

ミャンマー国  
ヤンゴン市上下水道改善プログラム  
協力準備調査

ファイナル・レポート

第3巻  
上水道マスタープラン

資料編



## 資料編

### 目次

A.	世帯訪問調査.....	A-1
B.	水源調査.....	B-1
C.	水質調査の概要.....	C-1
D.	施設設計の根拠.....	D-1
E.	配水池を含めた配水区の説明.....	E-1
F.	積算.....	F-1
G.	財務評価（マスタープラン）.....	G-1
H.	Public Consultation Seminar 議事録.....	H-1



## A. 世帯訪問調査

表 A.1 世帯訪問調査サンプル数

Township	Area (sq.mile)	Population	Household	No. of Samples	Sample Rate (%)	No. of Wards	HIS Zone	
Latha	0.31	34,125	5,368	66	1.2	10	A	CBD
Lanmadaw	0.54	43,137	7,334	89	1.2	12		
Pabedan	0.28	37,551	5,366	66	1.2	11		
Kyauktada	0.28	34,797	6,078	74	1.2	9		
Botabtaung	0.96	49,134	8,148	99	1.2	10		
Pazuntaung	0.39	53,648	8,258	101	1.2	9		
<b>CBD Area</b>	<b>2.76</b>	<b>252,392</b>	<b>40,552</b>	<b>495</b>	<b>1.2</b>	<b>61</b>		
Ahlonge	1.04	65,510	9,021	90	1.0	11	B	Inner Urban West
Kyeemyindaing	4.81	115,841	20,215	202	1.0	22		
Sanchaung	0.96	105,208	17,242	212	1.2	18		
Dagon	1.96	24,492	3,682	37	1.0	5	C	Inner Urban North
Bahan	3.41	100,695	16,339	163	1.0	22		
Tarmwe	1.71	191,114	32,505	393	1.2	20	D	Inner Urban East
Mingalar Taung Nyunt	1.96	155,767	22,732	275	1.2	20	B	Inner Urban West
Seikkan	6.41	2,241	433	5	1.2	3	D	Inner Urban East
Dawbon	1.47	87,284	13,603	136	1.0	14		
<b>Inner City</b>	<b>23.73</b>	<b>848,152</b>	<b>135,772</b>	<b>1,513</b>	<b>1.1</b>	<b>135</b>		
Kamaryut	2.40	87,881	13,663	137	1.0	10	E	Outer Ring West
Hlaing	5.26	151,014	25,969	260	1.0	16		
Yankin	1.94	125,909	13,921	139	1.0	16	F	Outer Ring East
Thingangyun	4.40	231,621	35,335	353	1.0	39		
<b>Outer City</b>	<b>14.00</b>	<b>596,425</b>	<b>88,888</b>	<b>889</b>	<b>1.0</b>	<b>81</b>		
Mayangone	9.78	205,403	33,738	337	1.0	10	G	Older Suburb Middle
Insein	13.52	311,200	53,324	533	1.0	21	H	Suburb North West
Mingalardon	43.57	288,858	48,896	489	1.0	32	I	Suburb North
North Okkalapa	10.32	333,484	57,101	571	1.0	19	J	Older Suburb North
South Okkalapa	3.93	191,388	33,800	338	1.0	13	G	Older Suburb Middle
Thaketa	4.93	253,284	43,076	431	1.0	19	K	Older Suburb South
Dala	3.90	181,087	31,192	312	1.0	46	L	South of CBD
Seik gyi Kha Naung To	2.27	38,425	6,804	68	1.0	9		
<b>Old Suburbs</b>	<b>92.22</b>	<b>1,803,129</b>	<b>307,931</b>	<b>3,079</b>	<b>1.0</b>	<b>169</b>		
Shwe Pyi Thar	25.76	295,993	38,636	386	1.0	27	M	New Suburb West
Hlaing Thar Yar	26.32	488,768	73,668	737	1.0	29		
North Dagon	23.27	221,200	36,919	369	1.0	27	N	New Suburb East
South Dagon	30.55	370,403	58,779	588	1.0	39	O	New Suburb South
East Dagon	35.15	145,505	22,734	227	1.0	60	N	New Suburb East
Dagon Seikkan	32.97	120,161	21,741	217	1.0	48	O	New Suburb South
<b>New Suburbs</b>	<b>174.02</b>	<b>1,642,030</b>	<b>252,477</b>	<b>2,524</b>	<b>1.0</b>	<b>230</b>		
Kyauktan*		48,473	11,615	200	1.7	13	P	Outer Suburb South
Thanlyin*		181,959	38,863	500	1.3	36		
Hlegu*		50,793	11,642	200	1.7	14	Q	Outer Suburb North East
Hmawbi*		83,719	17,697	300	1.7	18		
Htantabin*		40,234	9,200	150	1.6	18	R	Outer Suburb West
Twantay*		24,936	5,198	150	2.9	10		
<b>Periphery Area</b>		<b>395,760</b>	<b>86,436</b>	<b>1,500</b>	<b>1.7</b>	<b>109</b>		
<b>Total in Study Area</b>		<b>5,537,888</b>	<b>912,056</b>	<b>10,000</b>	<b>1.1</b>	<b>785</b>		

\* The population and the number of households in Adjoining Areas are sourced from Population by Ward reported to Township Office as of July 2012

Source: JICA Urban Plan Study, 2012

表 A.2 Q47i 用途別水源

			Source of Water by Purpose									
			Piped Water Supply System by YCDC	Public Well/Tap	Private Tube Well	Neighbors Well/Tap (Free of Charge)	Bottled Water	Water Vender	Rain/Creek/Canal/Pond	None	No Answer	Total
No.	For Drinking	Main Source	1,209	169	1,700	528	4,517	709	1,212	21	4	10,069
		Supplemental Source (Multiple Choice: 2)	6	9	31	15	44	39	72	10,040	0	10,256
	For Other Use	Main Source	3,370	236	3,738	900	12	873	899	41	0	10,069
		Supplemental Source (Multiple Choice: 2)	19	10	93	23	6	63	25	10,024	0	10,263
% to Total	For Drinking	Main Source	12.0	1.7	16.9	5.2	44.9	7.0	12.0	0.2	0.0	100.0
		Supplemental Source (Multiple Choice: 2)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.4	0.4	0.7	97.9	0.0	100.0
	For Other Use	Main Source	33.5	2.3	37.1	8.9	0.1	8.7	8.9	0.4	0.0	100.0
		Supplemental Source (Multiple Choice: 2)	0.2	0.1	0.9	0.2	0.1	0.6	0.2	97.7	0.0	100.0

表 A.3 Q47ii 用途別支出

		For Drinking	For Other Use
Main Source	No. of Household who Answered	5,567	5,376
	Maximum	150,000	270,000
	Minimum	0	0
	Average	5,636	4,477
	Median	1,200	700
Supplemental Source (Multiple Choice: 2)	Number of Household who Answered	77	116
	Maximum	90,000	36,000
	Minimum	0	0
	Average	3,997	6,102
	Median	0	0

表 A.4 Q48a: Q47にて YCDC 水道接続と答えた人の支払方法

	Payment Mode			
	Flat Rate	Metered	No Answer	Total
No.	1,041	1,790	570	3,401
%	30.6%	52.6%	16.8%	100.0%

表 A.5 Q48b: Q47にてYCDC水道接続と答えた人のメータ所有

	Ownership of Meter			
	Yes	No	No Answer	Total
No.	2,132	702	567	3,401
%	62.7%	20.6%	16.7%	100.0%

表 A.6 Q48b: Q47にてYCDC水道接続と答えた人でメータ所有者のメータ稼働状況

	Operationality of Meter			
	Yes	No	No Answer	Total
No.	2,003	125	4	2,132
%	93.9%	5.9%	0.2%	100.0%

表 A.7 Q48d: Q47にてYCDC水道接続と答えた人の給水時間

	Duration of Water Supply Hour (Hours)						Total
	Less than 3	4 ~ 6	7 ~ 12	13 ~ 18	19 ~ 24	No Answer	
No.	1,223	334	321	144	809	570	3,401
%	36.0%	9.8%	9.4%	4.2%	23.8%	16.8%	100.0%

表 A.8 Q48e: Q47にてYCDC水道接続と答えた人のポンプ使用状況

	Usage of Water Pump Tank			
	Yes	No	No Answer	Total
No.	1,342	1,492	567	3,401
%	39.5%	43.9%	16.7%	100.0%

表 A.9 Q48f: Q47にてYCDC水道接続と答えた人の平均水使用量

(ガロン)

	Average Water Consumption (Gallon)							Total
	Less than 50	51 ~ 100	101 ~ 200	201 ~ 300	301 ~ 400	More than 400	No Answer	
No.	580	1,344	608	183	71	48	567	3,401
%	17.1%	39.5%	17.9%	5.4%	2.1%	1.4%	16.7%	100.0%

表 A.10 Q48g: Q47にてYCDC水道接続と答えた人のサービスへの満足度

		Satisfaction of Current Service Level of Water						Total
		Highly Unsatisfied	Unsatisfied	So-so	Satisfied	Highly Satisfied	No Answer	
Number	Water Pressure	48	476	773	1,520	9	575	3,401
	Hours of Supply	51	515	693	1,540	36	566	3,401
	Water Quantity	30	346	777	1,664	17	567	3,401
	Water Quality	80	673	573	1,479	30	566	3,401
	Price	30	186	1,015	1,547	42	581	3,401
% to Total	Water Pressure	1.4%	14.0%	22.7%	44.7%	0.3%	16.9%	100.0%
	Hours of Supply	1.5%	15.1%	20.4%	45.3%	1.1%	16.6%	100.0%
	Water Quantity	0.9%	10.2%	22.8%	48.9%	0.5%	16.7%	100.0%
	Water Quality	2.4%	19.8%	16.8%	43.5%	0.9%	16.6%	100.0%
	Price	0.9%	5.5%	29.8%	45.5%	1.2%	17.1%	100.0%

表 A.11 Q48h: Q47にて YCDC 水道接続と答えた人で Q48g で水質に対して「非常に不満」、「不満」と答えた人の理由

	Reason of Non Satisfaction to Water Quality						Total
	Color	Turbidity	Odor	Taste	Unsanitized	No Answer	
No.	127	255	88	16	242	773	1,501
%	8.5%	17.0%	5.9%	1.1%	16.1%	51.5%	100.0%
%	17.4%	35.0%	12.1%	2.2%	33.2%		

