

IWA WWCE 2024

**디지털 물산업
혁신인재 양성사업
해외 네트워크
프로젝트 성과보고서**



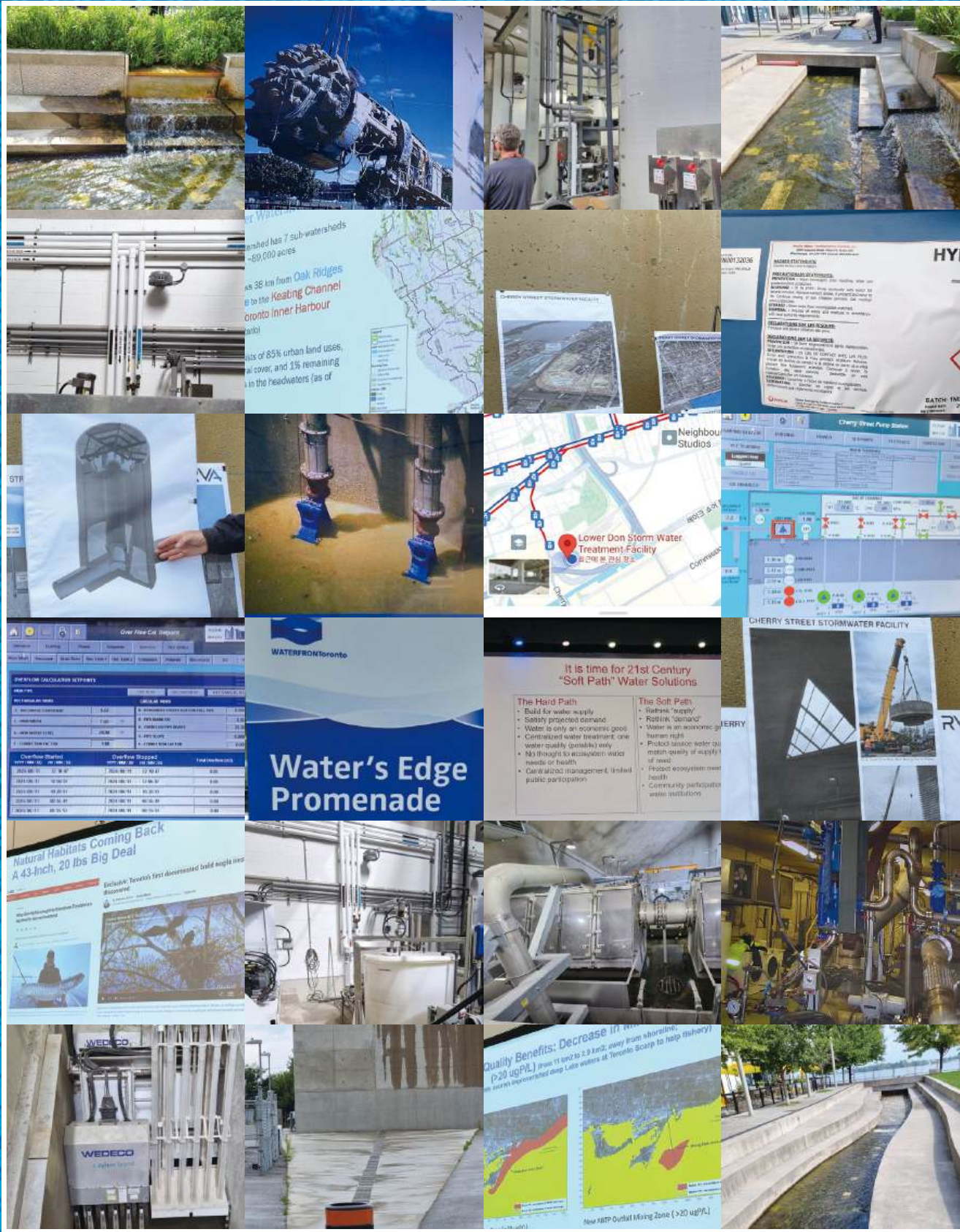
서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL
디지털 물산업 혁신인재사업단

IWA WWCE 2024

**디지털 물산업
혁신인재 양성사업
해외 네트워크
프로젝트 성과보고서**



서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL
디지털 물산업 혁신인재사업단



디지털 물산업 혁신인재 양성사업 해외 네트워크 프로젝트 성과보고서



Content^{목차}

- 학회 참관 인원 소개 _ 006
- 각 조 별 세션 참관 일정 _ 008
- 참관 세션 주요 내용 _ 010
- 글로벌 물 기업 인터뷰 _ 312
- 부록 _ 380

IWA WWCE 2024

디지털 물산업 혁신인재 양성사업 해외 네트워크 프로젝트 성과보고서

학회 참관 인원 소개

1조 _ 김현태

2조 _ 박세은, 최민주

3조 _ 백유민, 박주형

4조 _ 이민재, 유수진

5조 _ 박소현, 박호은

6조 _ 백유경, 오하은

7조 _ 이해든, 양수현

8조 _ 이유빈, 구태은

인솔자

구자용 교수, 최용준 교수



각 조 별 세션 참관 일정

각 조 별 세션 참관 일정

행사 일정	시간 구분	1조	2조	3조
Session 1	10:30 ~ 12:00	TS 1.2 - Real World Digital Twin Applications, Zheng Yi Wu, Room 707	TS 1.2 - Real World Digital Twin Applications, Zheng Yi Wu, Room 707	TS 1.16 Utility Responses and Adaptation to Climate Change Impacts, Peter Dane, Room 705
lunch	12:00 ~ 13:30	lunch		
Session 2	13:30 ~ 15:00	TS 1.1 - How to go Digital as a Water Utility, Dragan Savic, Room 707	TS 1.20 - Sewer Overflow Management, David Nagy and Pourmoayed, Room 709	TS 4.8 Water Sensitive Urban Design, Florian Kretschmer, Room 717A
break	15:00 ~ 15:30	break		
Session 3	15:30 ~ 17:00	TS 4.4 Advances in Rainfall and Stormwater Management, Bu Lam, Room 717A	TS 2.32 - Pharmaceuticals In Wastewater Vanessa Maybruck, Room 716B	TS 4.4 Advances in Rainfall and Stormwater Management, Bu Lam, Room 717A
날짜		8월 14일 (Wed)		
Session 1	10:30 ~ 12:00	TS 1.3 Digital leak detection, Adesola Adedugbe, Room 803B	Noventa, Huber Interview & TS 6.8 Water Resources Management Towards Sustainable Development Goals(SDG): Water Saving, Reuse and Alternative Sources, Ganbaata Khurelbaatar, Room 701A	TS 6.8 Water Resources Management Towards Sustainable Development Goals(SDG): Water Saving, Reuse and Alternative Sources, Jenny Astrom, Room 701A
lunch	12:00 ~ 13:30	lunch		
Session 2	13:30 ~ 15:00	Comcore Interview 후 Exhibition	TS 3.13 - Disinfection By-products Marjolein Vanoppen, Room 713	Interview 후 Exhibition
break	15:00 ~ 15:30	break		
Session 3	15:30 ~ 17:00	TS 1.4 - Digital Maintenance Approaches, Francisco Javier Fernandez, Room 705	TS 2.39 - Large WWTP Operation, Kevin Waher, Room 715B	Interview 후 Exhibition
날짜		8월 15일 (Thu)		
Session 1	10:30 ~ 12:00	TS 1.5 How to go Digital as a Water Utility - Session 2, Rosemary Campbell, Room 703	TS 2.15 - Energy Efficiency and Recovery, Francisca Sousa Braga, Room 718B	TS 6.6 - Integrated Water Resources Management and Climate Change, Kay Moeller, Room 715B
lunch	12:00 ~ 13:30	lunch		
closing ceremony	15:15 ~ 16:45	Closing Ceremony		
break	15:00 ~ 15:30	break		
gala dinner	15:30 ~ 17:00	Gala Dinner		

4조	5조	6조	7조	8조
TS 2.11 - Membrane Reactors, Bing Tang, Room 715A	Presentation. Enhancing Water Utility Data Management with Temetra (BF Room2)	TS 2.11 Membrane Reactors	TS 1.2 - Real World Digital Twin Applications, Zheng Yi Wu, Room 707	TS 1.2 - Real World Digital Twin Applications, Zheng Yi Wu, Room 707

lunch

TS 1.1 - How to go Digital as Awater Utility, Dragan Savic, Room 707	TS 1.1 - How to go Digital as Awater Utility, Dragan Savic, Room 707	TS 2.14 Water Reclamation Fornon - Potable Reuse, Melissa Meeker, Room 715A	TS 1.1 - How to go Digital as Awater Utility, Dragan Savic, Room 707	TS 1.20 - Sewer Overflow Management, Jo Burgess, Room 709
---	--	--	--	--

break

inCTRL Interview 후 Exhibition & TS 6.10 - Circular Economy Initiatives and Approaches Ka Leung Lam, Room 714	TS 3.15 Water Quality Standards, Regulations and Economics, Markus Starkl, Room 713	TS 2.13 Water Reclamation for non Potable Reuse (Technology), Katsuki Kimura, Room 715A	TS 3.15 Water Quality Standards, Regulations and Economics, Markus Starkl, Room 713	TS 4.4 Advances in Rainfall and Stormwater Management, Bu Lam, Room 717A
---	--	---	---	--

8월 14일 (Wed)

TS 1.3 Digital Leak Detection, Adesola Adedugbe, Room 803B	Mantech 기업인터뷰	Grundfos 비즈니스 포럼 & Interview	Interview 후 Exhibition & Business Forums: Government of Ontario (11:15 ~ 12:00)	TS 1.19 Experience of Pipeline Asset Management, Joe Dalton, Room 703 및 Grundfos 비즈니스 포럼
--	---------------	---------------------------------------	--	--

lunch

Sewerin Interview & TS 2.19 - Membrane Applications in Wastewater Management - Session 1 Glen Daigger, Room 803B	TS 1.7 Lessons From Utility Operations, Norbert Jardin, Room 707	TS 2.19 Membrane Applications in Wastewater Management -Session1, Glen Daigger, Room 803B	TS 2.18 - Microbial electrochemistry & microalgae, Juan Antonio Baeza, Room 715B	Grundfos, Adsinterview 후 Exhibition
---	--	--	---	---

break

TS 1.4 - Digital Maintenance Approaches, Francisco Javier Fernandez, Room705	TS 1.4 - Digital Maintenance Approaches, Francisco Javier Fernandez, Room705	TS 2.20 Membrane Applications in Wastewater Management -Session2, Martha Dagnew, Room 803B	TS 1.4 - Digital maintenance approaches, Francisco Javier Fernandez, Room705	TS 4.5 - Challenges in Sewerageand Sewer Management, Annalaura Carducci, Room 717A
---	---	--	---	--

8월 15일 (Thu)

TS 1.5 How to go Digital as a Water Utility - Session 2, Rosemary Campbell, Room 703	TS 1.5 How to go Digital as a Water Utility - Session 2, Rosemary Campbell, Room 703	TS 2.15 - Energy Efficiency and Recovery, Julian Sandino, Room 718B	TS 6.6 - Integrated Water Resources Management and Climate Change, Kay Moeller, Room 715B	도쿄 하수도청 Interview 후 Exhibition & TS 1.5 How to go Digital as a Water Utility - Session 2, Rosemary Campbell, Room 703
--	--	---	--	--

lunch

Closing Ceremony

break

Gala Dinner

각 조 별 세션 참관 일정

행사 일정	시간 구분	8월 12일 (월)	8월 13일 (화)	8월 14일 (수)	8월 15일 (목)
Session 1	10:30 ~ 12:00	Technical Tour	1. TS 1.2 Real World Digital Twin Applications (1, 2, 7, 8조) 2. TS 1.16 Utility Responses and Adaptation to Climate Change Impacts (3조) 3. TS 2.11 Membrane Reactors (6조)	1. TS 1.3 Digital Leak Detection (1, 4조) 2. TS 6.8 Water Resources Management Towards Sustainable Development Goals(SDG): Water Saving, Reuse and Alternative Sources (2, 3조) 3. TS 1.19 Experience of Pipeline Asset Management (8조)	1. TS 1.5 How to Go Digital as a Water Utility – Session2 (1, 4, 5, 8조) 2. TS 2.15 Energy Efficiency and Recovery (2, 6조) 3. TS 6.6 Integrated Water Resources Management and Climate Change (3, 7조)
Lunch	12:00 ~ 13:30		Lunch		
Session 2	13:30 ~ 15:00		1. TS 1.1 How to go Digital as a Water Utility (1, 4, 5, 7조) 2. TS 1.20 Sewer Overflow Management (2, 8조) 3. TS 4.8 Water Sensitive Urban Design (3조) 4. TS 2.14 Water Reclamation for non-potable reuse (6조)	1. TS 3.13 Disinfection By-products (2조) 2. TS 2.19 Membrane Applications in Wastewater Management - Session1 (4, 6조) 3. TS 1.7 Lessons from Utility Operations (5조) 4. TS 2.18 Microbial Electrochemistry & Microalgae (7조)	closing ceremony
Break	15:00 ~ 15:30		Break		
Session 3	15:30 ~ 17:00		1. TS 4.4 Advances in Rainfall and Stormwater Management (1, 3, 8조) 2. TS 2.32 Pharmaceuticals in Wastewater (2조) 3. TS 6.10 Circular Economy Initiatives and Approaches (4조) 4. TS 3.15 Water Quality Standards, Regulations and Economy (5, 7조) 5. TS 2.13 Water Reclamation for non-potable reuse (6조)	1. TS 1.4 Digital Maintenance Approaches (1, 4, 5, 7조) 2. TS 2.39 Large WWTP Operation (2조) 3. TS 2.20 Membrane Applications in Wastewater Management – Session2 (6조) 4. TS 4.5 Challenges in Sewerage and Sewer Management (8조)	Gala Dinner

