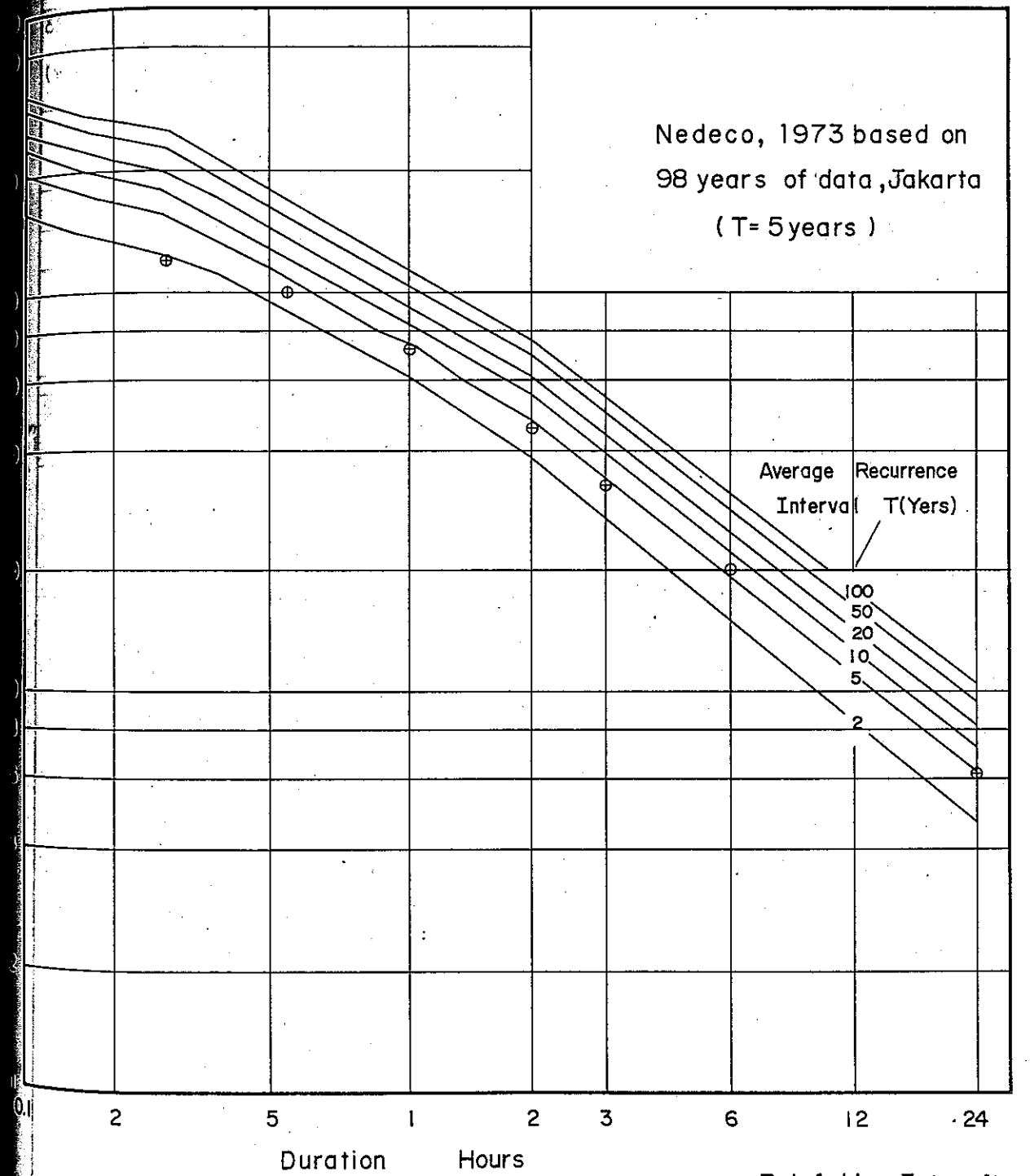


Fig. III-21 Correlation of Rainfall Intensity and Duration Hours



Note : The frequency curves have been converted to unrestricted time intervals

Source : Irish 1978

Rainfall Intensity
Duration - Frequency
