

과제번호

최종보고서

CDI 탈염기술을 이용한 탄자니아 지하수의 고농도
불소처리 장치

High Concentration fluoridation device of
Tanzania groundwater using CDI desalination
technology

(주)오투엔비

한국환경산업기술원

최종보고서 제출문

2019년 환경분야 적정기술 개발 및 보급 지원 사업에 대하여 첨부와 같이 최종보고서를 제출합니다.

세부 사업명 : CDI 탈염기술을 이용한 탄자니아 지하수의 고농도 불소처리 장치
사 업 기 간 : 2019. 04. 25 ~ 2019. 12. 14
정부지원금액 : 150,000,000 원

첨부 : 최종보고서 10부 및 보고서 C/D 1장

2019 년 03 월 23 일

주관기관명 : (주)오투엔비

사업책임자 : 반승현

한국환경산업기술원장 귀하

목 차

제1장 사업 개요	5
1.1. 사업 배경	5
1.1.1 사업의 필요성	5
1.1.2 적정기술의 확대보급	6
1.1.3 사업 지구 위치	6
1.1.4 사업규모	7
1.1.5 적용기술	9
1.2. 사업 목적	10
1.2.1 사업의 목적	10
1.2.2 사업의 효과	10
1.3. 추진 경위	10
제2장 사업 수행활동	12
2.1. 기초조사	12
2.1.1. 대상국의 국가 개황	12
2.1.2. 대상지역의 현황 조사	16
2.2. 현지수행활동	17
2.2.1 현장조사 개요	17
2.2.2 1차 현장 조사	18
2.2.3 2차 현장 조사	24
2.2.4 3차 현장 조사	32
2.2.5 현장 점검	36
2.3. 설비 제작 및 설치	38
2.3.1. 급수 계획	38
2.3.2. 정수처리시스템	38
2.3.3. 시설물 계획	43
2.3.4. 용량 계산서	64
2.3.5. 수리계산	65
2.3.6. 설비 시험 및 운송	67
2.3.7. 설비 현장 설치	69
2.4. 시운전 및 유지관리 교육	78
2.4.1 시운전	78
2.4.2 유지관리비	78
2.4.3 유지관리교육	79

2.4.4 사용자 매뉴얼(영문)	81
제3장 성과 활용도	97
3.1. 최종성과 및 향후계획	97
3.1.1 최종성과	97
3.1.2 향후계획	97
3.2. 사업 기대성과	98
3.3. 사업성과 활용방안	99
3.4. 결 론	102

제1장 사업 개요

1.1. 사업 배경

1.1.1. 사업의 필요성

(1) 물은 생명이며 좋은 물은 건강에 필수

- 물산업은 점유율이 반도체시장과 조선업시장의 2배이며 3.5%의 증가가 예측되는 Blue Gold 산업
- 우리몸은 하루에 1.5~2L의 물을 필요로 하며 물을 마시는 기간에 따라 다양한 기능을 발휘하므로 많은 물을 수시로 마셔야 합니다.
- 10%를 잃으면 위험하고 20%를 잃으면 생명을 잃을 수도 있습니다.
- 좋은 물을 공급하는 기술 그것이 바로 O2NB의 역할입니다.

(2) 아프리카는

- o 면적의 60%가 사막과 건조지역이며 기후변화로 계속 증가
- o 상수도 시설의 부족과 노후화
- o 높은 인구증가율(세계인구증가율의 2배)로 물부족현상은 심각한 상태이며, 물 시장 규모는 년평균 9.5% 성장 예측

(3) 탄자니아는

- o 3개의 거대 호수와 11개의 하천, 습지대 및 풍부한 지하수량으로 수자원은 풍부하나
- o 부족한 상수도 시설(보급율 50%) 및 노후화(30%이상 기능 상실)
- o 높은 인구증가율(탄자니아 2.85%, 달에스 살람 5.8%) 및 도시화율은 물부족 현상을 심화시키고
 - 국가 정책으로 상수도 시설 확충 계획중이나 자금난으로 지지부진한 상태입니다.
- o 하수의 미처리 및 지하수의 난 개발로 도시 지하수의 오염이 심각하며 특히 달에스 살람은 지반이 낮고 대수층이 깊어 해수까지 오염된 상태입니다
- o 지질특성으로 인한 불소의 오염이 심각한 상태이나 불소는 처리가 어려워 국가적 과제이며 수도인 도도마 지역은 전체적으로 TDS가 높다
 - 따라서 오투앤비의 지역맞춤형 소규모 정수처리설비는 각지역의 오염원에따라 최적의 모듈로 처리하며 특히 불소를 안정적으로 처리하여 좋은 물을 필요한 곳에 경제적으로 공급할수 있는 정수설비 시스템은 최적의 적정기술입니다

(4) 대상국(탄자니아)은 아프리카 내 지리적 입지가 좋고 자원이 풍부하며 현 정부의 강력한 경제정책으로 평균 7%이상의 경제성장을 이루고 있으며 향후 환경 관련 인프라 시설 구축 등 협력사업 수요가 높을 것으로 판단되며, 최근 우리나라의 원조 규모(EDCF 기금 등)가 확대되고 있는 경제성이 높은 지역인 탄자니아 주민들의 건강에 치명적인 영향을 주는 불소를 음용수 수질기준 이하로 처리 공급함으로써, 주민생활 질 개선은 물론 CDI 탈염공정으로 시설비나 유지관리비 특히 전기사용량의 감소로 환경

오염을 저감하는 등 지역 구성원의 생활 수준을 개선시켜 적정기술을 확대 보급하는데 그 목적이 있다.

1.1.2. 탄자니아 생활용수의 국가과제인 불소 처리기술의 확대보급

- 불소는 독성이 있는 용존물질이며, 아프리카 특히 탄자니아에서는 많은 지역에서 발생하나 처리가 어렵고 고가이므로 불소처리는 국가적인 과제
 - 불소는 국제명은 플루오린이며 플루오르라고도 불리는 할로젠원소 중에서 가장 가벼운 원소로 독성과 부식성이 큰 황록색 기체로서 원소중에서 가장 반응성이 크고 가장 강한 산화제이며
 - 지하수의 불소 오염은 지질에 의한 경우가 대부분으로 화강암, 화산암, 충적층지대의 수중에 많이 함유
 - 불소의 음용수(먹는물) 수질기준: 1.5mg/L이나 처리가 어려워 탄자니아나 에티오피아 같은 국가에는 1.5~4ppm 까지 허용하고 있다
- 불소가 인체에 미치는 영향
 - 불소는 독성이 강하고 면역체계를 손상시키고 백혈구의 활동을 약화시키는 특징을 가지고 있어 고농도의 불소화합물로 인한 초기증상은 구토, 복통, 설사, 경련 등이며 장기적 섭취에 의한 독성은 반상치의 발생과 골격불소중독증이 있으며 골격불소중독증은 골격구조에 영향을 주어 심할 경우 보행장애를 일으킨다.
 - 사람에게 치사량은 불화나트륨 약 5g



1.1.3. 사업 지구 위치

- 아프리카 동부해안에 인접한 탄자니아의 북쪽에 위치한 아루샤주 메루지방의 uwiro 마을에 40m³ /day 규모의 불소처리 정수장비 설치
- 탄자니아는 동부는 인도양 북부는 케냐 남부는 모잠비크 및 잠비아 서쪽은 콩고, 르완다 부룬디등과 인접



[그림] 탄자니아 지리적 위치

1.1.4. 사업규모

□ 계획급수량은 초기계획은 20m³ /일이었으나 현장조사시 관계자 및 주민과의 협의 과정에서 주민들의 요구사항을 최대한 반영하여 40m³ /일로 변경계획

구분	급수구역	uwiro village 전체	비고
급수인구	1,700인	6,200인	
급수원단위	20 L/인/일	20 L/인/일	
계획 1일 최대 급수량	1,700인x20L/인/일 =34m ³ /일→40m ³ /일로 계획	6,200인x20L/인/ 일 =124 ³ /일	

□ 수원 및 수질

- 본 사업지구에 기 개발되어 공급되는 수원은 Arusha 국립공원의 표류수(국립공원의 샘물들이 모여 만들어진 호소수)에서 공급
- 적정기술의 설치 사이트인 Meru uwiro village는 Arusha 국립공원에서 가압 펌프로 공급되는 마을 공동 물탱크(10m³ 규모)에서 분기되는 관에서 취수하므로 수원은 안정적
- 현장에서 물을 채취 국내에서 검사기관에 의뢰한 수질 분석 자료에서는 불소가 8.32 ppm TDS는 527ppm으로 적정기술을 적용하기에 최적의 수질
- 일반세균은 음용수 수질기준 100cpu/ml인데 비해 수질검사에서는 300cpu/ml로 약간 높은 편이나 전반적으로 양호한 수질이며 다만 아주 높은 불소를 처리할 수 있는 정수공법인 CDI 탈염공법을 적용

□ 정수처리 시스템

○ 정수처리 시스템은 유기물 세균,색도,냄새,맛 등을 해결하기위하여 Activated carbon Filter 공정, 탁도,미립자 처리의 Micro Filter, 용존물질 특히 불소 처리의 CDI탈염 및 소독공정으로 구성

구분	처리방식	용도	설계사양
제1공정	Activated carbon Filter	유기물, 세균, 색도, 냄새, 맛	형식 : 입형, 원형 용량 : 40m ³ /day
제2공정	Micro Filter	탁도, 미립자	형식 : 입형, 용량 : 40m ³ /day
제3공정	CDI탈염	용존물질 특히 불소	형식 : Bi-polar 수량 : 6개
제4공정	잔류효과가 있는 소독공법	세균등의 소독	염소소독

□ 시설 규모

○ 사업지구인 Uwiro 마을은 현재 급수를 하고 있는 지역으로 취수 및 배수시설이 갖추어져 있으나 수질중 불소가 8.2 ppm으로 음용수 수질기준 1.5 ppm보다 5배이상 높은 문제를 해결 주민들에게 안전한 식수를 공급

○ 배수관로는 기존시설을 이용하여 급수



[그림] 정수장 위치 및 급수지역

1.1.5. 적용기술

- 적용기술은 소규모 이동형 정수시스템(특허 제10-1394991호)으로 신속한 이동 및 설치가 가능
- 모듈별 분리가 쉬우므로 수리 및 교체가 편리하며
- 재해 및 재난지역 등에 응급 물 공급시스템으로 적합
- 소규모 마을상수도 뿐만아니라 오지개발등에 적합한 시스템
- CDI탈염으로 용존물질 특히 불소를 확실하게 처리하여 Uwiro 주민들에게 안전한 식수 공급



1.2. 사업 목적

1.2.1. 사업의 목적

□ 본사업은 탄자니아 북쪽지역의 아루샤주 Uwiro 마을에 불소를 처리할수 있는 이동식 정수장비를 시설하는 사업으로 주민들의 건강에 치명적인 영향을 주는 불소를 음용수 수질기준 이하로 처리 공급함으로써 주민생활 질 개선은 물론 CDI 탈염공정으로 시설비나 유지관리비 특히 전기사용량의 감소로 환경 오염을 저감하는 등 지역 구성원의 생활 수준을 개선시켜 적정기술을 확대 보급하는데 그 목적이 있다.

