

独立行政法人 国際協力機構（JICA）

運輸通信省
環境都市計画省
スコピエ市
スコピエ上下水道公社

マケドニア旧ユーゴスラビア共和国 スコピエ下水道改善計画調査

最終報告書 和文要約

平成 21 年 6 月
(2009 年)

株式会社 東京設計事務所
株式会社 建設技研インターナショナル

通貨換算率

Euro 1 = JPY 163.11

Euro 1 = MKD 62.03

(2008 年 3 月から 2008 年 8 月の平均換
算率を使用)

マケドニア旧ユーゴスラビア共和国
スコピエ下水道改善計画調査

最 終 報 告 書
構 成

和文要約

メインレポート

APPENDIX (1)

APPENDIX (2)

APPENDIX (3)

序 文

日本国政府は、マケドニア旧ユーゴスラビア共和国政府の要請に基づき、同国のスコピエ下水道改善計画に係わる調査を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成19年9月から平成21年6月まで、株式会社東京設計事務所の百瀬和文氏を団長とし、同株式会社東京設計事務所及び株式会社建設技研インターナショナルから構成される調査団を現地に派遣いたしました。また、国土交通省深谷渉氏及び鎌田寛子国際協力専門員を委員とする国内支援委員会を設置し、本調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、マケドニア旧ユーゴスラビア共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を戴いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成21年6月

独立行政法人国際協力機構
理事 松本 有幸

伝 達 状

独立行政法人国際協力機構

理事 松本 有幸 殿

ここに、マケドニア旧ユーゴスラビア共和国におけるスコピエ下水道改善計画調査を終了いたしましたので、最終報告書を提出いたします。本調査は、貴機構との契約に基づき、弊社及び株式会社建設技研インターナショナルからなる共同企業体が、平成19年9月から平成21年6月まで、マケドニア国で実施した調査結果です。今回の調査に際し、マケドニア国の現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、我が国の政府開発援助の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

本計画調査は、スコピエ市の下水道の改善及びバルダル川の水質改善を目的として実施されました。本調査で提案された計画は、スコピエ市の下水道の改善及びバルダル川の水質改善に寄与するものと確信しております。

なお、調査期間中、貴機構、外務省及び関係機関の各位には多大なご協力とご支援を賜り、ここに厚く御礼申し上げます。また、マケドニア国政府諸機関各位及び貴機構バルカン事務所から、貴重なご支援とご協力を賜りました。併せて御礼申し上げます。

平成21年6月

共同企業体代表者

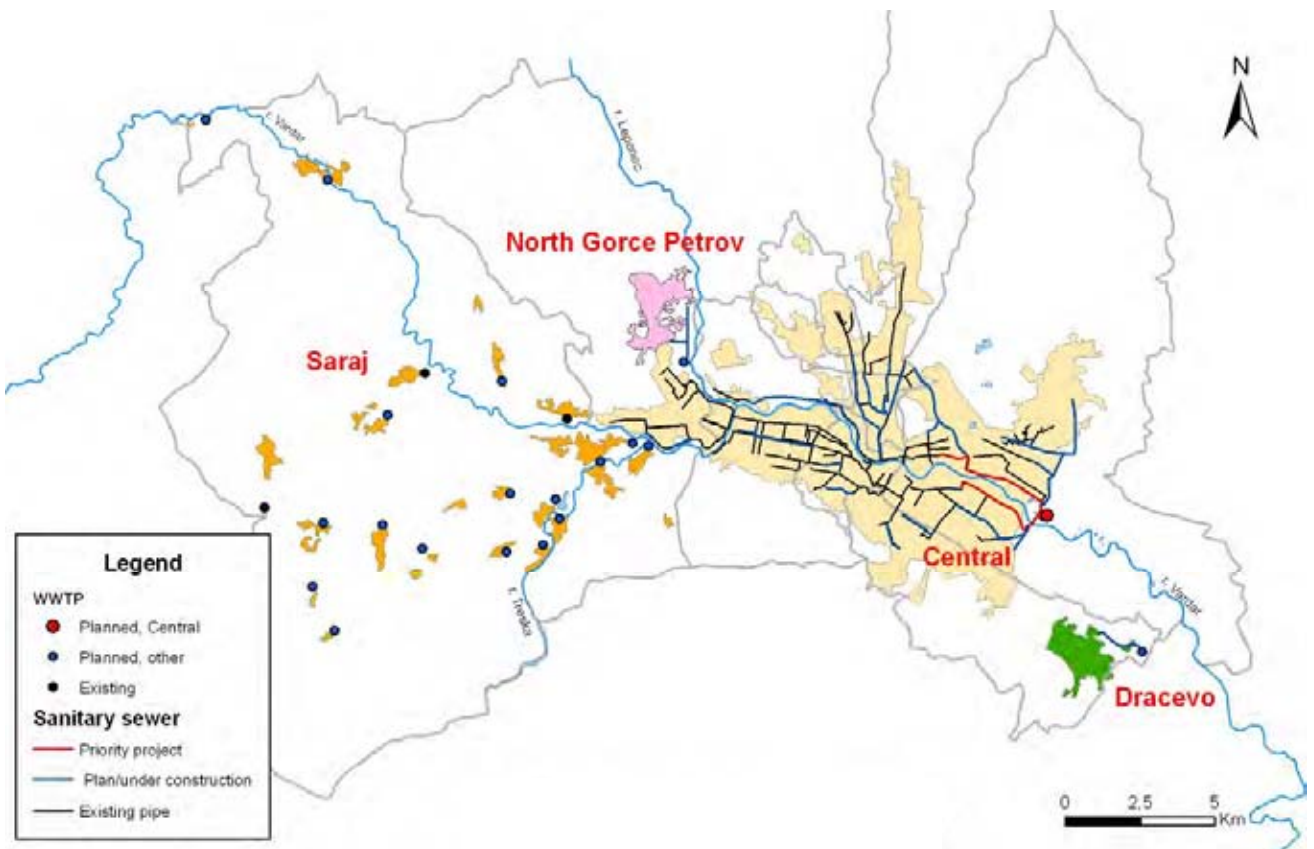
株式会社東京設計事務所

スコピエ下水道改善計画調査

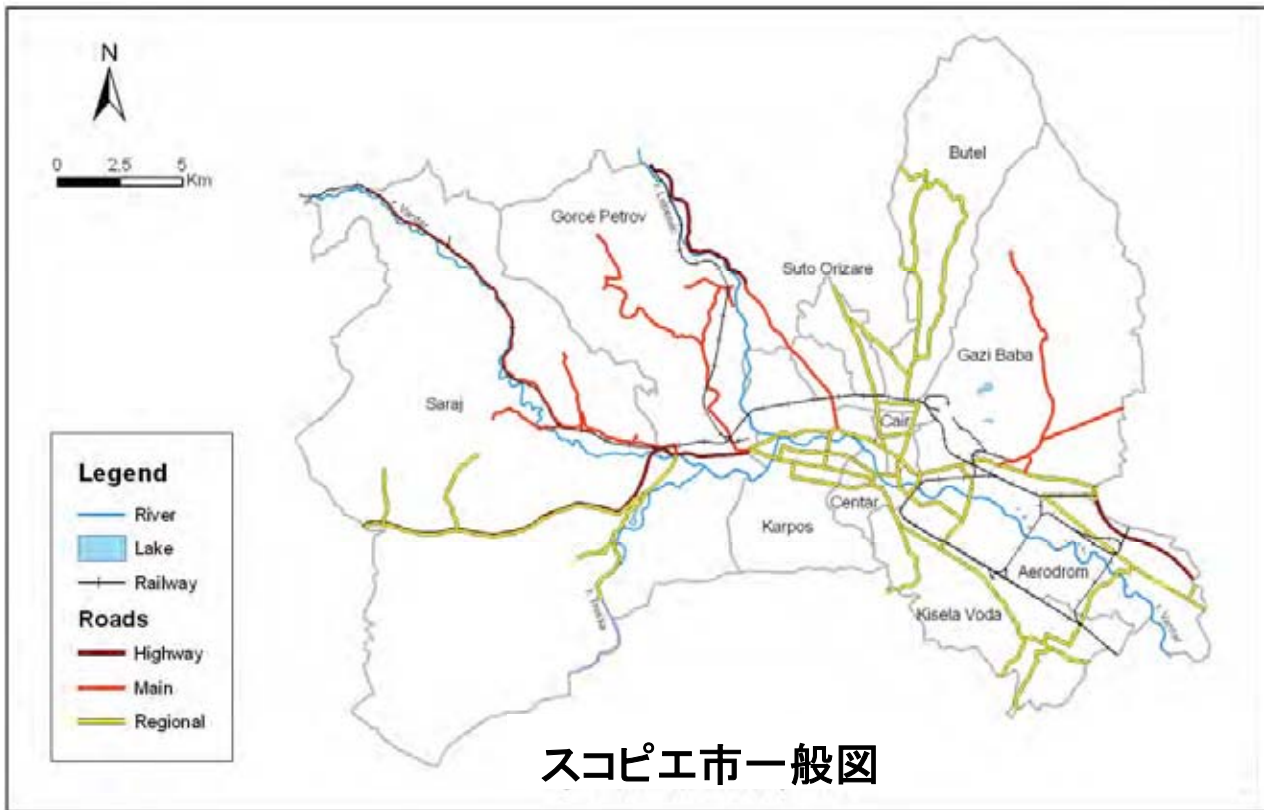
団長 百瀬 和文



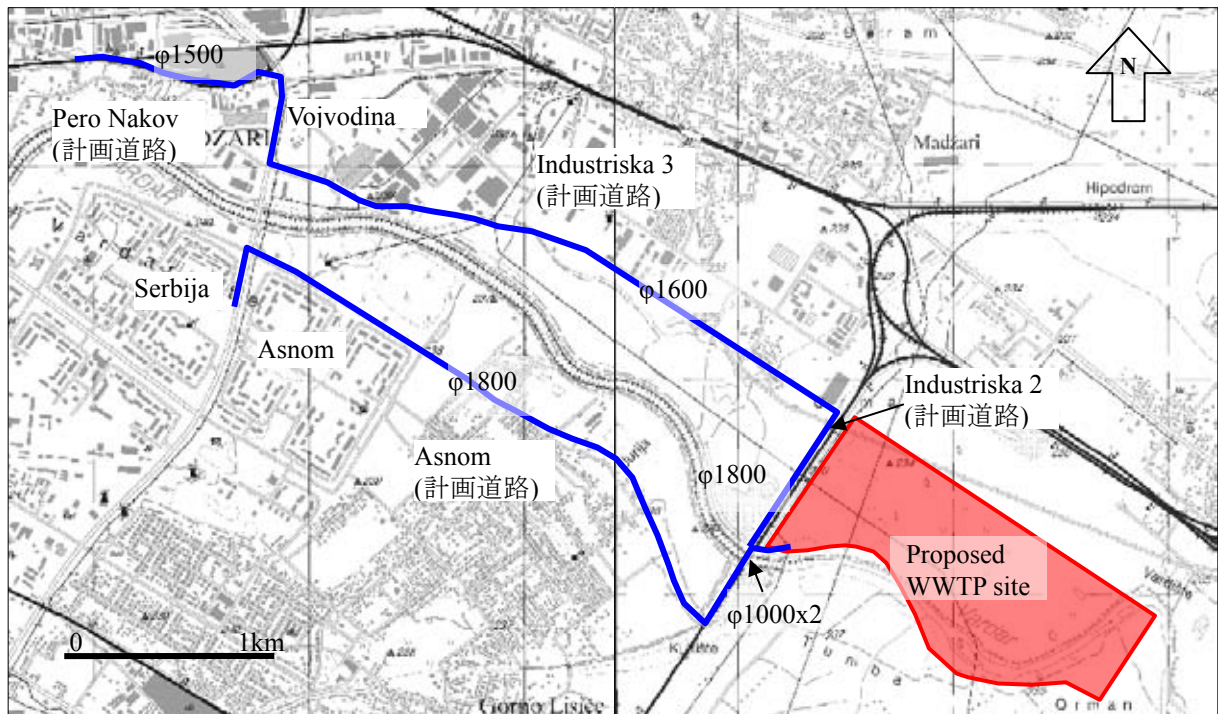
マケドニア旧ユーゴスラビア共和国位置図及び全国図



スコピエ市下水道基本計画



スコピエ市一般図



F/S 対象施設図

マケドニア旧ユーゴスラビア共和国
スコピエ下水道改善計画調査

最終報告書
和文要約

目 次

序文
伝達状
位置図
目次
表目次
図目次
略語

PART I 基本計画

1.	序論	Part I: S-1
1.1	調査の目的	Part I: S-1
1.2	調査フロー	Part I: S-1
1.3	調査対象区域	Part I: S-2
1.4	相手国実施機関	Part I: S-2
1.5	調査結果の事業化支援	Part I: S-3
1.6	事業当事者	Part I: S-3
1.7	環境関連法	Part I: S-4
2.	バルダル川の現況と水質改善への課題	Part I: S-5
2.1	バルダル川の現況	Part I: S-5
2.2	バルダル川の流況	Part I: S-6
2.2.1	スコピエ市の降雨量	Part I: S-6
2.2.2	河川流量	Part I: S-6
2.3	バルダル川の水質状況	Part I: S-7
2.3.1	水質環境基準とバルダル川への類型指定状況	Part I: S-7
2.3.2	バルダル川の水質状況	Part I: S-7
2.3.3	調査区域内の河川水質・BODの傾向	Part I: S-8
2.3.4	調査区域内の河川水質・SSの傾向	Part I: S-9
2.3.5	調査区域内の河川水質・その他環境項目	Part I: S-10
2.4	上水道施設の現況	Part I: S-10
2.5	下水道施設の現況	Part I: S-10

2.5.1	汚水施設の現況.....	Part I: S-10
2.5.2	雨水排水施設の現況.....	Part I: S-11
2.6	下水道事業体の財政・組織制度面の現状.....	Part I: S-12
2.6.1	財務状況.....	Part I: S-12
2.6.2	運営組織.....	Part I: S-12
2.7	工場廃水対策の現状.....	Part I: S-13
2.7.1	統合的汚染防止管理（IPPC）制度と施行状況.....	Part I: S-14
2.7.2	IPPC 制度の実行体制.....	Part I: S-14
2.7.3	IPPC 制度の課題.....	Part I: S-14
2.8	バルダル川の水質改善と下水処理場の位置づけ及び工場廃水管理の重要性.....	Part I: S-15
2.8.1	水質の現況.....	Part I: S-15
2.8.2	下水処理場と工場廃水管理の重要性.....	Part I: S-15
3.	計画フレームワーク.....	Part I: S-16
3.1	基本計画の目標及び目標年次等.....	Part I: S-16
3.1.1	基本計画の目標.....	Part I: S-16
3.1.2	目標年次.....	Part I: S-16
3.1.3	計画区域.....	Part I: S-16
3.1.4	雨水の取り扱い方針.....	Part I: S-17
3.1.5	工場廃水.....	Part I: S-18
3.1.6	下水処理方針.....	Part I: S-18
3.1.7	処理水および汚泥の利用.....	Part I: S-18
3.2	下水発生量.....	Part I: S-19
3.2.1	生活汚水量.....	Part I: S-19
3.2.2	工場廃水量.....	Part I: S-19
3.2.3	雨水量.....	Part I: S-20
3.3	処理区別計画汚水量.....	Part I: S-20
3.4	下水の水質、汚濁負荷量.....	Part I: S-21
3.4.1	生活排水の汚濁負荷量.....	Part I: S-21
3.4.2	工場廃水の水質と汚濁負荷量（中央処理区）.....	Part I: S-21
3.4.3	雨水の水質と汚濁負荷量.....	Part I: S-22
3.4.4	下水処理場流入汚水量、汚濁負荷量及び流入水質.....	Part I: S-22
4.	バルダル川の水質解析.....	Part I: S-23
4.1	バルダル川の現況.....	Part I: S-23
4.1.1	バルダル川の流況.....	Part I: S-23
4.1.2	バルダル川、Treska 川、Lepenec 川の水質、汚濁負荷量.....	Part I: S-24
4.2	スコピエ市付近の汚濁負荷源の状況.....	Part I: S-24
4.2.1	点源汚濁負荷発生源.....	Part I: S-25
4.2.2	面源汚濁負荷発生源.....	Part I: S-26
4.3	汚濁解析モデルの概要.....	Part I: S-26
4.4	目標年次における発生汚濁負荷量.....	Part I: S-29
4.4.1	目標年次における汚濁削減のシナリオ.....	Part I: S-29
4.4.2	ケース別の発生汚濁負荷量.....	Part I: S-29
4.5	汚濁解析結果.....	Part I: S-30

4.6	汚濁解析結果(濁水流量時).....	Part I: S-31
5.	周辺処理区設定に関する検討.....	Part I: S-32
5.1	事業の進捗状況.....	Part I: S-32
5.2	Saraj 処理区.....	Part I: S-33
5.2.1	Saraj 区による下水道計画の概要.....	Part I: S-33
5.2.2	Saraj 処理区の併合分離に関する本調査の方針.....	Part I: S-34
5.3	North Gorce Petrov 処理区.....	Part I: S-34
5.3.1	概要.....	Part I: S-34
5.3.2	本調査における技術的レビュー.....	Part I: S-35
5.3.3	本調査における方針.....	Part I: S-35
5.4	Dracevo 処理区.....	Part I: S-36
5.4.1	概要.....	Part I: S-36
5.4.2	本調査における技術的レビュー.....	Part I: S-36
5.4.3	本調査における方針.....	Part I: S-37
6.	中央処理区施設計画.....	Part I: S-37
6.1	中央処理区の計画諸元.....	Part I: S-37
6.2	幹線計画.....	Part I: S-38
6.3	中央下水処理場施設計画.....	Part I: S-40
6.3.1	計画方針.....	Part I: S-40
6.3.2	中央下水処理場の設計諸元.....	Part I: S-40
6.3.3	放流水の水質.....	Part I: S-41
6.3.4	下水処理.....	Part I: S-41
6.3.5	汚泥処理.....	Part I: S-41
6.3.6	処理フロー.....	Part I: S-42
6.3.7	処理場予定地の状況と処理施設の配置.....	Part I: S-42
6.4	施設事業概要と事業費.....	Part I: S-43
6.4.1	施設概要.....	Part I: S-43
6.4.2	積算の前提条件.....	Part I: S-44
6.4.3	建設工事費の積算条件.....	Part I: S-44
6.4.4	事業費.....	Part I: S-45
6.4.5	維持管理費.....	Part I: S-45
6.5	高度処理時の施設規模と概算金額.....	Part I: S-46
6.5.1	必要施設規模の算定.....	Part I: S-46
6.5.2	概算事業費の算出.....	Part I: S-47
6.6	計画事業の評価.....	Part I: S-47
7.	環境社会配慮 (IEE レベル).....	Part I: S-48
7.1	環境社会配慮 (IEE レベル) の目的及びレベル.....	Part I: S-48
7.2	初期環境影響調査.....	Part I: S-48
7.2.1	目的.....	Part I: S-48
7.2.2	スコーピング.....	Part I: S-48
7.2.3	代替案の検討.....	Part I: S-49

7.2.4	影響評価の結果及び緩和策	Part I: S-49
7.3	ステークホルダー協議	Part I: S-49
7.4	F/S 優先事業に対するスコーピング (案)	Part I: S-49
8.	F/S 対象優先プロジェクトの選定	Part I: S-51

PART II フィージビリティスタディ

1.	F/S 対象施設	Part II: S-1
1.1	遮集管	Part II: S-1
1.2	中央処理場	Part II: S-2
2.	遮集管の概略設計	Part II: S-2
2.1	設計諸元のレビュー	Part II: S-2
2.2	設計クライテリア	Part II: S-3
2.3	遮集管ルートおよび縦断計画	Part II: S-3
2.4	諸検討事項	Part II: S-4
2.4.1	既存幹線管きよとの接続	Part II: S-4
2.4.2	雨水吐き室	Part II: S-4
2.4.3	河川横断	Part II: S-4
2.5	施設概要	Part II: S-5
3.	中央処理場の概略設計	Part II: S-7
3.1	設計パラメーター	Part II: S-7
3.2	設計基準	Part II: S-7
3.3	施設概要	Part II: S-8
3.4	施設配置と洪水防御	Part II: S-8
3.4.1	現在の状況	Part II: S-8
3.4.2	施設配置計画	Part II: S-9
3.4.3	洪水対策	Part II: S-12
3.5	建設方法及び仮設計画	Part II: S-12
3.6	CDM 事業実現可能性の検討	Part II: S-13
4.	維持管理計画	Part II: S-14
4.1	下水道事業体組織の強化	Part II: S-14
4.1.1	キャパシティ・ディベロップメント	Part II: S-14
4.1.2	既存下水道維持管理運営組織	Part II: S-14
4.1.3	事業実施・建設時の組織	Part II: S-15
4.1.4	事業運営時の組織	Part II: S-15

4.2	下水道維持管理に関する法令	Part II: S-17
4.3	維持管理業務と実施体制	Part II: S-17
4.3.1	維持管理の目的	Part II: S-17
4.3.2	維持管理業務内容	Part II: S-18
4.3.3	公権限に基づく維持管理業務	Part II: S-18
4.3.4	下水処理場の維持管理機能と役割	Part II: S-18
4.3.5	下水処理場の必要維持管理要員	Part II: S-18
4.3.6	維持管理に必要な資格者	Part II: S-19
4.3.7	維持管理技術者の研修	Part II: S-19
4.4	水質管理および汚泥管理	Part II: S-20
4.4.1	下水処理場からの放流水質規制	Part II: S-20
4.4.2	放流水の水質測定	Part II: S-21
4.4.3	工場廃水等の事業場排水管理	Part II: S-21
4.4.4	汚泥管理および環境項目の管理	Part II: S-21
4.5	下水道台帳と地理情報システム (GIS)	Part II: S-22
4.6	管路施設の維持管理	Part II: S-23
4.6.1	維持管理の目的	Part II: S-23
4.6.2	計画的な維持管理	Part II: S-23
4.7	ポンプ場の維持管理	Part II: S-24
4.8	広報活動	Part II: S-24
5.	概算事業費の算定と実施計画	Part II: S-24
5.1	概算事業費	Part II: S-24
5.1.1	概算事業費の算定条件	Part II: S-24
5.1.2	概算事業費の算定	Part II: S-25
5.2	維持管理費の算定	Part II: S-26
5.2.1	維持管理費の算定条件	Part II: S-26
5.2.2	維持管理費の算定	Part II: S-26
5.3	事業実施計画の策定	Part II: S-26
5.3.1	事業の実施工程	Part II: S-26
5.3.2	事業の年次別実施費用	Part II: S-27
6.	環境社会配慮 (EIA レベル)	Part II: S-27
6.1	環境社会配慮 (EIA レベル) 実施	Part II: S-27
6.2	環境影響評価	Part II: S-27
6.3	ステークホルダー協議	Part II: S-28
6.4	公聴会	Part II: S-28
7.	優先プロジェクトの評価	Part II: S-29
7.1	財務評価	Part II: S-29
7.1.1	財務評価の方法	Part II: S-29
7.1.2	財務的費用および財務的便益	Part II: S-29
7.1.3	支払い可能額評価	Part II: S-29

7.1.4	支払い意志額評価.....	Part II: S-30
7.1.5	財務評価のシナリオ.....	Part II: S-30
7.1.6	推奨シナリオと料金値上げの提案.....	Part II: S-31
7.1.7	FIRR.....	Part II: S-32
7.2	経済評価.....	Part II: S-32
7.2.1	経済評価の方法.....	Part II: S-32
7.2.2	EIRR.....	Part II: S-32
7.3	環境社会面からの評価.....	Part II: S-33
7.4	技術面からの評価.....	Part II: S-33
7.5	プロジェクト効果指標.....	Part II: S-34
7.6	総合評価及び提言.....	Part II: S-34

PART III 下水道実施事業体の組織制度・財政面に関するアクションプラン

1.	序論.....	Part III: S-1
1.1	組織制度・財政面改善に関する最終目標基本方針.....	Part III: S-1
1.2	組織制度・財政面に関するアクションプラン作成基本方針.....	Part III: S-1
1.3	組織制度・財政面に関する能力評価.....	Part III: S-1
2.	アクションプランの策定.....	Part III: S-2
3.	セミナー及び能力開発関連活動の実施.....	Part III: S-4
3.1	人材開発管理に関するセミナー.....	Part III: S-4
3.2	運営組織の改善に関するセミナー.....	Part III: S-5
3.3	財務的運営の改善に関するセミナー.....	Part III: S-5

PART IV 工場廃水管理及び水質モニタリングに関するアクションプラン

1.	序論.....	Part IV: S-1
1.1	工場廃水管理の最終目標基本方針.....	Part IV: S-1
1.2	工場廃水管理アクションプラン作成基本方針.....	Part IV: S-1
1.3	工場廃水管理に関する能力評価.....	Part IV: S-1
2.	アクションプランの策定.....	Part IV: S-3

3.	セミナー及びその他能力開発関連活動の実施……………	Part IV: S-9
3.1	セミナー……………	Part IV: S-9
3.2	工場廃水管理現場調査：5社（有機化学工場、食肉加工工場、製鉄所）	Part IV: S-11
3.3	資料配布……………	Part IV: S-11

目 次

PART I 基本計画

表 I. 1	水質環境基準	Part I: S-7
表 I. 2	バルダル川の水質 (2006 年)	Part I: S-8
表 I. 3	既存の下水道施設の概要	Part I: S-10
表 I. 4	基本計画区域面積	Part I: S-17
表 I. 5	処理区別計画区域内人口	Part I: S-19
表 I. 6	処理区別生活污水量 (地下水を含む)	Part I: S-19
表 I. 7	将来の工場廃水量	Part I: S-20
表 I. 8	処理区別計画汚水量	Part I: S-20
表 I. 9	処理区別生活污水の汚濁負荷量	Part I: S-21
表 I. 10	現況工場廃水汚濁負荷量 (2007 年)	Part I: S-21
表 I. 11	下水道に接続する工場の汚濁負荷量 (2007 年)	Part I: S-22
表 I. 12	工場廃水の水質と汚濁負荷量 (中央処理区)	Part I: S-22
表 I. 13	雨水の水質と汚濁負荷量	Part I: S-22
表 I. 14	下水処理場流入汚水量、汚濁負荷量及び流入水質	Part I: S-23
表 I. 15	バルダル川、Treska 川、Lepenec 川の流量	Part I: S-24
表 I. 16	バルダル川とその支川の水質、汚濁負荷量 (境界条件)	Part I: S-24
表 I. 17	バルダル川低水量時の発生汚水量および発生負荷量 (計測値)	Part I: S-26
表 I. 18	スコピエ上下水道公社による年平均給水量 (2006 年)	Part I: S-26
表 I. 19	面源汚濁負荷量	Part I: S-26
表 I. 20	汚濁負荷源の一覧	Part I: S-27
表 I. 21	目標年次における汚濁削減のシナリオ	Part I: S-29
表 I. 22	ケース別の発生汚濁負荷量総括表	Part I: S-30
表 I. 23	水質汚濁解析結果 (BOD, 2020 年)	Part I: S-31
表 I. 24	Saraj 処理区下水道計画の諸元	Part I: S-33
表 I. 25	North Gorce Petrov 処理区下水道計画の諸元	Part I: S-35
表 I. 26	Dracevo 処理区下水道計画の諸元	Part I: S-36
表 I. 27	中央処理区の計画諸元	Part I: S-38
表 I. 28	幹線計画関連の計画諸元 (2030 年)	Part I: S-39
表 I. 29	右岸幹線・左岸幹線の概要	Part I: S-40
表 I. 30	中央下水処理場設計諸元 (2020 年)	Part I: S-40
表 I. 31	処理施設の概要	Part I: S-43
表 I. 32	事業費の内訳	Part I: S-45
表 I. 33	維持管理費の内訳	Part I: S-46
表 I. 34	必要施設規模の算出	Part I: S-46
表 I. 35	F/S 優先事業に対するスコアピニング	Part I: S-50
表 I. 36	処理区の概要	Part I: S-52

PART II フィージビリティスタディ

表 II. 1	遮集管	Part II: S-1
表 II. 2	中央処理場の基本条件 (1)	Part II: S-2
表 II. 3	中央処理場の基本条件 (2)	Part II: S-2
表 II. 4	処理水目標水質	Part II: S-2
表 II. 5	施設一覧	Part II: S-5
表 II. 6	処理施設の設計基準	Part II: S-7

表 II. 7	処理方式.....	Part II: S-8
表 II. 8	施設概要.....	Part II: S-8
表 II. 9	消化ガスの有効利用方法.....	Part II: S-13
表 II. 10	発電力量と CO2 排出削減量.....	Part II: S-14
表 II. 11	消化ガス発電導入における事業性試算.....	Part II: S-14
表 II. 12	中央下水処理場の維持管理人員.....	Part II: S-19
表 II. 13	都市下水処理場からの排水基準 (91/271/EEC).....	Part II: S-20
表 II. 14	都市下水処理場から富栄養化"sensitive area"への排水基準 (91/271/EEC).....	Part II: S-20
表 II. 15	下水道法による事業場排水規制.....	Part II: S-21
表 II. 16	概算事業費.....	Part II: S-25
表 II. 17	維持管理費.....	Part II: S-26
表 II. 18	事業の年次別実施費用.....	Part II: S-27
表 II. 19	上下水道サービスに対する支払意思額の合計.....	Part II: S-30
表 II. 20	財務評価のシナリオ.....	Part II: S-30
表 II. 21	キャッシュフローバランス.....	Part II: S-31
表 II. 22	感度分析結果 (FIRR).....	Part II: S-32
表 II. 23	感度分析結果 (EIRR).....	Part II: S-33
表 II. 24	プロジェクト評価指標.....	Part II: S-34

PART III 下水道実施事業体の組織制度・財政面に関するアクションプラン

表 III. 1	能力評価表.....	Part III: S-1
表 III. 2	組織制度・財政面に関するアクションプランの内容.....	Part III: S-3
表 III. 3	組織制度・財政面に関するアクションプラン実施時期.....	Part III: S-4
表 III. 4	人材開発管理に関するセミナー.....	Part III: S-4
表 III. 5	運営組織の改善に関するセミナー.....	Part III: S-5
表 III. 6	財務的運営の改善に関するセミナー.....	Part III: S-5

PART IV 工場廃水管理及び水質モニタリングに関するアクションプラン

表 IV. 1	能力評価表.....	Part IV: S-2
表 IV. 2	アクションプラン、活動、活動の主要実施者、期限、本調査期間中に行った能力開発 (CD) プログラム.....	Part IV: S-4

目 次

PART I 基本計画

図 I. 1	バルダル川位置図	Part I: S-1
図 I. 2	調査スケジュール	Part I: S-2
図 I. 3	調査対象区域	Part I: S-2
図 I. 4	スコピエ市の月間降水量	Part I: S-6
図 I. 5	バルダル川中流：Skopje (Z.Most) 地点	Part I: S-6
図 I. 6	バルダル川の水質測定点	Part I: S-8
図 I. 7	河川水質・汚水水質測定箇所	Part I: S-9
図 I. 8	バルダル川下流部（Sajmiste Bridge～Jurumleri）の BOD の推移	Part I: S-9
図 I. 9	既存汚水管網図及びポンプ場位置図	Part I: S-11
図 I. 10	既存及び計画雨水管網図及びポンプ場位置図	Part I: S-11
図 I. 11	スコピエ上下水道公社の財政状況と支出項目	Part I: S-12
図 I. 12	スコピエ上下水道公社の運営組織	Part I: S-13
図 I. 13	基本計画調査対象区域	Part I: S-17
図 I. 14	バルダル川、Treska 川、Lepenec 川の流量	Part I: S-24
図 I. 15	生活汚水および工場廃水の排水口の位置	Part I: S-25
図 I. 16	汚濁解析河川モデル図	Part I: S-28
図 I. 17	ケース別の発生汚濁負荷量総括表	Part I: S-30
図 I. 18	処理区的位置図	Part I: S-33
図 I. 19	Saraj 区下水道整備計画案	Part I: S-34
図 I. 20	Dracevo 下水道整備方法の比較	Part I: S-37
図 I. 21	右岸幹線・左岸幹線施設平面図	Part I: S-38
図 I. 22	処理フロー	Part I: S-42
図 I. 23	中央下水処理場の施設配置	Part I: S-43
図 I. 24	高度処理時の施設配置	Part I: S-47

PART II フィージビリティスタディ

図 II. 1	F/S 対象優先プロジェクト	Part II: S-1
図 II. 2	施設平面図	Part II: S-5
図 II. 3	縦断図(右岸側)	Part II: S-6
図 II. 4	縦断図(左岸側)	Part II: S-6
図 II. 5	処理場用地の現況	Part II: S-9
図 II. 6	施設配置 (1)	Part II: S-10
図 II. 7	施設配置 (2)	Part II: S-11
図 II. 8	堤防築造地点	Part II: S-12
図 II. 9	処理場運営組織 (代替案 2)	Part II: S-16
図 II. 10	処理場運営組織 (代替案 3)	Part II: S-16
図 II. 11	事業の実施工程	Part II: S-26

PART IV 工場廃水管理及び水質モニタリングに関するアクションプラン

図 IV. 1	アクションプラン実施スケジュール	Part IV: S-8
---------	------------------	--------------

略 語

AA	Atomic absorption Analyzer	原子吸光計
AP	Adjustment Plan	暫定（改善）計画
A/P	Action Plan	アクションプラン
ASRT	Aerobic Solid Retention Time	好氣的汚泥滞留時間
BAT	Best Available Techniques	最適応用可能技術
BOD	Bio-chemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
BREF	BAT Reference	最適応用可能技術の手引き
B/P	Basic Plan	基本計画
CA	Capacity Assessment	キャパシティ・アセスメント
CARDS	Community Assistance for Reconstruction, Development and Stability in Balkans.	バルカン諸国に対する EU の支援計画
CASP	Conventional Activated Sludge Process	標準活性汚泥法
CD	Capacity Development	能力開発
CHPI	City Health Protection Institute	スコピエ衛生研究所
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
CP	Cleaner Production	クリーナー・プロダクション
C/P	Counterpart	カウンターパート
DB	Data Base	データベース
DF/R	Draft Final Report	ドラフト・ファイナル・レポート
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
D/D	Detail Design	実施設計
EAP	Environmental Action Plan	環境行動計画
EC	European Commission	欧州委員会
EC	Electric Conductivity	電気伝導度
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIB	European Investment Bank	欧州投資銀行
EU	European Union	欧州連合
F.C.	Foreign Currency portion	外貨分
F/R	Final Report	ファイナル・レポート
F/S	Feasibility Study	フィージビリティ調査
GC-mass	Gas Chromatography-mass spectrometry	ガスクロマトグラフィー質量分析計
GHG	Green House Gasses	温室効果ガス
GUP	General Urban Plan 2002 City of Skopje	2002 年スコピエ都市計画
g/c/d	Gram Capita per day	g/人・日
HRT	Hydraulic Retention Time	水理学的滞留時間
HMI	Hydro Meteorological Institute	水文気象研究所
ICP	Inductivity-Coupled Plasma	発光分析器（誘導結合プラズマ）
IC/R	Inception Report	インセプション・レポート
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境影響評価
IEP	Integrated Environmental Permit	総合的環境許可
IPA	Instruments for Pre-Accession	EU 加盟候補向け支援策
ISIC	International Standard of Industrial Classification	工業統計分類
IUCN	International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources	国際自然保護連合
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control	統合的汚染防止管理
IT	Information Technology	情報技術
IT/R	Interim Report	インテリム・レポート
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
kg/d	Kilogram per Day	kg/日
L.C.	local currency portion	現地通貨分
lpcd	liter per capita per day	l/人・日
L.W.L.	Low Water Level	低水量水位

m³	Cubic meters	m ³
MAFWE	Ministry of Agriculture, Forestry and Water Economy	農業森林水経済省
Max	Maximum	最大
MEPP	Ministry of Environment and Physical Planning	環境都市計画省
MF	Ministry of Finance	財務省
Mg/l	Milligram per liter	濃度
Min	Minimum	最小
MKD	Macedonian Denar	マケドニア・デナール
MOE	Ministry of Economy	経済省
MOH	Ministry of Health	保健省
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solid	活性汚泥濃度
Sewerage M/P 99	Sewerage Master Plan prepared in 1999 by Kruger	99年下水道マスタープラン
MTC	Ministry of Transport and Communication	運輸通信省
NACE	Nomenclature des Activités Economiques	工業統計分類
NDP	National Development Plan	全国開発計画
NEAP	National Environmental Action Plan	国家環境行動計画
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
NRW	None-revenue Water	無収水
OJT	On the Job Training	実地訓練（オンザジョブ・トレーニング）
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
PAPs	Project Affected Peoples	プロジェクトにより影響を受ける人々
PE	Population Equivalent	人口当量
PHARE	Poland and Hungary Assistance for Reconstruction of Economy.	EU加盟候補国に対するEUの支援計画
PR/R	Progress Report	プロGRESS・レポート
PV	Present Value	現在価値
R.C.	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	監視制御データ収集
SME	Small and Medium sized Enterprise	中小企業
SRT	Sludge Retention Time	汚泥滞留時間
SS	Suspended Solids	浮遊物質
S/W	Scope of Work	業務範囲
TDS	Total Dissolved Solids	不純物総溶解度
TOC	Total Organic Carbon	全有機炭素
TOR	Terms of Reference	作業要綱
USEPA	United States Environmental Protection Agency	米国環境保護局
VAT	Value Added Tax	付加価値税
Vodovod	Public Enterprise “Water Supply and Sewerage” Skopje	スコピエ上下水道公社
WB	World Bank	世界銀行
WWTP	Wastewater Treatment Plant	下水処理場

PART I 基本計画

1. 序論

1.1 調査の目的

上位目標である「スコピエ市の中心部を流れるバルダル川の水質改善」を実現するため、本調査では次の 4 項目の策定を調査目標とした。

- (1) 下水道施設及び工場廃水管理の基本計画の策定
- (2) 下水道施設に関するフィージビリティスタディ (F/S) の実施
- (3) 組織制度・財政面に関するアクションプラン (A/P) の策定
- (4) 工場廃水管理及び水質モニタリングに関するアクションプラン (A/P) の策定



図 I.1 バルダル川位置図

1.2 調査フロー

本調査は 2007 年 9 月下旬に始まり、2009 年 6 月に終わった。2008 年 3 月末までがフェーズ 1 であり、同年 4 月以降がフェーズ 2 である。なお、本調査の下水道施設の基本計画 (Basic Plan) は、通常のマスタープラン (Master Plan) と異なり、F/S 対象とする優先プロジェクトの選定を目的として実施した。従い、周辺処理区である Saraj、North Gorce Petrov (旧称 Novo Selo)、Dracevo (Kiseka Voda 区の一部) の 3 処理区の計画精度は中央処理区に合流すべきか各々独立すべきかの比較検討に必要なものとした。

調査大項目	2007 (第1年度)						2008 (第2年度)												2009			
	フェーズ1						フェーズ2												フェーズ3			
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
1. 現況調査		■	■	■	■	■																
2. 汚濁解析モデルの構築				■	■																	
3. 下水道施設・工場廃水管理代替案				■	■																	
4. 将来水質の予測					■																	
5. 下水道施設基本計画					■	■	■															
6. 工場廃水管理基本計画					■	■	■															
7. 下水道優先プロジェクトの選定						■																
8. アクションプラン (A/P) の策定									■	■	■											
9. CD 実施プロジェクトの選定										■	■											
10. 能力強化 (CD) の実施												■	■	■	■							
11. F/S の実施										■	■	■	■	■	■						■	
報告書	▲						▲					▲					▲				▲	
	ICR						PR/R					IT/R					DFR				F/R	

図 I.2 調査スケジュール

1.3 調査対象区域

スコピエ市のうち、「2002年からの総合都市開発計画」（目標年2020年）（以後「スコピエ都市計画」とする）と同一地域を対象とした。

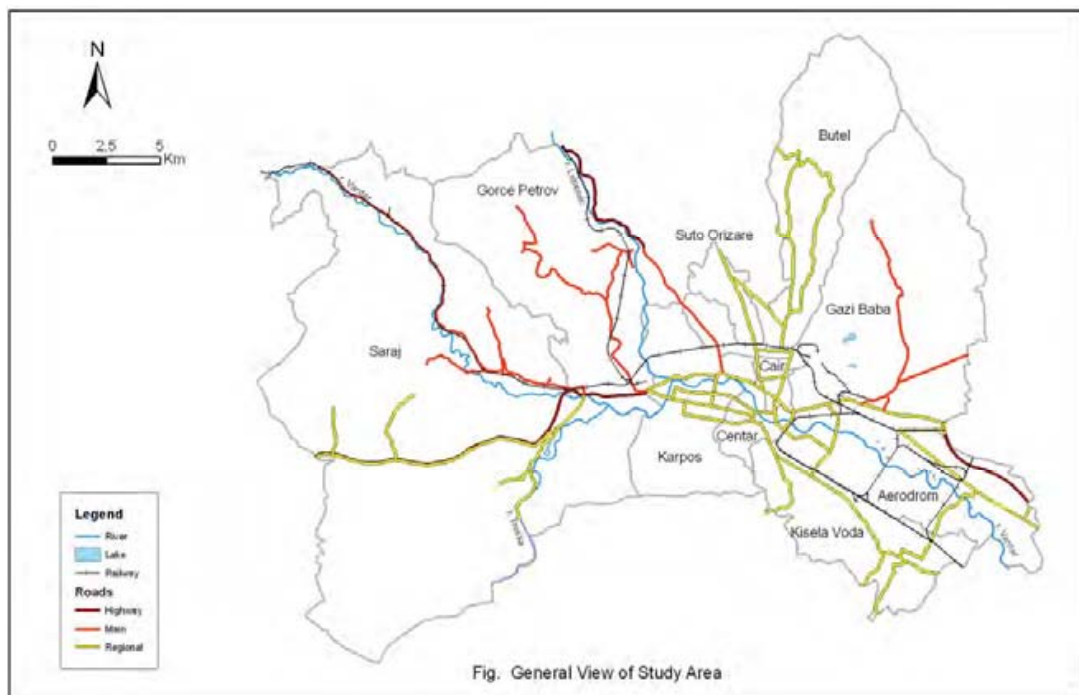


図 I.3 調査対象区域

1.4 相手国実施機関

本調査は下記機関を相手国実施機関（カウンターパート（C/P））として実施した。

- 運輸通信省（Ministry of Transport and Communication）
- 環境都市計画省（Ministry of Environment and Physical Planning）
- スコピエ市（Skopje City）

