

# 케냐 나이로비 지능형교통시스템(ITS) 구축사업 성과관리방안 수립 최종보고서

사업명 (국문)	케냐 나이로비 지능형교통시스템(ITS) 구축사업 성과관리방안 수립	
사업명 (영문)	Establishing Logical Framework for Nairobi ITS Establishment and Junctions Improvement Project	
과업명	케냐 지능형교통시스템(ITS) 구축사업 성과관리방안 수립	
수행자	소속기관	인하대학교 산학협력단
	성명	변 병 설
	직위	인하대학교 교수

케냐 나이로비 지능형교통시스템(ITS)  
구축사업 성과관리방안 수립 최종보고서

## 연구진

연구책임자	변병설 (인하대학교 교수)
참여연구원	김용진 (인하대학교 교수)
	정경연 (인하대학교 초빙교수)
	박순희 (인하대학교 박사)
연구보조원	유현빈 (인하대학교 정책대학원 석사과정)

# 제출문

한국수출입은행 귀하

본 보고서를 「케냐 지능형 교통시스템(ITS) 구축사업 성과관리방안 수립」 용역의 최종보고서로 제출합니다.

2018년 12월

인하대학교 산학협력단



# | 목 차 |

제1장 · 사업 개요 .....	1
1. 성과관리 프레임워크수립 개요 .....	1
1) 성과관리 프레임워크 수립의 배경 및 필요성 .....	1
2) 성과관리 프레임워크 수립의 범위 .....	1
2. 국가 및 도시현황 .....	2
1) 케냐 일반현황 .....	2
2) 케냐 국가계획 .....	3
3) 나이로비 일반현황 .....	5
4) 나이로비 도시계획 .....	5
3. 나이로비 도로교통 실태 .....	7
1) 나이로비 간선도로 현황 .....	7
2) 나이로비 도로교통 .....	8
3) 자동차 등록대수와 교통체증 .....	10
4) 중고차량 증가와 대기오염 .....	11
5) 교통혼잡과 교통사고 .....	12
4. 사업목적과 적절성 .....	12
1) 사업 목적 .....	12
2) 사업수혜자의 수요 .....	13
3) 사업범위 .....	16
4) 사업설계의 적절성 .....	16
5) 사업의 기대효과 .....	18

제2장 · 케냐 ITS 구축사업 성과관리 프레임워크 수립 .....	21
1. ITS 성과관리 프레임워크(logical framework) .....	21
2. 단기성과(Outcome) .....	23
1) 교차로 지체시간 감소 .....	23
(1) 현황 및 성과지표 선정의 적정성 .....	23
(2) 기초선 및 목표치 .....	25
2) 주요 교통축 구간 통과시간 단축 .....	27
(1) 현황 및 성과지표 선정의 적정성 .....	27
(2) 기초선 및 목표치 .....	30
3. 중장기 성과(Impact) .....	32
1) 교통사고 건수 감소 .....	32
(1) 현황 및 성과지표 선정의 적정성 .....	32
(2) 기초선 및 목표치 .....	34
2) 대기오염 감소 .....	35
(1) 현황 및 성과지표 선정의 적정성 .....	35
(2) 기초선 및 목표치 .....	37
4. ITS 성과관리 프레임워크(logical framework) 영문 .....	40
부록 .....	43

## | 제1장 · 사업 개요 |

### 1. 성과관리 프레임워크 수립 개요

#### 1) 성과관리 프레임워크 수립 배경 및 필요성

- 케냐 수도 나이로비는 도심교통체증의 원인 중의 하나가 회전교차로(Round About)로 이 도로시스템은 교통량이 적을 경우는 신호대기 시간이 없기 때문에 교통흐름을 원활하게 하지만, 교통량이 많은 경우는 교차로 내 지체시간이 길어 교통흐름을 방해하고, 차량들이 뒤엉켜 접촉사고가 자주 발생하며, 차량지체로 인한 대기오염 배출량을 증가시킴
- 이러한 문제를 해결하고자 케냐 정부는 수도인 나이로비의 주요 간선도로의 회전교차로를 철거하고 지능형교통시스템(ITS)을 구축하려고 하며 한국정부는 이를 지원하고자 하는데, 성과중심의 사업을 위해서는 ‘케냐 지능형교통시스템(ITS) 구축사업 성과관리 방안 수립’을 통해 사업추진 기본방향과 부합되는 최적의 성과관리 논리모형의 수립이 필요함

#### 2) 성과관리 프레임워크 수립의 범위

- 나이로비의 주요 간선도로에 지능형교통시스템(ITS)이 구축되었을 경우 현재의 회전교차로와 비교하여 중장기 성과(Impact)로 대기오염과 교통사고 건수의 감소, 단기성과(Outcome)로 교차로 지체시간 감소와 통행시간이 개선되는지 등의 성과를 사전에 분석하여 사업적절성 여부를 판단하는 것을 성과관리 프레임워크 수립의 범위로 함
- 문헌조사를 통해 케냐 및 나이로비의 일반현황과 케냐국토공간

계획, 나이로비광역도시계획, 나이로비광역도시권 공간계획구상 등을 파악하여 사업배경을 파악

- 현지조사를 통해 나이로비 도로교통 실태 및 사업수혜자의 수요를 파악하며, 케냐 지능형교통시스템(ITS) 구축사업 프레임워크를 수립함

## 2. 국가 및 도시현황

### 1) 케냐 일반현황

- 케냐(The Republic of Kenya)는 1895년 영국의 보호령이 되었으며 1963년 12월 12일 영국으로부터 독립하였으며 국토면적은 582,650km<sup>2</sup>로 한반도의 약 2.7배에 해당되며 수도는 나이로비임
- 케냐의 인구는 2013년 4,180만 명, 2014년 4,300만 명, 2015년 4,420만 명, 2016년 4,540만 명, 2017년 4,660만 명 (Kenya National Bureau of Statistics)으로 증가하는 추세이며, 2050년에는 8000만이 넘을 것으로 전망하며 2020년에는 총인구의 58%, 2050년에는 총인구의 2/3가 도시에 거주할 것으로 전망(kotra 홈페이지)
- 케냐의 GDP는 2013년 551억 달러, 2014년 614억 달러, 2015년 634억 달러, 2016년 709억 달러, 2017년 749억 달러로 매년 증가하고 있음(케냐 통계청, Economic Survey 2018)
- 케냐 국민1인당 GDP는 2013년 1,319 달러, 2014년 1,430 달러, 2015년 1,450 달러, 2016년 1,562 달러, 2017년 1,608 달러로 매년 20~112달러 범위로 소폭 상승하고 있음(케냐 통계청, Economic Survey 2018)
- 케냐의 경제성장률은 2013년 5.9%, 2014년 5.4%, 2015년 5.7%, 2016년 5.9%, 2017년 4.9%로 매년 5%대의 성장률을

유지하고 있는 상태(케냐 통계청, Economic Survey 2018)

- 케냐의 대외부채는 2013년 137억 달러, 2014년 162억 달러, 2015년 195억 달러, 2016년 223억 달러, 2017년 222억 달러로 매년 증가했으나 2017년에는 감소
- 케냐의 무역수지 적자는 2013년 102억 달러, 2014년 114억 달러, 2015년 100억 달러, 2016년 82억 달러, 2017년 107억 달러로 2014년 이후 감소하다가 2017년은 증가
- 케냐 외환보유고는 2013년 66억 달러, 2014년 79억 달러, 2015년 75억 달러, 2016년 72억 달러, 2017년 71억 달러로 낮은 편
- 케냐 실업률은 2013년 이후 2017년까지 9.2%를 유지하고 있으며 15~24세 실업률은 17.6%여서 청년실업률이 높은 편
- 케냐 국민들의 종교는 가톨릭과 기독교(82.5%), 이슬람(11.1%), 기타(6.4%)이며 영어를 공용어로 사용
- 케냐 정부의 국내 산업 발전을 위한 적극적인 투자 장려정책, 상대적으로 발달한 산업기반과 인프라 보유 등에 힘입어 외국인 직접투자가 지속적으로 상승
- 케냐 정부는 산업화를 촉진하기 위해 중장기 경제개발정책인 '케냐 비전 2030(Kenya Vision 2030)'을 수립하여 주요 산업을 육성하는 것에 중점
- 케냐 정부는 '비전 2030'에서 경제회복의 핵심이 인프라 개선에 있음을 천명하고 국내 주요 도로 보수개선 및 재건에 집중 투자할 계획(외교부 아프리카중동국 아프리카과, 케냐개황, 2016. 5.)

## 2) 케냐 국가계획

### ■ 도시계획법(Urban Areas and Cities Act)

- 2011년에 시행된 케냐 도시계획법은 도시화 지역을 인구에 따라 도시(City, 50만 이상), 시군(Municipality, 25만 이상), 소도시(Town, 1만 이상)로 구분하고, 인구 25만 이상의 시군은 통합개발계획이 수립되어야 한다고 규정
- 제36조에서는 통합개발계획은 환경관리계획, 부동산 과세계획을 위한 감정평가계획, 물리적·사회적 기반시설 및 교통시설의 설치, 연차별 전략계획, 재해방지계획, 상수·전기·보건시설·통신시설을 포함한 서비스 공급계획, 지리정보시스템을 위한 준비의 기초가 된다고 규정
- 제40조에서 명시하고 있는 통합개발계획의 주요내용으로는 장기개발계획의 비전, 기존 개발수준의 평가, 개발 우선순위, 국가 또는 지방정부의 부문별계획, 계획요구사항과 개발 전략, 공간개발 계획체계, 운영 전략, 재난관리계획, 재무계획, 주요 계획 지표와 개발목표 등이 있음

#### ■ 케냐 국토공간계획(NSP, National Spatial Plan)

- 국토공간계획은 국토계획부문의 최상위 계획으로 국토의 개발 방향과 일반적인 계획의 트렌드를 정의
  - 경제사회분야 최상위계획인 케냐비전 2030의 계획목표를 공간상에 반영
  - 토지와 자원이용의 최적화, 균형 잡힌 국토의 개발 도모, 비도시지역의 개발과 도시화 전략이 주요 내용
  - 계획의 구체적인 목표는 국가경쟁력의 강화, 국토의 균형적인 개발을 위한 공간계획의 수립, 지속가능하며 삶의 질을 향상시키기 위한 자연환경의 보전, 토지이용의 최적화를 목표
- 국토공간계획의 주요 목표
  - 국가의 통합과 화합을 위한 균형적인 지역개발 도모
  - 경제적 효율성과 국제 경쟁력을 강화하기 위한 공간계획 수립

- 지속가능한 개발을 목표로 토지와 자원이용의 최적화
- 도시 및 비도시지역의 정주환경 증진
- 삶의 질 확보를 위한 자연환경의 보전
- 통합 국가 교통망 및 기반시설 시스템 계획

### 3) 나이로비 일반현황

#### ■ 나이로비의 인구 및 공간

- 나이로비(Nairobi)의 총면적은 696km<sup>2</sup>로 서울(605km<sup>2</sup>)보다 약간 넓으며, 인구는 독립 당시인 1963년 약 35만의 인구를 가진 소 도시에 불과하였으나 2016년 392만 명, 2018년은 약 417만 인구의 대도시로 변했으며, 매년 4%씩 인구가 늘고 있는 추세로 월드뱅크의 조사에 따르면 2030년에는 나이로비의 인구가 600만 명에 다다를 것으로 예측
- 나이로비는 케냐 전체 고용의 약 25%, 도시노동인구의 약 43%를 고용하고 있으며, 케냐 GDP의 약 45%를 차지하는 등 케냐의 정치·경제·사회의 중심지
- 나이로비 도시 면적은 1928년 25.37km<sup>2</sup>이었던 것이 1963년 689.5km<sup>2</sup>(케냐 국토의 0.11%)로 확장되어 현재에 이르고 있음
- 케냐 국토의 0.11%에 불과한 면적에 케냐 인구의 10%가 집중되어 있기 때문에 도시 인프라가 부족한 상태

### 4) 나이로비 도시계획

#### ■ 2030 나이로비 광역도시계획(Nairobi Metro 2030)

- 국토공간계획의 구체적인 목표달성을 위해 나이로비 광역도시권의 개발방향을 제시
  - 'World-class African metropolis'를 계획의 비전으로 삼고 있

으며, 나이로비 광역도시권을 세계 최고 수준의 근무환경, 생활 환경, 사업환경을 지닌 도시로 개발하는 것을 목표

- 계획의 비전을 실현하기 위한 방법으로 필수적인 도시기반시설과 공급처리시설을 설치하고 효율적인 교통수단의 마련
- 이를 통하여 안정적이고 지속적인 기업 활동이 가능한 경제적 환경을 구축하고, 안전한 도시를 만들며, 독창적인 도시이미지를 창출하고자 함

○ 2030 나이로비 광역도시계획의 목표

- 세계적인 수준의 경쟁력과 포괄적인 경제 환경 구축
- 세계적인 수준의 기반시설과 공급처리시설 배치
- 3대 인프라로 도로, 전기, 물 문제 중점 해결
- 효율적인 교통수단을 통한 이동성과 연결성 강화
- 삶의 질 향상
- 효과적인 장소 브랜딩을 통한 독특하고 독창적인 도시이미지 창출과 안전한 도시
- 세계적 수준의 거버넌스 시스템

■ 나이로비 광역도시권 공간계획구상(Spatial Planning Concept for Nairobi Metropolitan Region)

○ 나이로비 광역도시권 공간계획구상은 2030 나이로비 광역도시계획의 개발목표를 공간상에 구현하기 위한 계획

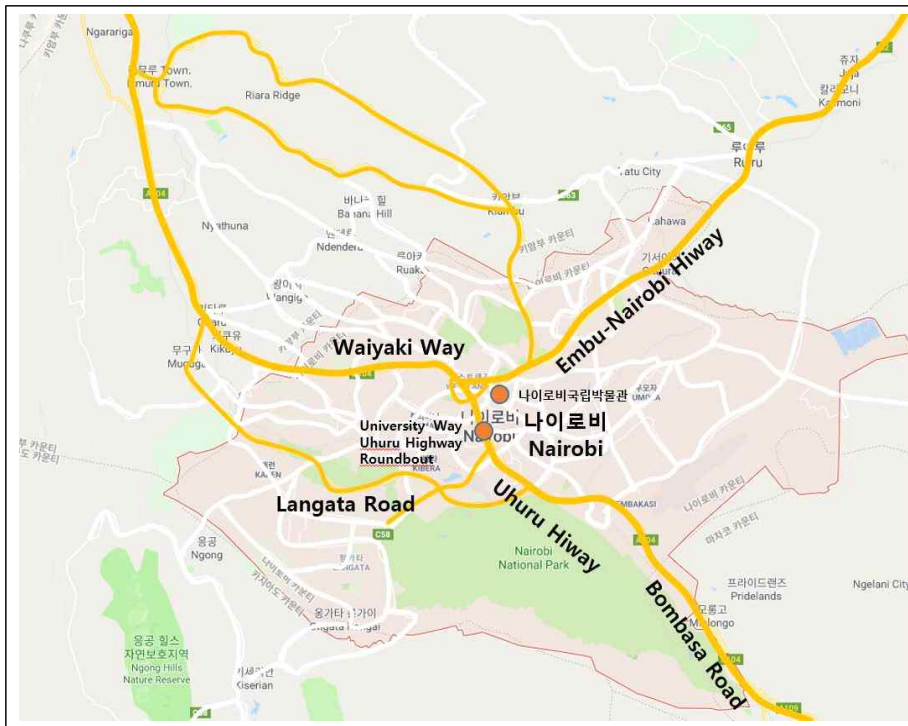
- 나이로비 광역도시권의 물리적 개발목표와 개발의 방향성을 제시
- 계획의 주요내용으로는 미래의 공간적 확장을 정의하는 공간기본구상, 지역개발계획수립을 위한 가이드라인, 환경적으로 지속가능한 개발을 추구하는 토지이용의 계획체계
- 나이로비 광역도시권의 물리적 개발계획에서는 공간적 거점이 되는 소도시별로 도시특성에 따라 개발방향과 도입기능을 제시