IWA WWCE 2024



참관 세션 주요 내용

REAL WORLD DIGITAL TWIN APPLICATIONS

Flexible Digital Twin Platform Supporting Water Utility Digital Transformation - Zhangjiagang As Case Study, Michael Yu, Canada

요약 : 이 발표에서는 장자강 시를 사례로 한 유연한 디지털 트윈 플랫폼을 활용한 물 공급 시스템의 디지털 전환에 대한 내용을 다루고 있다. 장자강 시는 상하이 북동쪽에 위치하며, 인구 약 140만 명과 6,300km의 배수 네트워크를 가지고 있다. 이 도시는 새로운 수처리 시설의 확장과 기존 시설의 사용 축소를 통해 점진적인 개선을 계획하고 있다.

2018년에는 GIS 시스템 구축을 통해 데이터 수집을 완료했고, 2022년에는 하천 모델과 디지털 트윈 시스템을 구축하여 일상 운영, 긴급 대응, 계획 수립에 활용하고 있다. 이 시스템은 일상적인 운영의 효율성을 높이고 응급 대응 능력을 향상시키는 데 중점을 두고 있으며, 향후 리스크 평가와 실시간 운영 가이드를 추가할 계획이다.

이 프로젝트에서 사용된 디지털 트윈 시스템은 대규모 네트워크를 원활하게 관리할 수 있도록 설계되었으며, 다양한 시나리오 관리 기능을 제공하여 운영 및 계획 작업을 지원하고 있다. 또한, 시스템은 점진적으로 기능을 추가할 수 있는 유연한 구조를 가지고 있으며, 사용자 맞춤형 대시보드를 통해 주요 데이터를 모니터링할 수 있다.

결론적으로, 장자강 시는 디지털 트윈 시스템을 활용하여 일상 운영의 효율성을 높이고 있으며, 향후 리스크 관리와 전문가 지식을 통합한 시스템으로 발전시킬 계획이다.



발표 제목과 강연자 정보

제목 : 물 유틸리티의 디지털 혁신을 지원하는 유연한 디지털 트윈 플랫폼 - 장자강(Zhangjiagang) 사례 연구

강연자 : Michael Yu

장자강 물 분배 시스템

상하이 북쪽, 양쯔강을 따라 이어짐

ZHANGJIAGANG WATER DISTRIBUTION SYSTEM

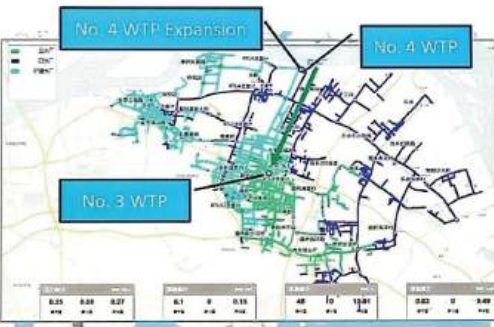




- Northeast of Shanghai, along the Yangtze River
- Service area: 777 km² (300 sq mi)
- Population: 1.43 million
- Users: 650,000
- Network: 6,300 km (3,915 mile)
- Three water treatment plants
 - No. 3 WTP: 200 MLD (53 MGD)
 - No. 4 WTP: 400 MLD (106 MGD, 2014)
 - No. 4 WTP Expansion: 200 MLD (53 MGD, 2021)
- Water Source: The Yangtze River
- The plan is to gradually decrease the supply from No. 3 WTP and increase from No. 4 WTP and No. 4 WTP expansion.

CS CamScanner로 스캔하기

ZHANGJIAGANG WATER DISTRIBUTION SYSTEM





- Northeast of Shanghai, along the Yangtze River
- Service area: 777 km² (300 sq mi)
- Population: 1.43 million
- Users: 650,000
- Network: 6,300 km (3,915 mile)
- Three water treatment plants
 - No. 3 WTP: 200 MLD (53 MGD)
 - No. 4 WTP: 400 MLD (106 MGD, 2014)
 - No. 4 WTP Expansion: 200 MLD (53 MGD, 2021)
- Water Source: The Yangtze River
- The plan is to gradually decrease the supply from No. 3 WTP and increase from No. 4 WTP and No. 4 WTP expansion.

CS CamScanner로 스캔하기

서비스 면적 : 777 km²

인구 : 1,430,000명

사용자수 : 650,000명

네트워크 : 6,300 km

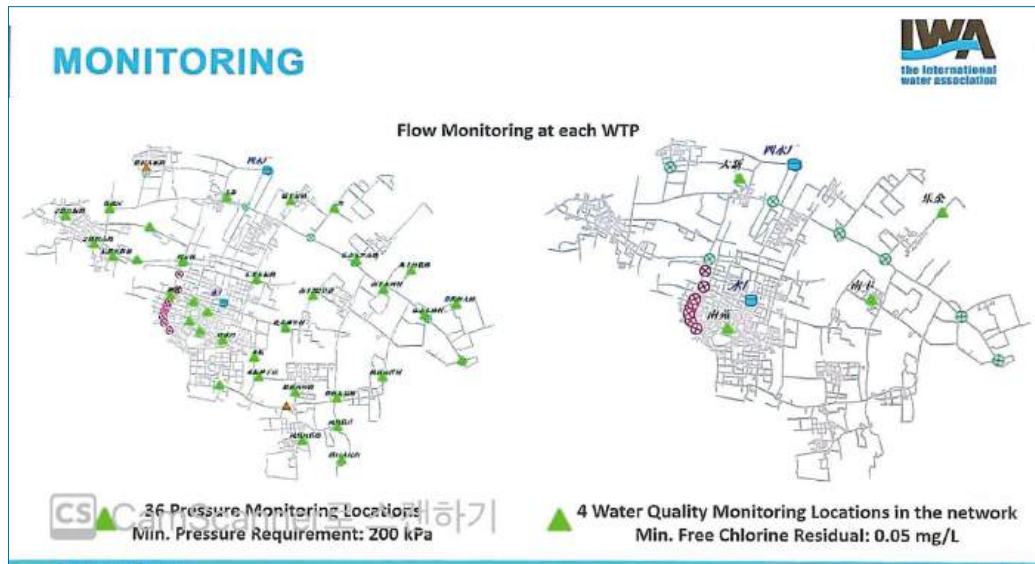
3개의 수처리 시설 : No. 3 WTP, No. 4 WTP, No. 4 WTP Expansion (WTP = watertreatment plant)

물 원천 : 양쯔강

이 계획은 No. 3 WTP으로부터의 공급을 점차 줄이고 No. 4 WTP와 No. 4 WTP expansion으로부터 증가시키는 것이다.

모니터링

각각의 수처리장에서의 유량 모니터링



좌 : 36개의 압력 모니터링 지점, 최소 압력 요구사항: 200 kPa

우 : 4개의 수질 모니터링 지점, 최소 유리 염소 잔류: 0.05 mg/L



디지털 여정

2018 : 대규모 설문조사, GIS 시스템

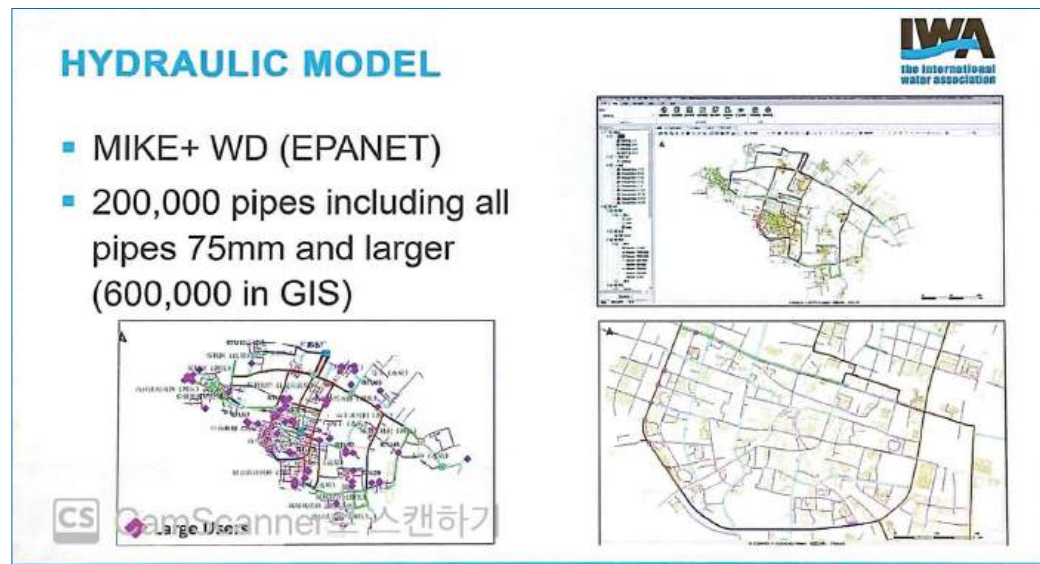
2022 : 유압 모델, 일별 운영을 위한 웹 시스템과 비상상황 대응과 계획, 모니터링 데이터와의 통합 그리고 수요와 압력 예측

2026 : 리스크 평가와 경보, 실시간 운영 추천, 전문 지식을 쌓고 운영 전략 및 기획 설계를 평가

유압 모델

MIKE+ WD (EPANET)

MIKE+ Water Distribution은 물 분배 시스템을 모델링하고 분석하기 위해 설계되었다. 다양한 시나리오를 시뮬레이션하고 잠재적인 문제를 식별하며 효율적인 물 공급 관리를 위한 개선 사항을 제안함으로써 사용자가 물망 관리 및 운영을 최적화하는 데 도움을 준다.