Curves for
Jakarta

Fig.III-22 Frequency Analysis Discharge

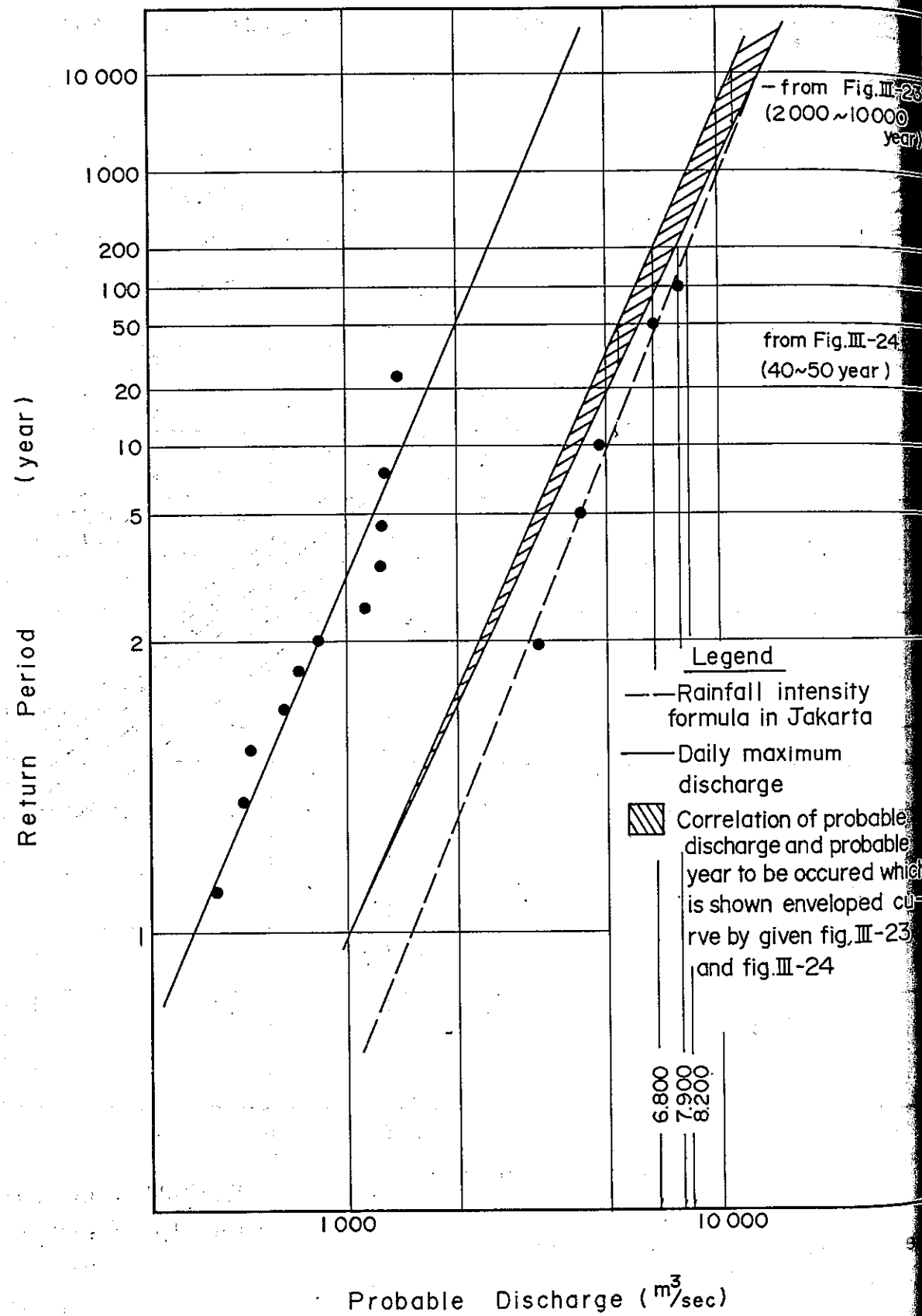


Fig.III-23 Correlation of Design Flood Discharge and Catchment Area

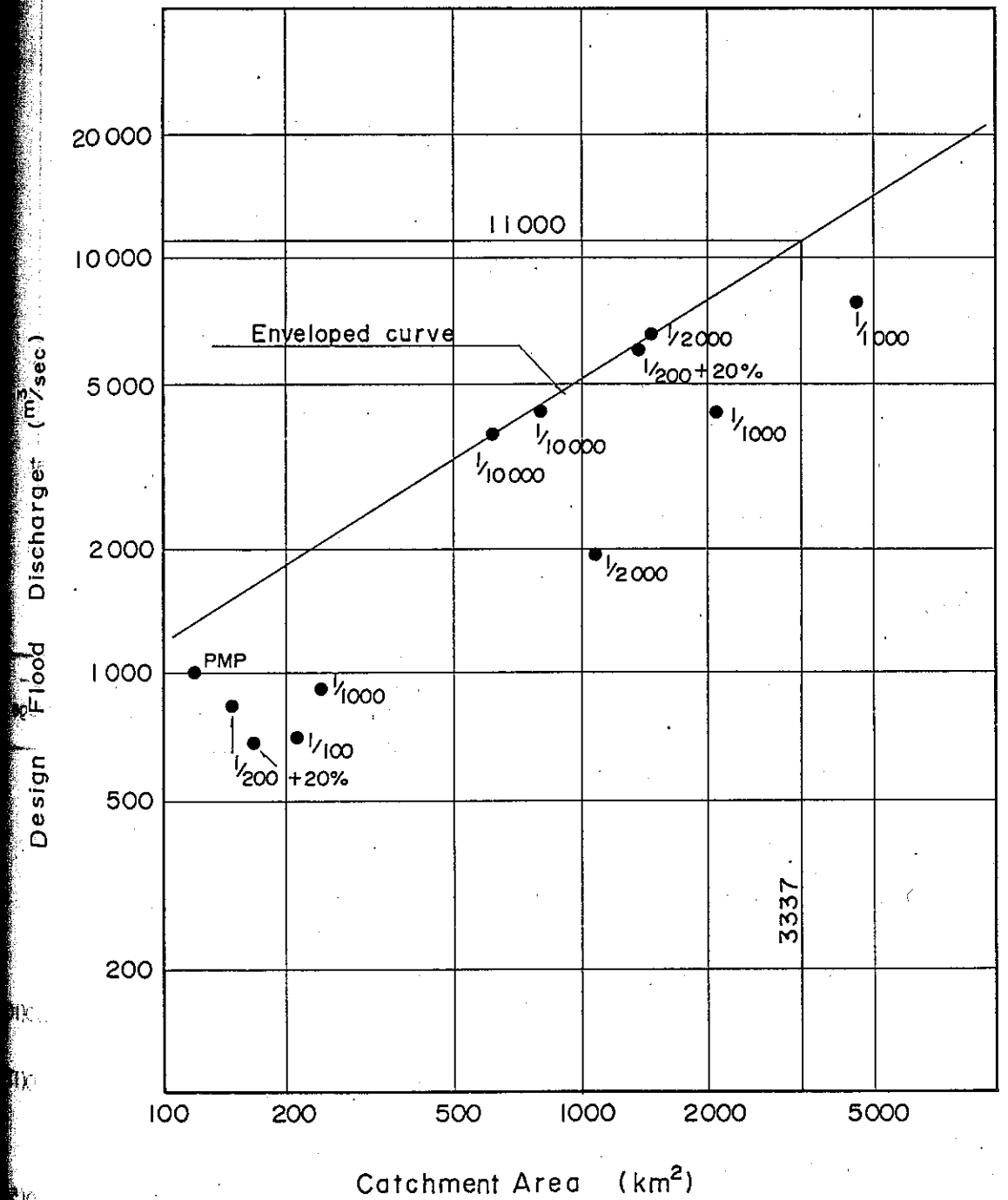
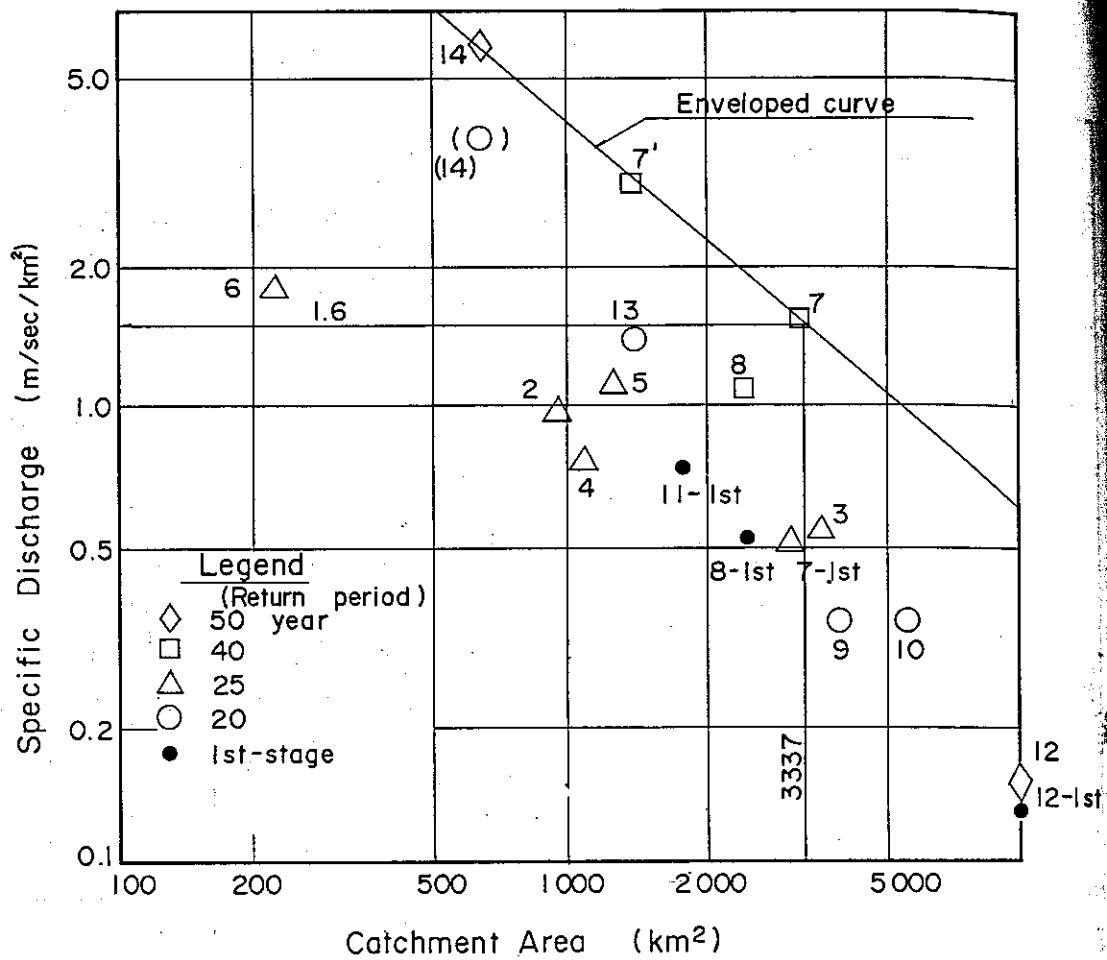