- 주요 도입기능으로는 무역, 산업, 식품가공, 행정, 서비스, IT산업, 교통거점기능 등
- 광역교통개선계획으로 나이로비-몸바사 표준궤철도(Standard Gauge Railway, SGR)공사와 아띠리버-마차코스 구간의 몸바사 도로 확장계획 수립

### 3. 나이로비 도로교통 실태

### 1) 나이로비 간선도로 현황



<그림 1-1> 나이로비 주요 간선도로 (출처: Google 지도)

- 도시 간선도로는 은야요국립경기장(Nyayo National Stadium) 부근 교차를 중심으로 남쪽으로 몸바사로드(Mombasa Road)와

북쪽으로 우후루 하이웨이(Uhuru Hiway)가 남북축을 이루고, 동쪽으로는 루사카로드(Lusaka Road)와 서쪽으로 랑카타로드(Langata Road)가 축을 이루며 교차하고 있음

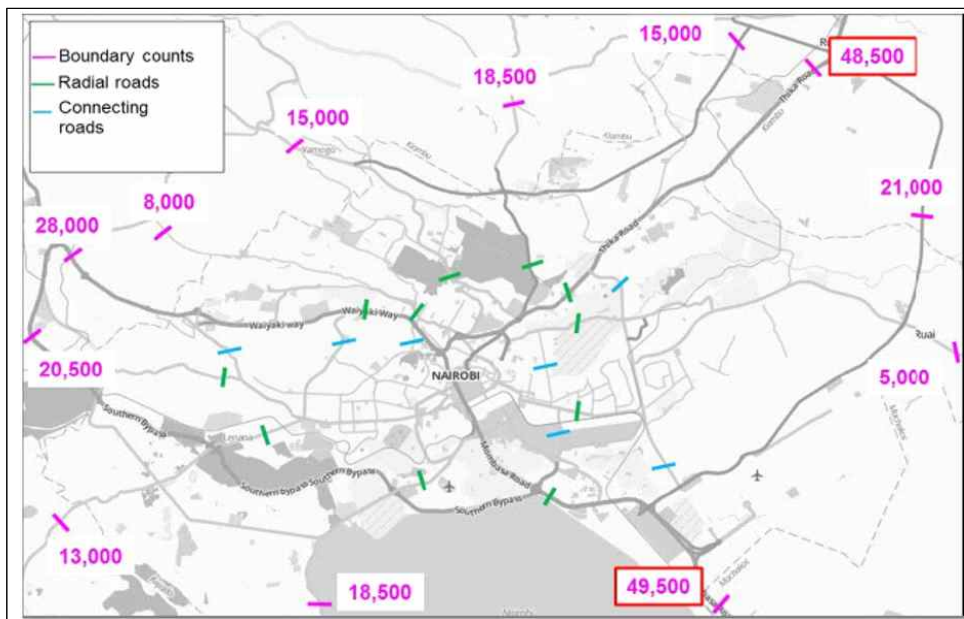
- 우후루하이웨이 북쪽에서 엠부-나이로비하이웨이(Meru-Nairobi Hiway)가 T자형을 이루며 나이로비시 동북쪽에 위치한 루이루(Ruiru)시와 연결됨
- 랑카타로드(Langata Road)는 동쪽으로 조구로드(Jogoo Road)와 연결되며 조구로드는 나이로비 동쪽에 위치한 인더스트리얼 에어리어(Industrial Area) 산업단지와 연결됨
- 나이로비 서쪽으로 난 서던바이패스(Southern Bypass)가 나이로비국립공원(Nairobi National Park) 경계를 따라 응공 포레스트 보호구역(Ngong Forest Sanctuary)까지 외곽도로가 있음
- 나이로비에서 가장 복잡한 교차로는 케냐 메소디스트 대학(Kenya Methodist University) 부근 유니버시티 웨이 우후루 회전교차로(University Way Uhuru Highway Roundbout)로 우후루 하이웨이(Uhuru Hwy)와 유니버시티 웨이(University Way)가 교차하고 있음
- 시내 간선도로 대부분은 영국 식민지 시절 개발된 것으로 격자형이 아닌 불규칙 선형을 이루고 있으며 나이로비 시내를 외곽에서 순환하는 도로가 없어 대부분 차량들이 나이로비 도심을 통과하고 있는 실정

## 2) 나이로비 도로교통

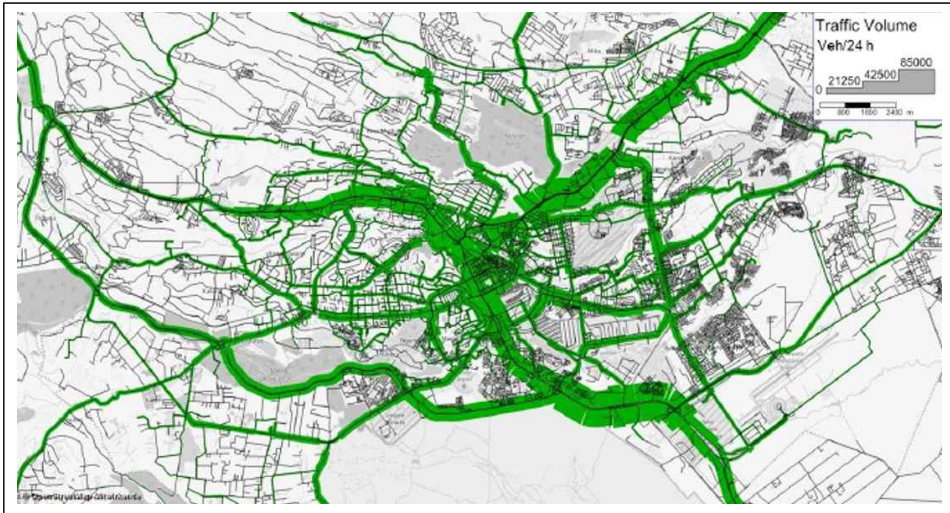
- 2011년 IBM이 실시한 20개 주요 도시 교통체증 인덱스에서 케냐 나이로비는 4위를 차지하여 세계에서 혼잡한 도시의 하나로 파악됨(출처: IBM Global Parking Survey, 2011)
- IBM의 세계주차실태조사에서 주차공간을 찾는데 걸리는 시간,

주차공간 확보 난이도, 주차 시 이해관계 충돌 빈도수, 불법주차 벌금부과 빈도수 등 나이로비는 세계 13번째로 주차가 어려운 도시로 나타났다(출처: kotra 해외시장뉴스, 2012. 7. 11)

- 케냐 정부는 나이로비 시내 교통체증으로 매일 58만 달러, 연간 2억2000만 달러의 경제적 손실을 보는 것으로 파악하고 있음 (출처: kotra 해외시장뉴스, 2012. 7. 11)
- World Bank의 '케냐 ITS 타당성 조사 보고서(2017)'는 나이로비 주요간선도로의 1일 교통통과 대수는 <그림 1-2>처럼 남북축인 몸바사로드와 우후루 하이웨이가 49,500대로 가장 많고, 동서축인 엠부-나이로비 하이웨이가 48,500대로 두 번째임
- 나이로비 주요간선도로의 도로교통량은 <그림 1-3>처럼 몸바사로드와 우후루 하이웨이, 엠부-나이로비 하이웨이가 가장 높은 것으로 나타나고 있음



<그림 1-2> 나이로비 주요간선도로 1일 교통통과 대수  
출처: Kenya ITS WB Feasibility Study Report(2017)



<그림 1-3> 나이로비 주요간선도로 교통량 현황  
출처: Kenya ITS WB Feasibility Study Report

### 3) 자동차 등록대수와 교통체증

- 케냐는 매년 자동차 신규 등록이 증가하여 2012년 77,229대, 2013년 94,017대, 2014년 102,606대, 2015년 107,761대, 2016년 90,176대가 증가하였음(출처: Economic Survey, 2017)
- 2016년 현재 케냐 내 전체 자동차는 약 130만대로 조사되었으며(출처: Economic Survey, 2017), 이중 나이로비의 개인 차량 등록대수는 2015년 48만6천 대, 2025년에는 71만6천 대로 증가할 것으로 예상(출처: Wikipedia, Nairobi, 2018)
- 케냐의 자동차 보급률은 2014년 기준 1000명 인구당 26.9대로 아프리카 대륙 평균인 44대에 비해 낮은 수준이나 2019년에는 케냐 중산층의 성장으로 자동차 보급률이 31.5대까지 증가할 것으로 전망(출처: BMI Industry Forecast-Q1, 2016)
- 케냐 정부는 일자리 창출을 목표로 GDP의 10% 수준의 제조업

을 2030년까지 15%까지 올릴 장기계획을 세웠는데 그 일환으로 2015년 12월부터 자국 내 자동차 조립생산을 장려하고 있음

- 2017년 기준 케냐 내 합작 또는 임대 형태의 조립 생산공장은 4개로, 연간 조립 생산량은 3만2000대 수준이나 케냐정부는 조립생산시설 설립에 박차를 가하고 있음(출처: kotra 해외시장뉴스, 2017. 8. 16)
- 케냐 내 자동차 조립생산량의 대부분은 국내 수요용이기 때문에 생산량 증가와 함께 자동차 등록대수도 증가하여 결국은 도로혼잡에 영향
- 이처럼 자동차 보급률은 빠르게 증가하나 도로보급률은 자동차 보급률을 따라가지 못해 교통체증이 심각해질 것으로 예측되며, 수도 나이로비의 교통 혼잡은 배가 될 것으로 예상됨

#### 4) 중고차량 증가와 대기오염

- 케냐 내 전체 자동차 130만 대 중 80%가 중고차이며, 중고차의 연식은 평균 15년인 것으로 밝혀졌음(출처: Deloitte Africa Automotive Insights Report, 2016)
- International Trade Centre의 2014년 통계에 따르면 케냐로 수입되는 중고차 대부분은 일본제 차량으로 케냐의 중고차 수입의 71%를 차지하는 것으로 나타났으며 영국, 남아공, 독일이 각각 9%, 8%, 5%로 그 뒤를 이었음(출처: kotra 해외시장뉴스, 2017. 8. 16)
- 연식이 오래된 중고 자동차에서 배출되는 배기가스는 케냐의 주요 대기오염원으로 지적되었으며, 국제환경기구(UNEP)는 'The Global Fuel Initiative Survey'에서 자동차 배기가스가 도시 대기오염의 40% 영향을 미치는 것으로 주장하고 있음(출처: kotra 해외시장뉴스, 2017. 8. 16)
- 동아프리카 공동체(East African Community)는 중고차 수입

허용 연식 제한을 2019년까지 8년 미만으로, 2021년까지 5년으로 점차 낮출 것을 권고했으며, 이에 따라, 케냐는 2021년까지 중고차 수입 연식 제한을 현 8년에서 5년으로 낮추기로 했음(출처: kotra 해외시장뉴스, 2017. 8. 16)

#### 5) 교통혼잡과 교통사고

- 차량증가와 교통체증에 비례하여 매년 교통사고가 증가하고 있으며 케냐교통안전국(NTSA)에 따르면, 케냐의 2018년 1월 1일부터 10월까지 교통사고 사망자는 2,441명으로 2017년 같은 기간 2,203명에 비해 10.8% 증가하였음(출처: NTSA, 2018.10 통계자료)
- 케냐의 2018년 1월 1일부터 10월까지 교통사고로 인한 사망 및 중경사자 수는 10,172명으로 2017년 동기간 8,743명에 비해 16.3% 증가한 추세임(출처: NTSA, 2018.10 통계자료)
- KNSB의 인구조사자료에 따르면 나이로비의 인구는 케냐 전체 인구의 9.64%를 차지하고 있으므로 나이로비의 교통사고 건수도 케냐 전체 교통사고의 9.64%로 추정함

### 4. 사업목적과 적절성

#### 1) 사업 목적

- 케냐 나이로비는 세계에서 교통체증이 가장 심한 도시의 하나로 이로 인한 경제적 손실이 막대하고, 교통사고로 인한 사망자 및 부상자 수의 매년 증가와 자동차 배출가스로 인한 대기오염으로 인해 사회적 비용이 발생하고 있음
- 이러한 문제를 해결하고자 케냐 정부는 수도인 나이로비의 주

요 간선도로에 지능형교통시스템(ITS)을 구축하려고 하며 한국 정부는 이를 지원하려고 함

- 지능형교통시스템(ITS)을 설치했을 때 교차로 내 지체시간 감소와 주요 교차로 구간의 통과시간 감소로 나이로비의 교통흐름 상태를 개선하는데 목적이 있음

## 2) 사업수혜자의 수요

### ■ 케냐 재무부(National Treasury)의 요구

- 케냐는 시내 교통체증으로 인해 매일 58만 달러, 연간 2억2000만 달러의 경제적 손실을 발생하고 있으며 교통개선에 대한 시민들의 요구가 강한 편임
- ITS 사업에 대한 투자가 현재는 적자이더라도 진행하는 것이 케냐의 향후 재무를 고려하면 더 나은 선택일 것이라고 판단
- 케냐 재무부는 한국의 지능형 교통통제시스템 도입을 고려하고, 2016년 있었던 '한-케냐 간 EDCF 정책협약'에서 ITS사업 회의뿐만 아니라 교통, 산업화 등의 분야에서도 추가적인 사업 발굴을 논의함(출처: 아시아경제, 2016. 07, EDCF)

### ■ 케냐 도시도로국(KURA) 요구

- 케냐 도시도로국(Kenya Urban Roads Authority)은 동아프리카와 중앙아프리카에서는 처음으로 나이로비에 지능형 교통시스템(ITS) 도입을 추진하고 있음
- ITS 프로젝트는 도시의 도로 이용자들의 교통법규에 대한 태도와 행동 변화를 가져와 교차로에서의 교통 혼잡을 없앨 것으로 예상
- KURA는 교통 위반자들이 교통 법규를 위반할 때 벌금을 낼 수 밖에 없기 때문에 이 프로젝트를 통해 운전자들의 운전 행동이

변화하기를 기대하고 있음

- ITS 프로젝트는 나이로비 도시 내의 교통 혼잡을 종식시키고, 나이로비를 스마트시티로 전환하는 과정의 일환이 될 것으로 기대하고 있음(출처: KURA, 2017. 12)