表 A.12 Q49a: Q47にて YCDC 水道に接続していないと答えた人の水源までの距離

	Time to Walk to Water Source (Minutes)							No Answer	Total
	None	Less than 5	6 ~ 10	11 ~ 15	16 ~ 20	21 ~ 30	More than 30		
No.	4,958	1,171	346	90	74	3	19	42	6,703
%	74.0%	17.5%	5.2%	1.3%	1.1%	0.0%	0.3%	0.6%	100.0%

表 A.13 Q49b: Q47にて YCDC 水道に接続していないと答えた人の取水回数

	Frequency of Draw Water (Times)								Total
	None	1	2 ~ 3	4 ~ 5	6 ~ 7	8 ~ 9	More than 10	No Answer	
No.	4,695	251	461	227	223	144	672	30	6,703
%	70.0%	3.7%	6.9%	3.4%	3.3%	2.1%	10.0%	0.4%	100.0%

表 A.14 Q49c: Q47にて YCDC 水道に接続していないと答えた人の容器のタイプ

	Type of Container						No Answer	Total
	Bucket	Water Bag	Polly-tank	Piped	Others			
No.	1,815	7	136	4,542	169	34	6,703	
%	27.1%	0.1%	2.0%	67.8%	2.5%	0.5%	100.0%	

表 A.15 Q49d: Q47にて YCDC 水道に接続していないと答えた人の1回の取水での水量  
(ガロン)

	Water Volume per 1 Time Drawing (Gallon)						No Answer	Total
	Less than 10	11 ~ 20	21 ~ 30	31 ~ 40	More than 40			
No.	6,167	11	19	32	340	134	6,703	
%	92.0%	0.2%	0.3%	0.5%	5.1%	2.0%	100.0%	

表 A.16 Q49e: Q47にて YCDC 水道に接続していないと答えた人の平均水使用量  
(ガロン)

	Average Water Consumption (Gallon)							No Answer	Total
	Less than 50	51 ~ 100	101 ~ 200	201 ~ 300	301 ~ 400	More than 400			
No.	1,813	3,190	1,198	277	110	74	41	6,703	
%	27.0%	47.6%	17.9%	4.1%	1.6%	1.1%	0.6%	100.0%	

表 A.17 Q49f: Q47 にて YCDC 水道に接続していないと答えた人の既存水道サービスへの満足度

		Satisfaction of Current Service Level of Water						Total
		Highly Unsatisfied	Unsatisfied	So-so	Satisfied	Highly Satisfied	No Answer	
Number	Water Quantity	17	307	1,069	5,145	132	33	6,703
	Water Quality	36	927	825	4,720	153	43	6,704
	Price	12	266	1,704	4,117	270	335	6,704
	Access to Water	36	332	947	5,150	178	61	6,704
% to Total	Water Quantity	0.3%	4.6%	15.9%	76.8%	2.0%	0.5%	100.0%
	Water Quality	0.5%	13.8%	12.3%	70.4%	2.3%	0.6%	100.0%
	Price	0.2%	4.0%	25.4%	61.4%	4.0%	5.0%	100.0%
	Access to Water	0.5%	5.0%	14.1%	76.8%	2.7%	0.9%	100.0%

表 A.18 Q49g: Q47 にて YCDC 水道に接続していないと答えた人で Q49f で水質に対して満足していない理由

	Reason of Non Satisfaction to Water Quality						Total
	Color	Turbidity	Odor	Taste	Unsanitized	No Answer	
No.	244	118	136	233	143	104	978
%	24.9%	12.1%	13.9%	23.8%	14.6%	10.6%	100.0%
%	27.9%	13.5%	15.6%	26.7%	16.4%		

表 A.19 Q50: 理想使用水量 (既存水量に対する倍数)

	Ideal Water Consumption Volume (Times)							Total
	1.0	1.25	1.5	2.0	3.0	More than 3.0	No Answer	
No.	7,432	778	424	1,125	131	178	1	10,069
%	73.8%	7.7%	4.2%	11.2%	1.3%	1.8%	0.0%	100.0%

表 A.20 Q51: 飲料水の処理方法

	Treatment of Drinking Water							Total
	Boiled	Filtered	Boiled and Filtered	Buy Mineral Water	No Treatment	Purification Equipment	No Answer	
No.	417	4,111	785	4,500	47	208	1	10,069
%	4.1%	40.8%	7.8%	44.7%	0.5%	2.1%	0.0%	100.0%

表 A.21 Q52: 水因性疾病罹患状況

		Water-borne Disease			
		Yes	No	No Answer	Total
Number	Diarrhea	141	9,927	1	10,069
	Dysentery	61	10,007	1	10,069
	Cholera	6	10,062	1	10,069
	Infectious Hepatitis	15	10,053	1	10,069
	Typhoid or Paratyphoid	10	10,058	1	10,069
	Malaria	8	10,060	1	10,069
	Dengue Fever	42	10,026	1	10,069
	Others	38	10,020	11	10,069
% to Total	Diarrhea	1.4%	98.6%	0.0%	100.0%
	Dysentery	0.6%	99.4%	0.0%	100.0%
	Cholera	0.1%	99.9%	0.0%	100.0%
	Infectious Hepatitis	0.1%	99.8%	0.0%	100.0%
	Typhoid or Paratyphoid	0.1%	99.9%	0.0%	100.0%
	Malaria	0.1%	99.9%	0.0%	100.0%
	Dengue Fever	0.4%	99.6%	0.0%	100.0%
	Others	0.4%	99.5%	0.1%	100.0%

表 A.22 Q53: 罹患頻度

	Frequency of Infection						Total
	1	2 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 20	More than 20	No Answer	
No.	121	109	7	1	1	1,391	1,630
%	7.4%	6.7%	0.4%	0.1%	0.1%	85.3%	100.0%

表 A.23 Q54: 水サービスへの支払意思額

(Kyat/月)

		Willingness to Pay for Water Service (kyat/month)								
		Less than 500	501 ~ 1,000	1,001 ~ 2,000	2,001 ~ 3,000	3,001 ~ 5,000	5,001 ~ 7,000	More than 7,000	No Answer	Total
Number	For 24 Hours' Water Supply (Untreated)	2,680	2,737	1,461	1,124	692	143	1,231	1	10,069
	For 24 Hours' Drinkable Water Supply	2,279	2,191	1,557	1,221	1,040	264	1,516	1	10,069
% to Total	For 24 Hours' Water Supply (Untreated)	26.6%	27.2%	14.5%	11.2%	6.9%	1.4%	12.2%	0.0%	100.0%
	For 24 Hours' Drinkable Water Supply	22.6%	21.8%	15.5%	12.1%	10.3%	2.6%	15.1%	0.0%	100.0%

## B. 水源調査

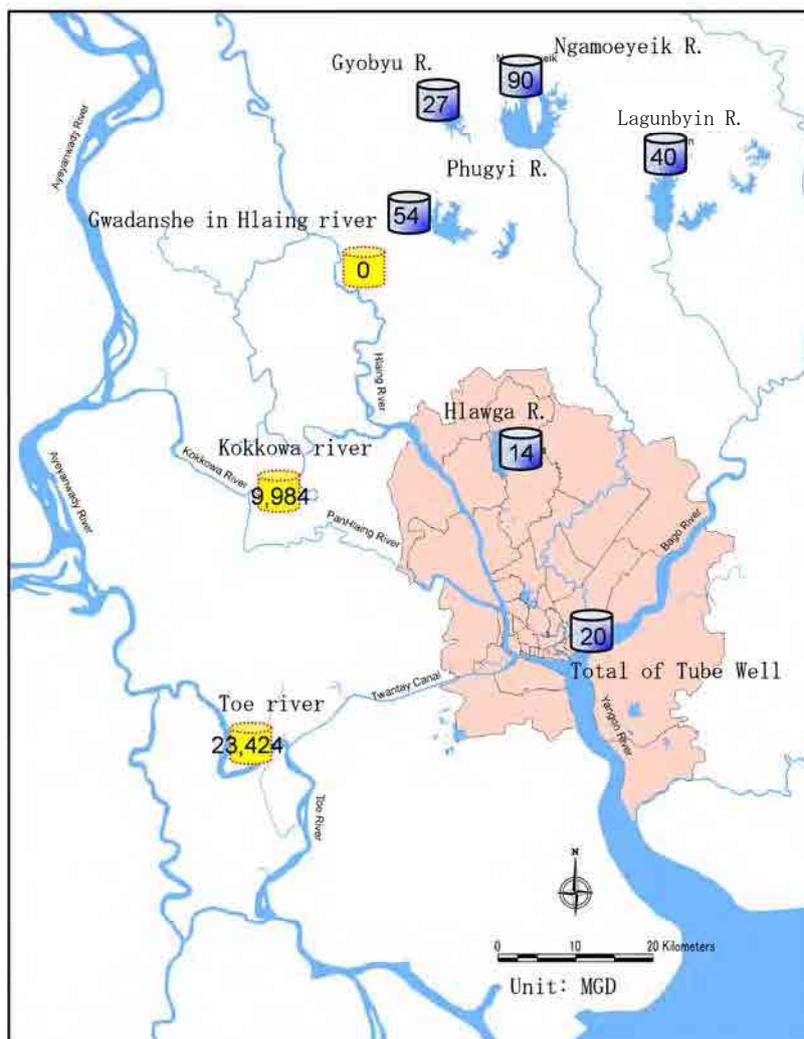
### 1. 表流水源（貯水池と河川水）の開発ポテンシャル

現有 YCDC 水源である 977,400 m<sup>3</sup>/day (215 MGD) は引き続き利用する。更に、水需要の拡大に備えるため、新規水源の候補である Kokkowa と Toe 川からの取水を検討する。現在 YCDC が使っている地下水 20MGD は、新たな水源を確保し配水施設が整備された段階で廃止する計画である。表 B.1 に計画水源の一覧を、図 B.1 にその水源位置図を示す。

表 B.1 2040 年におけるヤンゴン市都市開発における計画水源一覧

Name	Current Water Supply Volume	
	m <sup>3</sup> /day	MGD
1) Existing Water Resource		
Gyobyu Reservoir (Surface water)	121,500	27
Hpugyi Reservoir (Surface water)	243,000	54
Hlawgar Reservoir (Surface water)	63,000	14
Ngamoeyake (Surface water: First + Second Phase)	405,000	90
Sub-Total	832,500	185
2) Planned Water Resource		
Lagunbyin Reservoir (Surface water)	135,000	30
Total-Existing fixed sources	977,400	215
3) Required river source		
Kokkowa River	1,909,300	420
Toe River		
Total 1) + 2) + 3)	2,886,700	635