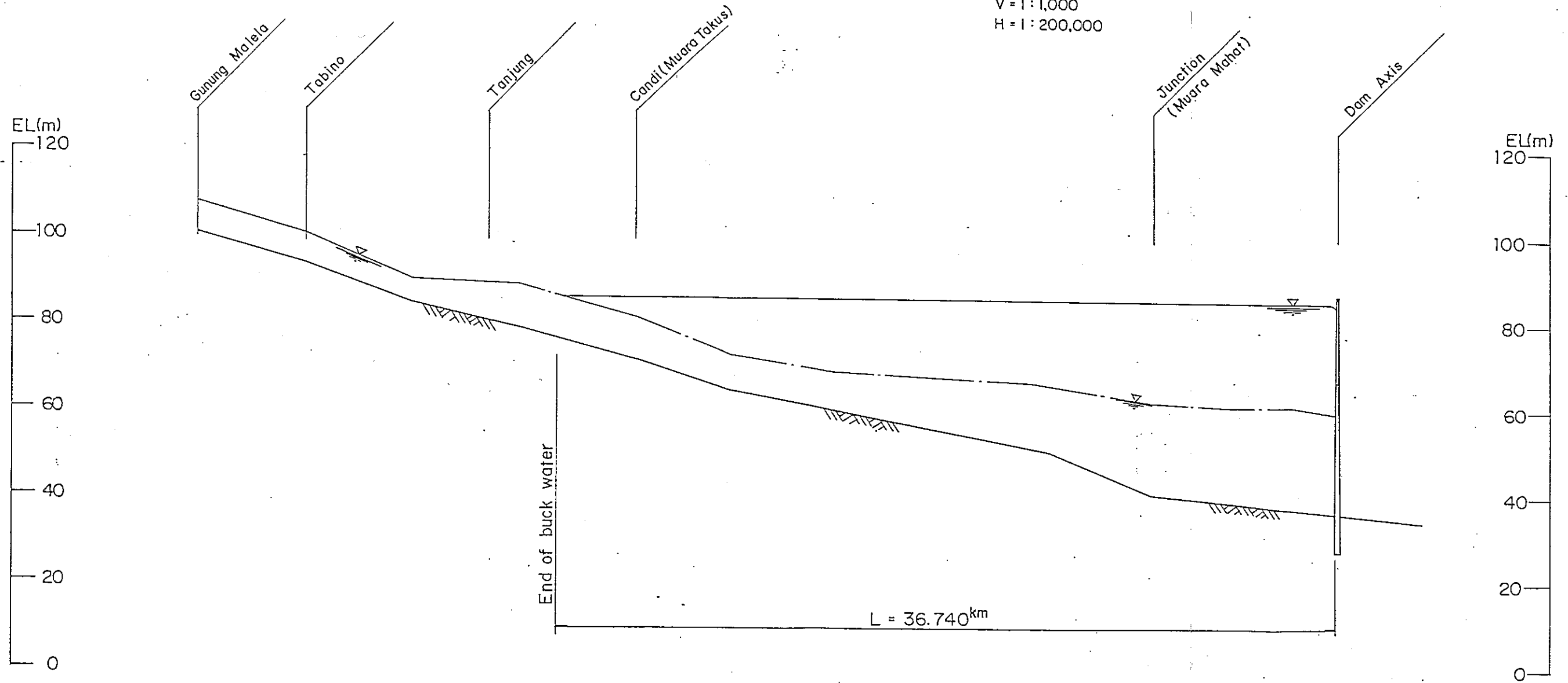
Fig. III-24 Correlation Specific Discharge and Catchment