- スコピエ上下水道公社 (Vodovod)

上記に農業森林水経済省 (Ministry of Agriculture, Forestry and Water Economy) を加えた 5 機関がステアリング・コミッティのメンバーを構成する。

1.5 調査結果の事業化支援

スコピエ市の下水道事業の資金規模は約 190 億円 (1Euro=163 円として) と見込まれる。本事業は、スコピエ市の上水道事業と共に財務省の策定した国家開発計画 2007-2009 に含まれている。3 ヶ年でのスコピエ市を含む上下水道の事業規模は 104 百万 EUR (約 160 億円) と見込んでいる。一方、第二次国家環境行動計画¹では下水道事業費として上記の倍以上の 230 百万 EUR を見込んでいる。同計画でもいうように、事業実現には外国の資金が不可欠である。有力な資金ソースとして贈与資金である IPA 資金がある。これによると、環境分野の支援金額は 10 億円程度²と推定されている。F/S が終わった人口約 5 万人の Prilep 市を対象として IPA 資金が供与されることになった (2008 年 10 月時点)。さらに次期 IPA 資金の対象としてスコピエ市の下水施設が候補に挙がっており、その事業費の一部に資金が投入される見込みである。

国家開発計画では IPA 資金に加えてローン³も資金源の一つとしている。低金利、長期償還の JICA ローンもスコピエ市下水道施設の有力資金源となる。通常は F/S の完了を待って資金要請を行なうが、本調査では調査途中であっても事業の早期実現に向けて、JICA 等への資金要請の支援を行なうことが含まれている。C/P とその可能性について協議したところ、マケドニア国の制度では、対外ローンの借り入れは F/S 結果に基づき閣僚会議が決定するとの事であった。従い、F/S の終わる 2009 年前半に要請が出されることが可能となる。

1.6 事業当事者

ローンの要請当事者が誰であるかが次の課題である。2005 年施行の地方自治法ではスコピエ市あるいは区町村 (全国に 84 あり、内 10 区はスコピエ市を構成している) が事業当事者となることが定められている。2007 年 11 月のステアリング・コミッティでスコピエ市が事業当事者となることが表明され、これに基づきスコピエ市が環境社会配慮に関するステークホルダー協議を開催した。

しかし、地方自治体の財政基盤はまだ脆弱であり、事業実施には中央政府の補助金 (Capital Grant) あるいは対外ローンが不可欠である。先に述べたが、事業実施は補助金では難しく対外ローンが

¹ EU 基準を満たすためには都市排水で 230 百万 EUR、固形廃棄物処理に 130 百万 EUR を要する。この所要額は、海外からの補助額を含めた予算水準をはるかに上回っている。従い、他ドナーからの支援及び国家環境行動計画に沿ったプロジェクトの優先付けが必要である。

² IPA 資金の用途及び概算金額は Multi-Annual Indicative Financial Framework で明示されている。2007-2009 年の供与総額は 210.5 百万 EUR であり、内 40.5 百万 EUR が地域開発に割当てられている。環境は地域開発に含まれ、20~30%が環境に配分されている。従い、環境分野への割当て額は 8~12 百万 EUR である。

³ EIB ローンも可能性がある。EIB は 2007 年から 2013 年の 7 年間でクロアチア、トルコ、西バルカン諸国に対し 87 億ユーロ (約 1,400 億円) の資金供与を計画している。

不可欠である。地方自治法ではスコピエ市を含む地方自治体は対外ローンの借入れは可能である。しかし、財務省の指導により、財政状況が健全な自治体に限り借入れが可能であり 2008 年 1 月時点で 84 の自治体のうち 8 自治体が可能に過ぎず、スコピエ市は借入れ不可能である。

従い、対外ローン借入れは財務省の保証により運輸通信省あるいは環境都市計画省が可能と思われる。しかし、借入れ主体者の決定はローン申請時に閣僚会議が決定する。ズレトヴィツァダムの場合は、財務省の保証、農業森林水経済省が事業者、ローン返済はズレトヴィツァ水利公社の料金収入で充てるとのことであった。これから類推すると、本事業は財務省が保証、運輸通信省（あるいは環境都市計画省）が事業者、ローン返済は下水道料金で充てることが想定される。

1.7 環境関連法

マケドニア国は EU 加盟候補国の一つであり、環境関連法制度についても、EC 法の総体系 (acquis communautaire、EU の基準・指令(EU Directives)を含む) の採用はなお一層の努力が必要と指摘⁴されているものの、順次進めている。

(1) 環境法 (Law on Environment, Official Gazette No. 53/05, 81/05, 24/07)

環境法 (Law on Environment) は 2005 年 6 月に制定・公布されており、2 回改正されている。国家・市・公共機関・個人の環境保全に関する権利と義務を含む環境保全原則について定められており、統合的汚染防止管理、環境影響評価、情報へのアクセス等 EU 基準に則った法となっている。

(2) 環境行動計画

2006 年に策定された第二次国家環境行動計画は、EU 加盟に必要とされる施策を盛り込んだ、2011 年までの 6 年間の環境に関するガイドラインである。法体系の EU 化は (新) 水法の成立をもって 2007 年に終わるとしている。今後は、環境対策実施に係る財源確保、環境に関するキャパシティ向上、行政再構築及び強化が必要であるとしている。なお、必要とする財源は莫大であり、外部のローン及びグラントをも期待している。

(3) (旧) 水法 (Official Gazette No. 4/98, 19/00, 42/05)、(新) 水法 (Official Gazette No. 87/08)

旧水法は 98 年に制定され、2000 年及び 2005 年に改正されている。この水法は水の保護と管理に関する法的根拠を規定している。水源利用・開発方法、過剰な取水や汚染からの水保護、水源管理、水源管理活動にかかる財源及び方法、水利権、国境を越える水源等の管理についても明記されている。EU 指令である水枠組み指令を取り込んだ新しい水法が 2008 年に発効した。(新) 水法は、基準、原則、権利、義務そして行政機関・地方自治体・法人・個人の権限について定めている。水管理はバルダル川等 4 つの流域に分けて行い、合理的かつ効率的な水利用、持続的な水源

⁴ 法体系の強化の面の進捗は認められる。しかし、EU 法体系への統合はまだすべては終わっていない。さらに、実施の担保及び法制度の適用には格段の努力が必要である。(EU Enlargement Strategy and Main Challenges 2006-2007)

開発、水の汚染・悪影響からの保護に関する活動・行動・方法を規定している。(新)水法の主務官庁は環境都市計画省となる予定である。まだ法制化されていないが下水施設からの排水を含む排水規制等も同省の認可事項となる予定である。

(新)水法によると、人口(当量)2,000人以上の集落すべてに下水収集・処理システム(下水施設)を設けるとしている。下水施設計画は先ず市議会(Municipal Council or City Council)が計画し環境都市計画省に提案する。環境都市計画省は運輸通信省の合意を得た上で閣僚会議に提案し閣僚会議が決定する。同計画の実施・建設は、中央政府及び市の責務であるとしている。

(4) 下水道事業

地方自治法によると、下水施設の建設は市の責務である。しかしながら、地方自治体の財源は脆弱(2007年予算によると地方自治体全部の予算は中央政府予算の3%に過ぎなかったが、2008年予算では7%に増加した)である。地方自治財源法によると、独自財源として所得税及び付加価値税の3%の他固定資産税等があるが、大きな部分を占めているのは国からの補助金である。いくつかある補助金の内、運輸通信省からの投資補助金(Capital Grant)が下水施設の建設に当てられる。

スコピエ市を構成している10区は、地方自治法で定められている地方自治体であり同法に基づき、独自の下水道建設が可能である。スコピエ市の周辺区であるSaraj、Gorce Petrov、Kisela Voda区は区全域あるいはその一部において下水施設の建設を計画、設計、建設を進めている。一方、スコピエ市法によると、市全体に効果をもたらしかつ各区に分割できない事業は区でなく市が行なうとしている⁵。しかし、「分割できない」定義は明確でない。

下水を含む公営事業は市の認可により設立される。設立後の公営事業の監督は運輸通信省が行なう。下水の基準(Ordinance)等はEUの都市排水規制指令(271/91/EEC)に基づき法制化が進められている。

2. バルダル川の現況と水質改善への課題

2.1 バルダル川の現況

バルダル川は流域面積でも流路延長でもマケドニア国内で最大の河川であり、本流がギリシャを経てエーゲ海に注ぐ国際河川でもある。一部の支流が北の隣国であるセルビア、コソボから流入しており、調査対象地域内で本流に合流するLepenec川はコソボに源流を持つ河川である。本調査対象区域はバルダル川本川の約10分の1の長さに当たり、中間地点よりやや上流側に位置している。調査対象区域の上流及び中流は護岸が整備された改修河川で、低水路と高水敷が整備されている。法面は礫で、河川床は主に砂または礫である。高水敷には草や低木の植生がわずかに見

⁵ これにより10区の内、中心7区及び周辺2区Gorce Petrov、Kisela Voda区の市街地には下水道が普及している。

られる。2007年11月の時点で、河川の水面幅は約50m、最大水深は1~2mである。調査対象区域の下流は自然流路で、法面と河川床は黒色土で覆われ、水際に木などの植生が見られる。2007年11月の時点で、河川の水面幅は約35m、最大水深は約4mである。

2.2 バルダル川の流況

2.2.1 スコピエ市の降雨量

スコピエ市で雨が多いのは5月前後および12月前後で、月間50~60mmの値となる。雨が少ないのは2月と8月前後で、月間30mm前後となっている。

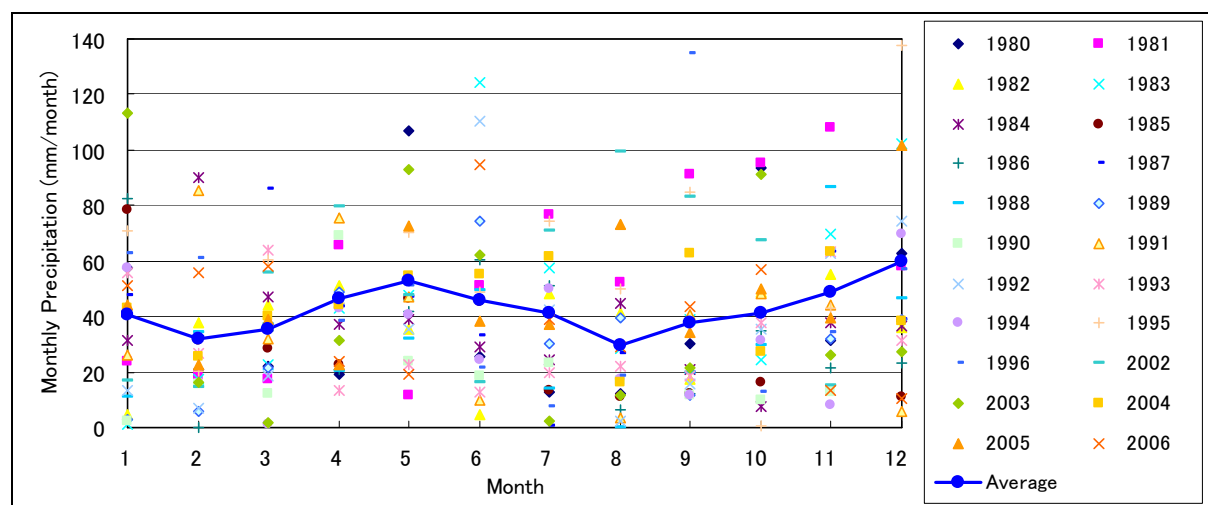


図 1.4 スコピエ市の月間降水量

2.2.2 河川流量

河川流量の変動は降雨量とよく連動しており、4月~5月に流量が増加し、8月辺りで流量が減少し、12月辺りで再度流量が増えている。汚濁解析に用いる低水流量は、バルダル川の上流で19.6m³/秒、市内中心で25.7 m³/秒、下流で29.8 m³/秒、バルダル川流入河川の河口部分では Treska 川で8.4 m³/秒、Lepenec 川で3.9 m³/秒である。

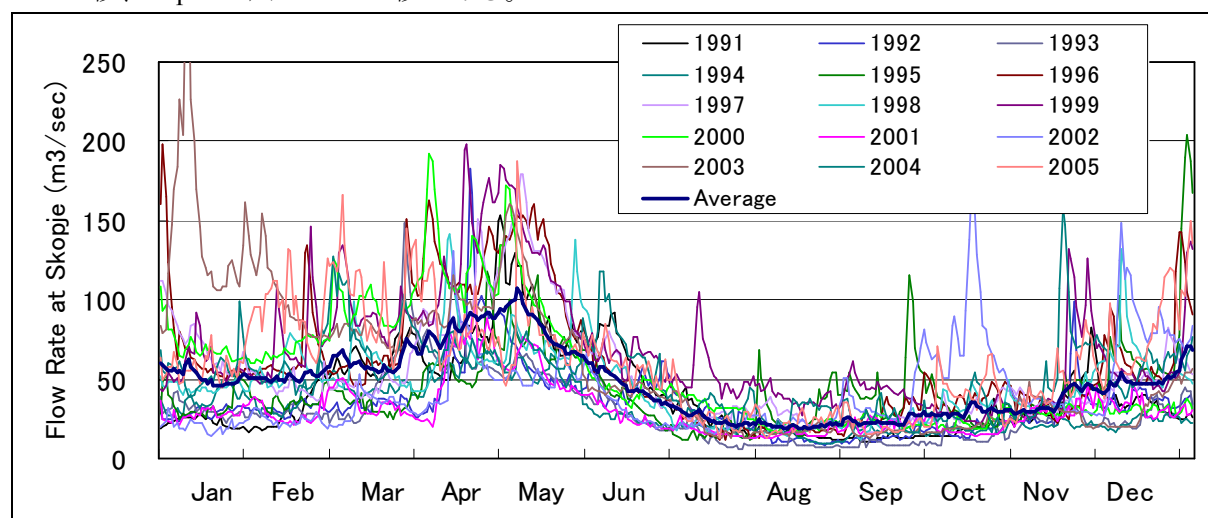


図 1.5 バルダル川中流：Skopje (Z.Most) 地点

2.3 バルダル川の水質状況

2.3.1 水質環境基準とバルダル川への類型指定状況

マケドニア国の河川に適用する水質環境基準では水質は類型 I から V に分類される。バルダル川の水質類型指定は、スコピエ市内のセルビア橋から 20m 下流にある汚水吐口付近を境に、上流側が類型 II, 下流側が類型 III である。

- 類型 I: 飲料水や食品加工に用いる事が可能なきれいな水 (貧栄養状態)
- 類型 II: そのままで水浴や漁業に用いる事が可能な、もしくはろ過などの処理で飲料水や食品加工に用いる事ができるきれいな水 (中栄養状態)
- 類型 III: 農業や工業に用いる事ができる、やや汚染された水 (やや富栄養状態)
- 類型 IV: 処理水のみが利用可能な汚染された水 (富栄養状態)
- 類型 V: 非常に汚染された水 (程度の高い富栄養状態)

BOD、SS 他主要な水質項目に関する水質環境基準を表 I.1 に記す。

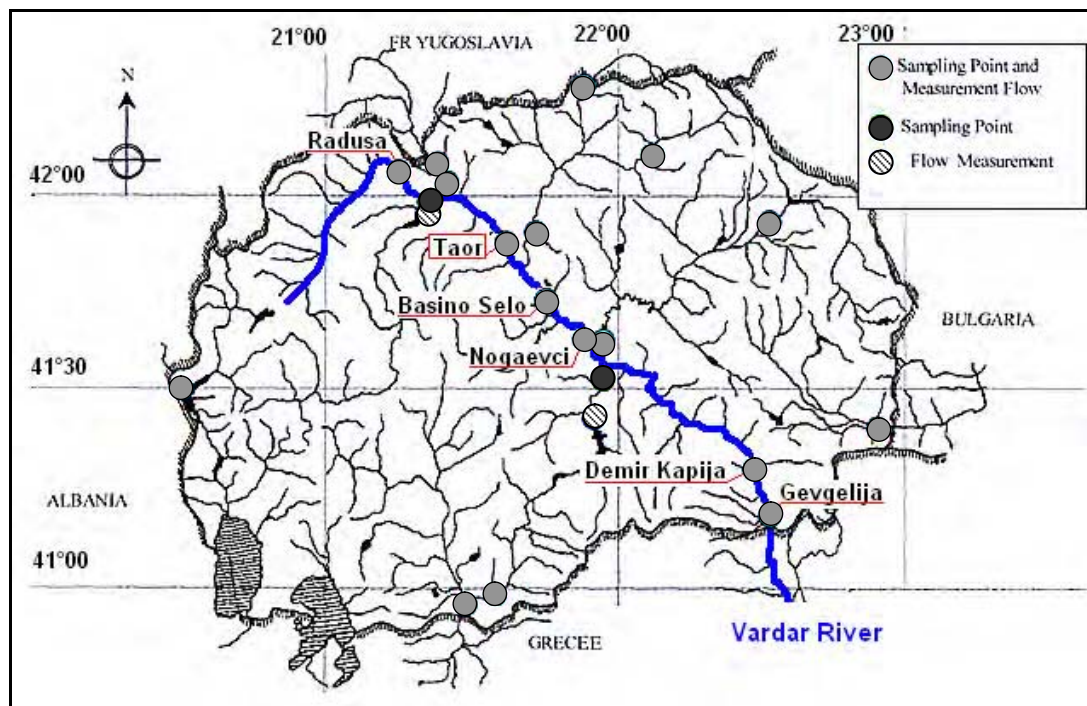
表 I.1 水質環境基準

	類型 I	類型 II	類型 III	類型 IV	類型 V
BOD (mg/l)	≤ 2.00	2.01 ~ 4.00	4.01 ~ 7.00	7.01 ~ 15	> 15
SS (mg/l)	≤ 10	10 ~ 30	30 ~ 60	60 ~ 100	> 100
シアン (μg)	1	1	100	100	> 100
亜硝酸 (μg)	10	10	500	500	> 500
6 価クロム (μg)	10	10	0	50	> 50
フェノール (μg)	1	1	50	50	> 50

出典 : Regulation for Classification of Water (Official Gazette No. 18/99)

2.3.2 バルダル川の水質状況

バルダル川の本流では、Radusa、Taor, Basino Selo、Nogaevci、Demir Kapija、Gevgelija で定期的な水質観測が実施されている。スコピエ市の近辺にある環境観測地点は、上流が Radusa、下流が Taor であり、処理場予定地から Taor までは約 15km 離れている。Taor から Gevgelija までの 2006 年水質データを見ると、Taor から Gevgelija まで通して BOD が 6~7 mg/l の類型 III 水質 (上限付近)、SS は 35~55 mg/l の類型 III 水質となっている。



出典：水文気象研究所

図 I.6 バルダル川の水質測定点

表 I.2 バルダル川の水質 (2006 年)

	指定 類型	BOD (mg/l)			SS (mg/l)		
		平均	最低	最高	平均	最低	最高
Taor	III	6.1	3.1	9.8	46.3	10.0	144.0
Basino Selo	II	6.9	4.7	9.0	42.1	8.0	180.0
Nogaevci	III	6.4	3.0	7.8	37.0	10.0	110.0
Demir Kapija	II	6.8	3.2	11.3	53.7	10.0	148.0
Gevgelija	II	6.6	3.4	10.4	50.1	8.0	120.0

注：2006年2月～12月平均値（1月は欠測）

出典：環境都市計画省

2.3.3 調査区域内の河川水質・BODの傾向

バルダル川上流～中流はおおむね BOD 2mg/l だが、一時的に 4mg/l 前後に水質が悪化する事があり、平均すると BOD 2~4 mg/l の類型 II 水質となる。バルダル川中流から下流は水質が悪化し、BOD は概ね 2mg/l ~ 7mg/l の間で推移している。住宅や工場が密集するバルダル川中流の辺りで BOD の値が上昇し、水質も類型 II から類型 III へと変化している。バルダル川上流に流入する Treska 川と Lepenec 川の BOD は、バルダル川上流の水質と同じく概ね 2~4 mg/l なので、平均すると類型 II の水質に分類される。

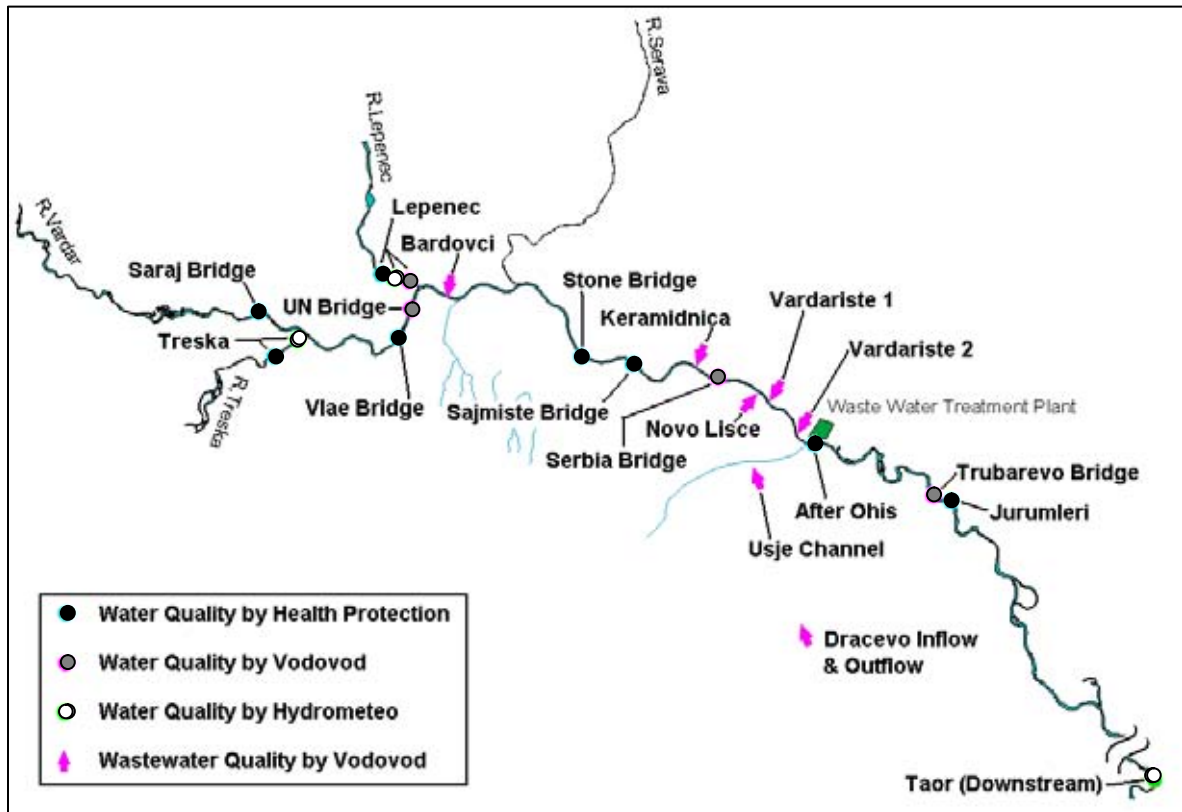


図 I.7 河川水質・汚水水質測定箇所

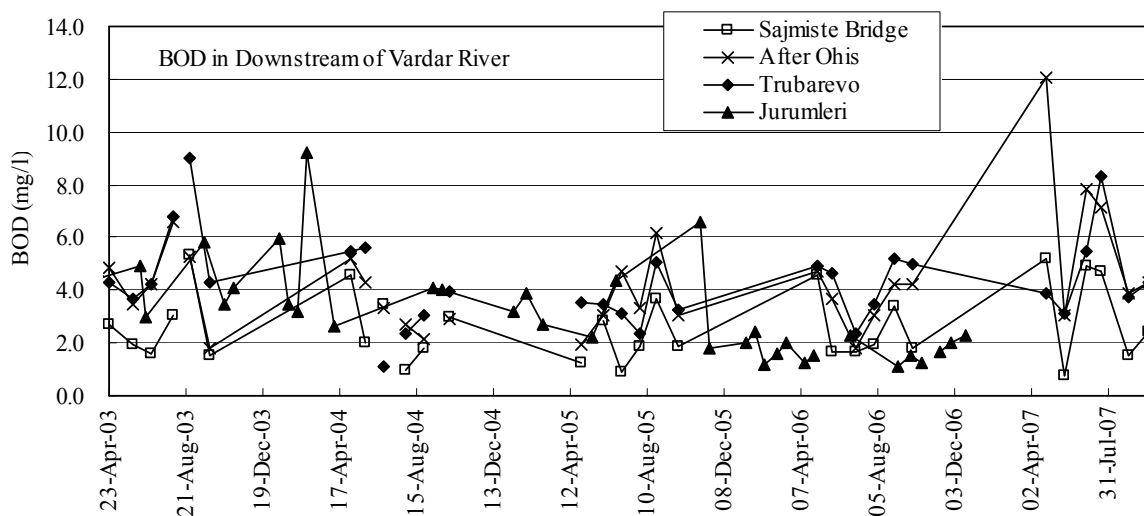


図 I.8 バルダル川下流部 (Sajmiste Bridge~Jurumleri) の BOD の推移

2.3.4 調査区域内の河川水質・SS の傾向

バルダル川上流では概ね 20 ~ 60 mg/l で推移しており、平均すると 30mg/l 程度で類型 II と類型 III の境界をやや越える程度になる。家庭や工場が密集するバルダル川の中～下流では概ね 10 ~ 100 mg/l で推移しており、平均すると 35 mg/l 前後となっている。バルダル川の上流に流入する河川に関して、Treska 川の SS は概ね 30mg/l 以下で水質は良いが、時に SS が悪化する影響で平均すると 30mg/l を超える。Lepenec 川では概ね水質が悪く、SS は 30 ~ 100 mg/l を推移している。

2.3.5 調査区域内の河川水質・その他環境項目

亜硝酸が全域で類型 III または IV となっており、また 6 価クロムとフェノールが一部で類型 III または IV となっており、類型 II の水質環境基準を満足しない。

2.4 上水道施設の現況

スコピエ市に於いては、水道普及率は 96% と高いが、有収率は 42% (2006 年) と低い。2000 年以降給水量は 1 割程度増加しているものの、有収水量は逆に減少していてスコピエ市水道事業において改善すべきものとなっている。

2.5 下水道施設の現況

2.5.1 汚水施設の現況

スコピエ市の下水道は、基本的には分流式で整備されており、汚水管は 1960 年代前半から、雨水管は 1960 年代後半から建設が開始されている。住民意識調査によると下水道普及率は約 80% であり残りは腐敗槽を使用している。下水道の満足度は、水道満足度 83.7% に比べると低く、62% であった。不満足の場合で最も高かった項目は溢水であり次いで下水の未処理であった。この理由としては雨水管の整備が汚水管に比べ低くさらに一部地域において雨水管が河川まで建設されておらず、途中で汚水管に接続されていることがあげられる。また、資金の関係で雨水管の布設が進まず住民は、屋根・宅地の雨水排水管を汚水管に繋いでいる。既存の汚水管、汚水ポンプ場の概要を表 1.3 に示す。

表 1.3 既存の下水道施設の概要

		数量
汚水管整備区域面積		6,074 ha
種別	汚水管	539,900 m
	雨水管	206,700 m
	計	746,600 m
建設時期別	1966 年以前 (老朽管)	294,500 m
	2002-2006 年 (新規拡張)	34,200 m
	その他 (1967 年-2001 年)	417,900 m
ポンプ場数		11 ケ所
種別	汚水ポンプ場	8 ケ所
	雨水ポンプ場	3 ケ所
処理場数		3 ケ所 (Saraj 2 ケ所、Dracevo 1 ケ所)

出典：スコピエ上下水道公社

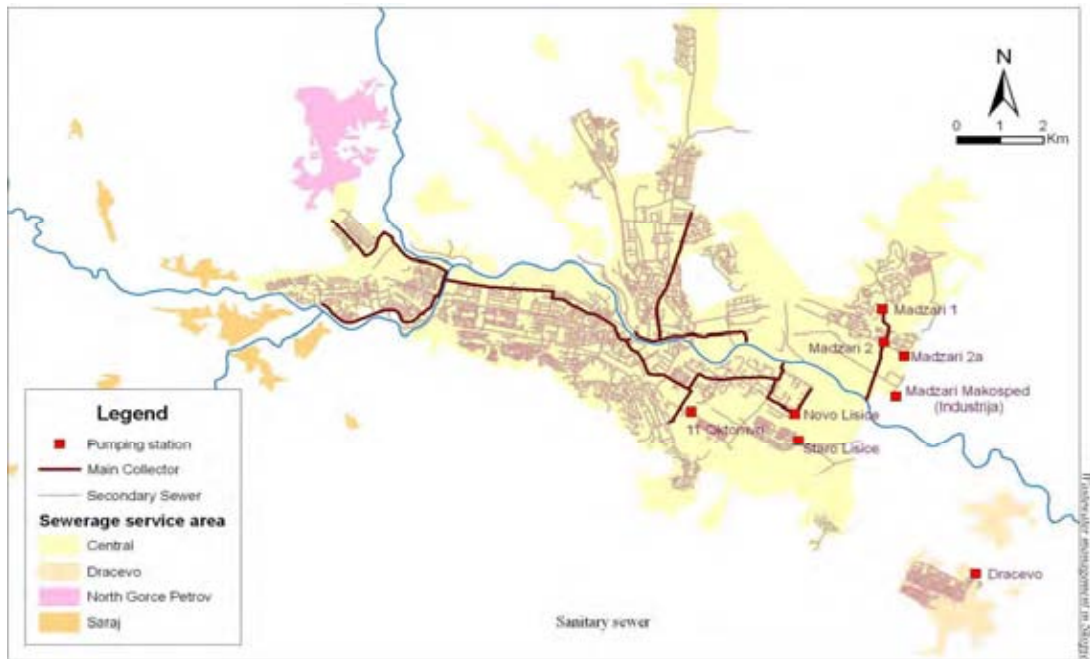


図 I.9 既存污水管網図及びポンプ場位置図

2.5.2 雨水排水施設の現況

現在、雨水管はスコピエ市全体の 25%（人口に対して）、住宅地のみ限定すると過半数の地域を雨水管網がカバーしている状況である。不足している配管網は 2020 年計画として詳細設計まで完了し、予算が付くのを待っている状況である。この建設が完了すれば、住宅地のほぼ全てに雨水管が整備される事になる。雨水管の設計には 2 年確率降雨量が利用されており、各流域の流達時間、土地利用別の流出係数、設計降雨量、管内流速などを求めて管径や勾配、レイアウトを設定している。

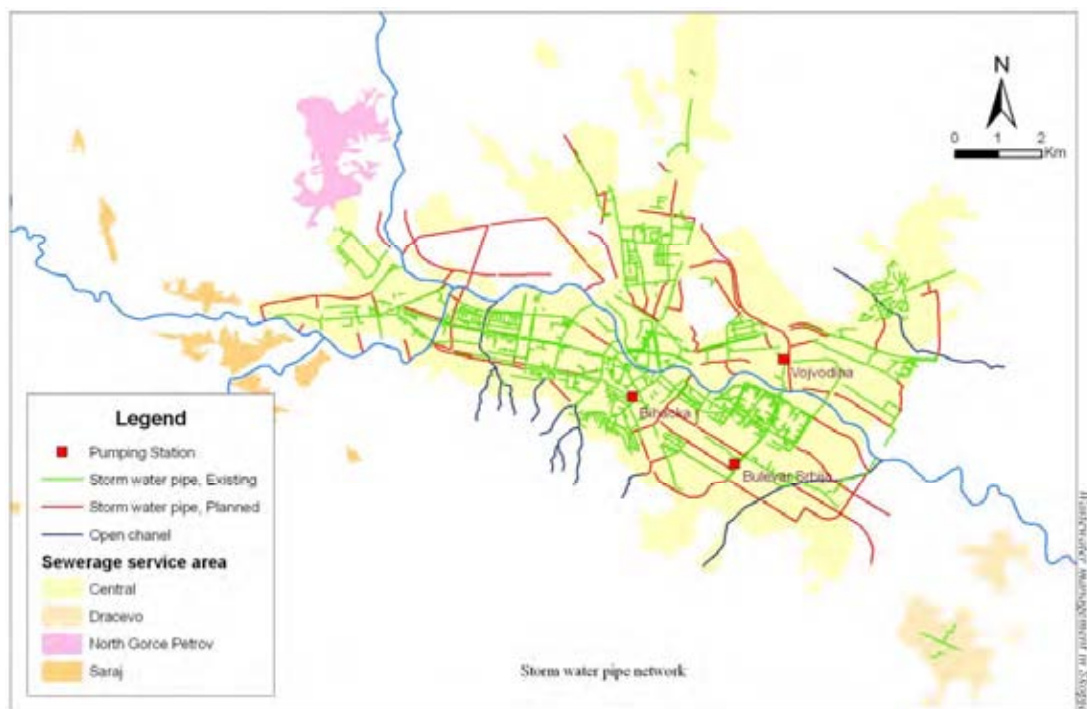


図 I.10 既存及び計画雨水管網図及びポンプ場位置図

2.6 下水道事業体の財政・組織制度面の現状

2.6.1 財務状況

2002年及び2004年には営業収支が10.0百万MKDから67.7百万MKDの黒字となっていたが、2005年及び2006年には138百万MKD及び173百万MKDの赤字を記録した。2007年2月に98%の料金値上げがあり、再び黒字へ転換した。2002年から2006年の営業収益は699百万MKDから1,219百万MKDあり、その92%は給水・下水サービス収益である。同期間の営業費用は715百万デナールから1,144百万MKDであり、そのうち最大費目は人件費であった。経理上収益、経費とも水道、下水道の区別はしていない。

スコピエ上下水道公社は一応財務諸表を作成しているが、国際標準的な基準に完全に準拠しているとは言えず、建設投資の実態や借入金の償還についての追跡は難しい。市議会に対する会計報告を手書きの表で計算しているなどは効率性や数値の信頼性に影響する。同様に各部から上がってくる予算要求一覧には経常経費も投資的経費も一緒に列記され、両者の区別がされていない。

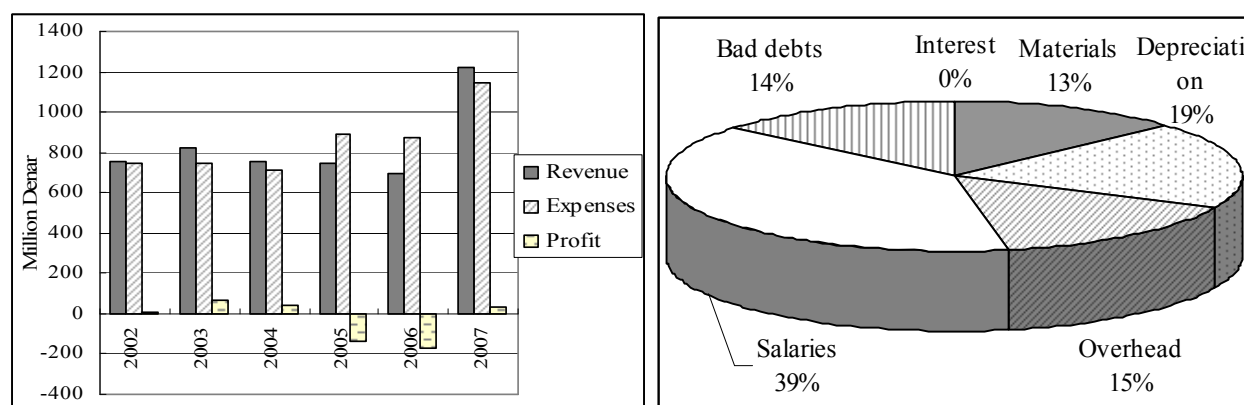


図 I.11 スコピエ上下水道公社の財政状況と支出項目

2.6.2 運営組織

スコピエ上下水道公社は職員1,120人（2008年3月末時点）を持つ独立した企業体である。その組織の長は総裁であり、下に1人の副総裁、2人の総裁補、1人の顧問を従えている。総裁は経営理事会（Management Board）及び監理（監査）理事会（Control Board）の助言を受ける。彼らが統括するのは水道部、下水道部、技術開発計画部など8部と緊急情報センターなど2センターである。（図 I.12 参照）

1) 水道部（Sector Water Supply）（職員数: 181）

事務分掌：①送配水管の維持管理、②送配水管の更新、③漏水修理、④メーター修理工場運営

2) 下水道部（Sector Sewerage）（職員数: 122）

事務分掌：①下水管きよ・雨水管きよの維持管理、②同じく修理、③家庭・企業接続下水管設置

3) 機械部（Sector Mechanical）（職員数: 111）

事務分掌：①建設・運輸重機の格納・整備・派遣、②大型機械による下水管きよ清掃、③大型機械の調達

- 4) 技術開発計画部 (Sector Technical Affairs & Development) (職員数: 40)
事務分掌: ①小規模工事の計画・設計 (大規模は市区町村が計画・設計する)、②各戸給水接続工事、③委託工事のための工費積算、④次年度工事企画書作成。
- 5) 施設運営管理部 (Sector Exploitation, Maintenance of Facilities) (職員数: 282)
事務分掌: ①取水施設、浄水 (消毒) 施設、ポンプ場 (水道・下水道) 運転維持管理、②下水処理場の運転管理 (プロジェクト完成後)、③機電施設維持管理、④構造物管理、⑤SCADA 構築運用・管理、⑥植生保全、⑦保安・消防活動
- 6) 経理財務営業部 (Sector Accounting, Finance & Commerce) (職員数: 246)
事務分掌: ①経理一般、②予算編成・同執行管理、③水道・下水道料金検針・請求・徴収、④資産管理、⑤銀行口座管理、⑥その他
- 7) 法務人事総務部 (Sector Legal, Personnel & General Affairs) (職員数: 64)
事務分掌: ①長期料金未納者の訴追、②違法接続者の訴追、③事務手続き一般管理、④労働環境管理
- 8) IT 部 (Sector IT) (職員数: 26)
事務分掌: ①運営関連情報管理、②データ処理・分析及びデータベース構築、③コミュニケーション・ネットワーク構築・運用、④データベース運用・共有環境整備
- 9) 緊急対応・情報センター (Emergency and Information Center) (職員数: 26)
事務分掌: ①緊急対応・修理、②緊急情報・苦情対応、③漏水探査、④下水管点検
- 10) 分析管理センター (Center for Sanitary Control) (職員数: 17)
事務分掌: ①水道水の安全性コントロール (水質検査)、②下水放流水質監視

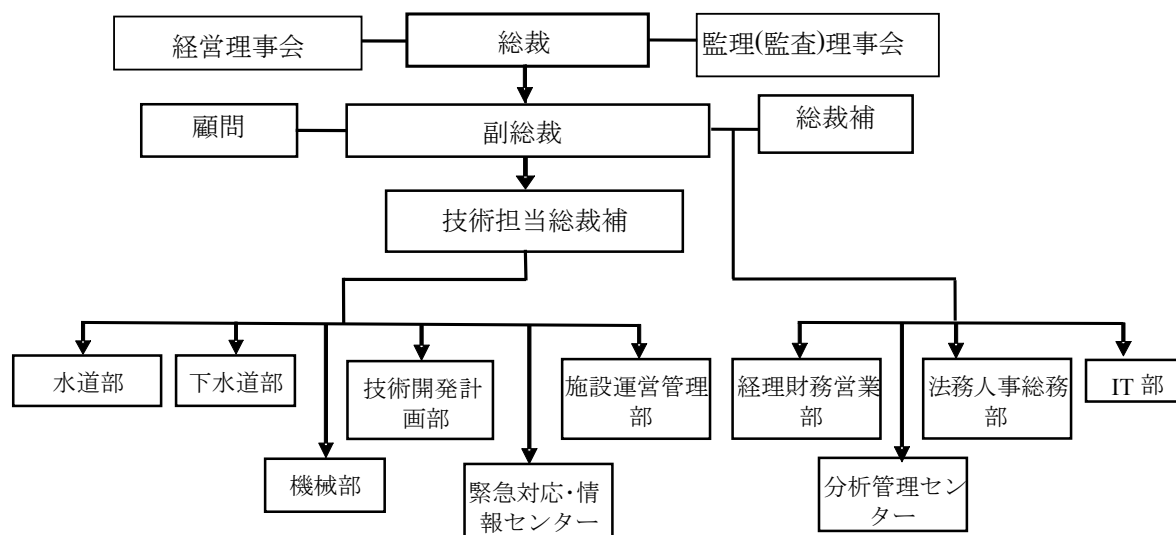


図 1.12 スコピエ上下水道公社の運営組織

2.7 工場廃水対策の現状

工場廃水関連を含む環境全般の基本法の整備は EU の支援によりなされた。関連する副次法、規則の整備も順次進められている。工場廃水に関する統合的汚染防止管理 (IPPC) 制度も実施に移され、今後の課題は実効性の確保・技術の向上である。