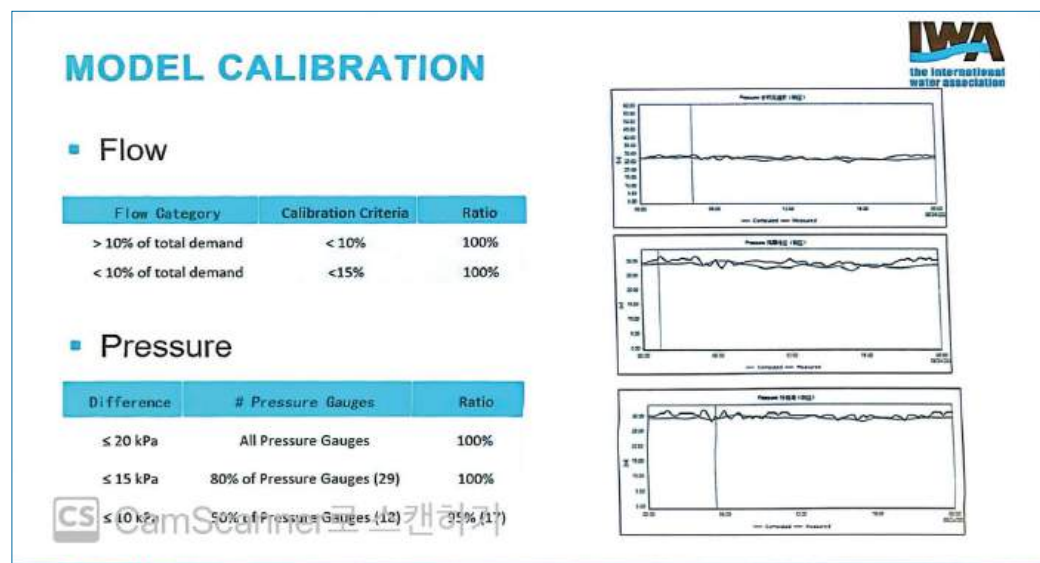
75mm 이상의 모든 파이프를 포함한 200,000개의 파이프 (GIS에서는 600,000)

모델 교정

유량 : 전체 수요 유량의 10%보다 큼 - 10%이하 교정 기준

전체 수요 유량의 10%보다 작음 - 15%이하 교정 기준

압력 : 20 kPa에서 10 kPa로 압력이 낮아질수록 압력계 개수 비율도 낮아짐



DIGITAL TWIN PLATFORM CONSIDERATIONS

- Map viewer optimized for smooth navigation of 200,000 pipes with essential system info and model results
- Model scenario manager with customized UI for critical tasks
- Integrate with SCADA and other systems
- Flexible architecture allowing for easier scaling up and deployment
- Compatible with other model platforms





디지털 트윈 플랫폼 고려 사항

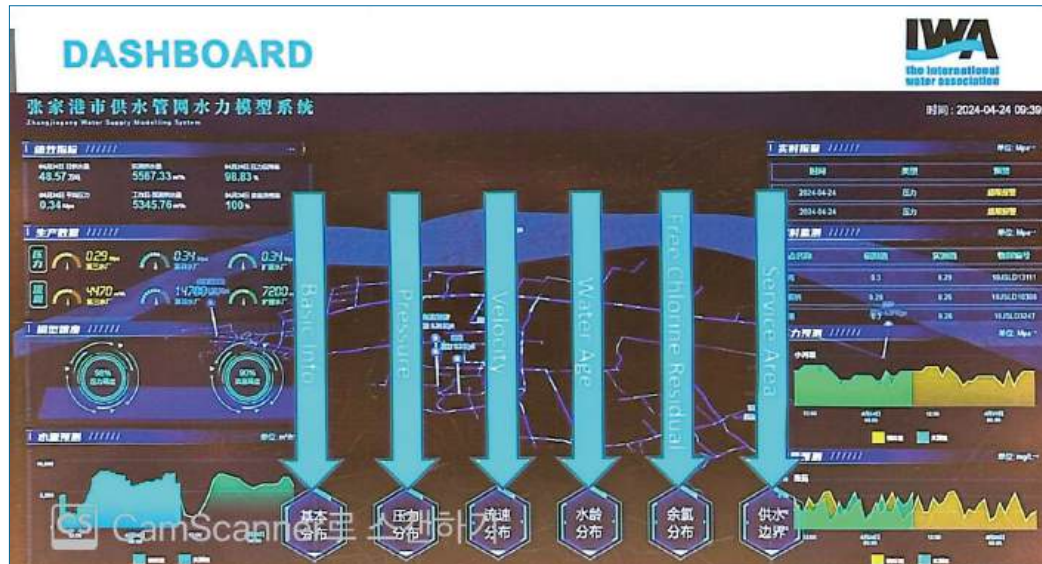
- 필수 시스템 정보 및 모델 결과를 포함하여 200,000개 파이프의 원활한 탐색에 최적화된 맵 뷰어
 - 중요 작업을 위한 맞춤형 UI를 갖춘 모델 시나리오 관리자
 - SCADA 및 기타 시스템과 통합
 - 보다 쉬운 확장 및 배포를 가능하게 하는 유연한 아키텍처
 - 다른 모델 플랫폼과 호환 가능
- * SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) : 감독 제어 및 데이터 수집을 의미. 소프트웨어와 하드웨어를 결합하여 산업 조 직과 공장이 프로세스와 장비를 제어할 수 있도록 하는 시스템



계기반

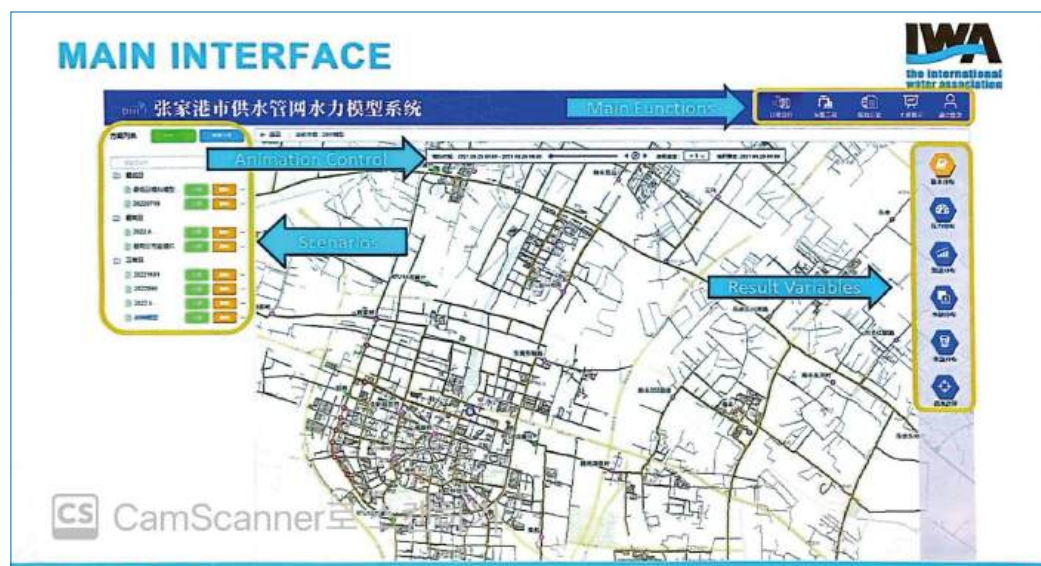
- KPIs : Key Performance Indicator, 핵심성과지표

- 수처리시설 압력과 유량
- 모델 정확성
- 수요 예측



계기반

- 기본 정보
- 압력
- 속도
- Water Age : 물이 사용되기 전에 분배 시스템에서 소비되는 시간
- 유리 잔류염소
- 서비스 구역



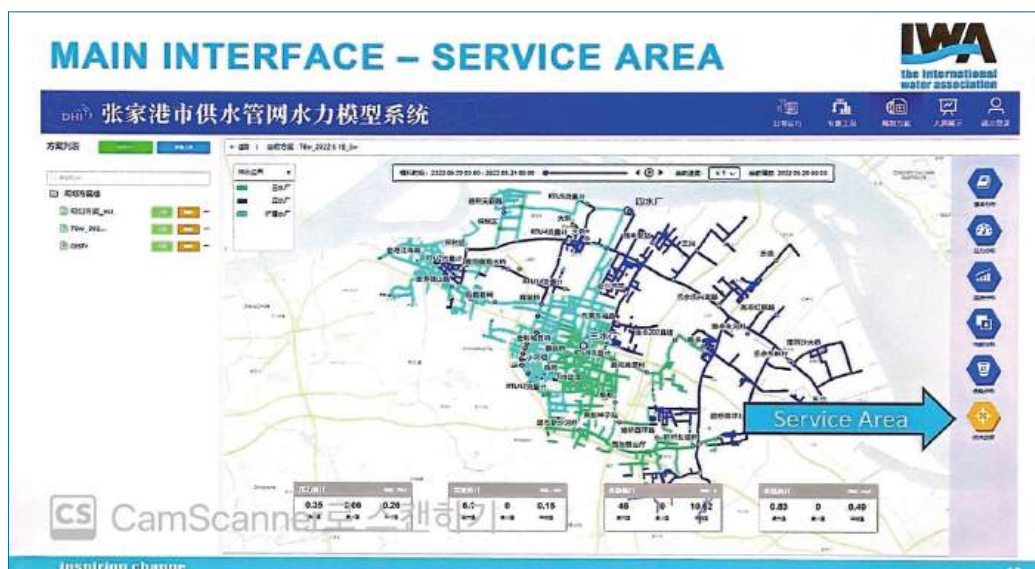
메인 인터페이스

- 주요 기능
- 애니메이션 조절
- 시나리오들
- 결과 변수들



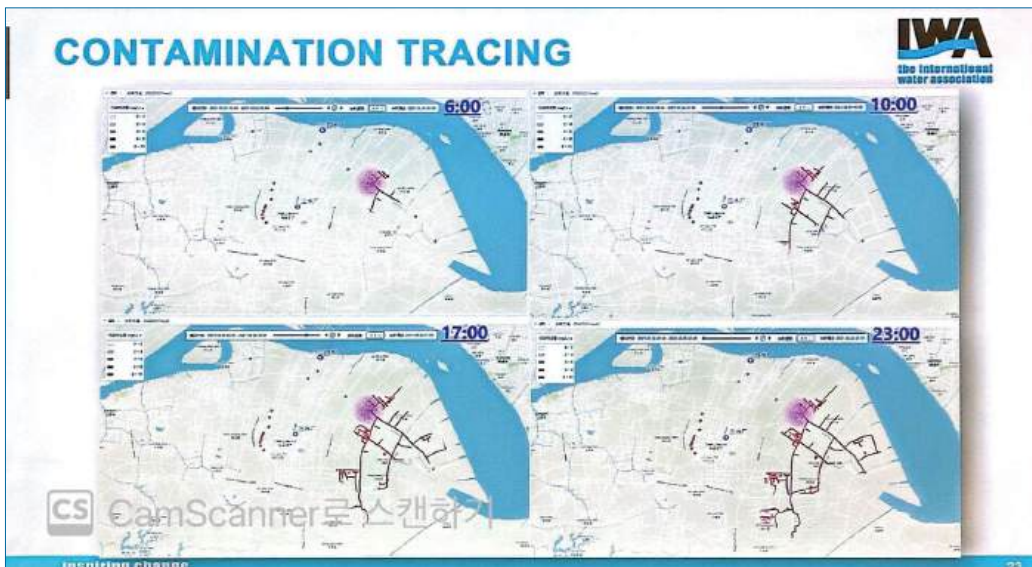
메인 인터페이스 - 압력

- 압력
- 기본 통계



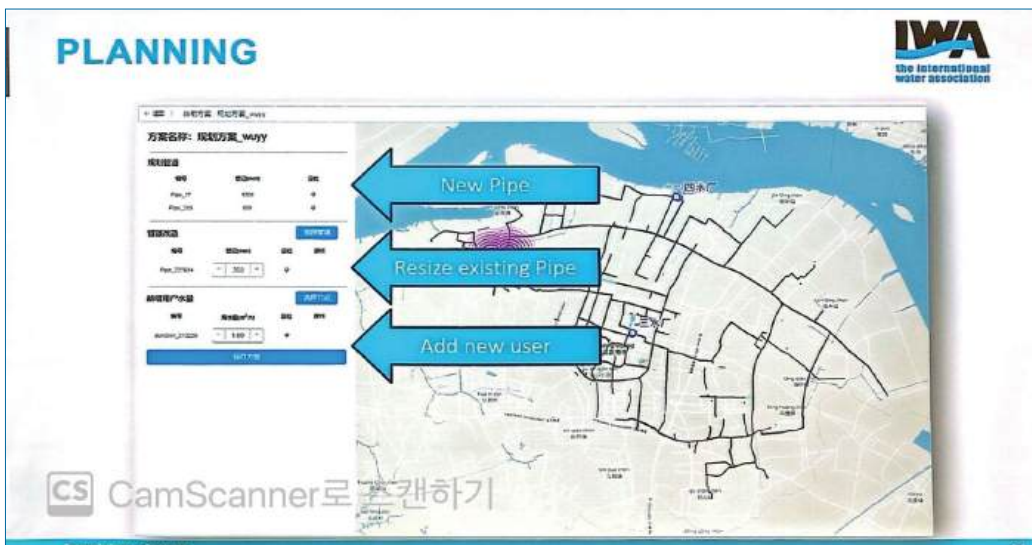
메인 인터페이스 - 서비스 구역

- 서비스 구역



오염 추적

- 시간에 따라 오염 경로 추적 가능



계획

- 새로운 파이프
- 기존 파이프 크기 조정
- 새로운 사용자 추가

PROJECT OUTCOME



1. Optimal Operation

Since the completion of the system, the City has achieved 5% reduction in power consumption at pumps by adopting optimal operation strategy.