No.	Name of River	Province	Catchment Area (km ²)	Design Flood (m ³ /s)	Specific Discharge	Return Period (Year)	1st-stage
1.	Sungai Cimanuk	West Jawa	3,006	1,440	0.48	25	
2.	Kali Serang	Central Jawa	937	900	0.96	25	
3.	Sungai Citanduy	West Jawa	3,680	1,900	0.52	25	
4.	Sungai Ular	North Sumatra	1,080	800	0.74	25	
5.	Kali Pemali	Central Jawa	1,228	1,300	1.06	25	
6.	Sungai Cipanas	West Jawa	220	385	1.75	25	
7.	Bengawan Solo	Central/East	3,320	5,240 (2,000)	1.58 (0.60)	40	1,500(1)
8.	Kali Mndium	East Jawa	2,400	2,600	1.08	40	1,200(1)
9.	Sungai Wanps	North Sumatra	3,840	1,320	0.34	20	
10.	Sungai Arakundo	Aceh	5,495	1,800	0.33	20	
11.	Sungai Kring Aceh	Aceh	1,775			20	1,300(1)
12.	Kali Brantas	East Jawa	10,000	1,500	0.15	50	1,300(1)
13.	Sungai Bila	South Surawesi	1,368	1,900	1.39	20	
14.	Jeneberang	South Surawesi	624	3,700 (2,300)	5.39 (3.69)	20	

Fig. III-25 Study of Buck Water for Reservoir Along Kampar Kanan River (Flood Flow)

V = 1 : 1,000
H = 1 : 200,000

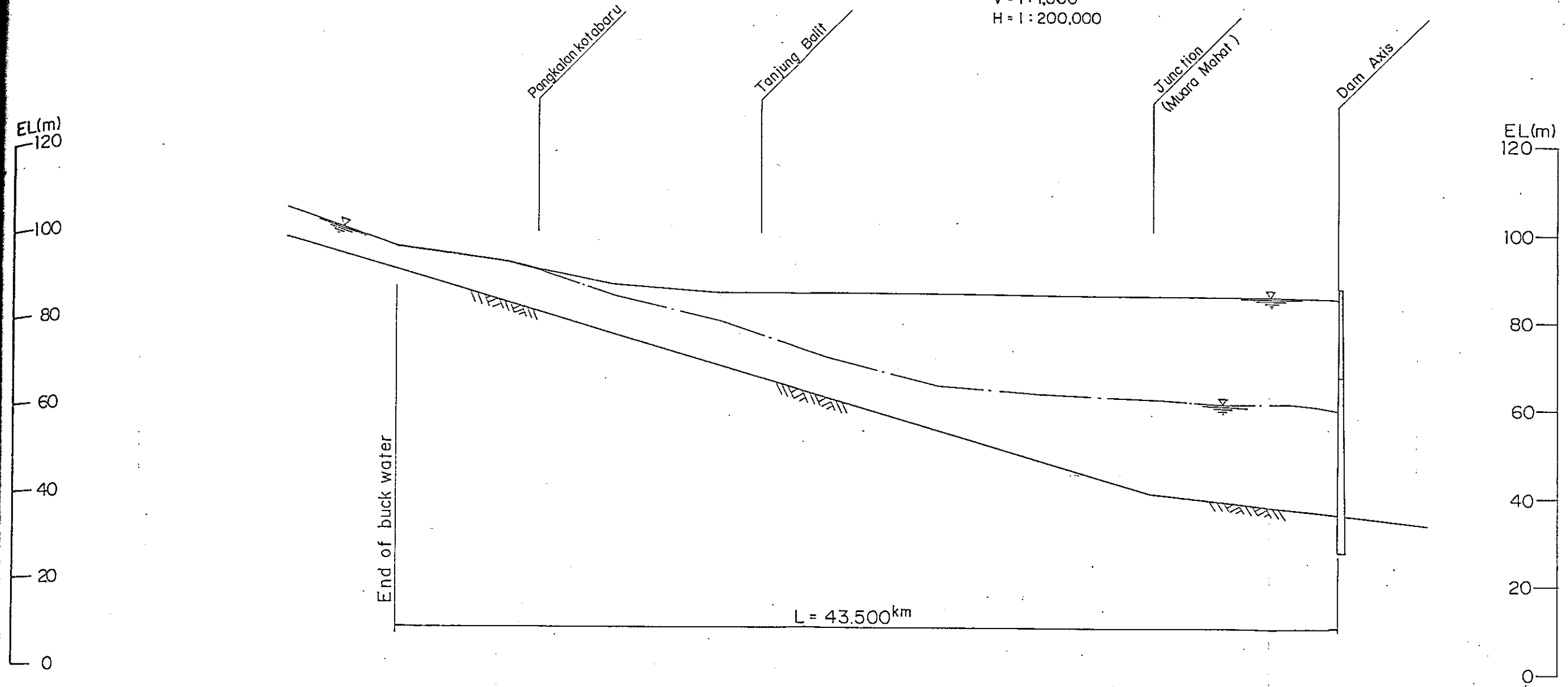


Return Period (Year)	1st-stage
25	
25	
25	
25	
25	
25	
40	1,500(10%)
40	1,200(17%)
20	
20	
20	1,300(5%)
50	1,300(10%)
20	
50	
20	