1.2.2. 사업의 효과

- 본사업의 효과는 uwiro마을 상수도에 불소 정수장치를 시설하는 생활환경 개선 사업
 - 계획 급수인구:현재인구는 1700인이나 2,000인 까지 급수 가능
 - 계획 1인1일 급수량은 음용수를 기준으로 20L/인.일
 - 계획 급수량: 계획상의 급수량은 20m³ /day이었으나 주민 및 관계기관과의 협의과정에서 40m³ /day 변경하였으나 기타 보호시설이나 전기시설등은 관계기관에서 확실하게 처리하는 것으로 협의
- 수질 개선 효과
 - 원수 수질중 8.2 ppm으로 대단히 높은 불소를 음용수 수질기준 1.5 ppm이하로 처리 공급하여 주민들에게 안전한 식수를 공급 적정기술의 보급

구분	처리전	처리후
불소 농도	8.23ppm	1.5ppm 이하
TDS 농도	527ppm	60ppm

1.3. 추진 경위

- 2019.02.20. 환경분야 적정기술 개발 및 보급 지원사업 공고
- 2019.03.19. 환경분야 적정기술 개발 및 보급 지원사업 자유공모부문 제안서 제출(제목:CDI 탈염기술을 이용한 탄자니아 지하수의 고농도 불소처리 장치)
- 2019.04.25. CDI 탈염기술을 이용한 탄자니아 지하수의 고농도 불소처리 장치 적정기술 계약 (과업기간 :2019.04.25.~2019.12.14.(8개월))
- 2019.05.23. 적정기술 보급 지원사업 수행자회의 자료 발표 (장소 : LW컨벤션 다이아몬드 홀)
- 2019.07.08.~2019.07.15. 1차현장조사
- 2019.07.20.~ Indo Water 2019 참석하여 적정기술의 확대보급(결과로 현재 발리섬의 호텔에 정수장비 공급방안 협의중)
- 2019.06~2019.09.20. 정수장비 설계 및 제작

- 2019.08.26.~2019.08.31. 2차 현장조사
- 2019.09.25.~2019.10.02. 제작장비의 성능실험
- 2019.10.30. 적정기술 현장점검(CDI 탈염기술을 이용한 탄자니아 지하수의 고농도 불소처리 장치, 장소 : 오투엔비 사무실)
- 2019.10.12. 인천항 출항 / 10월 22일 포트 켈랑에서 환적하여 11월 21일 탄자니아 다르에스 살람항에 도착 예정이었으나 연착되어 11월 29일 다르에스 살람 외항에 도착
- 2019.12.02.~12.14일 까지 설치, 시운전 교육예정

연도	사업의 내용	추진 일정								연구개발비 (천원)	비고
		19.5	6	7	8	9	10	11	12		
2019	현장조사	■	■	■						30,000	수행
	40M ³ /일 용량의 실증 징수설비 시스템설계			■	■	■				10,000	수행
	설비제작			■	■	■	■			60,000	수행
	설비 설명회					■				10,000	수행
	설비운송						■	■		5,000	수행
	설치 및 시운전 교육								■	30,000	수행
	준공									5,000	수행

제2장 사업 수행활동

2.1. 기초조사

2.1.1 대상국(탄자니아)의 국가 개황

가. 국가 일반 개황

- 탄자니아는 아프리카 동부 인도양 연안의 해양국으로 면적은 945,087km² 로 한 반도의 약 4.3배이며 인구는 5,104만명이고 수도는 도도마(Dodoma)이나 경제의 수도는 달에스살람 (Dar-es-Salaam), 언어는 스와힐리어 및 영어임
- 지형은 동북부는 아프리카 최고봉인 킬리만자로를 비롯한 산악지대 이고, 북서쪽 에는 아프리카에서 가장 넓은 빅토리아 호수,가장 깊은 탕가니카 호수등이 있으며 중 부는 넓은 평원
- 탄자니아를 비롯한 아프리카의 인구증가율

○ 아프리카 국가들의 인구증가율은 세계증가율의 2배가 넘는 2.7~2.8%

국가	탄자니아	앙골라	르완다	토고
인구증가율(%)	2.85	2.78	2.75	2.75

[표] 아프리카 국가들의 인구증가율

○ 탄자니아는 2.85%의 대단히 높은 증가율

년도	인구	인구밀도	증가율	비고
2005 년	39,665,600 인	44 인/km ²	3.0137 %	
2010 년	45,648,525 인	51 인/km ²	3.1790 %	
2015 년	53,470,420 인	60 인/km ²	3.1027 %	
2016 년	55,155,473 인	62 인/km ²	3.0744 %	
2020 년	62,267,349 인	70 인/km ²	2.9623 %	
2025 년	72,032,837 인	81 인/km ²	2.8537 %	

[표] 탄자니아 인구현황 및 계획자료 : Global demograhic estimates and projections by the united nations

- 달에스살람은 5.8%의 증가율로 도시집중화 현상은 심각한 환경문제 야기
→ 특히 식수문제는 오히려 점차악화

년도	1978년	1988년	2002년	2012년
인구	843,090 인	1,360,850 인	2,487,288 인	4,364,541 인
증가율		4.9%	16.1%	5.8%

자료 : National Bureau of Statistics Tanzania(web)

나. 경제·산업 현황

- 산업은 농업이 주 산업이며 커피가 수출품의 40%를 차지함
- 농업과 서비스업이 각각 GDP의 28%, 50%에 육박하는 탄자니아는 관광, 통신, 금융 부문의 서비스업 성장을 기반으로 1998~2007년 경제 성장률이 연평균 6.3%를 기록하는 등 사하라 이남 아프리카에서 경제성장률이 높은 국가 중의 하나로 평가되고 있음.
- 2003~2008년 원조자금을 활용해 도로, 항만, 호텔 등의 인프라 개선에 힘입은 서비스 산업의 급속한 성장과 금, 다이아몬드 등을 중심으로 한 광업부분의 견실한 성장 등에 힘입어 평균 7%대의 높은 경제성장을 실현하고 있으며, 2009년에는 글로벌 금융위기에 따른 세계 경기 침체의 영향으로 외국인 직접 투자, 수출 및 관광수입이 감소하여 경제성장률이 6.0%대로 하락했지만 2010년에 글로벌 경기회복에 힘입어 7%로 상승한 것으로 추정되며, 2011년에도 해외 원조에 따른 인프라 부분 투자 및 금 수출 호조에 따라 6%대 성장세를 유지할 것으로 전망되고 있음.
- 제조업은 도로, 항만, 전력 등의 인프라가 열악하여, 성장기반이 매우 취약하다. 농업의 경우 GDP의 28.4%, 노동인구의 약 80%를 차지하는 주요 산업이지만 경작지가 국토의 약 4%에 불과한데다 기후 조건에 따라 작황의 변화가 심하고 소규모 생계농이 대부분이며 관개시설 등의 농업 인프라가 절대적으로 부족한 상황임.
- 최근에는 금, 다이아몬드, 우라늄 등 다양한 광물자원을 바탕으로 한 광업의 성장세가 두드러지나, 수송, 에너지 관련 인프라가 매우 취약하여 걸림돌로 작용하고 있어 정부가 인프라 확충을 위해 지속적으로 노력하고 있음.
- 관광업 중심의 서비스 산업의 빠른 성장과 광물자원의 높은 개발 잠재력에도 불구하고, 취약한 경제 인프라와 농업 위주의 저개발 경제구조에서 탈피하지 못하며 1인당 GDP가 864달러 수준.
- 2005년 국민들의 압도적인 지지로 출범한 키크웨테 정부는 적극적인 외국인투자자와 원조 유치로 통해 자국의 시급한 해결과제인 각종 경제인프라를 구축하고, 제조업, 광업 관광업 등을 중점 육성하며 경제구조를 다변화하기 위한 노력을 기울이고 있다. 이를 반영한 정책이 “Tanzania Vision 2005” 로써, 농업의 현대화, 인프라 확충을 통해 원조에 대한 의존성 및 1차 산업 위주의 경제구조로 인한 국제상품시장 진출의 어려움과 신기술 수용에 대한 취약점을 극복하여 2015년에는 개발수준이 높은 중 소득국으로 발전하는 것을 목표로 하고 있다. 탄자니아는 풍부한 광물자원의 개발 잠재력을 가지고 있다. 광물 탐사가 이루어진 지역이 전 국토의 약 10% 정도로 광물개발이 아직은 더딘 상황이 지만, 사회주의적 광물 탐사 및 지질조사를 통해

취득한 광물자원과 지질구조에 대한 시추 자료가 인근 국가 대비 잘 정리되어 있는 편임.

- 2015.11월 취임한 마구풀리(Magufulli) 대통령은 공공부문 개혁, 부정부패 척결, 예산 절약 및 세수 확대 등 국내 개혁을 강력하게 추진 정치적으로 안정되어있고 경제개발계획 및 도도마로 수도이전 사업등으로 개발 활성화
- 탄자니아에서 광물산업이 GDP에서 차지하는 비중은 3.3% (2009년)이며, 광물이탄 자니아 수출에서 차지하는 비중은 약 48%에 달한다. 금 4,500만 온스, 다이아몬드 2,000캐럿, 니켈 150만톤 등에 달하는 광물자원이 확인되었고, 특히 최근에는 금광개발이 활발히 진행되고 있으며, 국제 금 가격의 상승세와 맞물려 금이 탄자니아의 주요 수출 품목으로 부상하고 있음.
- 관광산업의 경우 매우 빠른 속도로 성장하고 있는데, 킬리만자로산, 응고롱고로 분지, 빅토리아 호수 등 천혜의 관광자원을 보유하고 있음에도 불구하고, 그간 교통, 호텔 등의 관련 인프라 미비로 인해 관광산업의 성장이 부진했으나, 최근 정부의 적극적인 노력에 힘입어 관광업 중심의 서비스 산업이 총 GDP의 약 39%를 차지하는 주요산업으로 급성장하였음.

다. 수자원 현황

- 탄자니아는 하천, 호수, 지하수, 습지대 등 다양한 형태의 풍부한 수자원을 보유하고 있다. 하지만 동부 아프리카의 3대 거대호수인 빅토리아호, 탕카니카호 및 은야사호를 포함한 11개의 강과 호수들이 주변 여러 나라들과 국경을 형성하고 있어 수자원 개발 과 관리에 어려움을 겪고 있기도 하다. 풍부한 수자원을 보유하고 있음에도 이러한 수자원 개발을 둘러싼 주변국과의 이해관계, 그리고 기후변화 및 비효율적인 수자원관리 때문에 자주 물 부족 현상이 나타나고 있음.
- 탄자니아는 용수 공급을 위한 풍부한 지하수량을 가지고 있는데, 지하수 개발 가능량은 지역과 개발 정도에 따라 많은 차이가 있다. 전국적으로 지하수 개발은 식수 공급을 위해 소규모로 이루어져 왔고, 중부 내륙지역에서는 지하수가 용수공급원으로서 중요한 부분을 차지하고 있다. 지하수의 수질은 대체로 양호한 편이나 많은 지역에서 불소가 발생하며 수도인 도도마 지역은 TDS가 높고 해안지역은 높은 염분 함유와 중부 내륙지역의 높은 불소함유 문제는 해결해야 할 과제임.

라. 상하수도 현황

- 탄자니아의 도시지역은 급격히 팽창하고 있는데, 도시인구의 30~50% 정도가 도시 계획이 이루어져 있지 않은 지역에 무단 점유하여 살고 있는 것으로 보고되고 있어 낙후된 주거환경 뿐만 아니라 인구과밀화에 따른 상하수도시설 등과 같은 사회기반 시설 부족현상이 심각한 문제로 대두되고 있다. 또한 기존 상수도 공급시설 및 수원지의 노후화로 급증하는 물 수요에 적절히 대응하지 못하고 있는 상황이다. 최근 도시지역의 상수도 공급률은 약 73%를 보이고 있지만 상수도의 공급량 부족 및 수질 개선 문제, 요금체계 개선 등은 도시지역에서의 효율적인 상수도 관리체계 구축을 위해 극복해야 할 과제로 남아 있음.