2. Efficient O&M

The system helps improve emergency response efficiency and human resources utilization. The City has achieved 1000-hour reduction in labor cost.

CS CamScanner로 스캔하기

프로젝트 성과

1. 최적의 운전

- 시스템 완성 이후 시는 최적 운전전략을 채택하여 펌프 전력사용량 5% 절감을 달성함

2. 효율적인 O&M (Operation & Maintenance, 유지 보수 관리)

- 이 시스템은 비상 대응 효율성과 인적 자원 활용도를 향상시키는 데 도움이 됨. 시는 인건비 1000시간 절감을 달성함

THANK YOU



- Yan Wang, DHI China, wya@dhigroup.com
- Michael Yu, Ph.D., DHI Canada, zhyu@dhigroup.com

CS CamScanner로 스캔하기

발표 종료 및 추가 문의 안내

Yan Wang, DHI China, wya@dhigroup.com/Michael Yu, Ph.D., DHI Canada, zhyu@dhigroup.com

TS 1.2 | 2조

Evergreen Digital Twin for As Paradigm Shift Smart Water Grid Operation Management

Presenter : Zheng Yi Wu

소속

- 벤틀리 시스템의 벤틀리 Fellow

세부 전공

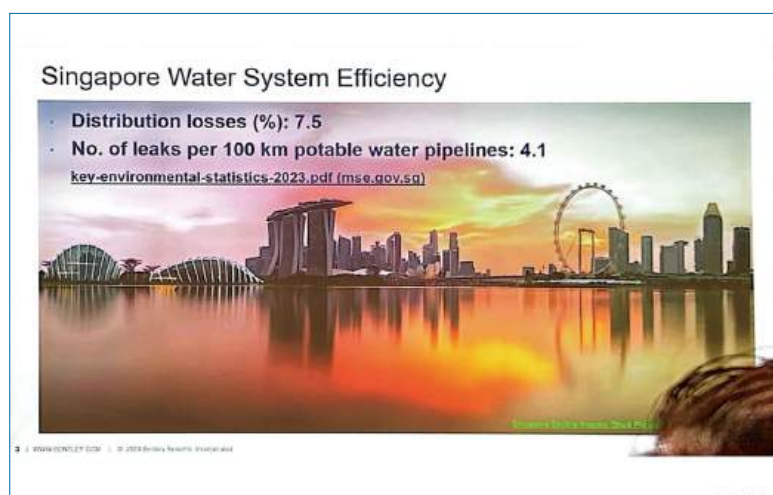
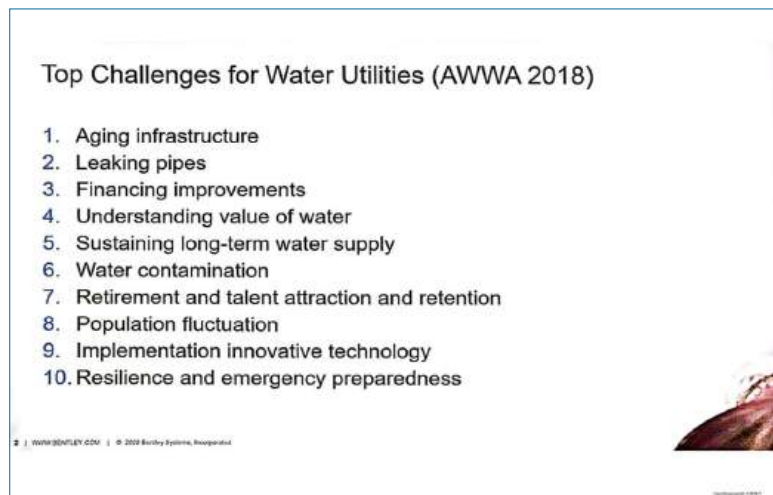
- 토목 및 구조 공학 학사 및 석사
- 수력 정보학 석사
- 토목 및 환경 공학 박사
- 전문 분야 : 응용 AI 및 물 분배 시스템

경력

- 소프트웨어 개발 및 응용 연구 분야에서 25년 이상의 경험
- 180개 이상의 기술 논문 저자

이 프로젝트에서 너무 많은 변화를 다룰 수는 없지만, 가장 중요한 세 가지 변화를 살펴보겠습니다. 첫 번째 변화는 노후화된 인프라입니다. 북미와 유럽에서는 이것이 전형적인 문제이며, 가장 큰 도전 과제입니다. 두 번째 문제는 노후화된 인프라로 인해 발생하는 물 손실입니다. 누수되는 파이프 때문에 엄청난 양의 물, 처리된 물을 지하에서 잃어버리고 있습니다. 이는 엄청난 돈의 낭비입니다. 세 번째 문제는 자금 부족입니다. 우리는 노후화된 인프라를 업그레이드할 예산이 부족합니다.

싱가포르에서는 이러한 문제를 어떻게 해결하고 있는지 살펴보겠습니다. 싱가포르 PUB의 CEO인 Mr. Ohn의 발표에서, 싱가포르는 새로운 기술을 적용하여 매년 물 손실을 줄여왔으며, 100킬로미터의 수도관당 발생하는 누수 및 막 문제를 줄였음을 보여주었습니다.



Singapore Smart Water Grid (SWG)

SWG initiative

- ~450 sensor stations for monitoring

SWG challenges

- Interoperability
- SWG modeling and analytics
- Job redesign for staff
- Public communication
- New SWG technology



SWG monitoring stations

- Pressure, acoustics
- pH, ORP, conductivity, temperature and turbidity

© IWA WWCE 2024 | © 2023 Bentley Systems, Incorporated

Bentley

싱가포르가 이러한 성과를 거둔 이유는 Smart Water Grid 이니셔티브 덕분입니다. 싱가포르를 10년 이상 전에 시작하여 450개 이상의 모니터링 스테이션을 영구적으로 설치하고, 각 스테이션에서 압력 데이터, 음향 데이터, 여러 가지 수질 데이터를 수집하고 있습니다. 이 모든 데이터를 통해 그들은 스마트 워터 그리드를 달성하고자 합니다. 그러나 그들도 많은 도전에 직면해 있습니다.

Project: Smart Water Grid Anomaly Detection and Localization

PUB and Bentley Systems collaboration

- Funded by Singapore National Research Foundation (PUB-1804-0087)

Objectives

- Detect and localize anomaly events in near real-time.
- Pinpoint events in the field to improve operation efficiency.

High fidelity evergreen Digital Twin approach

- Data-driven analytics: statistics, AI/ML-based predictive models
- Physics-based model: hydraulic network model calibration and simulation

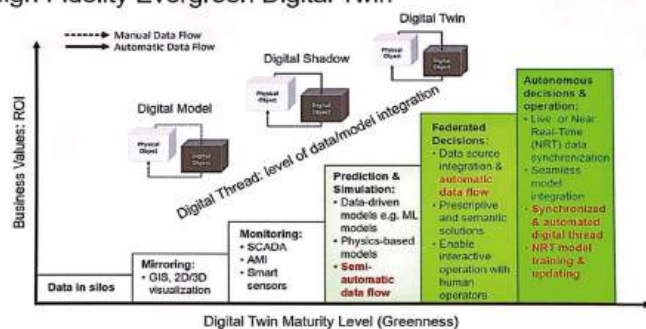


© IWA WWCE 2024 | © 2023 Bentley Systems, Incorporated

Bentley

이들 중 하나가 우리가 협력하여 해결하고자 하는 스마트 워터 그리드 모델링 및 데이터 분석입니다. 우리는 소프트웨어 플랫폼을 제공하며, 이 분야에서 수십 년 동안 활동해 왔습니다. 이 문제를 해결하기 위해 우리는 2020년 3월에 싱가포르 국가연구재단으로부터 자금을 지원받아 프로젝트를 시작했습니다. 이 프로젝트의 목적은 DLA 분석을 하이토닉 모델과 통합하여 근실시간으로 국지적 경보 이벤트를 탐지하는 것입니다.

High Fidelity Evergreen Digital Twin



© IWA WWCE 2024 | © 2023 Bentley Systems, Incorporated

Bentley

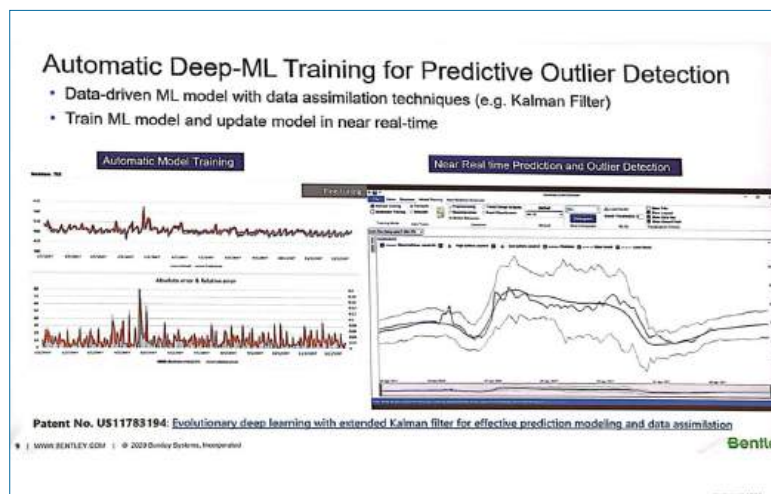
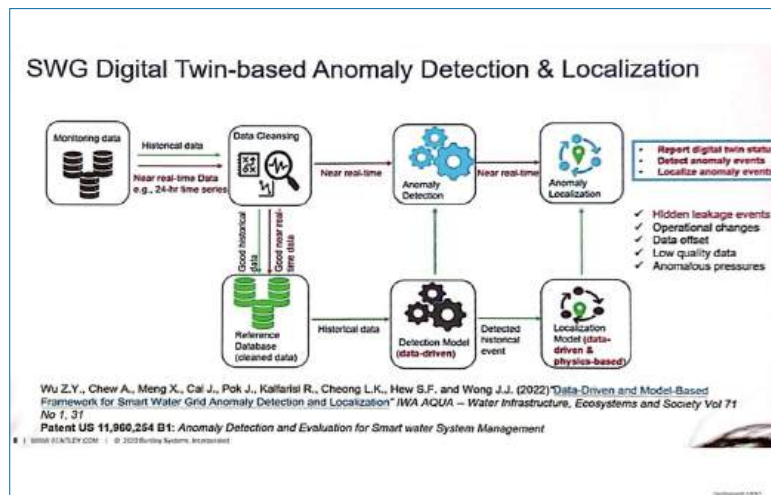
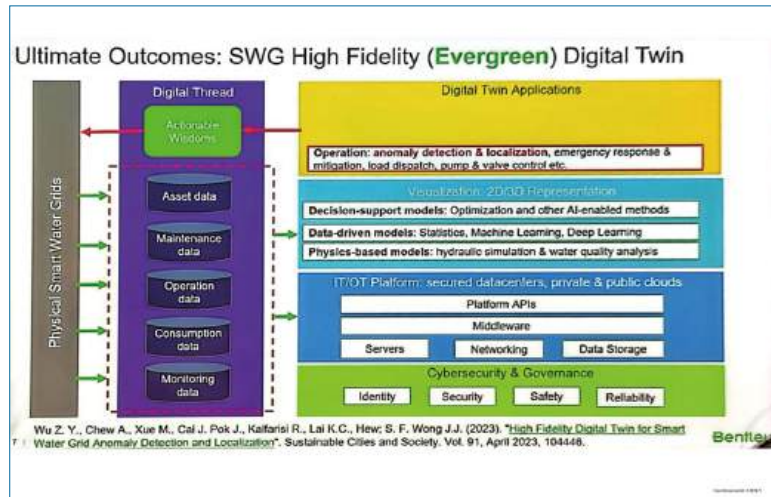
이러한 문제를 해결하기 위해 우리는 Evergreen Digital Twin이라는 접근 방식을 채택합니다. 이는 데이터 기반 예측 분석을 포함하며, 다양한 기술을 활용합니다. 통계, 머신 러닝, 데이터 통합 등 다양한 방법을 시도해 이 문제를 해결합니다. 매우 잘 개발된 하이토닉 모델과 함께 이러한 문제를 해결합니다.