2.7.1 統合的汚染防止管理 (IPPC) 制度と施行状況

環境法 XII. INTEGRATED ENVIRONMENTAL PERMITS FOR OPERATION OF INSTALLATIONS WITH AN ENVIRONMENTAL IMPACT に工場自体の操業には IPPC 制度のもとでの操業許可が必要とされ、環境社会配慮制度に伴い、環境法の第 XII 条「環境へ影響を及ぼす施設の操業における環境総合許認可制度」によって EU の IPPC 指令 (Council Directive 96/61/EC) の導入に取り組むこととなっている。同指令のとおり、規模の大きい事業所または有害性の高い物質を扱う事業所はカテゴリー A として環境都市計画省が主務機関となり、またそれ以外の有害物質を取り扱う中小事業所はカテゴリー B として地方自治体が管理することとなっている。IPPC 制度は水質汚濁、大気汚染、土壌汚染の総合防止策として導入されるものであり、既存事業所に関してはその適正化計画にも基づいて操業許可が出される。新規事業の場合は EIA の段階から最適応用可能技術 (Best Available Techniques : BAT) の概念を適用した審査が進められる。

カテゴリー A に分類されている企業は業種ごとに申請がはじまり、2008 年 2 月現在全国で 71 件の申請があり、近々最初の 1 件に操業許可が与えられる。カテゴリー B の事業所は 2009 年初頭までにスコピエ市に申請することになっており、暫時事業所または施設ごとに許可 (IEP: Integrated Environmental Permission) が与えられることになる。許可取得には約 6 ヶ月要する。この間申請者は申請自体を新聞、インターネットで公表し公聴会が開かれる。なお、許可は 7 年ごとに見直される。

BAT Reference (BREF Note) (BAT 指針) によらない排出の場合は、改善計画または“Adjustment Plan (AP)”により許可を得る。これは 2014 年 4 月 1 日までの既存施設に対する暫定措置である。許可に際して、BAT との調整及び AP の財務計画・実現スケジュールが考慮される。AP の内容には、申請した各フェーズの財源、排出値、原料・水等の資源使用指標等が含まれる。

2.7.2 IPPC 制度の実行体制

(1) 審査体制

担当職員は環境都市計画省で 8 名、スコピエ市環境自然保護局で 2 名

(2) 監視体制

Inspector は環境省都市計画で年々増やし 2008 年 2 月時点で 14 名、うちスコピエ担当 5 名、スコピエ市環境自然保護局で 4 名

2.7.3 IPPC 制度の課題

IPPC 制度の課題としては以下の事項が挙げられる。

- BAT Reference (BREF Note) 代替案への対処

業種ごとに定められた BREF Note は適切な認可条件に関する指標値を示すものである。これを考慮するものの、各施設の排出限界値の設定は加盟国の規制当局に委ねられている。IPPC 制度による工場操業許可では原則 EIA が必要となり、この場合 BAT に基づくこととされている。この妥当性を検討する BAT 委員会の設置が加盟各国に義務付けられているが、マケドニアには当委員会が設置・活動している実績はないという。さらに、EU 指針と異な

る技術提案をしてきた場合、その評価に相当の労力と能力も必要とされるが、現状ではその実行能力に疑問符が付く。

- 資金援助

IPPC 制度、BAT 制度の推進には、工場に対するクリーナー・プロダクション (CP) 等の生産工程設備改善、排水・大気汚染対策装置の設置が必要となるが、それらを達成するための資金援助制度が確立していない。財政的支援策がない状況で排水 (除害) 基準遵守を厳格に適用すると、事業所のみならずマケドニア国経済にとっても障害となる可能性がある。

2.8 バルダル川の水質改善と下水処理場の位置づけ及び工場廃水管理の重要性

2.8.1 水質の現況

バルダル川の水質環境基準は市域下流域にあるセルビア橋 (汚水の右岸吐出し口がある) を境として、上流が類型 II、下流が類型 III に指定されている。類型 II は「そのまま水浴や漁業に用いる事が可能な、もしくはろ過などの処理で飲料水や食品加工に用いる事ができるきれいな水」、類型 III は「農業や工業に用いる事ができる、やや汚染された水」と定義されている。

上流域の BOD は概ね 2mg/l と基準の 4mg/l 以下であるが、一時的に基準値を超える。SS は 20～60 mg/l で推移し平均で 30 mg/l 程度であり基準値 30 mg/l を上回る日々が多い。有害物質であるシアン、亜硝酸、6 価クロム、フェノールが類型 II の基準値を超えている。

下流域の BOD は概ね 2～7 mg/l の間で推移しており基準の 7mg/l 以下であるが、一時的に基準値を超える。SS は 10～100 mg/l で推移し平均で 35mg/l 程度であり基準値 60 mg/l を上回る日々が多い。有害物質であるシアン、亜硝酸、6 価クロム、フェノールが類型 II の基準値を超え類型 III となっている。

2.8.2 下水処理場と工場廃水管理の重要性

水質汚濁解析結果 (2020 年) によれば、工場廃水規制及び下水処理 (二次処理) 場建設を行わない場合、下水道の排水口より下流で BOD が 15mg/l 以上に達すると推定される。工場廃水規制を行えば、有害物質は基準値以下に収まることが予想される。一方、BOD は 11mg/l 前後まで改善されるものの依然として基準値 (7 mg/l) を大幅に上回る。

従い、下水処理場の建設は有機物汚染改善のためには必要である。同時に、下水処理場では有害物質を処理できないため、工場廃水規制の厳格な実施が必要である。2014 年 4 月から IPPC 制度の本格運用が予定されているが、この運営に向けての対策が急がれる。工場廃水管理については Part IV で扱う。

3. 計画フレームワーク

3.1 基本計画の目標及び目標年次等

3.1.1 基本計画の目標

(1) バルダル川の水質環境基準

下水道施設計画の目標は、スコピエ市内を流下するバルダル川の水質改善を図ることにある。バルダル川の水質悪化は、住民意識調査結果で明らかにされているように、近年始まった問題ではなく長期間にわたる問題であった。同川の水質は、有機性汚濁の代表指標である BOD で表すと、市内上流部では 2~3mg/l と比較的 normal (水質環境基準類型 II) であるが、市内を下るにつれて悪化し下流部では 4mg/l を超え類型 III の水質となる。さらに、このまま生活污水の無処理放流及び工場廃水対策を施さないと 2020 年の BOD は 15mg/l 以上となり類型 IV に悪化する (水質汚濁解析結果による)。

(2) 処理場の排水基準

さらに、EU 都市排水指令では、スコピエ市の人口規模の都市に対しては二次処理施設が必要と定められている。EU 加盟候補国であるマケドニア国においても同指令をいずれ採択するものであり、これに備えて他都市 (例えば近年完成した Kumanovo、Cucer Sandevo あるいは計画中の Prilep) でも二次処理施設の建設が順次進められている。従い、基本計画では、二次処理の下水処理場の建設と下水処理場までの幹線管きよの布設を目標とする。

3.1.2 目標年次

基本計画目標年次については、99 年下水道 M/P (1999 年策定) 及びスコピエ都市計画 (2002 年策定) において、それぞれ 2020 年としている。計画策定からおおむね 20 年後を目標年次とする一般的な基準に従ったものと考えられる。

当基本計画から 2020 年までは 10 年余の期間しかないが、下水処理場の場合段階的施工で対応できることから、基本計画目標年次は 2020 年とする。ただし、下水管は下水量の増加に合わせて段階的に能力を増大させることが困難であるため、施設は長期的な見通しのうえで計画する必要がある。管きよの基本計画は、概ね 20 年後の 2030 年を目標年次とする。

3.1.3 計画区域

基本計画区域の設定は、上記の 99 年下水道 M/P と、スコピエ都市計画との整合を考慮しながら、表 I.4 に示す 4 処理区を設定する。

表 I.4 基本計画区域面積

	計画面積 (km ²)	処理区に含まれる区
中央処理区	72.8	Aerodrom, Butel, Gazi Baba, Cair, Gorce Petrov, Karpos, Kisela Voda, Centar, Suto Orizari スコピエ市外からの流入あり
Saraj 処理区	3.2	Saraj
North Gorce Petrov 処理区	7.5	Gorce Petrov
Dracevo 処理区	4.0	Aerodrom, Kisela Voda, スコピエ市外からの流入あり
合計	87.5	

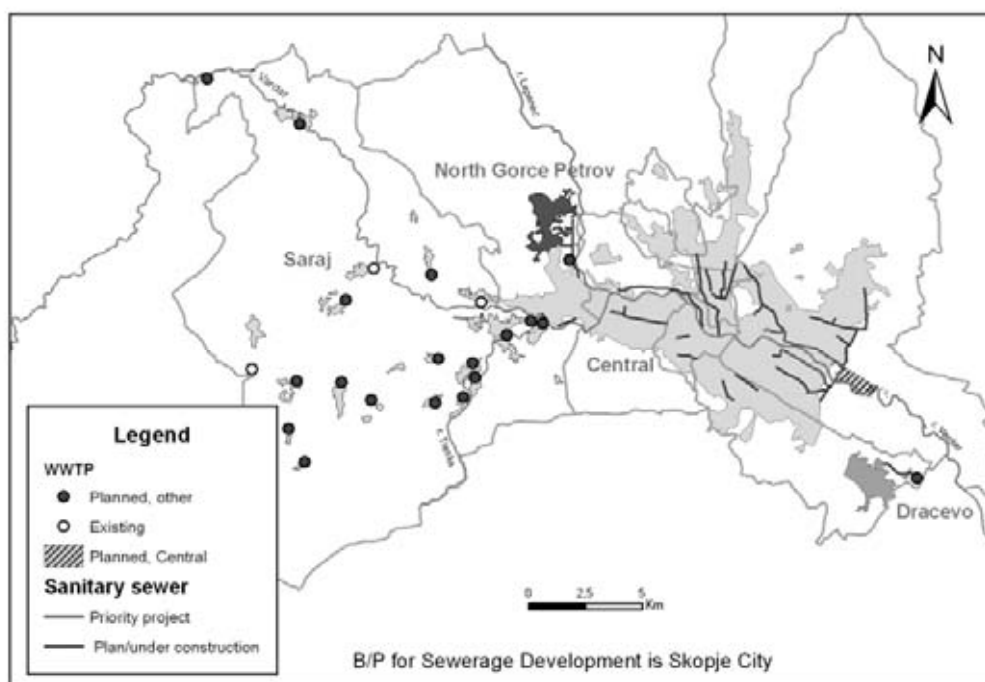


図 I.13 基本計画調査対象区域

3.1.4 雨水の取り扱い方針

排除方式は、分流式が採用され汚水管、雨水管が整備されてきた。しかしながら財政事情もあり、汚水管の整備が優先されその整備率は80%前後と高い。一方、雨水管は市全体の整備率は30%前後と低い。暫定措置として、市は雨水管を汚水管に接続しているケースが多い。汚水管は、過去に人口、原単位も大きな値及び工場排水量も多く見込んで建設されているため、ある程度の雨水を吸収できる余地がある。

本調査で計画する幹線は、基本的には雨水を含まず雨水はバルダル川に排水する。一方、EU 指令によると雨水による河川汚染対策も施すべきとの項目がある。本計画では初期降雨の一定量 (First Flush) として生活・工場排水量 135,000 m³/日の 25%程度に相当する 31,000m³/日を処理場に導き処理することとした。

3.1.5 工場廃水

工場廃水のうち、廃水量が多く有機物の少ない鉄鋼関連工場（旧コンビナート）4社と有機化学工場 OHIS では、すでに工場廃水処理設備を備えている。従い鉄鋼関連工場4社及びOHISの廃水については独自処理とする。ビール・飲料水工場（Pivara）については廃水量が多く、有機物質濃度が高く下水処理に悪影響を及ぼす恐れがあるため独自処理を提案する。この6工場以外の工場については、一定の前処理を前提に下水道に受け入れて処理をする計画とする。

3.1.6 下水処理方針

EU 指令及びこれを取り込んだ（新）水法では、2,000 人口当量以上の集落の処理場は二次処理（放流水質 BOD で 25mg/l 以下、COD125mg/l 以下、SS35 mg/l 以下）が義務付けられている。

（新）水法では、水質汚濁対策も流域単位で管理（River Basin Management）をすることになっている。有機物質に関する項目については「汚濁解析」で示すように、二次処理で十分である。一方、（新）水法で”Sensitive Area”に指定された場合は窒素、りん規制が加わるが、本計画はこれには該当しないと判断し、二次処理を提案する。

しかしながら、本計画が実施に移される頃には River Basin Management Plan が策定され、下水処理場下流域が”Sensitive Area”に指定される可能性はある。さらに、バルダル川はギリシャを経てエーゲ海に注ぐ国際河川であり、その面で窒素、りんの除去が要請される可能性もある。本計画の実施は EU のグラントである IPA 基金の財政支援を受ける予定であり、その場合 EIA に加えて本 F/S も、EU 委員会の審査を受けることになる。これに備えて、本計画ではオプションとして窒素、りん除去を考慮する。

3.1.7 処理水および汚泥の利用

処理水の再利用は、公共用水域へ排出される汚濁負荷量の総量削減や、水資源有効利用の面から、その必要性は大きい。（新）水法 117 条でも、可能な限り処理水を再利用すべきであるとしている。処理水は処理場内の洗浄水、場外での散水、雑用水などさまざまな用途があるが、現時点では確定しておらず当面は場内で使用する以外はバルダル川に放流するものとする。

汚泥は肥料としての利用が可能である。（新）水法 118 条でも、可能な限り汚泥を再利用すべきであるとしている。しかしながら、当水法では汚泥に含まれる有害物質に対する規制値が制定されていない。一方 EU 指令では、汚泥の農業利用に関して、カドミウム、銅、ニッケル、鉛、亜鉛、水銀、クロムの 7 物質の、土壤中濃度の限界値（濃度）、汚泥中の限界値（濃度）、年間施用限界値（重量）を定めて、これらを満足すれば農業利用が可能であるとしている。全量を利用できない場合には、一部あるいは全部を Drisla 処分場、あるいは汚泥の質が Drisla 処分場で受け入れられない場合には、2014 年に完成する有害廃棄物処分場⁶に処分するものとする。

⁶ 有害物質が下水汚泥に混入した場合は、廃棄物処理法（“Official Gazette of the Republic of Macedonia” No. 46/96, 12/2003, 35/2004, 52/2004 and 60/2004.”）で定められ、環境都市計画省の「廃棄物対策」に述べられている 2014 年に完成予定の有害廃棄物処分場にて処分する。なお、この有害廃棄物処分場の建設・管理は、廃棄物法 80 条に規定されており中央政府が行う。なお、これに関する F/S の具体化の話は進んでいない（2009 年 1 月末時点）。

バルダル川の水質を守り市民の健康を守るのみならず、処理水及び発生汚泥の再利用を図る面でも、処理水及び発生汚泥のモニタリングは重要である。混入が判明した場合は再発防止が重要となる。このためには混入箇所（工場）の特定、改善命令等の権限が不可欠である。この権限は既に環境都市計画省にあるが、これに加えて下水処理場サイドにも権限を付与すべきと判断する。

3.2 下水発生量

3.2.1 生活汚水量

スコピエ市全体の 2006 年人口（統計局の推計値）は 522,187 人である。人口増加率は、統計局、下水道 M/P、“全国総合水資源開発・管理計画調査”等を参考に、0.8% とし、将来人口を推定した。スコピエ下水は隣接する市外の一部もサービスエリアとしているが、それを加えた処理別計画区域内人口を表 I.5 に示す。

表 I.5 処理別計画区域内人口

	中央	Saraj	North Gorce Petrov	Dracevo	合計
2006 年	447,235	38,628	9,800	35,760	531,333
2020 年	513,570	52,500	13,200	39,900	619,170
2030 年	555,650	62,800	16,100	43,200	677,750

(人)

生活系の給水量は、2002 年から 2006 年までの間ほぼ横ばいであることから一人一日あたり生活汚水量も、最終目標年次である 2030 年まで 200 リットル/人日で変わらないものとした。水使用量から汚水量への転換率は 0.9 とし、地下水量は汚水量の 10%として汚水量を算定した。

表 I.6 処理別生活汚水量（地下水を含む）

	2006	2020	2025	2030
中央処理区				
区域内人口 (人)	447,235	513,570	534,610	555,650
生活系汚水量 (m ³ /日)	89,450	102,710	106,920	111,130
Saraj 処理区				
区域内人口 (人)	38,628	52,500	57,650	62,800
生活系汚水量 (m ³ /日)	7,730	10,500	11,530	12,560
North Gorce Petrov 処理区				
区域内人口 (人)	9,800	13,200	14,650	16,100
生活系汚水量 (m ³ /日)	1,960	2,640	2,930	3,220
Dracevo 処理区				
区域内人口 (人)	35,670	39,900	41,550	43,200
生活系汚水量 (m ³ /日)	7,130	7,980	8,310	8,640
生活系汚水量計 (m ³ /日)	106,270	123,830	129,690	135,550

3.2.2 工場廃水量

工場廃水量に関しては調査区域内の 50 工場を対象に聞き取り調査を実施した。その結果 1 日あたりの廃水量は 28,464m³ という結果が得られたが、50 工場は市内全工場の 65%に相当することか

ら、全工場の工場廃水発生量は 43,791 m³/日と計算される。一方、市内の工場のうち 6 工場（鉄鋼関連 4 社、飲料水工場 1 社、化学工場 1 社）はそれぞれ工場廃水処理施設を有しており、19,495 m³/日は下水道には受け入れない。その結果、下水道が受け入れる工場廃水量は 24,296 m³/日となる。

将来の工場廃水量は、工業成長率を 3.5%と仮定し、さらに CP などによる廃水量の削減率を勘案して算定した。

表 I.7 将来の工場廃水量

	2006 年	2007 年	2020 年	2025 年	2030 年	(m ³ /d) 備 考
工場廃水量 (m ³ /日)	233,446	24,296	38,000	45,130	53,600	2007 年=1.0、
工場廃水量の伸び率	0.965	1.000	1.564	1.860	2.206	増加率: 3.5%/年
CP による廃水量の削減率	-	-	15%	25%	35%	
CP 考慮後の工場廃水量 (m ³ /日)	23,450	24,300	32,300	33,850	34,840	

3.2.3 雨水量

雨水管整備率が低い場合汚水管には雨水が混入する。過去の降雨データから降雨強度を想定し、中央処理区全域（7,287ha）に 1 時間継続して降る雨が流出して処理場に流入する量を以下のように計算した。

降雨強度：1mm/時

対象面積：中央処理区全域は 7,287ha、この内 70%で雨水管整備がされていないと仮定して、5,101 ha とした。

流出率：0.60 とする。

$$Q = \frac{1}{360} \times C \times I \times A = \frac{1}{360} \times 0.6 \times 1.0 \text{ mm/時} \times 5,101 \text{ ha} = 8.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

従って、1 時間当たりの雨量は

$$8.50 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,600 \text{ s} = 30,600 \text{ m}^3 \approx 31,000 \text{ m}^3$$

この 31,000 m³を 1 日当たりの雨水量として流入下水量に加算する。なお、この量は目標年次まで増減は無いものとする。

3.3 処理区別計画汚水量

表 I.8 に処理区ごとの計画汚水量を示す。

表 I.8 処理区別計画汚水量

	2006	2020	2030
中央処理区			
生活汚水量	89,450	102,720	111,130
工場廃水量	23,450	32,300	34,840
雨水量	31,000	31,000	31,000
合 計	143,900	166,020	176,970
Saraj 処理区			
生活汚水量	7,730	10,500	12,560
合 計	7,730	10,500	12,560

	2006	2020	2030
North Gorce Petrov 処理区			
生活汚水量	1,960	2,640	3,220
合計	1,960	2,640	3,220
Dracevo 処理区			
生活汚水量	7,130	7,980	8,640
合計	7,130	7,980	8,640

3.4 下水の水質、汚濁負荷量

3.4.1 生活排水の汚濁負荷量

都市排水の処理に関する EU 指令 (91/271 下水処理) では、一人一日あたりの BOD 汚濁負荷量の標準値として 60g/人日を採用している。個々の都市が計画を立案するにあたり標準値を使用しがたい場合には、標準値以外の値の使用を認めている。その場合は明確な根拠を求めているものの、根拠を示すデータは得られていない。一方、2008 年に稼働を開始した Kumanovo 処理場のデータでは EU 指令の値に近い値を示している。従って本計画では 60g/人日を適用する。一方 SS に関する規定は定められていないため、工場廃水の影響を受けない Dracevo 地区のデータから 45g/人日を適用する。処理区別の生活汚水汚濁負荷量を表 I.9 に示す。

表 I.9 処理区別生活汚水の汚濁負荷量

	単位	2006 年	2020 年	2030 年
(1) 中央処理区				
処理区域内人口	人	447,235	513,570	555,650
BOD 汚濁負荷量	kg/日	13,417	30,814	33,339
SS 汚濁負荷量	kg/日	18,337	23,111	25,004
(2) Saraj 処理区				
処理区域内人口	人	38,628	52,500	62,800
BOD 汚濁負荷量	kg/日	1,159	3,150	3,768
SS 汚濁負荷量	kg/日	1,584	2,363	2,826
(3) North Gorce Petrov 処理区				
処理区域内人口	人	9,800	13,200	16,100
BOD 汚濁負荷量	kg/日	294	792	966
SS 汚濁負荷量	kg/日	402	594	725
(4) Dracevo 処理区				
処理区域内人口	人	35,670	39,900	43,200
BOD 汚濁負荷量	kg/日	1,070	2,394	2,592
SS 汚濁負荷量	kg/日	1,462	1,796	1,944

3.4.2 工場廃水の水質と汚濁負荷量 (中央処理区)

調査区域内の 50 工場を対象に実施した聞き取り調査をもとに汚濁負荷量を表 I.10 のように推定した。

表 I.10 現況工場廃水汚濁負荷量 (2007 年)

	廃水量 (m ³ /d)	水質(mg/l)		汚濁負荷量(kg/d)	
		BOD	SS	BOD	SS
聞き取り対象 50 工場	28,464	142	262	4,039	7,447

一方、前述したように 6 工場からの廃水は下水道に受け入れない。廃水量および汚濁負荷量を全

工場、下水道に接続する工場、接続しない工場の別に表 I. 11 に示す。

表 I. 11 下水道に接続する工場の汚濁負荷量 (2007 年)

	廃水量 (m ³ /d)	水質(mg/l)		汚濁負荷量(kg/d)	
		BOD	SS	BOD	SS
聞き取り対象 50 工場	28,464	142	262	4,039	7,447
下水道に接続しない 6 工場	19,495	111	219	2,165	4,263
下水道が受け入れる工場	8,969	209	355	1,875	3,184

工場廃水の水質はCPの進捗に伴い2030年に35%まで低下するものとして計算した工場廃水の水質と汚濁負荷量を表 I. 12 に示す。

表 I. 12 工場廃水の水質と汚濁負荷量 (中央処理区)

	2006 年	2007 年	2020 年	2025 年	2030 年
(1)工場廃水量 (m ³ /d)	23,450	24,300	32,300	33,850	34,840
(2) BOD 汚濁負荷量					
CP による水質低減率	0%	0%	20%	27.5%	35%
BOD 濃度(CP 考慮後) (mg/l)	209	209	167	152	136
BOD 汚濁負荷量 (kg/d)	4,901	5,079	5,399	5,145	4,732
(3) SS 汚濁負荷量					
CP による水質低減率	0%	0%	20%	27.5%	35%
SS 濃度(CP 考慮後) (mg/l)	355	355	284	257	231
SS 汚濁負荷量 (kg/d)	8,325	8,623	9,175	8,699	8,041

3.4.3 雨水の水質と汚濁負荷量

下水処理場に流入させる雨水量と BOD および SS の水質から汚濁負荷量を計算した結果を表 I. 13 に示す。

表 I. 13 雨水の水質と汚濁負荷量

	雨水量	水質	汚濁負荷量
BOD	31,000 m ³ /日	110 mg/l	3,410 kg/日
SS		400 mg/l	12,400 kg/日

3.4.4 下水処理場流入汚水量、汚濁負荷量及び流入水質

表 I. 14 に下水処理場流入汚水量、汚濁負荷量及び流入水質を示す。

表 I.14 下水処理場流入汚水量、汚濁負荷量及び流入水質

	単位	2006年	2020年	2025年	2030年
(1) 中央処理区					
下水量	m ³ /d	143,900	166,020	171,780	176,970
BOD 汚濁負荷量					
生活汚水	kg/d	13,417	30,814	32,077	33,339
工場廃水	kg/d	4,901	5,399	5,145	4,732
雨水	kg/d	3,410	3,410	3,410	3,410
汚濁負荷量計	kg/d	21,728	39,623	40,632	41,481
BOD 水質	mg/l	151	239	237	234
SS 汚濁負荷量					
生活汚水	kg/d	18,337	23,111	24,057	25,004
工場廃水	kg/d	8,325	9,175	8,699	8,041
雨水	kg/d	12,400	12,400	12,400	12,400
汚濁負荷量計	kg/d	39,062	44,686	45,156	45,445
SS 水質	mg/l	271	269	263	257
(2) Saraj 処理区					
流入汚水量	m ³ /d	7,730	10,500	11,530	12,560
BOD 汚濁負荷量	kg/d	1,159	3,150	3,459	3,768
BOD 水質	mg/l	150	225	225	225
SS 汚濁負荷量	kg/d	1,584	2,363	2,594	2,826
SS 水質	mg/l	205	225	225	225
(3) North Gorce Petrov 処理区					
流入汚水量	m ³ /d	1,960	2,640	2,930	3,220
BOD 汚濁負荷量	kg/d	294	792	879	966
BOD 水質	mg/l	150	225	225	225
SS 汚濁負荷量	kg/d	402	594	659	725
SS 水質	mg/l	205	225	225	225
(4) Dracevo 処理区					
流入汚水量	m ³ /d	7,140	7,980	8,310	8,640
BOD 汚濁負荷量	kg/d	1,070	2,394	2,493	2,592
BOD 水質	mg/l	150	225	225	225
SS 汚濁負荷量	kg/d	1,462	1,796	1,870	1,944
SS 水質	mg/l	205	225	225	225

4. バルダル川の水質汚濁解析

本調査は、スコピエ市の中心部を流れるバルダル川の水質改善が上位目標となっている。このため、下水幹線管きよの布設、下水処理場の運転、工場廃水の規制の実施によるバルダル川の水質改善効果は事業の重要な指標である。水質改善効果の評価のためバルダル川を対象に水質汚濁解析を実施する。目標年次 2020 年時点での下水道整備の状況、工場廃水対策進捗状況、下水処理レベルを想定して汚濁解析を行い、将来のバルダル川の水質を推定する。

4.1 バルダル川の現況

4.1.1 バルダル川の流況

汚濁解析は低水流量を対象に行う。流況データによれば、低水流量は概ね 7 月～8 月の流量に相当する。表 I.15 に低水（275 日）流量と濁水（355 日）流量を示す。

表 I. 15 バルダル川、Treska 川、Lepenec 川の流量

	バルダル川			Treska川	Lepenec川
	Vlae	Skopje	Taor		
低水 (275日) 流量	19.6	25.7	29.8	8.4	3.9
濁水 (355日) 流量	12.1	15.1	18.9	5.5	2.4

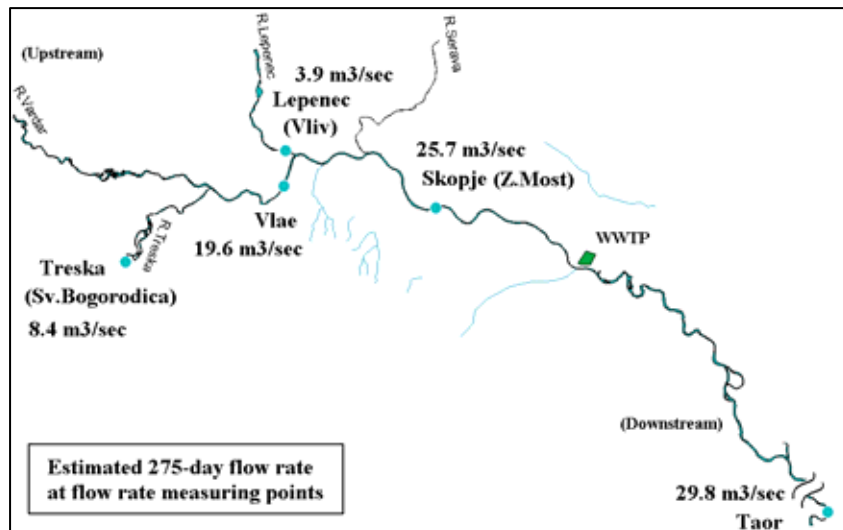


図 I. 14 バルダル川、Treska 川、Lepenec 川の流量

4.1.2 バルダル川、Treska 川、Lepenec 川の水質、汚濁負荷量

汚濁解析では境界条件としてバルダル川、Treska 川、Lepenec 川の上流での水質が必要である。現況の汚濁解析では観測値を、目標年次 (2020 年) の汚濁解析ではスコピエ市の上流部においても何らかの汚濁負荷削減対策がなされ、水質環境基準が守られていると仮定し、水質境界条件として水質環境基準値 (BOD 4.0mg/l) を用いる。表 I. 16 に水質境界条件を示す。

表 I. 16 バルダル川とその支川の水質、汚濁負荷量 (境界条件)

河川	地点	低水流量 (m³/秒)	BOD 水質 (mg/l)		汚濁負荷量 (kg/日)	
			現況(2006 年)	2020 年	現況(2006 年)	2020 年
バルダル川	Rasce	11.2	2.5	4.0	2,419	3,871
Treska 川	上流	8.4	2.3	4.0	1,669	2,903
Lepenec 川	上流	3.9	2.1	4.0	708	1,348

4.2 スコピエ市付近の汚濁負荷源の状況

汚濁負荷発生源は点源汚濁負荷と面源汚濁負荷に分けて考えることができる。

スコピエ市では下水道管は市街地の大部分で整備されているが下水処理場は設置されておらず、市内で発生する生活污水、工場廃水とも未処理のままバルダル川へ排出されている。生活污水と大規模工場以外の工場廃水は 2 ヶ所の下水道幹線排水口またはその他の小規模の排水口から、大規模工場の廃水は専用の排水口からバルダル川へ排出されている。したがって、点源汚濁負荷は次のように整理される。

- ① 下水道幹線排水口を通じてバルダル川に排出される生活污水と工場廃水
- ② 小規模排水口を通じてバルダル川に排出される生活污水と工場廃水
- ③ 工場の専用管にてバルダル川へ排出される大規模工場の廃水

面源汚濁負荷としては下水道管の未整備の地域の生活污水の汚濁負荷と自然汚濁負荷を計上する。スコピエ市の都市計画区域内には灌漑農業地区はなく、ごく一部の地域で畑作を行っている程度である。従って、この汚濁解析では農業由来の汚濁負荷は考慮しない。なお、スコピエ市都市計画区域外の上流域と下流域では灌漑農業が行われている。

- ① 自然汚濁負荷
- ② 下水道整備区域外の生活污水の汚濁負荷

4.2.1 点源汚濁負荷発生源

スコピエ市を貫流するバルダル川の両岸には大小、未使用も含めて約 50 ヶ所の汚水用、雨水用の排水口があるが、図 I. 15 に示すように、その多くは市中心部、地点 A から地点 E の区間に集中している。下水道の幹線管きよはバルダル川左岸側、右岸側に各 1 本あり、その排水口は地点 C（左岸）と地点 D（右岸）である。右岸側の排水口は汚水用の排水口としては流量が最大で、夏場の流量は 31,000 m³/日である。この他に、Arcelormittal Steel、Makstil などの鉄鋼関連会社の専用管の排水口が左岸側、地点 E にあり、その排水量は 80,700 m³/日と調査区間内で最大である。

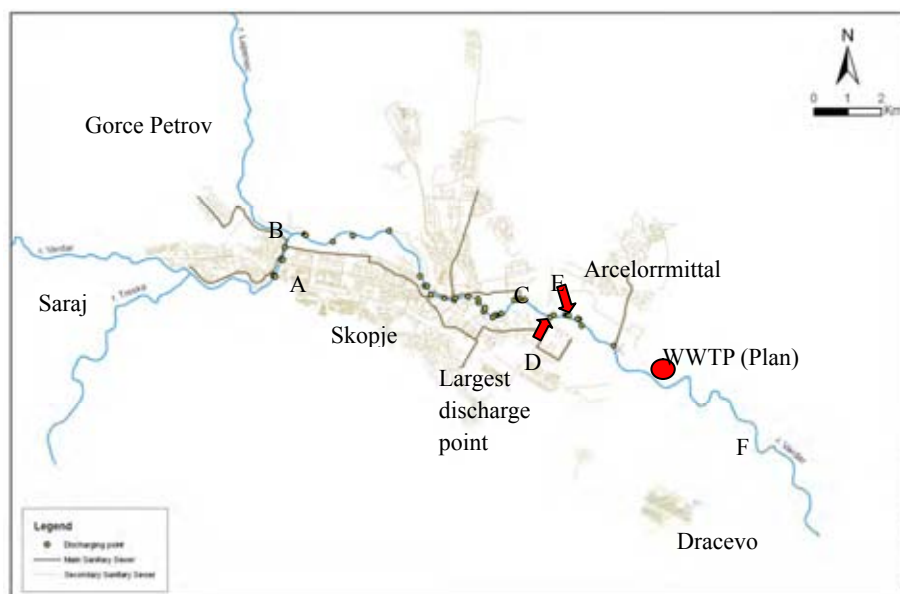


図 I. 15 生活污水および工場廃水の排水口の位置

スコピエ上下水道公社および現地再委託による汚水/工場廃水吐口の水量・水質測定（2007 年 11～12 月実施）の結果により算出した日平均の水量および BOD 汚濁負荷量を表 I. 17 に示す。スコピエ市からは汚水と工場廃水を含めて 183,623 m³/日の汚水量が直接放流されている。総排水量 183,623 m³/日の内、80,784m³/日は鉄鋼関連会社（Arcelormittal Steel, Makstil 等）からの専用管で排水されており、排水量全体に占める製鉄場の水量割合は 44%となる。この排水量は先に述べた工場廃水調査の数値とは大きく異なるが、こちらの値が信憑性が高いと判断した。さらに、汚水管

からの排水量はスコピエ上下水道公社の給水量とおおむね一致しており、散水、地下浸透、蒸発等を考慮すれば各吐き口からの日平均汚水量を正確に把握していると判断できる。

表 I.17 バルダル川低水量時の発生汚水量および発生負荷量（計測値）

	日平均汚水量	BOD 発生負荷量
汚水/工場廃水の混合（污水管）	102,839 m ³ /日	9,322 kg/日
工場廃水（鉄鋼関連専用管）	80,784 m ³ /日	4,847 kg/日
合 計	183,623 m ³ /日	14,169 kg/日

注：上記排水量は主要吐き口調査（Appendix I.10.2 参照）に基づくもので、多くの吐き口（Appendix I.2.7 参照）から排出される排水量は含まれていない。

表 I.18 スコピエ上下水道公社による年平均給水量（2006 年）

	日平均給水量	備 考
上水道	111,000 m ³ /日	総給水量
大規模工業用水（Rasce）	78,000 m ³ /日	鉄鋼関連工場専用
合 計	189,000 m ³ /日	

出典：スコピエ上下水道公社年報（ただし、大規模工業用水は公社の管轄外（工場独自の水源）である）

4.2.2 面源汚濁負荷発生源

面源汚濁負荷としては、自然汚濁負荷に下水道計画区域外で発生する生活污水の汚濁負荷を計上する。スコピエ市の大半は市街地が形成されており、周辺の一部が下水道計画区域に含まれない。下水道整備区域外の人口は 2020 年で 15,800 人、その発生汚濁負荷量は 948 kg/日である。これに自然汚濁負荷量 178 kg/日（単位面源負荷量 0.5kg/km²・日に流域面積 355 km² 乗じたもの）を加えると、面源汚濁負荷の合計は 1,126 kg/日である。

表 I.19 面源汚濁負荷量

	(kg/日)	
	2006 年	2020 年
自然汚濁負荷	178	178
生活污水の汚濁負荷	423	948
合計	601	1,126

4.3 汚濁解析モデルの概要

バルダル川へ排出される汚濁負荷の削減を目的とする、工場廃水規制、下水処理場の建設の効果を推定するため汚濁解析を行う。スコピエ市付近におけるバルダル川の水質状況を推定するため、スコピエ市の上流の Rasce から下流の水質測定点（Toar）の間、約 40.6 km を解析の対象とした。解析の対象水質項目は BOD とした。表 I.20 に汚濁解析で考慮する汚濁量の一覧を示す。

表 I.20 汚濁負荷源の一覧

	種別	汚濁負荷源	下流端から距離 (km)	備考
1	河川	バルダル川、上流からの汚濁	40.60	調査区域外から流入する汚濁、Rasce 地点
2 a	河川	Treska 川の汚濁	32.99	調査区域外から流入する汚濁
2 b	点源汚濁	Saraj 処理区の汚濁		Treska 川に流入後、バルダル川へ流入
3		中央処理区の汚濁	32.99 ~ 18.93	左記の区間に位置するバルダル川両岸の排水口
4 a	河川	Lepenec River 川の汚濁	28.46	調査区域外から流入する汚濁
4 b	点源汚濁	North Gorce Petrov 処理区の汚濁		Lepenec 川に流入後、バルダル川へ流入
5		中央処理区(左岸側)の汚濁	19.89	左岸側の最大の排水口
6		工場廃水(Pivara) の汚濁		下水道に接続しない工場
7		中央処理区(右岸側)の汚濁	18.93	右岸側の最大の排水口
8		鉄鋼関連 4 工場の工場廃水の汚濁	18.47	下水道に接続しない工場
9		工場廃水(Ohis)の汚濁	15.86	下水道に接続しない工場
10		中央下水処理場の汚濁	15.51	
11		Dracevo 処理区の汚濁	5.64	
12	面源汚濁	人為汚濁	40.60 ~ 0.00	
13		自然汚濁	40.60 ~ 0.00	

注: 表の番号は図 I.16 に記す番号に対応

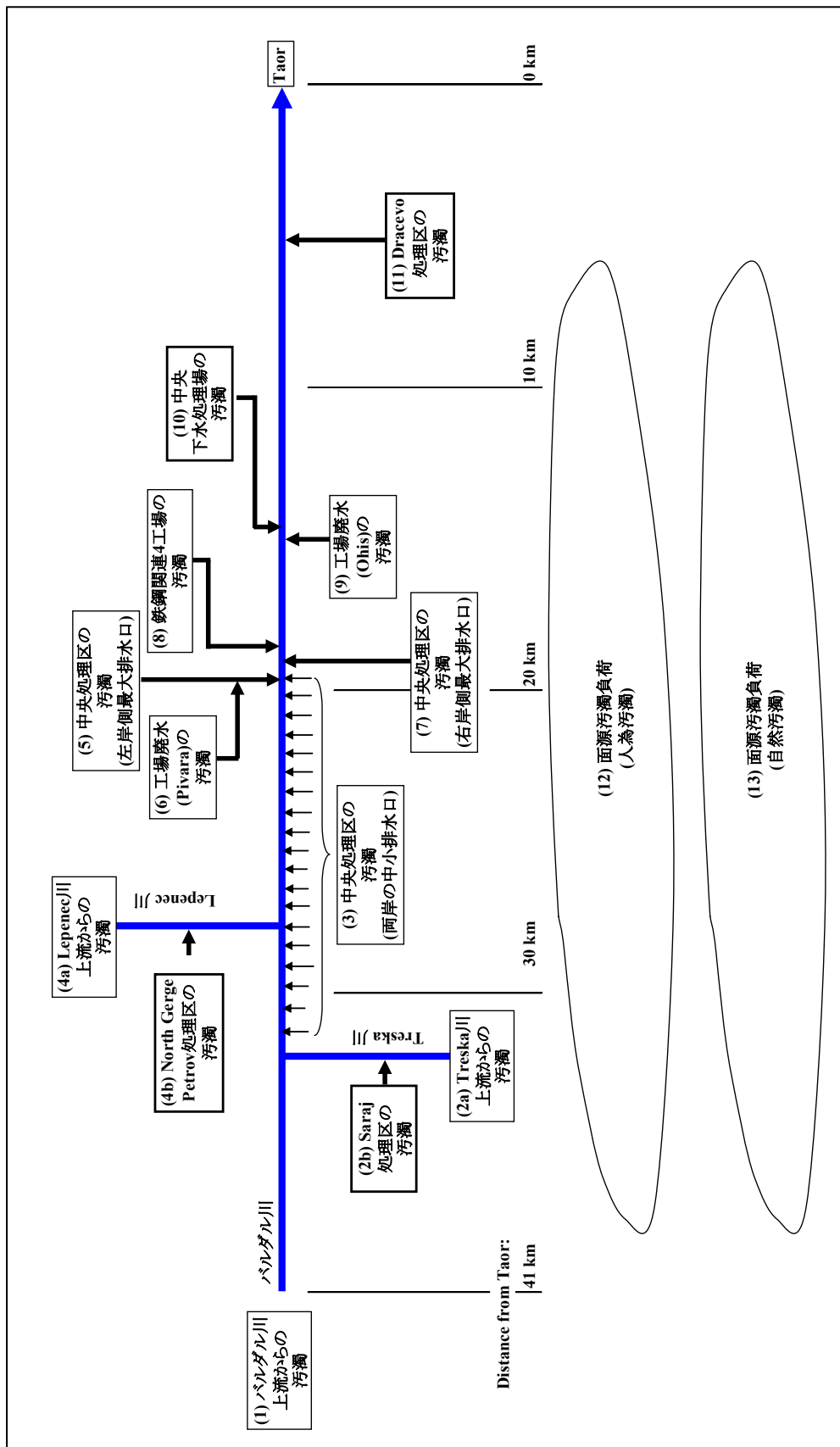


図 I.16 汚濁解析河川モデル図

4.4 目標年次における発生汚濁負荷量

4.4.1 目標年次における汚濁削減のシナリオ

本調査では、将来予定される汚濁削減対策の効果の検証を目的として、表 I. 21 に示す現況と 2020 年に関する 5 つのケースについて汚濁解析を行う。Case-1 は汚濁削減対策を実施しない場合の水質状況を、Case-2～Case-5 は各種の汚濁削減対策を実施した場合の 2020 年の水質状況を解析するものである。