- 농촌지역의 경우 탄자니아 인구의 약 70%가 거주하고 있으며, 1970년대 초반 시작된 농촌지역 상수도 확충사업을 통해 최근 많은 투자가 이루어지고 있으나 아직까지 농촌지역의 상수도 보급률은 약 50%에 그치고 있음. 이마저도 가동률 저하와 유지 관리 소홀로 상수도시설의 30% 이상이 제 기능을 발휘하지 못하고 있는 실정임. 이에 탄자니아 국가 수도정책 중장기 발전계획(The National Water Policy)에 따라 농촌지역의 상수도시설 확충을 국가발전의 중요한 요소로 인식하고 관련기관의 법적, 제도적 체제를 구축하고 농촌지역 상수도시설의 지속적인 확충 기반 마련에 주력하고 있음.
- 탄자니아의 위생시설 현황은 도시와 농촌지역 가구의 85% 이상이 수거식 공중화장실로 이루어져 있고, 이 중 80%는 상당히 열악한 수준의 시설로 우천시 자주 넘쳐 인 근 지하수 오염뿐만 아니라 수인성 전염병 및 식수문제를 야기하고 있다. 하수처리의 경우 Tanga시를 제외한 하수도가 설치된 도시 대부분의 하수는 산화지(Waste Stabilization Pond, WSP)에서 처리되고 있는데, 대부분의 산화지 처리효율이 낮아 미 처리 상태로 방류되어 지표면이나 지하수 오염 우려가 큰 상황임.

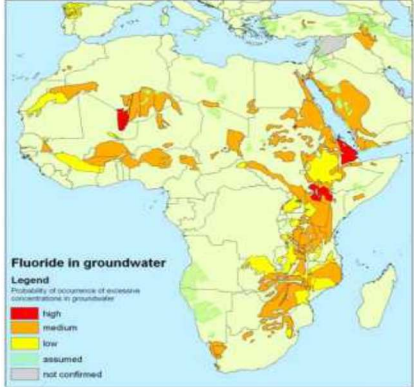
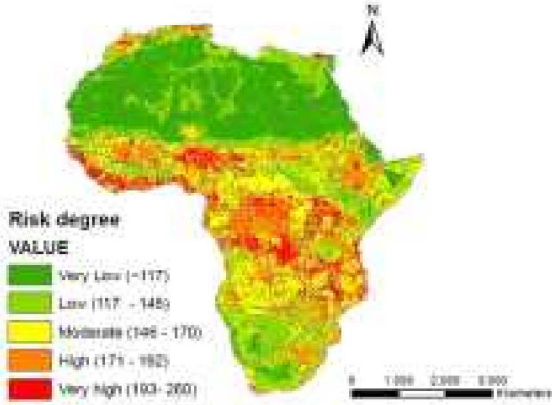
마. 물 환경 및 수질현황

- 물환경문제는 우리나라의 6.25이후 물장수들이 많았던 때보다도 더 심각하며, 생수 가격은 우리나라와 비슷하고 판매량도 많으며 기타 정수물을 판매하는 곳도 많고 가격도 높아 정수설비 판매사업과 더불어 정수물 판매사업에 주력할 예정임.
- 아프리카는 지질학적으로 지하수에서 불소의 오염이 많은 편이며 특히 동부 아프리카가 심한편으로 음용수로 사용하기위해서는 정수처리가 필요함.
- 생활하수처리 미비로 인한 지하수의 오염이 심각한 상태이며 다르에스살람은 해안에서 20 km 까지 해수의 영향으로 염분이 높음.



[그림] 탄자니아 물 공급 현황

바. 탄자니아를 비롯한 아프리카의 수질오염

<p>○ 탄자니아는 많은 지역에서 불소가 발생(7~8,ppm)하며 음용수 수질기준인 1.5ppm보다 5배 정도높기 때문에 특수 정수처리가 필요하며, 불소를 경제적으로 안전하게 처리할 수 있는 CDI 탈염공법을 적용</p>	
<p>○ 지하수 오염 :아프리카는 하수의 미처리 및 무분별한 지하수의 개발로 인한 지하수의 오염이 심각한 상태</p>	

2.1.2 대상지역의 현황 조사

□ 대상지역인 Uwiro 마을 일반현황

- Uwiro 마을은 인구 6,200명의 큰마을
- 마을에는 수도관이 부분 매설되어 있고 10m³ 규모의 배수지에서 Uwiro 마을에 공급하고 있으며 협의된 공급지역은 마을의 일부지역으로 계획급수구역의 인원은 1,700인

□ 대상지역인 Uwiro 마을 급수 시설 현황

- Arusha 설치 사이트인 Meru uwiro village는 Arusha 국립공원내의 호수에서 취수하고 있어 표류수이나 호수주변에서 솟아나는 용천수들이 모인 물로 수질특성은 용존물질이 높은 지하수의 특성
- 취수된 물은 펌프로 가압되어 2라인으로 공급되며 그 중 한 라인에서 Uwiro 마을의 물탱크(10L 규모)로 유입이 되며, 그 후에 15개의 노즐로 마을의 각지역으로 급수되므로 수원은 안정적으로 공급 가능
- 수질 검사에서 불소 수치는 8.27ppm(WHO standard 1.5ppm 이하)이었으며 신체에 치명적인 영향을 줄 수 있는 수준의 농도를 보이고 있으며, TDS농도는 527ppm으로 비교적 높은 농도를 보이고 있다. 본 사업지는 환경분야 적정기술 보급지원사업의 취지와 적합한 사업으로 Uwiro 마을 주민들에게 안전한 식수를 공급



설치지역에 공급되는 배수탱크 (10톤)



마을에 공급되는 수도꼭지 약 15개 지역에 공급



파이프 관로 조사 실시



uwiro village 설치지역의 원수 공급탱크

2.2. 현지수행활동

2.2.1 현장조사 개요

- 탄자니아는 지역적으로 수질의 변화가 심하며 크게 4대 권역으로 구분할수 있으며 북쪽은 Kilimanjaro 산을 중심으로 Arusha를 포함한 모든 지역에서 불소의 오염이 심한 지역이고, 탄자니아의 수도 Dodoma 지역과 경제수도인 동쪽의 Dar es Salaam 이 있는 지역은 염분의 오염이 심하며, 남쪽의 Mbeya 지역은 불소의 오염이 심한 상태임
- 적정기술의 위치는 불소의 오염이 심한 남부의 Mbeya 지역을 선정하여 1차조사를 시행하였으나 시설 및 장차 유지관리의 문제점이 많은 곳으로 평가되어 부득이 북부지역인 Arusha로 변경 협의 하여 2차조사를 실시하여 최종 평가하여 아루사에 설치하는 것으로 확정

구분	1차조사	2차조사
조사기간	2019.07.09.~ 2019.07.14	2019.08.29~ 2019.08.31
조사위치	Mbeya 지역 CHUNYA vilage	Arusha지구 Meru uwiro village
수질	TDS 489 ppm이고 불소농도는 11.63 ppm으로 적정기술에 적합한 수질임	불소가 8.27 ppm TDS는 527ppm으로 나타났으며 적정기술에 적합한 수질임
현황	현장까지의 진입이 불편하고 수원이 급수구역과 멀고비 수도시설 전무로 부대공사 과다 및 유지관리 불편	수도시설 및 기반시설이 잘 갖추어져 있어 정수공사만 시설하면되므로 시설 및 유지관리 유리
평가	설비의 시설, 유지관리 및 효용성을 고려 2차조사 지역인 UWIRO 마을을 계획위치로 설정	

2.2.2 1차 현장조사

1) 현장조사 일시 : 2019.07.09.~ 2019.07.14

가) WaterAID 방문 및 미팅

○ 일 자 : 2019.07.09

○ 방문지 : Dar es Salaam 지역 내 WaterAid

○ 참석자 : 반승현 대표이사, 김성민 대리, 이창기 총장, 카움보, Derick, WaterAid 6명 엔지니어

○ 내 용 : 적정기술보급지원사업 진행사항에 대한 협의

① 프로젝트 진행 협력에 대한 NGO 차원에서의 협력방안 논의

② 향후 오투엔비에서 Water 퀄리티 Profile 공유될 수 있도록 지원 요청



[그림] WaterAID 07월 09일 오투엔비의 CDI 기술적 소개

나) Dar es Salaam에서 Arusha 지역으로 이동하여 불소 연구소 및 Arumeru vilage 방문

□ 불소 연구소 방문

○ 일 자 : 2019.07.10

○ 방문지 : Arusha 지역 내 불소 연구소 방문 > Arumeru vilage 내 현지 물공급 현장

○ 참석자 : 반승현 대표이사, 김성민 대리, 이창기 총장, 카움보, Derick, Arusha 지역 내 불소연구소 담당자들

○ 내 용 : Arusha 지역 내 불소연구소에서 오투엔비의 기술이 적용된 기기와 사업 목적 등을 소개함. 향후 불소 제거기술에 대한 연구 협력논의.

○ 현지의 불소연구소에서 수질에서 확인되는 불소 함유량에 대한 측정을 어떠한 시험실 조건을 갖추고 어떠한 방법으로 불소 함유량을 측정하는 지 불소연구소 내 담당자가 시연하였음.



□ Arusha 지역 내 Arumeru vilage 방문

- 일 자 : 2019.07.10
- 방문지 : Arumeru vilage 내 회관 및 물 공급되는 현장(물탱크 있는 곳)
- 참석자 : 반승현 대표이사, 김성민 대리, 이창기 총장, 카움보, 불소연구소 담당자들, Arumeru 현지인들
- 내 용 : Arumeru vilage는 오투엔비의 장비가 설치된지역으로 MOW쪽에서의 설치지역에 대한 변경을 요구해와 MOW에서 제시하는 지역에 대한 현장조사 실시.
- Arumeru vilage 내 물 공급되는 시스템과 환경을 직접 확인하여, 오투엔비의 정수 기술이 적용된 기기를 설치하는 조건이 만족한지 확인한 바, 문제점이 확인되지 않음. CDI 기술과 적용된 기기에 대한 설명을 통해 많은 질의 응답 시간을 갖었으며 위치를 변경하여 옮기는 것으로 협의



□ Arusha 지역 내 Arumeru council meeting

- 일 자 : 2019.07.10
- 방문지 : Arumeru council
- 참석자 : 반승현 대표이사, 김성민 대리, 이창기 총장, 카움보, 의사회 담당자 11명

- 내 용 : 매루지역청의 오투엔비의 정수기술을 소개 및 현재 진행 중인 결과물을 공유하며, 사업 site에 대한 분석을 할 수 있도록 사업계획을 설명과 수질 분석을 위해 IEA의 Arumeru 지역의 샘플을 채수하는 것에 대한 지원 동의를 구함



다) MOW(Ministry Of Water) 방문하여 사업 계획과 회사 소개

- 일 자 : 2019.07.12
- 방문지 : Dodoma 내 MOW(Ministry Of Water)
- 참석자 : 반승현 대표이사, 김성민 대리, 이창기 총장, 카움보, Rita F. Kilua 외 사무총장 1인(DAWASA(= Dar es Salaam Water and Sewerage Authority))
- 내 용 : 오투엔비의 프로젝트 성과 및 정수기술을 소개하며, 탄자니아에서 사업계획을 설명



라) Mbeya 지역 현지 조사 및 검토

□ 일 자 : 2019.07.13

□ 방문지 : Mbeya 지역 내 수도국

□ 참석자 : 반승현 대표이사, 김성민 대리, 이창기 총장, 카욘보

□ 내 용 : Mbeya 지역 내 수도국을 방문하여 회사와 CDI 기술을 소개하고, 현지 수도국 담당자들과 동행하여 적정기술 시작품을 설치할 예정지인 CHUNYA vilage 방문함.