出典: JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 B.1 2040 年におけるヤンゴン市都市開発における水源位置図

## 2. 既存貯水池の評価

2002 年ヤンゴン市給水改善計画調査で、Gyobu、Phugyi、Hlawga、Ngamoeyeik に加えて、農業専用の貯水池であったが比較的ヤンゴンに近い Lagunbyin の各貯水池について水収支バランスの分析を行った。分析期間は、1998 年の深刻な干ばつの年も含めた 1995 年 5 月～2000 年 12 月の貯水池水位データを用いて再現した。JICA2002 年調査における水収支バランスの分析結果を表 B.2 に示し、渇水年における各貯水池の低水位の維持を条件に、既存の貯水池は 868,600 m<sup>3</sup>/day (186.5 MGD) が確保されることを確認した。なお、Lagunbyin 貯水池からは 10MGD の転用が可能であると分析したが、少量であったため 2002 年調査では水源計画には含めなかった。

表 B.2 貯水池における水収支バランス結果

Name	Low Water level Unit: ft	Water Supply Unit: m <sup>3</sup> /day (MGD)
Gyobyu Reservoir	138.0	118,300 (27.0)
Phugyi Reservoir	90.0	245,700 (54.0)
Hlawgar Reservoir	47.0	75,075 (16.5)
Ngamoeyake (First + Second stage)	81.0	409,500 (90.0)
Lagunbyin Reservoir	46.0	45,000 (10.0)

出典: JICA 調査団

あわせて、2002年調査の水収支バランス結果を評価するために、今回の調査で追加の分析、「2002年調査で用いた雨量データの適用可能性の検討」を行った。これは、新たに入手した雨量データ(2001~2010年)と、JICA2002年調査で分析した雨量データ(1995年5月~2000年12月)の関連性を分析した。

a. 長期的な観点における変動

2002年調査で用いた降水量と、2001~2010年のデータを加えた降水量を比較したところ、2001-2010年の平均降水量は1965-2000年の降水量より多かった、2001-2010年降水量で少雨の更新はいずれの観測所でもなかったことが判明した。

b. 非超過確率

2002年調査では、年間降水量の発生確率を、Bago、TharrawaddyならびにKaba Ayeの観測所を対象に、1月から12月までの降雨量を用いて調査した。表B.3は、Gumbel法で得られた非超過確率の年間降雨量を示す。

表 B.3 年間非超過確率雨量一覧

Station Name	2 years	5 years	10 years	20 years	50 years	100 years	Nos of Records
Bago	3,284.9	2,922.3	2,740.0	2,598.7	2,454.5	2,369.3	36
Tharrawady	2,206.1	1,963.4	1,829.9	1,719.1	1,597.1	1,519.2	36
Kaba Aye	2,680.7	2,413.8	2,296.5	2,214.5	2,139.7	2,100.4	33

出典: 2002 JICA 調査

表B.4は、2001年から2010年までの最新の年間降雨量における非超過確率を示す。各観測所において、10年の非超過確率の降雨量に大きな差異はなく、降雨傾向は変わらないと判断する。

表 B.4 2001-2010年の降雨量による年間非超過確率雨量

Station Name	2 years	5 years	10 years
Bago	3,386.0	2,854.0	2,513.0
Tharrawady	2,165.0	1,847.0	1,831.0
Kaba Aye	2,757.0	2,478.0	2,315.0

出典: JICA 調査団

これらの結果から、2002年調査(表B.2)における水収支バランスの結果は、貯水池における既存水源(表B.1)の根拠資料として利用可能であると判断した。

### 3. 新規水源開発量の評価

#### 3.1 現地流量測定

今回の調査では、Hlaing, Kokkowa ならびに Toe 川を新たな水源候補として計画した。なお、ヤンゴンを流れる Bago 川からの取水可能性は、既に JICA2002 年 MP 調査で、低いことが判明している、これらの新たな水源からの取水可能量は、流量が最も少なくなる乾期の 1~4 月の流量に大きく依存する。Hlaing 川、Bago 川の流量データから最小流量は、最大流量のおおよそ 100 分の 1 に低下していることが読み取れる。

現在、新規水源候補である河川では、流量観測ではなく水位観測が行われていることを確認した。調査団はこれら水位データを流量換算するため、農業灌漑省に流量、横断図測定の実施を依頼し、Kokkowa 川で 2012 年 11 月、Toe 川では 2012 年 12 月に実施した。同様に、乾期の最小流量を測定するため、2013 年 3 月に測定を行った。また新規水道水源の周辺における農業灌漑計画の有無も確認した。以下に測定結果をまとめて示す。

河川	流量 (日付)		備考
	2012 年 12 月	2013 年 3 月	
Kokkowa 川	1,941m <sup>3</sup> /s (11 月 24 日)	1,233 m <sup>3</sup> /s (3 月 20 日)	
Toe 川	2,572m <sup>3</sup> /s (12 月 11 日)	1,930m <sup>3</sup> /s (3 月 18 日)	

出典：農業灌漑省灌漑局

#### 3.2 河川維持流量

河川からの取水を計画するにあたり、動植物の保護、漁業、景観などを考慮して定める維持流量にも配慮する必要がある。これと取水可能量の総和が正常流量であり、流水の正常な機能を維持するために必要な流量を指し、低水管理上の目標として定める流量でもある。正常流量は、渇水時のみならず、1 年 365 日を通じて河川における流水の正常な機能の維持を図るものである。

一方で維持流量は、取水計画の位置では河川流量をすべて利用できないという前提のもと、漁業、景観、塩水遡上などの観点で河川区別ならびに期別に見極める必要がある。ただし今回の調査では、維持流量を判断する材料が十分に揃っていないが、我が国の場合、維持流量は 10 年平均渇水流量と 10 年最小渇水流量の間に位置する (正常流量手引き P58: 国土交通省平成 19 年 9 月) とされている。当該国の河川特性は我が国とは大きく異なることが想定されるが、1) 該当河川の水位変動は、日変動データのうち最小水位を対象にしてまとめたこと、2) 該当河川の流量特性は「維持流量」<「10 年最小渇水流量」であることを前提に、維持流量を「10 年最小渇水流量の半分程度」と仮定して、取水可能量を推定することにした。

河川からの直接取水可能量の根拠となる基準渇水流量を、表 5.6 のプロセスに沿って推定した。

表 B.5 Kokkowa 川における基準渇水流量の算出

Process	Subject	Remarks
A	Set of Basic Condition (River Cross Section of Target River)	Refer: Actual river cross section
B	Set of Basic Condition (Characteristics of Minimum Rainfall over the Past 10 years)	Target year: 2001-2010
C	Set of Cross Section Area (A) and Velocity (V) in 10-year minimum drought discharge	Refer: Measurement of river flow discharge on site
D	Calculation of 10-year minimum drought discharge (Q)	$Q = A \times V$

出典: JICA 調査団

### 3.3 水源評価

#### 3.3.1. Hlaing 川 (Gwedanshe 地区) と Bago 川

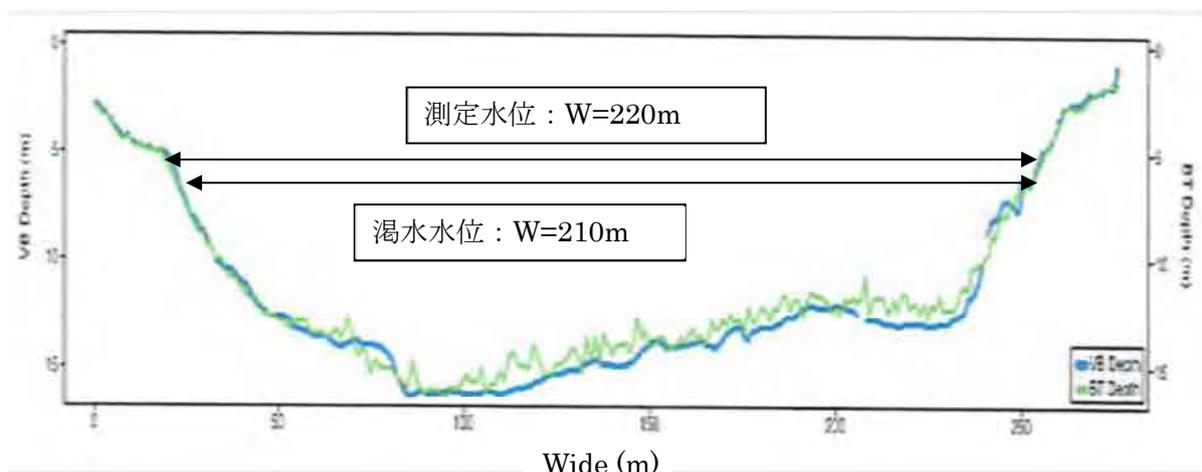
Bago 川の渇水流量は約  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  (20MGD) と少なく、かつ塩分濃度を受けない取水地点はかなり上流になり従い、施設事業費が高くなるため、Bago 川での取水は計画から除外した (JICA2002 年調査)。

同調査では、Hlaing 川から  $11.4 \text{ m}^3/\text{s}$  (220MGD) が取水可能であるとしていたが、しかしながら、その後農業灌漑用のポンプ施設 ( $2.287 \text{ m}^3/\text{s}$ ) が設置されたことに加えて、さらに 89.64MGD ( $4.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ) の灌漑計画が存在している事が確認された。このため維持流量が  $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$  と想定すると、水道水源として取水可能な水量は存在しない。従って、Hlaing 川からの取水はできない。