Distance (km)	Discharge (m ³ /s)	River bed elevation (m)	Water level before filling (m)	Water level after filling (m)
53.500	1,980	101.169	108.263	108.263
48.500	2,400	94.040	100.884	100.884
43.500	2,830	85.000	90.384	90.384
38.500	3,250	79.429	89.398	89.398
36.740			87.017	87.017
33.000	3,720	72.300	81.969	86.396
28.500	4,110	65.020	73.409	85.936
23.500	4,550	60.240	69.189	85.931
18.500	4,990	55.460	68.074	85.926
14.500	5,340	51.860	66.934	85.911
13.500	5,430	50.960	66.154	85.911
8.500	5,870	40.600	62.524	85.901
5.000	8,850	38.710	61.609	85.901
4.000	8,880	38.160	61.609	85.901
3.000	8,910	37.620	61.504	85.901
2.000	8,940	37.060	61.459	85.896
1.000	8,970	36.540	60.769	85.841
0.200	9,000	36.000	59.974	85.751
0.000	9,000			80.692

Fig.III-26 Study of Buck Water for Reservoir Along Mahat River (Flood Flow)

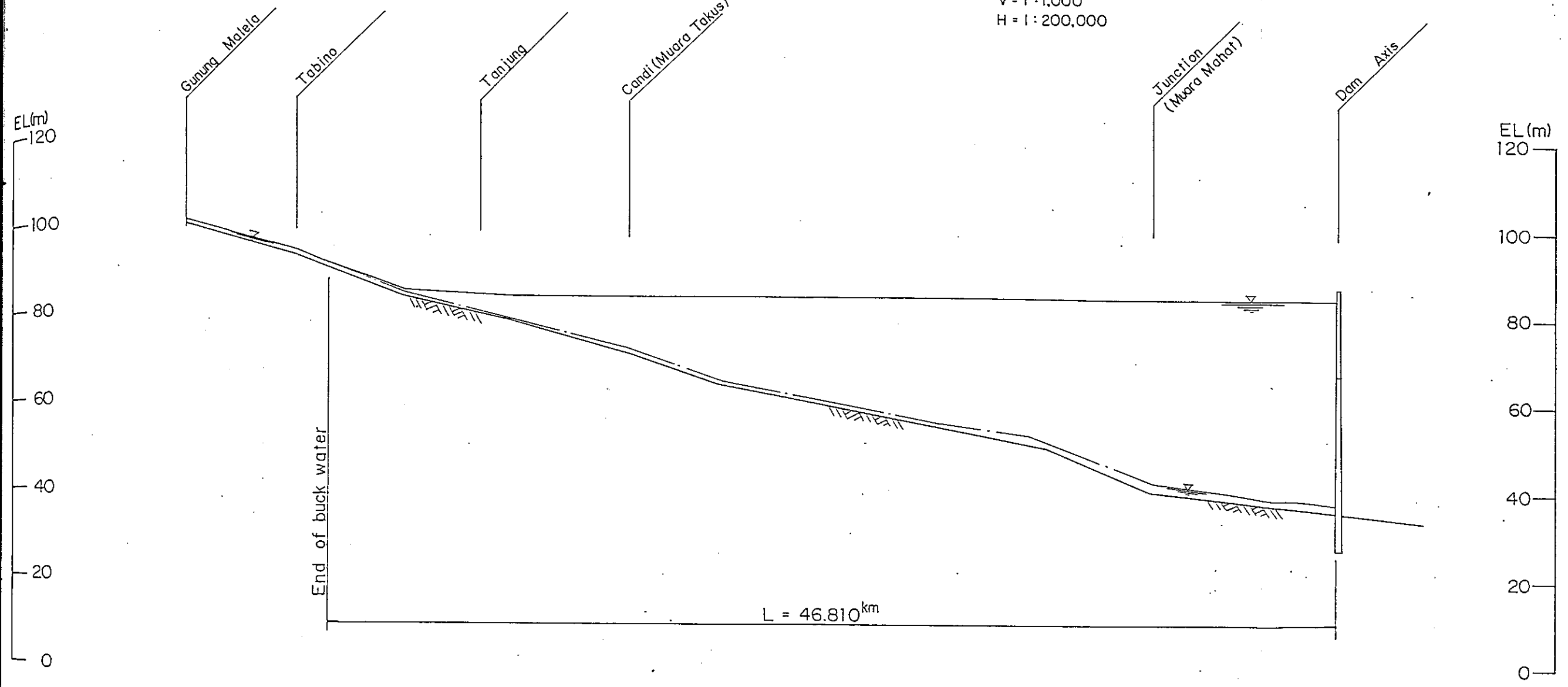
V = 1 : 1,000
H = 1 : 200,000



Distance (km)	Discharge (m ³ /s)	River bed elevation (m)	Water level before filling (m)	Water level after filling (m)
48.500	1,470	98.360	105.119	105.119
43.500	1,880	91.140	96.614	96.614
38.500	2,290	83.920	93.514	93.526
37.100	2,410	81.900	91.494	91.551
33.500	2,470	76.700	85.554	87.926
28.500	2,550	69.480	79.669	86.206
23.500	2,630	62.260	71.509	86.011
18.500	2,720	55.040	65.164	85.956
13.500	2,800	47.820	63.699	85.951
8.500	2,880	40.600	62.524	85.901
5.000	8,850	38.710	61.609	85.901
4.000	8,880	38.160	61.609	85.901
3.000	8,910	37.620	61.504	85.901
2.000	8,940	37.080	61.459	85.896
1.000	8,970	36.540	60.769	85.841
0.200	9,000	36.000	59.974	85.751
0.000				80.692

Fig.III-27 Study of Buck Water for Reservoir Along Kampar Kanan River (185days flow)