#### ■ 차량이용자 및 시민들의 의견

- 나이로비 운전자들은 교통체증은 자동차가 많아서 생기는 문제가 아니라 도로의 문제라고 불만을 토로하고 있음
- 정부의 공식적인 계정이 아닌 시민들이 자발적으로 트위터 계정 @KenyanTraffic를 만들어 케냐의 교통 이슈를 고발하고 있으며 팔로워 수가 수십만 명에 달함
- 페이스북에도 'Kenya Traffic Watch'라는 페이지가 있는데, 'Lets make our roads in Kenya much safer. the carnage must stop(케냐의 도로를 훨씬 더 안전하게 만들자. 대학살은 중단되어야 한다.)'라는 슬로건을 내걸고 있음
- 도로교통에 대한 콘텐츠들이 다양하고 거기에 공감하는 시민들이 많다는 것은 도로교통 개선에 대한 욕구가 크다는 것을 나타냄
- 나이로비 차량이용자들은 교통문제에 대한 심각성을 인지하고 있고 변화가 있어야 한다는 사실에 동의하고 있음

#### ■ 정치인의 의견

- 케냐 나이로비는 도심 교통체증을 해결하기 위해 지능형 교통통제시스템 도입을 추진하고 있으며 2013년에 약 600만 달러의 정부 예산을 투입해 CCTV를 도심 전역에 설치하였음
- 케냐 교통부, 케냐 정통부, 케냐 도로부, 나이로비 시청, 나이로비 경찰청은 ITS 도입을 적극 권장하고 있음



- 케냐 정통부는 서울의 종합도시 통제시스템에 지대한 관심을 보이면서 한국시스템을 롤 모델로 삼아 나이로비 교통시스템을 정보, 하드웨어, 국가안보까지 연계하도록 하는 것에 관심을 표함
- 케냐 정부는 중국에서 CCTV 등 하드웨어를 무상으로 공급받는 것도 좋으나 첨단 IT기술과 축적된 경험을 보유한 한국이 케냐와 협력해 관련 사업을 진행할 수 있기를 희망하고 있음
- 케냐의 정치인들은 교통체증 문제에 대한 심각성을 인지하고 있고 이를 변화시키기 위해 새로운 정책 도입 등 적극적인 방안을 마련하고 있음(출처: cctvnews, 2012.09, ‘케냐, 지능형 도로교통 종합통제시스템’)

&lt;표 1-1&gt; 이해관계자 분석 매트릭스

이해관계자 집단	문제와의 관련성	이해관계	문제해결관련능력
케냐 재무부 요구	-ITS사업의 재무 담당	-교통체증으로 경 제적 손실 -케냐의 향후 재 무 상태개선	-한국형 ITS 시스 템 도입 지원 -한국과 추가적인 사업 발굴
케냐도시도로국 (KURA) 요구	-ITS 도입 실무 부처	-나이로비 도심의 교통문제 해결	-회전교차로를 십 자교차로로 개선 -ITS시스템 도입
차량이용자 요구	-도로교통이용자	-도로를 빠르게, 안전하게, 쾌적하 게 이용	-교통문제 해결에 대한 강력한 요구
정치인의 요구	-ITS 도입 예산 의결기관	-나이로비의 심각 한 교통문제 해결 방안 요구	-ITS 시스템 관련 정책 도입

### 3) 사업범위

- 각 교차로에 대한 트래픽 정보를 수집 및 전송하는 교통관리센터(TMC: Traffic Management Center) 건설
- 지능형교통시스템(ITS: Intelligent Transportation System) 기기(교통량 측정, 교통신호 제어, 실시간 모니터링 시스템 등을 위한 하드웨어 및 소프트웨어) 공급
- 트래픽 수요에 적합한 용량을 충족하도록 회전형교차로를 십자로 교차로로 구조개선 사업
- 교통신호, 신호제어기, CCTV, 지상감지기, 도로전광표지판(VMS: Variable Message Sign) 가로등 등 현장 장비 설치

### 4) 사업설계의 적절성

#### ■ 나이로비의 도로교통 문제

- 나이로비의 교통 상황은 혼잡하고 안전하지 못하며, 도시의 도로는 심하게 초과되어 있고 특히 도시지역의 교통체증이 심함
- 약 417만 명의 인구를 가진 나이로비는 비슷한 크기의 세계 다른 도시들에 비해 교통 수요를 만족시킬 수 없는 상황
- 나이로비의 물리적 도로 인프라는 주로 도시의 중심에서 주변 지역 및 그 너머 지역사회까지 방사상으로 뻗어 있으며 도시 내의 모든 도로가 출퇴근 시간대는 물론 평시에도 지체와 정체가 반복되고 있음
- 나이로비 교통 혼잡의 주요 원인 중 하나는 회전교차로(round about)에 있으며, 이를 교통량 변화에 따라 실시간으로 교차로 신호등을 제어할 수 있는 지능형교통체계(ITS) 구축이 필요함

#### ■ 회전교차로(Round About)의 문제

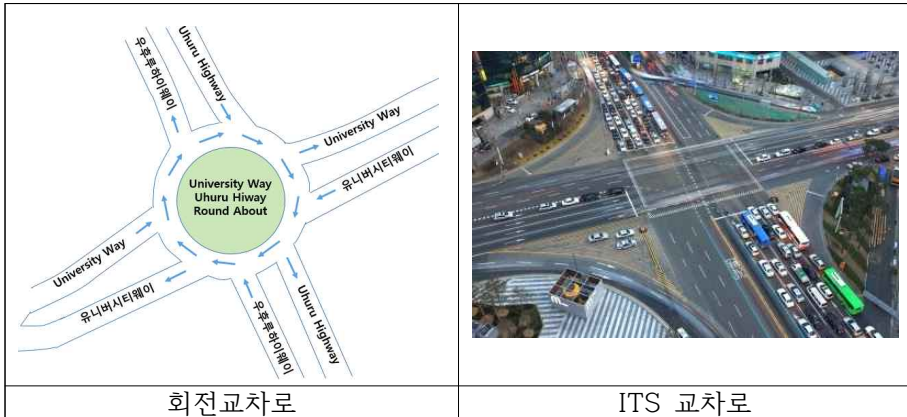
- 회전교차로는 교통량이 적고 단일차선인 경우는 신호대기 시간이 없기 때문에 교통흐름을 원활하게 하는 장점이 있음
- 그러나 교통량이 많고 편도 2차선 이상인 경우 안쪽 차선과 바깥쪽 차선의 차량은 진입 또는 출입하기 위해서 차선 바꿈이 있기 때문에 이로 인해 차량이 뒤엉켜 교통흐름을 방해하고 접촉사고의 주된 원인이 됨
- 케냐 나이로비는 출퇴근 시간은 물론 평시에도 교통량이 많으며 특히 회전교차로 주변의 교통 혼잡현상이 심함
- 회전교차로마다 많은 차량이 진입하여 각기 다른 방향으로 빠져나가는 과정에서 차량이 뒤엉켜 있었으며 이를 해결하고자 경찰 인력이 투입돼 교통 흐름을 통제하고 있는 실정임
- 교차로 내 진입한 차량끼리 접촉하는 사고가 자주 발생하며 상당히 많은 차량이 찌그러지고 굵힌 채로 운행하고 있는 실정
- 교차로 내에서 발생한 접촉사고를 처리하는 과정에서 극심한 교통 혼잡이 유발되고 있음
- 회전교차로 통행방법 및 양보 부족으로 인해, 일부 차량의 교차로 진입이 어려웠으며 이로 인해 후미 차량의 정체를 야기함
- 회전교차로는 교통량이 많은 장소에서는 진입하려는 차량과 빠져나가려는 차량이 복잡하게 섞여 교통 혼잡이 가중되고 있어 교통량이 많은 도심지역에는 설치하는 것이 적합하지 않은 것으로 판단됨

#### ■ 도로체계 개선 필요

- 케냐의 나이로비에서 교통 체증은 차량보유대수 증가에 비해 제한된 도로망이 주원인이고, 그 다음은 신호체계 및 회전교차로 등 도로운영상의 불합리성이라 할 수 있음
- 현재의 교통 혼잡 문제를 해결하고 매년 빠르게 증가하는 자동차 보유대수에 대비하기 위해서는 지능형교통시스템(ITS)의 도

### 입이 필요한 상태임

- 특히 교통량이 많고 교통지체가 심한 몸바사로드와 우후루 하이웨이, 엠부-나이로비 하이웨이의 회전교차로를 지능형교통시스템(ITS)으로 개선이 급선무임



<그림 1-4> 회전교차로와 ITS교차로

## 5) 사업의 기대효과

### ■ 지능형교통시스템

- 도로교통 분야 지능형교통체계(ITS)는 도로교통시스템의 구성요소(교통수단시설)에 첨단기술을 이용하여 교통운영·관리의 효율성을 극대화할 수 있는 교통시스템
- 이용자 편의와 안전성을 제고하고 연료소모와 대기오염 배출량을 감소시키는 미래형 교통체계라 할 수 있음

### ■ 지능형교통시스템 서비스

- 교통류 제어서비스로 교통상황에 따라 차량의 흐름을 제어(실시간 신호제어, 우선처리 신호제어, 철도건널목 연계제어, 고속

- 도로 교통흐름제어)하여 교통소통과 도로이용의 효율성을 향상
- 돌발 상황 제어서비스로 교통사고, 차량고장 등 돌발 상황을 실시간으로 신속 파악·대응하여 돌발 상황으로 인한 피해를 줄이고 교통소통에 미치는 영향을 최소화
  - 기본 교통정보제공서비스로 운전자에게 실시간 교통상황, 소요시간, 대체·우회경로, 돌발·특별상황, 주차정보 등을 제공하여 교통량 분산을 유도하고 통행의 예측 가능성을 제고
  - 운전주의 관리서비스로 도로상의 위험요소를 실시간으로 감시·감지하고 신속하게 처리·제거하며 운전자에게 관련정보를 제공하여 사고예방 및 안전유도
  - 자동교통단속서비스로 교통법규 위반차량(제한속도 위반단속, 교통신호 위반단속, 버스전용차로 위반단속, 불법주정차 단속, 제한중량초과 단속)을 자동으로 감지하여 번호판 촬영 후 실시간으로 ITS 센터로 전송
  - 교통행정지원서비스로 도로시설관리, 공해관리, 교통수요관리 등의 교통행정 업무의 효율성 제고

## ■ 지능형교통시스템의 기대효과

- 효율성(Efficiency) 측면
  - 통행거리 및 요금 대비 최적의 교통정보제공으로 통행시간 및 비용 절감을 통한 교통혼잡비용 감소
  - 반복정체뿐만 아니라 돌발 상황에 신속한 대응으로 비반복 정체로 인한 교통 혼잡 최소화
  - 대중교통시스템의 정시성 및 이동성 향상으로 승용차의 기능 대체 체 대중교통 이용 증대
  - 유관기관 간 교통정보유통 활성화로 도로교통시스템의 위계 간 연계성 및 적용성 증대

### ○ 안전성(Safety) 측면

- 사고위험요소에 대한 사전 경고 및 자동 회피로 교통사고 예방 및 사고 발생 시 인명피해 최소화
- 돌발 상황에 대한 신속한 대응으로 교통사고 피해규모 절감 및 2, 3차 유발사고 예방
- 일반차량의 교통법규 위반 단속에 의한 안전운전 유도과 교통수단의 실시간 운행관리로 과속단속 및 준법운행 유도
- 위험물질 운송차량을 추적·관리하여 준법운행을 유도하고 사고 발생 시 신속하게 대응하여 피해 규모 확산 방지

### ○ 편의성(Convenience) 측면

- 교통수단의 운행정보 및 도착예정시간정보 제공으로 승객의 합리적인 통행의사 결정 가능
- 요금징수의 자동화로 요금지불에 소요되는 시간을 단축시켜 교통수단·시설 이용의 편의성 증대
- 대중교통수단에 대한 준법운행 유도과 승객의 편리성 증대
- 도로교통 상황에 대한 정보를 제공하여 통행스케줄에 대한 예측 가능성을 높이고 여행자의 편리한 통행 지원
- 교통시설 및 수단에 대한 이용정보를 제공하여 여행자의 교통수단 접근성 제고

### ○ 환경성(Environment) 측면

- 교통상황 대응 실시간 녹색속도관리시스템 운영으로 에코드라이빙 활성화
- 교통 서비스개선을 통한 승용차의 기능대체 또는 수요분담으로 통행 비용 절감 및 녹색교통수단 이용 활성화

# 제2장 · 케냐 ITS 구축사업 성과관리 프레임워크 수립 |

## 1. ITS 성과관리 프레임워크(logical framework)

<표 2-1> 프레임워크

디자인 요약 Design Summary	사업수행 목표/지표 Performance Targets/Indicators	자료출처 Data Sources	가정/위험 Assumptio ns/Risks
1.중장기 성과 (Impact)  교통정체로 인한 사회적 손실 감소	1. 교통사고 건수 감소 -사망사고: 2017.1.1.~12.28 2,856명 → 2,285명 -중상자 2017.1.1.~12.28 3,893명 → 3,114명	NTSA 통계자료	가정: 교통 법규 의식 수준 향상 위험: 차량 수 급증
	2. 대기오염 감소 -대기오염물질 2016년 대비 10% 감소  A1(Haile Selassie Ave. 11번 교차로) - TSP : 344 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → 310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - NOx : 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - SO <sub>2</sub> : 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → 3.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - CO : 1,160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → 1,044 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Pb : ND → ND  A2(Viaduct, 12번 교차로) - TSP : 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - NOx : 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - SO <sub>2</sub> : 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → 2.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - CO : 484 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → 435 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Pb : ND → ND	KURA 대기오염 통계자료	위험: 노후 차량 증가

<p><b>2.단기성과 (Outcome)</b></p> <p>교통량 흐름 개선</p>	<p>1. 교차로 지체시간 감소 -19번, 20번, 24번, 25번 교차로에서 차량 당 평균대기 시간 -2018년 340초에서 ITS 프로젝트 완공 1년 후 220초로 단축</p>	Detector Data	가정: 새로운 교통로 건설로 속도 향상
	<p>2. 구간 통과시간 단축 -19번에서 25번 교차로까지 이동시간 2018년 24분에서 ITS 프로젝트 완공 1년 후 19분 이하로 단축</p>	Detector Data 현장측정	위험: 차량 수 급증
<p><b>2.산출물 (Output)</b></p> <p>ITS 제반시설 구축</p>	<p>1. TMC 건설 - TMC 신축공사 - ITS 기기 공급 • 교통량 측정, 교통신호 제어, 실시간 모니터링 시스템 등을 위한 하드웨어 및 소프트웨어</p> <p>2. 교차로 개선 - 구조 개선 • 트래픽 수요에 적합한 용량을 충족하도록 연결 구성 업그레이드 - 현장 장비 설치 • 교통 신호, 신호 제어기, CCTV, 지상 감지기, VMS, 가로등</p>	프로젝트 완료보고서	<p>가정: -케냐 정부의 적극성 -시기적절한 토지매입</p> <p>위험: 예상치 못한 인플레이션 및 기술적 문제</p>



## 2. 단기성과 (Outcome)

구간별교통소통과 우회도로 정보를 자동으로 파악하여 처리함으로써 차량 당 교차로 대기시간과 구간별 통과 시간 감소시켜 교통량 흐름을 개선하는 성과

### 1) 교차로 지체시간 감소

#### (1) 현황 및 성과지표 선정의 적정성

##### ■ 평균지체도

- 차량 당 평균제어지체란 분석 기간에 도착한 차량들이 교차로에 진입하면서부터 교차로를 벗어나서 제 속도를 낼 때까지 걸린 추가적인 시간손실의 평균값을 말함
- 여기에는 분석기간 이전에 교차로를 다 통과하지 못한 차량으로 인해 분석기간 동안에 도착한 차량이 받는 추가지체도 포함
- 오전 오후 첨두시 각 교차로 평균 차량당 지체시간을 평가지표로 쓰고자 함
- 첨단교통신호체계 구축후 각 교차로의 차량당 평균 지체시간(초/대)와 이에따른 서비스 수준이 명확한 평가 지표가 될 것임