表 I. 21 目標年次における汚濁削減のシナリオ

	タイトル	工場排水規制	下水処理場の稼働		汚濁削減対策内容
			中央下水処理場	その他の処理場	
	現況 (2006 年)	規制なし	なし	なし	現況
	目標年次 (2020 年)				
Case-1	汚濁削減対策なし	規制なし	なし	なし	汚濁削減対策を実施しない
Case-2	工場排水規制あり	全工場	なし	なし	下水処理場を設置しない、全工場に対し排水規制を実施
Case-3	中央下水処理場で一次処理	6 工場	一次処理	なし	大規模 6 工場以外の工場廃水は下水道へ中央下水処理場で一次処理 大規模 6 工場を対象に排水規制を実施
Case-4	中央下水処理場で二次処理	6 工場	二次処理	なし	大規模 6 工場以外の工場廃水は下水道へ中央下水処理場で二次処理 大規模 6 工場を対象に排水規制を実施
Case-5	全下水処理場で二次処理	6 工場	二次処理	二次処理	大規模 6 工場以外の工場廃水は下水道へ中央下水処理場とその他の処理場で二次処理 大規模 6 工場を対象に排水規制を実施

注意:

- (1) その他の処理場とは、Saraj 処理区の村落の処理場、North Gorce Petrov 下水処理場、Dracevo 下水処理場
- (2) 工場排水規制時の工場廃水の水質は BOD 25mg/l
- (3) 中央下水処理場で、一次処理水質は BOD 40%除去として、 $239 \times (1-0.4) = 143 \text{ mg/l}$
- (4) 全ての下水処理場で、二次処理水質は EU 指令の BOD 25mg/l

4.4.2 ケース別の発生汚濁負荷量

検討ケース別の発生源別の汚濁負荷量を表 I. 22 及び図 I. 17 に示す。目標年次の 2020 年の発生汚濁負荷量は汚濁削減対策を実施しない場合、現況の 2006 年に比較して発生汚濁負荷量は約 2 倍になると推定される。これに対し、工場排水規制や下水処理場の設置による汚濁削減対策の実施は、汚濁削減対策を実施しない場合に比較して約 22～86%の削減となる。

表 I.22 ケース別の発生汚濁負荷量総括表

(BOD-kg/日)

	現況 (2006年)	目標年次 (2020年)				
		Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5
汚濁削減対策 (BOD)						
工場排水規制	なし	なし	あり (25 mg/l)	あり (25 mg/l)	あり (25 mg/l)	あり (25 mg/l)
中央下水処理場	-	-	-	一次処理 (143 mg/l)	二次処理 (25 mg/l)	二次処理 (25 mg/l)
他の下水処理場	-	-	-	-	-	二次処理 (25 mg/l)
排出汚濁負荷量						
点源汚濁負荷						
生活污水	15,939	37,150	37,150	6,336	6,336	0
工場廃水	11,155	15,068	2,653	1,845	1,845	1,845
下水処理場	0	0	0	19,307	3,375	3,904
小計	27,094	52,218	39,803	27,488	11,556	5,749
面源汚濁負荷						
生活污水	423	948	948	948	948	948
自然汚濁	178	178	178	178	178	178
小計	601	1,126	1,126	1,126	1,126	1,126
合計	27,695	53,344	40,929	28,614	12,682	6,875
汚濁負荷削減率	-	1.00	0.77	0.54	0.24	0.13

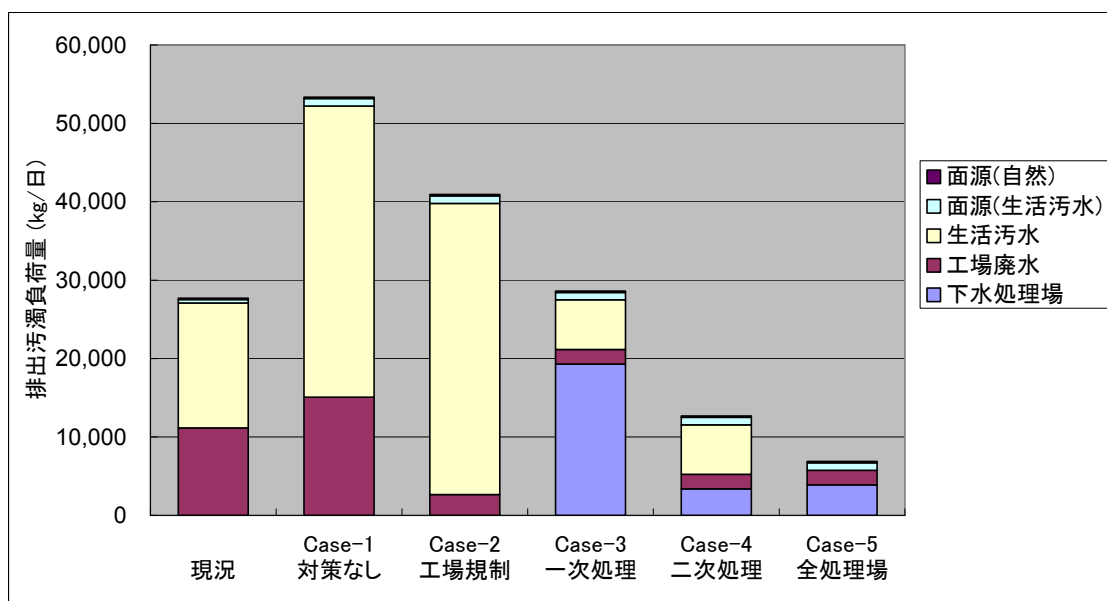


図 I.17 ケース別の発生汚濁負荷量総括表

4.5 汚濁解析結果

表 I.23 に水質汚濁解析結果を示す。数値は各ケースにおける主な汚濁負荷のバルダル川への排出点における BOD 濃度を表している。網掛けの背景は計算された水質が水質環境基準（類型 II または III）を上回る箇所を表す。

表 I.23 水質汚濁解析結果 (BOD, 2020 年)

	起点 Rasce	主な汚濁負荷の排出点							終点 Taor
		Treska 川	Lepenec 川	下水 左岸	下水 右岸	鉄鋼	処理場	Dracevo	
現況	2.5	2.6	2.5	5.7	7.9	9.7	9.3	7.1	5.8
Case-1	4.0	4.1	4.1	10.3	14.8	16.3	15.6	12.4	11.0
Case-2	4.0	4.1	4.1	8.2	11.6	11.9	11.5	8.8	7.5
Case-3	4.0	4.1	3.8	3.0	3.0	3.6	11.3	8.4	7.0
Case-4	4.0	4.1	3.8	3.0	3.0	3.6	4.6	3.4	2.8
Case-5	4.0	3.7	3.5	2.8	2.7	3.4	4.4	3.2	2.5
水質環境 基準	類型 II				類型 III				
	4				7				

注) 背景網掛けは水質環境基準を満足しない Case・地点

	タイトル	工場排水 規制	下水処理場の稼働	
			中央処理場	その他
	現況 (2006 年)	規制なし	なし	なし
Case-1	汚濁削減対策なし	規制なし	なし	なし
Case-2	工場排水規制あり	全工場	なし	なし
Case-3	中央下水処理場で一次処理	6 工場	一次処理	なし
Case-4	中央下水処理場で二次処理	6 工場	二次処理	なし
Case-5	全下水処理場で二次処理	6 工場	二次処理	二次処理

汚濁解析結果によれば目標年次 2020 年におけるバルダル川の水質状況は次のとおりである。

- (1) 汚濁削減対策なし (Case-1) の場合、調査区間 (Rasce から Taor) 全域で水質環境基準を満足しない。
- (2) 工場排水規制のみ実施する場合 (Case-2) も、水質が全体的に下がるが全域で水質環境基準を満足しないのは同じである。
- (3) 工場排水規制に加えて中央下水処理場で一次処理をする場合 (Case-3)、バルダル川への未処理下水の排出がなくなるため、中央下水処理場の処理水放流点まで水質は良好である。ただし、処理水放流点より下流では水質環境基準を満足しない。一次処理では処理が不十分である。
- (4) 中央下水処理場のみで二次処理をする場合 (Case-4)、Treska 川の合流点付近を除き水質環境基準を満足する。
- (5) 全処理場で二次処理をする場合 (Case-5)、調査区間 (Rasce から Taor) 全域で水質環境基準を満足する。

最終的に、水質環境基準達成および EU の定める放流水質環境基準を満たすためにはすべての下水処理場の二次処理と工場廃水管理が必要不可欠と結論づけられる。

4.6 汚濁解析結果(濁水流量時)

前節まで日本での基準すなわち低水流量時の汚濁解析を行い、「すべての下水処理場の二次処理と

工場廃水管理」を行えば水質環境基準が守られることを示した。本節では、渇水流量時の水質がいかほどになるかを推定した。マケドニア国での流量時に水質環境基準が守られれば良いかとの指針はない。今後マケドニア国が採用するであろう EU 指針でも明示されていない。下水処理水の指令 (91/271/EEC) で、処理水水質を毎日サンプリングして 340 回以上は基準が守られるべきと規定している。仮にこの基準が河川の環境基準に適用できるとして、渇水流量 (355 日流量) を想定した汚濁解析を行った。

- (1) 渇水時においても「Case-5: 全下水処理場で二次処理」を行えば、低水時より若干悪化するものの、類型 III の区間において環境基準は達成できる。
- (2) 「Case-5: 全下水処理場で二次処理」を行っても類型 II の区間で環境基準は達成できない。これは上流端の水質を BOD 6.8mg/l と仮定したことによる。ただし、上流端の水質が渇水時においても環境基準類型 II に相当する BOD 4mg/l 以下であれば、類型 II の区間においても環境基準は達成できると考えられる。

5. 周辺処理区設定に関する検討

1999 年の下水道 M/P では、スコピエ市内をスコピエ市中央部、Saraj、Novo Selo (現 North Gorce Petrov)、Dracevo (Kisela Voda 区の一部) の 4 処理区に分け、前 3 処理区は独立処理区とし、Dracevo は中央処理区に合区することを提案していた。

この提案に基づき、Saraj 区は「Saraj 下水道計画調査フィージビリティスタディ」を策定し、一部集落については 2008 年に実施設計を行なった。North Gorce Petrov 処理区については 2006 年から幹線の建設を進め 2008 年には完成予定である。ただし、処理場の建設計画は未定である。Dracevo 処理区では、99 年下水道 M/P の提案と異なり独立処理区案を採用し、これに基づき実施設計を完成させた。ここでは、これら 3 処理区の整備計画について技術面、環境・政策面からレビューする。

5.1 事業の進捗状況

なお、本章は 2008 年 2 月時点でまとめている。しかし、その後周辺 3 区の下水処理が進捗し、2008 年 10 月 3 日の S/C において、マケドニア側は下記を表明した。

1. Saraj 処理区の優先区域の下水道及び North Gorce Petrov 下水処理場が 2009 年度 (同年 1 月 1 日～同年 12 月 31 日) 政府予算に含まれる。
2. 右岸及び左岸幹線も 2009 年度政府予算に含まれる。
3. ただし、F/S は右岸及び左岸幹線をも対象として行う (同時点では政府予算は国会で承認されていないため)。
4. 主務官庁は運輸通信省と環境都市計画省の共管である。

なお、Dracevo 区の政治的混乱が続いているため、同処理場は 2009 年度予算に計上されなかった

という情報もある。

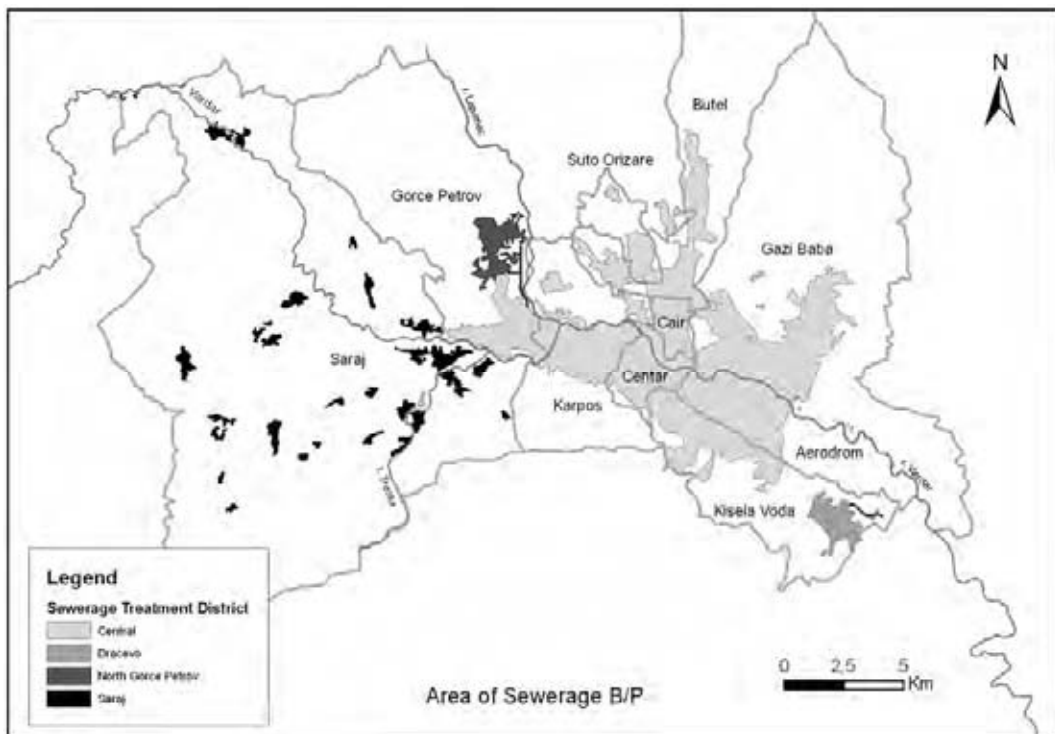


図 I. 18 処理区的位置図

5.2 Saraj 処理区

5.2.1 Saraj 区による下水道計画の概要

Saraj 区を対象としたフィージビリティスタディ (F/S)、および予備的实施設計 (Preliminary D/D) が、ノルウェーの資金を用いて実施され、2007 年 11 月に F/S を取りまとめた報告書が提出されている。予備的实施設計に関しては 2008 年に完了する予定である。表 I. 24 にこの F/S による設計諸元、および、当計画で設定したフレームを示す。

表 I. 24 Saraj 処理区下水道計画の諸元

		計画諸元	
		Saraj 区による F/S	当計画
目標年次	管きよ	2035 年	2030 年
	下水処理場	2025 年	2020 年
人口当量			
	生活污水	56,721 人	52,500 人
	工場廃水	5,672 人	0 人
	合計	62,393 人	52,500 人
	生活污水量原単位	210 lpcd	200 lpcd
	計画汚水量	13,100 m ³ /d	10,500 m ³ /d
	汚水処理レベル	二次処理(生物処理)	---
	汚水処理プロセス	好気性生物処理方式 (Bio-aeration pools)	---

出典: Saraj 下水道計画調査 F/S

Saraj 区が実施した F/S では、集落毎に設ける小型下水処理場を設置する案を 2 案と集落を集約した大型下水処理場を設置する案 1 案を比較検討している。その結果、幹線管きょが不要な小型下水処理場（処理レベル：二次処理）を 17 ヶ所で建設する案が最も経済的であるとの結論を得て、優先順位の高い Treska 川沿いの集落 6 ヶ所を選定し予備的实施設計を実施している。

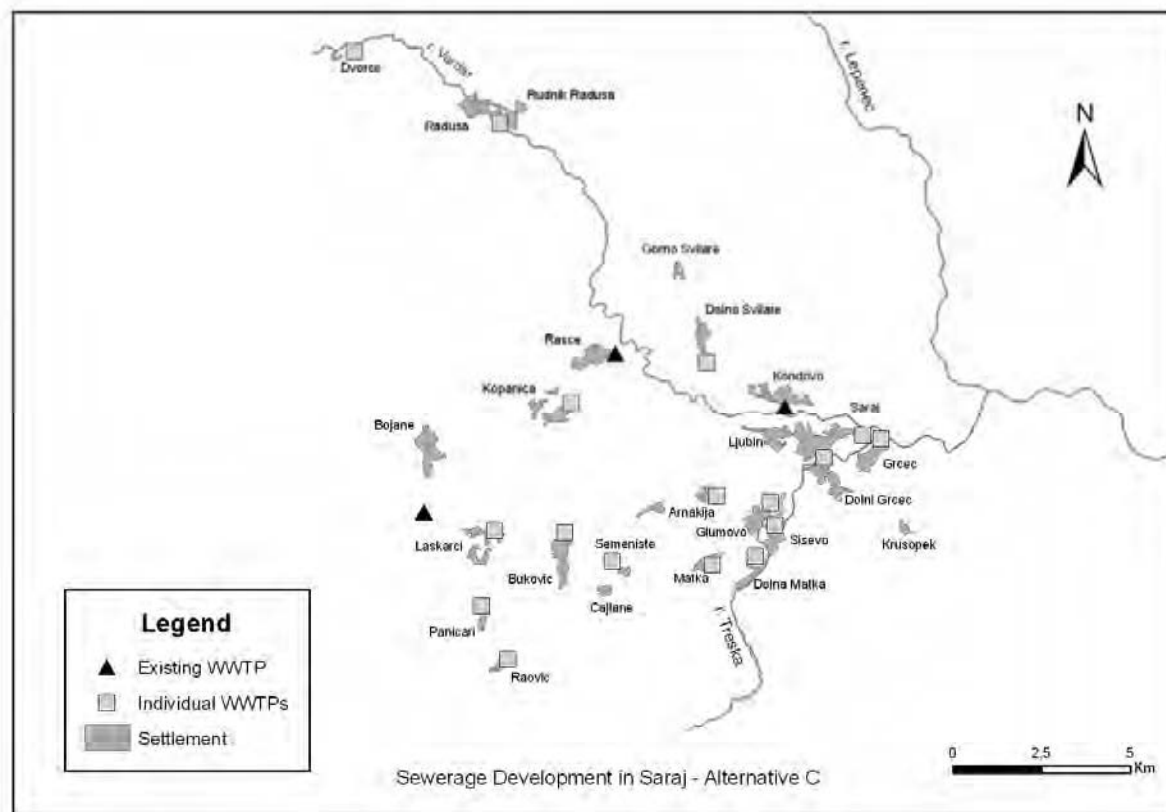


図 1.19 Saraj 区下水道整備計画案

5.2.2 Saraj 処理区の併合分離に関する本調査の方針

Saraj 区独自に下水道事業を進めるには技術的には克服すべき課題はあるが、既に完成した下水処理場があり、新たな下水処理場の設計も進んでいる。また、Saraj 処理区を中央処理区と併合するには幹線のバルダル川横断工事ともなう建設費が新たに発生する。これらのことから、Saraj 区の計画に従い Saraj 区内で独立した処理することが妥当と判断する。

5.3 North Gorce Petrov 処理区

5.3.1 概要

Gorce Petrov 区の南部は市中央部に連なる市街を形成しており、既に中央処理区の一部として下水道整備がなされている。一方、区北部にあたる North Gorce Petrov 処理区（旧 Novo Selo）については、幹線管きょの布設工事（管径：600mm、延長:2.5km）を行っており 2008 年に完成の予定である。枝線の布設は今後の事業であるが、事業費の一部は住民から受益者負担金をあてる計画であり、徴収に関して住民の了解を得ている。下水処理場の建設については、建設予定地を決定し、用地の取得に関し地主と交渉中であるが了解が得られない場合は提訴を辞さない、区当局は強

気であり、自主的に事業を進める姿勢を見せている。ただし、今のところ下水処理場建設資金の用途は立っておらず、処理方式等の仕様も決まっていない。表 I. 25 に計画の諸元を示す。

表 I. 25 North Gorce Petrov 処理区下水道計画の諸元

		計画諸元	
		Gorce Petrov 区の計画	当計画
目標年次	管きよ	2030 年	2030 年
	下水処理場		2020 年
計画人口		16,000 人	13,200 人 (2020 年) 16,100 人 (2030 年)
生活汚水量原単位		688 lpcd	200 lpcd
計画汚水量			
生活汚水		11,000 m ³ /d	2,640 m ³ /d (2020 年) 3,220 m ³ /d (2030 年)
工場廃水		6,000 m ³ /d	0 m ³ /d
合計		17,000 m ³ /d	2,640 m ³ /d (2020 年) 3,220 m ³ /d (2030 年)
汚水処理レベル		未定	---
汚水処理プロセス		未定	---
事業費(幹線管きよのみ)		MKD 21,800,000 (約 0.4 百万ユーロ)	---

5.3.2 本調査における技術的レビュー

Gorce Petrov 区の場合は、North Gorce Petrov 処理区を中央処理区とは分離し下水処理場を設置するものである。しかし、North Gorce Petrov 処理区は中央処理区に近接しており、中央処理区に統合する案も代替案として検討に値する。

表 I.25 に示した区の計画の諸元では、生活汚水量原単位を 688 lpcd としており、計画人口 16,000 人に対して計画汚水量は工場廃水量を含め 17,000 m³/d である。一方、当計画では、スコピエ市全域の水道水消費量をもとに生活汚水量原単位を 200 lpcd としており、この値を用いると計画人口 16,100 人に対して計画汚水量は 3,220 m³/d (2030 年) となる。この計画汚水量 3,220 m³/d を用いて North Gorce Petrov 処理区を中央処理区に統合する案を検討した。

統合する場合は、North Gorce Petrov 処理場予定地から南へ約 1.5km の地点を通っている Gorce Petrov 区南部地区のための幹線管きよ (管径 900mm) を利用する。この既設幹線 (管径 900 mm) の流下能力 (0.382 m³/s) は中央処理区 (Gorce Petrov 区南部地区) と North Gorce Petrov 処理区の汚水量の合計 (0.326 m³/s) に対して十分である。さらに、接続点から下流、中央下水処理場までの幹線管きよの流下能力も十分である。従って、North Gorce Petrov 下水処理場から既設幹線管きよまでの連絡管の必要延長は約 1.5 km である。

検討の結果、分離案が建設費、維持管理費ともに統合案より高く、経済性では統合案が有利である。

5.3.3 本調査における方針

経済性と維持管理の確実性の面では統合案が有利であるが、既に下水処理場の用地取得の手続きが進んでいること、事業費の分担に関する合意がなされていること、環境面から早期の稼働が求

められていることを考慮すると、North Gorce Petrov 処理区を中央処理区には統合せず、区の計画のとおり各下水処理場で処理することもやむを得ないものと判断する。

また、区の説明によると、North Gorce Petrov 処理区の北側にバイパス道路（国の東西幹線の一部）が完成し、バイパス道路までの農地や空き地を整備し、50,000 人規模の宅地造成を計画している。この計画は、改定予定であるスコピエ市の都市計画でも採択される予定である。この宅地造成計画を考慮すると、中央処理区の今回計画する部分の幹線管きよの管径にも影響する上、既存の幹線管きよの流下能力の増強（増補幹線の布設）が必要となる。この点からも、North Gorce Petrov 処理区を中央処理区と別にする計画が適当である。

5.4 Dracevo 処理区

5.4.1 概要

Dracevo 処理区は、スコピエ市内の Aerodrom 区と Kisela Voda 区のほか、スコピエ市外の Studenicani, Morani, Batinti の集落を含んでいる。処理区の中心的居住区である Naselba Dracevoa 地区にはポンプ場と下水処理場（インホフ・タンク）がある。この下水処理場は 1965 年に建設されたが、消耗品等の定期的な交換等がなされておらず長い間稼動していない。下水処理場に流入した汚水はポンプで専用排水路へ排出された後、小河川を経てバルダル川に流入している。Dracevo 地区を管轄する Kisela Voda 区は Dracevo 地区の下水道施設の設計を完了しており、現在、事業費の融資を援助機関に対して要請しているところである。表 I. 26 に計画概要を示す。

表 I. 26 Dracevo 処理区下水道計画の諸元

		計画諸元	
		Gorce Petrov 区の計画	当計画
目標年次	管きよ	---	2030 年
	下水処理場		2020 年
計画人口等量		30,000 人	39,900 人 (2020 年) 43,200 人 (2030 年)
生活汚水量原単位		540 lpcd	200 lpcd
計画汚水量		16,200 m ³ /d	7,980 m ³ /d (2020 年) 8,640 m ³ /d (2030 年)
幹線管きよ		径 700 mm, 944 m	
汚水処理レベル		二次処理	
汚水処理プロセス		接触安定化法	
事業費(幹線管きよのみ)		EUR 3,534,000	

5.4.2 本調査における技術的レビュー

Kisela Voda 区が実施している下水道整備計画を代替案 A、本調査で提案する中央下水処理場に接続する案を代替案 B とし、レビューした。この処理区を中央処理区に繋ぐ案（代替案 B）は、約 7 km の移送管と 3 ヶ所のポンプ場が必要となり、相当の費用が必要となる。一方、分離案（代替案 A）のメリットとして、地形的にほとんどの居住区が高地にあり、自然流下による収集、移送が可能である。更に工場がほとんど無いことから、処理水及び汚泥の農業利用の可能性が高く、地域の事情に対応できる利点がある。地域の特殊性を考慮し、汚水が資源の一部ともなり得ることから、中央処理区への連結よりも分離した独立の処理区とするのが望ましいと考えられる。

5.4.3 本調査における方針

Kisela Voda 区では、新たな下水処理場を建設する計画を進めている。実施設計まで終わっており、資金提供先を探している段階である。処理水は農業用水として再利用する考えとなっており、地域の水事情を反映した内容になっている。計画上の観点からは、当該居住区だけでなく、周辺の居住区も合わせて事業を進めるのが望ましいと思われるが、他区との協力が障害となっている事情もあり、実現には時間がかかりそうである。従って、基本計画としては、スコピエ上下水道公社とも協議した結果、将来像として Dracevo 処理区に区外及び市外の区域も流入させた姿を提言している。

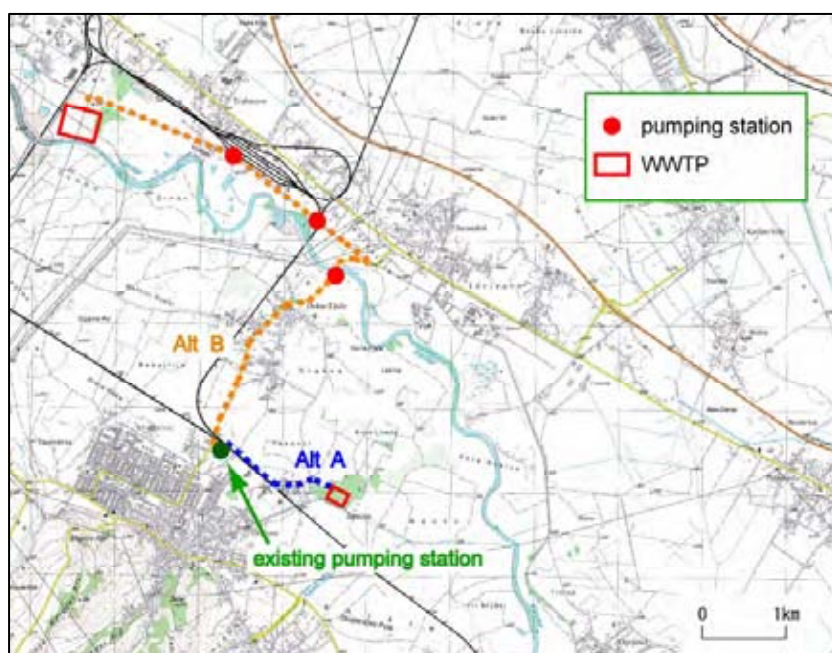


図 I. 20 Dracevo 下水道整備方法の比較

6. 中央処理区施設計画

6.1 中央処理区の計画諸元

下水処理場の目標年次 2020 年および管きょ施設の目標年次 2030 年における中央処理区の計画諸元を表 I. 27 に示す。汚濁負荷量 (BOD) を一人あたり BOD60 g/人・日で除して算出される人口当量は、2020 年において 660,380 人、2030 年において 691,350 人である。

表 I. 27 中央処理区の計画諸元

	2020年	2030年
計画面積 (km ²)	72.8	
計画人口 (人)	513,570	555,650
人口当量 (人)	660,380	691,350
計画下水量 (日平均) (m ³ /日)	66,020 ≒166,000	176,970 ≒177,000
汚濁負荷量 (BOD) (kg/日)	39,623	41,481
汚濁負荷量 (SS) (kg/日)	44,686	45,445
下水処理場流入水質 (mg/l)		
BOD	240	230
SS	270	260

注: 計画区域にはスコピエ市外の Sopiste 集落および Soncev Grad 集落を含む

6.2 幹線計画

基本計画で計画する幹線は、バルダル川兩岸で各 1ヶ所の主排出口への分岐マンホールから中央下水処理場の間を結ぶ 2本の幹線であり、右岸幹線、左岸幹線と呼ぶ。

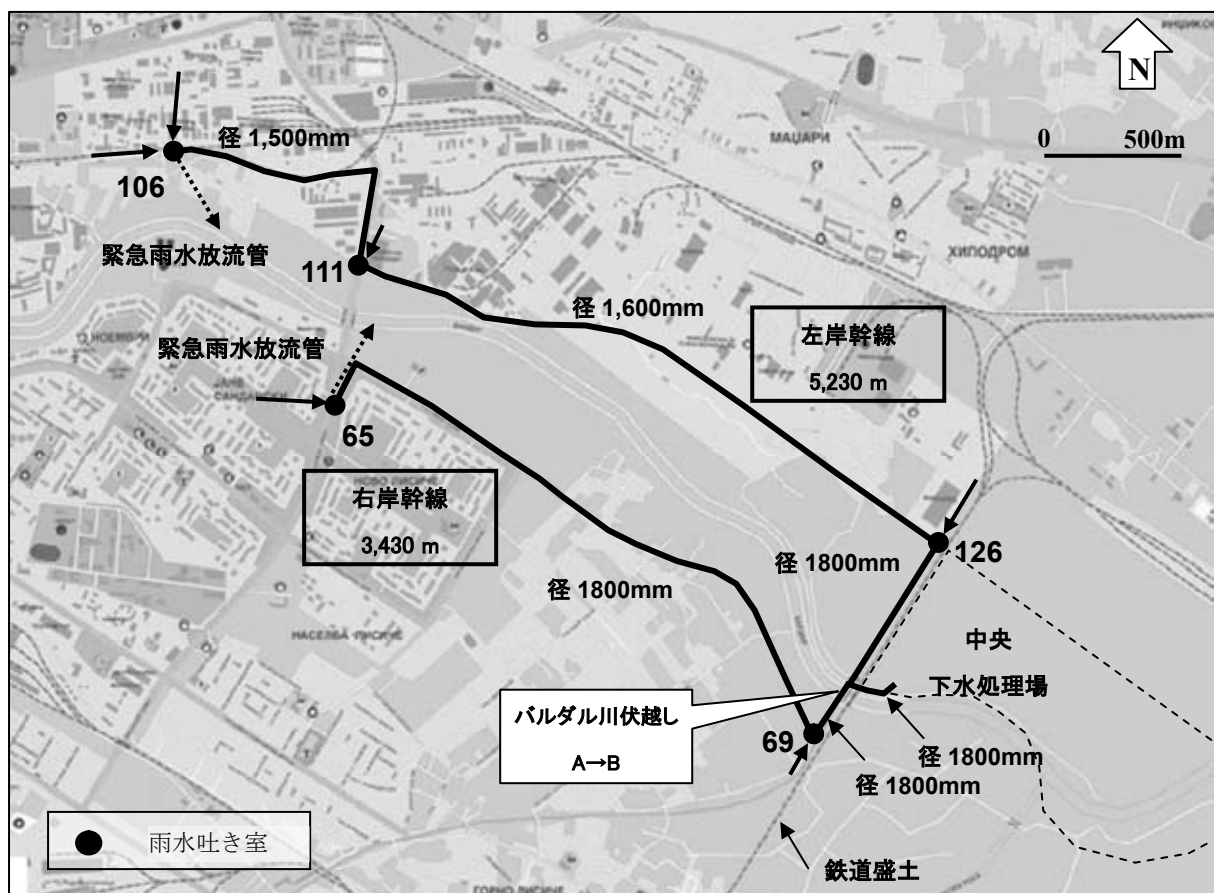


図 I. 21 右岸幹線・左岸幹線施設平面図

表 I. 28 に目標年次 2030 年における計画諸元を示す。生活污水の時間最大量は日平均量の 2 倍とした。また、工場廃水量については、日最大量は日平均量と同じ、時間最大量は日平均量の 1.5

倍とした。なお、雨水は幹線がもつ流下能力の余裕（50～100%）を利用して流下するものとし、幹線の設計では考慮しない。

表 I. 28 幹線計画関連の計画諸元 (2030 年)

	計 画 値			備 考
	日平均	日最大	時間最大	
計画面積 (km ²)	72.8			左岸側: 36.5 km ² 右岸側: 36.3 km ²
計画人口 (人)	555,650			左岸側: 237,550 人 右岸側: 318,100 人
計画下水量 (m ³ /日)	日平均	日最大	時間最大	
生活汚水	111,130	138,910	222,260	平均:日最大:時間最大= 1:1.25:2.0
工場廃水	34,840	34,840	52,260	= 1:1:1.5
計	145,970	173,750	274,520	

幹線の起点となる地点から処理場へつながる道路が、右岸および左岸ともに計画されている。その計画道路に埋設するルートが最も距離が短く経済的である。ただし処理場付近では、2 個所で河川を横断する道路が計画されている。これらを勘案して右岸と左岸それぞれで 2 案ずつ、管路延長、管底高、施工の難易度、工事費などを検討した。その結果、図 I. 21 に示す案が適しているという結論に達した。

表 I. 29 に右岸幹線および左岸幹線の概要を示す。右岸幹線は、既設マンホール（接続点）65 を起点とし中央処理区右岸側の汚水の多くを受けた後、都市計画道路（一部建設済み）に沿って東に向かい接続点 69 に達する。接続点 69 では Aerodrom および Kisela Voda の汚水を受けた後、北へ向かいバルダル川を渡り左岸幹線と合流する。バルダル川の横断部は 2 条管による伏越しとする。

左岸幹線は、既設マンホール（接続点）106 から都市計画道路（未建設）に沿って東へ進み既設道路を南下し接続点 111 に達する。接続点 111 では Gazi Baba からの汚水を受け、都市計画道路（未建設）に沿って東へ進み接続点 126 に達する。接続点 126 でも Gazi Baba からの汚水を受け、鉄道盛土に沿って南下して右岸幹線と合流し、鉄道橋下の高水敷を東へ進み中央下水処理場へ至る。幹線の管径は、2002 年スコピエ都市計画で既に承認されているように、右岸ではφ1800mm、左岸では上流からφ1500mm、φ1600mm、φ1800mm の順に表 I. 29 に示す様に設置するものとする。

表 I. 29 右岸幹線・左岸幹線の概要

マンホール(接続点)		必要管径 (mm)	計画管径 (mm)	勾配	延長 (m)	備考
起点	終点					
右岸幹線						
65	69	1,500	1,800	1/1,000	3,000	
69	A	1,500	1,800	1/1,000	300	
A	B	1,000×2条	1,000×2条	Level	130	バルダル川伏越し
合計					3,430	
左岸幹線						
106	111	1,350	1,500	1/1,000	1,390	
111	126	1,350	1,600	1/1,000	2,930	
126	B	1,500	1,800	1/1,000	780	
B	下水処理場	1,800	1,800	1/1,000	130	
合計					5,230	

注) マンホール A は伏越しの起点マンホール (左岸側)
マンホール B は伏越しの終点マンホール (右岸側)
接続点の番号 (65, 69, 106, 111, 126) は Vodovod の既計画での番号である

6.3 中央下水処理場施設計画

6.3.1 計画方針

処理場の施設を以下の方針の下に計画する。

- (1) 目標年次は 2020 年とする
- (2) 中央処理区内で発生する生活污水を全量処理する
- (3) 大規模 6 工場を除き工場廃水を受け入れる
- (4) 雨水管の整備が不十分のため、未成備地区からの雨水の流入を考慮する
- (5) EU 指令及び本調査で実施した汚濁解析結果に基づき、処理水質は BOD 25 mg/l、SS 35 mg/l とする
- (6) 発生する下水汚泥は最終処分場で埋め立て処分する。
- (7) 下水処理場の用地はスコピエ市都市計画に定める「水経済施設用地」約 106ha とする

6.3.2 中央下水処理場の設計諸元

表 I. 30 に中央下水処理場の設計諸元を示す。生活污水量、工場廃水量、雨水量の合計 166,000m³/日を下水処理場の設計水量とする。

表 I. 30 中央下水処理場設計諸元 (2020 年)

	計画人口 (人)	人口当量 (人)	流入汚水量 (日平均) (m ³ /日)	汚濁負荷量 (kg/日)		流入水質 (mg/l)	
				BOD	SS	BOD	SS
生活污水	513,570	513,570	102,720	30,814	23,111	300	225
工場廃水	-	89,980	32,300	5,399	9,175	167	284
雨水	-	56,830	31,000	3,410	12,400	110	400
計	513,570	660,380	166,020 ≒166,000	39,623	44,686	239 ≒240	269 ≒270

注: 計画区域にはスコピエ市外の Sopiste 集落および Soncev Grad 集落を含む

6.3.3 放流水の水質

マケドニア国では、環境改善政策についても原則として EU 指令（人口当量が 2,000 以上の場合、汚水収集と 2 次処理が必要）に沿って推進している。中央処理区の人口当量は約 660,000 人であり、これに該当する。

一方、中央下水処理場付近のバルダル川の水質環境基準は類型 II（BOD 7 mg/l、SS 30 mg/l 以下）が指定されている。汚濁解析結果によれば、これを満足するためには工場廃水の排出規制の実施と同時に、2 次処理レベルの下水処理（処理水質 BOD25 mg/l、BOD 除去率 90%）が必要との結果になった。

6.3.4 下水処理

以上、EU 指令の要求と水質環境基準達成の両面から、BOD25mg/l、SS35mg/l 以下を達成できる処理方法を適用するものとする。

候補として挙げられる以下の 5 つの処理プロセスを処理性能、維持管理性、施設の所要面積、費用等の面から総合的に比較検討した。

標準活性汚泥法、オキシデーションディッチ法、長時間エアレーション法、
エアレーテッドラグーン法、標準散水ろ床法

標準活性汚泥法は、建設費が最も小さい。また、中～大規模処理場で実績も多く、運転管理技術も確立されている。オキシデーションディッチ法および長時間エアレーション法は維持管理費が標準活性汚泥法よりも高い。エアレーテッドラグーン法は河川改修だけでなく自然保護地域も処理場用地に転用しないと施設配置はできない。また標準散水ろ床法は河川改修をしないと用地が確保できないことから適用は難しい。これらのことから、中央処理場における処理方式としては標準活性汚泥法が最適である。

処理水の再利用

中央処理場の下水は、種々の工場廃水が混入しているので、農業等への再利用に当たっては有害物質のチェックが欠かせず、下水処理場の稼動開始後に慎重な検討が必要となる。新水法には、適合性が認められる時は下水処理水及び汚泥を再利用すべきであると謳い、再利用前には環境都市計画省の許可が必要としている。

6.3.5 汚泥処理

汚泥は下水処理において必ず発生するため、効率よく安定的に処理する必要がある。汚泥処理の基本は次のとおりであり、それぞれの単位プロセスが該当する。

- 水処理で発生した汚泥中の固形分を分離し減量する。（濃縮、脱水、乾燥）
- 汚泥性状の安定化を図る。（消化、コンポスト化、焼却）
- 下水汚泥を資源として利用を図るための加工および成分調整をする。（焼却、コンポスト化）