우리는 디지털 트윈에 대해 이야기하고 있습니다. 디지털 모델은 오랜 기간 사용되었지만, 시간이 지나면서 데이터와 모델의 연결이 더 잘 이루어지기 시작했습니다. 우리는 이를 디지털 쌍둥이라고 부릅니다. 그러나 진정한 디지털 트윈은 물리적 시스템과 컴퓨터 시스템 간에 양방향으로 자동으로 연결된 상태를 의미합니다. 이 양방향 연결은 디지털 스레드를 통해 달성됩니다.

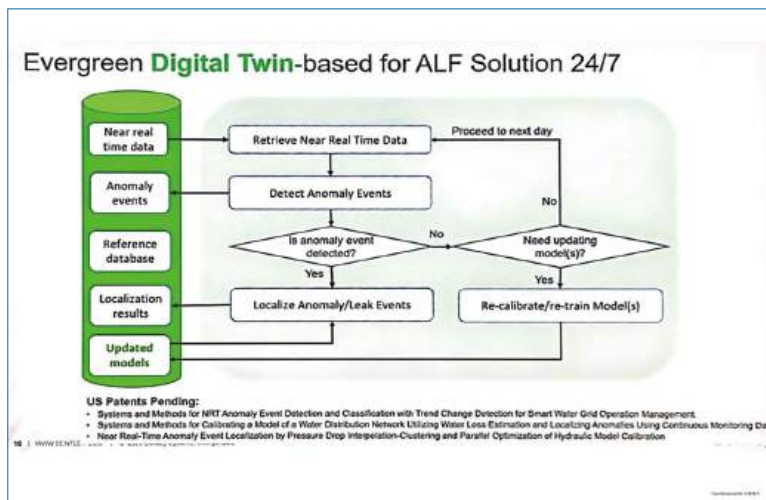
디지털 트윈 모델이 시간이 지나면서 정확성이 떨어질 수 있습니다. 변화가 일어나고 불확실성이 많기 때문입니다. 우리는 거의 실시간으로 모델을 조정하고 업데이트해야 합니다. 이것이 Evergreen Digital Twin이라고 불리는 이유입니다.

이를 달성하기 위해 모든 데이터 소스를 연계해야 하며, 보안 문제도 고려해야 합니다. 모든 데이터를 IoT 플랫폼과 연결하여 보안을 유지하면서 물리적 모델, 데이터 기반 모델, 의사결정 지원 모델을 구축합니다. 이를 통해 다양한 응용 프로그램에 Evergreen Digital Twin을 적용할 수 있습니다.

우리 프로젝트는 누수 탐지 및 국지화에 중점을 두고 있습니다. Evergreen Digital Twin을 사용하여 실시간 데이터를 결합하여 모델을 구축하고, 실시간으로 실행하며 알람 이벤트를 탐지합니다. 여기에는 단순한 누수뿐만 아니라 운영상의 변화, 데이터 품질 문제, 압력 패턴, 소비 패턴 등 다양한 알람 이벤트가 포함됩니다.

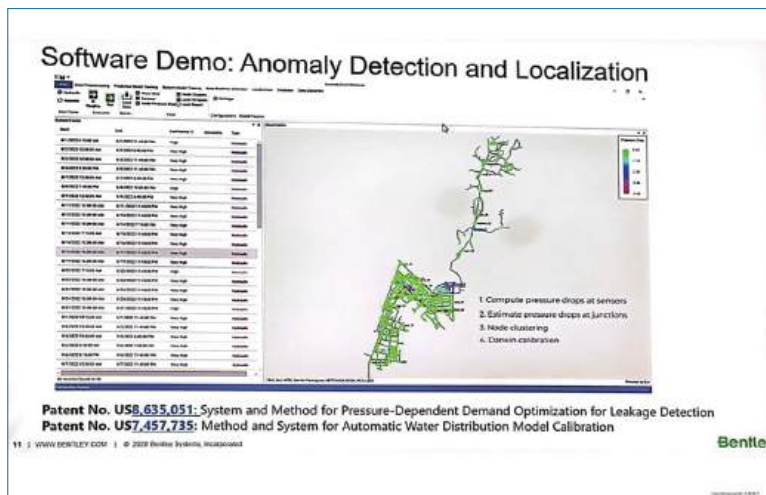


우리는 예측 모델링도 적용합니다. 여기에는 특허받은 머신 러닝과 칼만 필터를 사용하여 새 데이터를 통합하고, 거의 실시간으로 모델을 업데이트할 수 있습니다. 이렇게 업데이트된 모델을 사용하여 24시간마다 예측을 수행하며, 예측 데이터와 모니터링 데이터를 비교합니다. 만약 모니터링 데이터가 허용 범위를 벗어나면 우리는 이벤트로 분류하고 이를 탐지합니다.

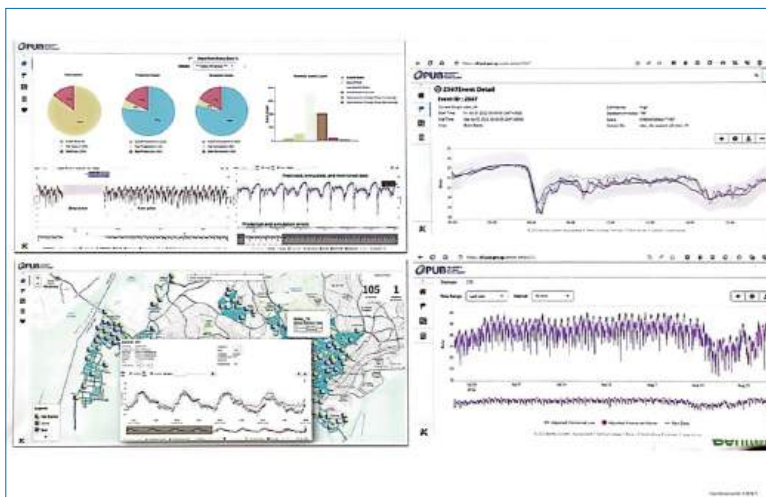


우리는 모든 데이터를 클라우드 플랫폼에 업로드 하고, 매일 실시간으로 분석하며, 알람 이벤트가 있는지 확인합니다. 이벤트가 감지되지 않으면 모델을 유지하고, 필요 시 모델을 조정합니다. 이벤트가 감지되면 조정된 모델을 사용하여 해당 위치를 국지화합니다. 이렇게 해서 거의 실시간으로 24시간 동안 누수 핫스팟을 신속하게 국지화할 수 있습니다.

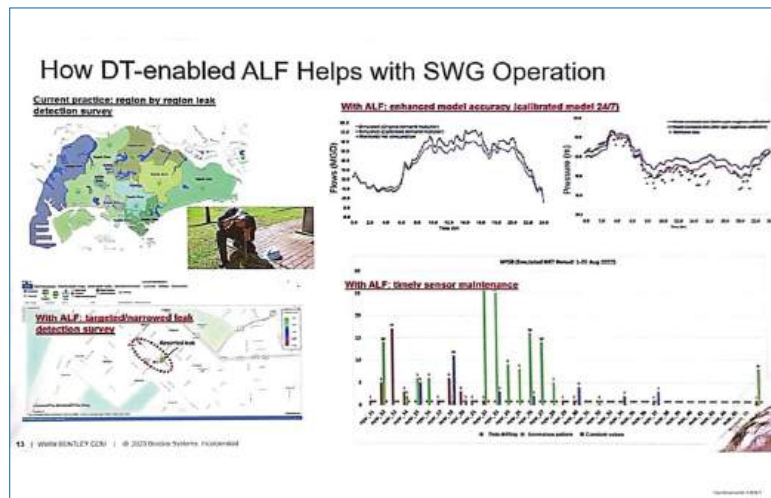
이 모든 것은 클라우드 플랫폼에 배치되어 있으며, 사용자는 클라우드 플랫폼을 통해 센서 상태와 이벤트를 모니터링할 수 있습니다. 또한 디지털 트윈 상태를 확인하고, 데이터 품질, 예측 모델링 정확도, 하이도닉 모델 정확도를 매일 확인할 수 있습니다.



이제 큰 질문은 이러한 시스템이 어떻게 공익사업에 이익을 줄 수 있는냐는 것입니다. 현재는 현장에서 6개월마다 누수를 탐지하기 위해 모든 지역을 조사하지만, 이 시스템을 사용하면 문제가 발생한 지역을 집중적으로 조사하여 운영 효율성을 높일 수 있습니다. 또한 모델이 매일 조정되므로 매우 정확한 모델을 유지할 수 있으며, 센서 데이터 품질 문제도 신속히 대응할 수 있습니다.



결론적으로 우리는 물 공공사업이 운영 효율성을 개선하는 데 도움을 줄 수 있는 고성능의 디지털 트윈 시스템을 개발했다고 믿습니다. 이 시스템은 모든 공공사업에 적용할 수 있으며, 오픈 플로우 워터 사이드 플랫폼과 통합된 상태로 제공됩니다. 이로써 모든 유틸리티에서 사용할 수 있습니다. 감사합니다.



Conclusions

- Developed **high-fidelity DT** is generic and essential for SWG operation and management
 - Federate digital thread to break data silos for seamless integration
 - Comprise of ever-green (ever-calibrated) hydraulic models and ever-trained/updated ML prediction models
 - Facilitate applications including but not limited to anomaly detection & localization
- High-fidelity DT-enabled **ALF** as smart solution will have positive impact on SWG operation and management
 - Cloud-based software Anomaly Leak Finder (ALF) running with live sensor data 24/7
 - Change leak detection from systemwide sweep-through practice to target area survey
 - Timely alert on operational changes, low-quality sensor data and unusual water consumptions

14 | © 2023 Bentley Systems, Incorporated

Acknowledgement

This work is supported by Singapore National Research Foundation grant PUB-1804-0087, administered by PUB Singapore's National Water Agency, and governed by the signed agreement between PUB and Bentley Systems, Incorporated.

Contact: zheng.wu@bentley.com



15 | © 2023 Bentley Systems, Incorporated

24개 특허 발명자 및 다수의 수상 경력
(ACM, ASCE, AWWA, IWA 관련)

프레젠테이션 PPT1.

1. 프로젝트 소개 및 문제 설명

"Ever Grain Digital Twin"이라는 프로젝트를 스마트 워터 그리드를 위한 패러다임 전환으로 소개하였다. 이 프로젝트에서 다룰 수 있는 변화가 너무 많을 경우 어떤 것에 집중할지 고민하며, 가장 중요한 변화로 노후화된 인프라를 지적하였다. 특히 북미와 유럽에서 이 문제가 심각하게 나타나고 있으며, 낡은 파이프에서 물이 새는 문제로 인해 매년 수십억 갤런의 물이 낭비되고 있다고 설명하였다. 이러한 물 손실은 경제적 낭비로 이어지며, 인프라 업그레이드를 위한 예산 부족이 또 다른 큰 도전 과제라고 언급하였다.

2. 싱가포르의 사례와 새로운 기술 적용

싱가포르의 새로운 기술을 적극적으로 적용하여 해마다 물 손실을 줄이고 있다. 예를 들어, 싱가포르에서는 10년 전부터 'Summa oer Grade'라는 이니셔티브를 시작해 450개 이상의 모니터링 스테이션에서 수압, 음향, 수질 데이터를 수집하고 있으며, 이 데이터를 기반으로 '스마트 그리드' 개념을 구현하여 운영 효율성을 높이고 있다. 싱가포르는 이러한 기술 적용을 통해 물 손실을 지속적으로 감소시키고 있으며, 이 과정에서 다양한 도전 과제에 직면하고 있다고 설명하였다.

3. Evergreen Digital Twin의 개념과 구현 방법

'Evergreen Digital Twin'은 데이터를 실시간으로 모델에 통합하여 더 정확하고 효율적인 예측을 가능하게 하는 시스템이다. 이 디지털 트윈 시스템은 물리적 시스템과 가상 시스템 간의 자동화된 양방향 데이터 연결을 통해, 모델과 데이터를 지속적으로 업데이트하며, 그 과정에서 발생하는 문제를 조기에 감지하고 해결할 수 있게 한다. 이 시스템은 머신 러닝, 통계 기법, 데이터 동화 기술 등을 활용하여 데이터 기반 예측 분석을 강화하고 있으며, 이를 통해 물 손실을 최소화하고 시스템 효율성을 극대화하고 있다.