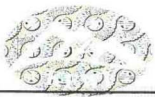
- ① 3개의 현장을 추천하여 현장 조사를 실시
- ② 첫 번째 현장은 수량이 극히 적고 현장 접근에 문제점이 높은 산중턱에 위치한 샘물로 장비의 설치에 어려움이 있음.
- ③ 두번째 현장의 상태는 수원 주변에 농사를 비롯한 오염요소가 너무 많아서 수질의 변동폭이 크므로 장비의 설치에 어려움이 있음
- ④ 세번째 현장의 조건은 현장접근이 극히 어려우며, 수혜 마을 인원의 접근이 어려운 위치에 있어서 설치후 마을 주민이 설비를 사용하는데 어려움이 있으며, 기타 다른 요소인 물의 수압, 기기 운송이 극히 어려운 접근성 등의문제점이 있으나 현장의 수질을 분석하기 위해 샘플 채수 진행함
- ⑤ 예정지 위치의 도로상태가 좋지 않아 운송시 장비의 파손이 우려되며, 설치가 되더라도 장치의 유지관리가 어려울 것으로 판단되며 수질검사는 진행하되 지속적인 운영등 유지관리가 필수적이므로 예정위치 자체를 옮기는 방법도 검토하기로 협의
- ⑥ MOW의 의견은 탄자니아 중에서 고농도의 불소가 발생하고 교통이 편리한 아르샤주 인근에서 선정하기위하여 현지 협력 회사 대표인 카욘보 및 현지에 근무하는 오투엔비 직원인 Derick이 탄자니아 담당자들과 협의하여 새로운 위치를 선정하는 것으로 협의
- ⑦ 협의는 8월 초까지 예정이며 8월중으로 2차 현장조사를 시행 예정



o 수질검사:현장채취하여 국내에서 검사한 수질은 TDS 489 ppm이고, 불소농도는 11.63 ppm으로 적정기술에 적합한 수질임

[그림] 샘플 채취한 수질 시험 성적서

시험 성적서

한국환경수도연구원			성적서 번호 : ID-190624 B					
우)07201 서울특별시 영등포구 양평로28사길 29 Tel : 02-2637-1234 Fax : 02-2631-8767			페이지 (1) / (총 1) 끝.					

1. 의뢰자
 기관명 : (주)오뚜엔비
 주소 : 서울시 금천구 가산디지털2로 14, 401호

2. 시험대상 품목/물질/시료 설명 : 수질 (Dugumi)

3. 성적서 용도 : 참고용

4. 시험기간 : 2019. 7. 16. ~ 7. 30.

5. 시험방법 : ① 먹는물수질공정시험기준 (국립환경과학원고시 제2018-66호)
 ② Standard Method 2540.C (2017) - TDS

6. 시험환경 : 온도 : (최저 23 °C, 최고 25 °C), 습도 : (최저 46 % R.H., 최고 70 % R.H.)

7. 시험결과

항목	먹는물수질기준		결과	항목	먹는물수질기준		결과
	농도	단위			농도	단위	
1. 일반세균	100 이하	CFU/mL	80	25. 틀루엔	0.7 이하	mg/L	불검출
2. 총대장균군	불검출	-/100mL	검출	26. 에달렌	0.3 이하	mg/L	불검출
3. 대장균	불검출	-/100mL	불검출	27. 크실렌	0.5 이하	mg/L	불검출
4. 납(Pb)	0.01 이하	mg/L	불검출	28. 1,1-디클로로에틸렌	0.03 이하	mg/L	불검출
5. 불 소(F)	1.5 이하	mg/L	11.63	29. 사염화탄소	0.002 이하	mg/L	불검출
6. 비 소(As)	0.01 이하	mg/L	불검출	30. 1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 이하	mg/L	불검출
7. 셀레늄(Se)	0.01 이하	mg/L	불검출	31. 1,4-다이옥산	0.05 이하	mg/L	불검출
8. 수 은(Hg)	0.001 이하	mg/L	불검출	32. 경 도	1000 이하	mg/L	77
9. 시 안(CN)	0.01 이하	mg/L	불검출	33. 과망간산칼륨소비량	10 이하	mg/L	1.9
10. 크 롬(Cr)	0.05 이하	mg/L	불검출	34. 냄 세	무 취	-	없음
11. 암모니아성질소(NH ₃ -N)	0.5 이하	mg/L	불검출	35. 맛	무 미	-	시험불가
12. 질산성질소(NO ₃ -N)	10 이하	mg/L	0.4	36. 구 리(Cu)	1 이하	mg/L	불검출
13. 카드뮴(Cd)	0.005 이하	mg/L	불검출	37. 색 도	5 이하	도	불검출
14. 붕소	1.0 이하	mg/L	0.10	38. 세 제 (ABS)	0.5 이하	mg/L	불검출
15. 페놀	0.005 이하	mg/L	불검출	39. 수소이온농도(pH)	5.8~8.5	-	6.7
16. 다이이징논	0.02 이하	mg/L	불검출	40. 아 연(Zn)	3 이하	mg/L	불검출
17. 파라티온	0.06 이하	mg/L	불검출	41. 염소이온(Cl ⁻)	250 이하	mg/L	115.3
18. 페니트로티온	0.04 이하	mg/L	불검출	42. 철(Fe)	0.3 이하	mg/L	불검출
19. 카바릴	0.07 이하	mg/L	불검출	43. 망 간(Mn)	0.3 이하	mg/L	불검출
20. 1,1,1-트리클로로에탄	0.1 이하	mg/L	불검출	44. 탁 도	1 이하	NTU	0.27
21. 테트라클로로에틸렌(TCE)	0.01 이하	mg/L	불검출	45. 황산이온(SO ₄ ²⁻)	200 이하	mg/L	23
22. 트리클로로에틸렌(TCE)	0.03 이하	mg/L	불검출	46. 알루미늄(Al)	0.2 이하	mg/L	0.56
23. 디클로로메탄	0.02 이하	mg/L	불검출	47. TDS	-	mg/L	488
24. 벤젠	0.01 이하	mg/L	불검출				

* 시험불가-맛 : 섭취에 다른 안전성이 확보되지 않은 시료임.

확 인	시험자	최 연 수	기술책임자	송 민 형
-----	-----	-------	-------	-------

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 (지참) 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.

2. 이 성적서는 참고자료로서 용도 이외의 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 서면승인 없이 재발행하지 못합니다.

2019. 7. 30.

한국환경수도연구원장(인)

FPC05-2B(14)

Korea Environment & Water Works Institute

A4(210×297)

2.2.3 2차 현장조사

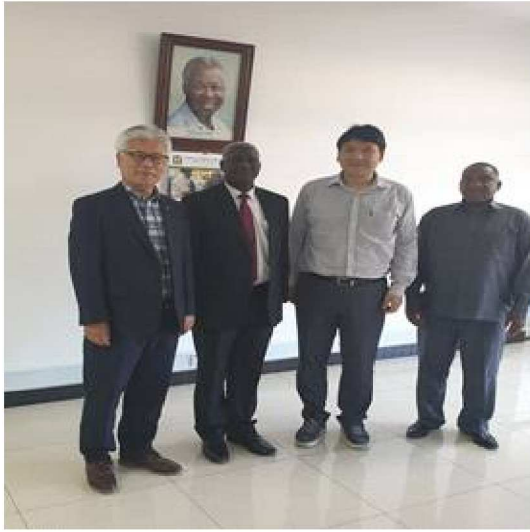
가. 개요

- 1). 적정기술 개발 및 보급 지원 사업 설치 현장조사
 - Arusha 설치 현장 (Meru uwiro village at Iyan subvillage) 방문 및 현장 조사
 - Meru Council 미팅 및 현지 담당 공무원과 업무 협의.
 - Ngorongoro District에 방문 및 담당 공무원과 업무 협의 및 MOU 체결 예정
- 2). 탄자니아 사업화 현장 방문
 - Dar es salam에서 Ministry of Water Quality 불소 연구소 소장 미팅.
 - Dar es salam에 현지 사업화 현장 방문 및 사업 진행 브리핑, 수질 샘플 채취.
 - Dodoma에서 Ministry of Water 방문. 나디파 수도국장 및 차관보와 미팅
 - Kongwa 지역 Ministry of Water 공무원과 미팅 및 Mbande 마을 설치 현장 방문
 - Dodoma에서 요하나 목사 보틀링 사업 관련 미팅 및 사업화 현장 방문
- 3). 출장의 종합
 - 사업대상지인 Meru uwiro village at Iyan subvillage 부지조사에서 설치의 적합성이 우수하고 마을주민들의 사업에 대한 열망이 높고 기대가 큼.
 - 사업대상지의 공무원과 협의하여 적극적인 협력을 약속하였으며, 향후 관리의 주체도 공무원이 수행하기로 함.
 - 이번출장에서 콩과지역과 도도마의 보틀링 사업, 그리고 병원 물공급사업등의 사업지 후보에 대한 업무를 수행함. 향후 사업후의 추가적인 사업화를 달성을 위한 발판을 마련함.
 - 탄자니아의 Ministry of Water와 협력을 약속함으로써 탄자니아 정부의 사업입찰에 유리한 위치를 확보함.

나. 세부 일정

- 1). Ministry of Water Quality 방문 후 담당 공무원과 미팅 및 업무 협의
 - 일 자 : 2019.08.26
 - 방문지 : Dar es salam Ministry of Water Quality
 - 참석자 : 반승현 대표이사, 이창기 UAUT 총장, Ministry of Water Quality 담당 공무원 음송고, Ministry of Water Quality 불소 연구소 소장
 - 내 용 : 탄자니아 Dar es salam 도착 후 Ministry of Water Quality로 이동하여 담당 공무원인 음송고 및 불소 연구소 소장과 미팅을 함. 설치 현장 사이트 및 물 관련 제반 환경에 대한 브리핑 및 업무 협의를 하였음.
- 2). Dodoma로 이동하여 Ministry of Water 방문 후 담당 공무원과 미팅 및 협의
 - 일 자 : 2019.08.27
 - 방문지 : Ministry of Water
 - 참석자 : 반승현 대표이사, 이창기 UAUT 총장, Ministry of Water 수도국장 나디파, 수도부차관보
 - 내 용 : Ministry of Water에서 나디파 수도국장 및 수도부 차관보와 미팅을 함.

향후 아루샤 지역에 대한 사업 논의를 하였으며, 환경분야 적정기술 개발 및 보급 지원사업 의 통관 및 기타 업무 협의를 함.



수도부 차관보



나디과 국장

3). 요하나 목사와 Dodoma 지역 보틀링 사업 관련 미팅

- 일 자 : 2019.08.27
- 방문지 : Dodoma 지역 요하나 목사 사업화 현장
- 참석자 : 반승현 대표이사, 이창기 UAUT 총장, 요하나 목사
- 내 용 : Dodoma 지역에 있는 요하나 목사의 사업부지를 방문. 당사의 기술을 통해 보틀링 물판매 사업을 추진할 예정으로 아래 그림과 같이 지하관정에서 생산된 물을 물탱크 2개에 보관, 인근 지역 주민들에게 원수를 공급하고 있는 상황임. 현지 원수 TDS는 약 447ppm 정도이며, 수질 분석 후, 수처리를 한 완전한 먹는물을 20ton/day의 규모로 솔티워터 보틀링 사업에 대한 업무 협의를 함.