汚泥の最終処分を考慮すると濃縮と消化は不可欠である。これに続く脱水の方法として機械脱水と天日乾燥があるが、費用の面から天日乾燥を採用する。

中央下水処理場への流入水には工場廃水が含まれる。マケドニア国には下水道への排出基準としてスコピエ上下水道公社が定めたものがあり、下水道に工場廃水を排出する際に前処理によって有害物を除去することが条件となる。ここではそれを前提として Drisla 埋立地に汚泥を処分することとする。処分料は1トン当たり 680 デナール、汚泥の発生量は 80 トン/日であるので、投棄料は 19.9 百万デナール/年 (32 千ユーロ、52.2 百万円) となる。この点からも再利用へ向けての検討が重要となる。

汚泥の再利用としては、建設資材利用、緑農地利用、エネルギー利用等がある。建設資材利用の場合は含水比を低くするため脱水工程が必要となるが、本計画では高価な脱水工程の代わりに安価な天日乾燥法を採用するので該当しない。

緑農地利用は、天日乾燥した汚泥を直接あるいはコンポスト後に利用される。今回は乾燥までを計画しているので、将来必要に応じコンポスト化施設を附加することになるが、汚泥の利用に際しては、重金属等有害物質のチェックが条件となり、稼動後に慎重な検討と関連機関との協議が必要となる。

エネルギー利用としては、消化ガスによる汚泥消化タンクの加温や発電等の利用があるが、本計画では消化ガスを消化タンクの加温に利用することとする。

6.3.6 処理フロー

標準活性汚泥法による水処理及び嫌気性消化を含む汚泥処理のフローを図 I.22 に示す。

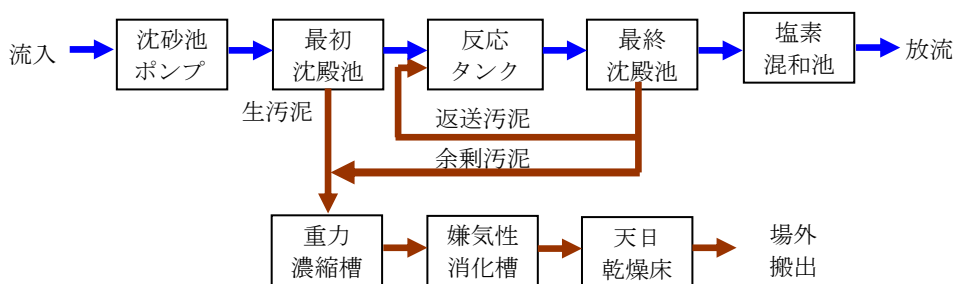


図 I.22 処理フロー

6.3.7 処理場予定地の状況と処理施設の配置

処理場用地としてスコピエ都市計画で水経済施設用地 (Water Economy Facility)と指定されている一部バルダル川右岸にまたがる 106ha を充てる。予定地の南側境界はバルダル川の改修計画ラインに一致している。しかし改修計画は未定であり、右岸側は実質的には下水処理場用地として使用できない。

西側境界から東へ約 300m の位置に用地を南北に貫通する計画道路 (道路幅 25m) の建設が計画

されており、処理場予定地を2分している。同予定地の中央北側には自然保護区域に指定されている約20haの森があり、この自然保護区域への処理施設の配置は避ける必要がある。これらを勘案すると実質的に下水処理場として使用可能な面積は約57haである。図I.23に中央下水処理場の施設配置を示す。

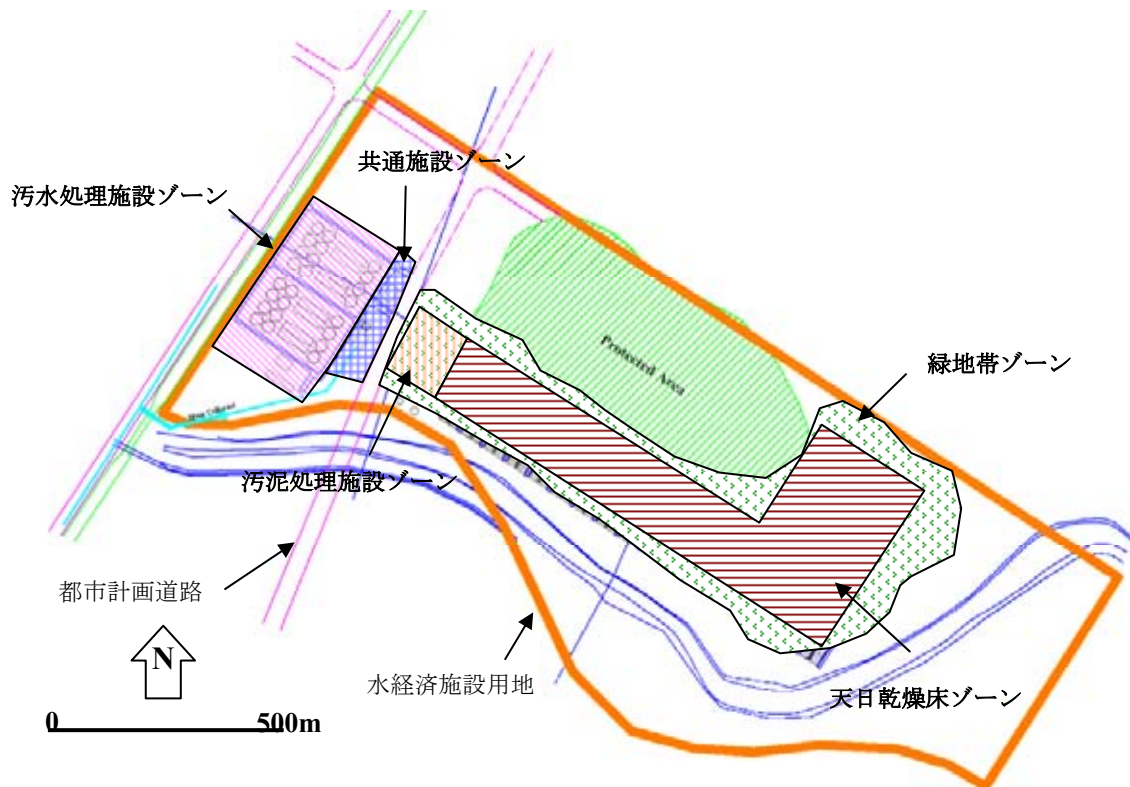


図 I.23 中央下水処理場の施設配置

6.4 施設事業概要と事業費

6.4.1 施設概要

優先プロジェクトの対象施設は、中央処理区の汚水を収集する管路施設である左岸幹線および右岸幹線、収集された汚水を処理する汚水処理施設および汚水処理から発生する汚泥を処理する汚泥処理施設で構成される。各施設の概要を表I.31にまとめる。

表 I.31 処理施設の概要

No.	各施設の仕様	数量
1.	管路施設	
1.1	左岸幹線	
	鉄筋コンクリート管 φ1500 mm	1,390 m
	鉄筋コンクリート管 φ1600 mm	2,930 m
	鉄筋コンクリート管 φ1800 mm	910 m
1.2	右岸幹線	
	鉄筋コンクリート管 φ1800 mm	3,300 m
	鉄筋コンクリート管 φ1000 mm	130 m
2.	中央下水処理場	
2.1	汚水処理施設	

No.	各施設の仕様	数量
2.1.1	沈砂池・ポンプ施設	
	主ポンプ Q=44m ³ /分	5台 (内1台予備)
2.1.2	最初沈殿池施設	
	円形槽 内径 24m x 有効水深 3m	8池 (2池×4系列)
2.1.3	反応タンク施設	
	矩形槽 幅 16m x 延長 67m x 有効水深 5.0m	8池 (2池×4系列)
2.1.4	最終沈殿池施設	
	円形槽 内径 24m x 有効水深 3.0m	16池 (4池×4系列)
2.1.5	塩素混和池施設	
	矩形槽 幅 10m x 延長 86m x 有効水深 2m	1池
2.2	汚泥処理施設	
2.2.1	重力濃縮槽施設	
	円形槽 内径 21m x 有効水深 4m	2池
2.2.2	嫌気性消化槽施設	
	円筒形槽 内径 26m x 有効水深 14m	4槽
	ガスホルダー 有効容量 2,000m ³	4基
2.2.3	天日乾燥床(10ha)	
	矩形槽 幅 10m x 延長 20m x 有効深 0.2m	500床(10池×50系列)
2.2.4	汚泥一時貯留用地	
	80m×200m	1箇所

6.4.2 積算の前提条件

事業費の積算は、以下の条件をもとに算出した。

- 事業費の構成は、建設工事費、事業管理費、エンジニアリング費、予備費（物理的予備費・物価上昇予備費）、用地取得・補償費および税金とする。
- 事業費は、内貨部分（L.C.）と外貨部分（F.C.）を分けて算出する。
- マケドニア国側の事業管理費は、建設工事費に対して2%とする。
- エンジニアリング費は、建設工事費に対して10%とする。
- 物理的予備費は、建設工事費、事業管理費およびエンジニアリング費に対して土木工事が主体であることから10%とする。
- 物価上昇予備費は、内貨分をマケドニア国の物価上昇指数より3.2%/年、外貨分をEU諸国の物価上昇指数より2.3%/年とする。
- 関税は、国外調達の各製品に対してマケドニア国の輸入税率より3~15%とする。また、税金はマケドニア国の付加価値税（VAT）率より18%とする。
- 円とユーロの交換レートは、2008年8月から直近6ヶ月間の平均レート（1EUR=163.11円）とする。また、ユーロと現地通貨のデナールの交換レートも同期間の平均レートから、1EUR=62.03MKDとする。
- 現地の流通通貨単位は、デナールであるが、マケドニア国の経済は、EU諸国の影響が強いため、ユーロによる貨幣経済下にある。

6.4.3 建設工事費の積算条件

建設工事費の積算は、以下の条件をもとに算出した。

- 土木・建築資材、労務および一般建設機械は、マケドニア国内で調達が可能のため、現地

調達を基本とする。

- 機械・電気設備は、マケドニア国内で製造されておらず、近隣の EU 諸国から調達されていることから国外調達を基本とする。
- 用地取得・補償費は処理場予定地 57ha を計上した。
- 今回の事業において建設が必要である、河川堤防、アクセス道路、送電線の移設をその他費用として計上した。

6.4.4 事業費

事業費の総額は、税金・関税を含めると 116.1 百万ユーロ（189 億円）、税金・関税を含めないと 97.7 百万ユーロ（159 億円）となる。事業費の内訳を表 I.32 に示す。

表 I.32 事業費の内訳

No.	項目	内貨部分 (ユーロ)	外貨部分 (ユーロ)	合計 (ユーロ)
1.	建設工事費			
A	管路施設			
A.1	左岸幹線および右岸幹線	7,430,000	0	7,430,000
B	下水処理施設			
B.1	汚水処理施設	15,182,000	14,605,000	29,787,000
B.2	汚泥処理施設	11,808,000	6,555,000	18,363,000
	小計(1)	34,420,000	21,160,000	55,580,000
2.	事業管理費	1,434,000	0	1,434,000
3.	エンジニアリング費	4,438,000	2,610,000	7,048,000
4.	物理的予備費	3,442,000	2,116,000	5,558,000
5.	物価上昇予備費	8,631,000	3,716,000	12,347,000
6.	用地取得・補償費	8,550,000	0	8,550,000
7.	その他(堤防・アクセス道路等)	948,000	0	948,000
8.	税金・関税	18,376,000	0	18,376,000
9.	建中金利	4,907,000	1,875,000	6,782,000
	小計(2)	49,545,000	10,931,000	60,476,000
	合計(税金・関税込み)	83,965,000	32,091,000	116,056,000
	合計(税金・関税抜き)	65,589,000	32,091,000	97,680,000

6.4.5 維持管理費

維持管理費の積算は、以下の条件をもとに算出した。その結果を表 I.33 に示す。

- 人件費として、本事業において新たに必要となる人員を想定し算出する。
- 消耗品費として、電気代、薬品代を計上する。
- メンテナンス費として、機器類のスペアパーツ費を計上する。
- 汚泥処分費として、乾燥汚泥の全量を一般廃棄物として処分した場合の費用を計上する。
- 管きよ清掃費として、本事業で新たに築造する幹線管きよの清掃費用を計上する。

表 I.33 維持管理費の内訳

項目	維持管理費 (EUR/年)
人件費	165,000
消耗品費	753,800
汚泥処分費	320,100
メンテナンス費	285,600
管きよ清掃費	2,200
合計	1,526,700

6.5 高度処理時の施設規模と概算金額

高度処理をした場合の施設規模を算定する。高度処理を行うには、一般的に窒素除去には循環式硝化脱窒法、リン除去には凝集剤添加を用いて処理を行う。このため、2次処理施設の規模と比較して、窒素除去に必要な反応タンク容量の増大と、長時間のエアレーションにより浮上しやすくなった汚泥を沈降させるため、最終沈殿池の水面積負荷を小さくする必要となる。

ただし、リンの放流水質の規制値によっては、別途ろ過施設が必要となるが、未確定な項目であるため、今回は計上を行わない。

6.5.1 必要施設規模の算定

高度処理

日平均水量：166,000m³/日

反応タンク：必要容量：HRT=14時間 =96,800m³

最終沈殿池：必要水面積負荷=20m³(m²・d)=8,300 m²

表 I.34 必要施設規模の算出

	2次処理 施設能力	2次処理 施設規模 (1)	高度処理 必要施設能力	高度処理 必要施設規模 (2)	追加施設規模 (2)-(1)	追加施設 の概要
最初沈殿池	水面積負荷 50 m ³ /m ² ・日	3,320 m ²	2次処理と 同じ	3,320 m ²	—	—
反応タンク	反応時間 6時間	41,500 m ³	反応時間 14時間	96,800 m ³	55,300 m ³	16m×67m× 5.0m×10池
最終沈殿池	水面積負荷 25 m ³ /m ² ・日	6,640 m ²	水面積負荷 20 m ³ /m ² ・日	8,300 m ²	1,660 m ²	内径24m×4池

施設配置計画を、図 I.24 に示す。

1

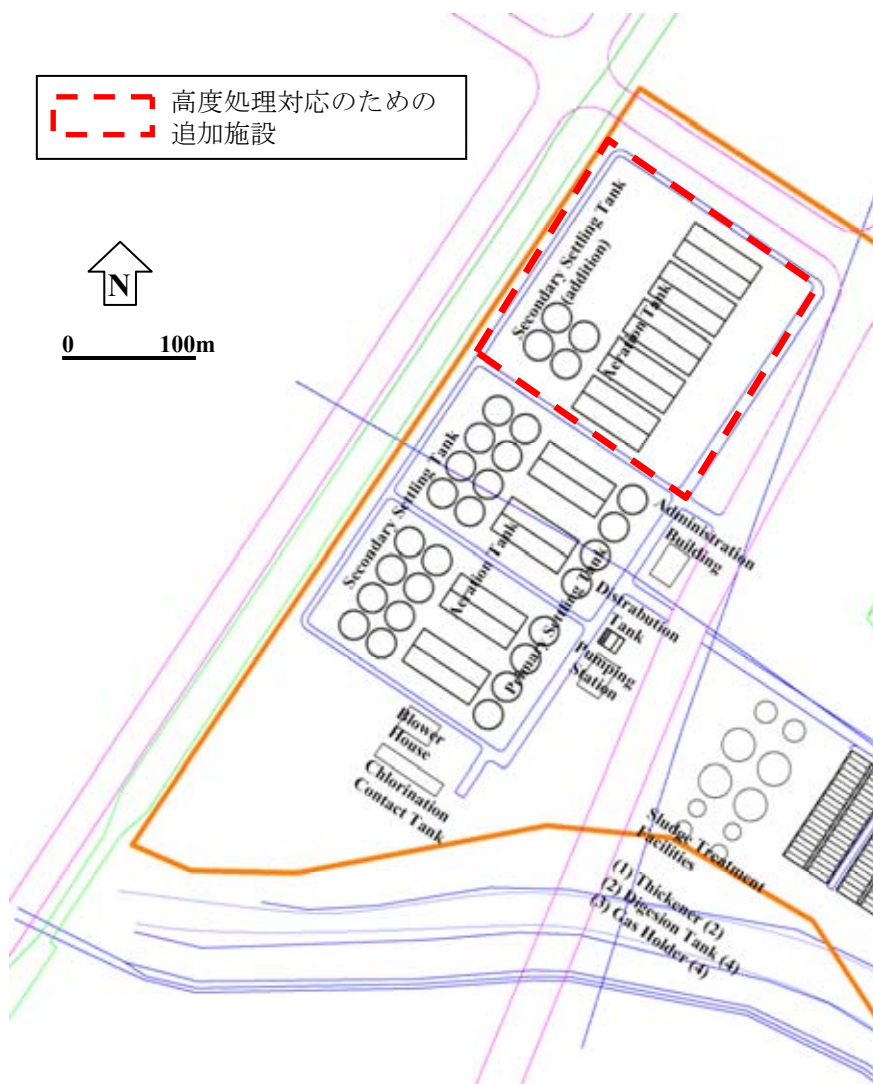


図 I. 24 高度処理時の施設配置

6.5.2 概算事業費の算出

高度処理対応を行った場合の事業費は税金・関税込みで 143 百万ユーロとなり二次処理の事業費 116 百万ユーロの 23%増となる。維持管理費は、主として薬品費等の増加により、二次処理 1,527 千ユーロに対し 139%増となる年間 3,656 千ユーロとなる。

6.6 計画事業の評価

マケドニア国の経済・産業の中心的役割を担うスコピエ市は、人口約 52 万人の都市でありその活動に伴って生活排水及び工業廃水を大量に発生させている汚濁源でもある。現在市の中心市街地では下水管の普及率は 80% 程度とされる。周辺部では普及率が低く、住民の生活環境及び周辺環境の改善に対する要望が強い。市を貫流するマケドニア最大の国際河川バルダル川には、水質観測点が設けられおり、時に水質環境基準が守られていないのが現況であり、下流域での環境、公共衛生の悪化を招いているといわれている。将来的に、生活排水量と工業廃水量の増加が予測され、「バルダル川の水質予測」が示すように、水質環境基準達成のために、目標年次の 2020 年に

は下水の処理（二次処理）が必須となっている。

他方、マケドニア国は現在 EU 加盟を目標とし、EU 指令に適合した環境関連法制度の整備を急速に進めつつある。このような背景のもと、スコピエ市においても旧計画の抜本的な見直しを行い、将来の下水道施設整備、運営方法の効率化、合理化、水環境改善等のソフト面を含めた総合的な下水道管理のための計画が求められている。本基本計画はこれらの要求に応えうる内容となっており、EU 加盟の条件整備の一環として欠かせないものである。

7. 環境社会配慮（IEE レベル）

7.1 環境社会配慮（IEE レベル）の目的及びレベル

本調査で提案される計画が環境や地域社会に与える影響を回避または最小化し、受け入れることができないような影響をもたらすことがないように、計画の早い段階から環境社会配慮（IEE レベル）を実施する。実施にあたってはマケドニア国の法制度と JICA の環境社会配慮ガイドラインを考慮する。

2007 年 JICA により実施された事前調査において、本調査では環境社会配慮が必要と結論付けられ、非自発的住民移転・工場廃水による河川水質汚染の可能性があること、またマケドニア国の法制度では EIA が必要であるということから、カテゴリ A に分類された。

マケドニアの法制度では、10 万人以上の処理能力を持つ下水処理場は環境影響評価実施が義務付けられており、本調査で策定される計画は環境影響評価実施が必要となる。

7.2 初期環境影響調査

7.2.1 目的

初期環境影響調査は、プロジェクトやプログラム策定の早期段階において計画に役立つ重要な調査である。調査によって重要な負の影響が予測される場合にはプロジェクトやプログラムを修正することができる。調査の目的は下記の通りである。

- プロジェクト計画地の環境・社会状況の調査
- 環境・社会への影響の特定・予測、緩和策・モニタリング計画の策定

7.2.2 スコーピング

EU 支援による環境管理強化プロジェクト（Environmental Management Strengthening Project）において、環境影響評価のスクリーニング・スコーピング・審査のための手引書（Guidance for conducting screening, scoping and review in environmental impact assessment）が作成されており、その中でスコーピングの確認項目が提示されている。このチェックリストを用いてスコーピングを行った。

7.2.3 代替案の検討

代替案の検討については、下記の4案について行った。

- プロジェクト実施と非実施の場合 (With/Without Project)
- 下水処理区の代替案 (中央処理場もしくは分散型)
- 幹線経路の代替案検討
- 汚泥処分の代替案検討

7.2.4 影響評価の結果及び緩和策

プロジェクト実施 (建設及び運営) により下記の負の影響が起こることが考えられる。

- 地下水：幹線建設のための掘削、幹線接続の際の汚水漏れにより地下水に影響を与える
- 野生生物と生態系：下水処理場予定地は狩猟地域内にあることから、生息している野生生物への影響がある
- 保護区域：処理場予定地近くの植物園への工事期間中の騒音・振動による影響が発生する
- 大気汚染：建設重機の運転、交通量増加による大気汚染の可能性はある
- 廃棄物：建設時の掘削した残土、除去された低木等、また運営時の下水汚泥が発生する
- 騒音・振動：機械・重機の運転、車輛移動により発生する
- 悪臭：汚水処理と汚泥処理工程から悪臭が発生する
- 土地収用：処理場予定地の土地収用が必要である
- 土地利用・地域資源利用：処理場予定地の収用による土地利用変化が発生する

上記主要な負の影響は提案されている緩和策及びモニタリング計画を実施することで軽減することが可能である。

7.3 ステークホルダー協議

基本計画で2回、及びF/S調査で1回のステークホルダー協議が開催された。ステークホルダー協議の開催者はスコピエ市であり、運輸通信省と環境都市計画省、JICA調査団と協力して開催された。第1回ステークホルダー協議がスコピエ市主催により2007年11月9日に開催され、約56名が参加、第2回目は2008年2月22日に開催され、57名が参加した。

7.4 F/S 優先事業に対するスコーピング (案)

F/S 優先事業に対するスコーピングを行い、主要な影響を以下に挙げる。

表 I.35 F/S 優先事業に対するスコーピング

	項目	影響	インパクト	
			建設時	運営時
自然環境				
1	地下水	地下水のくみ上げは行われない。処理場建設・幹線布設時の地下水への影響が考えられる。	B (-)	A (+)
2	野生生物と生態系	処理場予定地を含む地域は大学の研究目的の狩猟エリアであり、うさぎ・ヤマウズラ・キジが生息しているとの情報がある。ただし絶滅危惧種として認定されている生物はいない。	B (-)	B (+)
3	景観	工事中的ごみ、道路の掘り起こし、残土などで景観が損なわれるが工事期間のみで短期間である。処理場は周囲の景観を少し悪くする可能性がある。ただし処理場予定地は住宅街ではなく、影響は少ない。	B (-)	軽微
4	保護区域	スコピエ大学の農業学部の植物園が保護区となっており、処理場予定地の横に位置している。その地の特別な動植物ではなく、外来種を育てている。	B (-)	C (-)
6	地球温暖化	建設時の工事用重機・機械から温暖化ガスが排出されるが短期間であり無視できる影響である。運営時にも温暖化ガスが排出される。CDMの検討を行う。	軽微	B (-)
公害				
1	大気汚染	下水処理場建設・幹線布設時には粉塵・ほこりが舞うことによる大気汚染が予想される。運営時には汚泥運搬することによる車輛からの排ガスによる影響が考えられる。	B (-)	軽微
2	水質汚染	下水処理場建設・幹線布設工事により、河川へ土が流出し、濁りが発生する可能性がある。	軽微	A (+) B (-)
3	土壌汚染	下水処理場建設・幹線布設の掘削工事により、表層土の喪失・沈泥等が発生する可能性がある。運営時には、汚水の流出・汚泥の流出等による土壌汚染の危険性が考えられる。	B (-)	B (-)
4	廃棄物	建設時には、掘削した残土・建設場所の低木等の除去、建設活動による一般廃棄物及び商業廃棄物の発生が考えられる。 処理場運営時には、下水汚泥、処理場からの一般・商業廃棄物が発生する。汚泥のタイプによって既存の Drisla 廃棄物処分場に廃棄するか、他の廃棄先を考えなければいけない。	A (-)	A (-)
5	騒音・振動	幹線布設及び処理場建設のための機械の運転・車輛移動により騒音と振動の影響がある。影響は建設地周辺と限定されており、短期間で終わる。 処理場の運営時にも騒音・振動が発生するが、大きな騒音・振動を出すような設備は提案されておらず、また住宅地でもないことから、影響は重大なものではない。	B (-)	B (-)
6	地盤沈下	処理場予定地は、昔の河川だった場所であり、地盤は堆積物から成り立っている。現在処理場予定地付近に鉄塔と鉄道があることから、地盤に問題はないと思われるが、付近での掘削工事を見ると地表の浅い所から地下水が出てきている。地下水の流れについて確認の必要がある。	C (-)	-
7	悪臭	処理場からの悪臭は避けられない問題であるが、適切な維持管理を行うことで軽減することが可能である。悪臭は汚泥の消化・乾燥の際に出ることが多い。	-	A (-)
社会環境				
1	非自発的住民移転及び土地収用	処理場のための土地収用が必要である。処理場はスコピエ市の都市計画で水施設区域として決められている場所に建設予定であり、現在家屋は建っておらず非自発的住民移転は発生しない。土地は国有地と私有地との情報があり、所有者についての確認が必要である。幹線は計画道路下に布設されることになっており、布設による土地収用は必要ない。	A (-)	-
2	雇用や生計手段等の	処理場建設・幹線布設工事により一時的に経済活動や交通に影響を与	B (-)	B

	項目	影響	インパクト	
			建設時	運営時
	地域経済	える。同時に工事による雇用や経済活動により正の影響もある。	B (+)	(+)-
3	土地利用・地域資源利用	処理場は水施設区域としてスコピエ市の都市計画で定められているところに建設予定である。現在この区域を含む 1475ha が大学の研究目的のための狩猟ゾーンとして使われている。処理場予定地は 57ha と占める割合は少しいが、土地利用への影響は避けられない。	A (-)	C (-)
4	既存の社会インフラ・社会サービス	建設資材の運搬や幹線布設工事により、交通規制や迂回等の交通への影響が発生する。	B (-)	-
5	衛生と安全	建設時には労働者や工事現場付近の住民に巻き上げられた粉塵により不快を与える。公衆衛生に影響を与えるが、一時的なものである。	B (-)	B (+)
6	被害と便益の偏在	建設費用の一部と維持管理費は利用者の料金で賄われる。不平等の内容に支払い意思額・可能額についての検討が必要である。	-	B (-)
7	地域内の利害対決	いくつかの区にまたがって施設が建設されるため、関係区の調整が必要である。	B (-)	-

A—大、B—中、C—不明

8. F/S 対象優先プロジェクトの選定

スコピエ市の下水道は中央、Saraj、North Gorce Petrov、Dracevo の 4 処理区に分けて整備することを提案した。4 処理区に含まれる地域の状況は、表 I.37 に示すとおりである。この表から明らかのように、中央処理区は市街地を形成し人口、工場も多く下水道普及率は 80% と高い。集められた下水は市内下流でバルダル川へ未処理放流されている。従い、この下水の処理はバルダル川の水質改善に対する寄与度は高い。

Dracevo でも下水道普及は 100% に近く、一次処理場も設けられているが、現在は稼働せず塩素消毒を行なった後専用水路、小河川を通じてバルダル川へ排水されている。Saraj、North Goece Petrov を加えた 3 処理区を管轄する 3 区とも進捗状況に差はあるが、下水道整備の意欲が高い。実施設計も終わっている状況であり、優先プロジェクトに取り上げる意義は少ない。さらに、事業規模が比較的小さいため IPA ファンド等によりグラントの可能性も高い。

中央処理区の事業規模は大きく事業はローンで実施する公算が高い。従い、融資機関に対するプロジェクト説明を行なう資料となる F/S の実施意義は高い。環境社会への影響の観点からでは、中央処理区による影響が他 3 案と比較すると処理場の規模、幹線の布設のために大きくなる。しかし適切な緩和策を取ることによってその影響は緩和もしくは軽減される可能性が高い。詳細な緩和策については F/S 時に実施する EIA 調査で検討する。

従い、F/S を行なう優先プロジェクトとして中央処理区の事業を選定する。事業対象として、処理場 166,000m³/日及び処理場への幹線 (φ1000~φ1800mm、8,660m)⁷とする。

⁷ 普及率 100% に向けての下水管整備事業については、国内資金で毎年スコピエ上下水道公社が実施しているため、F/S 対象には含めない。

表 I.36 処理区の概要

項目	中央	Saraj	North Gorce Petrov	Dracevo
位置	中央	市域の上流	市域の上流	市域の下流
形態	連続した市街地	山村集落	集落	市街地
中央処理区との位置関係	—	隣接	隣接	独立
下水整備状況	80%の下水管普及	ほとんどなし	幹線（2006～2008年）整備中	ほぼ100%普及
下水道計画状況	—	F/S2007年策定 一部集落対象にD/D 実施中	—	処理場実施設計 2007年策定
人口	多い	少ない	少ない	少ない
工場	多い	少ない	少ない	少ない
事業規模	大きい	小さい	小さい	小さい
グラント又はローン	ローン	グラント	グラント	グラント
市あるいは区の意向	独立処理	独立処理	独立処理	独立処理
バルダル川水質改善への寄与	大きい	小さい	小さい	小さい
水源保全への寄与	少ない	多い	多い	少ない
環境社会への影響	大	中	中	中

PART II フィージビリティスタディ

1. F/S 対象施設

基本計画で選定した優先プロジェクトすなわち中央処理場及び幹線管路（遮集管）を対象として F/S を行う。

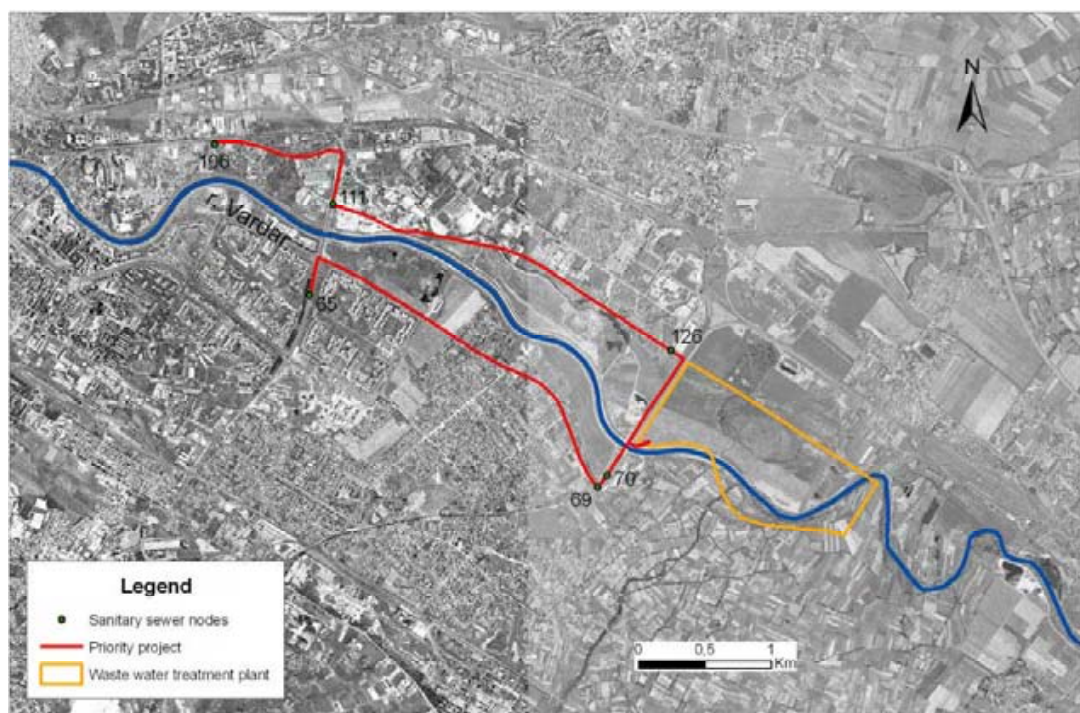


図 II.1 F/S 対象優先プロジェクト

1.1 遮集管

表 II.1 遮集管

	管材料	管径 (mm)	管延長 (m)	区間	備考
右岸	鉄筋コンクリート	1,000	130		サイフォン 130m×2条
	鉄筋コンクリート	1,800	3,770	65 - 処理場	
小計			3,900		
左岸	鉄筋コンクリート	1,500	1,400	106 - 111	
	鉄筋コンクリート	1,600	2,890	111 - 126	
	鉄筋コンクリート	1,800	940	126 - 処理場	
小計			5,230		
合計			9,130		

注：本表の管延長は基本計画の管延長とは異なる。

1.2 中央処理場

表 II.2 中央処理場の基本条件 (1)

項目	人口 (人)	一人一日当たり排水量 (lpcd)	下水量 (m ³ /d)		
			平均	ピークファクター	時間最大
生活污水	513,570	200	102,720	2.0	205,440
工場廃水	-	-	32,300	1.5	48,450
雨水	-	-	31,000	-	-
合計	513,570	-	166,020 ≒166,000	-	253,890

表 II.3 中央処理場の基本条件 (2)

項目	人口 (人)	一人一日当たり排水量 (lpcd)	平均下水量 (m ³ /d)	一人一日当たり負荷量 (g/capita-d)		負荷量 (kg/d)		水質 (mg/l)	
				BOD	SS	BOD	SS	BOD	SS
生活污水	513,570	200	102,720	60	45	30,814	23,111	300	225
工場廃水			32,300			5,399	9,175	167	284
雨水			31,000			3,410	12,400		
合計			166,020 ≒166,000			39,623	44,686	239 ≒240	269 ≒270

注: 人口当量 (P.E.) 660,380

表 II.4 処理水目標水質

パラメーター	水質	Remarks	目標年次
BOD	25 mg/l	EU 下水処理指令	2020 年 (ベース)
SS	35 mg/l	(1) 中央処理場の人口当量は 2,000 以上 (2) “Less Sensitive Area” でも “Sensitive Area” でもないケース	
COD	125 mg/l		
N	10 mg/l	EU 下水処理指令	2020 年以降 (EU で必要と判断される時点)
P	1 mg/l	(1) 中央処理場の人口当量は 100,000 以上 (2) “Sensitive Area” のケース	

2. 遮集管の概略設計

2.1 設計諸元のレビュー

設計諸元は、基本計画で下記のように決められており、F/S においてもその値を用いることとする。

計画年: 2030 年

処理区面積: 右岸 36.34 km²、左岸 36.53 km²、計 72.87 km²

家庭汚水：2.57 m³/s (222,260 m³/d)

工場廃水：0.60 m³/s (52,260 m³/d)

合計：3.17 m³/s (274,520 m³/d)

2.2 設計クライテリア

設計クライテリアは、下記を用いることとする。

- ・流量計算：マニング式

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times A$$

Q: 流量(m³/s)、n: 粗度係数 (0.013)、R: 径深(m)、I: 勾配、A: 流下面積(m²)

- ・流速：最小 0.8 m/s⁸、最大 3.0 m/s

2.3 遮集管ルートおよび縦断計画

基本計画で決められた遮集管ルートにおいて 50m 間隔または大きな変化点で縦断測量を実施した。その結果を用いて、遮集管の縦断を計画した。遮集管は、計画道路下に設置することになっており、計画道路高が非常に重要な高さ情報になる。しかしながら、計画道路はその線形だけが決まっており、計画道路高は詳細設計が実施されないと決まらない。これまでの実績から、詳細設計が実施されてそれが正式に承認されるまでには、2年程度の時間を要する。そのため、F/Sにおいては測量で得られた現在の地盤高を計画道路高の最も低いレベルと想定した。遮集管の縦断線形は、その想定した計画道路高をもとに、土被りを 1m 以上確保した計画とした。また、狭い範囲の窪地は、将来的には少なくとも前後の地盤高に合わせるような盛り土が実施されると判断して、遮集管の縦断計画を行った。

遮集管は既設の地下埋設物と接触しないように計画する必要がある。左岸の最下流部では、遮集管は既設管 3 本 (φ500mm、φ1000mm、φ1200mm) と交差する。全ての管と接触しないためには、これらの管きよがない場合と比較して 5m 程度下方へ埋設しなければならない。しかし、φ500mm の管きよを 1.6m 下方にずらして平面的に 130m 程度の移設を行えば、遮集管を 5m 下でなく 1.1m 下に埋設するだけで済む。また、φ500mm の移設距離 130m の内、105m 程度は遮集管と平行して埋設されることから、移設のための掘削量は非常に小さい。以上より、φ500mm の管を移設し、遮集管をできるだけ浅い地点に埋設する計画とする。

⁸ 理念は分流式であるが、暫くは合流式として機能することを考慮し、雨水の基準を適用している。

2.4 諸検討事項

2.4.1 既存幹線管きよとの接続

右岸

既存幹線管きよは污水管として設置されているが、現在、バルダル川へは雨水管を経由して放流されている。遮集管が埋設されるバルダル川沿いの計画道路まで、この雨水管を用いて下水を流下させることも可能である。しかし、スコピエ市では基本的には分流式概念を用いて管きよを整備している。そのため、既存の雨水管を用いるのではなく、雨水管と平行する新たな管きよ（污水管）を設置することとする。この地点を遮集管の基点とする。なお遮集管では、設計水量のみを処理場へ流入させるための越流堰を備えた雨水吐き室を設置し、設計流量を越える流量は雨水として川へ放流するものとする。

左岸

既存幹線管きよは污水管であり、そのままバルダル川へ放流されている。分岐点である遮集管の基点となるマンホールでは、設計流量以上の污水が遮集管へ流下しないように既存マンホール内に堰を設置する。

2.4.2 雨水吐き室

スコピエ市では分流式概念で管きよ整備を実施しているものの、中央処理区では雨水管の整備率が約30%程度にとどまっている。そのため雨水管が整備されていない地域では、降雨時に污水管に雨水が混入する可能性がある。しかしながら、本調査で計画する遮集管は、時間最大汚水量で設計されており、混入する雨水量を遮集管に接続する地点で分岐させる必要がある。そのため、遮集管と他の管きよが接続される箇所には雨水吐き室を設置して、時間最大汚水量を超える水量をバルダル川へ放流させるものとした。

雨水吐き室は、右岸では、遮集管の起点になる地点（図 II. 2 の 65）と河川横断前（同 70）の2箇所に設置される。また左岸では、遮集管の起点になる地点（同 106）、その1.5 km 程度下流地点（同 111）、それよりさらに3.0km 下流地点（同 126）の3箇所に設置される。

2.4.3 河川横断

河川横断の箇所には伏越し管を設置するものとする。伏越しは、下記のように計画する。

- 1) 伏越し管きよは一般的に複数とする。本調査では同じ径の管きよを2本（内1本は予備）設置するものとした。
- 2) 伏越し室には、ゲートまたは角落としと深さ50cm程度の泥だめを設置する。
- 3) 管きよの流速は上流管きよ内の流速の20-30%増しとする。

伏越しは河川や鉄道のような重要な構造物の下に構築される。また伏越しからの漏水はバルダル川の汚染につながることから許されない。このようなことから伏越しには十分な強度が要求される。従って伏越し管きよは360度コンクリートで巻いて補強することとした。

2.5 施設概要

図 II. 2 に施設平面図を、図 II. 3 及び図 II. 4 に縦断面図を、表 II. 5 に施設一覧表を示す。

表 II. 5 施設一覧

	管材料	管径 (mm)	延長 (m)	備考
右岸	鉄筋コンクリート	1,000	130	サイフォン 130m×2条
	鉄筋コンクリート	1,800	3,770	
小計			3,900	
左岸	鉄筋コンクリート	1,500	1,400	
	鉄筋コンクリート	1,600	2,890	
	鉄筋コンクリート	1,800	940	
小計			5,230	
合計			9,130	