##### ■ 「교차로 지체시간 감소」 성과지표 관련 현장 조사

- 케냐 나이로비 도시 내의 주요 간선도로 교차로는 하루 종일 정체가 심하며, 특히 교차로 통과차량이 지·정체됨으로써 다른 방향 도로의 차량까지도 정체를 유발하고 있음
- 월드뱅크의 2017년 조사 자료와 현지 조사 결과 교통량이 많은 피크타임은 오전 7시~9시, 오후 5시~7시 사이임
- 현장조사결과 출퇴근 시간 첨두시간(peak time)에 대부분의 교차로 지체는 극심한 상황으로 서비스 수준 FFF에 해당하는 차

량당 340초/대 이상으로 파악

- 우리나라의 경우 차량당 제어지체 시간에 따라 아래의 표와 같은 서비스 수준을 제시

<표 2-2> 차량당 제어지체 시간과 서비스 수준

서비스 수준	차량 당 제어지체
A	≤ 15초
B	≤ 30초
C	≤ 50초
D	≤ 70초
E	≤ 100초
F	≤ 220초
FF	≤ 340초
FFF	> 340초

자료: 도로용량편람 2013, 국토해양부

■ 「교차로 지체시간 감소」 성과지표 선정의 적정성 파악

- 나이로비의 교통문제를 해결하기 위해서는 도시 내의 주요 간선도로상 각 교차로의 평균 지체시간을 단축하는 것이 필요함
- 교차로 지체시간이 단축되면 각 방향의 차량 소통이 원활해져 결과적으로 도시 전체의 차량 흐름이 개선될 것으로 예측되므로 교차로 통과차량 지체시간 감소 지표는 적절한 것임

■ 「교차로 통과차량 지체시간 감소」 성과지표 측정 데이터 수집

- 케냐 나이로비 도시의 주요 간선도로는 남북 축으로 몸바사로드(Mombasa Rd), 동서 축으로는 조구 로드(Jogoo Road)가 있음

- 몸바사로드(Mombasa Rd)의 회전교차로(Round About)가 있는 교차로(19, 20, 24, 25)의 지체시간을 중요지표로 선정하고자 함

## (2) 기초선(baseline) 및 목표치

### ■ 지표에 대한 기초선(baseline) 및 목표치

- 나이로비 주요 간선도로인 몸바사로드(Mombasa Road)상의 주요 교차로인 (19,20,24,25) 교차로에서의 평균 지체도를 측정
- 현재 측정된 통행시간 및 관측된 지체정도를 고려하면 주요 교차로의 오전 오후 첨두시의 지체시간은 서비스수준 FFF (340초 이상)에 해당하고 있음
- 개선 목표는 ITS 구축 1년 후 서비스수준 F에 해당하는 220초 이하로 설정함

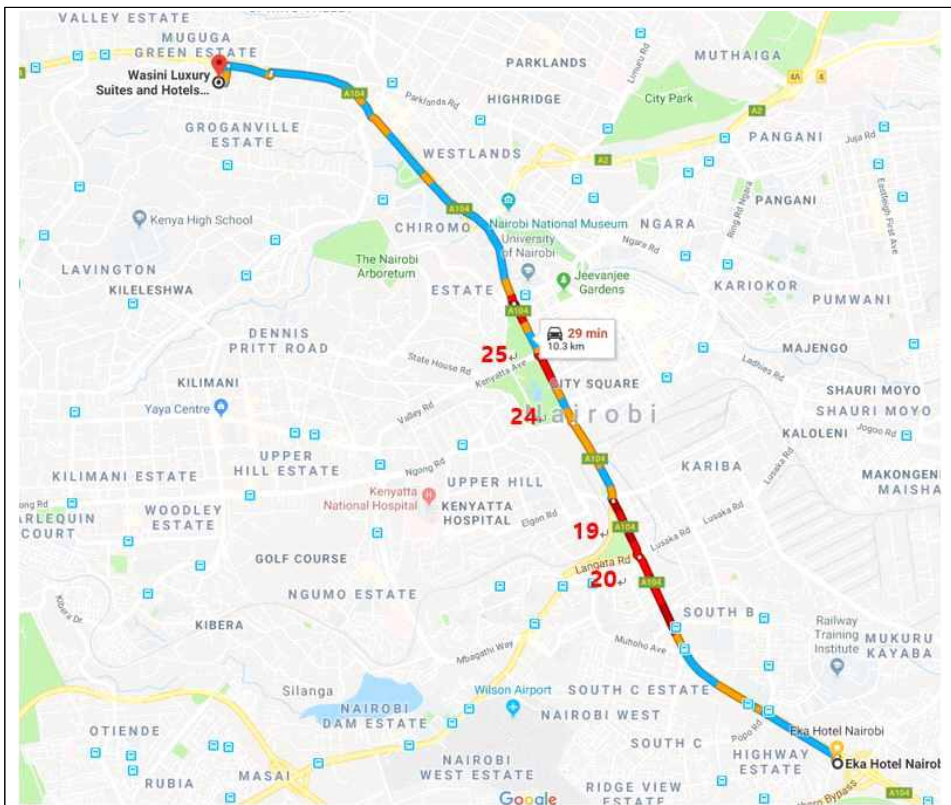
<표 2-5> 교차로 지체시간 기초선 자료

교차로		거리 (m)	통과시간	소요시간
From	To			
Eka Hotel (07:30 출발)	20번 (Lusaka Road)	2,005	08:22	52분 (3,120초)
20번	19번 (Bunyala Road)	624	08:32	10분 (600초)
19번	24번 (Haile Selassie Road)	878	08:39	7분 (420초)
24번	25번 (Kenyatta Road)	760	08:46	7분 (420초)

자료 : 인하대 프로젝트팀 측정자료 (2018.10.02. 화요일 오전 피크)

## ■ 가정 및 위험요인

- 최근 급증하고 있는 차량수가 위험요인으로 판단됨
- 후보 교차로 25개(3, 4, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 24, 24, 25, 52, 56, 62, 86, 102) 중에서 몸바사로드(Mombasa Road)에 해당하는 교차로는 4개(20, 19, 24, 20) 임



<그림 2-5> 해당 교차로 <출처: Google 지도>

## ■ 완공 후 「교차로 통과차량 지체시간 감소」 성과지표 측정 데이터 수집 방법

- ITS 완공 후에는 디텍터(detector)가 자동으로 교차로 지체시간을 측정할 수 있음
- 실시간 교통 감지기가 설치될 경우 신호교차로의 평균지체도를 구하는 것은 용이할 것으로 판단
- 일반적으로 신호교차로의 운영분석에 필요한 자료는 교차로와 교차로 사이의 시간 단축 여부로 성과를 분석할 수 있음

## 2) 주요 교통축 구간 통과시간 단축

### (1) 현황 및 성과지표 선정의 적정성

#### ■ 「구간 통행시간 개선」 성과지표 관련 현황

- 한 교차로에서 주요 교통축(corridor)으로 통과하는데 소요되는 평균시간이 오래 걸리고 있었음
- 특히 회전교차로가 역할을 못하고 신호등 또는 교통경찰의 수신호로 다음 신호를 대기하는데 많은 시간이 소요되었음

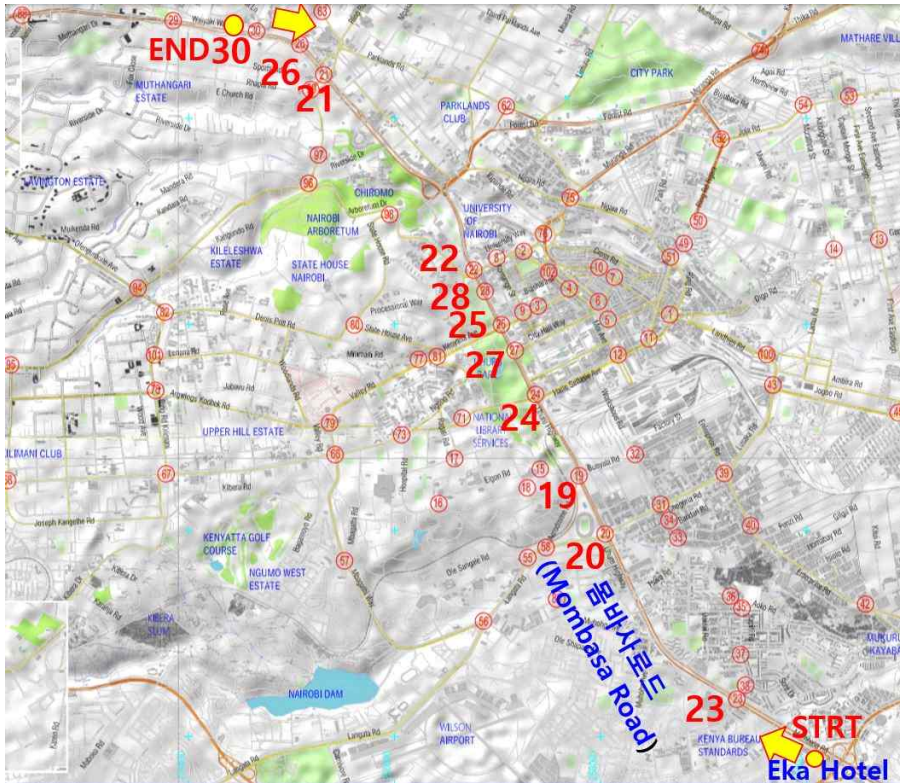
#### ■ 「구간 통행시간 개선」 성과지표의 적정성 파악

- 교차로 및 도로의 지정체가 이루어지는 것은 주요 교통축으로 통행이 원활하지 않기 때문임
- 교통흐름을 개선하기 위해서는 주요 교통축 구간 통행시간을 단축시켜야 하므로 본 성과지표 선정은 타당함

#### ■ 「구간 통행시간 개선」 성과지표 측정 데이터 수집

- 케냐 나이로비 도시의 주요 간선도로는 남북축으로 몸바사로드(Mombasa Road), 동서축으로는 조구로드(Jogoo Road)가 있음
- 기초선 조사에서는 요일별(월, 화, 수, 목, 금, 토, 일)로 오전

오후 첨두 시간 대 통과시간을 측정하여 1주일 단위로 기초자료를 구축하는 것이 바람직함



<그림 2-3> 몸바사로드 측정구간

출처: KEN ITS WB Feasibility Study Report

■ 완공 후 「주요 교통축 구간 통행시간 개선」 데이터 수집 방법

- 해당 도로 구간에 대해서 기초선 조사와 똑같은 시간에 출발하여 구간 통과 시간을 측정할 수 있음
- 전체 거리를 운행하는 시간의 단축 여부와 교차로와 교차로 사이의 시간 단축 여부로 성과를 분석할 수 있음
- 디텍터 자료와 ‘KEN ITS WB Feasibility Study Report(2017)’

의 해당 교차로 자료와 비교하여 성과 분석

- 인하대 프로젝트팀이 2018년 10월 실시한 조사에서 Eka호텔에서 와야키까지 10.3km 가는 데 90분 소요 (화요일 오전 07:30)

<표 2-6> 몸바사로드(Mombasa Road) 측정사례 (2018. 10. 2, 화)

번호	교차로명	오전	오전
Start Point	Eka Hotel	START 07:30	END 10:12
23	Mombasa Rd / Kapiti Rd / Popo Rd		
20	Langata Rd / Lusaka Rd / Uhuru Hwy	08:22	10:09
19	Uhuru Highway / Bunyala Rd / Aerodrome Rd / Round About	08:32	10:07
24	Haile Selassie Roundabout	08:39	10:05
27	Uhuru Highway / City Hall Way		
25	Kenyatta Roundabout (Kenyatta Avenue Uhuru Highway Roundabout)	08:46	09:54
28	Uhuru Highway / Utalii St		
22	University Roundabout (University Way Uhuru Highway Roundabout)	08:49	09:44
21	Westlands Roundabout	08:54	09:24
26	Waiyaki Way / Parklands Rd		
30 End Point	Waiyaki Way / Church Rd	09:00 END	09:20 START

## (2) 기초선(baseline) 및 목표치

### ■ 지표에 대한 기초선(baseline) 및 목표치

- 단기 성과평가 지표로서 주요 교통축에 대한 오전, 오후 첨두시간 구간 통행시간을 제시할 수 있음
- World Bank 리포트에서도 baseline survey로서 첨두시간의 주요 교차로간 구간통행시간 (travel time survey between key junctions)를 제시하고 있음
- 첨두시간은 AM peak: 7:00 am to 9:00am, PM peak: 5:00 pm to 7:00pm을 지정하여 화, 목요일에 측정되었음
- 이를 기초로 통행시간 (Travel time), 지체시간 (Delay), 운행시간(Running time)을 계산하였음
- 다음의 표는 worldbank 에서 조사한 통행시간에 대한 샘플임
- (02\_Volume II\_Dec\_2017\_Transport\_Analysis.pdf 및 annex D excel 파일 참조)
- 개선 목표는 ITS 구축 1년 후 약 20%의 속도 개선

### ■ 가정 및 위험요인

- 교통흐름이 개선되면 새로운 교통량이 발생하여 오히려 교통체증이 심해지는 브래스의 역설(Braess Paradox)이 위험 요인이 될 수 있음
- 최근 케냐인들의 마이카 붐으로 인해 도로 개선 속도보다 차량 증가 속도가 더 빠른 편임
- BRT 사업등 기타 교통체계개선 사업의 효과와 중첩되어 첨단 신호체계 사업만의 효과를 측정하기 힘들 수도 있음



&lt;표 2-7&gt; 구간통행시간 예시

JUNCTION NAME		AM (7-9 AM)		AFTERNOON (1-3PM)				PM (5-7PM)		AFTERNOON (1-3PM)	
		TRAVEL TIME (min)	DELAY (min)	TRAVEL TIME (min)	DELAY (min)	JUNCTION NAME		TRAVEL TIME (min)	DELAY (min)	TRAVEL TIME (min)	DELAY (min)
ROUTE 1											
FROM	TO					FROM	TO				
Statehouse rd/ Statehouse Avenue (14-V)	Arboretum rd/State house rd (32-VII)	3	2	2	0	A104/Raphta rd (6)	Raphta rd/Ring rd Westlands (46)	2	0		
Arboretum rd/State house rd (32-VII)	Ring rd Kileleshwa/Arboretum rd (45)	3	0	6	0	Raphta rd/Ring rd Westlands (46)	Riverside dr/Ring rd Kileleshwa(7-V)	13	4		
Ring rd Kileleshwa/Arboretum rd (45)	Riverside dr/Ring rd Kileleshwa(7-V)	3	0	2	0	Riverside dr/Ring rd Kileleshwa(7-V)	Ring rd Kileleshwa/Arboretum rd (45)	9	1		
Riverside dr/Ring rd Kileleshwa(7-V)	Raphta rd/Ring rd Westlands (46)	13	0	1	0	Ring rd Kileleshwa/Arboretum rd (45)	Arboretum rd/State house rd (32-VII)	2	0		
Raphta rd/Ring rd Westlands (46)	A104/Raphta rd (6)	4	0	0.5	0	Arboretum rd/State house rd (32-VII)	Statehouse rd/ Statehouse Avenue (14-V)	4	1		
	Total	26	2	11.5	0		Total	28	6		
	Running Time	24		11.5			Running Time	22			