물탱크로 물을 사가고 있음.



물탱크 5톤짜리 2개를 설치하여 공급



수도꼭지를 통해 20리터씩 공급중



수질 간이 측정중



TDS농도 447ppm정도를 보이고 있음



톤당 10000실링으로 공급(한화5000원)

- 4). Ministry of Water Kongwa 지역 담당 공무원과 미팅 및 정수장치 이동 사업지 현장 방문
- 일 자 : 2019.08.28
 - 방문지 : Ministry of water in kongwa, mbande village primary school
 - 참석자 : 반승현 대표이사, 이창기 UAUT 총장, Ministry of water kongwa 지역 담당 공무원 및 엔지니어
 - 내 용 : 기존에 CDI 정수장치가 설치되어있던 Mbande 마을은 하루 3시간정도 밖에 원수를 공급 받지 못하고, 설치 된 공간이 외부 환경 및 날씨에 영향을 받을 수 있

Kongwa 지역 수질 검사표

	Concentration		Unit	Remark	
	Kongwa1	Kongwa2		Kongwa1	Kongwa2
Turbidity	5	0.01	NTU	Good	Good
pH	7.4	7.2		Good	Good
Colour	NO	NO	mgPt/L	Good	Good
Electrical Conductivity	1927	5950	μ S/cm	Good	Very high
TDS	1059.85	3272.5	mg/L	Good	Very high
Odour	NO	NO	TON	N.O	N.O
Taste	NO	Salty	mg/L as CaCO3	N.O	Saline
Phenolphthalein Alkalinity	NIL	NIL	mg/L as CaCO3		
T-Alkalinity	260	320	mg/L as CaCO3		
Carbonate Hardness	260	320	mg/L as CaCO3		
non-Carbonate Hardness	315	1155	mg/L as CaCO3		
T-Hardness	575	1475	mg/L as CaCO3	Good	Very high
Calcium	190	340	mg/L	Good	high
Magnesium	24.32	152	mg/L	Good	high
Manganese	<0.01	<0.01	mg/L	Good	Good
Zinc	<0.001	<0.001	mg/L	Good	Good
Iron	<0.01	<0.01	mg/L	Good	Good
Chloride	355	1242.5	mg/L	Good	high
Sulphate	240.18	924.24	mg/L	Good	high
Nitrate	5.2	6.1	mg/L	Good	Good
Sodium	178.71	690	mg/L		
Potassium	4.6	52.8	mg/L		
O-phosphate	0.78	0.813	mg/L		
Fluoride	0.37	0.52	mg/L	Good	Good
Ammonical Nitrogen	0.03	0.15	mg/L	Good	Good



콩가지역의 수석엔지니어



콩가 지역 관청방문



Mbandi 초등학교



Mbandi 초등학교



1년전 공급한 설비를 개수하여 설치중



1년전 공급한 설비를 개수하여 설치중

5). Meru Council 담당 공무원과 미팅 및 적정기술 설치에 대한 업무 협의 및 적정기술 설치 Arusha Meru uwiro village at Iyan subvillage 설치 사이트 현장 조사

- 일 자 : 2019.08.29
- 방문지 : Meru Council, Meru uwiro village at Iyan subvillage (Arusha 설치 사이트)
- 참석자 : 반승현 대표이사, 이창기 UAUT 총장, Meru Council 담당 공무원
- 내 용 : Meru council에 방문하여 담당 공무원과 미팅을 진행함. O2&B 정수 사업을 위해 Meru council의 사무실을 공여하기로 업무 협의를 하였고, 당사 직원이 상주하기로 함. Arusha 설치 사이트인 Meru uwiro village는 Arusha 국립공원에서 물이 유입되며, 펌프를 이용해서 한쪽은 메인, 한쪽은 공용 마을로 쓰는 물탱크(10L 규모)로 유입이 되며, 그 후에 15개의 노즐로 각 마을에 물이 유입됨. 아래 사진에서와 같이 수질은 간이 검사에서 불소 수치는 8~10ppm(WHO standard 1.5ppm 이하)이었으며 신체에 치명적인 영향을 줄 수 있는 수준의 농도를 보이고 있으며, TDS농도는 434ppm으로 비교적 높은 농도를 보이고 있다. 본 사업지는 환경분야 적정기술 보급 지원사업의 취지와 적하합한 사업으로서 향수 정확한 수질분석을 통한 최적의 설비 설치를 위하여 정밀분석을 수행중에 있음. 이 수치를 바탕으로 하여 현지에 맞는 시설을 제작중에 있음.



uwiro village지역 방문 및 마을주민설명회



uwiro village지역 방문 및 마을주민설명회



파이프 관로 조사실시



uwiro village 설치지역의 원수 공급탱크



설치지역의 설비상황



사업지로 분기되는 파이프 분기점



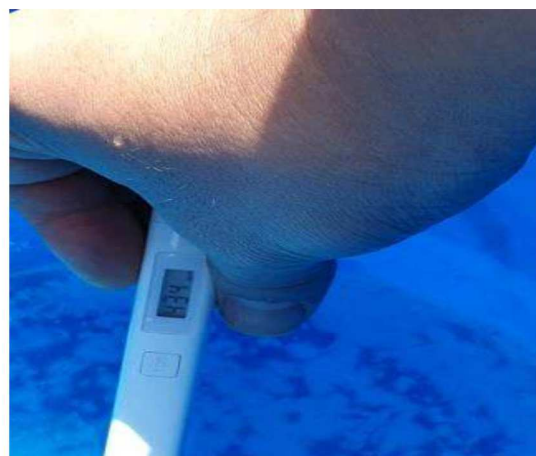
설치지역에 공급되는 배수탱크 (10톤)



배수탱크에 연결된 공급파이프 (4인치)



마을에 공급되는 수도꼭지 약 15개 지역에 공급



수질측정결과 TDS 434ppm 불소농도는 8~10ppm

6). 신규 사업을 위한 Chanika Hospotal 사업지 방문 및 원수 샘플링

- 일 자 : 2019.08.30
- 방문지 : Chanika Hospital
- 참석자 : 반승현 대표이사, 이창기 UAUT 총장, 현지 Koica 담당자, water aid 담당자
- 내 용 : 다르에스살람으로 이동한 뒤, 현지 koica 담당자와 Chanika Hospital 현장을 방문하여 수질 샘플 채취 및 사업 진행 관련 미팅을 진행함. Water aid와 원활한 사업화를 위해 MOU 체결에 대한 업무 협의를 진행하였음.



병원 마스터플랜도



물공급 파이프



원수 채수 및 샘플링



배수지 탱크

2.2.4 3차 현장조사 및 협의

가. 출장 개요

- 1) 적정기술 확대보급의 일환으로 킬리만자로 국제공항 상수도 시설 정수 시스템 수주 협의 및 AUWSA 프로젝트 협의 목적

가) 2019년 11월 20일 13:48 ~ 14:30

(1) 위치 : 킬리만자로 공항 사무실

(2) 참가자 : 킬리만자로 공항 상무이사, 엔지니어 Ndos

오투엔비 반승현 대표이사 / 이창기 부총장 / Technician Derick Erastus

(3) 내용

(가) Engineer Ndos는 킬리만자로 공항에서 제안된 건에 대하여 검토 후, 추후 O2NB에 요청사항을 통보하기로 협의

(나) 공항 수질에 대한 처리 공법에 대한 설명

나) 2019년 11월 20일 16:30 ~ 18:50

(1) 위치 : 아루샤 타운 AUWSA 사무소

(2) 참가자 : AUWSA 기술국장 Eng, Mwiymbela

오투엔비 반승현 대표이사 / 이창기 부총장 / Technician Derick Erastus

(3) 내용

(가) AUWSA와 제일엔지니어링과 협의

(나) CDI 기술 사용시 슬러지 발생에 대한 처리 방안

(가) CDI 기술 사용시 모든 미네랄 제거에 대한 문제점

(나) AUWSA 사무소에서 CDI 기술 프로젠테이션 준비 (2019년 11월 21일 오후4시)



다) 2019년 11월 21일 09:30 ~ 10:00

(1) 위치 : 응가람토니에 위치한 NGAUWSA 사무소

(2) 참가자 : 기술 관리자 Eng. Getrude

오투엔비 반승현 대표이사 / 이창기 부총장 / Technician Derick Erastus

Hon Gaudence Kayombo

(3) 내용

(가) 아직 진행 중인 PPP 사업의 진행상황에 대한 논의

(나) 물의 현재 가격(20리터)을 중심으로 물 판매사업에 대한 논의



라) 2019년 11월 21일 10:20 ~ 12:30

(1) 위치 : 응가람토니 RO 설치 현장

(2) 참가자 : 기술 관리자 Eng. Getrude / Ro 엔지니어

오투엔비 반승현 대표이사 / 이창기 부총장 / Technician Derick Erastus

Hon Gaudence Kayombo

(3) 내용

(가) RO 현장을 방문한 후, 우리는 RO 기술자와 인터뷰

(나) 전력과 태양관을 적용하는 방식 검토

(다) RO 제품 회수율은 75%로 낮은 편



마) 2019년 11월 21일 16:30 ~ 20:00

(1) 위치 : 아루샤 타운 내 AUWSA 사무소

(2) 참가자 : Managing Director Ruwasa Dr Nadhifa / Managing Director-AUWSA /
Technical Manager AUWSA Eng Mwiombela / Jeil Engineering company
staff / AUWSA staff / 오투엔비 반승현 대표이사 / 이창기 부총장 /
Technician Derick Erastus

(3) 내용

(가) O2nb 시스템 운용 모델의 프리젠테이션

(나) CDI 기술이 다른 기술에 비해 갖는 이점은 다음과 같다.

- ① 전력 소비가 지극히 적고
- ② 시술 중 화학약품 사용 안함
- ③ 유지관리 및 운영이 용이함
- ④ 원격 조종이 가능하다.

(다) 발표 후 질의 응답

- ① 유지관리비용에 대한 설명
- ② 1일 24,000m³ 설치에 필요한 면적
- ③ 환경을 오염시키지 않도록 배수처리 방법 : 회수율 상승으로 가능
- ④ CDI기계는 유량 변동에 대한 반응 여부 : 영향이 없음을 설명



Presentation of CDI Technology at AUWSA office.