#### 3.3.2. Kokkowa 川

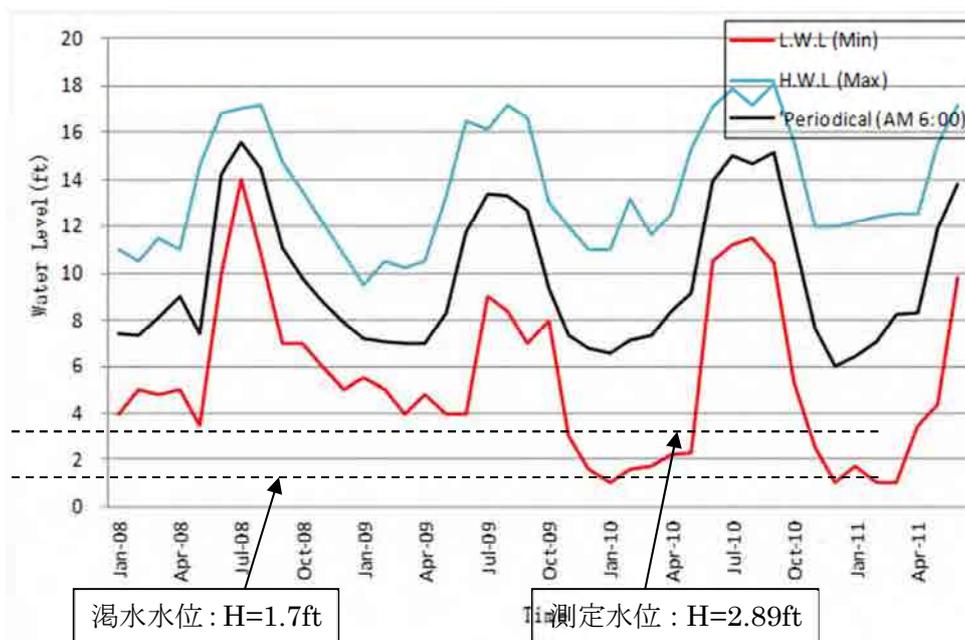
##### a. 基本条件の設定 (水部横断面積の設定)

図 B.2 は取水点周辺の横断図の測定結果であり、水部横断面積はおよそ  $2,170 \text{ m}^2$  であった。この時の水位 2.89ft (約 1.2m) は、図 B.3 の過去の水位変動値から分かるとおり最低水位に近いものであった。



出典: 農業灌漑省

図 B.2 Kokkowa 川近傍 (Pan Taing 地区) における水部横断図



出典: JICA 調査団

図 B.3 Kokkowa 川 (Pan Taing 地区) における水位変動 (2008-2011 年)

b. 基本条件の設定 (10 年最小降雨の特性)

2001-2010 年における年間の降雨特性から、年間を通じての最小降雨は 2010 年であった。2010 年の降雨が含まれている 2008-2011 年の年度ごとの Kokkowa 川の水位変動を表 B.6 に示す。2010 年の最大水位 (雨期) はおよそ 18ft (約 5.4m)、355 日水位は約 1.7ft (約 0.5m)、最小水位 (乾期) は 1.0ft (約 0.3m) であった (図 B.3 参照)。また 2010 年の水位特性は、他年度と比較しても、低水位 (乾期) における水位が他年度よりも低いことが読み取れる。以上から、過去 10 年間の最小降雨年度である 2010 年に、基準渇水流量が発生したと位置づけた。基準渇水流量時の水位は 2010 年の Kokkowa 川の水位変動から、雨期の高水位時の約 10 分の 1 と推測される。

表 B.6 Kokkowa River の年間水位変動 (2008-2011 年)

単位: ft

	Max	95th day	185th day	275th day	355th day	Min	Mean
FY 2008	17.2	10.0	8.0	6.2	4.5	3.5	8.8
FY 2009	17.2	10.3	7.0	5.8	4.0	3.0	8.0
FY 2010	18.1	12.2	6.0	3.6	1.7	1.0	7.6
FY 2011*	17.2	12.2	7.2	4.5	1.2	1.0	8.1

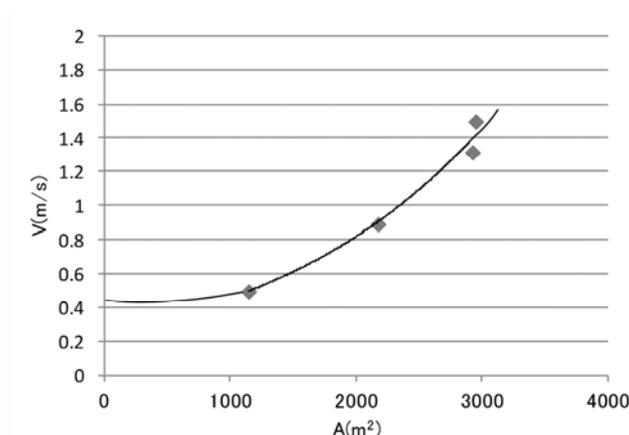
\*2011:2010 年 8 月~2011 年 7 月の変動で他年度とは異なる。

出典: JICA 調査団

c. 基準渇水流量における水部断面積・流速の設定

- 基準渇水流量時の水位は表 B.6 の年間水位変動から 1.7ft とした。河川幅も同様に考えると、図 B.2 から約 210m (水位測定時とほぼ同値) となった。
- 基準渇水流量時の水部断面積は、水位測定時の約 100 分の 95 である約 780 m<sup>2</sup> と設定 (設定根拠  $A = \frac{A'}{100} \times 95 = \frac{2,170 - H(2.89 - 1.7) \text{ ft} \times W(210 + 220) \text{ m}}{2}$  ) した。

- 基準渇水流量時の流速は、図 B.2 の横断測量（2012 年 8 月）の結果から得られた図 B.4 の水部断面積 A と流速 V の関係図で示す。これより、乾期における流速は、雨期の高水位時の約 3 分の 1 である 0.5m/s と設定した。



出典：JICA 調査団

図 B.4 水部断面積と流速(右)の関係図(Kokkowa 川)

d. 基準渇水流量の算出

$$Q_{\min K} = A \times V \doteq 1,045 \text{ m}^3/\text{s}$$

A = 2,090 m<sup>2</sup>: Kokkowa 川の基準渇水流量における水部断面積  
 V = 0.5 m/s: Kokkowa 川の基準渇水流量における流速

e. 2013 年渇水時（3 月 20 日）の流量測定

水位 0.23ft、流量 1,233m<sup>3</sup>/s が得られた。この流量は、上記の推定値 1,045m<sup>3</sup>/s にほぼ近いといえる。なお、2012 年 11 月 24 日の実測流量は 1,941 m<sup>3</sup>/s、この時の水位は 2.89ft であった。

f. 取水可能量の推定

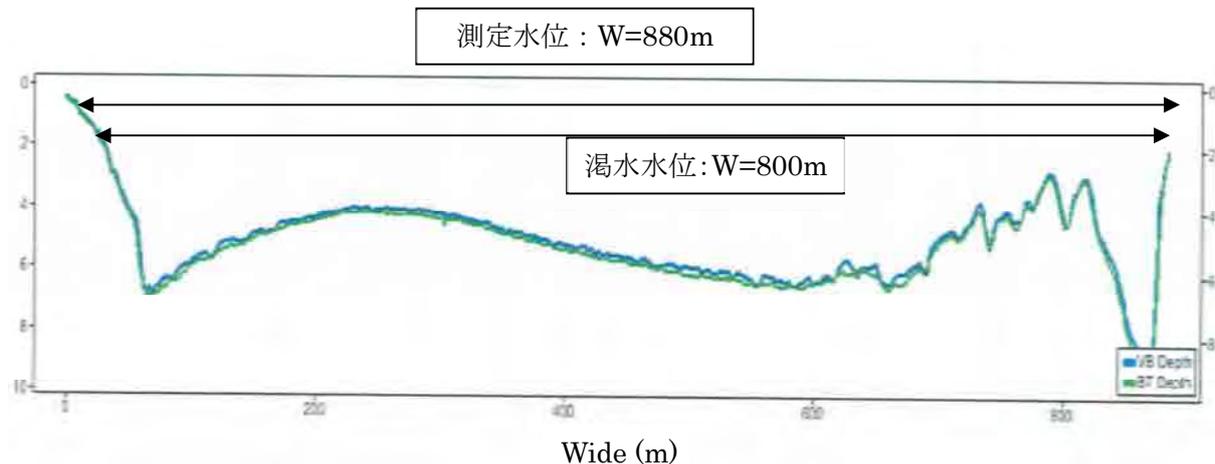
乾季における Kokkowa 川からの可能取水量は、農業灌漑省の取水計画や維持流量を考慮して渇水量の半量 520 m<sup>3</sup>/s とした。なお、農業灌漑省からのヒアリングによると、浄水場予定地周辺に灌漑事業計画があるがその取水量は以下のとおりである。この水量は水道の取水量には影響を与えない規模である。

- Pantaing Sluice(1) 10.12MGD
- Pantaing Sluice(2) 52.85MGD
- Khunnaingtang Sluice 47.98MGD
- Chaungnyiako Sluice 42.47MGD
- 合計：153.42MGD(12.0m<sup>3</sup>/s)

### 3.3.3. Toe 川

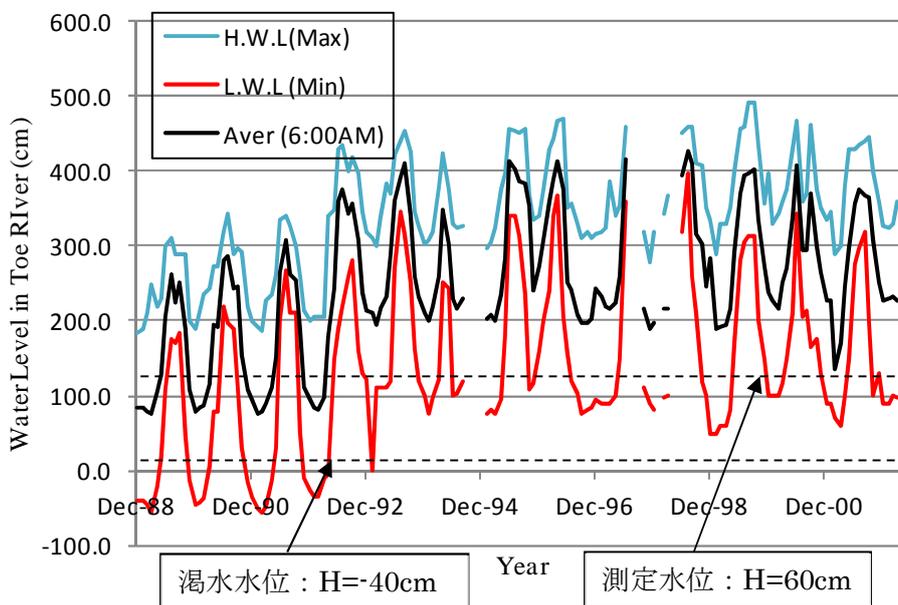
#### a. 基本条件の設定（水部横断面積の設定）

図 B.5 に取水点周辺の 2012 年 12 月 11 日横断図の測定結果を示し、水部横断図面積はおよそ 4,340m<sup>2</sup>とした。このときの水位測定値は 60cm であり、図 B.6 の水位変動値から分かるとおり最低水位に近いものであった。