### 3. 중장기 성과 (Impact)

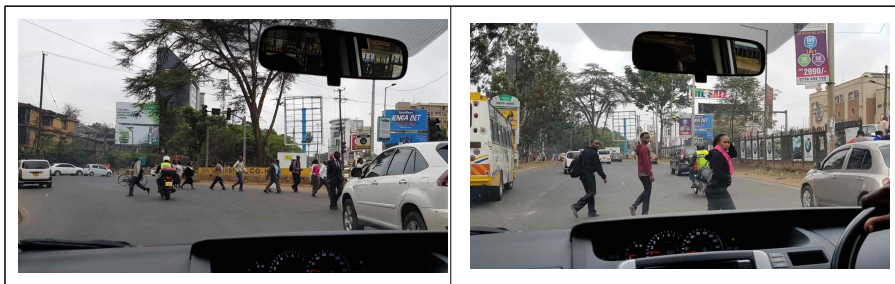
교통정체로 인한 사회적 손실을 감소시키는 성과를 기대할 수 있는데, 지능형교통시스템(ITS)이 구축되면 교통사고율이 줄어들고, 교통사고 발생 시 처리속도가 빨라져 교통사고 사망률이 감소하며, 교통흐름이 빨라져 차량에서 배출하는 대기오염을 감소할 수 있음

#### 1) 교통사고 건수 감소

##### (1) 현황 및 성과지표 선정의 적정성

###### ■ 교통사고 현황

- 케냐 나이로비 주요 간선도로는 출퇴근 시는 물론 평시에도 회전교차로마다 많은 차량이 진입하여 정체가 이루어지고 있음
- 회전교차로 내의 많은 차량들은 각기 다른 방향으로 빠져나가는 과정에서 차량이 뒤엉키며 접촉사고가 빈번하게 발생하고 있음
- 많은 차량이 진입되어 공간은 좁은데 라운드를 회전하는 과정에서 차량 뒤가 옆 차량을 스치고 지나가는 사고가 빈번하게 발생
- 나이로비 주요 도로에는 건널목과 신호등이 부족한 상태로 보행자들이 좌우를 살피 차로를 횡단하는 상황으로 이로 인한 차량과 사람과의 사고 발생 위험률이 높음



<그림 2-2> 나이로비 교통 현황

### ■ 「교통사고 건수 감소」 성과지표 선정의 적정성 파악

- 지능형교통시스템(ITS)을 구축하면 운전자가 도로 주행 시 미리 제공된 교통정보를 이용하기 때문에 교통사고율이 감소함
- ITS 시스템은 교차로 내 차량 진입을 차단하므로 신호를 지켰을 경우 교차로 안에서 접촉사고를 예방할 수 있음
- 차량 행렬이 일직선이기 때문에 차선을 지켰을 경우 옆 차와의 접촉사고를 예방할 수 있음
- 자동차 간 접촉사고 건수가 줄면 교통사고 사망자 및 부상자 수도 줄어들며, 교통사고 발생 시 처리속도가 빨라지기 때문에 교통사고 사망률을 줄일 수 있음
- 건널목과 신호등을 설치함으로써 보행자가 안전하게 도로를 횡단할 수 있어 인명 사고 감소가 예상. 따라서 교통사고 건수 감소가 예상되므로 성과지표로 선정한 것은 합당한 것으로 판단됨

### ■ 「교통사고 감소」 성과지표 측정 데이터 수집

- NTSA(National Transport and Safety Authority)에 2017년 케냐 교통사고 통계자료(2017.1.1~2017.12.28)
- KURA의 협조공문을 통해 NTSA(National Transport and Safety Authority)에 교통사고 통계자료(2017.1.1~2018.9.30) 요청 (별첨 1)
- Jogoo Road, Mombasa Road, Uhuru Highway, Waiyaki Way, Ngong Road, Langata Road, Thika Highway에서 발생한 교통사고 건수, 사망자수, 부상자수 파악

### ■ 완공 후 「교통사고 감소」 성과지표 측정 데이터 수집 방법

- NTSA(National Transport and Safety Authority)의 일정 기간의 해당도로에서 발생한 교통사고 건수, 사망자, 부상자 인원파악

## (2) 기초선(baseline) 및 목표치

### ■ 지표에 대한 기초선(baseline) 및 목표치

- NTSA(National Transport and Safety Authority)의 2017년 교통사고 통계자료(2017. 1. 1 ~ 2017. 12. 28)를 활용하며, 케냐 전역에서 발생한 사망자, 중상자, 경상자를 분류하고 있음
- 케냐국립통계국(KNBS: Kenya National Bureau of Statistics)의 인구센서스에 따르면 케냐의 인구는 38,610,097명이고 수도인 나이로비의 인구는 3,724,159명으로 조사되어 9.64%에 해당됨. 나이로비 교통사고 건수는 통계가 없으므로 인구대비 케냐 전체 교통사고의 9.64%로 추정하고자 함
- ITS 프로젝트 완료 1년 후 교통사고 20% 감축을 목표로 함. 한국의 경우 미리 제공된 교통정보를 이용하기 때문에 교통사고율이 40% 정도 줄어들고(파이낸셜뉴스, 2008. 7. 5), 교통사고 처리속도가 빨라져 사망률을 50%까지 줄일 수 있다는 것이 교통전문가들의 의견 임

<표 2-3> 케냐교통사고 현황

	사망자수	중상자수	경상자수
보행자	1,048	664	205
운전자	310	453	287
승객	733	1,805	3,489
오토바이	218	399	169
자전거	57	33	15
모터사이클	490	539	148
계	2,856	3,889	4,317

자료: NTSA(National Transport and Safety Authority, 2017.12.28.)

## ■ 가정 및 위험요인

- 급증하는 차량수에 비례하여 전년 대비 급증하고 있는 사망 및 부상자수를 고려하면 ITS 구축 후 사망 및 부상자수의 절대적인 감소가 어려울 수도 있음
- 교통법규 준수에 대한 시민의식 미성숙이 위험요인으로 판단되며 일정시간 이상의 교육 및 홍보가 필요함

## 2) 대기오염 감소

### (1) 현황 및 성과지표 선정의 적정성

#### ■ 대기오염 현황

- 나이로비 시내 도로는 노후 경유 차량(버스, 트럭, 승합차)에서 배출하는 대기오염 물질이 매우 심각한 수준
- 노후차량이 정차했다가 출발할 때는 등속으로 운행할 때보다 대기오염 물질이 더 많이 배출되었음
- 차량 소통이 원활하면 ‘멈추었다 켜다’ 하지 않기 때문에 대기오염 배출량이 감소할 것으로 판단됨

#### ■ 「대기오염 감소」 성과지표 선정의 적정성 파악

- 교통 혼잡에 따른 저속과 정지, 출발의 반복 및 단거리 통행에 따른 엔진저온상태로 대기오염 배출량이 증가
- 교통 혼잡은 교통량의 밀집을 수반하며 도로 주변지역의 대기 중 오염물질 농도를 증가시키고 있음(국립환경과학원, 2012)
- 자동차 배출가스로부터 배출되는 PM10, NO<sub>2</sub>, VOCs 등의 오염물질은 광화학반응을 통해 오존 생성 및 시정거리 감소 등 유발
- 교통정체로 교통량이 밀집하는 지역은 대기오염물질이 집중되어 호흡기 질환과 천식 악화, 생체면역 감소 등을 초래

- 자동차에서 배출되는 오염물질은 그 종류가 다양하고 인체에 미치는 영향 역시 매우 복잡하며 암 발생률이 높은 것으로 보도
- 본 사업의 성과관리지표로서 「대기오염 감소」 지표는 교통흐름이 향상되면 대기오염이 감소된다는 상관성을 토대로 고려할 때, 매우 적절한 지표라고 판단됨

#### ■ 「대기오염 감소」 성과지표 측정 데이터 수집

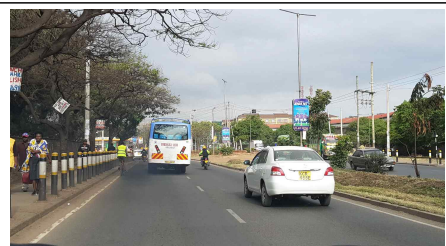
- KURA(Kenya Urban Roads Authority)의 환경·사회보장과(Environmental & Social Safeguards)를 방문하여 나이로비 주요 간선도로변 대기오염 데이터를 수집
- 나이로비 시내 곳곳에 건물 옥상 위 등 도시대기측정망이 있으나 도로변 대기측정망은 운영하고 있지 않음
- 도시대기측정망의 데이터 역시 구체적이지 않아 도로 대기오염 측정을 하기 위해서는 별도의 기초선 조사가 필요한 것으로 판단

#### ■ 완공 후 「대기오염 감소」 성과지표 데이터 수집 방법

- KURA 환경·사회보장과(Environmental & Social Safeguards) 해당년도 자료를 수집하여 완공 전후의 성과를 비교 할 수 있음



출발 때 매연을 내뿜는 트럭



매연을 내뿜는 버스

<그림 2-1> 나이로비 차량 매연

## (2) 기초선(baseline) 및 목표치

### ■ 지표에 대한 기초선(baseline) 및 목표치

- KURA 환경·사회보장과(Environmental & Social Safeguards)에서 관리하는 대기오염측정망 데이터 활용
- 대외경제협력기금(EDCF: Economic Development Cooperation Fund)에서 공사를 맡은 25개 교차로((3, 4, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 24, 24, 25, 55, 56, 6, 80, 86, 102) 중 대기오염측정망과 가까이 있는 교차로는 11번과 12번임)
- A1 하일리 셀래시 애비뉴(Haile Selassie Ave.) 대기오염측정기는 와쿨리마 마켓(Wakulima Market) 앞에 설치되어 있으며, 11번 교차로부터 약 200m 거리에 위치
- A2 바이닥(Viaduct) 대기오염측정기는 나이로비역(Nairobi Railway Station) 주변의 주택가에 설치되어 있으며, 12번 교차로부터 약 100m 거리에 위치
- A1과 A2 지역의 대기오염 기준선은 2016년 KURA의 대기오염 측정 데이터를 기준으로 ITS 프로젝트 완공 후 A1과 A2의 데이터와 비교하여 성과분석
- ITS 프로젝트 완공 후 대기오염 배출량 10% 감축을 목표로 함
- 자동차에서 배출하는 이산화탄소와 질소산화물의 배출계수는 65km/h 이하의 속도에서 속도가 감소될수록 그 배출량이 기하급수적으로 또는 비선형으로 증가하는 것으로 연구되었음(우승국·김영국·박상조, ITS 정보를 이용한 지역 간 도로의 온실가스 및 대기오염물질 배출량 산정, 대한교통학회지, 제31권3호, 2013)



<그림 2-4> 대기오염 측정기 위치 <출처 : Google 지도>

<표 2-4> 대기오염 기초선 자료

Sampling items	Unit	Sampling Locations	
		A1 (Haile Selassie Ave.)	A2 (Viaduct)
		11th intersection	12th intersection
		in front of the Wakulima Market	Residential area in Railway St
TSP	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	344.52	115.32
NOx	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41.72	38.09
SO <sub>2</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4.08	3.28
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1160.00	484.00
Pb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND(DL=0.05)	ND(DL=0.05)

출처 : KURA, Environmental & Social Safeguards, 2016



## ■ 대기오염 배출량 산정식

- 특정시간대( $j$ ), 특정도로구간( $i$ )를 통행하는 자동차에서 배출되는 온실가스 및 대기오염물질은 구간거리, 교통량, 배출계수의 함수이며 배출량 산정식에 의해서 계산 됨
- 배출계수는 단위거리 당 배출량을 나타내며 속도, 차종(연식), 연료 종류 등에 따라 결정
- 배출량 산정을 위해서는 교통량, 차종, 연식, 유종비, 속도, 구간거리 등의 자료가 필요
- 또한 교통량이 증가하고 속도가 저하하는 시간대에 대기오염 배출량이 증가한다고 밝히고 있음

$$E_{ij} = \sum_{ijkl} l_i v_{ijkl} f_{kl}(s_{ij})$$

여기서,

$E$ : 배출량	$i$ : 구간 index
$l$ : 구간 길이	$j$ : 시간 index
$v$ : 교통량	$k$ : 차종 index
$f$ : 배출계수	$l$ : 유종 index
$s$ : 속도	

## ■ 가정 및 위험요인

- ITS 프로젝트의 완공 후 차량속도가 개선되더라도 차량의 연식에 따라 대기오염 배출량이 영향을 받음
- 정책적으로 대기오염 배출차량 단속 정도에 따라서 배출량은 영향을 받을 수 있음

#### 4. ITS 성과관리 프레임워크(logical framework) 영문

Design Summary	Performance Targets/Indicators	Data Sources	Assumptions/Risks
<b>Impact<sup>1)</sup></b>  Reduced social losses due to traffic congestion	1. Reduction in the number of traffic accident - Dead : (1 <sup>st</sup> Jan -28th Dec 2017) 286 persons → less than 229 persons - Seriously injured : (1 <sup>st</sup> Jan -28th Dec 2017) 389 persons → less than 311 persons	NTSA * statistics	<b>(Assumptions)</b> - Improved awareness of traffic laws by the general public - Sustainable ITS operation & management
	2. Reduction of 10% from air quality measurement results (2016) - TSP: 344 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → less than 310 $\mu$ g/m <sup>3</sup> at point A1** 115 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → less than 104 $\mu$ g/m <sup>3</sup> at point A2** - NOx: 41 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → less than 37 $\mu$ g/m <sup>3</sup> at point A1 38 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → less than 34 $\mu$ g/m <sup>3</sup> at point A2 - SO2: 4 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → less than 3.6 $\mu$ g/m <sup>3</sup> at point A1 3 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → less than 2.7 $\mu$ g/m <sup>3</sup> at point A2 - CO: 1,160 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → less than 1,044 $\mu$ g/m <sup>3</sup> at point A1 484 $\mu$ g/m <sup>3</sup> → less than 435 $\mu$ g/m <sup>3</sup> at point A2	KURA Air Pollution Statistics	<b>(Risk)</b> - Rapid growth in the number of vehicles - Lack of experience in ITS operation by the PEA
<b>Outcome<sup>2)</sup></b> •Enhanced urban mobility in Nairobi through the development of ITS	1. Reduced average waiting times*** at junction 19,20,24,25**** : (2018) average waiting time per vehicle >= 340 sec → (1 year after completion) average waiting time per vehicle <= 220 sec	Detector Data	<b>(Assumptions)</b> Strong support for the proposed project by the general public
	2. Reduced travel times *** from junction 19 to junction 25: (2018) 24min (08:22 ~ 08:46) → (1 year after completion) less	- Detector Data - Field Measurement	<b>(Risk)</b> Rapid growth in the number of vehicles

	than 19min		
<b>Output<sup>3)</sup></b> • ITS Facilities provided	1. Construction of TMC - Construction of new TMC building - Provision ITS devices • Hardware and software for measuring traffic volume, controlling traffic signals, real-time monitoring system etc.  2. Improvement of junctions - Structural improvement • Upgrade of junctions configuration to meet the adequate capacity for traffic demand - Installation of Its field equipment • Traffic signal, signal controller, CCTV, above ground detector, VMS, Street light etc.	Project Completion Report <sup>4)</sup>	<b>(Assumptions)</b> - Continued strong willingness of the Government for the project - Timely land acquisition  <b>(Risk)</b> - Risk of delayed project implementation due to weak project management by the PEA - Increase in project costs compared to costs estimated in appraisal due to implementation delays and additional works
<b>Activities with Milestones</b> 1. Employment of Consultant (3 months after the effectiveness date of Loan Agreement) 2. Detailed Design, Preparation of Bidding Documents (6 months after Employment of Consultant) 3. Supplier Selection (3 months after Detailed Design and Preparation of Bidding Documents) 4. Construction & Installation, Software Development, Commissioning (24 months after Supplier Selection) 5. O&M support (24 months after Commissioning)			
<b>Beneficiary</b> : Drivers, Pedestrians			
<b>Inputs (US\$ thousand)</b> • EDCF(87.6%): 61,000 • Government of Kenya(12.4%): 8,629			
<b>Measurement Method</b> * National Transport and Safety Authority - Statistics data : Total number of traffic accidents occurs in Nairobi [Total number of traffic accidents occurs in Kenya * 10% (ratio is based on portion of Nairobi population in Kenya)] **The location of point A1, A2 - A1 : In front of the Wakulima Market, 200 meters away from junction No. 11 - A2 : Residential area in Railway St, 100 meters away from junction No. 12			