2.2.5 현장점검

가. 일시 및 장소

- 일시: 2019.10.30.일
- 장소: 오투엔비 사무실 및 대륙테크노타운 12차 회의실
- 참여인원: 한국환경산업기술원 2인 외부인사 1인 및 오투엔비 임직원 5인

나. 사업의 개요

- 사업명: CDI 탈염기술을 이용한 탄자니아 지하수의 고농도 불소처리 장치
- 시작품 설치위치: 아루샤주 Meru council Uwiro Village
- 사업내용: 탄자니아는 지질 특성상 지하수에 다량의 불소 (심한지역은 평균 40mg/L 이상)를 WHO 기준 1.5mg/L 이하로 처리하여 주민들에게 안전한 식수를 공급할수 있는 신공법인 CDI공법을 적용 유지관리비도 대폭적으로 절감시킴으로서 탄자니아 뿐만아니라 아프리카 전역 국내 환경기업이 진출할 수 있는 기반을 구축하는데 있음.
- 시작품 규모 및 수량 :사업제안 시의 용량 20m³ /day 1대 이었으나 공무원 및 주민들과의 협의에 의해 용량을 최대한 확보하는 방향으로 검토하여 40m³ /day 로 변경

다. 현장조사

- 탄자니아는 지역적으로 수질의 변화가 심하며 크게 4대 권역으로 구분할수 있으며 북쪽은 Kilimanjaro 산을 중심으로 Arusha를 포함한 모든 지역에서 불소의 오염이 심한 지역이고, 남쪽의 Mbeya 지역도 불소의 오염이 심한 상태임
- 적정기술의 위치는 불소의 오염이 심한 남부의 Mbeya 지역을 선정하여 1차조사를 시행하였으나 시설 및 장차 유지관리의 문제점이 많은 곳으로 평가되어 부득이 북부지역인 Arusha로 변경 협의 하여 2차조사를 실시 최종 평가하여 아루샤 Uwiro 마을에 설치하는 것으로 확정

구분	1차조사	2차조사
조사기간	2019.07.09.~ 2019.07.14	2019.08.29~ 2019.08.31
조사위치	Mbeya 지역 CHUNYA vilage	Arusha지구 Meru uwiro village
수질	TDS 489 ppm이고 불소농도는 11.63 ppm으로 적정기술에 적합한 수질임	불소가 8.27 ppm TDS는 527ppm으로 나타났으며 적정기술에 적합한 수질임
현황	현장까지의 진입이 불편하고 수원 이 급수구역과 멀고 수도시설 전 무로 부대공사 과다 및 유지관리 불편	수도시설 및 기반시설이 잘 갖추어져 있어 정수공사만 시설하면 되므로 시설 및 유지관리 유리
평가	설비의 시설,유지관리 및 효용성을 고려 2차조사 지역인 UWIRO 마을을 계획위치로 설정	

라. Uwiro Village 현황

- Uwiro 마을은 인구 6,200명의 큰마을
- 마을에는 수도관이 부분 매설되어 있고 10m³ 규모의 배수지에서 Uwiro 마을에 공급하고 있으며 협의된 공급지역은 마을의 일부지역으로 계획급수구역의 인원은 1,700인

마 Uwiro Village 수원 및 급수시설 현황

- 수원은 지표수와 지하수로 대별될 수 있으며 지표수는 하천수와 호소수로 나눌수 있고 지하수는 하천 복류수, 지하수 및 용천수등으로 구분되나 본 사업지구에는 기 개발되어 공급되는 수원은 Arusha 국립공원의 표류수(국립공원의 샘물들이 모여 만들어진 호소수).
- 본사업지구의 수원은 마을 공동 물탱크에서 분기되는 관에서 취수하므로 수원은 안정적
- 현장에서 물을 채취 국내에서 검사기관에 의뢰한 수질 분석 자료에서는 불소가 8.27 ppm TDS는 527ppm으로 나타났으며 이를 바탕으로 시설계획
- Uwiro 마을은 현재 급수가 되고있는 지역으로 배수지 시설 및 배수관과 급수시설이 되어있어 정수시설만 설치하여 8.3 ppm으로 높은 불소 농도를 음용수 수질기준 이하로 공급함으로써 주민들의 건강을 증진시키는 적정기술을 확대 보급

바. 시스템의 처리공정: 전처리공정인 활성탄 흡착 및 Micro Filter 공정과 주처리시설인 CDI 탈염공정 그리고 후처리공정으로 소독시설을 설치

구분	시설	내용	비고
전처리	활성탄 흡착 및 Micro Filter	미립자 제거 및 향상	
주처리	CDI 탈염공정	불소등 용존물질	
후처리	소독공정	염소소독	

사. 예정공정

일정	내용	비고
2019.11.20.~11.30일	장치 설치 및 시운전	
2019.11.25.~12.05일	현지관리자 교육	
2019.12.10일	준공식 및 세미나	
2019.12.14일	행정적인 준공완료	

아. 지적사항

- 과업기간을 지킬수 있도록 방안을 강구할 것
- 적정기술과연계하여 사업확장방으로 검토할 것

2.3. 설비 제작 및 설치

2.3.1. 급수 계획

가). 계획급수량 산정

- 계획급수량은 계획급수인구*급수 원단위로 산정
- 급수원단위인 1인1일 급수량은 세탁 목욕 청소 수세식 화장실 살수용등으로 사용되며
 - 가장 긴급한 음료용수는 1.5~2리터/일에 불과.
 - 현재의 마을에서는 1일 1인당 약 5리터 사용
 - 일반적인 가정용수중에서는 1인당 수세식화장실의 용량이 큰 편인데 본 사업지구에서는 수세식화장실의 사용이 적을 것으로 사료되어 기존의 급수원단위를 고려 급수원단위는 1인당 20리터/일로 계획
- 계획급수량
 - 계획급수량은 계획급수인구*급수 원단위로 산정
 $Q=1,700인 \times 20리터/일 = 34 m^3 /day$ 소요
 - 적정기술의 목표 급수량은 $20 m^3 /day$ 임
 - 지역의 요구사항등을 고려하여 부대시설(부분 태양광시설을 고려했었음)은 삭제하고 용량을 최대로 확장하는 것으로 검토하여 1일 최대 급수량을 $40 m^3 /day$ 로 계획
 - 급수인구는 최대 2,000인까지 급수 가능

구분	급수구역	uwiro village 전체	비고
급수인구	1,700인	6,200인	
급수원단위	20 L/인/일	20 L/인/일	
계획 1일 최대 급수량	$1,700인 \times 20L/인/일 = 34m^3 /일 \rightarrow 40m^3 /일로$ 계획	$6,200인 \times 20L/인/일 = 124^3 /일$	

2.3.2. 정수처리 시스템

가. 정수처리 계획의 기본방향

- 지방정부 및 주민들의 의견을 최대한 반영
 - 수질을 고려 정수처리 시설: 주민들의 숙원인 불소처리 시스템을 도입(주 공정을 CDI 탈염방식으로 계획)
 - 기기는 주민들이 쉽게 관리할 수 있는 시설로 계획

□ 시설비 및 운영관리비가 저렴한 경제적인 시설로 계획

- 가능한 자연유하로 하되 용존물질 처리방법은 전기사용량이 적어 운영관리비가 저렴한 CDI탈염방식을 적용 경제성 확보
- 관경은 에너지 손실을 최소화하도록 25m/m로 계
- 정수시설인 A/C Filter의 손실 최소화를위한 선속도(LV) 적용

□ 적용공법

- 용도 : 용존물질이 많은 수질에 적용할 수 있으며 주 공정인 CDI탈염 이외에 활성탄 흡착, Micro Filter 및 소독공정으로 이루어져 있는 이동식 수질맞춤형 정수처리시스템

나. 이동식 정수설비

□ 오투엔비의 이동식 정수처리시스템은 카세트형 정수처리 패키지 시스템 이동형 정수시스템으로 이동 및 설치가 간편하고 원수 수질에 따라 적용이 편리한 시스템

□ 카세트형 정수처리 패키지 시스템(특허 제10-1394992호)

- 3-6개의 모듈화된 정수처리 패키지 시스템으로 각각은 서로 다른 성능과 특성의 모듈을 제공하며 원수수질에 맞는 모듈구성으로
- 수질맞춤형 시스템이며
- 탁도 및 불순물 제거의 응집,흡착,여과 카세트,용존염류 처리의 RO 카세트, 유기물 미생물 처리의 MF,RF 카세트, 소독카세트 등 특화된 성능 모듈을 최적의 시스템으로 구성한 종합패키지 시스템으로 모든 지역과 모든 원수수질에 적용하여 양질의 정수를 제공할수 있는 효과적인 시스템이다.

□ 이동형 정수시스템(특허 제 10-1394991호)

- 이동형 정수시스템 및 이를 장착한 이동형 정수차량으로 ISO 규격의 컨테이너에 4-6개의 모듈을 장착하고 각 모듈의 하부에 로라를 부착 이동이 편리하여
- 신속한 이동 및 설치가 가능하고
- 모듈별 분리가 쉬우므로 수리 및 교체가 편리하며
- 재해 및 재난지역등에 응급 물공급시스템으로 적합하며
- 오지개발시에 임시 물공급 시스템으로 적합하다

다. 불소처리 시스템

□ 개요

- 용존물질 중에서 불소와 석회는 처리가 어려운 물질
- 정수의 선진국이라 자칭하는 유럽에서도 수도물의 석회는 경제성으로 인해 미처리 상태로 공급되고 있으므로 수도물은 한국인들이 유럽 여행시에 주의해야 될 사항중의 하나

- 다만 석회자체의 건강상의 유해성은 없으므로 각국의 수질기준에서는 규제 사항이 없으나 지저분하고 불결하므로 점차 규제하는 국가도 있음
- 불소는 몸에 크게 해로움으로 처리는 필수이며 아프리카 특히 에티오피아에서는 대부분 지역에서 불소가 발생하나 처리가 어렵고 고가이므로 불소처리는 국가적인 과제

□ 불소의 특징

- 불소는 국제명은 플루오린이며 플루오르라고도 불리는 할로젠원소 중에서 가장 가벼운 원소로 원소상태의 플루오린은 이원자 분자인 F₂로 존재하며 독성과 부식성이 큰 황록색 기체로서 원소 중에서 가장 반응성이 크고 가장 강한 산화제이며 자연계에서는 불소화합물 형태로 존재
- 주요 광석은 형석(CaF₂) 빙정석(Na₂ AlF₆)으로 자연계에 널리 분포
- 화강암, 화산암, 충적층지대의 수중에 많이 함유
- 녹차,어패류, 해산물 그리고 온천, 해수 등에 함유
- 자연수중에는 용존 상태로 존재

□ 불소 수질기준: 먹는물 수질기준:1.5mg/L 먹는심물 수질기준:2mg/L

- 폐수배출기준은 15mg/L
- WHO의 먹는물 수질기준 성인의 1일 섭취량을 1.4~6mg/L로 규정

□ 불소 발생원

- 지하수의 불소 오염은 지질에의한 경우가 대부분
- 인산비료제조, 유리제조공장, 도료공장, 반도체 공장

□ 불소가 인체에 미치는 영향

- 불소는 독성이 강하고 면역체계를 손상시키고 백혈구의 활동을 약화시키는 특징을 가지고 있어 고농도의 불소화합물로 인한 초기증상은 구토, 복통, 설사, 경련 등이며 다량 복용할 경우 관절염, 요통, 골다공증 등을 유발
- 먹는 물에 의한 불소의 장기적 섭취에의한 독성은 반상치의 발생과 골격 불소중독증이 있으며, 골격불소중독증은 골격구조에 영향을 주어 심할 경우 보행장애를 일으킨다
- 사람에게 치사량은 불화나트륨 약 5g

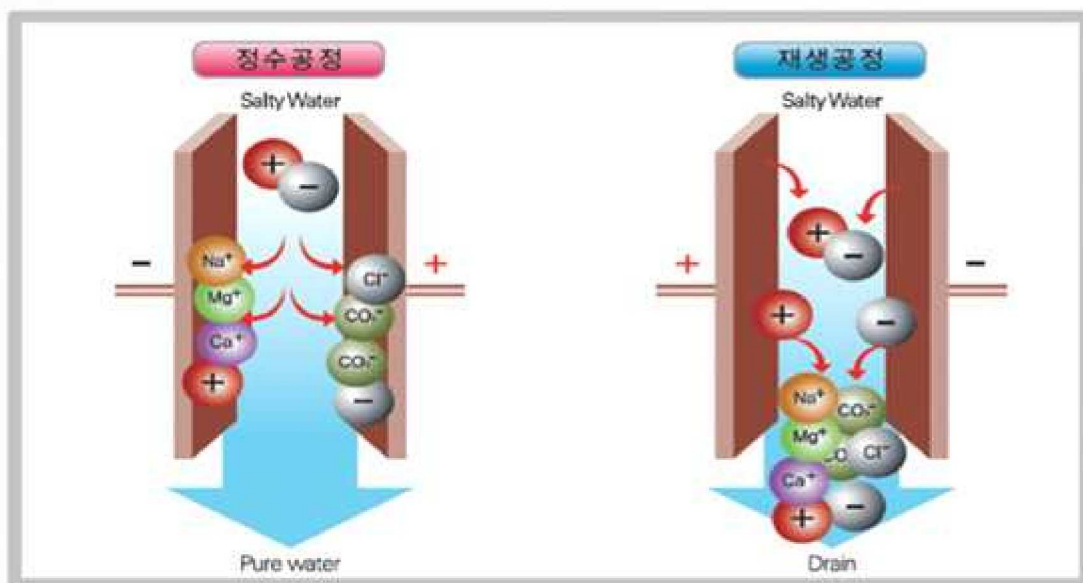
□ 불소제거방안

- 불소는 원소중에서 반응성이 가장 크고 강한 산화제이므로 처리가 어려운 물질
- 불소제거방안은 흡착제거방식 이온교환방식 역삼투방식 및 CDI 방안
- 이온교환에 의한 불소처리