出典: JICA 調査団

図 B.5 Toe 川における水部横断図



出典: JICA 調査団

図 B.6 Toe 川 (Pann Hlaing 地区) における水位変動 (1989-2002 年)

b. 基本条件の設定（基準渇水流量の特性）

基準渇水流量は、Kokkowa 川と同様に 2010 年に発生している前提で、下記のプロセスに沿って推定した。ただし Toe 川の 2010 年水位データは確認できていないため、存在する連続データ群（1989 年 1 月～2002 年 4 月、および 2011 年 3 月～2012 年 8 月）から、以下の設定を行った。

- 1989 年 1 月～2002 年 4 月の水位データを表 B.7 に示す。欠測データが存在する年度は、355 日や年間最小水位は把握できなかった。
- 最新データ（2011 年 3 月～2012 年 8 月）の最大水位は 354-486cm、最小水位は 80-300cm であったことが、この値は過去の水位データ（1989 年 1 月～2002 年 4 月）と似かよっている。従い、過去の水位データは現時点においても有効であるとした。
- 1989 年 1 月～2002 年 4 月の対象期間（約 13 年間）で、最小水位は 1989 年であり 355 日水位は -40cm、最小水位は -46cm であった。安全側の計画として、この年度の 355 日水位を基準渇水流量時のものと位置づけた。

表 B.7 Toe River の年間水位変動(1989-2001, 2011-2012 年)

単位：ft

	Max	95th day	185th day	275th day	355th day	Min	Mean
FY 1989	273	190	46	-20	-40	-46	77.1
FY 1990	312	216	84	-14	-38	-45	104.2
FY 1991	312	220	56	-18	-46	-56	101.1
FY 1992	386	296	160	0	-29	-34	158.6
FY 1993	426	292	178	127	113	100	221.1
FY 1994	314	127	105	--	--	--	153.9
FY 1995	430	344	186	92	--	--	234.1
FY 1996	432	320	190	116	85	76	218.3
FY 1997	426	168	120	96	--	--	178.9
FY 1998	430	296	130	--	--	--	234.6
FY 1999	690	321	180	90	60	50	211.4
FY 2000	398	270	188	140	110	100	214.1
FY 2001	376	300	180	100	60	60	201.9

出典：JICA 調査団

c. 基準渇水流量における水部断面積・流速の設定

- 基準渇水流量時の水位は 2012 年 12 月 11 日の実測より 1m 低くなり、河川幅は、図 B.4 から約 800m と設定した。
- 基準渇水流量時の水部断面積は、実測測定約 11 分の 10 である約 4,080 m<sup>2</sup> と設定（設定根拠  $A \div A' = 4,340 - H(0.6+0.4)ft \times W(880 + 850)m / 2$ ）した。
- 流速の実績値（2012 年 12 月 11 日）は年間を通じて、流量の少ないタイミングとされており、実測値である約 0.6 m/s を採用した。

d. 基準渇水流量の算出

$$Q_{minT} = A \times V \div 2,448 \text{ m}^3/\text{s}$$

A = 4,080 m<sup>2</sup>: Toe 川の基準渇水流量における水部断面積

V = 0.6 m/s: Toe 川の基準渇水流量における流速

e. 2013年渇水時（3月18日）の流量測定

水位 52cm、流量 1,930m<sup>3</sup>/s が得られた。この流量は、上記の推定値にほぼ近いといえる。なお、2012年12月11日の実測流量は 2,573 m<sup>3</sup>/s、この時の水位は 60cm であった。

f. 取水可能量の推定

対象地域周辺における他取水施設は確認されておらず、乾季における Toe 川からの可能取水量は、維持流量を半分とし 1,220 m<sup>3</sup>/s とした。なお、Toe 川からの可能取水量は、浄水場予定地の隣接地域に灌漑事業の計画も含め、他事業への影響はないと判断している。

付録として、下記を添付する。

- Kokkowa 川の水位・流量測定（2012年8月10日、同年11月30日、2013年3月20日）（農業灌漑省）
- Toe 川の水位・流量測定（2012年11月30日、2013年3月18日）（農業灌漑省）

ပြည်ထောင်စုသမ္မတမြန်မာနိုင်ငံတော်အစိုးရ  
လယ်ယာစိုက်ပျိုးရေးနှင့်ဆည်မြောင်းဝန်ကြီးဌာန  
ဆည်မြောင်းဦးစီးဌာန

ရန်ကုန်တိုင်းဒေသကြီး၊ ထန်းတပင်မြို့၊ ကုက္ကိုမြစ် နှင့်  
ကတွယ်ကျွေ့ဖြတ်မြောင်းတွင် River Surveyor M9 ဖြင့်  
မြစ်ရေစီးဆင်းမှု တိုင်းတာရရှိသည့် အစီရင်ခံစာ

လေ့လာရေးဌာနခွဲ  
၂၀၁၂ ခုနှစ်၊ ဩဂုတ်လ (၁၃) ရက်

**ရန်ကုန်တိုင်းဒေသကြီး၊ ထန်းတပင်မြို့၊ ကုက္ကိုမြစ်နှင့် ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းတွင်  
(River Surveyor M9) ဖြင့် မြစ်ရေစီးဆင်းမှု တိုင်းတာရရှိသည့် အစီရင်ခံစာ**

**၁။ နိဒါန်း**

ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းသည် ရန်ကုန်တိုင်းဒေသကြီး၊ ထန်းတပင်မြို့နယ်၊ အညာစုကျေးရွာ အနီးတွင် တည်ရှိ ပါသည်။ ပန်တိုင်ဒေါင့်ကြီးတာကတွယ်ကျွေတွင် ကမ်းစားနှုန်းများပြားမှုကြောင့် ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းအား ၁၉၉၄ ခုနှစ်တွင် ပေ (၃၀) အကျယ်၊ အနက် (၁၀) ပေ ဖြင့် စတင် ဖောက် လုပ်ခဲ့ပြီး ၁၉၉၆ ခုနှစ်တွင် ထပ်မံ၍ ပေ (၅၀) အထိ ရရှိရန် ချဲ့ခဲ့ပြီး ၁၉၉၉ ခုနှစ်မှ ၂၀၀၁ ခုနှစ်အထိ ရေလမ်းထိန်းသိမ်းရေးဌာနခွဲမှ သောင်တူးစက်များဖြင့် အနက်ရရှိအောင် ဆောင်ရွက်ခြင်းတို့ကို ဆောင်ရွက်ခဲ့ပါသည်။ ယခုအခါတွင် ဖြတ်မြောင်းမှာ ပိုမိုဖွံ့ဖြိုးမှုဖြစ်လာခဲ့ပြီး မြစ်ရေစီးဆင်းမှု ရေပမာဏ၏ အကျိုးသက်ရောက်မှု သိနိုင်ရန်အတွက် River Surveyor M9 ဖြင့် သွားရောက် တိုင်းတာခဲ့သည်ကို အစီရင်ခံစာ တင်ပြခြင်း ဖြစ်ပါသည်။

**၂။ ခရီးစဉ်**

ဇလဗေဒဌာနခွဲမှ လက်ထောက်ညွှန်ကြားရေးမှူးနှင့်အဖွဲ့သည် (၁၀.၈.၂၀၁၂)နေ့ နံနက် (၇:၃၀) နာရီတွင် ရန်ကုန်မှ ထွက်ခွာလာပြီး နံနက် (၉:၃၀) တွင် အညာစု ကျေးရွာအနီးသို့ ရောက်ရှိပါသည်။ နံနက်(၁၀:၀၀)နာရီတွင် ဖြတ်မြောင်း အပေါ်ဘက် ကုက္ကိုမြစ် (RD 7800') တွင်လည်းကောင်း၊ ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းအလယ် (RD 12500 ft) နှင့် D/S ဘက် (RD 29600 ft) တွင်လည်းကောင်း၊ စသည့်နေရာများတွင် စက်လှေကို အသုံးပြုကာ (River Surveyor M9) ဖြင့် တိုင်းတာပါသည်။ ကုက္ကိုမြစ် နှင့် ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းတွင် တိုင်းတာခဲ့သည့် နေရာပြ မြေပုံကို (နောက်ဆက်တွဲ-၁) တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ နေ့လည် (၁:၀၀) နာရီတွင် တိုင်းတာမှုပြီးခဲ့ ပါသည်။

**၃။ တိုင်းတာဆောင်ရွက်ခြင်း**

ကုက္ကိုမြစ်၊ အညာစုကျေးရွာအနီးတွင် စက်လှေဘေးမှ M9 ကို ဝါးလုံးနှင့်ကြိုး အသုံးပြု၍ ဆွဲပြီး မြစ်ကို ဖြတ်ကာတိုင်းပါသည်။ မြစ်ရေစီးဆင်းမှုအလျင် (1.502 m/sec) (4.9 ပေ/စက္ကန့် ) ခန့်သာရှိပြီး စက်လှေဖြင့် တိုင်းတာရာတွင် အဆင်ပြေပါသည်။ ၎င်းနောက် ကတွယ်ဖြတ်မြောင်း အတွင်းဘက် ဆင်းလာကာ (RD 12500 ft)ခန့်တွင် စက်လှေဖြင့် M9 ကို ဝါးလုံး/ကြိုးဖြင့် ဆွဲကာ ကန့်လန့်ဖြတ် တိုင်းတာပါသည်။ ရေစီးနှုန်းအလျင် (1.319 m/sec) (4.3 ပေ/စက္ကန့်) ရှိနေသဖြင့် ဖြတ်မြောင်းကို ကန့်လန့်ဖြတ် တိုင်းရာ၌ စက်လှေကို ရေစီးအရှိန်ဖြင့် မျောပါမသွားစေရန်

ထိန်းသိမ်းပြီး (၅၊ ၆) ကြိမ် တိုင်းတာနိုင်ခဲ့ပါသည်။ ဖြတ်မြောင်း D/S ဘက်ရှိ (RD 29600 ft) ခန့်တွင် ထပ်မံတိုင်းတာခဲ့ရာ မြစ်ရေစီးဆင်းမှုအလျင် (0.5 m/sec) (1.6 ပေ/စက္ကန့် )ခန့်ရှိပါသည်။  
 ၄။ တိုင်းတာရရှိမှုရလဒ်သုံးသပ်ချက်

River Surveyor M9 ဖြင့် ဖြတ်မြောင်းအထက် ကုက္ကိုမြစ်၊ U/S (အညာစု ကျေးရွာ အနီး) (R.D 7800 ft) ၊ ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းအတွင်း (R.D 12500 ft)၊ ဖြတ်မြောင်းအထက် (R.D 29600 ft)၊ စသည့် (၃)နေရာတွင် တိုင်းတာရရှိခဲ့သော အချက်အလက်များမှာ အောက်ပါ အတိုင်း ဖြစ်ပါသည်။