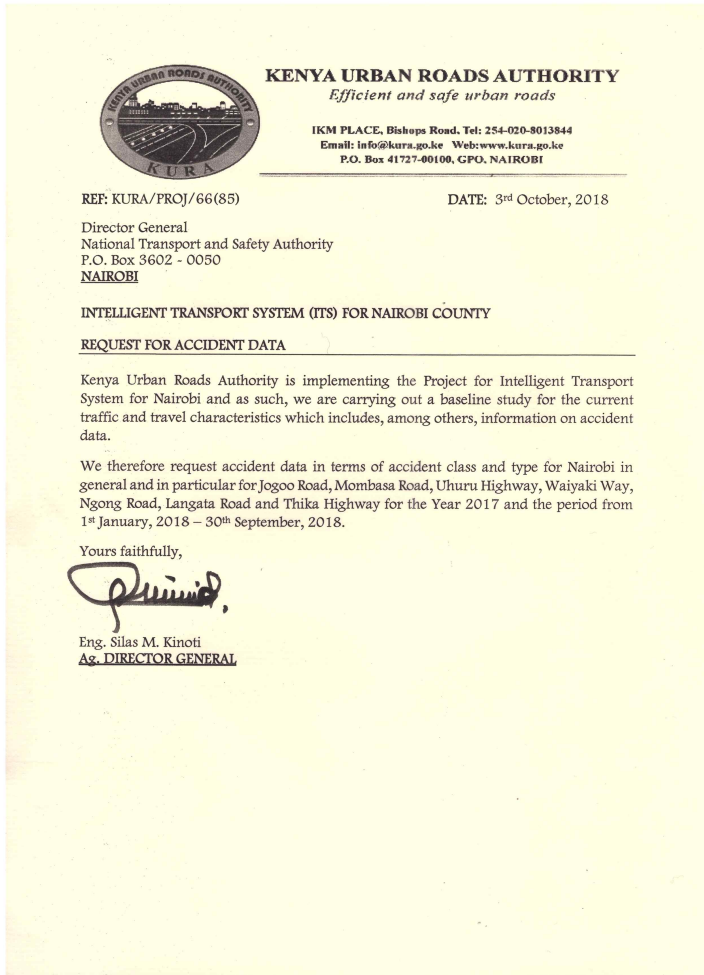


\*\*\* Travel time can be measured by above ground detector.

\*\*\*\* Junction No. 19, 20, 24, 25 are along the Mombasa Road, which is most congested and important route in Nairobi

## <부록> 첨부파일

### 별첨 1 : KURA가 NTSA에게 보내는 협조공문



교통사고 통계자료(2017. 1. 1 ~ 2018. 9. 30) NTSA에 요청  
(Jogoo Road, Mombasa Road, Uhuru Highway, Waiyaki Way,  
Ngong Road, Langata Road, Thika Highway)

## 별첨 2 : 나이로비 대기오염 특정 데이터

### 3.1.8 Air Quality

The proposed road project is situated in industrial and commercial areas of Nairobi City County which have an effect on the air quality. Existing contributors to air pollution in the project area include:

- Industrial activities within industrial area that has industries such as Crown Paints, Kenya and Cooperative Creameries that emit smoke into the atmosphere;
- Heavy traffic which is a cause of air pollution; and
- The odor from rotting garbage dumped along the KRC fence and in KRC railway yard,

The proposed project activities are expected to marginally increase the air pollution in the project area.

Table 3-8 shows the results of the air quality measured at the four sampled areas. It was noted that they all registered a range of above average concentration of 115.32 to 388.27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . This is between 57.7% and 77.6% of the air quality criteria; the Total Suspended Particulate/Particulate matter (TSP/PM<sub>10</sub>) concentration measured at the potential receptors was well below the ambient air quality limits stipulated by both the Kenyan Regulations (EMCA 2014) of 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for residential areas and 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for the industrial areas.

The oxides of Nitrogen (NO<sub>x</sub>) concentrations ranged from 38.09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  to 42.21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  which is at 50% of the air quality of the Kenyan Regulations and WHO Guideline values of 80 and 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectively.

The values of Sulphur Dioxide (SO<sub>2</sub>) were found to be very low in the air at the locations registering ≤10% of the Kenya regulatory limits of 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Carbon Monoxide results also were within the range of Kenya regulatory Guidelines of 2000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Lead (Pb) in all four locations showed very little presence in the air (DL=0.05) which is far below Kenya regulations guidelines given by NEMA at 1.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 1.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for the residential areas and Industrial areas respectively.

Table 3-8: Air Quality Measurements Results in 2016

Sampling items	Unit	Sampling Locations				EMCA (Air Quality) Standards limits	
		A1	A2	A3	A4		
		Haileclassic Ave.	Viaduct	Enterprise Rd. (South)	Enterprise Rd. (North)	Industrial area	Residential, Rural and other area
TSP	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	344.52	115.32	388.27	370.55	500	200
NO <sub>x</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41.72	38.09	42.10	42.21	150	80
SO <sub>2</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4.08	3.28	3.94	5.25	125	80
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1160.00	484.00	997.00	1570.00	5,000	2,000
Pb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ND (DL=0.05)	ND (DL=0.05)	ND (DL=0.05)	ND (DL=0.05)	1.5	1

ND: Not Detectable

Time weighted average: 24h, but only CO is 8h based on the regulations.

Source: EMCA (Air Quality) Regulations (2014)

Source: JST Jaica Study Team

On the basis of the measured air quality parameters, the registered values are average and are typical of urban setups. The values can go up or be maintained during the construction

3-16 Proposed Nairobi Viaduct and Road Construction Project ESIA Report

and this may call for periodic Air Quality monitoring. The ambient air quality of the sampled locations is within the criteria stipulated in the Kenyan Regulatory Limits – Environmental Management and Coordination (Air Quality) Regulations, 2014.

Pollution calculation conditions of the targeted roads was calculated based on the traffic survey result conducted by JST in 2016, and large bus/coach and heavy goods vehicles are considered as large vehicle, while the others are merged as light vehicle. Day-night ratio and light-heavy vehicle ratio of viaduct are estimated based on the ratios of surrounding roads.

This calculation condition of the targeted roads shall be used for prediction of air, noise, and also vibration.

Pollutants emission amount due to Traffic in 2023 as tabulated in Table 3-9 shows result of the long-term analysis upon the said pollutant dispersion model. Prediction locations are on the downwind ROW on each road.

**Table 3-9: Pollutant Emission Amount due to Traffic Predicted (2023)**

Sampling items	Unit	Prediction Locations			
		A1	A2	A3	A4
		Haileelassie Ave. in front of the Wakulima Market	Viaduct Residential area in Railway St.	Enterprise Rd. (South) At JB Motors Commercial St. & Factory St.	Enterprise Rd. (North) Prison compound off Enterprise Rd.
TSP	µg/m <sup>3</sup>	0.17	0.07	0.27	0.14
NOx	µg/m <sup>3</sup>	2.02	0.83	3.38	1.73
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	0.22	0.10	0.59	0.23
CO	µg/m <sup>3</sup>	26.31	9.86	24.01	18.68

Source: JST

## 3.2 Biological Environment

Most of the biodiversity within the Central Business District (CBD) and Industrial area where the road project will traverse has been lost through social and economic development. In most areas in the Eastern and Southern zones of Nairobi, the biodiversity has been altered to pave way for development of high-rise commercial and residential buildings. However live fences and hedges are notable accompanied by various species of exotic and ornamental trees and shrubs. Plate 3-1 shows the proximity of the proposed project road to Nairobi National Park.

Within the project area, there are recorded a limited number of avifauna, mostly visiting to scavenge for food such as Marabou storks (*Leptoptiloscrumenifer*) that nest on some acacia trees along Mombasa Road.

Outside the bounds of the project area but within Nairobi, various types of plant and animals exist on the northern zone ranging from natural forests, planted vegetations mostly in private land, tea and coffee bushes and other agricultural vegetation. Several rivers and wetlands also exist. Karura forest that is crossed by both Kiambu road and Limuru road influences the vegetation species along the northern corridor.

Closest to the project area is the Nairobi National park is located about 7km from the Nairobi's City centre. It borders the South Kapiti plains and Kitengela Migration Corridor. The park covers an area of 117.21km<sup>2</sup> and altitude ranges between 1,533m a.s.l. and 1,760m a.s.l. (Prins 2000, p.143). According to Kenya Wildlife Service "Nairobi National Park" November 2009, the park's predominant environment is open grass plain with scattered Acacia bushes. The western uplands of the park have highland dry forest with stands of *Oleafricana*, *Croton*

Noise and Air Quality assessment at First Avenue & general Waruingi Street Eastleigh Nairobi 2016,

**TABLE 1 Air Quality Levels (mg/m<sup>3</sup>) (Dust concentration)**

LOCATION/SITE & (Coordinates)	Measured concentrations (mg/m <sup>3</sup> )	TLV mg/m <sup>3</sup>	REMARKS
<b>1 FIRST AVENUE</b>			
a <b>First Avenue/Juja Road Junction</b> S 01° 15' 59.9" E 036° 50' 52.1"	0.08	<b>0.14</b>	Within the limit
b <b>Marie Stopes Kenya</b> S 01° 16' 11.2" E 036° 50' 54.6"	0.08	<b>0.14</b>	Within the limit
c <b>Alu Barak</b> S 01° 16' 25.9" E 036° 50' 57.5"	0.08	<b>0.14</b>	Within the limit
d <b>National Bank Eastleigh</b> S 01° 16' 35.1" E 036° 50' 59.6"	0.08	<b>0.14</b>	Within the limit
e <b>Impala Driving School</b> S 01° 16' 49.3" E 036° 51' 02.3"	0.07	<b>0.14</b>	Within the limit
f <b>Mashallah Retail Shop</b> S 01° 16' 35.1" E 036° 51' 59.6"	0.07	<b>0.14</b>	Within the limit
g <b>Nairobi River</b> S 01° 17' 21.7" E 036° 51' 08.2"	0.06	<b>0.14</b>	Within the limit
<b>2 GENERAL WARUINGI STREET</b>			
a <b>General Waruingi street/Racecourse Road Roundabout</b> S 01° 16' 38.1" E 036° 50' 08.2"	0.07	<b>0.14</b>	Within the limit
b <b>Pumwani Hospital Area</b> S 01° 16' 42.3" E 036° 50' 19.4"	0.06	<b>0.14</b>	Within the limit
c <b>Pumwani Boys High School</b> S 01° 16' 47.6" E 036° 50' 32.5"	0.05	<b>0.14</b>	Within the limit
d <b>General Waruingi Roundabout</b> S 01° 16' 48.1" E 036° 50' 46.2"	0.06	<b>0.14</b>	Within the limit
e <b>Nairobi East Hospital Area</b> S 01° 16' 46.8" E 036° 50' 52.5"	0.07	<b>0.14</b>	Within the limit

**2.3.3 Discussion of the results**

From the dust measurement results, the dust level at all sections surveyed is within the recommended threshold limit values (TLV).



*Noise and Air Quality assessment at First Avenue & general Waruingi Street Eastleigh Nairobi 2016,*

*iv) Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>)*

Carbon dioxide that is only toxic at high levels is strongly associated with the phenomenon of climate change and global warming (green house effect).

*v) Hydrocarbons (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>)*

Hydrocarbon (Volatile Organic Compounds) is a product of petroleum product and some hydrocarbons have shown some carcinogenic properties when inhaled.

**3.3 Air Quality measurement methods**

The measurements were undertaken using a Drager Tube Flue Gas Analyser. This is a direct reading instrument that has the capacity to measure and display the products of combustion from a domestic or commercial fossil fuel. It can also measure ambient air quality in rooms or buildings. The measurements are carried out by placing the probe at the general area in along the road. The air concentrations and directly read on the tube and the results of the measurements are presented on the **Table 2** below.

**3.3.1 Results of the air quality analysis**

**Table 2 AIR QUALITY CONCENTRATIONS**

	Location	Carbon Monoxide (CO)	Sulphur Dioxide (SO <sub>2</sub> )	Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	Volatile Organic Compounds (VOC)	Remarks
<b>1</b>	<b>FIRST AVENUE</b>					
1	<b>First Avenue/Juja Road Junction</b> S 01° 15' 59.9"E 036° 50' 52.1"	Below detectable limit	Nil	60ppm	Below detectable limit	Within the limit
2	<b>Marie Stopes Kenya</b> S 01° 16' 11.2"E 036° 50' 54.6"	Below detectable limit	Nil	40ppm	Below detectable limit	Within the limit
c	<b>Alu Barak</b> S 01° 16' 25.9"E 036° 50' 57.5"	Below detectable limit	Nil	50ppm	Below detectable limit	Within the limit
d	<b>National Bank Eastleigh</b> S 01° 16' 35.1"E 036° 50' 59.6"	Below detectable limit	Nil	50ppm	Below detectable limit	Within the limit
e	<b>Impala Driving School</b> S 01° 16' 49.3"E 036° 51' 02.3"	Below detectable limit	Nil	30ppm	Below detectable limit	Within the limit
f	<b>Mashallah Rethop</b> S 01° 16' 35.1"E 036° 51' 59.6"	Below detectable limit	Nil	20ppm	Below detectable limit	Within the limit

*Noise and Air Quality assessment at First Avenue & general Waruingi Street Eastleigh Nairobi 2016,*

g	<b>Nairobi River</b> S 01° 17' 21.7'' E 036° 51' 08.2''	Below detectable limit	Nil	20ppm	Below detectable limit	Within the limit
2	<b>GENERAL WARUINGI STREET</b>					
a	<b>General Waruingi street/Racecourse Road Roundabout</b> S 01° 16' 38.1'' E 036° 50' 08.2''	Below detectable limit	0.025mg/m <sup>3</sup>	30ppm	Below detectable limit	Within the limit
b	<b>Pumwani Hospital Area</b> S 01° 16' 42.3'' E 036° 50' 19.4''	Below detectable limit	0.025mg/m <sup>3</sup>	40ppm	Below detectable limit	Within the limit
c	<b>Pumwani Boys High School</b> S 01° 16' 47.6'' E 036° 50' 32.5''	Below detectable limit	Nil	20ppm	Below detectable limit	Within the limit
d	<b>General Waruingi Roundabout</b> S 01° 16' 48.1'' E 036° 50' 46.2''	Below detectable limit	Nil	32ppm	Below detectable limit	Within the limit
e	<b>Nairobi East Hospital Area</b> S 01° 16' 46.8'' E 036° 50' 52.5''	Below detectable limit	0.025mg/m <sup>3</sup>	30ppm	Below detectable limit	Within the limit
*	<b>TLV</b>	<b>1.8ppm</b>	<b>0.191ppm</b>	<b>1.8ppm</b>	<b>(6mg/m<sup>3</sup>)</b>	Remarks

Nil- Means the emission is not detected at the sampling site

### 3.3.2 Discussion of the results

The result of air emission indicates that the levels were within the limit. The low emissions show that the pollution from vehicles and other road users is not significant.