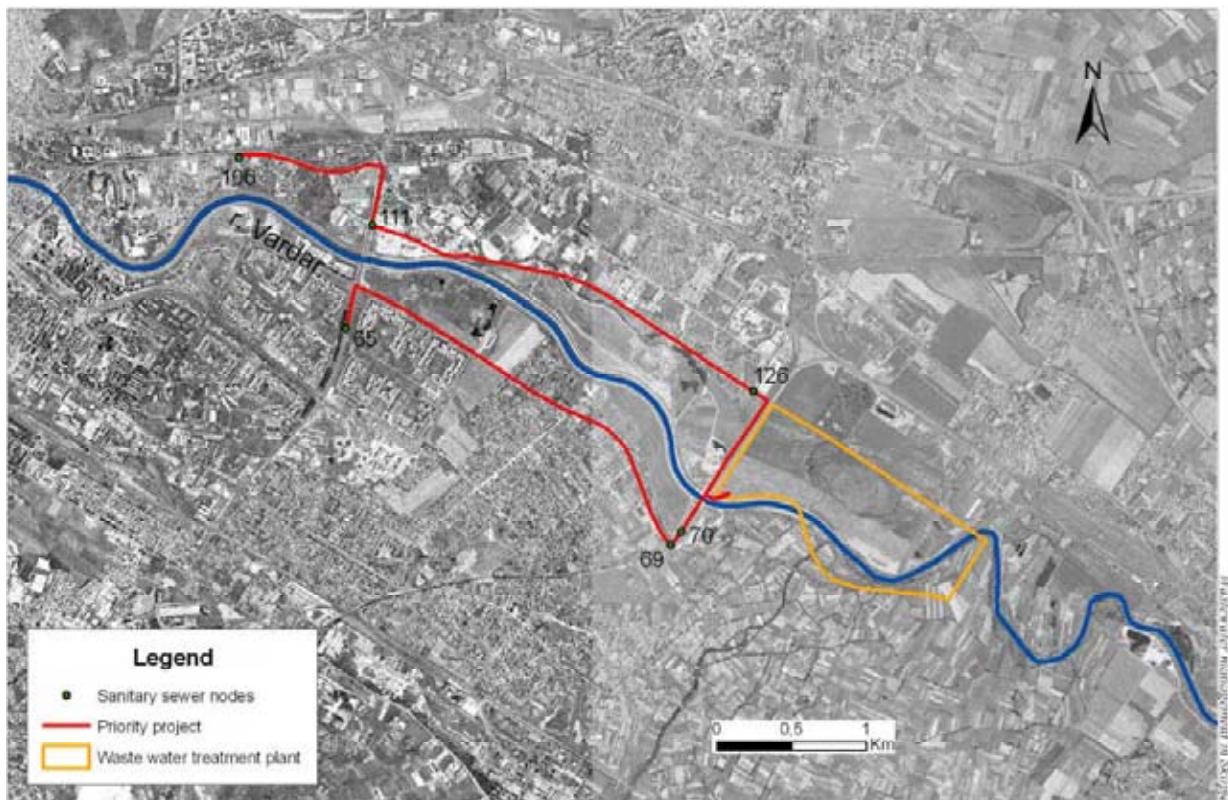


図 II. 2 施設平面図

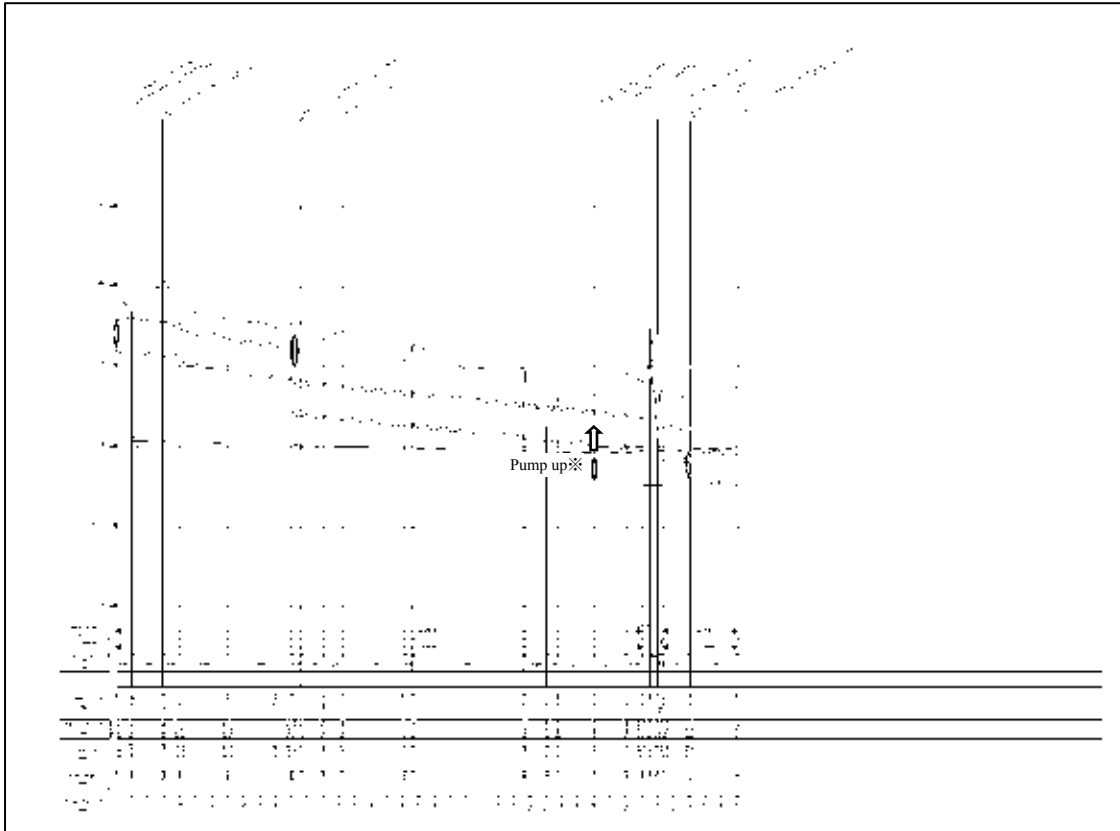


図 II.3 縦断面図(右岸側)

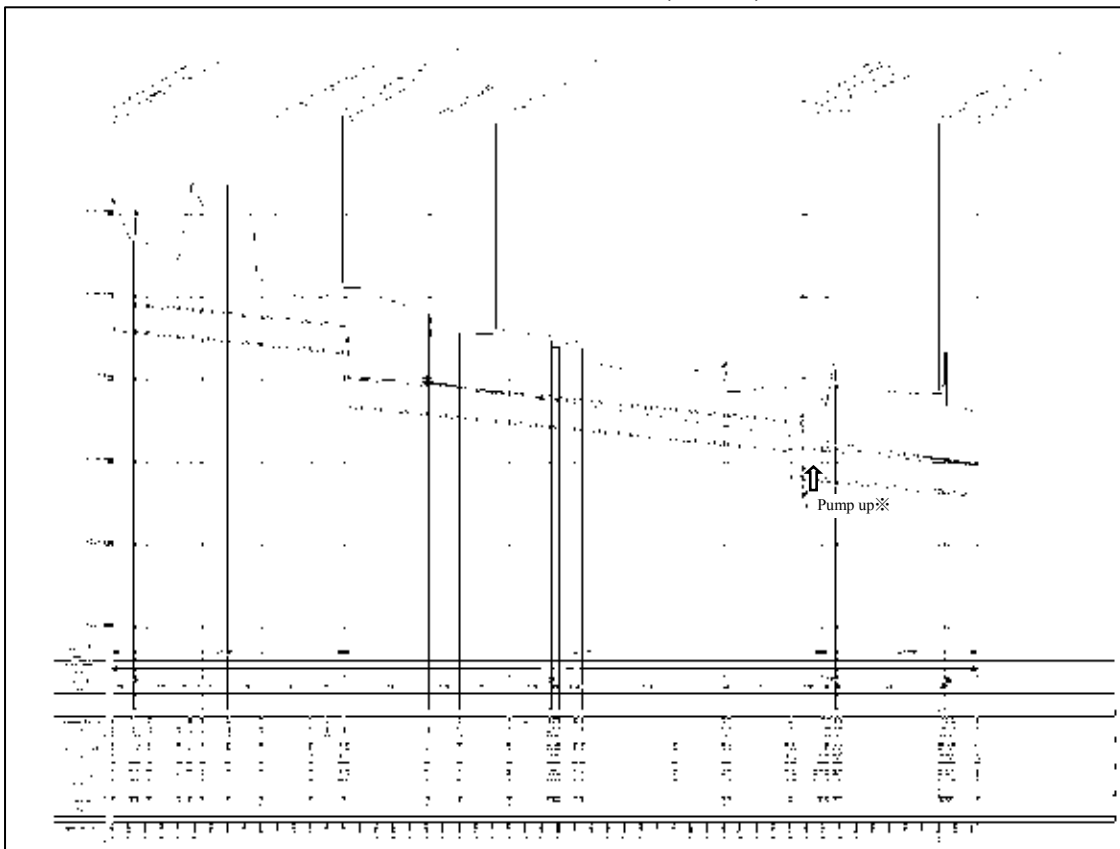


図 II.4 縦断面図(左岸側)

※本調査の対象外

3. 中央処理場の概略設計

3.1 設計パラメーター

F/Sにおける中央処理場の目標年次は2020年とする。基本条件及び処理水基準は表II.2～II.4にある通りである。これは都市下水に対するEU指令に基づいて決定したものである。

ここで、雨水については、一部の区域で污水管に雨水が流入する可能性があり、管きょ設計で定める汚水の時間最大水量と常時流下している日平均水量の余裕分に雨水が流入するとした。よって、処理場の施設設計では日平均水量について雨水に関して水量と負荷量を計上し、時間最大水量は家庭汚水量と工場廃水量を対象とすることとした。

3.2 設計基準

基本計画において処理方式の選定を行った結果、水処理は標準活性汚泥法、汚泥処理は、重力濃縮→嫌気性消化→天日乾燥が最適な方式であるという結果を得た。よって、ここでは選定された処理施設の設計基準を表II.6にまとめる。

表 II.6 処理施設の設計基準

施設名	項目	基準値	
		範囲	
A. 汚水処理(BOD 除去)			
(1) 沈砂池	水面積負荷	1,800 m ² /d	
(2) 最初沈殿池	水面積負荷	50 m ³ /m ² /d	35 – 70
(3) 反応タンク	水理的滞留時間	6.0 時間	6.0 – 8.0
(4) 最終沈殿池	水面積負荷	25 m ³ /m ² /d	20 – 30
(5) 塩素混和池	接触時間	15 分	
B. 汚泥処理			
(1) 重力濃縮槽	固形物負荷	75 kg/m ² /d	60 – 90
(2) 嫌気性消化槽	水理的滞留時間	20 日	
(3) 天日乾燥床	乾燥日数	14 日	
(4) ガスホルダー	貯留日数	12 時間	
(5) 汚泥一時貯留用地	貯留日数	1 年	

表II.7に水処理施設と汚泥処理施設の方式を提案している。目標年次である2020年においてBODで表される有機物の除去を目的として、EU指令に基づくとともに用地の制約と建設費・維持管理費を考慮して標準活性汚泥法を採用する。

表 II.7 処理方式

項目	段階	採用する方式
汚水処理施設	第1段階(2020年)	BOD除去のための標準活性汚泥法
	第2段階(2020年以降)	窒素除去のための硝化脱窒およびリン除去のための凝集剤添加
雨水処理	第1段階(2020年)	ファーストフラッシュを含む一定の雨水量について2次処理を行う
	第2段階(2020年以降)	水量及び水質について計測を行い貯留タンクの必要性について検討する
汚泥処理	第1および第2段階	濃縮、消化、乾燥

注：第2段階（2020年以降）は、放流河川先が Sensitive Area に指定された場合に備えた施設。

3.3 施設概要

表 II.8 施設概要

施設名	規模と池数	備考
A. 汚水処理施設		
(1) 沈砂池		
(2) 主ポンプ場	合計 166 m ³ /min	時間最大に対応
(3) 最初沈殿池	直径 24.0m × 8 池	
(4) 反応タンク	16.0m × 67.0m × 5.0m × 8 池	
(5) 最終沈殿池	直径 24.0m × 16 池	
(6) 塩素混和池	10.0m × 86.0m × 2.0m × 1 池	
B. 汚泥処理施設		
(1) 重力濃縮槽	直径 21.0m × 2 槽	
(2) 嫌気性消化槽	直径 26.0m × 14.0m × 4 槽	
(3) ガスホルダー	直径 16.0m × 10.0m × 4 槽	
(4) 天日乾燥床	18.0 ha	搬出用通路 8.0ha を含む
(5) 汚泥一時貯留用地	80m × 200m	

3.4 施設配置と洪水防御

3.4.1 現在の状況

用地として指定された水経済施設用地は 106ha を占めている。しかしながら、この内現在の河川区域、計画道路、保護区域などが 49ha を占めており、図 II. 5 に示すように、処理場建設に使える用地面積は 57ha に過ぎない。

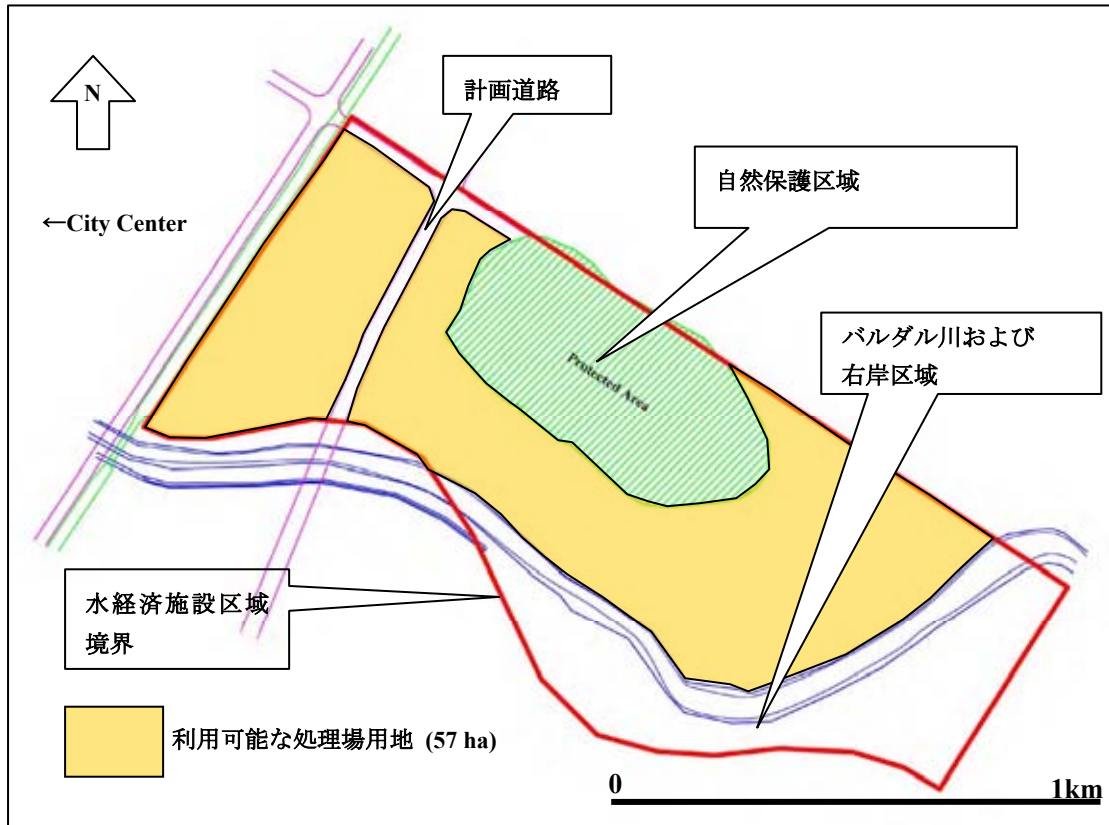


図 II.5 処理場用地の現況

3.4.2 施設配置計画

図 II.6 に中央処理場施設計画の一部を、図 II.7 に全体を示す。

配置は以下のことを考慮した。

- 水処理施設を流入部に近い計画道路西側に、汚泥処理施設は計画道路東側に配置する。
- 汚泥乾燥床は用地の西側には納まらないため東側に配置する。搬出用道路も含んで 18ha の用地が必要である。
- 臭気の発散を最小限に抑えるため、天日乾燥床を緩衝緑地帯で覆う。
- 1 年分の乾燥汚泥を仮置きするための用地を確保する。

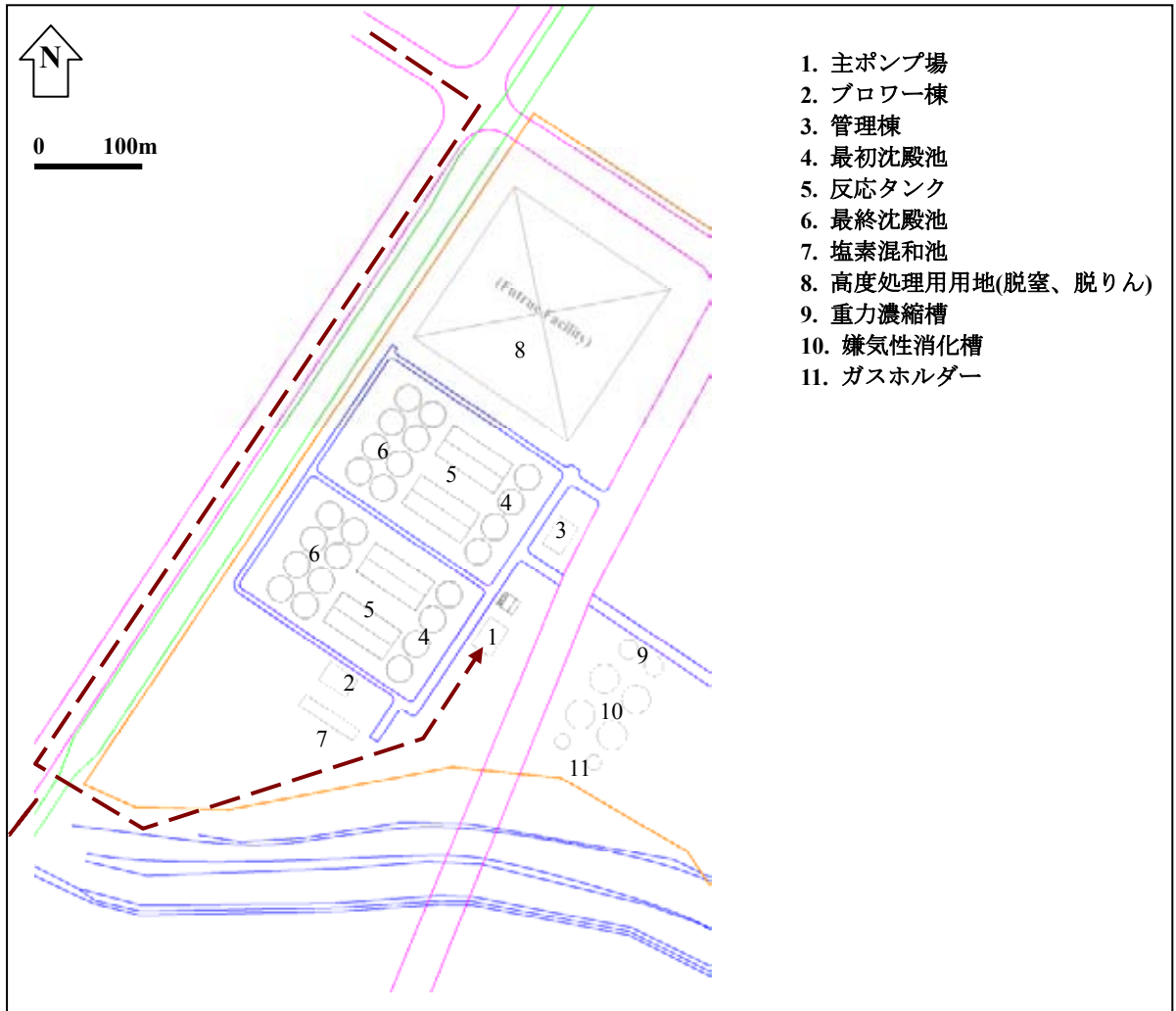


図 II.6 施設配置 (1)

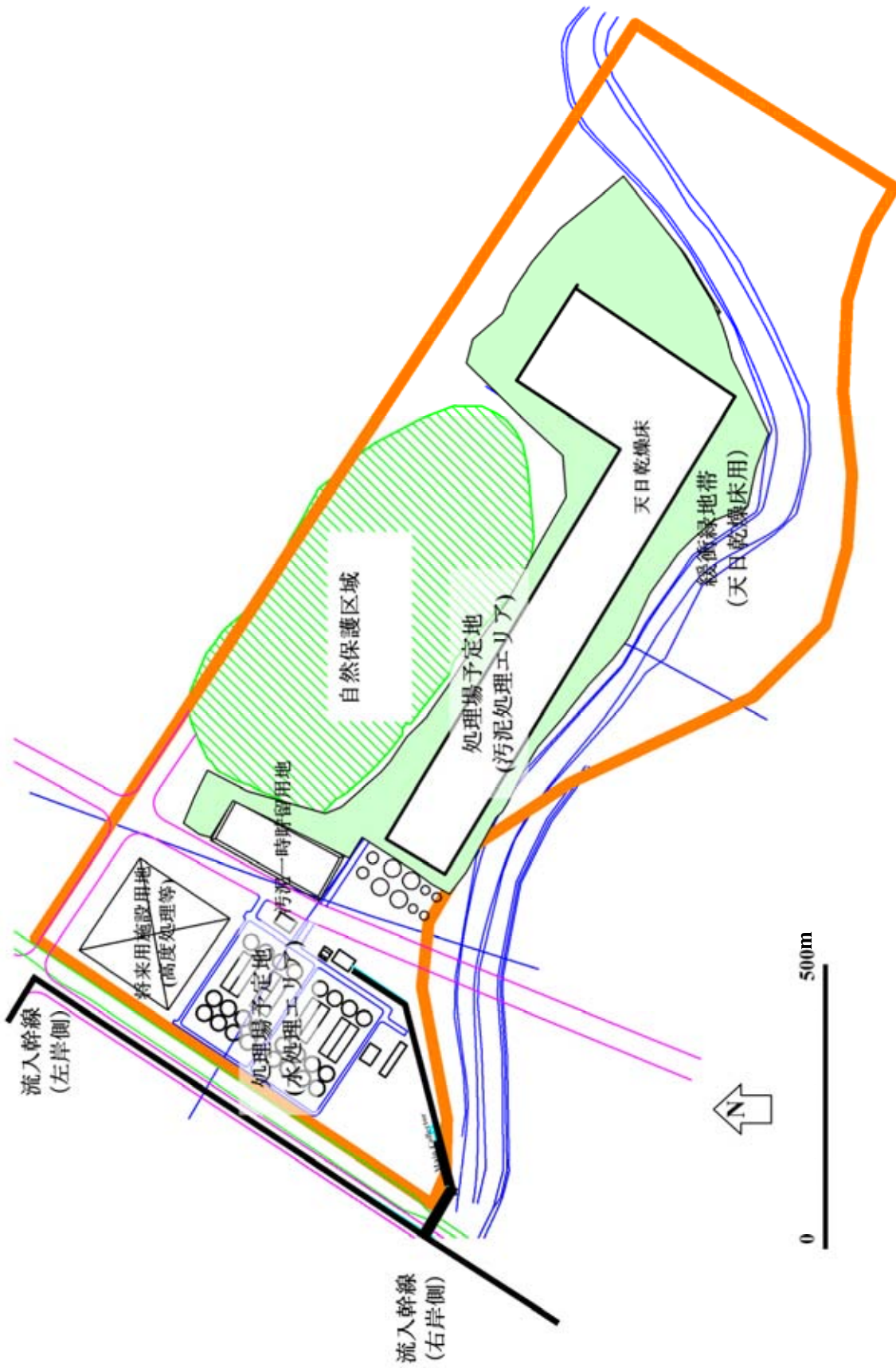


図 II.7 施設配置 (2)

3.4.3 洪水対策

下水処理場には維持管理に多数の作業員が従事するため、洪水に対する施設の保護を行う必要があることから、処理場建設の際に堤防の築造を行う計画とする。

堤防を築造する地点を図 II.8 に示す。予定地西側には盛土状の鉄道線路、同北側には旧河川に対応した盛土道路があり実質的に堤防の役割を果たす。従い、新設する堤防は、現況の河川に沿って、下流側の盛土道路まですりつける計画とする。なお、堤防はスコピエ市の河川計画である 1000 年確率時の計画堤防高で築造を行う。

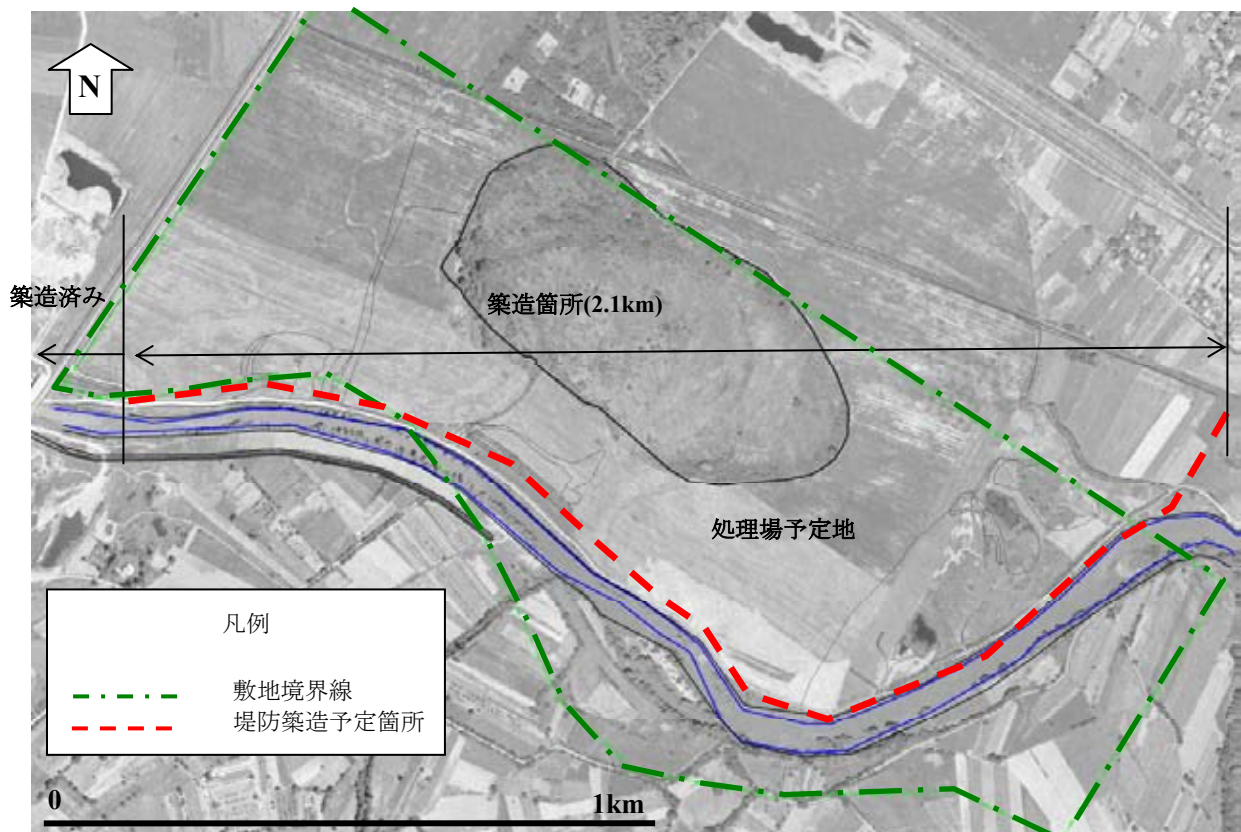


図 II.8 堤防築造地点

3.5 建設方法及び仮設計画

本処理場建設予定地は、スコピエ市郊外のバルダル川沿いに位置している。周辺を含めた地質は、土質調査結果から礫質地盤が広がっているといえる。土質調査結果から、現地盤は表層～GL-2.0m までがシルト質、2.0m 以降はレキ質土である。N 値は表層から 30 以上という結果が得られている。地下水位は GL-4.0m 付近となっている。良質な地盤の目安として、一般的に粘性土で N 値 ≥ 20 程度、砂質土で N 値 ≥ 30 程度とされていることから、本処理場予定地の現地盤は良質な地盤であり、十分な支持力が得られ、有害な沈下が生じにくいと考えられるため、全ての施設について直接基礎とする。

本処理場においては、地盤条件（法面勾配が 1:2 以内で安定した施工を行っている等）、自然条件（降雨が少ない等）、周辺環境条件（十分な用地を要する等）から、原則として法切りオープンカット工法を適用する。

3.6 CDM 事業実現可能性の検討

本プロジェクト活動における CDM 事業としての適用可否は、下水・排水処理分野で CDM 理事会により既に承認されている方法論は「ACM0014: Avoided methane emissions form wastewater treatment」および「AMS-III.H: Methane recovery in wastewater treatment」に基づいて行う。本プロジェクト活動で CDM 事業として適用が可能な技術は、消化ガスに含まれるメタンガスを有効利用した発電が挙げられる。バイオガスである消化ガスを燃料して発電された電力量に相当する系統電力の供給のために使用される化石燃料が代替されることによって CO₂ 排出量が削減される。

嫌気性消化槽で発生する消化ガスは、嫌気性発酵させる消化槽の加温用熱源として利用され、余剰分は燃焼装置で燃焼させた後に大気開放するのが一般的である。本検討では、消化ガスを有効利用する方法として、以下の 2 つのシステムを考える。

表 II.9 消化ガスの有効利用方法

代替システム	システム概要	熱効率
コージェネレーションシステム	消化ガスを燃料としてガスエンジンを動かし、発電機を駆動させることで発電する。同時に熱源回収装置により、ガスエンジンの排気熱および冷却水の放熱を回収して嫌気性消化槽を加温する。	消化ガスが持つエネルギーの約 32% を電気エネルギーに変換でき、25～30% を熱エネルギーとして利用することができる。総合効率として 57～62% のエネルギー回収が可能である。
加温設備＋ガスエンジン発電機	消化ガスを燃料として温水ヒーター等の加温設備により、嫌気性消化槽を加温する。余剰分の消化ガスを燃料としてガスエンジンを動かし、発電機を駆動させることで発電する。	加温設備の熱効率は、殆ど熱損失がないため高い。ガスエンジン発電機の発電効率は同等だが、廃熱回収をしないため、総合熱効率は劣る。

総合効率は、コージェネレーションシステムの方が優れるため、コージェネレーションシステムを先に検討する。

夏季においても廃熱回収により得られる熱量では、嫌気性消化槽の加温に必要な熱量に対して不足することから、年間を通して、重油等の補助燃料を使用する必要がある。CDM 事業としての適応を検討していることから、補助燃料を使用して不足熱量を補うことは、CO₂ 排出削減の観点から相応しくないことから適応できない。

次に、加温設備により嫌気性消化槽を加温して、余剰分の消化ガスを利用して発電するシステムを検討する。以下の表 II. 10 に消化ガス発電施設を導入した場合の発電力量および CO₂ 排出削減量をまとめる。

表 II.10 発電力量と CO₂ 排出削減量

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
発電力量 (MWh/日)	7.6	8.7	10.0	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	9.9	8.7
CO ₂ 排出削減量 (ton/日)	6.1	6.9	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	7.9	6.9

以下の表 II.11 に消化ガス発電施設を導入した場合の事業性試算をまとめる。

表 II.11 消化ガス発電導入における事業性試算

項目	費用
事業収益 = 事業収入 - 維持管理費	< 排出権売却収入を見込む場合 > =95,423 ユーロ < 排出権売却収入を見込まない場合 > =59,301 ユーロ

初期投資費用の回収年数は、売電収入のみでは 29 年、排出権の売却収入を含めると 18 年となる。消化ガス発電施設の主要施設は、機械・電気設備から構成され、設備の標準的な耐用年数は 15 年であることを考慮すると、耐用年数以内で初期投資費用の回収が不可能であることから、消化ガス発電施設の導入は実現性がないと判断される。

4. 維持管理計画

4.1 下水道事業体組織の強化

スコピエ上下水道公社は、1907 年の設立以来の長い歴史がある。同公社の強みは、直営で維持管理から建設（修繕及び拡張）にまたがるすべての上下水道業務をこなせる点にある。一方でその組織は硬直的である。かなりの分野が委託可能と思えるが、同公社によると、信頼できる委託可能先がなく外部委託が難しいとの事である。ともあれ、大規模かつ高度な技術を要する処理場の運転には、同公社の能力全般にわたる向上、より効率的な運営が必要となる。

4.1.1 キャパシティ・ディベロップメント

スコピエ上下水道公社の組織改革と並行して、財務の向上を図るべきである。今後の必要な能力開発項目として、運営組織の改革、財務管理の改善、料金政策及び料金設定プロセスの改善、人材開発管理、運営管理システムの改善等を挙げ、その調査結果は Part III に掲載した。

4.1.2 既存下水道維持管理運営組織

スコピエ上下水道公社は制度上、財務的に独立した組織である。同公社の総裁はスコピエ市議会によって任命され、同公社の運営について市議会に対して責任を負う。同公社の経営は基本的に独立採算であり、その運営に関しスコピエ市からの補助金や出資金はない。

スコピエ上下水道公社の組織は大きく、2008年3月末時点で1,120名の職員を擁する。スコピエ上下水道公社は日常業務に必要な部・課はすべて具備しているが、かなり複雑な組織である。

4.1.3 事業実施・建設時の組織

どの機関がプロジェクトを行うかは重要である。プロジェクト実施機関には準備段階から実行段階までまたがる多くの業務を実行する能力が必要である。実施機関の候補として運輸通信省、スコピエ市、スコピエ上下水道公社があるが、同公社が適切である。しかし、同公社の上下水道の計画、設計、建設の実績は国内調達に関するものではあり、国際調達業務遂行とは異なる。従い、この知識の習得が必要であることは論を待たない。

同公社内に、プロジェクト運営本部（PMU:Project Management Unit）を設立することを提案する。PMUは、総裁を長とし、支援委員会を設ける。

4.1.4 事業運営時の組織

処理場の維持管理を担当する部署の設立が必要となる。下水道部が下水管きよの維持管理に加えて、施設運営管理部が行っているポンプ場の維持管理を行う場合は、水道部も同様に水道管の維持管理の他に施設運営管理部が行っているポンプ場の維持管理を行う必要がある。この場合、施設運営管理部の機能は縮小し、建物の維持管理を行えばよいことになる。さらに建物の維持管理も各々下水道部、水道部に移管すれば、施設運営管理部は解消することになる。

この前提のもとで、組織として次の3案が考えられる。

代替案1

下水処理部を他の部と同等の位置に設ける。この部の機能は処理場の運転（operation）に限定され、管理業務（maintenance）は施設運営管理部が行う。

代替案2

下水管きよを管理している下水道部の機能を拡充し、処理場の維持管理も行う。同様に、水道部は従来の水道管に加えて取水、滅菌、ポンプ場の維持管理を行う。

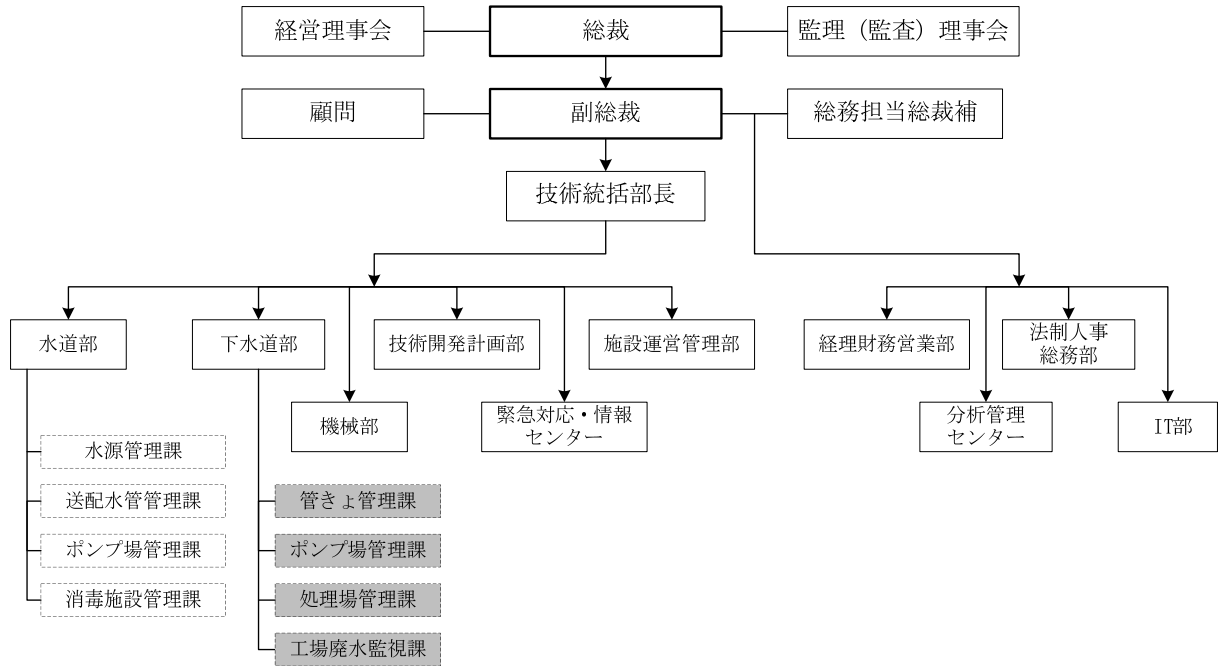


図 II.9 処理場運営組織 (代替案 2)

代替案 3

スコピエ上下水道公社の組織を水道本部、下水道本部、技術本部、総務財務本部の 4 部体制に再編成する。

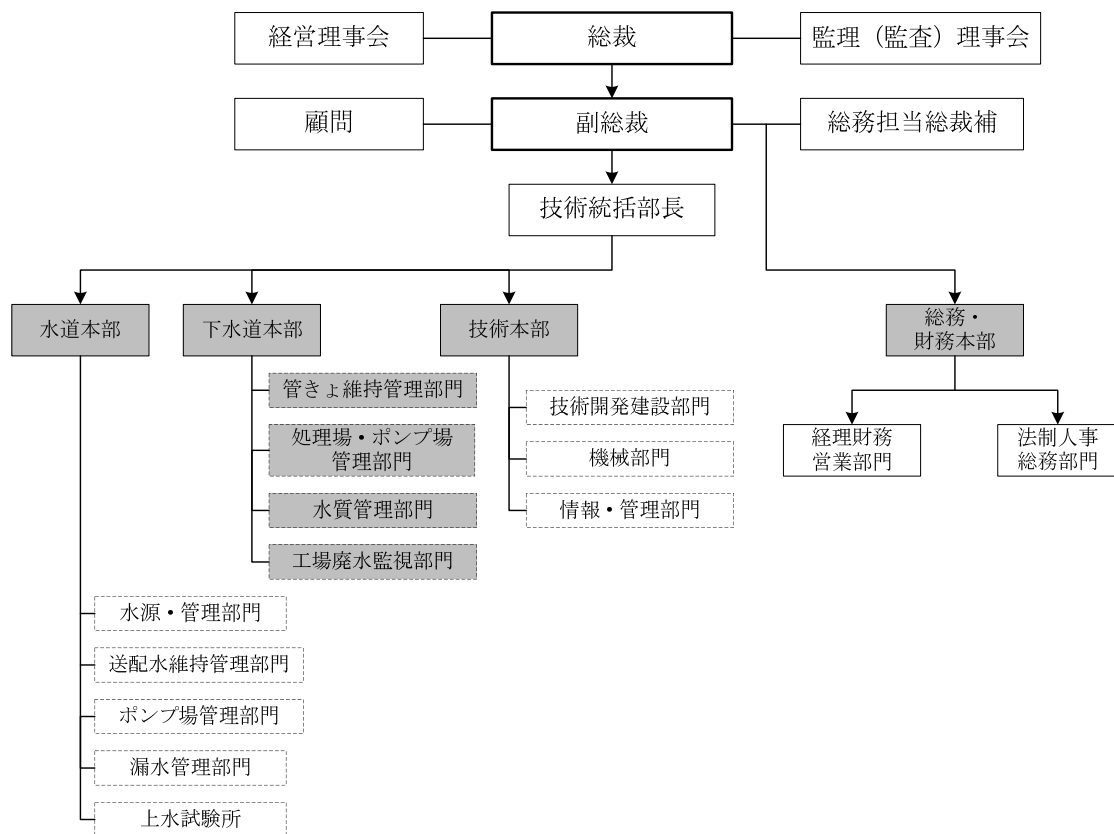


図 II.10 処理場運営組織 (代替案 3)

代替案 1 の長所は既存組織の変更が少ない点にある。短所は処理場の運転と管理業務が 2 部に分かれる点にある。

代替案 2 の長所は水道・下水道施設の維持管理が各々自己完結する点にある。欠点は、水道・下水の建設主体が明確でない点、施設運営管理部の機能が明確でない点、緊急対応・情報センターの役割が明瞭でない点にある。

代替案 3 の長所は明らかで、下水道本部、水道本部共に独立して各々の分野の維持管理ができる。技術建設、機械、情報管理が統合して発足する技術本部では、すべての技術面を合理的に扱えるようになる。経理、財務、営業、法務、人事、総務に関するすべての業務が総務財務本部で一元的に扱える。しかし、本案は大規模な再編成を伴い実行に時間を要することが予想される。

従い、代替案 3 を最終案として提案するものの、処理場の運転開始時期である 2015 年頃までの同案実施が困難である場合は、当面の対策として水道部、下水道部に各々の施設の維持管理を集約する代替案 2 を実行することを提案する。

4.2 下水道維持管理に関する法令

下水道管理者は、関連する法令を遵守し、適正な維持管理を行う必要がある。マケドニアの下水道施設の維持管理に関する法令には、新水法の他、環境法、水道・排水・下水法がある。新水法及び環境法は、公共用水域の水管理の仕組み、下水道施設の設置の必要性について、EU 指令をモデルに着実に整備されてきている。しかし、現行の水道・排水・下水法は、これらの動きを反映したものとなっていないので、新水法と調和した下水道施設の建設・管理・運営に関する法体系に改正する必要がある。そのため、わが国の下水道法との比較から、予定されている新水法の政令・規則の制定あるいは現行の水道・排水・下水法の改正において、以下のような規定について検討あるいは促進する必要があると思われる。

- a) 流域別の水質改善目標と下水道整備計画の立案
- b) 下水処理場からの放流水質に係る排水基準
- c) 事業場排水の下水道への排除基準と除害施設の設置および監視と立入り検査
- d) 下水道施設の維持管理に関し、地方自治体の条例に規定する必要がある条項
- e) 下水汚泥の減量と適正利用および処分
- f) 下水道施設の建設財源（国庫補助等）
- g) 下水道技術者の資格制度等