SR. No	Station	Width (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Mean Speed (m/s)	Total Discharge(Q) (m <sup>3</sup> /sec)	Total Discharge(Q) (ft <sup>3</sup> /sec)
1.	ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းမဝင်မီ U/S ကုက္ကိုမြစ်၊အညာစုကျေးရွာအနီး (နောက်ဆက်တွဲ-၂)	259.72	2946.2	1.502	4423.886	156225.11
2.	ကတွယ်ဖြတ်မြောင်း ( R.D 12500 ft) (နောက်ဆက်တွဲ-၄)	184.49	2920.5	1.319	3852.217	136037.19
3.	ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းထွက် D/S ( R.D 29600 ft) (နောက်ဆက်တွဲ-၆)	209.45	1141.8	0.5	570.758	20155.75

[မှတ်ချက်- ကတွယ်ဖြတ်မြောင်း၏ (၁၀.၈.၂၀၁၂ ) ရက်နေ့ရှိ ရေမှတ်သည် (၁၅) ပေ ဖြစ်ပါသည်။]

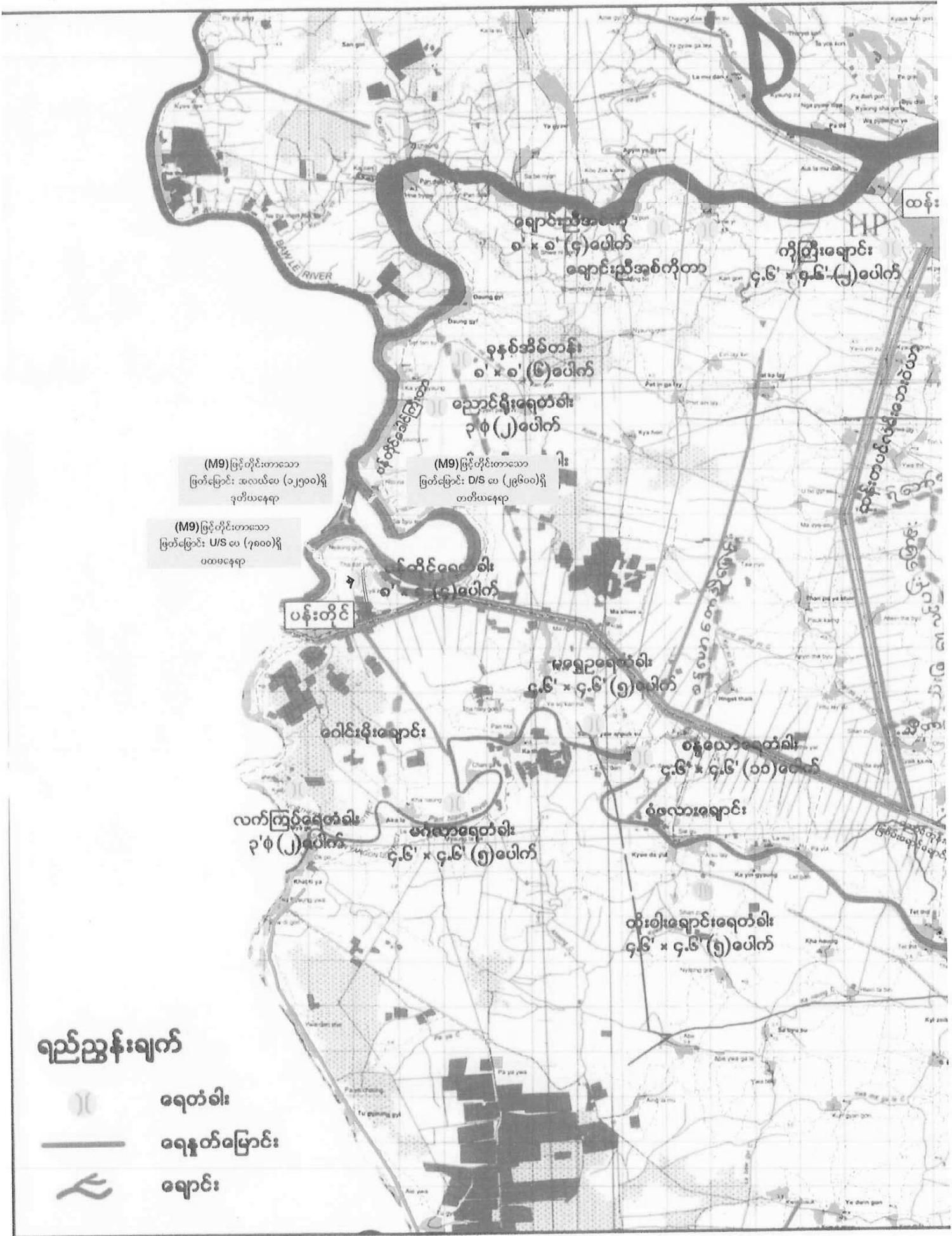
အထက်ပါ တိုင်းတာတွေ့ရှိချက်အရ ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းထဲ မဝင်မီ ကုက္ကိုမြစ်၏ ရေ ထုထည်စီးနှုန်း(Q)သည် 4423.886≅4424 m<sup>3</sup>/sec ရှိပြီး ဖြတ်မြောင်းထဲတွင်ရှိ ရေထုထည် စီးနှုန်း(Q)သည် ပျမ်းမျှ 3852 m<sup>3</sup>/sec ရှိ၍ ဖြတ်မြောင်းအထက်၏ အထက်ဘက် ကုက္ကိုမြစ် D/S ဘက်နေရာတွင် 570.758≅571 m<sup>3</sup>/sec ရရှိပါသည်။ သို့ဖြစ်၍ ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းသည် လက်ရှိ အခြေအနေအရ စီးဆင်းနေသည့် ကုက္ကိုမြစ်၏ (၈၇%) ဖြတ်သန်းစီးဆင်းနေကြောင်း တွေ့ရှိ သုံးသပ်ရပါသည်။

၅။ နိဂုံး

အထက်ဖော်ပြပါ တိုင်းတာတွေ့ရှိချက်များအရ ထန်းတပင်မြို့၊ ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းတွင် ကုက္ကိုဝမြစ်၏ စီးဆင်းနေသည့် ရေစီးဆင်းမှု၏ ၈၇ ရာခိုင်နှုန်းသည် ဖြတ်မြောင်းအတွင်းသို့ စီးဆင်း ဖြတ်သန်းနေပါသဖြင့် Function ကောင်းကြောင်း သုံးသပ်တင်ပြ အစီရင်ခံအပ်ပါသည်။

ထန်းတပင်မြို့၊ ကုက္ကိုဝမြစ်၊ ကတွယ်ဖြတ်မြောင်းတွင် River Surveyor M9 ဖြင့် မြစ်ရေစီးဆင်းမှု တိုင်းတာရာတွင် လိုက်ပါသည့် အရာထမ်း၊ အမှုထမ်းများစာရင်း

စဉ်	အမည်	ရာထူး	ရုံးအမည်
၁။	ဒေါ်သန်းဝင်း	လက်ထောက်ညွှန်ကြားရေးမှူး	လ/ထညွှန်ကြားရေးမှူးရုံး၊ လေဗေဒဌာနခွဲ ဆည်မြောင်းဦးစီးဌာန၊ ရန်ကုန်မြို့
၂။	ဦးအောင်မြင့်	ဦးစီးအရာရှိ	။
၃။	ဦးသက်မောင်မောင်	ဦးစီးမှူး	။
၄။	ဦးစိန်လွင်	လ/ထ ဦးစီးမှူး	။
၅။	ဦးဆန်းလင်းမြင့်	လ/ထ ဦးစီးမှူး	။
၆။	ဒေါ်လွင်မာကြွယ်	လ/ထ ဦးစီးမှူး	။
၇။	ဒေါ်ဖြူနှင်းဆု	လ/ထ ဦးစီးမှူး	။



(M9)မြို့တိုင်းတာဝန်  
ဖြတ်ဖြောင်း အလယ်လမ်း (၁၂၅၀၀)ရှိ  
ဒုတိယနေရာ

(M9)မြို့တိုင်းတာဝန်  
ဖြတ်ဖြောင်း U/S လမ်း (၇၈၀၀)ရှိ  
ပထမနေရာ

(M9)မြို့တိုင်းတာဝန်  
ဖြတ်ဖြောင်း D/S လမ်း (၂၅၆၀၀)ရှိ  
တတိယနေရာ

**ရည်ညွှန်းချက်**

-  ရေတံဆိပ်
-  ရေကန်/မြောင်း
-  ရေချောင်း

# Discharge Measurement Summary

Date Measured: Friday, August 10, 2012

Site Information		Measurement Information	
Site Name	Kokkova River U/S	Party	Hydro SO4
Station Number	1	Boat/Motor	Boat
Location	Kathwekwe	Meas. Number	6

System Information		System Setup		Units	
System Type	RS-M9	Transducer Depth (m)	0.08	Distance	m
Serial Number	2365	Salinity (ppt)	0.0	Velocity	m/s
Firmware Version	2.00	Magnetic Declination (deg)	0.8	Area	m <sup>2</sup>
Software Version	2.70			Discharge	m <sup>3</sup> /s
				Temperature	degC

Discharge Calculation Settings				Discharge Results	
Track Reference	Bottom-Track	Left Method	Sloped Bank	Width (m)	259.72
Depth Reference	Vertical Beam	Right Method	Sloped Bank	Area (m <sup>2</sup> )	2,946.2
Coordinate System	ENU	Top Fit Type	Power Fit	Mean Speed (m/s)	1.502
		Bottom Fit Type	Power Fit	Total Q (m <sup>3</sup> /s)	4,423.886