Evergreen Digital Twin as Paradigm Shift for Smart Water Grid Operational Management

Z. Y. Wu*, A. Chew**, M. Xue**, J. Pak**, R. Kalfarisi**, A. Zhang**, J. Wong**, F. Cao**, C. Yang**, K. C. Lai**, S. F. HEW***, J. J. Wong***

*Bentley Systems, Incorporated, Thomaston, CT, USA
Zheng.Wu@bentley.com

**Bentley Systems Singapore Pte Ltd., Singapore
[Alvin.Chew, Meng.Xue, Jscelyn.pak, Rony.Kalfarisi, Ashley.Zhang, Juen.Wong, Fred.Cao, Clara.Yang]@bentley.com

***Water Supply (Network) Department, PUB, Singapore
[Lai_Kah_Cheong, Hew_Sock_Fang, Wong_Jia_Jie]@pub.gov.sg

Abstract: To address the challenges of climate change and ever-greater water stress, water utilities have increasingly adopted Smart Water Grid (SWG) to ensure that water is delivered with good quality and the minimum disruptions. PUB Singapore's National Water Agency has implemented SWG for many years. However, to fully realize the benefits of SWG, the challenges remain to be addressed along with the innovation solutions. In this paper, Digital Twin (DT) approach is presented for maximizing the SWG return on investment. A generic DT framework is developed to address the challenges of data in silos, model inadequacy, and digital thread weakness. The developed DT approach and solution enable users to achieve adequately accuracy for digital representation of SWG in near real time, namely so-called evergreen DT. The application outcomes have been elaborated and demonstrated that evergreen DT is the paradigm shift for cost-effectively managing SWG and hence maximizing SWG Return on Investment.

Keywords: Digital twin, digital models, smart water grid

INTRODUCTION

To effectively achieve resilient water supply services, implementation of a SWG is imperative for water utilities around the world. With hundreds of monitoring stations installed in the network for many years in Singapore. Hence, the nation is well positioned to achieve SWG with multiple operational benefits, including (1) real-time monitoring of asset condition for preventive maintenance; (2) real-time pressure and water quality monitoring to enhance planning and network operations and (3) real-time water consumption information to help customers conserve water. However, the challenges encompass (1) good interoperability among all data systems, (2) good data management with powerful analytics to extract useful information, (3) redesign the jobs for current employees, both operational and in the field, to tailor towards the purpose of SWG, (4) good, intertwined communication with customers, and finally (6) testing and adopting the new SWG technology for near real-time deployment and analysis. Therefore, to address the above-listed challenges, digital twin has since emerged as the integrated solution for SWG management and operation.

Evergreen Physics-Based Model

Physics-based model, such as hydraulic model for SWG, can be constructed and calibrated with historical data and serves as the baseline for operational applications. However, the model must be updated and recalibrated whenever the goodness-of-fit is greater than the user-specified error threshold. The model updating or recalibration can be facilitated by applying the methods (Chew et al. 2021).

Application Outcomes

The evergreen DT approach has been applied to SWG anomaly detection and localization. The trained data-driven models for anomaly event detection are integrated with the hydraulic model simulation-based anomaly event localization including but not limited to the detection of the hidden leaks. We first calibrate a baseline hydraulic simulation model using historical data of monitored flow and pressures for a given SWG system, or water supply zone, that serves as the basis for near real-time anomaly localization. In near real-time context, i.e., daily basis, when no anomaly event is detected, hydraulic simulation will be performed with corresponding boundary conditions such as the recorded service reservoir levels and other recorded inflows. The simulated flows and pressures are then compared with the monitored data to estimate the goodness-of-fit between the simulated and monitored attributes (flow and pressure). If the goodness-of-fit is less than the user's specified criteria, the model is recalibrated and persisted for the subsequent applications of near real-time anomaly localization and other related SWG operational management such as water quality analysis. Whenever an anomaly event is detected, the latest recalibrated model, as persisted in the SWG database, is adopted for anomaly event localization by employing the well-developed pressure dependent leakage detection approach.

FINAL REMARKS

This paper elaborates the evergreen digital twin framework for SWG. The framework presents a comprehensive overview of what the evergreen DT entails and its key technology requirements and components. The framework has been successfully applied to SWG anomaly detection and localization. The results obtained from the pilot study zones indicate positive potential to improve the cost efficiency of SWG operation management.

Acknowledgments: This research is supported by the Singapore National Research Foundation under its Competitive Research Programme (CRP) (Water) and administered by PUB (PUB-1804-0087), Singapore's National Water Agency.

REFERENCES

- PUB Singapore's National Water Agency, "Managing the Water Distribution Network with a Smart Water Grid," *Smart Water*, pp. 1-4 DOI 10.1186/s40713-016-0004-4, 2016.
- Li, Q., Z. Y. Wu and A. Rahman, "Evolutionary deep learning with extended Kalman filter for effective prediction modeling and efficient data assimilation," *ASCE J. Computing in Civil Engineering*, vol. 33, no. 3, p. 04019014, 2019.
- Chew, A. W. Z., Wu, Z. Y., Tom, W., Meng, X., Kalfarisi, R., Cai, C., and Pok, J. (2021). "Daily Model Calibration with Water Loss Estimation and Localization

SWG DIGITAL TWIN

By definition, SWG digital twin is represented by a set of cyber-secured adaptive models that emulate the hydraulic and water quality characteristics of the physical water distribution system via receiving and assimilating near real-time monitoring data to calibrate or update itself over its life cycle, with capacity of automatic bi-directional exchange between digital and physical twins in data synchronization and communicating the actionable wisdoms for operation, asset management, system design and planning. As shown in Figure 1, SWG digital twin is represented in digital spaces for various purposes, including digital visualization (e.g., 2D geospatial information systems and 3D models), data-driven analysis (conventional statistical and modern machine learning models), physics-based simulations (hydraulics and water quality simulation models) and decision-support (optimization, rule-based system, deep learning models etc.). The information derived from these models is to diagnose the potential undesirable behaviour, evaluate and predict the SWG performance over time, and eventually provide solutions for improving the management and operation of water distribution systems.

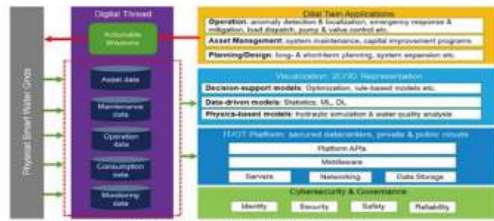


Figure 1 Digital twin for smart water grids (Wu et al. 2023)

Digital Models

Traditionally, various computing technologies have been applied to develop computer models or digital models for different infrastructure systems including but not limited to water infrastructure. In general, four types of digital models can be employed for constructing a comprehensive SWG digital twin as follows.

- **Digital visualization.** A water infrastructure system is comprised of many different facilities and assets above- and underground, including but not limited to water source facilities (dams, reservoir, water intake etc.), water treatment plants, pump stations, service reservoir or water towers (elevated tanks), transmission and distribution networks. Digital representation of a complete water system will include 2D and/or 3D models of the physical assets and a process such as water treatment.
- **Data-driven analytics.** Effective data analytics is the critical component of a digital twin. With data collected by hundreds of sensors installed at water treatment works and throughout water distribution networks, large amount data

must be analysed efficiently. The data-driven analytics, both conventional statistical analysis methods and state-of-art machine learning methods, are applied to extract useful and actionable.

- **Physics-based models.** Physics-based models are very well developed for simulation and analysis of water infrastructure. These models, such as hydraulic simulation and water quality analysis models, establish the backbone of the digital space for analysing different scenarios of design, operation, and management of various water infrastructure including service reservoirs, pump stations, water transmission and distribution networks. Coupled with data-driven models, physics-based models can be further leveraged for digital twin-based decision-support.
- **Decision-support.** The goal of constructing DTs is to improve the overall support decision-making process, which is, in a broad context, to leverage on the information derived from the digital space of data-driven analytics and physics-based simulation, such that the informed and cost-effective solutions can be generated for asset maintenance, incident mitigation, operation management and enhancing customer satisfaction of water service. A variety of techniques, including but not limited to optimization, rule-based knowledge representation system, decision trees etc., can be employed to develop decision-support model by integrating data-driven analytics and physics-based simulation models.

Digital Thread

A digital thread serves as the critical link between a digital twin and physical infrastructure. The objective is to create universal access to data, a single source of truth, for allowing various digital models to be constructed and updated with continuous, diverse, but interrelated, monitoring and inspection interrelated data sets. This form of data unification is a prerequisite to build a true digital twin. On the other hand, a digital thread is also useful to track, convey and disseminate information and/or decision(s) across an organization for the actions to be undertaken in the field. With well-established digital threads, flexibility and agility will be enhanced within an organization by equipping employees across the value chain with the right information at the right time. Integration of digital twins and digital threads will unlock more opportunities to drive business outcomes for water infrastructure in general. Among the most important steps, engineers, operators, and stake owners should consider this new paradigm approach for their organization and determine the important use cases as starting points. Consequently, digital intelligence can be augmented via various digital models as backbone of digital twin.

EVERGREEN DIGITAL TWIN

To maintain DT evergreen requires that all the digital models, especially data-driven and physics-based models, accurately reflect the system status in near real time and all the time.

Evergreen Data-Driven Model

The data-driven model is constructed for predictive modelling, mostly based deep machine learning technology, which is integrated with the data assimilation method to update the ML model with the latest available data to ensure the model capture the latest status of the physical system. Thus, the data-driven model can be maintained as evergreen in real time or near real time as time rolling forward.

4. 프로젝트의 목표 및 결과

프로젝트의 주요 목표는 실시간으로 경고 이벤트를 감지하고, 이러한 이벤트가 발생한 위치를 신속하게 로컬화하여 문제를 빠르게 해결하는 것이다. 이를 위해 방대한 데이터를 통합하고, 머신 러닝 및 통계 분석 기법을 적용하여 예측 모델을 지속적으로 개선하고 있다. 또한, 실시간으로 데이터를 분석하여 발생 가능한 문제를 미리 예측하고, 그에 대한 대응책을 마련할 수 있는 시스템을 구축하고 있다.

5. 경제적 데이터와 보안 문제

이 프로젝트는 싱가포르 환경청이 제공한 데이터를 바탕으로 진행되었으며, 물 손실로 인한 비용이나 유지보수 비용 같은 경제적 데이터는 따로 분석하지 않았다. 프로젝트 진행 중 가장 큰 도전 과제 중 하나는 싱가포르 정부의 엄격한 보안 요구 사항을 충족하는 것이었다. 이 때문에 프로젝트 팀은 보안 규정을 지키기 위해 소프트웨어 개발 작업에 많은 자원을 집중해야 했다.

6. 결론 및 적용 가능성

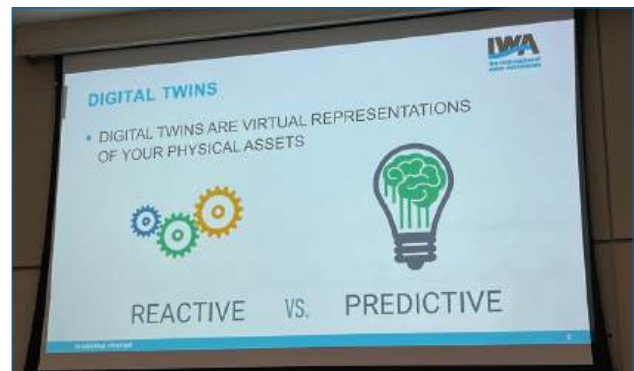
결론적으로, 프로젝트를 통해 높은 정확도를 가진 디지털 트윈 시스템을 개발하여 물 관리 운영의 효율성을 크게 향상시킬 수 있었다. 이 시스템은 물 유틸리티 기업들이 운영 효율성을 개선하고, 예산과 자원을 보다 효과적으로 관리할 수 있게 해준다. 이러한 기술은 싱가포르뿐만 아니라 전 세계의 다양한 물 관리 시스템에 적용될 수 있으며, 다양한 운영 상황에서 유용하게 사용될 것이다.

Using 24/7 Continuously Monitoring Data in Water Distribution Networks.”
Journal of Water Resources Planning and Management
 Wu Z. Y., Chew A., Xue M., Cai J., Pok J., Kalfarisi R., Lai K.C., Hew, S. F. Wong J.J. (2023). "High Fidelity Digital Twin for Smart Water Grid Anomaly Detection and Localization". *Sustainable Cities and Society*. Vol. 91, April 2023, 104446.