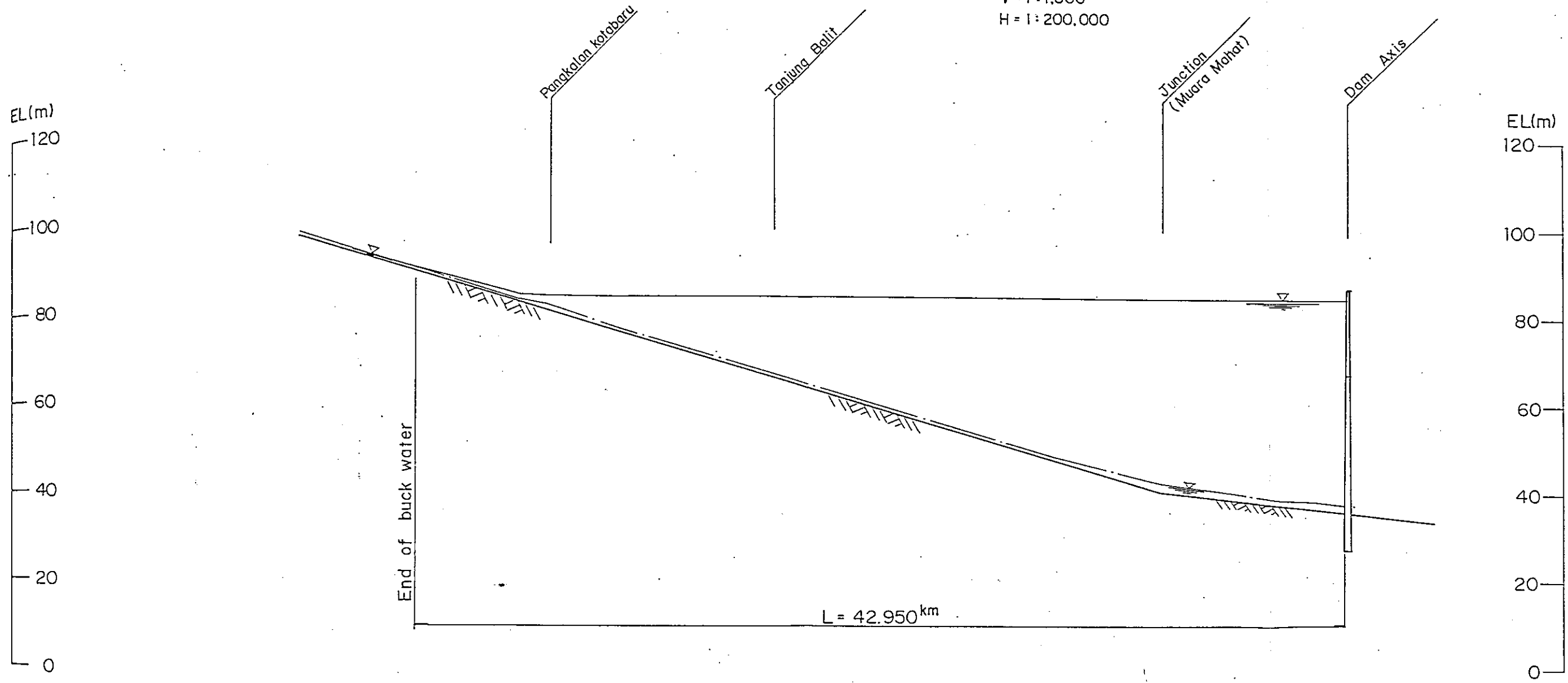
V = 1 : 1,000
H = 1 : 200,000



Distance (km)	Discharge (m ³ /s)	River bed elevation (m)	Water level before filling (m)	Water level after filling (m)
53.500	96.420	101.169	102.028	102.028
48.500	96.420	94.040	95.374	95.374
46.810			92.131	92.131
43.500	96.420	85.000	85.784	86.105
38.500	96.420	79.429	80.353	85.004
33.000	96.420	72.300	73.244	85.000
28.500	96.420	65.020	66.109	85.000
23.500	96.420	60.240	61.304	85.000
18.500	96.420	55.460	56.274	85.000
14.500	96.420	51.860	53.844	85.000
13.500	96.420	50.960	51.834	85.000
8.500	96.420	40.600	42.719	85.000
5.000	143.770	36.710	40.519	85.000
4.000	143.770	38.160	39.639	85.000
3.000	143.770	37.620	39.079	85.000
2.000	143.770	37.080	38.969	85.000
1.000	143.770	36.540	38.574	85.000
0.000	143.770	36.000	38.024	85.000

Fig. III-28 Study of Buck Water for Reservoir Along Mahat River (185 days flow)

V=1:1,000
H=1:200,000



Distance (km)	Discharge (m ³ /s)	River bed elevation (m)	Water level before filling (m)	Water level after filling (m)
48.500	47.350	98.360	99.614	99.614
43.500	47.350	91.140	91.909	91.909
42.950	47.350	91.113	91.113	91.113
38.500	47.350	83.920	84.694	85.210
37.100	47.350	81.900	83.234	85.085
33.500	47.350	76.700	77.719	85.000
28.500	47.350	69.480	70.364	85.000
23.500	47.350	62.260	63.109	85.000
18.500	47.350	55.040	55.969	85.000
13.500	47.350	47.820	48.489	85.000
8.500	47.350	40.600	42.719	85.000
5.000	143.770	38.710	40.519	85.000
4.000	143.770	38.160	39.639	85.000
3.000	143.770	37.620	39.079	85.000
2.000	143.770	37.080	38.969	85.000
1.000	143.770	36.540	38.574	85.000
0.000	143.770	36.000	38.024	85.000

第 4 部

リアウ州の電力需給の補足検討

第4部 リアウ州の電力需給の補足検討

目 次

	頁
バカンバル及びドマイの電力需要想定	IV-1
コタパンジャン発電所の関連送電線の建設費	IV-4

第 4 部
リアウ州の電力需給の補足検討

LIST OF TABLE

Table IV-1 Estimated Construction Cost of
Related Transmission Lines

LIST OF FIGURES

Fig. IV-1 Power Demand Forecast in Riau Province

Fig. IV-2 Peak Load Forecast and Proposed Power Plant Plan
in Riau Province

Fig. IV-3 Transmission Line Development Program
in Riau Province

PAGE

IV-5

PAGE

IV-6

IV-7

IV-8

パカンバル及びドマイの電力需要想定

電力需給については本報告書の第3章に述べたとおり、リアウ州及び西スマトラ州について、又、Wilayah III 全体についても検討を行っている。この結果、コタパンジャン発電所の完成後は、その電力はリアウ州内の需要を賄うことになるので、同発電所の完成時期を目標に州内の送、変、配電設備の整備を行う必要がある。

州内の主要な需要地はパカンバル及びドマイであるので、発電所～パカンバル及びパカンバル～ドマイ間の送電線の建設が中核となる。州内電力需要のうち、パカンバル及びドマイの需要がどの位になるかを想定し、送電線建設のための資料を得ることを目的として以下のとおり検討を行った。