4.3 維持管理業務と実施体制

4.3.1 維持管理の目的

下水道の維持管理の目的は、施設を適切な技術水準に維持し、適切かつ効率的に運転管理を行い、必要な機能を十分に発揮させながら、その機能の保持・延命化を図り、将来の改築更新に備えるこ

とである。そのためには、長期的、総合的な観点から維持管理計画を立案し、計画的に維持管理を行う必要がある。

4.3.2 維持管理業務内容

下水道事業における管理業務には、①法規・予算・経理、②予算執行・契約、③資産の管理、④利用者への広報、⑤使用料の賦課・徴収、⑥排水設備の指導、⑦事業場排水の監視・指導、⑧管路施設の維持管理、⑨ポンプ場・処理場の維持管理、⑩水質管理、⑪台帳管理、⑫環境保全などがある。

4.3.3 公権限に基づく維持管理業務

維持管理業務には、排水設備の下水道への接続指導、工場廃水等の水質規制、下水道使用料の賦課などの公権限の行使に関する業務がある。

マケドニアでは、工場廃水の排水規制は環境都市計画省の管轄で、環境法に基づく統合的汚染防止管理（IPPC）制度によりなされることになっている。すなわち、工場廃水処理施設の設置等の指導、監視、立入り検査は環境都市計画省の管轄である。しかし、下水道が受け入れる工場廃水については、工場廃水以外の事業場排水（ガソリンスタンド等）も含め、下水道施設保護と放流水質確保の観点から、下水道管理者の監視が必要である。

4.3.4 下水処理場の維持管理機能と役割

下水処理場は昼夜を問わず、その機能を十分に発揮できる体制にしておくことが必要である。下水処理場の維持管理機能と役割は以下のとおりである。

- a) 運転管理：施設の運転操作監視、運転状況の巡視、記録・報告を行う。
- b) 保守管理：施設の定期点検、給油、故障修理を行う。
- c) 水質管理：日常試験・通日試験、汚泥の性状試験等の定期試験、記録・報告を行う。
状況に応じて、処理プロセス運転操作変更等の指示を行う。
- d) 施設管理：施設の巡回監視、建築物（設備）の日常/定期点検、簡易な補修を行う。
- e) 事務：資産管理、予算・会計・経理、人事管理、その他の庶務を行う。

その他、スコピエ市の中央下水処理場において、処理場と一体的に管理することが望ましい業務は、以下のとおりである。

- f) ポンプ場の管理：ポンプ場施設の運転管理、保守管理を行う
- g) 工場廃水の監視：工場廃水のサンプリングと水質検査を行う。

4.3.5 下水処理場の必要維持管理要員

管理体制を検討するにあたって、専門職員（職種）、管理人員（数）の確保の見込み及び経費等を総合的に勘案する必要がある。特に、管理形態を直営方式にするか民間委託方式にするかによって、事業管理者側の管理体制が大きく異なる。

わが国ではほとんどの市町村で何らかの業務委託を行っており、維持管理体制のスリム化を図っている。一方、マケドニアでは、受け皿となる信頼できる維持管理業者が育っていないため、

現在稼働中の Struga/Ohrid 市下水処理場、Kumanovo 市下水処理場等はいずれも地方自治体が直営で維持管理を行っている。スコピエ上下水道公社は、これまでの直営の実績や実施体制等からみて、処理場管理を直営で行う能力を有していると判断できる。

以上のような検討および日本の類似処理場の直営管理の実績から、処理場運転開始時の必要維持管理要員を表 II. 12 に示すように推定した。

表 II. 12 中央下水処理場の維持管理人員

管理部門	推定人員 (開始時)	内訳 (M:機械職、E:電気職、C:化学職)	目標人員 (将来)
1.運転管理部門	12人	日勤4人+交代勤務8人(4シフト)	12人
2.保守管理部門	8人	M4人+E4人	6人
3.ポンプ場管理部門	6人	3チーム×2人(M1+E1)	4人
4.水質管理部門	8人	日常試験6人+工場廃水等2人	7人
5.施設管理部門	6人	事務2人+保安要員1人×4シフト	5人
6.現業部門	14人	乾燥汚泥4チーム×2人+清掃6人	14人
7.工場廃水監視部門	6-4人	2チーム×3人(C,M/Eは兼務)	2人
合計	56人	M:13人、E:13人、C:6人、生物:2人、	50人

必要維持管理要員数 56 人は、上下水道公社の現体制を反映した、運転開始当初の陣容と考えることができる。その後の合理化を期待し、目標管理人員を 50 人とした。

4.3.6 維持管理に必要な資格者

下水道を管理するにあたり、法令で定められた資格者の配置が必要となる。下水処理場供用開始時には、それら必要となる資格者を用意しなければならないので、事前に計画的に資格者の養成、資格取得を行う必要がある。マケドニア政府、スコピエ上下水道公社に対し、日本の事例を紹介し、マケドニアの法令で求められる資格者の種類・レベル等について、調査することとした。

4.3.7 維持管理技術者の研修

下水処理場の建設時期が決まれば、処理場の運転開始に向けて数年前からさまざまな準備をスタートさせる必要がある。このうち、維持管理技術者及び資格者の確保は、最重要課題である。下水処理場の維持管理においては、機械・電気・化学・生物学だけでなく、土木・建築及び下水道の法律・経営等、多岐にわたる専門的知識及び技術が必要である。数年後のスコピエ市中央下水処理場の運転開始に向けて、維持管理に携わる職員の能力開発・向上を図るため、計画的・効果的に研修を行う必要がある。

特に、維持管理業務は現場における実務の蓄積・経験が重要であり、実務と理論を同時並行的に習得できるように、処理場での実地研修を行う等 OJT 研修を研修計画に組込む必要がある。処理場研修 (OJT) には、処理場運転開始 1 年前から 1 年後の 2 年間、専門家 4 名 (機械・電気・水質・工場廃水) を 8 人月派遣する。

4.4 水質管理および汚泥管理

4.4.1 下水処理場からの放流水質規制

水法の排水基準については、EUの都市下水処理指令(91/271/EEC)に基づき、2010年までに同法の政令あるいは規則として制定される予定である。スコピエ市下水処理場に適用される予定のEUの排水基準を表 II. 13 に示す。あわせて、参考までに、富栄養化あるいはそのおそれがある“sensitive area”に排出する場合の排水基準を表 II. 14 に示す。

表 II. 13 都市下水処理場からの排水基準 (91/271/EEC)

水質項目	濃度	除去率
BOD ₅ (20℃,硝化抑制型)	25 mg/l	70-90 %
COD	125 mg/l	75 %
TSS	35 mg/l	90 %(任意)

注) 濃度あるいは除去率が適用される。
(その他の注釈、測定方法は省略)

表 II. 14 都市下水処理場から富栄養化"sensitive area"への排水基準 (91/271/EEC)

水質項目	除去率	濃度	適用 (p.e.は人口当量)
TP	80 %	2 mg/l	10,000 - 100,000 p.e.
		1 mg/l	100,000 p.e.以上
TN	70-80 %	15 mg/l	10,000 - 100,000 p.e.
		10 mg/l	100,000 p.e.以上

注) 一つあるいは二つの水質項目が適用される。

注) 濃度あるいは除去率が適用される。

(その他の注釈、測定方法は省略)

一方、IPPC 制度では、規模が大きい事業場または有害性の高い物質を扱う事業場を A 分類とし環境都市計画省が主管機関として管理し、またそれ以外の有害物質を取り扱う中小事業場を B 分類とし地方自治体が管理することとなっている。工場廃水については、この IPPC 制度によって定められる予定の排水基準によって、重金属等有害物質の排水規制が行われ、違反した場合その罰則規定が適用される。現在、公共施設のうち都市廃棄物施設は A 分類に指定されているが、下水処理施設は A 分類、B 分類とも指定されていない。よって、下水処理場を IPPC 制度の規制対象にするのであれば、これに指定する必要がある。

工場廃水を受け入れる下水処理場が IPPC 制度の対象にならない場合は、有害物質排水規制の抜け穴をふさぐためにも、今後水法の政令・規則で定める予定の排水基準に有害物質に関する項目を規定する必要がある。今回、下水処理場放流水の水質管理目標として、中央下水処理場に適用されると想定される仮の排水基準を作成した。これは、日本の水質汚濁防止法の排水基準の項目から、水質項目 (BOD、COD、TSS、TN、TP) を除いたものである。

ちなみに、日本での下水処理場に対する水質規制は、下水道法および水質汚濁防止法によってなされている。下水道法では、下水道からの放流水質は、政令で定める「技術上の基準」に適合することが求められている。その「技術上の基準」として、一律基準と下水道管理者が定める計画放流水質、その他雨天時の合流式下水道からの水質基準が定められている。水質汚濁防止法では、

放流水の排水基準は、重金属等の有害物質に係るものと、その他の水質項目に係るものとに分けて定められている。また、湖沼、閉鎖性水域等の地域条件により、都道府県知事は条例でさらに厳しい排水基準（上乘せ基準）を定めることができる。これら水質汚濁防止法の排水基準に適合しない放流水を排出した場合には、罰則規定が適用される。下水道法の政令で定める技術上の基準（浮遊物質量、BOD、窒素含有量、りん含有量）は、水質汚濁防止法の排水基準のそれよりも厳しい値となっている。

4.4.2 放流水の水質測定

EUの都市下水処理指令によれば、排水基準を遵守しているかどうかを監視するための水質測定について、以下のように定めている。

- ・ 処理場の放流口、必要であれば流入口で、流量比例あるいは時間ごとの24時間サンプルを採取する。
- ・ 50,000 p.e.以上の規模では、初年度に年間24サンプルを採取する。

4.4.3 工場廃水等の事業場排水管理

マケドニアでは、水法、水道・排水・下水法によって、下水道に悪影響を与えるこれらの工場廃水を下水道に排出する際の排出規制、監視、除害施設の設置を義務付けている。下水道への排除基準については、スコピエ上下水道公社の排除基準があるが実態に即していない。下水処理場の運転開始までには、工場廃水等事業場排水の下水道への排除基準を制定する必要がある。今回の調査では、この下水道排除基準を、上記スコピエ上下水道公社の排除基準、日本（岡山市）の排除基準を参考に提案している。

ちなみに、日本では下水道法で一定の基準を設け、下水道管理者に工場・事業場排水を規制する権限を与えている。下水道法による水質規制の概要を表 II. 15 に示す。

表 II. 15 下水道法による事業場排水規制

規制の目的	規制の手段	下水排除基準	対象事業所
下水道施設の保護	除害施設の設置等	条例で制定	排水区域内の事業場
放流水の水質保護	直罰適用による下水排除制限	政令で規定（処置困難物質）	処理区域内の特定事業場
		条例で制定（処理可能物質）	
	除害施設の設置等	条例で制定	処理区域内の事業場

4.4.4 汚泥管理および環境項目の管理

a) 汚泥等の処理処分

下水処理の結果として発生する沈砂、スクリーンかす、脱水汚泥を適正に処理処分することは、排水基準を遵守することと並んで処理場の維持管理上最も重要なことである。このため、下水処理場の運転開始にあたり、脱水汚泥等の処分計画を作成する必要がある。

これら汚泥等の処分方法には、①一般廃棄物としての埋立て処分、②産業廃棄物としての埋立て処分、③農業利用等がある。マケドニアでは、これらに関する廃棄物処理法、肥料取締法にお

いて、下水汚泥の扱いや規制基準が明確になっていない。近い将来には、関連する EU 指令にある埋立て処分の規制基準、農業利用施用基準を準用して、下水汚泥への適用が図られる予定である。

脱水汚泥については工場廃水をいかに規制するかが、適正かつ有効な汚泥処分の鍵となる。汚泥処分計画の作成では、まず脱水汚泥の性状を検査し、重金属等の含有量により、農業利用が可能か、一般廃棄物処分場で処分するか、有害廃棄物処分場（計画）で処分するか、を判断する必要がある。

b) 環境項目の管理

大気汚染、騒音・振動、悪臭の環境項目については、特に処理場周辺の住民への影響がないように、処理場の運転管理に努めなければならない。そのためには、発生源となる施設を調査し、各々大気測定計画、騒音・振動測定計画、臭気測定計画を作成し、定期的にモニターを行うことが重要である。

4.5 下水道台帳と地理情報システム (GIS)

下水道台帳は、公共施設としての下水道の管理の適正化と、下水道施設の適正な把握の基本となるとともに、下水道使用者の閲覧及び他の機関への資料提供にも必要であるので、下水道施設全般の実態がわかるようにこれを保管しなければならない。突発事故等を未然に防ぎ、かつ施設の延命化を目指す計画的維持管理が重要となる。そのためには、清掃、修繕、事故等の履歴を整備した維持管理台帳を作成することが効果的である。

台帳の内容は下記の通りである。

(1) 調書

調書は少なくとも次に掲げる事項を記載する

- 1) 排水区の面積及び処理人口並びに排水区内の地名
- 2) 供用開始の年月日及び処理場における下水の処理開始の年月日
- 3) 吐き口の位置及び下水の放流先の名称
- 4) 管きよの延長及びマンホール、汚水柵、雨水柵の数
- 5) 処理場の位置、敷地の面積、構造及び能力
- 6) ポンプ場の位置、敷地の面積、構造及び能力

(2) 図面

1) 一般図

- ① 行政区名及びその境界線
- ② 予定処理区の境界並びにその処理区、処理分区又は、排水区の境界線及び名称、
- ③ 管きよ及び吐き口の位置並びに下水道の放流先の名称
- ④ 処理施設及びポンプ施設の位置及び名称
- ⑤ 方位、縮尺、凡例及び調整年月日

2) 施設平面図

- ① 前記 1)の ①~③ 及び ④に掲げた事項、その他
- ② 管きょ、③ 取り付け管、④ マンホール、⑤ 汚水ます、雨水ます、⑥ 吐き口、⑦ 排水施設の接続する道路側溝等、⑧ 処理施設及びポンプ施設、⑨ 下水道管理者の許可又は協議に基づいて設けられた施設又は工作物、等

下水道台帳管理システムを地図情報と組み合わせて行えば、管理はより容易になる。スコピエ上下水道公社では既に GIS による管理を導入している。

4.6 管路施設の維持管理

4.6.1 維持管理の目的

管路施設の維持管理は、施設の状態を十分に把握し、以下の目的を達成するために行う。

- (1) 施設の機能保持
- (2) 施設の使用期間の延命（ライフサイクルコストの縮減）
- (3) 他の施設への悪影響の防止及び他工事による管路施設の損傷防止

4.6.2 計画的な維持管理

管路施設の機能を十分に発揮させるためには、定期的な点検・巡視に基づく施設機能の合理的判定と適切な処置を計画的に実施する必要がある。

維持管理計画は、新設時から標準的耐用年数に伴う改築までの期間に対するフローチャートを参考に策定する。長期的観点による、日常及び定期的巡視・点検は維持管理の基本であり、施設の現状を把握するために欠かせないものである。管内の異常の大部分は視覚調査によって確認することができるが、例えば、管路施設の水密性は、地下水位が高く、浸入水や流入水が目視できる場合にのみ確認できるので、目視できない場合にも適用できる調査、試験により確認する必要がある。

計画的な維持管理を行うためには、関係資料や情報を計画的に収集しこれらを体系的に整理して、有効に活用することが必要である。

維持管理に関する資料は：

- ・ 竣工検査資料（出来高図等）
- ・ 点検・調査、清掃、修繕等の結果報告
- ・ 通報処理報告
- ・ いっ水や道路陥没等の事故報告等、非常に幅広いものがある

これらの情報を現場の対応に利用するだけでなく、記録として残すことが重要である。記録された情報は、整理・分析することによって有効活用が図られる。

4.7 ポンプ場の維持管理

晴天時や少量の降雨時の運転管理は比較的容易であるが、豪雨時の運転管理、故障時の処置は通常不慣れな場合が多いため、あらかじめその対応の方法を定め習熟しておく必要がある。維持管理項目として以下のものが挙げられる。

- (1) 沈砂池の管理
- (2) 流入ゲートの操作
- (3) スクリーン設備の運転
- (4) 除砂設備の運転
- (5) 揚水ポンプの運転
- (6) 放流ゲートの操作
- (7) 機械及び電気設備の保守及び点検

4.8 広報活動

下水道サービスは、地下に布設された管により下水が収集、街から離れた場所にある処理場で処理されるため、目に見えにくいという性質を持つ。そのため、下水道サービスに関しては、サービスの必要性・重要性、財政や料金徴収等にかかる住民の支持や理解を得るためにも、広報活動が必要となる。

一般的に広報という形で情報提供をし、住民の理解を求める形が多いが、住民からも意見を聞く等双方向でのやり取りが住民の理解を得るには適している。そこで、報道・印刷物・視聴覚等の一般的な広報だけでなく、集会・アンケート・モニター調査、協議など住民と相互に意見を述べ合うような広報活動を実施すべきである。また、活動にあたっては、水道サービスとの共同作業、タイミングや頻度、広報方法等を定める長期目標を策定してから実施するのが望ましい。

5. 概算事業費の算定と実施計画

5.1 概算事業費

5.1.1 概算事業費の算定条件

概算事業費の算定は、以下の条件をもとに算定した。

- 概算事業費の構成は、建設工事費、事業管理費、エンジニアリング費、予備費（物理的予備費・物価上昇予備費）、用地取得・補償費、その他費用、税金および建中金利とする。
- マケドニア国側の事業管理費は、建設工事費に対して2%とする。
- エンジニアリング費は、建設工事費に対して10%とする。
- 物理的予備費は、建設工事費、事業管理費およびエンジニアリング費に対して土木工事が主体であることから10%とする。

- 物価上昇予備費は、内貨分をマケドニア国の物価上昇指数より 3.2%/年、外貨分を EU 諸国の物価上昇指数より 2.3%/年とする。
- 関税は、国外調達の各製品に対してマケドニア国の輸入税率より 3～15%とする。また、税金はマケドニア国の付加価値税 (VAT) 率より 18%とする。
- 用地取得・補償費は、将来計画までを含んだ 57ha を対象とした。
- その他費用は、今回の事業において建設が必要である、河川堤防、アクセス道路の築造及び、送電線の移設を計上した。
- 建中金利は、事業の実施が融資により資金調達されることを考慮して計上した。
- 内貨部分 (L.C.) と外貨部分 (F.C.) を分けて算出する。
- 円とユーロの交換レートは、2008 年 8 月から直近 6 ヶ月間の平均レート (1 ユーロ=163.11 円) とする。また、ユーロと現地通貨のデナールの交換レートも同期間の平均レートから、1 ユーロ=62.03 デナールとする。
- 現地の流通通貨単位は、デナールであるが、マケドニア国の経済は、EU 諸国の影響が強いため、ユーロによる貨幣経済下にある。

5.1.2 概算事業費の算定

概算事業費の総額は、税金・関税を含めると 116.6 百万ユーロ (190 億円)、税金・関税を含めないと 98.1 百万ユーロ (160 億円) となる。概算事業費を表 II. 16 に示す。概算事業費に占める建設工事費の比率は、48%であり、建設工事費以外の間接工事費は、52%である。概算事業費に占める内貨部分の比率は 72%、外貨部分の比率は 28%である。また、建設工事費に占める遮集管の比率は 14%、下水処理場の比率は 86%である。

表 II. 16 概算事業費

No.	項目	内貨部分 (ユーロ)	外貨部分 (ユーロ)	合計 (ユーロ)
1.	建設工事費			
A	管路施設			
A.1	遮集管	7,700,000	0	7,700,000
B	下水処理施設			
B.1	汚水処理施設	15,182,000	14,605,000	29,787,000
B.2	汚泥処理施設	11,808,000	6,555,000	18,363,000
	小計(1)	34,690,000	21,160,000	55,850,000
2.	事業管理費	1,441,000	0	1,441,000
3.	エンジニアリング費	4,474,000	2,610,000	7,084,000
4.	物理的予備費	3,469,000	2,116,000	5,585,000
5.	物価上昇予備費	7,506,000	4,330,000	11,836,000
6.	用地取得・補償費	8,550,000	0	8,550,000
7.	その他費用	948,000	0	948,000
8.	税金・関税	18,447,000	0	18,447,000
9.	建中金利	4,936,000	1,875,000	6,811,000
	小計(2)	49,771,000	10,931,000	60,702,000
	合計 (税金・関税込み)	84,461,000	32,091,000	116,552,000
	合計 (税金・関税抜き)	66,014,000	32,091,000	98,105,000

5.2 維持管理費の算定

5.2.1 維持管理費の算定条件

維持管理費の積算は、以下の条件をもとに算出した。

- 人件費として、キャパシティ・ディベロップメントで算出した人員を計上する。
- 消耗品費として、電気代、薬品代、その他の消耗品を計上する。
- メンテナンス費として、機器類のスペアパーツ費を計上する。
- 汚泥処分費として、乾燥汚泥の全量を一般廃棄物として処分した場合の費用を計上する。
- 管渠清掃費として、本事業で新たに築造する遮集管の清掃費用を計上する。

5.2.2 維持管理費の算定

優先事業の実施により建設される施設に必要な年間の維持管理費の総額は、1.53 百万ユーロ/年 (2.5 億円/年) となる。維持管理費の内訳を表 II. 17 に示す。

表 II. 17 維持管理費

項目	維持管理費 (ユーロ/年)
人件費	165,000
消耗品費	753,800
汚泥処分費	320,100
メンテナンス費	285,600
管きよ清掃費	2,200
合計	1,526,700

5.3 事業実施計画の策定

5.3.1 事業の実施工程

事業実施は、2009 年の融資調整から始まり、2010 年にコンサルタントの選定、2011 年に実施設計、2012 年に入札および評価を実施して施工業者を選定する工程とする。用地取得は、事業実施の可否にかかわり、実施設計の制約条件となるため、2010 年までに完了することが必要である。また、河川堤防、アクセス道路の築造および送電線の移設は、下水処理場の建設工事が着工する前に必要であることから、2012 年に実施する工程とする。上記を踏まえた事業の実施工程を図 II.11 に示す。

項目	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
融資調整	■							
コンサルタントの選定		■						
実施設計			■					
入札及び評価				■				
用地取得		■						
河川堤防、アクセス道路、送電線移設				■				
遮集管の建設					■	■		
下水処理場 (土木・建築) の建設					■	■		
下水処理場 (機械・電気) の建設							■	■

図 II. 11 事業の実施工程

5.3.2 事業の年次別実施費用

事業の実施工程に基づく、各年次別の実施費用を表 II. 18 に示す。

表 II. 18 事業の年次別実施費用

項目		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	合計
建設事業費	内貨部分 (百万ユーロ)	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	15.7	1.7	1.7	34.7
	外貨部分 (百万ユーロ)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	10.6	21.2
	合計	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	15.7	12.2	12.2	55.9
間接事業費	内貨部分 (百万ユーロ)	0.0	11.8	1.7	3.0	12.7	13.6	3.4	3.6	49.8
	外貨部分 (百万ユーロ)	0.0	0.0	0.7	0.7	0.3	0.4	4.3	4.6	10.9
	合計	0.0	11.8	2.3	3.7	13.0	13.9	7.7	8.2	60.7
合計	内貨部分 (百万ユーロ)	0.0	11.8	1.7	3.0	28.4	29.3	5.1	5.2	84.5
	外貨部分 (百万ユーロ)	0.0	0.0	0.7	0.7	0.3	0.4	14.9	15.2	32.1
	合計	0.0	11.8	2.3	3.7	28.7	29.6	19.9	20.4	116.6

6. 環境社会配慮 (EIA レベル)

6.1 環境社会配慮 (EIA レベル) 実施

環境社会配慮 (EIA レベル) はマケドニア法制度及び JICA ガイドラインに従い実施された。マケドニアの法制度では、10 万人以上の処理能力を持つ下水処理場は F/S 時に環境影響調査 (EIA) 実施が義務と規定されており、必要手続きは下記の通りである。

- プロジェクト実施意図の届出：2008 年 6 月 30 日にスコピエ市より環境都市計画省に提出
- スコーピング結果：2008 年 10 月 14 日に環境都市計画省が発表
- EIA 調査：スコーピング (案) に基づき実施、2008 年 10 月末にスコピエ市から環境都市計画省に提出
- 公聴会：EIA レポート受領後に環境都市計画省が開催 (2009 年 1 月 23 日実施)

6.2 環境影響評価

プロジェクト実施により、バルダル川及び地下水の水質改善に寄与する一方で、負の影響も予測される。環境・社会に対するプロジェクト (下水処理場及び幹線) の建設時・運営時の影響について EIA 調査の中で評価を行った。

(1) 建設時における影響

建設時における比較的大きな負の影響は下記のもので予測される。

- 地形・地質：処理場予定地・幹線布設エリアの土質は砂利や粘土質であり、かつ地下水位が浅いため、建設中の掘削活動等による地滑りにより地形・地質への影響が考えられる。
- 水質 (地下水及びバルダル川)：雨水による掘削土砂の河川への流出・土壌浸出、燃料やオイルの漏出による水質汚染が考えられる。

- 河川流況：伏越し施設建設による河川の堰きとめ、迂回、ダム建設により河川流量と流況に影響をもたらす。
- 動植物：人間の生息地への接近、車の移動、重機運転による騒音・振動による鳥・爬虫類・哺乳類への影響が考えられる。
- 大気汚染：掘削等による粉塵や車輛・重機による燃焼ガスにより大気が汚染される。
- 土地収用と土地利用：土地収用により現在の土地利用を妨げる。
- 社会インフラストラクチャーとサービス：交通量増加による交通渋滞・通行止めによる迂回等の影響が出る。
- 廃棄物：建設中には掘削した残土・建設場所の草木等の除去、建設活動による一般廃棄物等が発生する。

(2) 運営時における影響

運営時における比較的大きな負の影響は下記のもので予測される。

- 水質（地下水及びバルダル川）：処理システムや乾燥床、汚泥の一時貯留地からの浸透による汚染の可能性がある
- 動植物：人間や車輛移動により人間の接近に敏感な鳥や哺乳類に負の影響を与える。
- 廃棄物（汚泥）：下水処理工程においてかなりの量の汚泥が発生する。工場廃水の前処理状況によっては有害物質が含まれる可能性もあり、影響は大きい。
- 悪臭：処理場施設運営により悪臭の発生が考えられる。

上記のような負の影響が見込まれるが、適切な緩和策を取ることでこの影響を緩和・防止・減少させることができる。同時に提案したモニタリング計画を実施することで、環境・社会への影響を適切に把握し、必要に応じて緩和策を実行することが必要である。

6.3 ステークホルダー協議

F/Sにおいて第3回目のステークホルダー協議が2008年10月16日に開催され、47名が参加した。協議の目的は、F/S及びEIA調査結果の報告、並びに参加者からの意見聴取である。

6.4 公聴会

マケドニアの法制度ではEIA報告書の審査過程において公聴会が開催されなければならない。2009年1月23日に環境都市計画省主催で本プロジェクトに関する公聴会が開催された。

7. 優先プロジェクトの評価

7.1 財務評価

7.1.1 財務評価の方法

本事業で建設される汚水処理施設と幹線遮集管は、スコピエ上下水道公社の下水道施設の大きな部分を占めることになる。また、他の部分が完全に機能しなければこれら施設も機能を発揮できない。一方公社は財務的及び人的資源を水道・下水道に分離することなく使い、また水道と下水道の経理を一緒に行っている。公社はこれを水道と下水道に分割する意図がないし、分けることにメリットを見ていない。実際に一つの経費項目、例えば維持管理の人員費を水道用・下水道用に分離することはほとんど不可能である。従って財務評価は公社全体として行う。

7.1.2 財務的費用および財務的便益

財務的費用は(1)プロジェクトの寿命期間中にその運営で発生する経費及び(2)同期間で要する初期投資、機器の更新のための追加投資及び借入金返済資金からなる資本的経費に分けられる。

財務的便益は事業体の運営によってもたらされる。財務的便益は事業運営によるプロジェクト寿命期間中の収益と定義できる。政府や市の補助金があればそれも便益の一部となる。プロジェクトの建設資金としては借入金が重要な資本の収入源となる。

7.1.3 支払い可能額評価

支払い可能額とは一般家庭がその可処分所得の中から水道（及び下水道）料金として支払い可能な限度額をいう。

本調査の下で行われた住民意識調査（403 世帯を対象）によれば、平均的収入の世帯では月平均 17.5 m³/月の水を消費する。低所得層（下位 25% 帯所得レベル）ではこれが 8.0 m³/月となる。

また、スコピエ市における平均的世帯（50% 帯）の収入は月 16,000 MKD、低所得層の月収入は 8,000 MKD であった。

平均的所得世帯の上下水道料金は 514 MKD/月であり、これは可処分所得 16,000 MKD の 3.2% に相当する。低所得世帯ではこれが 2.9% になる。統計年報（2007）によればマケドニアの平均的世帯の年間所得は 267,523 MKD であったが、消費支出は 379,378 MKD もあり、その差は 42% もある。つまりマケドニアの世帯は公式に把握される所得よりはるかに多い支出を行っている（いわゆる unofficial economy 貢献度が大きい）。それを見れば実際の支払い可能額は上記よりかなり高いものとみなすことができよう。

WHO 及び国際金融機関等援助機関のガイドラインによれば上下水道料金に関する支払い可能額は可処分世帯所得額の 4% である。これに従えば、マケドニアの平均的所得世帯の支払い可能額は

は 640 MKD/m³、低所得世帯層のそれは 320 MKD/m³ となる。

7.1.4 支払い意志額評価

上記住民意識調査によれば、現行料金に追加してよい平均的支払い意志額は世帯当たり 432 MKD/月となった。低所得世帯層のそれは 220 MKD/月となった。従って現行料金との合計額は表 II. 19 のようになった。

表 II. 19 上下水道サービスに対する支払意思額の合計

所得分類	現行の水道サービス に対する支払額 (MKD)	現行の下水道サービス に対する支払額 (MKD)	改善された下水道サービス に対する支払意思額 (MKD)	合計 (MKD)
低所得層	138	97	220	455
中所得層	302	212	432	946

合計支払い意志は中位所得、低位所得両階層でかなり高い。946MKD および 455MKD はそれぞれの階層の可処分所得の 5.9% 及び 5.7%に相当する。支払い意志額と支払い可能額とは通常一致しないが、この結果は居住環境の改善に対するコストを負担する意志はかなり高いものとみなすことができる。

7.1.5 財務評価のシナリオ

(1) シナリオ

本プロジェクトの財務的存続性は以下に述べるようなシナリオを想定して検討する。それらシナリオには資金源、その借款条件、料金値上げの程度、償却費という形での資本コスト回収の程度が織り込まれる。選定されたシナリオを表 II. 20 に掲げる。

表 II. 20 財務評価のシナリオ

(単位：%)

シナリオ	EU(EIB)	JICA	IPA	政府	料金値上げ	償却
1	90	0	0	10	20	100
2	50	50	0	0	20	100
3	0	80	10	10	20	100
4*	0	0	0	100	20	100

* JICA からの資金は受けるが、返済は政府が肩代わりし、施設は無償で公社に引き渡される。

資金源別の条件¹⁰：

1. European Investment Bank (EIB)：利率 4%；返済期間 20 年；猶予期間 なし
2. 国際協力機構 (JICA)：利率 0.75%；返済期間 40 年；猶予期間 10 年
3. Instrument for Pre-Accession fund (IPA)：無償
4. 政府資金：無償

(2) プロジェクトの財務評価

¹⁰ 各融資機関の融資条件は 2007 年末現在適用されていたものである。

プロジェクトの財務評価では、プロジェクト寿命期間 30 年にわたる損益計算書および資金運用表を作成する。損益計算書（経常収支）の収益サイドには給水（下水道）収入、その他の収入、支出サイドには直接的費用、間接的費用、償却費、給与費、サービス購入費、回収不能受取勘定除却費、その他費用が計上される。資金運用表（資本収支）にあつては、資金的収入として経常会計剰余金、償却費、借入・無償資金が、資本的の用途（支出）としてプロジェクト初期投資、同機器等更新用再投資、借入金償還を計上する。なお、給水（下水道）需要については基本計画での需要予測に従った。財務評価を下記に示す。

表 II. 21 キャッシュフローバランス

シナリオ	キャッシュフローバランス	財務的実行可能性
1	機器更新のための再投資時の一時を除き、経常収支は黒字であり、最終的には、5,500 百万 MKD の資金蓄積が見込める。	良い
2	全期間にわたり経常収支はプラスであり、最終的には 6,100 百万 MKD の資金蓄積が見込める	良い
3	全期間にわたり経常収支はプラスであり、最終的には 8,500 百万 MKD の資金蓄積が見込める	良い
4	全期間にわたり経常収支はプラスであり、最終的には 12,600 百万 MKD の資金蓄積が見込める	良い

上記の結果、どのシナリオによっても 20%の料金値上げで経常収支に欠損は生じない。また、資本収支もシナリオ 1 で一時（機器更新のための再投資時）わずかな資金不足が生じるが、他のシナリオでは低い時期で 2,000 百万 MKD～7,000 百万 MKD、最終的には 5,500 百万 MKD～12,600 百万 MKD の資金蓄積が見込める。

料金値上げを 15%にすると、いずれのシナリオでも経常収支は 2027 年ころから赤字になり、最終的には 1,200 百万 MKD の累積赤字となる。経常収支が早い時期に赤字となるのでプロジェクトは持続性が保てない。

料金については、現在平均的所得世帯では月 17.5 m³の水を消費し、514 MKD 支出している。低所得世帯ではこれが 8 m³及び 235MKD である。可処分所得に対する比率はそれぞれ 3.2%、2.9% である。20%の料金値上げはこれらをそれぞれ 3.8%、3.5%に押し上げるが、まだ支払意志額及び支払い可能額の範囲内と考えてよい。

7.1.6 推奨シナリオと料金値上げの提案

上記各シナリオを比較すると、プロジェクト・コストが JICA ローン 80%（残り 20%は政府あるいは IPA 無償資金）で賄われた場合に最も有利な条件を得ることができ、また上下水道合わせ 20%の料金値上げで存続可能である。

したがって、推奨されるシナリオは、シナリオ 3（JICA ローン 80%、IPA 資金 10%（無償）及び政府資金（無償）10%、料金値上げ 20%）である。

7.1.7 FIRR

計算の結果推奨シナリオによるプロジェクトの FIRR は 5.2% となった。

以下のようにパラメーター値を変化させて感度分析を行った。

- (1) プロジェクト・コスト：±10%
- (2) 料金値上げ幅(ベース・ケース：+20%からの増減)：20%±2.5%
- (3) 汚泥処理方式変更：天日乾燥床→機械脱水方式

表 II.22 感度分析結果 (FIRR)

パラメーター	変動幅	FIRR	汚泥処理方式
ベース・ケース	-	5.2%	天日乾燥
プロジェクト・コスト	+10%	4.2%	(同)
(同)	-10%	6.3%	(同)
料金値上げ	20%+ 2.5%	6.1%	(同)
(同)	20% - 2.5%	4.2%	(同)
汚泥脱水方式	天日乾燥→機械脱水	3.1%	機械脱水

7.2 経済評価

7.2.1 経済評価の方法

投資に対する利益を推し量る点で、財務評価と経済評価はその手法が類似している。財務評価はプロジェクト主体あるいは裨益者に発生する利益を計量するが、経済評価はプロジェクトの国家経済への貢献を推し量る。経済的に存立可能なプロジェクトは財務的にも存立可能なはずである。

経済評価はプロジェクトの正及び負のインパクトを実際の支払金額でなく支払い意志及び（プロジェクトによって）犠牲となった消費に対する補償によって推し量る。なんとなれば、

- 経済評価に算入すべき多くのプロジェクトのインパクトは市場で売買できない（たとえば生物学的多様性保存）、あるいは水道や衛生プロジェクトの便益のように不完全な意味でしか市場性がない（競争原理が働かない）。
- 市場に出る場合でも、多くは政府の価格規制があるあるいは、競争が不完全な市場で売買される。

不完全な市場における支払い意志を推し量る際にはシャドウ価格を使ってもよい。マケドニアはそのシャドウ・エコノミーの存在でよく知られるが、マケドニアのシャドウ・レートに関する調査・報告はない。

プロジェクトの経済的純便益は、プロジェクトの with および without 状態での社会の所得の変化の合計に反映されている。

7.2.2 EIRR

計算された EIRR は 6.2% である。この値はこの種のプロジェクトとしては中庸の値である。現在

実際のデータや費用関数など関連情報がなくて算入できないが、住環境改善・健康増進による労働生産性の向上などを算入すればもっと大きくなる。

以下のようにパラメーター値を変化させて感度分析を行った。

- (1) プロジェクト・コストの増減：±10%
- (2) ベース・ケース (+20%) からの料金値上げ幅増減: 20%±2.5%
- (3) 汚泥処理方式の変更：天日乾燥方式から機械脱水方式へ

表 II.23 感度分析結果 (EIRR)

パラメーター	変動幅	EIRR	汚泥処理方式
ベース・ケース	-	6.2%	天日乾燥
プロジェクト・コスト	+10%	5.3%	(同)
(同)	-10%	7.3%	(同)
料金値上げ	20%+ 2.5%	7.1%	(同)
(同)	20%- 2.5%	5.3%	(同)
汚泥脱水方式	天日乾燥→機械脱水	4.3%	機械脱水

7.3 環境社会面からの評価

プロジェクト実施により、バルダル川の河川水質ならびに河川環境が改善、地下水水質の改善、河川環境改善による生態系の改善等の正の影響が見込まれる。一方で、建設時及び運営時には、地質・地形、水質、河川流況、動植物、土地収用と土地利用、廃棄物、悪臭等多岐に渡る環境・社会への負の影響も予測される。

各項目の負の影響については、それらを緩和・防止・軽減するための緩和策が提案されており、それらを詳細設計時、建設時、運営時に適切に考慮・実施することで予想される負の影響を軽減・緩和することができる。また提案したモニタリング計画を実施することで、環境・社会への影響を適切に把握し、必要に応じて対応策を実行することが必要となる。

7.4 技術面からの評価

スコピエ上下水道公社は多くの下水管（サイフォンを含む）の建設を手がけて来た。その面で、優先プロジェクトに含まれる遮集管（サイフォンを含む）の建設は問題なく建設可能である。一方で、同公社にとり処理場の建設・運営は初めてのことである。近年マケドニアの多くの都市において処理場の建設・運営が始まった。調査団はいくつかの処理場を視察した。マケドニアで最も古い歴史を持ち約 20 年間の運転実績を持つ Ohrid 市と Struga 市の共同処理場では、需要の増大に施設規模が追いつかず過負荷運転を強いられていたが、職員はこれに対応する能力を身に付けていた。2008 年初めに運転を開始した人口規模 12 万人、処理水量 18,000m³/日の Kumanovo 市の処理場では 10 人以下の少人数の職員で運転を行い、その処理水は基準を満たしていた（3 回の視察と収集した毎日の水質データによる）。

処理方式は両者とも、滞留時間が長くそのため流量の変動に対し処理水質が左右されないという利点を持つオキシデーションディッチ法を採用していた。スコピエ市では規模が大きいため、この方式ではなく、滞留時間が短く従い運転には若干の技量を必要とする標準活性汚泥法を提案した。しかしながら、スコピエ上下水道公社は1907年の創業以来100年を越す歴史の蓄積があり、1,000人を超す職員を有している。従い、必要なトレーニングを受ければ処理場の建設、運転が可能な要素を備えている。

調査期間中、いくつかの分野に関する能力開発セミナーを行ったほか、2008年12月には日本で講義も行った。今後は、例えばKumanovoの例のように、1年にわたるトレーニングを行えば処理場の建設、運転が可能となる。

汚泥処理方式は、天日乾燥方式を提案した。ステークホルダーミーティングでは、同方式では悪臭が発生し機械式脱水装置の導入を望む声も出たが、天日乾燥方式でも周辺に対する悪臭は軽減されること及び維持管理費は機械脱水方式の半分以下であることを説明した。

以上の通り、提案した方式はスコピエ市の技術水準に合っているものと判断する。

7.5 プロジェクト効果指標

プロジェクトの少なくとも一部は借款で賄われる。この場合、貸主はプロジェクト完成後、プロジェクトの評価を行うのが通例である。このプロジェクトは、通常と異なりサービスエリア、サービス人口の普及を目指したのではなく、無処理で放流されている下水を処理するプロジェクトである。従い、効果指標として、人口、エリアの増加は適当ではない。このプロジェクトにふさわしい指標は、下記に示すとおり処理水量（処理人口でもよいが間接的な計量となる）、目標水質に対する下水処理水質（BODを代表とする）及びプロジェクトそのものの目標であるバルダル川の水質（処理場下流の水質観測点であるTaorのBOD）である。

表 II. 24 プロジェクト評価指標

プロジェクト効果指標	現在値	目標値
・ 処理水量 (m ³ /日)	・ 0	・ 166,000
・ 目標水質に対する処理水質	・ -	・ BOD 25 mg/l
・ バルダル川の Taor 水質観測点における水質	・ BOD 7 mg/l を超えている	・ BOD 7 mg/l

7.6 総合評価及び提言

これまで述べてきたように、プロジェクトを賄うための上下水道料金の値上げ、プロジェクトによる動植物への影響、廃棄物・悪臭の発生等、プロジェクトを運営するための技術的課題、工場廃水規制の堅実な実施に対する課題等、プロジェクトはいくつかの課題を抱えている。しかしながら、これらの課題は本調査で提案する広報活動、緩和策あるいはキャパシティ・ディベロップメントを通じて克服すべきものと思料する。その上で、EU加盟の必須条件である本プロジェクトを実施し以てバルダル川の水質環境を改善することは有意義であると判断する。