Measurement Results																		
Tr	Time	Duration	Temp	Distance			Mean Vel			Discharge					%			
#	Time	Duration	Temp	Track	DMG	Width	Area	Boat	Water	Left	Right	Top	Middle	Bottom	Total	MBTotal	Measured	
1	R 9:58:56 AM	0:08:08	27.4	291.21	233.70	250.70	2,925.8	0.597	1.505	1.33	0.39	254.45	3,264.18	882.32	4,402.658	--	74.1	
2	L 10:07:12 AM	0:07:05	27.5	278.73	243.06	260.06	2,933.2	0.656	1.549	0.96	1.08	255.74	3,335.39	951.54	4,544.709	--	73.4	
3	R 10:16:10 AM	0:17:26	27.6	295.87	246.71	263.71	2,992.4	0.283	1.441	0.23	0.27	241.98	3,175.53	893.01	4,311.013	--	73.7	
4	L 10:37:21 AM	0:05:22	27.7	273.51	245.48	262.48	2,930.4	0.849	1.538	0.00	0.31	255.19	3,319.56	932.75	4,507.817	--	73.6	
5	R 10:42:54 AM	0:05:33	27.7	261.61	244.13	261.13	3,028.6	0.786	1.432	0.90	0.52	237.43	3,179.85	918.55	4,337.257	--	73.3	
6	L 10:48:42 AM	0:07:19	27.7	360.27	243.25	260.25	2,866.5	0.821	1.549	-0.41	0.60	253.07	3,267.71	918.90	4,439.860	--	73.6	
			<b>Mean</b>	27.6	293.53	242.72	259.72	2,946.2	0.665	1.502	0.50	0.53	249.64	3,257.04	916.18	4,423.886	0.000	73.6
			<b>Std Dev</b>	0.1	31.90	4.23	4.23	51.8	0.193	0.049	0.61	0.27	7.20	61.66	23.17	84.255	0.000	0.3
			<b>COV</b>	0.0	0.109	0.017	0.016	0.018	0.290	0.033	1.212	0.516	0.029	0.019	0.025	0.019	0.000	0.004

Exposure Time: 0:50:53  
 Tr1=20120810095857r.rivr; Tr2=20120810100712r.rivr; Tr3=20120810101609r.rivr; Tr4=20120810103720r.rivr; Tr5=20120810104253r.rivr; Tr6=20120810104841r.rivr;

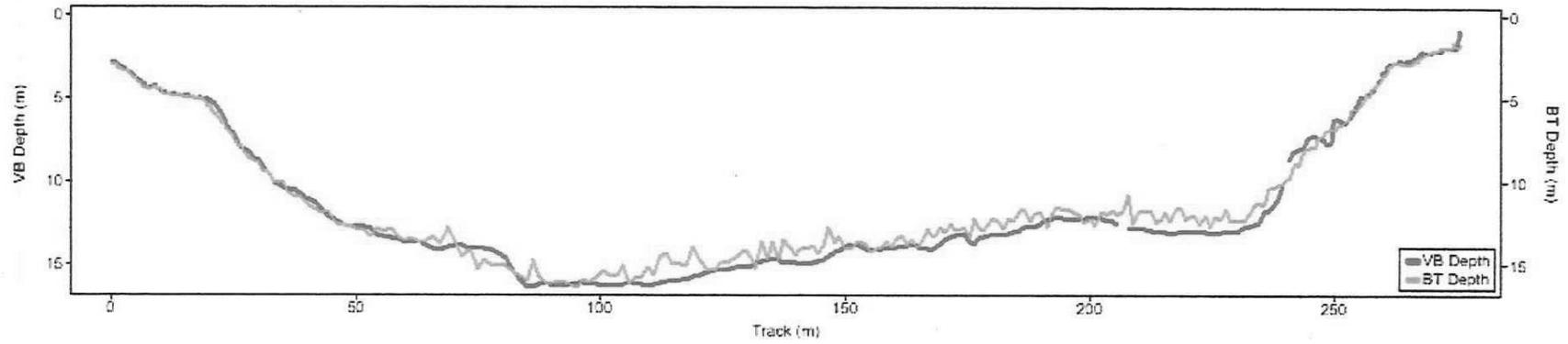
**Comments**  
 Tr1=20120810095857r.rivr - 16 ft; Tr2=20120810100712r.rivr - 16 ft; Tr3=20120810101609r.rivr - 16 ft;  
 Tr4=20120810103720r.rivr - 16 ft; Tr5=20120810104253r.rivr - 16 ft; Tr6=20120810104841r.rivr - 16 ft;

**Compass Calibration**  
 Results: PASS  
 Score is excellent.  
 Magnetic interference is very low.  
 Calibration score: M5.00Q9

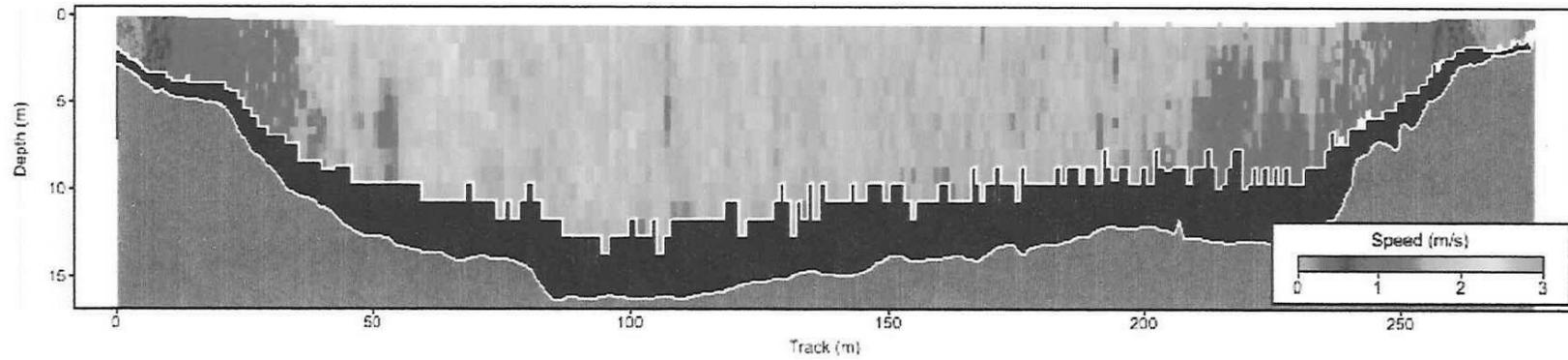
**System Test**  
 System Test: PASS

Parameters and settings marked with a \* are not constant for all files. Report generated using SonTek RiverSurveyor Live v2.70

### Kokowa River U/S @ RD 7800'



### Cross Section of Kokowa River U/S @ RD 7800'



### Velocity Distribution of Kokowa River U/S @ RD 7800'

# Discharge Measurement Summary

Date Measured: Friday, August 10, 2012

Site Information		Measurement Information	
Site Name	Kokkowa River	Party	Hydro SO4
Station Number	2	Boat/Motor	Boat
Location	Cut Channel mid	Meas. Number	4

System Information		System Setup		Units	
System Type	RS-M9	Transducer Depth (m)	0.08	Distance	m
Serial Number	2365	Salinity (ppt)	0.0	Velocity	m/s
Firmware Version	2.00	Magnetic Declination (deg)	0.8	Area	m <sup>2</sup>
Software Version	2.70			Discharge	m <sup>3</sup> /s
				Temperature	degC

Discharge Calculation Settings				Discharge Results	
Track Reference	Bottom-Track	Left Method	Sloped Bank	Width (m)	184.49
Depth Reference	Vertical Beam	Right Method	Sloped Bank	Area (m <sup>2</sup> )	2,920.5
Coordinate System	ENU	Top Fit Type	Power Fit	Mean Speed (m/s)	1.319
		Bottom Fit Type	Power Fit	Total Q (m <sup>3</sup> /s)	3,852.217

Measurement Results																	
Tr	Time		Distance				Mean Vel		Discharge						%		
#	Time	Duration	Temp	Track	DMG	Width	Area	Boat	Water	Left	Right	Top	Middle	Bottom	Total	MBTotal	Measured
1	R 11:13:10 AM	0:03:57	27.7	198.56	180.81	185.81	2,993.7	0.838	1.283	1.23	0.19	193.62	2,815.76	829.15	3,839.961	--	73.3
2	L 11:17:25 AM	0:19:04	27.8	195.88	177.40	183.40	2,901.9	0.171	1.331	0.42	2.55	191.88	2,803.77	863.46	3,862.077	--	72.6
3	L 11:46:26 AM	0:06:36	27.8	198.33	180.66	185.66	2,917.0	0.501	1.329	0.18	0.46	191.38	2,817.13	868.99	3,878.145	--	72.6
4	L 11:58:06 AM	0:05:09	27.8	197.55	178.07	183.07	2,869.2	0.639	1.334	0.30	0.26	197.79	2,812.07	818.26	3,828.684	--	73.4
		<b>Mean</b>	27.8	197.58	179.24	184.49	2,920.5	0.537	1.319	0.53	0.87	193.67	2,812.18	844.97	3,852.217	0.000	73.0
		<b>Std Dev</b>	0.0	1.05	1.52	1.25	45.7	0.243	0.021	0.41	0.97	2.52	5.20	21.69	19.193	0.000	0.4
		<b>COV</b>	0.0	0.005	0.008	0.007	0.016	0.452	0.016	0.770	1.125	0.013	0.002	0.026	0.005	0.000	0.005

Exposure Time: 0:34:46  
 Tr1=20120810111310r.rivr; Tr2=20120810111724r.rivr; Tr3=20120810114626r.rivr; Tr4=20120810115805r.rivr;

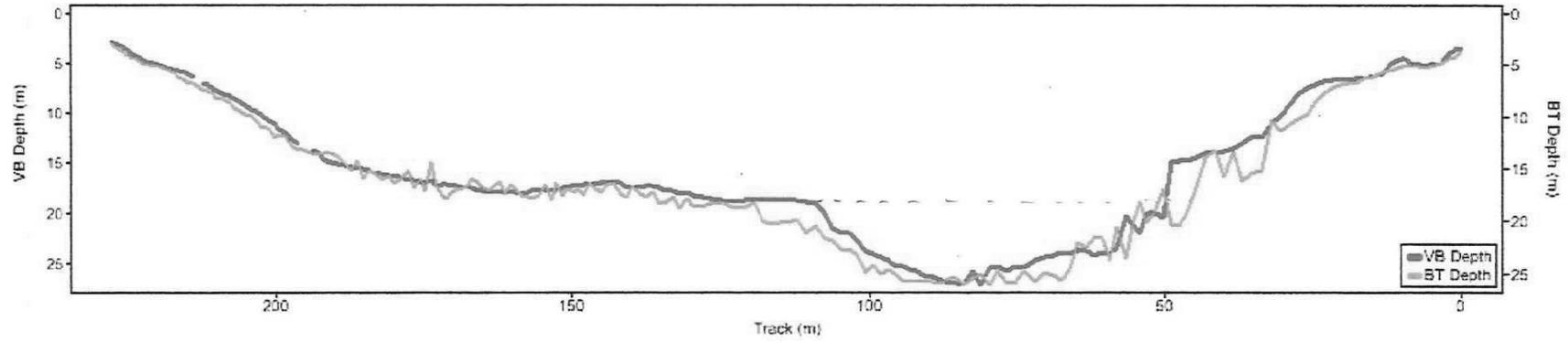
**Comments**  
 Tr1=20120810111310r.rivr - 15 ft; Tr2=20120810111724r.rivr - 15 ft; Tr3=20120810114626r.rivr - 15 ft;  
 Tr4=20120810115805r.rivr - 15 ft;