1981年末現在パカンバル及びドマイの人口は、それぞれ次のとおりである。

パカンバル	186,200人
ドマイ	64,800人

現在ドマイには、重質油分解工場プロジェクトが進行中であり、このプロジェクトが完成すると一般の電力消費者や商店等が大巾に増加することが予想される。しかしながら、どの程度増加するか予想が難しいので、一応パカンバルとドマイの人口比率は変わらないとしてリアウ州全体の需要想定と同様にすると次のようになる。

(1) 住 宅 用

(単位: GWh)

年	1981	1985	1990	1995	2000
パカンバル	14.8	28.6	44.3	64.0	89.8
ドマイ	4.9	10.1	15.6	22.5	31.6
計	19.7	38.7	59.9	86.5	121.4

(2) 商業用

(単位: GWh)

年	1981	1985	1990	1995	2000
バカンバル	4.5	10.7	20.5	36.4	64.4
ドマイ	1.6	3.7	7.2	12.8	22.6
計	6.1	14.4	27.7	49.2	87.0

(3) 公共用

(単位: GWh)

年	1981	1985	1990	1995	2000
バカンバル	4.4	10.1	19.7	35.6	63.6
ドマイ	1.4	3.6	6.9	12.5	22.3
計	5.8	13.7	26.6	48.1	85.9

(4) 工業用

コタパンジャン水力発電所の完成が1990/91(1991年3月)になるため、これに合わせて需要想定を行った結果次のようになった。

(単位: GWh)

年	1981	1985	1990	1995	2000
バカンバル	5.4	49.6	49.6	85.6	85.6
ドマイ	—	1.4	1.4	211.1	211.1
計	5.4	51.0	51.0	296.7	296.7

(5) まとめ

バカンバル及びドマイの電力需要(GWh)及びピーク負荷(km)は次のとおりである。

(単位: GWh)

年	1981	1985	1990	1995	2000
バカンバル	29.1	99.0	134.1	221.6	303.4
ドマイ	7.9	18.8	31.1	258.9	287.6
計	37.0	117.8	165.2	480.5	591.0
ピーク負荷		33MW	46MW	112MW	135MW

上記の結果を本報告書の図3.3及び3.4にプロットすると、バカンバル及びドマイの電力需要は図N-1、ピーク負荷は図N-2に示すようになる。

2. コタパンジャン発電所の関連送電線の建設費

このプロジェクトの範囲には、コタパンジャン発電所のほか

- ① コタパンジャン発電所～バカンバル変電所間の送電線
- ② コタパンジャン開閉所
- ③ バカンバル変電所

が含まれている。これ以外のリアウ州内の関連送電線、変電所等は他プロジェクトとして、コタパンジャン発電所が完成する1990/1991までに整備される必要がある。なぜならコタパンジャン発電所の電力は、全リアウ州の電力需要を見込んでいるからである。

リアウ州内の送電線計画については、本報告書で述べたとおりであり、これを図IV-3に示す。

これらについて、将来の建設工事のために概算建設費を算出した。その結果を表IV-1にまとめた。関連送電線の延長は880 kmに達し、これに要する建設費は88,022×10³ US\$となる。

但し、この中には変電所、開閉所及び配電線の建設費は含まれていない。

Table IV-1 Estimated Construction Cost of Related Transmission Lines

(Unit: 10³ US\$)

Transmission Line	Length (km)	Superstructure		Civil Work		Total	
		Foreign	Local	Foreign	Local	Foreign	Local
		Pekanbaru S. - Minas S.	1,624	240	568	568	2,192
Minas S. - Duri S.	4,332	644	1,512	1,512	5,844	2,156	
Duri S. - Dumai S.	3,248	480	1,136	1,136	4,384	1,616	
Pekanbaru S. - Talukkuantan S.	9,749	1,444	3,408	3,408	13,152	4,852	
Talukkuantan S. - Cerenti S.	2,708	400	948	948	3,656	1,348	
Cerenti S. - Airmolek S.	2,166	320	758	758	2,924	1,078	
Airmolek S. - Rengat S.	1,624	240	568	568	2,192	808	
Rengat S. - Tembilahan S.	4,872	720	1,704	1,704	6,576	2,424	
Talukkuantan S. - Solok S.	6,496	964	2,272	2,272	8,768	3,236	
S.Y. - Pasirpengarayan S.	5,416	804	1,892	1,892	7,308	2,696	
S.Y. - Payakumbuh S.	5,416	804	1,892	1,892	7,308	2,696	
Total	880	47,646	7,060	16,658	64,304	23,718	

Notes: S. : Substation
S.Y.: Kotapanjang Switch yard

Fig. IV-1 Power Demand Forecast in Riau Province (excluding Kepulauan Riau)