人口 52 万人を擁する首都スコピエ市は、マケドニアの政治面のみならず経済・産業の牽引役を果たしてきた。反面、これに伴い多量の生活排水、工場廃水が発生した。スコピエの都市部の下水道普及率は 80% と高いが、その下水は、Saraj 区の一部の例外を除き、処理することなくバルダル川に放流されている。同川はマケドニア最大の河川であり、ギリシャを経てエーゲ海に流れる国際河川でもある。無処理放流後のバルダル川の水質は水質環境基準値を超えている。さらに、今後の人口増加、工業発展に伴う処理量の増加により、河川水質はますます悪化するものと推定される。

マケドニアは EU 加盟に向けて、EU 関連法に準拠させるべく環境面の法令を改定してきた。2008 年の水法の改定によりすべての環境関連の法律が EU に準拠するものとなった。引き続き関連条例の改定と共に、下水を含む事業実施面に移行しつつある。バルダル川の水質改善効果事業の象徴であるスコピエ下水処理場の建設は EU 加盟促進に向けた重要なステップとなることが期待される。言うまでもないことであるが、プロジェクトの実施により、バルダル川の水質改善効果が期待できる。

有害廃棄物処分場も、事業実施の必要性は認識されている。同処分場は 2014 年に建設される計画である（2008 年 10 月時点で F/S 調査に関するドナーを探索中）。処分場が万が一に備えた施設である一方、有害物質を公共用水域及び下水に排水しない施策である統合的汚染防止管理（IPPC）制度も 2014 年には本格運用される計画である。これらの目標年は、いずれも 2015 年頃に設定されている。これらの実施により、安全な下水処理が図れ、バルダル川の水質改善が図れ、処理水・発生汚泥の有効活用が図れ引いては EU 加盟の条件を満たすことになる。

従い、下水処理場の建設に際して、バルダル川の水質に大きな影響をもたらす工場廃水処理の動向、特に IPPC 制度の実施状況、有害廃棄物処分場の建設状況、下水道へ排出する工場廃水の排除基準、工場廃水に関する監視・是正権限のスコピエ上下水道公社への付与等に留意する必要がある。

PART III 下水道実施事業体の組織制度・財政面に関するアクションプラン

1. 序論

本調査においてスコピエ上下水道公社の運営組織ならびに財務的キャパシティを調査・評価した。この調査結果に基づき、各分野の開発目標を記述する。運営組織、人材養成管理、財務的運営、施設維持管理等種々な分野で能力開発(CD: Capacity Development)活動が必要であると思考する。アクションプラン(A/P: Action Plan)については目標と現状の差を埋めるための能力開発活動の実施方法として記述する。

1.1 組織制度・財政面改善に関する最終目標基本方針

組織制度・財政面改善の最終目標は、新たに建設される下水処理場が適切に維持管理される組織制度と、増加する維持管理費用を賄える財政制度(料金改定を含む)を確立することである。

1.2 組織制度・財政面に関するアクションプラン作成基本方針

アクションプランの目的は、上に示した最終目標と現状の乖離を埋めるため、どのような能力開発が必要であるかを検討することである。そのため、下記事項の検討を行なった。

- 実施機関の能力評価
- 能力評価に基づき、最終目標を示したアクションプランの作成
- 作成したアクションプランに係わるいくつかの活動から、実施すべき或いは考慮すべき能力開発プログラムを調査期間、効果、緊急性等を考慮し作成

1.3 組織制度・財政面に関する能力評価

表 III.1 は現況能力評価である。

表 III.1 能力評価表

番号	項目	能力評価	目的
1	人材開発管理	◆ 下水処理場維持管理の経験がない。	◆ 本プロジェクト完成後公社は量的にも質的にも増大する業務を遂行しなければならない。人員について公社は、新しい施設の運営のため、優秀な人材(特に下水処理場運転管理、IT等特定分野で)を雇うとともに、人員に余裕が生じればその配置転換・削減を行い、かつ新しい技術条件に適合するためのトレーニングを実施する必要がある。

番号	項目	能力評価	目的
2	維持管理システムの改善	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 給水は1日 24 時間ベースで行われ、かつ水質も安全で一応市民の信頼を得ている。 ◆ 多くの施設は老朽化し故障が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 会社はその各部課ごとに明確に規定された職員の事務分掌とよく準備された維持管理マニュアルを持たねばならない。例をあげれば以下である。 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 下水管渠 DB の管理・更新：図面 ◆ ポンプ場 DB の管理・更新：建物図面(位置、平面、断面)； ◆ 下水管渠点検・修理マニュアル整備； ◆ ポンプ、モーター、起動・停止装置維持管理マニュアル整備
3	財務管理の改善	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 2007 年の料金改定により収支は大きく改善した。 ◆ 上下水道料金の回収率は約 80% で十分に高いとはいえない。 ◆ 作成している財務諸表は、国際標準的な基準に完全に準拠しているとは言えず、建設投資の実態や借入金の償還についての追跡は難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 料金回収率を 90%またはそれ以上に向上させる。 ◆ 人件費、エネルギー費、修繕費、維持管理費、総務費、償却費、資本費等を含む長期的な予測を行い、現行料金の充足度と将来の改定のニーズを検討する。
4	運営組織の改革	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 現在の事務分掌は一応公社全体の業務は網羅しているが、公営企業として本来備わべき事務分掌に比べると多くの不備な点が見られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 各部、センターの事務分掌を再点検し明確にする。 ◆ できれば、お互いに関連のある業務は一つの部に統合する。 ◆ 運営組織に改善が必要かどうか検討する。同時に本プロジェクトの遂行に要する優秀な人材の確保を考える。さらに、必要があれば、定員の削減を考慮する。
5	料金政策及び料金設定プロセスの改善	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 公社の提案に基づき、市議会の承認を得る。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 水道公社の財務的環境は年々変化するので料金改定の必要性を定期的に検討する。 ◆ 料金改定に当たって、料金審議会の設立など消費者の理解と支持を得る努力をする。
6	無収水の削減	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 漏水は 50%と多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 会社は無収水削減の実を挙げるための以下のような活動が十分実施されるよう、できるだけ多くの予算を配分し、対応策の計画・実行を強化する必要がある。 ◆ 定期的配水管データベース(DB)の管理・更新 ◆ 顧客台帳(DB)が定期的に更新する。 ◆ 漏水探査の技術移転。また十分探査従事体制(人員)を立てる。 ◆ ほぼすべての給水区域で定期的に漏水探査を行う。 ◆ 不法接続を摘発し、給水停止を励行する。 ◆ 債務不履行顧客を削減する努力を行う。 ◆ メーターの較正を常に行い、不良メーターは早急に交換する。 ◆ 漏水が多発している配水管についてはその取替を計画・実施する。

2. アクションプランの策定

戦略的目標及びアクションプランのテーマの設定については、フェーズ 1 期間中(2007 年 11 月及び 2008 年 2 月)からフェーズ 2 の初期(2008 年 5 月)にわたり、C/P 側と能力評価に基づき十数回に

及ぶ協議を行い、下記 6 分野で能力開発活動を行うことで合意を得た。特定 3 分野については本調査団によるセミナーの実施を受け入れ、他の分野については関連する各セクターの責任者が将来適当な時期に能力開発活動を実施するとのコミットメントが得られた。

- (1) 人材開発管理
- (2) 維持管理システムの改善
- (3) 財務管理の改善
- (4) 運営組織の改革
- (5) 料金政策及び料金設定プロセスの改善
- (6) 無収水の削減

表 III.2 にアクションプランの内容を示す。同表に能力開発の対象者も記述されている。すべての分野について表 III.3 に示すように本プロジェクト(建設)の実施中に能力開発が行われることが望ましい。

表 III.2 組織制度・財務面に関するアクションプランの内容

アクションプラン項目	必要な活動	対象者あるいは実施者	期限(年)
1. 人材開発管理	<ol style="list-style-type: none"> (1) 会社の良質企業カルチャーを評価する。－いかにそれを殖育するか (2) 本プロジェクト実施中及び完成後必要な人材を調査する。 (3) 本プロジェクト実施とその運営に当たって、現在より量的、質的に増大する業務の遂行のためスタッフの雇用、再配置、トレーニングに関する計画を策定する。 (4) 員数だけでなく能力や資格を考慮した各部・センターの人員配置適正化を検討する。人員が過剰と判断された場合はできれば配置転換や削減の可能性を検討する。 (5) 現状のトレーニングシステムを評価する。 (6) 昇任・昇格及び再配置の根拠としてのスタッフ業務評価方法について検討する。優秀なスタッフの確保にもつながる適切なスタッフ業務評価方法について提言する。 	副総裁、法務・財務担当総裁補、技術担当総裁補、すべての部の部長、人事課長、トレーニング担当者	2010
2. 維持管理システムの改善	<ol style="list-style-type: none"> (1) 施設維持管理に従事する部及び課及びそのスタッフの事務分掌(職務規定)について、新しい企業環境にふさわしいかどうか分析・評価する。 (2) 維持管理マニュアルを含め、維持管理体制に改善の余地がないかどうか検討する。 (3) 在庫管理の現状を評価し、改善点を検討する(時宜を得た調達、貯蔵、出庫・配布、廃棄、記録等)。 (4) 予防的維持管理及び計画的施設更新を検討する。 	総裁、技術担当総裁補、施設運営管理部々長、同部長の指名する同部スタッフ、経理・財務・営業部及び法務・人事・総務部を除くすべての部の部長	2010
3. 財務管理の改善	<ol style="list-style-type: none"> (1) 料金回収率向上策を検討する。(含、料金請求・回収業務効率向上) (2) (経常会計関連)本プロジェクトの完成後も含め、経費と収入の長期的な予測を行う。また需要低下時間帯に無駄に水圧を上げないよう送配水ポンプを制御する等経費節約を図る。 (3) (資本会計関連)本プロジェクト及び施設更新等の投資計画を含んだ長期的資本収支の予測を行う。 (4) 資産の経済的寿命及び施設の実容量を評価する。 (5) 上記に基づいた減価償却を試算する。 (6) 積極的な施設修繕・更新のための予算措置を提案する。 	総裁、副総裁、経理・財務・総務部々長、同部の全部の課長、同経理・財務担当者、下水、水道、施設運営管理、技術開発 4 部々長	2010
4. 運営組織の改革	<ol style="list-style-type: none"> (1) スコピエ上下水道公社の各部及びセンターの事務分掌を業務管理的観点から文書化する。 	法務・人事・総務部々長、同部の全	2010

アクションプラン項目	必要な活動	対象者あるいは実施者	期限(年)
	(2) 既存の事務分掌のうち記述が重複または不十分な場合はそれを改める。これは特に今後新しい、あるいはより高度な活動の要求される場合に該当する。 (3) 本プロジェクトの実施中及び完成後に増加する業務管理的要求から運営組織の改革が必要かどうか検討する。	課長、他の部全部の部長	
5. 料金政策及び料金設定プロセスの改善	(1) 料金の充足度に関し定期的に検討する。 - 現行料金による長期的損益計算書及びキャッシュフローの予測 - (仮定) 改定料金による上記の試算 (2) 「支払い意思」向上のための施策を提案する。 - 広報活動の評価：(i) 新聞広告, (ii) TV コマーシャル, (iii) ポスター等 - 同上の内容: 需要者に新しい事業の目的、コスト、需要者への便益を理解させた上でその必要性和料金を支払う意義を認識させる内容	副総裁、法務・財務担当総裁補、技術担当総裁補、経理・財務・営業部々長、財務及び営業担当スタッフ	2012
6. 無収水の削減	(1) 図面を含む配水管 DB (材料、管径、位置、区間長等)を整備する。 (2) 接続管材料、管径、位置を含む顧客台帳の整備。接続方法、材料改善方法を提案する。 (3) 漏水探査方法の選定について提言する。 (4) 漏水探査体制(含、人員)の評価及び将来ニーズについて提言する。 (5) 老朽管更新のための積極的予算措置を提案する。	技術担当総裁補、施設運営管理部々長、水道部長及びそのスタッフ、緊急対応・情報センター長とそのスタッフ	長期継続事業

表 III.3 組織制度・財務面に関するアクションプラン実施時期

No.	能力開発活動項目	実施時期
1.	人材開発管理	2009-2010年 (一部 2008年6月23日に実施済み)
2.	維持管理システムの改善	2009-2010年 (一部 2008年9月15日に実施済み)
3.	財務管理の改善	2009-2010年 (一部 2008年9月26日に実施済み)
4.	運営組織の改革	2009-2010年
5.	料金政策及び料金設定プロセスの改善	2011-2012年
6.	無収水(NRW)削減	現在 (2008年) からの長期継続事業

3. セミナー及び能力開発関連活動の実施

本調査期間中以下の活動を行った。

3.1 人材開発管理に関するセミナー

「人材開発管理」に関する能力開発活動として、『人材開発管理に関する能力開発』と題しセミナーを開催した。実施内容を以下にまとめる。

表 III.4 人材開発管理に関するセミナー

項目	実施内容
SWOTの説明	<ul style="list-style-type: none"> 企業の組織や人材育成を考えるに先立って企業の持つ『強み』と『弱み』が評価された。 会社は『歴史的に良い水質と安定給水を実現し、需要家の信頼が厚い』、『職員の待遇がよく忠誠心が強い』等の良性の企業文化がある。 会社は『大きな無収水量が放置されてきた』、『下水処理が行われず河川を汚染している』、『各部・課の事務分掌が明確に整備されていない』等の悪性の企業文化がある。
人材開発管理の方向	<ul style="list-style-type: none"> 良性の企業文化を育て、悪性の企業文化を抑制するために(a) 企業文化の認識、

項目	実施内容
性	(b) 運営組織の評価、(c) 人材開発の理解、(d) 業務評価手法、(e) 給与体系の見直し、(f) 組織改革への提言等について人材開発と管理を行う必要があることが説明された。
セミナーでの討議	・ 上記の(a)から(f)の議題について議論がなされた。
まとめと提言	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在持っている良い企業文化を増殖し、悪い企業文化を抑制する方向で組織改革や人材養成管理を進める。 ・ スコピエ上下水道公社は今後上記のように輻輳した業務管理をできるだけ単純化する方向で組織の改変に取り組んでいくことが望まれる。 ・ 「万人平等」精神から一歩出て、スタッフやその属する部課の業務評価を今後は考えていく。 ・ 対需要者サービス関連としては水道条例や下水道条例を制定する。

3.2 運営組織の改善に関するセミナー

「維持管理システムの改善」能力開発活動の一つとして「運営組織の改善」と題するセミナーを開催した。実施内容を以下にまとめる。

表 III.5 運営組織の改善に関するセミナー

項目	実施内容
維持管理の組織の基本	<ul style="list-style-type: none"> ・ ポンプ場及び下水処理場の維持管理組織の基本事項を説明し、維持管理業務の分類、人員配置、委託業務、緊急時の対応等が解説された。 ・ 公社の現行の運営組織が説明され、公社の全体職員数は市場経済の中で運営されている他国と比較すると大きいことが指摘された。
下水処理場維持管理のための組織（提案）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在、下水処理場維持管理のための部・課はないため、案として独立した下水処置場維持管理のための部を技監の下に置くことが推奨された。 ・ 次に下水処理場維持管理含む下水道部の全体組織に対する位置付けに対して3つの代替案が提示され、議論された。
他国での下水道業務組織の紹介	<ul style="list-style-type: none"> ・ 参考例として、ベオグラード市下水道局及び横須賀市下水道部の組織図が紹介された。

3.3 財務的運営の改善に関するセミナー

「財務管理の改善」能力開発活動の一つとして「プロジェクトの下での財務的運営の改善」と題するセミナーを開催した。実施内容を以下にまとめる。

表 III.6 財務的運営の改善に関するセミナー

項目	実施内容
背景	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクトの概要を紹介し、建設される下水処理場と幹線遮集管の施設は、下水道の大きな要素を構成することが強調された。 ・ プロジェクトコストは、公社が所有する下水道固定資産の80%に相当されることが説明された。
現在の公社の財務的状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクトの評価に先立って、現状の公社の財務状況を損益計算表および貸借対照表により示した。 ・ 営業収支比率、給水収益職員給与比、有収率、流動比率、固定比率、職員1人当りのメーター数等の指標を用いて、公社の'06 & '07年実績と名古屋市・秋田市と比較することにより評価された。
財務運営の改善	<ul style="list-style-type: none"> ・ 財務状況の改善には、収入の増加及び支出の削減が重要であることが説明された。 ・ 給水及び下水サービス料金の増加には、需要者数の増加、需要者1件当りの使用量の増加、回収不能需要者の減少、料金改定について説明された。

項目	実施内容
	<ul style="list-style-type: none"> 経費削減には、エネルギーコストの削減、物品購入方法の合理化、保安警備サービス等の外部委託、人件費削減について説明された。
プロジェクトのための資金調達	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトの資金調達先として、4つの資金ソースを考えることができ、その組み合わせや融資条件でいろいろな場合が想定できることが説明された。
財務評価	<ul style="list-style-type: none"> 4つの資金調達のシナリオを想定し、各シナリオのキャッシュフロー、借款返済額の現在価値を比較することで財務評価がなされた。
推奨されるシナリオと必要な上下水道料金の値上げ	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトは80%のJICAローンと20%の政府ないしIPA基金で無償の資金手当てができれば財務的に存立できると言及した。 20%の料金値上げが推奨された。

PART IV 工場廃水管理及び水質モニタリングに関するアクションプラン

1. 序論

基本計画で行った、バルダル川現況及び下水道処理場計画目標年次 2020 年における水質汚濁解析結果から、バルダル川の水質改善のためには下水処理場建設と同時に工場廃水処理の検討が不可欠であることを述べた。このレポートでは工場廃水管理と水質モニタリングに関するアクションプラン (A/P: Action Plan) を述べる。

1.1 工場廃水管理の最終目標基本方針

工場廃水管理の最終目標は、IPPC (統合的汚染防止管理) 制度に基づき、いかに IPPC 制度を適正に実施していくかである。

1.2 工場廃水管理アクションプラン作成基本方針

アクションプランの目的はどのように IPPC 制度を実施していくか、そのためには最終目標と現況の乖離を埋めるため、どのような能力開発が必要かを検討することである。そのため、下記事項の検討を行なった。

- 実施機関の能力評価
- 能力評価に基づき、最終目標を示したアクションプランの作成
- 作成したアクションプランに係わるいくつかの活動から、実施すべき或いは考慮すべき能力開発プログラムを調査期間、効果、緊急性等を考慮し作成
- 他のドナーの動向およびマケドニア側にて作成した将来計画を考慮しアクションプランを調整

1.3 工場廃水管理に関する能力評価

表 IV.1 は工場廃水管理・水質モニタリングにおける行政側及び企業側の現況能力評価である。

表 IV.1 能力評価表

番号	項目	能力評価	目的
(行政側の能力評価)			
1	法制度の確立	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 新「水法」が2008年8月に改正された。実施は2010年。 ◆ 下水放流、公共水域直接放流基準、産業廃棄物処分場建設など二次法・規則制定準備中。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 工場廃水管理実施のための背景となるべき規則 ◆ IEP 制度やその監視の背景となる規則
2	データ信頼性の確立	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 下水、工場廃水、廃棄物同定標準分析法がまだ存在していない。 ◆ 分析所スタッフトレーニング用マニュアルが不十分か紛失している。 ◆ 工場廃水分析に関し公認分析所がない。 ◆ 排ガス処理不十分。廃水処理設備がない。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 信頼できるモニタリング
3	環境インスペクターの能力開発	<ul style="list-style-type: none"> ◆ インスペクター数が絶対的に不足している。 ◆ IEP を監視するには知識・経験不足。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ IEP 監視
4	正確な工場廃水量と水質把握	<ul style="list-style-type: none"> ◆ セルフ・モニタリング制度ではデータは非常に限られている。 ◆ 各事業所等モニタリングプラン未作成。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 廃水管理計画の担保。
5	下水道排出工場廃水の分類と決定	<ul style="list-style-type: none"> ◆ セルフ・モニタリング制度ではデータは非常に限られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 廃水管理計画の担保。
6	集合処理、個別処理の検討	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 検討するにはデータ・情報が非常に限られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 廃水管理計画の担保。
7	工場廃水処理指針の作成	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 指針は現在ない 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 工場廃水処理施設計画・設計
8	財政支援制度の確立	<ul style="list-style-type: none"> ◆ いくつか案はあるが、具体的な実施例はまだない。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ IPPC 制度の促進。
9	有害産業廃棄物処分場建設	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 有害産業廃棄物処分場はまだない。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ IPPC 制度の促進。
10	公害防止管理者の公的資格制度の検討	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 公的資格制度なし。 ◆ 公害防止管理者的な人材を配置している工場は調査工場の20%である。ISO 9000 または 14000 を取得していると答えた工場 21 社 (50 社中)でも公害防止管理者的な人材を配置していないところが半数以上ある。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 工場廃水管理及び IPPC 制度担保。
11	ローカルコンサルタント及び諸団体機関の活用	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 情報交換不十分なため多くの EU プロジェクトに係わった人的資源が活用されていない。 ◆ その結果、環境に関する幅広い知識、実経験が不足している。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ IPPC 制度促進のためローカルコンサルタントを活用する。
12	広報用具体的資料の整備	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 住民・企業の環境意識高揚のための具体的資料・情報不足 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 住民・企業の環境意識高揚。
(企業側の能力評価)			
13	公害防止管理システムの確立	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 調査した 50 社のうち公害防止管理者を置いているのは 20%。 ◆ ISO 9000 または 14000 を取得して 21 企業でも公害防止管理者を任命しているのは半数以下である。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 環境管理強化。
14	情報交換のための公害防止管理者協会の設立	<ul style="list-style-type: none"> ◆ クリーナープロダクション (CP) センターではいくつかの企業が CP 活動に参加してワークショップや施設を互いに訪問して情報交換を行なっているが、工場廃水管理に関しては経験不足。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 環境管理の情報交換。
15	工場廃水質・量把握のための措置	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 工場廃水量測定機器・施設を設置している企業はない。 ◆ 殆どの事業所が廃水を下水道に直接放流していることから各事業所の量・質を把握するのが困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 工場廃水処理計画のため

番号	項目	能力評価	目的
16	環境インスペクターへの積極的協力	◆ 工場の実態を知るには、いまだ情報不足である。	◆ IPPC 制度促進。
17	廃水処理施設建設	◆ 調査した 50 社のうち、簡単な油水分離施設め廃水処理施設を持っている工場は 9 ケ所。	◆ バルダル川水質保全。
18	環境管理活動の発信	◆ 現在実践している企業はないようである。	◆ 企業の評判を高め、投資を呼び込む。

2. アクションプランの策定

表 IV.2 は上記を踏まえた工場廃水管理アクションプラン、活動、活動の主要実施者、期限、本調査期間中に行った能力開発（CD）プログラム一覧である。アクションプランには行政側が行なうべきものと企業側が行なうべきものがある。図 IV.1 はスケジュール表である。

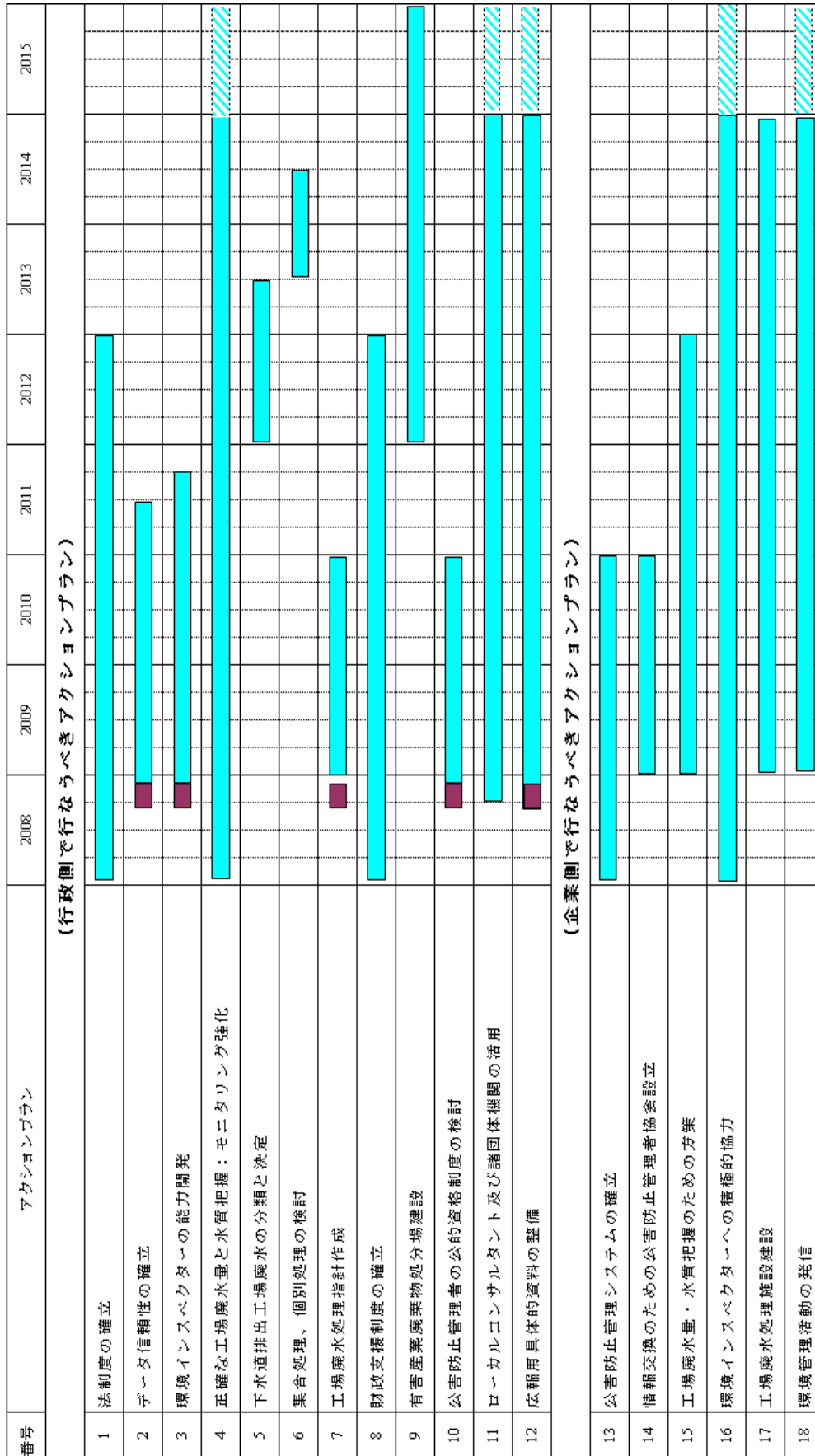
表 IV.2 アクションプラン、活動、活動の主要実施者、期限、本調査期間中に行なった能力開発(CD)プログラム

アクションプラン項目	必要な活動	主要活動実施者	期限(年)	本調査期間中に行なった能力開発プログラム(2008年6月～10月)
A. 行政側の措置				
1. 法制度の確立	(1) 下水放流、公共水域放流基準作成 (2) 廃棄物同定分析手法作成 (3) 工場廃水処理と汚泥処分指針作成	環境都市計画省、EU コンサルタント	2012	1.4.1 に概念記述。 セミナー「日本の環境法体系」「工場廃水処理」で日本の例を概説。
2. データ信頼性の確立	(1) 工場廃水標準分析法と廃棄物同定手順案作成 (2) マニュアル整備・改定と現場でのトレーニング (3) 公害防止施設設置 (4) ISO17025 取得	環境都市計画省 中央分析所	2011	1.4.2 に概念記述。 セミナー「環境計量」で概説。
3. 環境インスペクターの能力開発	(1) IEP を監視するためのトレーニングマニュアル作成 1) クリーナープロジェクトの概念と具体的調査例 2) 地下水汚染、土壌汚染防止 3) 騒音・振動管理 4) 有害物質規制の意味 5) 工場廃水及び大気汚染処理 - 規制項目と処理原理 - 工場廃水、大気汚染および産業廃棄物処理、再利用・リサイクル、処分施設的设计 - 同上施設運転維持管理 - 各項目の分析概要 6) 工場による緊急対策または環境事故対策 (2) 国インスペクターのデータベース確立 (3) 監視シートの修正 (4) その他	国および地方インスペクター	2011	1.4.3 に概念記述。 セミナー「環境問題へのアプローチ」 「日本の環境法体系」「工場廃水処理」 で左記項目(1)2)、4)、5)、6) の概説。
4. 正確な工場排水量と水質の把握；モニタリング強化	(1) インスペクターと環境都市計画省中央分析所の共同作業により企業毎の監視項目、頻度、日程を作成 (2) 監視に必要な機器の検討 (3) 活動のための予算措置 (4) データ集積とデータ管理	国および地方インスペクター、環境都市計画省中央分析所	2014	1.4.4 で概念記述。

アクションプラン項目	必要な活動	主要活動実施者	期限 (年)	本調査期間中の能力開発プログラム (2008年6月～10月)
5. 下水道排出工場廃水の分類と決定	(1) 以下の検討 - ト水と工場廃水発生量比率 - 窒素とリンの BOD ₅ に対する比率 - 各工場の IEP - ト水道サービスへの企業の支払い意思 - 下水道計画配管変更が必要の有無 - 自前工場廃水処理施設建設の意思 - 工場の工場廃水管理能力：維持管理、モニタリング	環境都市計画省、スロピエ市、スロピエ上下水道公社、企業	2013	1.4.5 に概念記述。
6. 集合処理、個別処理の検討	両方の長所、短所比較	環境都市計画省、スロピエ市、企業	2014	1.4.6 で概念記述。
7. 工場廃水処理指針の作成	(1) 各工業分類毎の廃水水质項目及び廃水量 (2) 工場廃水処理指針作成 - 単位操作と限界 - 処理プロセス設計と維持管理 - 汚泥処理・処分 - 処理水再利用、汚泥リサイクル - 処理プロセス設計と維持管理のための実験方法 - 産業廃棄物利用 (3) 金属を多量に含み、キレート剤を多量に含まない廃酸の利用の検討	国および地方インフラ事業者、企業	2010	1.4.7 で概念記述。 (1) Appendix 3.9, Part I (B/P) 参照。 (2) セミナー「工場廃水処理」概説 (3) セミナー「環境問題へのアプローチ」で概説
8. 財政支援制度の確立	企業及び投資家へのインセンティブ検討と実践	環境都市計画省、スロピエ市、政府	2012	1.4.8 で概念記述。 セミナー「日本の環境法体系」で日本の例を紹介。
9. 有害産業廃棄物処分場建設	(1) 処分場構造研究、特に遮断型処分場 (2) 有害産業廃棄物処分場建設	環境都市計画省、スロピエ市、政府	2015	1.4.9 で概念記述。 セミナー「日本の環境法体系」で概説。
10. 公害防止管理者の公的資格制度の検討	日本の公害防止制度と環境管理における役割研究	環境都市計画省、政府	2010	1.4.10 で概念記述。 セミナー「日本の環境法体系」で説明。
11. ローカルコンサルタント及び諸団体機関の活用	環境問題に対する総合的な理解を高める情報交換のため定期的なワークショップを開催する	環境都市計画省、ローカルコンサルタント、各団体、大学、ドナー	2014	1.4.11 で概念記述。

アクションプラン項目	必要な活動	主要活動実施者	期限 (年)	本調査期間中の能力開発プログラム (2008年6月～10月)
<p>12. 広報用具体的資料の整備</p>	<p>最低揃えるべき資料、情報</p> <p>(1) 施設の仕様、コスト積算、投資回収期間などを記したCPやBREFs (BAT reference)実施ためのモデル調査例</p> <p>(2) 下水道流入禁止物質、その理由</p> <p>(3) CP施設投資のための財政支援制度</p> <p>(4) 節水方法</p> <p>(5) 人間生活への環境被害やリスク、何故有害物質が人間生活や環境に対し危険なのか</p> <p>(6) 飲料水中の有害物質の規制値はどのように決められるのか</p> <p>(7) マケドニアの研究機関、大学によるBAT, CPや廃水処理新技術情報を含む環境問題に関連した研究・調査紹介</p> <p>(8) EUプロジェクトに係わったコンサルタントや団体のリストと活動内容</p> <p>(9) 無償援助機関や国際機関、その活動を紹介するプロジェクトリスト</p> <p>(10) 企業による環境管理の紹介</p>	<p>環境都市計画省 広報部、ドナー関連団体、ローカル コンサルタント、 研究機関、大学、 企業</p>	<p>2014</p>	<p>1.4.12で概念記述 左記項目(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(10)を セミナー「日本の環境法体系」, 「工場 廃水処理」で説明。</p>

アクションプラン項目	必要な活動	主要活動実施者	期限 (年)	本調査期間中の能力開発プログラム (2008年6月～10月)
B. 企業側の措置				
13. 公害防止管理システムの確立	(1) 専任公害防止管理者の配置 (2) バランスシートを作成し公害低減、省エネ策作成 (3) 原料や製造工程の見直し	企業	2010	1.4.13 で概念記述。 セミナー「日本の環境法体系」, 「工場 廃水処理」で概説。
14. 情報交換のための 公害防止管理者協 会の設立	環境管理情報交換	企業	2010	1.4.14 で概念記述。
15. 工場廃水量・水質 把握のための方策	分析試料採取のための試料を採取するピット及び量を把握 する堰などの設置 (1) 大きな工場では流量連続測定器や自動分析計の設置 (2) 工程排水と冷却排水などを分離して下水道或いは公共 水域に流す配管切換	企業	2012	1.4.15 で概念記述。 セミナー「工場廃水処理」で概説。
16. 環境インスペクター への積極的協力	可能な限りインスペクターに正確な情報を積極的に伝える	企業、インスペク ター	2014	1.4.16 で概念記述。
17. 工場廃水処理施設 建設	前処理施設、自前処理施設新設または既設廃水処理施設の 改修	企業	2014	1.4.17 で概念記述。
18. 環境管理活動の発 信	環境管理活動を定期的に発信する	企業、環境都市計 画省広報部	2014	セミナー「日本の環境法体系」で日本 企業の活動紹介。



(注) ■ 本調査中機関中での支援

図 IV.1 アクションプラン実施スケジュール

3. セミナー及びその他能力開発関連活動の実施

本調査期間中以下の活動を行なった。

3.1 セミナー

工場廃水管理に関して以下のセミナーを行なった。

(1) 環境問題へのアプローチ：An Experience of Treatment of Liquid Toxic Waste

約 25 年以上前に工場廃水管理・モニタリング担当者が実際に 3 年半をかけて日本のある産業廃棄物中間処理工場で行なった有害物質を多量に含み性状が複雑で濃度変動が激しい液状産業廃棄物処理の処理方式の開発・施設建設過程を紹介した。本プロジェクトは最終評価からその半ば失敗したと判断されたが、環境問題をどう捉えるべきかを学んだプロジェクトであった。

セミナー内容は以下の事項を含む。

- 処理方式の中間評価及び多方面からの最終評価を含み、分析、O/M、汚泥の山元還元、品質管理、教育など多様な内容となっている。
- 最後に簡単な顕微鏡で水質環境を推定したプロジェクトを紹介し、自然環境への興味を喚起した。工場廃水管理担当団員が約 25 年以上前に、実際に 3 年半をかけて日本のある産業廃棄物中間処理工場で行なったプロジェクトを通して環境問題をどう捉えるべきかを学んだプロジェクトでもあった。

(2) 日本の環境法体系 (Environmental Law System in Japan)

今後マケドニアで環境管理のための具体的法制度の制定、制度実施に参考となると思われる事項をわが国の環境法体系を中心に紹介した。セミナー内容は以下の事項を含む。

- 公害防止法制定の背景：水俣病、イタイイタイ病の紹介、食物連鎖、水俣病・イタイイタイ病補償金額
- 環境法体系：7 公害対策法、EIA 制度、公害防止管理者制度、財政支援、下水道法、清掃法等、環境省及び他省庁役割、地方公共団体の役割（水質モニタリング含む）
- 公害防止における財政支援、税優遇策
- 水質汚濁防止法：特定施設、一律排水基準、公害防止管理者設置制度、公害防止管理者・主任管理者の役割、水質関係公害防止管理者分類、第 1 種水質関係公害防止管理者に求められる知識
- 公害防止管理者制度と ISO14001 との関係
- 環境管理レポート例
- わが国の環境問題現況：水質基準強化、業種による水再利用による汚濁負荷の低減率
- 窒素、リン除去の重要性、汚染水質指標
- 下水道法における除害施設、除害施設基準例

- 都市及び産業廃棄物リサイクル現状、業種および種類による産業廃棄物発生及びリサイクル率、廃棄物再利用策
- 産業廃棄物同定法、注意点、処分基準、他国における同定方法、結果の相違
- 有機性廃棄物処分方法
- 管理型及び遮断型産業廃棄物処分場構造
- その他

(3) 環境計量士制度：どのように分析精度を確保するか

分析精度を確保することは環境管理において最も基本となるべきものである。わが国の環境計量士制度を中心に、工場廃水管理・分析担当者の実務経験から工場廃水分析における注意点などを紹介した。

セミナー内容は以下のとおり。

- 環境計量士制度の背景
- 環境計量士に求められる知識・役割
- 計量法体系：大目的、直接目的、そのための方策、具体的内容、環境証明事業制度を担保するための機関、具体的業務内容、計量法のキーポイント：特定計量器、検定・定期検査、容積計量器（メスシリンダー、メスピペット、メスフラスコ）の許容器差
- 環境計量証明事業：計量証明事業登録例外機関、環境計量証明事業（騒音・振動、濃度）に使用される特定計量器、環境計量証明事業分類、登録前及び登録後の定期的事業所査察
- 環境計量証明事業所登録事項：濃度関係環境計量証明事業に必要な設備例、事業規定
- 分析項目毎定量下限および有効数字例
- 計量証明書例
- 現行証明事業所制度の問題点と対策
- トレーサビリティシステム
- 分析精度管理に必要事項：内部・外部精度管理、分析機器取扱い時の諸注意事項、工場廃水分析項目測定時諸注意事項

(4) 工場廃水処理

工場廃水管理の一環として、工場廃水管理・分析担当者の実務経験を踏まえた工場廃水処理に関する広範なセミナーを行なった。

セミナー内容は以下のとおり

- 工場廃水処理計画：工場廃水処理計画にあたり調査すべき事項、負荷低減策概論と例、水質・水量調整槽容量算出法、向流洗浄効果
- 工場廃水処理計画・設計手順：工場廃水処理実験方法および実験装置、有機廃水・無機廃水工場廃水処理ハイライト：HDS法、生物学的脱窒・脱リン、膜分離法、その他
- 流量測定法：開水路での流量測定方法、配管での流量測定方法、開水路、配管内流量測定例
- 生物処理：分類、原理、特徴

- 廃水処理施設性能評価方法
- 油分の下水処理への影響
- 重金属処理法：特にキレート剤含有廃水処理方法と実施例
- 廃棄物処理・再利用方法：重金属回収例と課題、エコセメント、エコタウン
- 有害物質処理方法と留意点
- 有害物質分析方法(日本の例)と留意点
- 脱水器の特徴
- その他：廃水処理設計・維持管理時留意点等

3.2 工場廃水管理現場調査：5社（有機化学工場、食肉加工工場、製鉄所）

全体の印象は下記の通りである。

- 廃水処理原理・施設管理についての知識や廃水処理施設設置自体への理解が不足している。
- IEP 申請書はローカルコンサルタントが作成しているが、明らかに分析値がおかしいものが多々ある。
- ある有機化学工場では自社分析結果をもとにしているが、分光光度計もなく発色試薬がセットになったパックテスト的なもので比色紙によって濃度を判定している。しかも試薬は有効期限が切れている。

このような状況からも自社分析および外部委託分析には大いに疑問がある。この点からも標準分析法、精度管理手法を1日も早く確立すべきである。正確な分析なしではIPPC制度は定着しない。

3.3 資料配布

環境に関する住民啓発に必要と思われる以下の資料を環境都市計画省広報部等に配布した。

- 東京都廃棄物管理 PR 用 DVD、英語版
- 横須賀市リサイクルセンターPR 用 DVD、字幕英語版
- JIS K0102（工場排水分析）（英語版）
- セミナー資料「An Experience of Treatment of Liquid Toxic Waste」、「Industrial Wastewater Management in Japan-1 Environmental Law System in Japan」、「Industrial Wastewater Management in Japan-2 Certified Environmental Analyst System in Japan」、「Industrial Wastewater Treatment」：(Power Point 英語版・マケドニア語版、説明書英語版)
- ADB ホーチミン環境改善プロジェクトで行なった COMMUNITY ENVIRONMENTAL AWARENESS PROGRAM (CEAP) 実施 VCD—工場廃水管理担当団員が TV 局と協議し編集したもの。TV 放映されたもの
- セミナー予定用 CP（クリーナープロダクション）原稿
- ごみ処分場覆土方法 VCD—キューバ、ハバナ市廃棄物管理プロジェクト（JICA）で自社負担にて作成した教育・啓蒙 VCD（ナレーションは担当者が行なうよう消してあるが、英語説明文付き

簡易計量装置によるごみ計量方法 VCD-キューバ、ハバナ市廃棄物管理プロジェクトで自社負担にて作成した教育・啓蒙 VCD（ナレーションは担当者が行なうよう消してあるが、英語説明文付き）。