Real world digital twin applications

Creating Value With Digital Twins: Case Studies And Real World Examples, Diana Tao

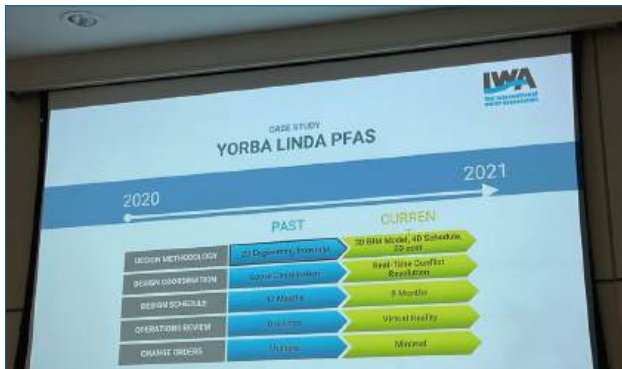
1. 발표 및 PPT 설명



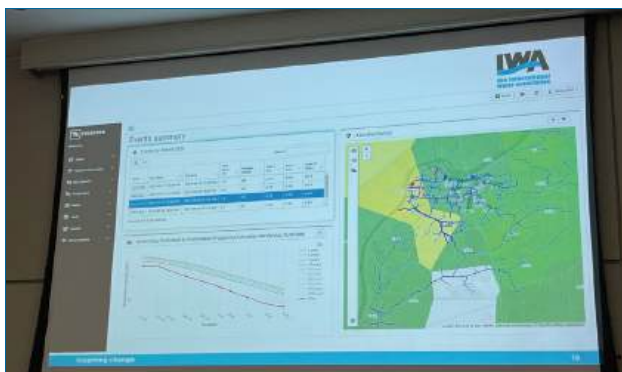
디지털 트윈이란, 실제 공간을 가상 공간으로 구현한 것이다. 이를 통해 다양한 시나리오를 시뮬레이션하고 실시간 데이터를 바탕으로 분석, 예측할 수 있게 해준다. 디지털 트윈은 정보의 우선순위를 설정하여 지능형 정보를 제공하며, 이로 인해 인력 부족 문제를 해결할 수 있다. 디지털 트윈은 PROCESS, PEOPLE, TECHNOLOGY를 통합하여야 하며, 또한 여러 데이터를 연결하여 Utility 내 다양한 부서 간의 소통과 협업을 촉진하고, 목표 달성에 기여한다.



10년 전, San Diego는 폭풍우 관리의 필요성으로 asset management가 중요하다. 샌디에이고는 기존의 폭풍우 관리 뿐만 아니라 규제 준수를 충족하기 위해 future asset도 관리하기 시작했다. 과거에는 샌디에이고가 기존의 물리적 자산에만 주목했었지만, 현재는 기존 자산과 미래 자산, 프로그램 자산이라고 불리는 운영 및 유지 관리를 위한 활동과 직원, 그리고 자본 투자 프로그램을 관리하기 위한 전략적 계획도 포함하고 있다. 이를 통해 San Diego는 향후 20년간 폭풍우 관리를 충족하는 데 필요한 자산, 자본, 운영 유지 보수, 인력의 필요성을 계획했다. 디지털 트윈은 자산의 수명을 예측하고, 상태 평가 및 투자를 바탕으로 우선순위를 조정할 수 있다. 이를 통해 어떤 프로그램이 잘 작동하고 있는지, 무엇을 달성할 수 있는지를 파악 가능하다. 결과적으로 디지털 트윈을 도입하기 전에는 자원 부족으로 계획조차 세우기 어려웠던 San Diego는 이제 위험 평가를 통해 자산 목록을 개선하고, 디지털 트윈 모델을 활용해 미래의 실패 확률을 예측 가능해졌다.



YORBA RINDA는 Los Angeles에 속한 인구 약 7만 명의 도시이다. 이 도시는 2020년에 새로운 정수장 프로젝트를 시작했으며, 엔지니어들은 새로운 정수장의 3D 디지털 트윈 모델을 만들어 다양한 설계 기능을 시각적으로 전달하고, 가상 현실과 결합해 operator들이 설계의 유지보수 가능성을 테스트할 수 있도록 했다.



LOUISVILLE은 강변 지역으로, 하수 처리와 폭풍우 관리 및 홍수 제어 서비스를 담당하는 복잡한 네트워크를 가지고 있다. 약 20년 전, LOUISVILLE은 실시간 제어 기술을 통해 전체 시스템 최적화를 달성하기 위한 비전을 가지고 있었다. 디지털 트윈을 이용하여 날씨 예보, SCADA 시스템, 자동화를 결합해 하수 시스템을 모니터링하고, 최적의 흐름 경로 전략을 5분마다 업데이트 한다. LOUISVILLE은 단계별로 디지털 트윈을 도입했으며, 이를 통해 자본 비용을 절감하고, 기존 및 미래 자산을 최대한 활용할 수 있게 되었다. 디지털 트윈은 시스템 성능을 실시간으로 모니터링하고, 문제를 신속하게 인지하는 데 도움을 주었으며, 중앙 집중화된 데이터 관리 플랫폼을 통해 규제 기관 보고서도 자동으로 생성 가능하다.

2. 요약 및 정리

1. 디지털 트윈의 개념과 중요성

- 디지털 트윈은 실제 공간을 가상으로 구현해 다양한 시나리오를 시뮬레이션하고 실시간 데이터를 기반으로 분석 및 예측을 가능하게 하는 기술이다.
- 이 기술은 정보의 우선순위를 설정해 지능형 정보를 제공하며, 인력 부족 문제를 해결할 수 있다.
- 디지털 트윈은 PROCESS, PEOPLE, TECHNOLOGY를 통합하여 여러 데이터를 연결하고, 부서 간의 소통과 협업을 촉진하며, 조직의 목표 달성에 기여한다.

2. San Diego의 디지털 트윈 활용

- 10년 전, San Diego는 폭풍우 관리의 필요성을 인식하고 자산 관리의 중요성을 강조했다.
- 기존의 물리적 자산뿐만 아니라 미래 자산과 프로그램 자산(운영 및 유지 관리 활동과 전략적 계획)을 포함하는 전략적 계획을 수립했다.
- 이를 통해 향후 20년간 필요한 자산, 자본, 운영 유지 보수, 인력을 계획했다.
- 디지털 트윈을 통해 자산 수명을 예측하고, 상태 평가 및 투자를 바탕으로 우선순위를 조정함으로써 효율적인 자산 관리를 실현했다.

3. Yorba Rinda의 정수장 프로젝트

- Los Angeles에 속한 도시 Yorba Rinda는 2020년에 새로운 정수장 프로젝트를 시작했다.
- 엔지니어들은 3D 디지털 트윈 모델을 만들어 설계 기능을 시각적으로 전달하고, 가상 현실과 결합해 운영자들이 유지보수 가능성을 테스트할 수 있도록 했다.

4. Louisville의 하수 처리 시스템 최적화

- Louisville는 실시간 제어 기술과 디지털 트윈을 통해 하수 처리 시스템을 모니터링하고 최적화하는 비전을 가지고 있었다.
- 날씨 예보, SCADA 시스템, 자동화를 결합해 하수 시스템의 최적 흐름 경로를 5분마다 업데이트하는 방식으로 관리했다.
- 단계별로 디지털 트윈을 도입하여 자본 비용을 절감하고, 기존 및 미래 자산을 최대한 활용할 수 있게 되었으며, 실시간 성능 모니터링과 규제 보고서 자동 생성이 가능해졌다.

결론

- 디지털 트윈은 물리적 자산의 관리와 운영을 혁신적으로 개선할 수 있는 강력한 도구로 자리잡고 있다.
- 이 기술은 다양한 시나리오를 시뮬레이션하고, 실시간 데이터 분석을 통해 예측 및 최적화를 가능하게 하며, 여러 부서 간의 협업과 소통을 촉진한다.
- 디지털 트윈을 도입함으로써 San Diego, Yorba Rinda, Louisville 등 다양한 도시와 시스템은 자산 관리와 운영 효율성을 크게 향상시킬 수 있었다.
- 따라서 디지털 트윈은 향후 물 산업과 도시 관리에서 중요한 역할을 하며, 전략적 자산 관리와 유지 보수 계획 수립에 필수적인 기술로 평가된다.

Real world digital twin applications

An Online Receiving Environment Digital Twin Supporting Whole Of Catchment Planning

Presenter : M. Huiben

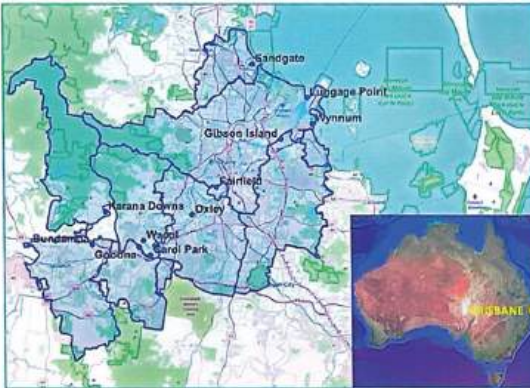
호주 브리즈번에서 개발된 디지털 트윈(Digital Twin) 기술을 소개

발표 전체의 큰 틀

브리즈번과 해당 지역의 환경적 특성을 설명하며, 이 기술이 어떻게 브리즈번 강과 모튼 베이(Moreton Bay)의 수질 관리 및 도시 계획에 기여할 수 있는지에 대해 논의한다.

CONTEXT

- Urban Utilities operates Sewage Treatment Plants (STPs) discharging effluents in the Brisbane River and Moreton Bay
- Pollution also comes from Brisbane River catchment, especially during wet weather events
- Long-term programs and reports monitor the evolution of water quality indicators in the Receiving Environment



The map displays the Brisbane River catchment area, highlighting the locations of various Sewage Treatment Plants (STPs) and other points of interest. The main map shows the river flowing through the city, with STPs located at Sandgate, Upperville, Wynnum, Gibsons Island, Fairfield, Oxley, Karana Downs, Bundamba, Goldbrae, Wacol, and Gard Park. An inset map in the bottom right corner shows the location of Brisbane within Australia.

CONTEXT

- Urban Utilities operates Sewage Treatment Plants (STPs) discharging effluents in the Brisbane River and Moreton Bay
- Pollution also comes from Brisbane River catchment, especially during wet weather events
- Long-term programs and reports monitor the evolution of water quality indicators in the Receiving Environment

You can click on your catchment from the below:

- Azacat
- Bonnie
- Brinsford
- Cabrini
- Campbell St.
- Eucalyptus
- Lester
- Logan
- Mackay
- Norfolk
- North
- Parsons Creek
- Pine
- Riverina
- Sydney
- Townsend
- Wentworth
- Yarra
- Zeehan

2023

2022

브리즈번 소개

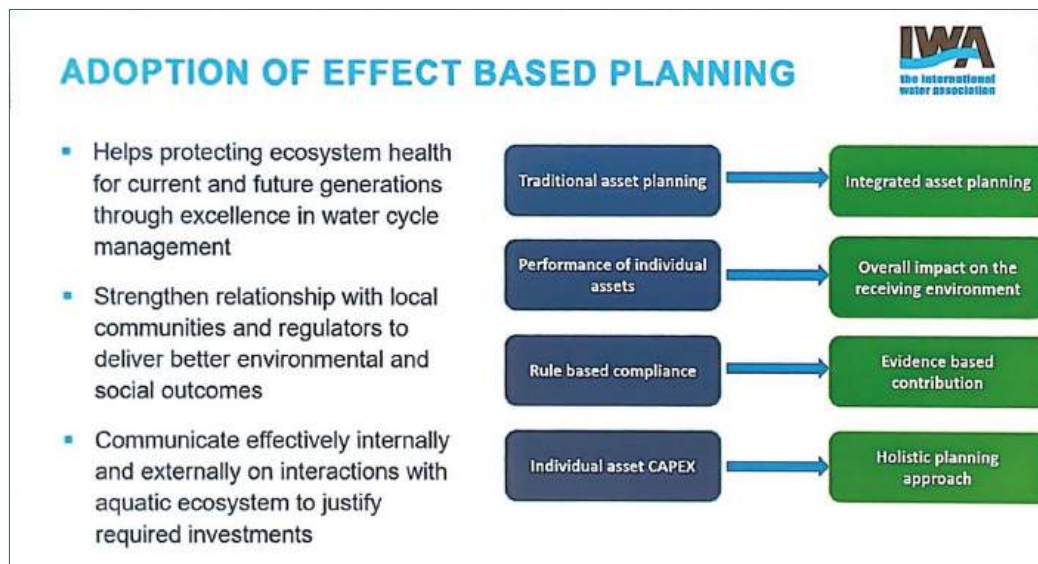
브리즈번에 대한 배경 설명 : 브리즈번은 호주의 퀸즐랜드 주의 수도이며, 호주에서 가장 빠르게 성장하는 도시 중 하나이다. 브리즈번이 2032년 올림픽을 개최할 예정이며, 브리즈번 강이 이 지역의 주민들에게 매우 중요한 역할을 한다.