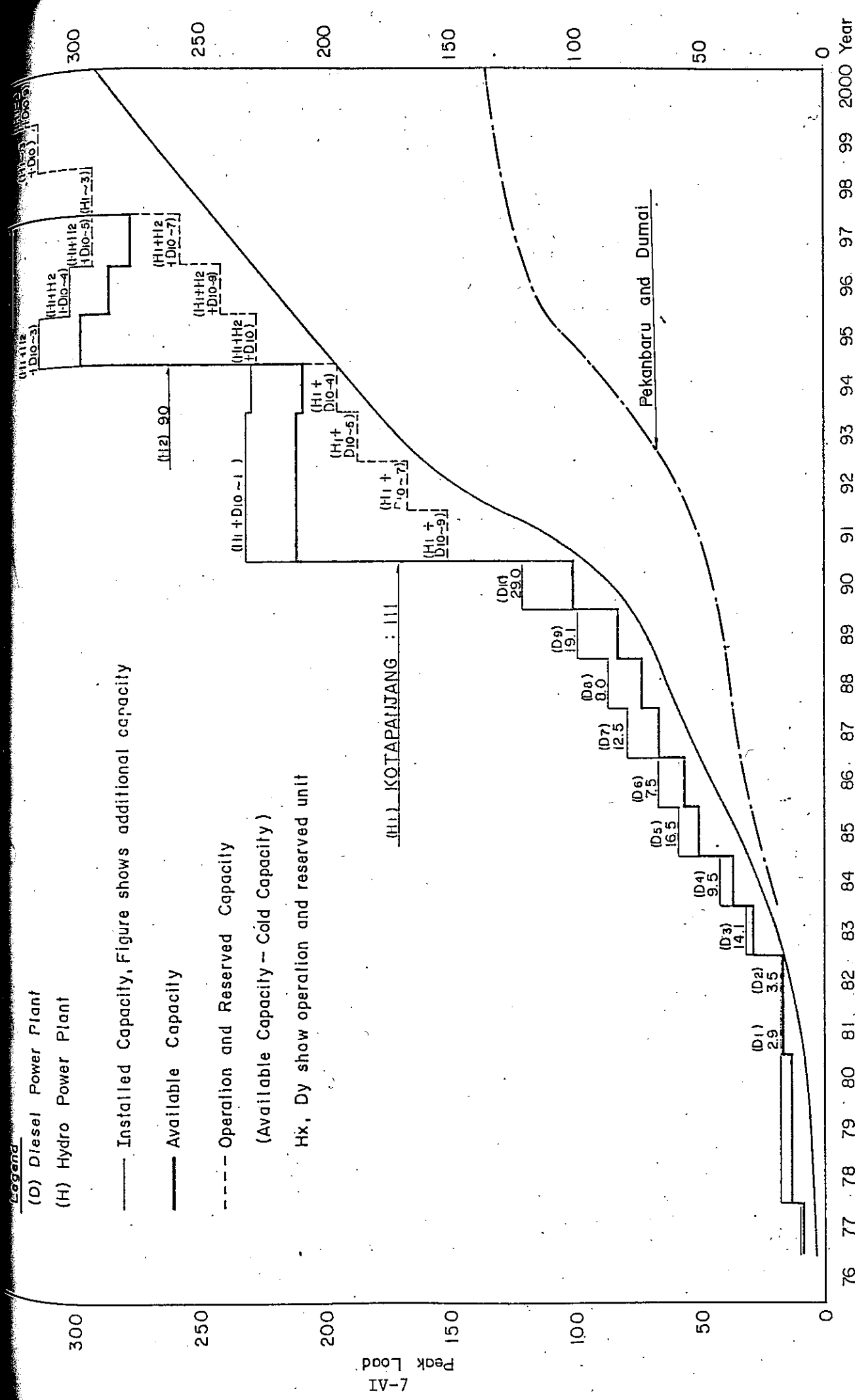
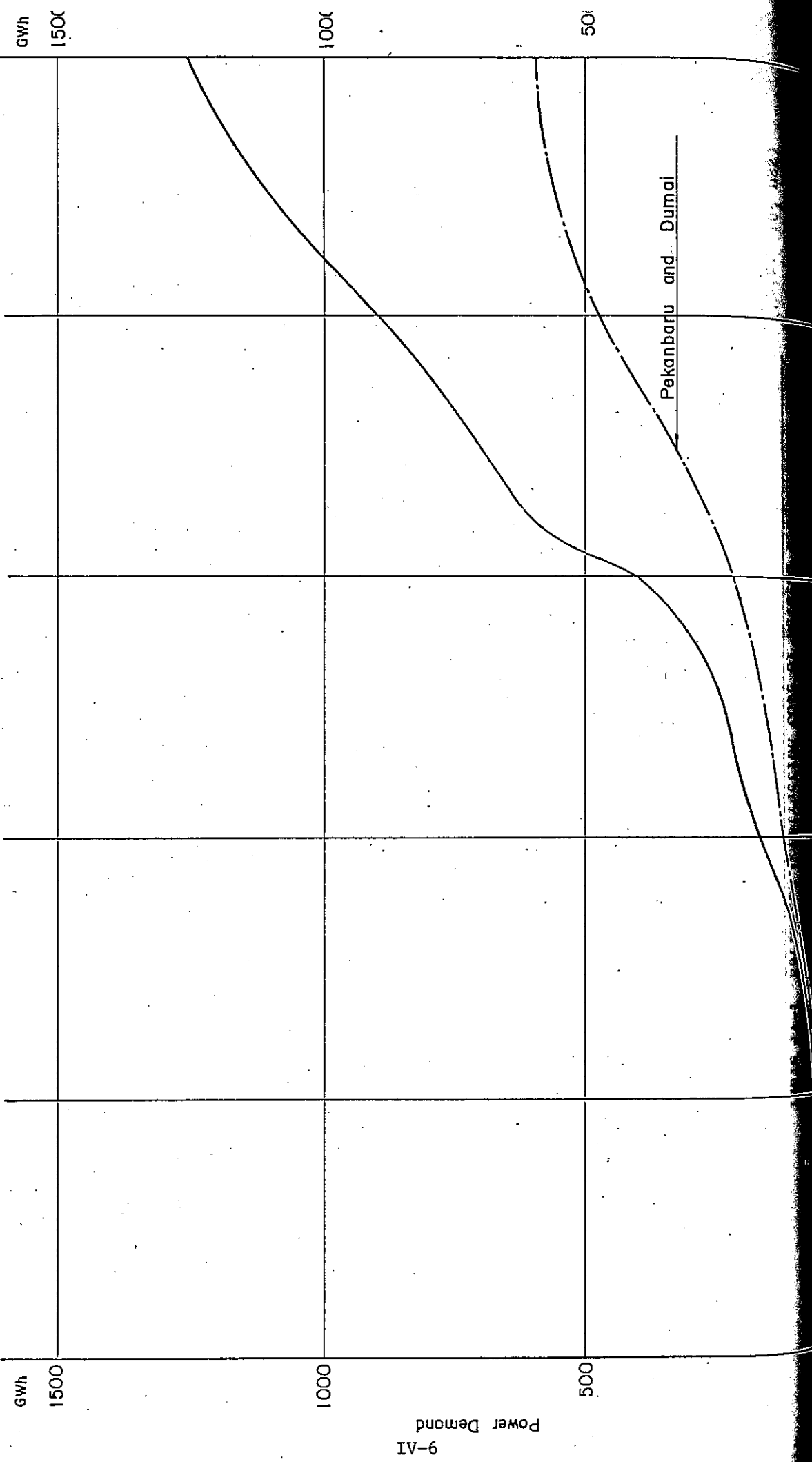


Fig. IV-3 Transmission Line Development Program in Riau Province

S=1:1,500,000