- 이온교환에서 처리가 잘 되지 않으므로 2단으로 처리
- 공사비는 저렴하나 재생시 소금이 많이 필요하고 유지관리가 불편
- 불소 흡착제거방식은 활성탄흡착과 동일한 방식의 불소흡착제가 개발
 - 흡착대상물질의 선택성은 화학구조에 따라 다르지만, 흡착물질의 분자량에 따라 변화 시설이 간단하고 유지관리가 쉬우나 흡착제가 고가로 3ppm미만의 저농도 에서 적용 가능하나 유지관리비가 고가
- RO필터 불소 여과처리
 - RO필터는 세공 크기 1nm로 모든 유기물질 및 용존물질 제거
 - 생활용수 공업용수 뿐만아니라 해수의 담수화 하수처리 및 순수 제조에도 사용하는 안전하고도 확실한 정수처리 방식
 - 회수율 50%미만으로 낮고 고에너지 사용하며
 - 불소나 석회등에 사용시에는 여과막의 폐쇄로인해 사용이 아주 어려워 유지관리비가 고가임 →따라서 불소처리는 CDI 탈염방식이 유일한 경제적인 방법

라. 축전식 탈염장치 (CDI, Capacitive deionization)

- 기술의 원리
 - 물 속의 이온성 물질을 탄소전극 표면에 전기적으로 흡착하여 이온성 용존물질을 제거하는 기술
 - 정수과정에서는 수중의 (+)이온은 (-)전극표면에 부착되고, (-)이온은 (+)전극 표면에 부착 제거되어 순수만 유출
 - 재생과정에서는 전극의 방향이바뀌고 부착된 물질이 쉽게 석출되어 배출
 - 전극판은 다공성의 탄소체를 이용하여 접촉 면적을 최대로 활용



○ 기술의 특성

- 소모성 여재가 없으며 자동으로 역세척
- 질산성질소, 불소, 경도, 황산 염소등 모든 이온성 물질을 제거
- 운전 전기료가 극히 적고
- 퇴수량이 적고 회수량이 높음

⑤ 유입 원수의 수질의 변화에 적응이 쉽다

○ 불소 제거방식의 비교검토

- 불소 제거방법으로는 이온성 용존물질의 제거에 사용되는 이온교환, 역삼투, 전기투석 등의 방법이 있으며 아질산성질소의 제거 방법으로는 산화처리, 완속여과, 생물처리 등이 있다. 최근 심정지하수를 수원으로하는 소규모 마을상수도의 원수 중의 질산성질소 제거를 위해 이온교환법과 RO법이 도입되고 있고, 원수의 질산성 질소 함유 농도 제거량 등에 따라 단순 경우에는 이온교환법 혼합된 경우에는 역삼투(RO필터) 여과법이 적용

구분	축전식(CDI)	이온교환	역삼투(RO필터)
원리	○ 이온성 물질을 탄소전극 표면에 전기적으로 흡착하여 제거하는 기술	○ 음이온 교환수지에 흡착 제거	○ 역삼투막에 의한 용존 물질을 제거
특징	○ 최근의 신공법으로 역세척이 효과적 ○ 적은 압력으로 가동하므로 전기시설이 간단하고 전기료 저렴	○ 신속한 반응속도, ○ 유지관리가 용이	○ 다른 염류도 제거 ○ 유지관리 간단, ○ 적은약품사용
문제점	○ 유지관리비 저렴 ○ 폐수발생이 없음	○ 다량의 소금을 재생제로 사용, ○ 고농도의 폐액발생	○ 높은 압력으로 전기료가 과다 ○ 고가의 처리비용

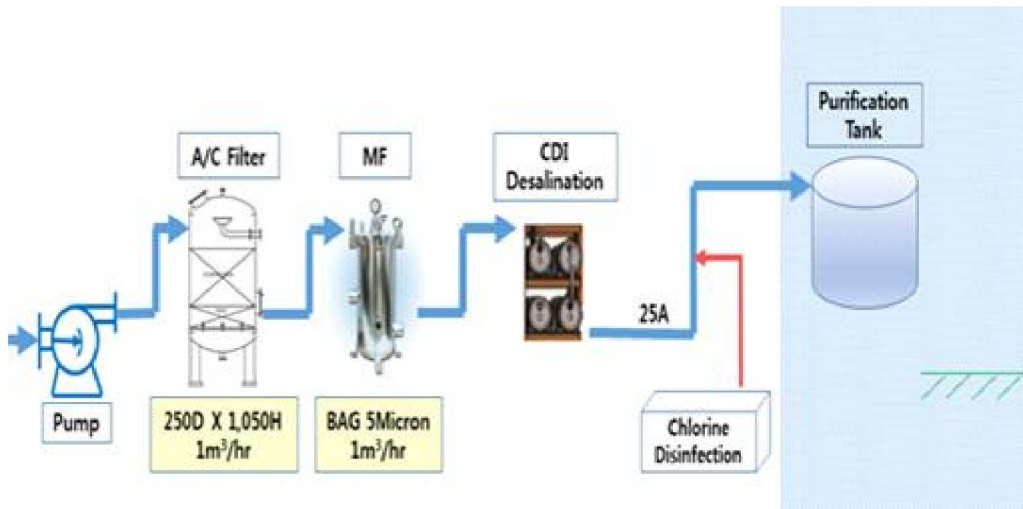
마. 처리 시스템

- 수질에 따른 처리공정: 수질상 처리공정은 수질자료 및 주변지역의 수원에서 일부 나타나는 일반세균, 유기물, 색도, 탁도, 불소 등을 안전하게 처리하고 물맛을 향상시킬 수 있는 활성탄 흡착 및 CDI탈염방식을 적용
 - 음용수의 안전성을 고려하여 Carbon filter, M F filter, CDI탈염 및 소독의 4단계시스템으로 계획

구분	처리방식	용도	설계사양
제1공정	Activated carbon Filter	세균, 색도, 냄새, 맛	형식 : 입형, 원형 용량 : 40 m ³ /day
제2공정	Micro Filter	탁도, 유기물, 미립자	형식 : 각형, E400모듈x16개 용량 : 40 m ³ /day
제3공정	CDI탈염	용존물질 특히 불소	형식 : Bi=polar 수량 : 6개
제4공정	잔류효과가 있는 소독공법	세균등의 소독	염소소독

□ 수리 계통도

○ 원수탱크(기존시설)→A.C Filter→M.F Filter→CDI탈염→소독→정수탱크→급수



2.3.3 시설물 계획

가. 설계용량

- 설계용량: 40m³ /day (2,000인 급수가능) =1.67 m³ /hr
- 공급량 및 필터 시설 용량(CDI 시설의 회수율 85% 고려):
Q=40m³ /day/0.85≒48m³ /day=2m³ /hr로 계획

나. 전처리 시설(AC. Filter) 설계

- 설계기준
LV(선속도)=12~20M/Hr → 18M/Hr 적용
DT(접촉시간)=3~5Min. → 4Min 적용

□ 시설물 설계

여과시설의 단면적: $A=Q/ LV=2/18=0.11m^2$

필터의 직경 $D= (4A/3.14)^{1/2}=(4 \times 0.11/3.14)^{1/2} \approx 380m/m$

여재의 체적 $V=Q \times DT=2 \times (4/60) \approx 0.026m^3$

여재의 깊이 $H=0.026/0.11=18/15=0.3m$ 이상 → $H=500m/m$ 로 계획

시설물 총높이는 여재가 60%이하가 되도록 900m/m로 계획

다. CDI Deionization 탈염공정 설계

□ 기본셀은 B170을 사용하고 원수 TDS 550일 때

B170 셀당 처리량: $Q = 11.6LPM = 8.3m^3 / day$

□ 소요셀수 $N=40 m^3 / day / 8.3m^3 / day = 4.8 \rightarrow 6$ 개로 계획

■ 셀 3개를 직렬로 연결하고

■ 2열로 배치 총 6개의 셀에서

■ 최대 정수처리량 $Q=6 \times 8.3=49.8m^3 / day$ 까지 가능

라. 기타시설

□ 관로시설

○ 관종 : 부식에 안전한 PE관을 원칙으로 하되 게이지 연결부 등은 스테레스관으로 계획

○ 관은 현지에서 구입 가능한 관종으로 계획

○ 관경 : $D=25m/m$ 로 계획

□ 펌프시설: 현지구입 가능한 시설

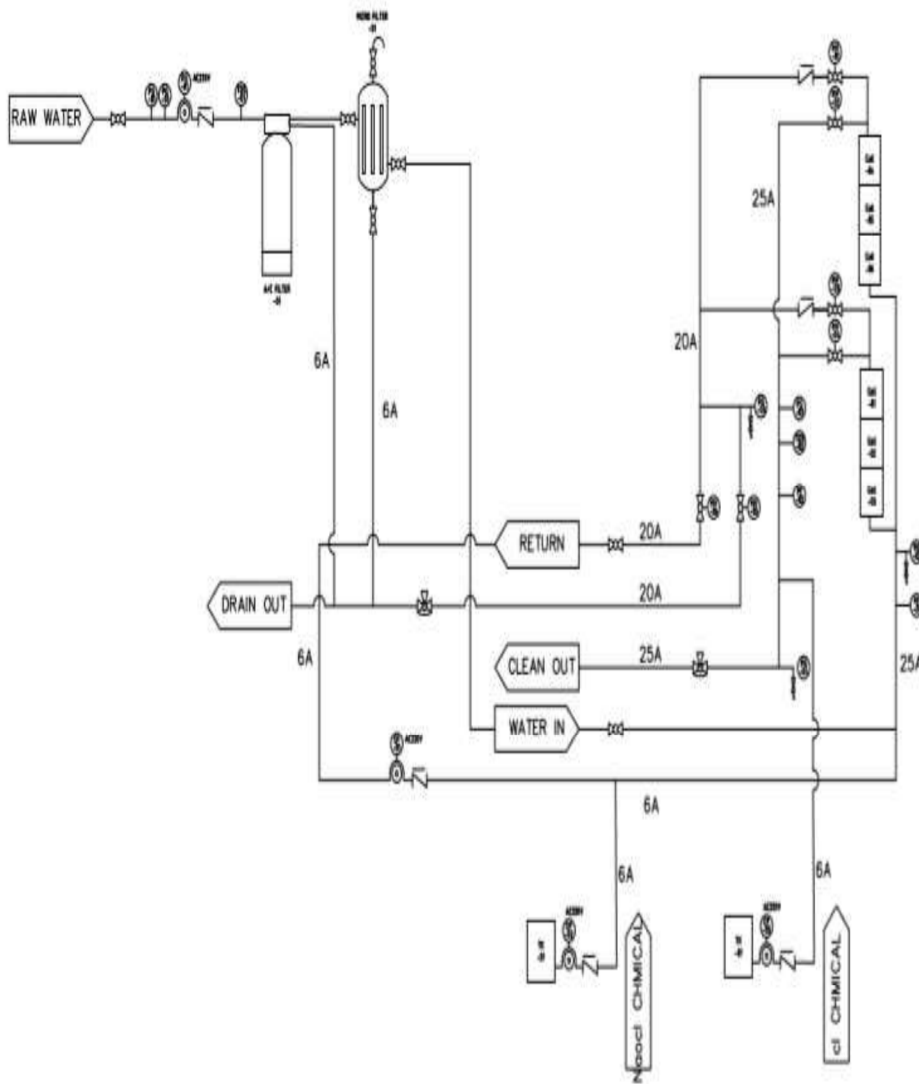
○ 전기시설의 주파수가 50hz임을 감안하여 펌프시설은 50hz 및 60hz가 모두 가능한 제품을 선정