**Compass Calibration**  
 Results: PASS  
 Score is excellent.  
 Magnetic interference is very low.  
 Calibration score: M5.00Q9

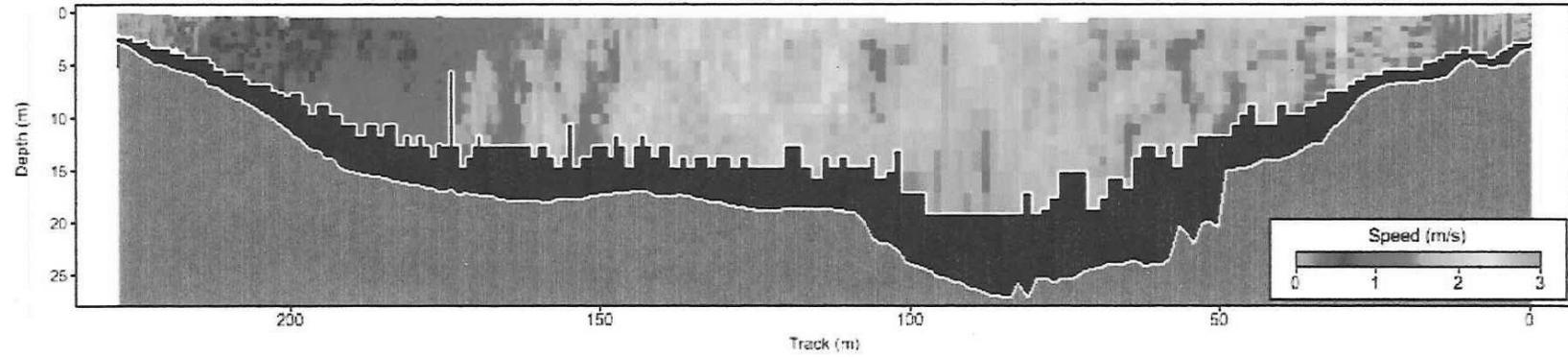
**System Test**  
 System Test: PASS

Parameters and settings marked with a \* are not constant for all files. Report generated using SonTek RiverSurveyor Live v2.70

### Kokowa River Cut Channel @ RD 12500'



### Cross Section of Kokowa River Cut Channel @ RD 12500'



### Velocity Distribution of Kokowa River Cut Channel @ RD 12500'

B-19

# Discharge Measurement Summary

Date Measured: Friday, August 10, 2012

Site Information		Measurement Information	
Site Name	Kokkowa River D/S	Party	Hydro SO4
Station Number	3	Boat/Motor	Boat
Location	Kathwekwe Out	Meas. Number	6

System Information		System Setup		Units	
System Type	RS-M9	Transducer Depth (m)	0.08	Distance	m
Serial Number	2365	Salinity (ppt)	0.0	Velocity	m/s
Firmware Version	2.00	Magnetic Declination (deg)	0.8	Area	m <sup>2</sup>
Software Version	2.70			Discharge	m <sup>3</sup> /s
				Temperature	degC

Discharge Calculation Settings				Discharge Results	
Track Reference	Bottom-Track	Left Method	Sloped Bank	Width (m)	209.45
Depth Reference	Vertical Beam	Right Method	Sloped Bank	Area (m <sup>2</sup> )	1,141.8
Coordinate System	ENU	Top Fit Type	Power Fit	Mean Speed (m/s)	0.500
		Bottom Fit Type	Power Fit	Total Q (m <sup>3</sup> /s)	570.758

Measurement Results																		
Tr	Time	Duration	Temp	Track	DMG	Width	Area	Boat	Water	Left	Right	Top	Middle	Bottom	Total	MBTotal	%	
1	R 12:14:37 PM	0:05:33	28.4	226.15	207.23	211.23	1,151.0	0.679	0.489	0.15	0.00	38.42	435.47	88.50	562.546	--	77.4	
2	L 12:20:35 PM	0:04:58	27.9	218.93	204.57	208.57	1,145.5	0.735	0.494	0.09	-0.03	37.84	438.83	88.77	565.502	--	77.6	
3	R 12:26:06 PM	0:07:09	28.0	220.43	199.58	207.58	1,149.1	0.514	0.496	0.12	-0.01	38.88	440.01	91.50	570.499	--	77.1	
4	L 12:33:26 PM	0:05:08	27.9	214.24	202.88	210.88	1,136.6	0.696	0.499	0.12	0.06	37.76	440.44	88.89	567.269	--	77.6	
5	R 12:38:51 PM	0:04:23	28.0	213.89	200.78	208.78	1,139.3	0.813	0.513	0.31	0.05	39.92	452.06	91.67	583.999	--	77.4	
6	L 12:43:24 PM	0:04:54	27.9	217.22	201.67	209.67	1,129.3	0.739	0.509	0.19	-0.06	38.66	446.41	89.53	574.734	--	77.7	
			Mean	28.0	218.48	202.78	209.45	1,141.8	0.696	0.500	0.16	0.00	38.58	442.20	89.81	570.758	0.000	77.5
			Std Dev	0.2	4.15	2.53	1.29	7.6	0.092	0.008	0.07	0.04	0.72	5.47	1.29	7.053	0.000	0.2
			COV	0.0	0.019	0.012	0.006	0.007	0.132	0.017	0.445	10.122	0.019	0.012	0.014	0.012	0.000	0.002

Exposure Time: 0:32:05  
 Tr1=20120810121438r.rivr; Tr2=20120810122034r.rivr; Tr3=20120810122605r.rivr; Tr4=20120810123326r.rivr; Tr5=20120810123850r.rivr; Tr6=20120810124324r.rivr;

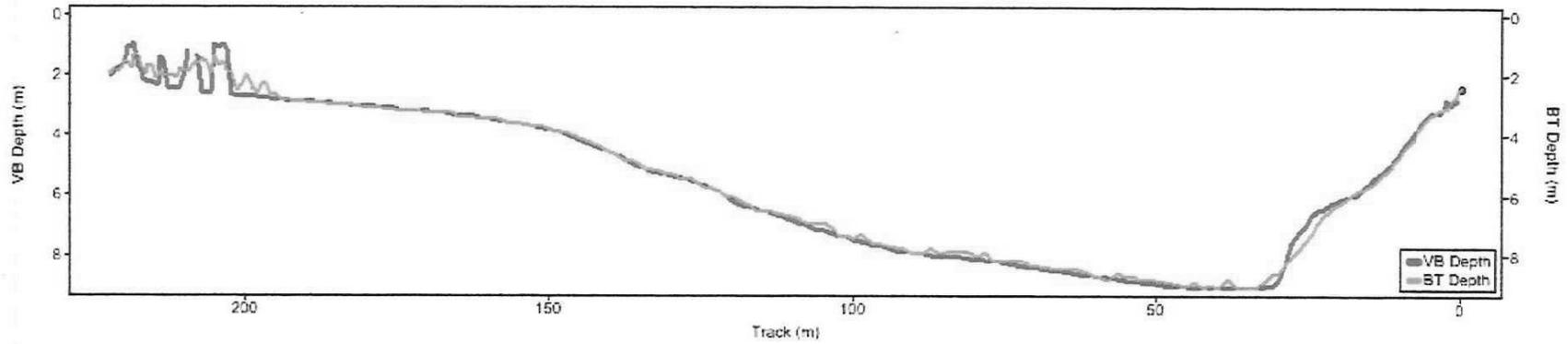
Comments  
 Tr1=20120810121438r.rivr - 15 ft; Tr2=20120810122034r.rivr - 15 ft; Tr3=20120810122605r.rivr - 15 ft; Tr4=20120810123326r.rivr - 15 ft; Tr5=20120810123850r.rivr - 15 ft; Tr6=20120810124324r.rivr - 15 ft;

Compass Calibration  
 Results: PASS  
 Score is excellent.  
 Magnetic interference is very low.  
 Calibration score: M5.00Q9

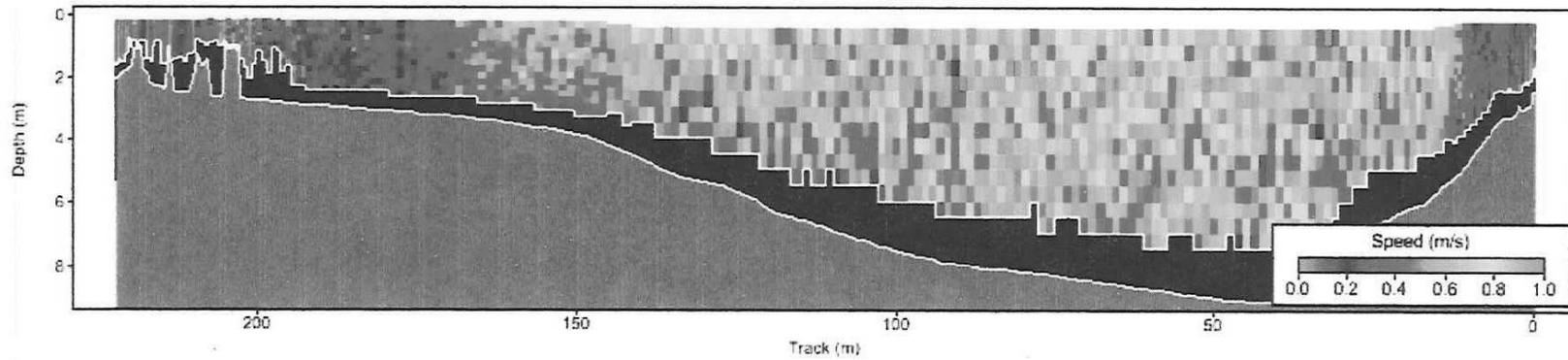
System Test  
 System Test: PASS

Parameters and settings marked with a \* are not constant for all files. Report generated using SonTek RiverSurveyor Live v2.70

### Kokowa River D/S @ RD 26900'



### Cross Section of Kokowa River D/S @ RD 26900'



### Velocity Distribution of Kokowa River D/S @ RD 26900'