Noise and Air Quality assessment at First Avenue & general Waruingi Street Eastleigh Nairobi 2016,

#### 4.13 Noise Level Survey measurement

The measurement results are presented in Table 6.

**TABLE 6 Noise Levels survey results**

POSITION	NOISE LEVELS	TLV	REMARKS
<b>1</b>	<b>FIRST AVENUE</b>		
	LeqMin	LeqdB(A)	LeqMax
<b>First Avenue/Juja Road Junction</b> S 01° 15' 59.9"E 036° 50' 52.1"	57.5	66.2	72.3
			<b>84</b>
<b>b Marie Stopes Kenya</b> S 01° 16' 11.2"E 036° 50' 54.6"	55.3	60.9	78.3
			<b>84</b>
<b>c Alu Barak</b> S 01° 16' 25.9"E 036° 50' 57.5"	53.4	70.1	75.1
			<b>84</b>
<b>d National Bank Eastleigh</b> S 01° 16' 35.1"E 036° 50' 59.6"	59.8	70.4	75.3
			<b>84</b>
<b>e Impala Driving School</b> S 01° 16' 49.3"E 036° 51' 02.3"	60.1	71.1	75.8
			<b>84</b>
<b>f Mashallah Retail Shop</b> S 01° 16' 35.1"E 036° 51' 59.6"	60.2	70.1	76.4
			<b>84</b>
<b>g Nairobi River</b> S 01° 17' 21.7"E 036° 51' 08.2"	60.3	70.5	78.4
			<b>84</b>
<b>2</b>	<b>GENERAL WARUINGI STREET</b>		
<b>a General Waruingi street/Racecourse Road Roundabout</b> S 01° 16' 38.1"E 036° 50' 08.2"	50.1	70.2	69.5
			<b>84</b>
<b>b Pumwani Hospital Area</b> S 01° 16' 42.3"E 036° 50' 19.4"	56.7	70.3	75.4
			<b>84</b>
<b>c Pumwani Boys High School</b> S 01° 16' 47.6"E 036° 50' 32.5"	60.3	75.5	81.3
			<b>84</b>
<b>d General Waruingi Roundabout</b> S 01° 16' 48.1"E 036° 50' 46.2"	61.2	79.1	80.2
			<b>84</b>
<b>e Nairobi East Hospital Area</b> S 01° 16' 46.8"E 036° 50' 52.5"	60.3	75.1	78.3
			<b>84</b>

##### 4.13.1 Data analysis discussion

The noise levels along the roads and their environs are between 60.9dB(A) and 79.1dB(A) which is within the NEMA Noise and Vibration limit set for Traffic. To mitigate noise pollution and to avoid community exposure to noise, hooting and accelerating should be discouraged within 200m from the residential houses.

*Proposed Nairobi Roads Rapid Decongestion Programme: Lot 5; Improvement of Junctions: Mbagathi Way/Mbagathi Road, Mbagathi Way/Access To Montezuma Funeral Home, Langata Road/Mai Mahiu Rd Junction, Langata Rd/Access to Carnivore, Langata Rd/Access To Langata Estate and Rehabilitation of Nyumba Moja Road/Muiir Road and Muiir Lane.*

*Environmental and Social Impact Assessment Project Report*

between 12 and 28°C it is usually dry and cold between July and August, but hot and in January and February. The mean monthly relative humidity varies between 36 and 55 per cent. The mean daily sunshine hours varies between 3.4 and 9.5 hours.

### 3.1.4. Ambient Air Quality

The ambient air quality assessment was carried out along the project site on 17th February 2015 from 9.00 am and 03.05 pm. The ambient air quality measurements were undertaken using a Dragger Tube Flue Gas Analyzer. This is a direct reading instrument that has the capacity to measure and display the products of combustion from a domestic or commercial fossil fuelled appliance. The measurements are carried out by placing the probe at the general area along the road and directly reading the levels of the parameters on the tube. The results of emissions measurements are displayed in the Table 4 below.

Table 4: Results of Ambient Air Quality Measurements

	Location	Carbon Monoxide (CO)	Sulphur Dioxide (SO <sub>2</sub> )	Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	Volatile Organic Compounds (VOC)	Remarks
1	JUNCTION 1 MBAGATHI ROAD					
a	Mbagathi Hospital Gate S 01°18'27.0" E 036°48'11.2"	Below detectable limit	Nil	0.01ppm	Below detectable limit	Within the limit
b	Junction to Mbagathi Hospital S 01°18'26.1" E 036°48'13.3"	Below detectable limit	Nil	0.03ppm	Below detectable limit	Within the limit
c	Next to Mbagathi Foot Bridge S 01°18'25.1" E 036°48'12.7"	Below detectable limit	Nil	0.04ppm	Below detectable limit	Within the limit
d	Shell Petrol Station S 01°18'27.4" E 036°48'14.0"	Below detectable limit	Nil	0.03ppm	Below detectable limit	Within the limit
2	JUNCTION 2 MONTEZUMA/MBAGATHI ROAD					
a	Entrance to Montezuma Junction S 01°18'46.3" E 036°48'24.4"	Below detectable limit	0.01	0.05ppm	Below detectable limit	Within the limit
b	100m to Montezuma Junction S 01°18'45.0" E 036°48'23.7"	Below detectable limit	0.01	0.04ppm	Below detectable limit	Within the limit
c	Next to MAC Park Hotel Billboard S 01°18'47.4" E 036°48'23.3"	Below detectable limit	Nil	0.04ppm	Below detectable limit	Within the limit
3	JUNCTION 3 LANGATA ROUND/MAI MAHIU ROAD					

*Proposed Nairobi Roads Rapid Decongestion Programme: Lot 5; Improvement of junctions: Mbagathi Way/Mbagathi Road, Mbagathi Way/Access To Montezuma Funeral Home, Langata Road/Mai Mahiu Rd junction, Langata Rd/Access to Carnivore, Langata Rd/Access To Langata Estate and Rehabilitation of Nyumba Moja Road/Muiri Road and Muiri Lane.*

*Environmental and Social Impact Assessment Project Report*

	Location	Carbon Monoxide (CO)	Sulphur Dioxide (SO <sub>2</sub> )	Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	Volatile Organic Compounds (VOC)	Remarks
a	Junction Island S 01°18'45.7" E 036°48'58.5"	Below detectable limit	0.02	0.03ppm	Below detectable limit	Within the limit
b	T-Mall Entrance S 01°18'46.6" E 036°48'59.7"	Below detectable limit	Nil	0.02ppm	Below detectable limit	Within the limit
4	<b>JUNCTION 4 LANGATA ROAD/CARNIVAL JUNCTION</b>					
a	Next to Uchumi Parking yard S 01°19'26.3" E 036°48'08.9"	Below detectable limit	Nil	0.01ppm	Below detectable limit	Within the limit
b	Junction Island (Junction from Langata Rd to Carnival) S 01°19'23.6" E 036°48'08.4"	Below detectable limit	0.01	0.04ppm	Below detectable limit	Within the limit
c	Good Year Car Park along Langata Rd S 01°19'23.3" E 036°48'09.6"	Below detectable limit	0.02	0.05ppm	Below detectable limit	Within the limit
5	<b>JUNCTION 5 NYUMBA MOJA ROAD/KAREN RD/NYUMBA MOJA JUNCTION</b>					
a	Start Point S 01°20'29.7" E 036°45'38.1"	Below detectable limit	0.01	0.03ppm	Below detectable limit	Within the limit
b	Centre of Nyumba Moja Road S 01°20'15.6" E 036°45'40.0"	Below detectable limit	Nil	0.03ppm	Below detectable limit	Within the limit
c	End Point S 01°20'14.8" E 036°45'40.2"	Below detectable limit	Nil	0.01ppm	Below detectable limit	Within the limit
6	<b>JUNCTION 6 LANGATA ROAD/KENYATTA HOSPITAL JUNCTION</b>					
a	Bus Bay S 01°19'42.8" E 036°47'19.8"	Below detectable limit	0.01	0.04ppm	Below detectable limit	Within the limit
b	Junction to Lanagta Hospital S 01°19'41.6" E 036°47'21.5"	Below detectable limit	Nil	0.03ppm	Below detectable limit	Within the limit
c	100m from Junction S 01°19'41.0" E 036°47'22.8"	Below detectable limit	0.02	0.04ppm	Below detectable limit	Within the limit
d	Oilibya Petrol Station S 01°19'38.1" E 036°47'20.0"	Below detectable limit	0.01	0.03ppm	Below detectable limit	Within the limit
e	TLV	5ppm	0.191ppm	600	20ppm	

### 3.1.5. Baseline Particulate matter (Dust)

The measurement of particulate matter was also done on 17<sup>th</sup> February 2015 from 9.00 am and 03.05 pm. The concentration of suspended particulate matter (dust) was determined by a gravimetric method. The sampling time and frequency correspond to the sampling site

*Proposed Nairobi Roads Rapid Decongestion Programme: Lot 5; Improvement of Junctions: Mbagathi Way/Mbagathi Road, Mbagathi Way/Access To Montezuma Funeral Home, Langata Road/Mai Mahiu Rd Junction, Langata Rd/Access to Carnivore, Langata Rd/Access To Langata Estate and Rehabilitation of Nyumba Moja Road/Muir Road and Muiri Lane.*

*Environmental and Social Impact Assessment Project Report*

characteristics. The amount of dust captured on the filter (mg) is determined gravimetrically as a difference between the weight of the filter prior to and after the exposure of the filter. The results are shown in the Table 5 below.

**Table 5: Baseline Particulate matter as Measured**

LOCATION/SITE & (Coordinates)		Measured concentration levels (mg/m <sup>3</sup> )	TLV mg/m <sup>3</sup>	REMARKS
<b>1 JUNCTION 1 MBAGATHI ROAD</b>				
a	Mbagathi Hospital Gate S 01°18'27.0" E 036°48'11.2"	Nil	10	Within the limit
b	Junction to Mbagathi Hospital S 01°18'26.1" E 036°48'13.3"	Nil	10	Within the limit
c	Next to Mbagathi Foot Bridge S 01°18'25.1" E 036°48'12.7"	Nil	10	Within the limit
d	Shell Petrol Station S 01°18'27.4" E 036°48'14.0"	Nil	10	Within the limit
<b>2 JUNCTION 2 MONTEZUMA/MBAGATHI ROAD</b>				
a	Entrance to Montezuma Junction S 01°18'46.3" E 036°48'24.4"	Nil	10	Within the limit
b	100m. to Montezuma Junction S 01°18'45.0" E 036°48'23.7"	Nil	10	Within the limit
c	Next to MAC Park Hotel Billboard S 01°18'47.4" E 036°48'25.3"	Nil	10	Within the limit
<b>3 JUNCTION 3 LANGATA ROUND/MAI MAHIO ROAD</b>				
a	Junction Island S 01°18'45.7" E 036°48'58.5"	Nil	10	Within the limit
b	T-Mall Entrance S 01°18'46.6" E 036°48'59.7"	Nil	10	Within the limit
<b>4 JUNCTION 4 LANGATA ROAD/CARNIVAL JUNCTION</b>				
a	Next to Uchumi Parking S 01°19'26.3" E 036°48'08.9"	Nil	10	Within the limit
b	Junction Island (Junction from Langata Rd to Carnival) S 01°19'23.6" E 036°48'08.4"	Nil	10	Within the limit
c	Good Year Car Park along Langata Rd S 01°19'23.3" E 036°48'09.6"	Nil	10	Within the limit
<b>5 JUNCTION 5 NYUMBA MOJA ROAD/KAREN RD/NYUMBA MOJA JUNCTION</b>				

*Proposed Nairobi Roads Rapid Decongestion Programme: Lot 5; Improvement of Junctions: Mbagathi Way/Mbagathi Road, Mbagathi Way/Access To Montezuma Funeral Home, Langata Road/Mai Mahiu Rd Junction, Langata Rd/Access to Carnivore, Langata Rd/Access To Langata Estate and Rehabilitation of Nyumba Moja Road/Muiri Road and Muiri Lane.*

*Environmental and Social Impact Assessment Project Report*

LOCATION/SITE & (Coordinates)		Measured concentration levels (mg/m <sup>3</sup> )	TLV mg/m <sup>3</sup>	REMARKS
a	Start Point S 01°20'29.7" E 036°45'38.1"	Nil	10	Within the limit
b	Centre of Nyumba Moja Road S 01°20'15.6" E 036°45'40.0"	Nil	10	Within the limit
c	End Point S 01°20'14.8" E 036°45'40.2"	Nil	10	Within the limit
6 JUNCTION 6 LANGATA ROAD/KENYATTA HOSPITAL JUNCTION				
a	Bus Bay S 01°19'42.8" E 036°47'19.8"	Nil	10	Within the limit
b	Junction to Lanagta Hospital S 01°19'41.6" E 036°47'21.5"	Nil	10	Within the limit
c	100m from Junction S 01°19'41.0" E 036°47'22.8"	Nil	10	Within the limit
d	Oilibya Petrol Station S 01°19'38.1" E 036°47'20.0"	Nil	10	Within the limit

### 3.1.6. Baseline Noise levels

The ambient baseline noise levels survey was also carried out along the proposed Project Junctions on the 17th February 2015 to establish the baseline noise levels and assist in control of noise pollution during the construction phase. Currently, the noise emission is from traffic accessing the road, people walking along the road and at the shops, among other anthropogenic and natural sources.

A Precision Integrating Sound Level Meter type CR 262A S/No. B21122FA with Omni-directional microphone was used. The instrument was calibrated using Bruel and Kjaer sound level calibrator type 4230 for sound level meter at 94 dB (A) and 1000 Hz. The calibration was used to check the sensitivity of the instrument immediately before and after the measurement period.



### 3.1.5. Ambient Air Quality

The air quality and ambient noise levels assessment were carried out at Upper Hill-Mbagathi Link Road by NEMA registered Lead Expert on 6<sup>th</sup> May, 2016 from 2.30 pm to 4.05 pm. The ambient air quality measurements were undertaken using a Dragager Tube Flue Gas Analyzer. This is a direct reading instrument that has the capacity to measure and display the products of combustion from a domestic or commercial fossil fuelled appliance. The measurements are carried out by placing the probe at the general area along the road and directly reading the levels of the parameters on the tube. The results of emissions measurements are displayed in the Table 3. Reference source not found. below.