마. 설계도

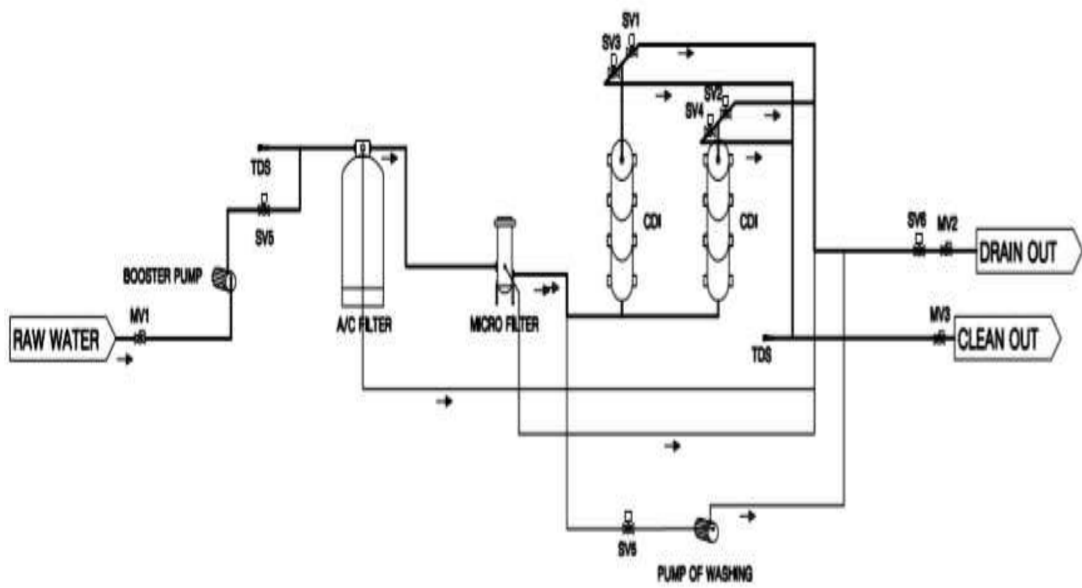
□ 위치



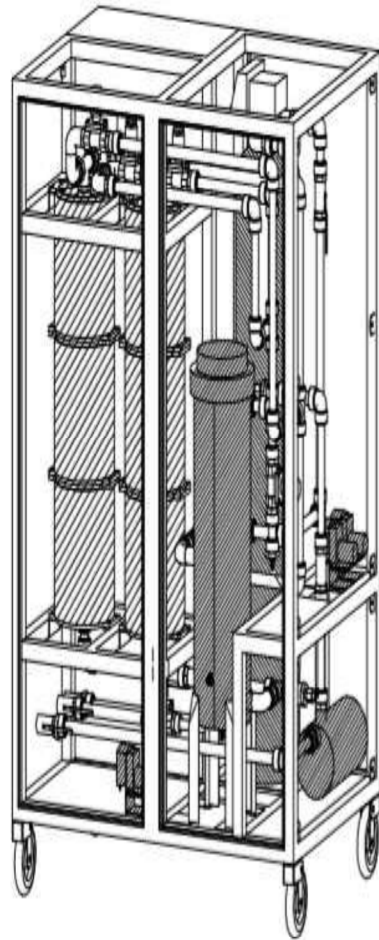
P&ID



Process



Block Layout View



NAME	EA	REMARK
정량 펌프	3	1
가압 펌프	1	1
AC FILTER	1	1
MICRO FILTER	1	1
CELL MODULE	6	260X300 BIPOLAR
여과기	1	수동
솔레노이드 밸브	6	25A
수동 밸브	5	25A

Detail Assembly



RAW to Booster Pump

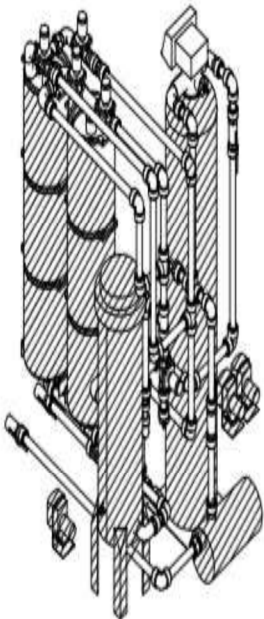


Booster Pump to AC Filter



AC Filter to Micro Filter

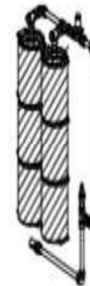
Assembly




Micro Filter to CDI

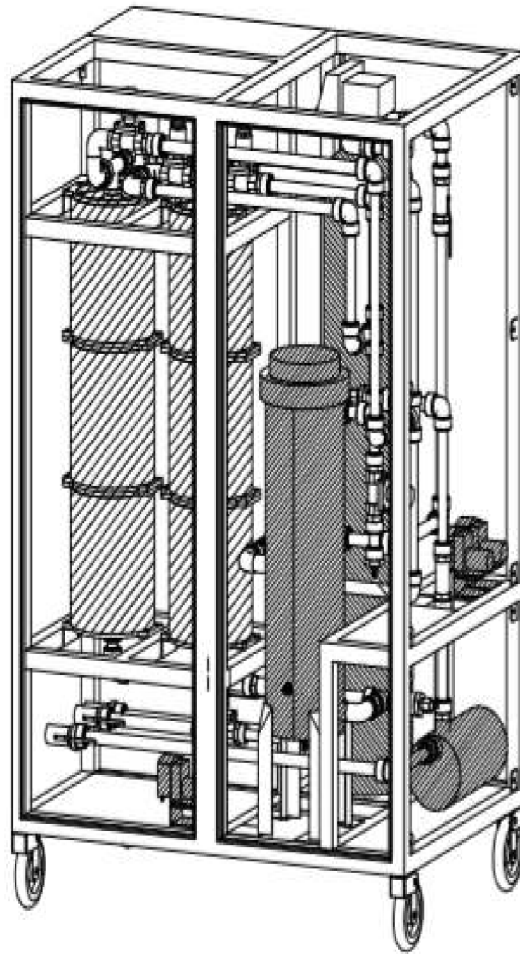


CDI to Drain out

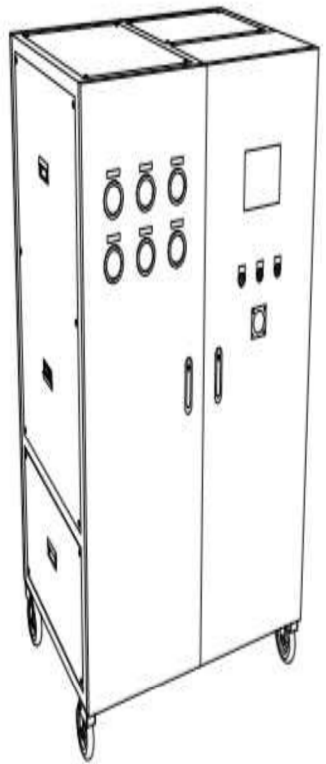


CDI to Clean out

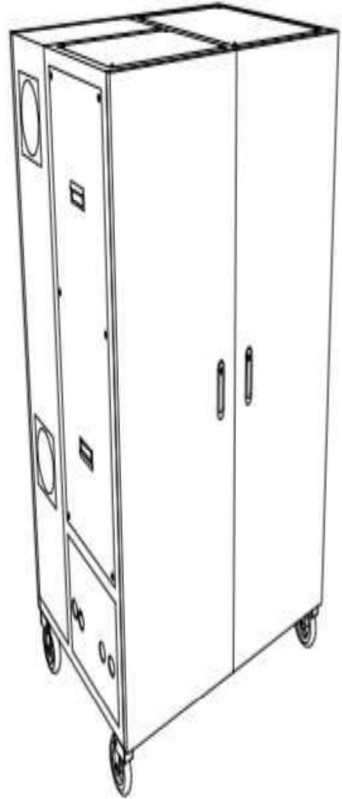
 Block Layout View



Free View

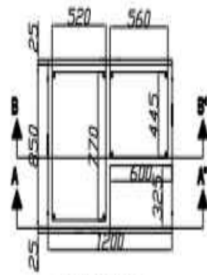


< Free View A >

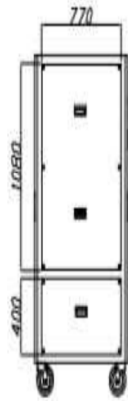


< Free View B >

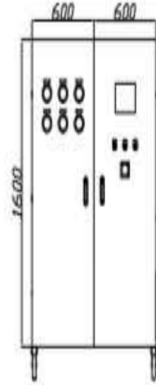
External View



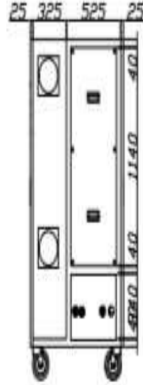
< TOP >



< LEFT >



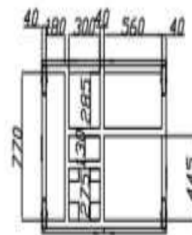
< FRONT >



< RIGHT >

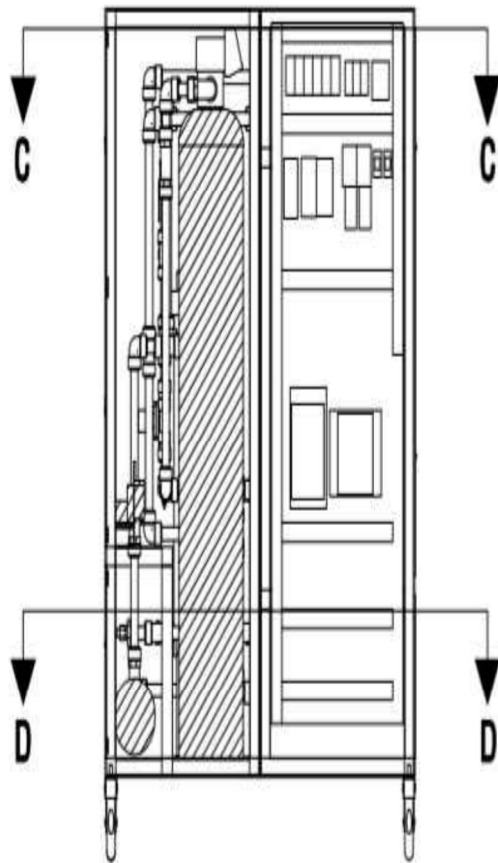


< BACK >



< BOTTOM >

Section A-A''



Section B-B"