Table 3: Results of Ambient Air Quality Measurements

	Location	Carbon Monoxide (CO)	Sulphur Dioxide (SOX)	Carbon Dioxide (CO2)	Volatile Organic Compounds (VOC)	Remarks
1	KENYATTA HOSPITAL ESTATE AREA					
1	Area next to Proto GPS (Starting Point) (S 01018°14.7", E 036048°35.8")	Below detectable limit	Nil	1.20	Below detectable limit	Within the limit
2	GPS Point (S 01018°18.9", E 036048°35.4")	Below detectable limit	Nil	1.34	Below detectable limit	Within the limit
3	GPS Point (S 01018°25.3", E 036048°22.0")	Below detectable limit	Nil	1.50	Nil	Within the limit
4	GPS Point (S 01018°27.3", E 036048°19.4")	Below detectable limit	Nil	1.20	Nil	Within the limit
5	Mbagathi District Hospital Area GPS	Below detectable limit	Nil	1.40	Nil	Within the limit



*Environmental and Social Impact Assessment Study Report for the Proposed Construction of Upper Hill-Mbagathi Link Roads*

emission is from traffic accessing the road, people walking along the road and at the shops, among other anthropogenic and natural sources.

A Precision Integrating Sound Level Meter type CR 262A S/No. B21122FA with Omni-directional microphone was used. The instrument was calibrated using Bruel and Kjaer sound level calibrator type 4230 for sound level meter at 94 dB (A) and 1000 Hz. The calibration was used to check the sensitivity of the instrument immediately before and after the measurement period.

The meter was set to measure the A-weighted noise level, which varies with the frequency and intensity like the sensitivity of the human ear. The sound level meter was held at 1 metre from ground and L eq (the continuous equivalent sound pressure level) sample measurements at and around the proposed project roads were taken. The L eq is indicative of the 'average' noise level over a given period. The measured ambient noise levels are presented in Table 5 below.

Table 5: Ambient Noise Levels as Measured

POSITION		AMBIENT NOISE LEVELS			TLV	REMARKS
I	KENYATTA HOSPITAL ESTATE AREA					
		LeqMin	LeqdB(A)	LeqMax		
1	Area next to Proto GPS (Starting Point) (\$ 01018'14.7", E 036o48'35.8")	64.5	78.8	80.3	84	Within the limit
2	GPS Point (\$ 01018'18.9", E 036o48'35.4")	54.2	70.1	79.0	84	Within the limit
3	GPS Point (\$ 01018'25.3", E 036o48'22.0")	48.2	50.5	65.1	84	Within the limit
4	GPS Point (\$ 01018'27.3", E 036o48'19.4")	57.3	75.2	77.5	84	Within the limit
5	Mbagathi District Hospital Area GPS (\$ 01018'28.9", E 036o48'15.6")	65.7	70.1	79.5	84	Within the limit

(S 01018'28.9", E 036o48'15.6")					
--	--	--	--	--	--

### 3.1.6.Dust (Particulate Matter)

The measurement of particulate matter was also done on 6<sup>th</sup> May, 2016. The concentration of suspended particulate matter (dust) was determined by a gravimetric method. The sampling time and frequency correspond to the sampling site characteristics. The amount of dust captured on the filter (mg) is determined gravimetrically as a difference between the weight of the filter prior to and after the exposure of the filter. The results are shown in the Table 4 overleaf.

Table 4: Baseline Particulate matter as Measured

LOCATION/SITE (Coordinates)	Measured levels (mg/m3)	TLV mg/m3	REMARKS
<b>KENYATTA HOSPITAL ESTATE AREA</b>			
1 Area next to Proto GPS (Starting Point) (S 01018'14.7", E 036o48'35.8")	0.03	0.14	Within the limit
2 GPS Point (S 01018'18.9", E 036o48'35.4")	0.02	0.14	Within the limit
3 GPS Point (S 01018'25.3", E 036o48'22.0")	0.03	0.14	Within the limit
4 GPS Point (S 01018'27.3", E 036o48'19.4")	0.02	0.14	Within the limit
5 Mbagathi District Hospital Area GPS (S 01018'28.9", E 036o48'15.6")	0.03	0.14	Within the limit

### 3.1.7. Baseline Noise levels

The ambient baseline noise levels survey was also carried out along the proposed Project site on the 6<sup>th</sup> May, 2016 to establish the baseline noise levels and assist in control of noise pollution during the construction phase. Currently, the noise

Environmental and Social Impact Assessment Project Report for the Proposed Rehabilitation and Upgrading of Eastleigh Estate Roads Phase II, Located in Nairobi City County

Table 4: Results of Ambient Air Quality Measurements

2015

	Location	Carbon Monoxide (CO)	Sulphur Dioxide (SO <sub>2</sub> )	Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	Volatile Organic Compounds (VOC)	Remarks
1	OLD RACECOURSE ROAD					
1	Amani Court (S 01°16'31.4", E 036°50'10.9")	Below detectable limit	Nil	62	Below detectable limit	Within the limit
2	Side Walk/Garage (S 01°16'33.3", E 036°50'17.4")	Below detectable limit	Nil	100	Below detectable limit	Within the limit
3	Old Racecourse Estate (S 01°16'32.3", E 036°50'18.2")	Below detectable limit	Nil	68	Nil	Within the limit
4	18 <sup>TH</sup> AVENUE					
1	Near Delta (S 01°17'11.0", E 036°51'06.6")	Below detectable limit	Nil	100	Below detectable limit	Within the limit
2	Ramisii Medical Clinic (S 01°17'10.0", E 036°51'12.0")	Below detectable limit	Nil	80	Below detectable limit	Within the limit
3	Zawadi Primary School (S 01°17'08.4", E 036°51'20.8")	Below detectable limit	Nil	90	Below detectable limit	Within the limit
4	Zaarstech College (S 01°17'04.3", E 36°51'20.2")	Below detectable limit	Nil	110	Nil	Within the limit
5	Mukaram Restaurant (S 01°17'05.6", E 36°51'20.9")	Below detectable limit	Nil	95	Below detectable limit	Within the limit
6	Tony Hardware (S 01°17'06.7", E 36°51'06.9")	Below detectable limit	Nil	100	Below detectable limit	Within the limit
7	1 <sup>ST</sup> AVENUE					
1	Magid Noor (S 01°17'22.8", E 36°51'08.5")	Below detectable limit	Nil	95	Below detectable limit	Within the limit
2	Junction Bahait Road (S 01°17'33.4", E 36°51'08.8")	Below detectable limit	Nil	80	Below detectable limit	Within the limit
3	Jogoo Roundabout (S 01°17'38.4", E 36°51'07.7")	Below detectable limit	Nil	120	Nil	Within the limit
4	TLV	10ppm	0.0.019ppm	600ppm	70ppm	

### 3.1.5. Baseline Particulate matter (Dust)

The measurement of particulate matter was also done on 18<sup>th</sup> November, 2015. The concentration of suspended particulate matter (dust) was determined by a gravimetric method. The sampling time and frequency correspond to the sampling site characteristics. The amount of dust captured on the filter (mg) is determined gravimetrically as a difference between the weight of the filter prior to and after the exposure of the filter. The results are shown in the Table 5 below.

Table 5: Baseline Particulate matter as Measured

LOCATION/SITE (Coordinates)	Measured levels (mg/m <sup>3</sup> )	TLV mg/m <sup>3</sup>	REMARKS
<b>OLD RACECOURSE ROAD</b>			
1 Amani Court (S 01°16'31.4", E 036°50'10.9")	2.45	10	Within the limit
2 Side Walk/Garage (S 01°16'33.3", E 036°50'17.4")	2.35	10	Within the limit
3 Old Racecourse Estate (S 01°16'32.3", E 036°50'18.2")	3.15	10	Within the limit
<b>18<sup>TH</sup> STREET</b>			
1 Near Delta (S 01°17'11.0", E 036°51'06.6")	1.25	10	Within the limit
2 Ramisii Medical Clinic (S 01°17'10.0", E 036°51'12.0")	3.55	10	Within the limit
3 Zawadi Primary School (S 01°17'08.4", E 036°51'20.8")	3.50	10	Within the limit
4 Zeasrtech College (S 1°17'04.3", E 36°51'20.2")	3.40	10	Within the limit
5 Mukaram Restaurant (S 1°17'05.6", E 36°51'20.9")	3.45	10	Within the limit
6 Tony Hardware (S 1°17'06.7", E 36°51'06.9")	3.20	10	Within the limit
<b>1<sup>ST</sup> AVENUE</b>			
1 Masjid Noor (S 1°17'22.8", E 36°51'08.5")	3.20	10	Within the limit
2 Junction Bahait Road (S 1°17'33.4", E 36°51'08.8")	3.05	10	Within the limit
3 Jogoo Roundabout (S 1°17'38.4", E 36°51'07.7")	3.35	10	Within the limit

### 3.1.6. Baseline Noise levels

The ambient baseline noise levels survey was also carried out along the proposed Project site on the 18<sup>th</sup> November, 2015 to establish the baseline noise levels and assist in control of noise pollution during the construction phase. Currently, the noise emission is from traffic accessing the road, people walking along the road and at the shops, among other anthropogenic and natural sources.

A Precision Integrating Sound Level Meter type CR 262A S/No. B21122FA with Omni-directional microphone was used. The instrument was calibrated using Bruel and Kjaer sound level calibrator type 4230 for sound level meter at 94 dB (A) and 1000 Hz. The calibration was used to check the sensitivity of the instrument immediately before and after the measurement period.

The meter was set to measure the A-weighted noise level, which varies with the frequency and intensity like the sensitivity of the human ear. The sound level meter was held at 1 metre from ground and L eq (the continuous equivalent sound pressure level) sample measurements at and around the proposed project roads were taken. The L eq is indicative of the 'average' noise level over a given period. The measured ambient noise levels are presented in Table 6 below.

Table 6: Ambient Noise Levels as Measured

POSITION		AMBIENT NOISE LEVELS			TLV	REMARKS
1		OLD RACECOURSE ROAD				
		LeqMin	LeqdB(A)	LeqMax		
1	Amani Court (S 01°16'31.4", E 036°50'10.9")	54.5	60.1	70.3	84	Within the limit
2	Side Walk/Garage (S 01°16'33.3", E 036°50'17.4")	64.2	77.1	79.0	84	Within the limit
3	Old Racecourse Estate (S 01°16'32.3", E 036°50'18.2")	55.7	65.2	69.5	84	Within the limit
2		18 <sup>TH</sup> AVENUE ROAD				
1	Near Delta (S 01°17'11.0", E 036°51'06.6")	54.2	67.1	70.3	84	Within the limit

Kennedy Simiyu Wafula  
NEMA Reg. No. 0397

*Environmental and Social Impact Assessment Project Report for the Proposed Rehabilitation and Upgrading of Eastleigh Estate Roads Phase II, Located in Nairobi City County*

POSITION		AMBIENT NOISE LEVELS			TLV	REMARKS
2	Ramisi Medical Clinic (S 01°17'10.0", E 036°51'12.0")	60.3	75.7	77.4	84	Within the limit
3	Zawadi Primary School (S 01°17'10.0", E 036°51'12.0")	54.5	59.0	67.0	84	Within the limit
4	Zeasrtech College (S 1°17'04.3", E 36°51'20.2")	76.3	87.1	88.5.3	84	Within the limit
5	Mukaram Restaurant (S 1°17'05.6", E 36°51'20.9")	75.4	80.1	83.2	84	Within the limit
6	Tony Hardware (S 1°17'06.7", E 36°51'06.9")	73.5	84.2	85.1	84	Within the limit
1 <sup>ST</sup> AVENUE						
1	Masjid Noor (S 1°17'22.8", E 36°51'08.5")	69.6	72.3	80.1	84	Within the limit
2	Junction Bahait Road (S 1°17'33.4", E 36°51'08.8")	68.6	71.5	82.1	84	Within the limit
3	Jogoo Roundabout (S 1°17'38.4", E 36°51'07.7")	65.6	74.8	83.5	84	Within the limit

The ambient noise levels at the proposed project site and their environs is between 54.5dB (A) and 83.5dB (A) which is within the NEMA Noise and Vibration limit set for Traffic. The target noise level is set at 84dB (A) along the project site.

### 3.1.7. Drainage

The drainage of Nairobi area comprises of the Tigoni and Ondiri faults on the Rift Valley Flank that are the major reservoirs of groundwater. This water escapes through notches and fissures to the east, forming streams. The Tusoga springs from the Tigoni fault form the sources of Ruiru Ruaka, Karura and Mathare Rivers, and the Kikuyu springs from the Ondiri fault form the sources of Nairobi, Ngong and Mbagathi Rivers. Nairobi River is the closest to the Project site.

### 별첨 3 : KURA ITS 프로젝트 배경 (2018. 10. 5 자료)

#### 1. Project Background & Project Objectives

Considerable challenges of congestion and traffic accidents are witnessed daily in Nairobi city with an ever-increasing tendency. These challenges can be attributed among others to inadequate mobility options, insufficient road network, lack of enforcement of traffic rules and a lack of traffic management and control measures linked to Intelligent Transport Systems (ITS). It is estimated that with the installation of a modern ITS, the network capacity of the roads in Nairobi may be enhanced substantially, even considering the high rate of motorization in the city. These improvements in capacity certainly occur at intersections and junctions which are the control points and often the traffic bottlenecks and accident black spots. The core Central Business District (CBD) and the extended CBD will have to be modelled to identify the intersections with highest bottlenecks and the ones expected to provide the most impact with the ITS interventions.

The Government of the Republic of Kenya (GoK), through its Agencies, the Ministry of Transport, Infrastructure, Housing & Urban Development (MoTIHUD) and Kenyan Urban Roads Authority (KURA) is implementing ITS in Nairobi.

Nairobi ITS shall include the following;

- Traffic signal systems, vehicle detectors and a surveillance system comprising multiple
- Closed Circuit TV (CCTV) cameras and a communication network.
- A traffic management centre (TMC) to house the equipment and staff to operate the system. Nairobi City County (NCC) has recently acquired a new TMC. This facility will be assessed in terms of its ability to fulfil the requirements of the ITS system being designed under this consultancy assignment.
- Incorporate as required those components and devices that are associated with the upcoming Bus Rapid Transit (BRT).
- A Traffic Management Plan (TMP) that will form a basis for the identification of locations and intersections to be fitted with Traffic Signals and other ITS devices. In

accordance with the TMP, junction capacity improvements and other safety enhancements will be quantified.

Four hundred and fifty (450) junctions have been identified as potential ones for ITS infrastructure. Out of these, one Hundred and Two (102) junctions have been selected as the critical ones to commence with. There after other junctions will be designed for.

## **2. Baseline study Considerations**

Consider the following as baseline data for future comparisons and study during detailed engineering design;

1. Accident rates [Types and classification]
2. Travel times
3. Queue lengths
4. Traffic volumes
5. Current junction capacity vis a vis demands
6. Environmental factors such as pollution levels [Measure present levels of pollution at intersections and compare after implementation of the project for example noise, particulate matter etc]
7. Road user perception index
8. Level of Service at the junctions



부록: 첨부파일

별첨 4 : 케냐 업무관계자 명함