Urban Utilities의 역할

"Urban Utilities"라는 지역 공공기관에 대한 설명 : 이 기관은 하수 처리 및 수질 관리, 그리고 브리즈번 강과 모튼 베이의 오염 방지를 담당하고 있다. 이 기관은 11개의 하수 처리 시설을 운영하며, 이들 시설에서 발생하는 하수는 브리즈번 강과 모튼 베이로 방류된다.

기후 변화와 도전 과제

최근 브리즈번이 겪고 있는 기후 변화와 도전 과제 : 이 지역은 최근 몇 년 동안 심각한 홍수와 높은 강우량으로 큰 피해를 입었으며, 이러한 기후 패턴이 더 자주 발생할 것으로 예상된다. 이러한 배경 속에서 수질 관리와 지속 가능한 인프라 유지의 중요성이 강조되었다.



효과 기반 계획으로의 전환

"Urban Utilities"는 전통적인 자산 관리 방식에서 벗어나 "효과 기반 계획(effect-based planning)"으로 전환하고 있다. 이는 개별 자산에 대한 규칙 기반의 접근 방식 대신, 전체 환경에 미치는 영향을 고려하여 인프라 계획을 세우는 방법이다.

디지털 트윈 시스템의 주요 드라이버 시스템의 필요성

- 환경 영향을 더 잘 이해하기 위해 디지털 트윈 시스템을 개발했다.
- 기존의 장기 모니터링 프로그램은 통합된 지표만을 제공했으나, 이 시스템은 하수 처리 시설의 일일 영향을 상세히 파악하고, 계획 단계에서 다양한 시나리오를 테스트할 수 있는 도구로 설계되었다.

디지털 트윈 시스템의 구조

- 이 디지털 트윈 시스템은 웹 기반 포털로, 모델 실행 및 결과 시각화 기능을 포함하고 있다.
- 사용자는 웹 인터페이스를 통해 시나리오를 정의하고 실행하며, 그 결과를 다양한 형식으로 시각화할 수 있다.
- 사용자들이 시나리오를 정의하고 결과를 쉽게 볼 수 있도록 설계되었다.

RECEIVING ENVIRONMENT DIGITAL TWIN KEY DRIVERS



- Develop a system supporting Urban Utilities "Effect-Based Approach" for infrastructure management
- Need to improve the understanding of Urban Utilities' own footprint on the receiving environment
- High-level in-house options assessments and evaluation of their associated effect on the estuary, before detailed assessment and optimisation



RECEIVING ENVIRONMENT DIGITAL TWIN



RECEIVING ENVIRONMENT DIGITAL TWIN PRINCIPLES

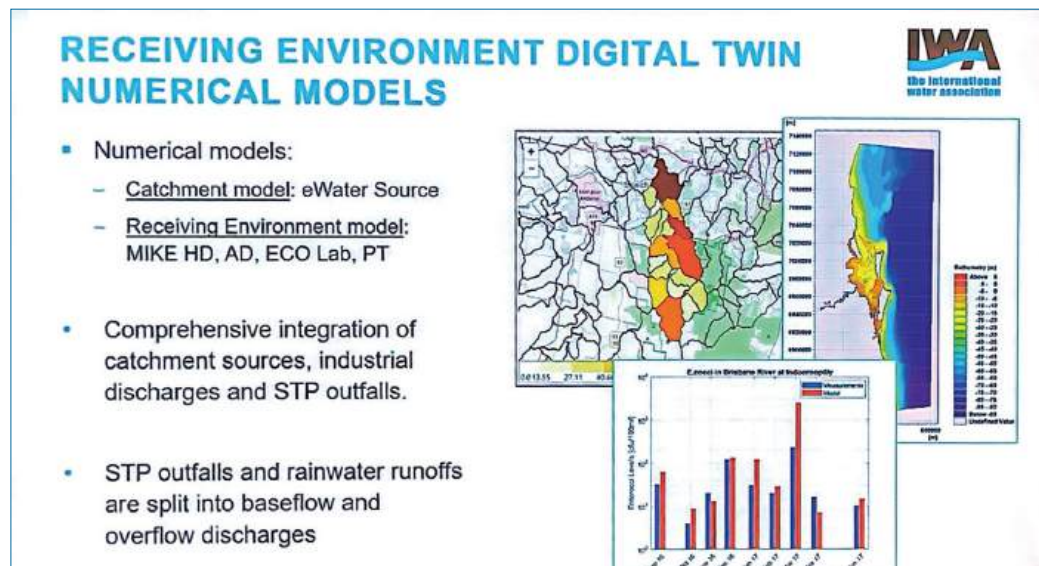


- Provides access to modelling capabilities of the receiving environment through a web-interface
- Various modules target different water management and environmental challenges
- Simulates receiving environment water quality (WQ) changes associated with various planning scenarios in an "average rainfall year"



주요 모듈 설명

- 이 시스템은 환경 발자국 모듈, 하수 유출 계획 모듈, 습한 날씨 관리 모듈의 세가지 주요 모듈로 구성되어있다.
- 각각의 모듈은 연중 수질 변화를 시뮬레이션 하거나, 하수 처리 시설의 유출 구성 및 인프라 변경의 영향을 평가하며, 단기간의 강우로 인한 박테리아 오염을 시뮬레이션 한다.

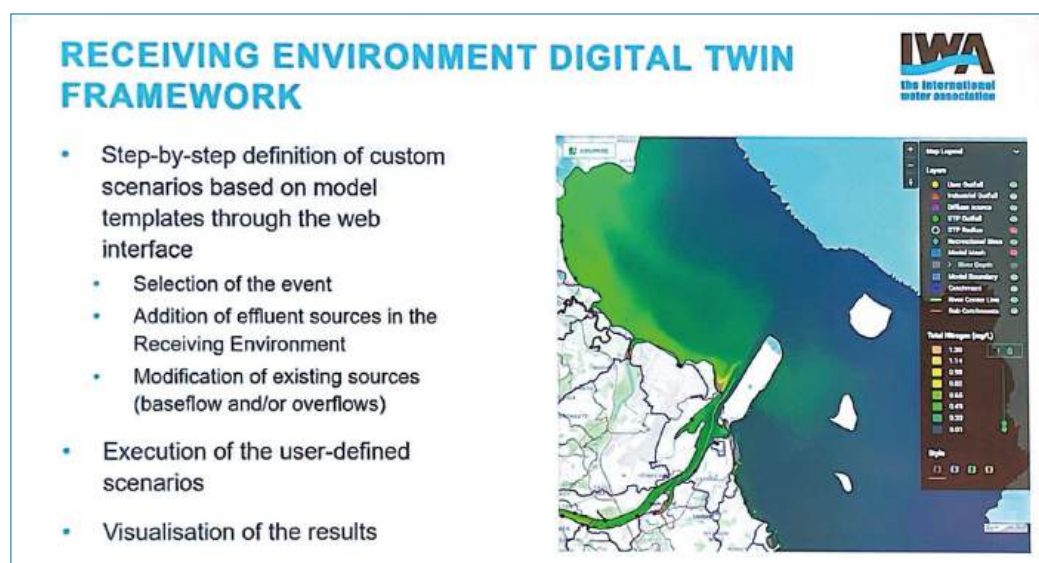


기술적 세부사항

이 시스템의 배경으로 사용되는 모델들은 주로 DHI의 Mike suite 모델을 기반으로 하며, 유동 및 확산, 생태 모델링 등을 포함한다.

추가 용어 정리

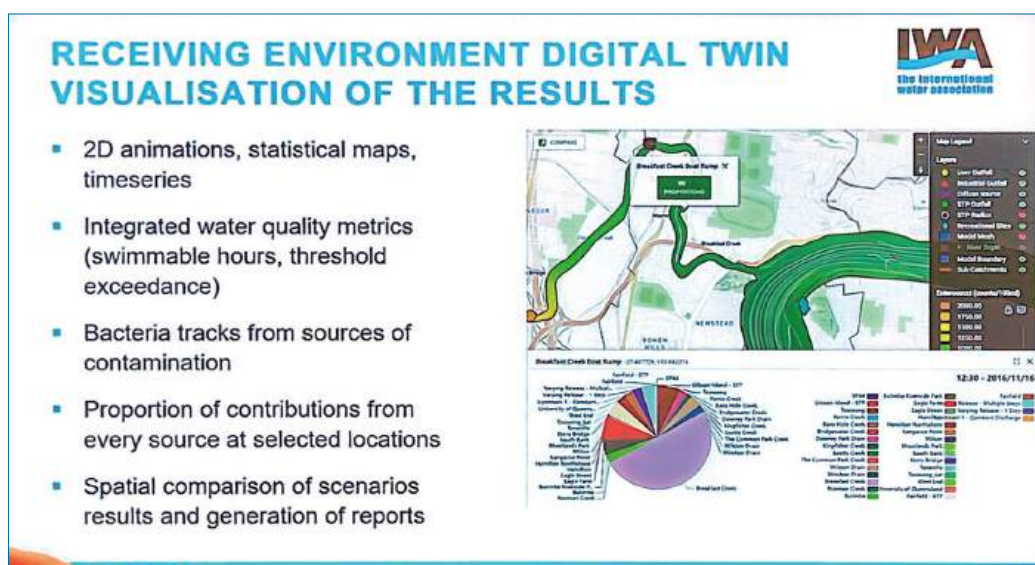
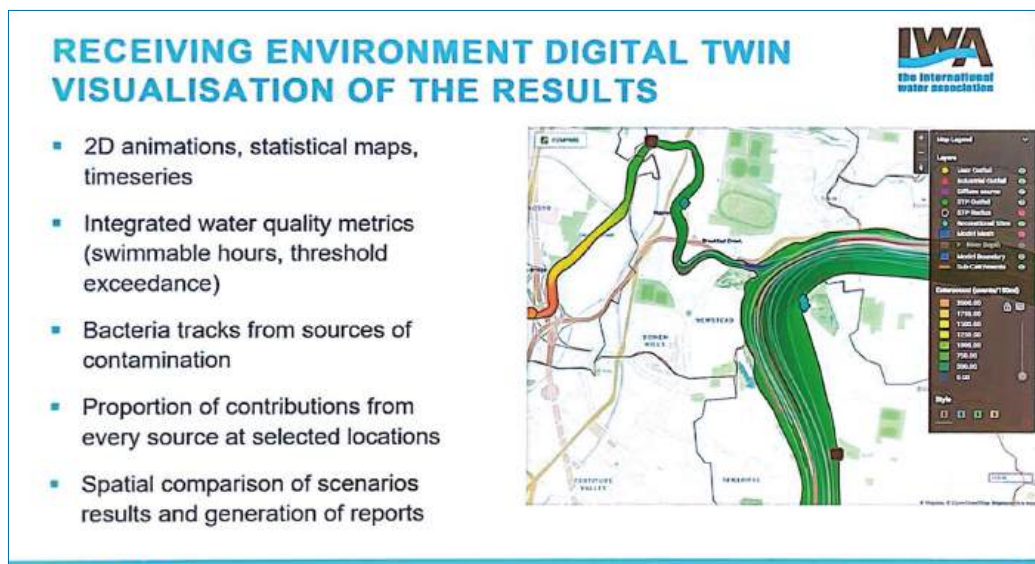
위의 설명은 소프트웨어를 사용하여 수문 및 환경 모델링을 수행하는 과정에 대한 것이다.



- Catchment model (유역 모델) : 유역 모델은 주어진 지역의 강우, 지표 유출, 하천 유량 등을 시뮬레이션하여 그 지역의 수문 현상을 이해하고 예측하는 데 사용한다. 이 모델이 수집된 자료를 바탕으로 특정 시간대의 자료(시계열 입력)를 생성하여 다음 단계인 수용 환경 모델에 제공한다.
- Receiving Environment Model (수용 환경 모델) : 모델은 유역 모델에서 제공된 시계열 데이터를 이용해 특정 지역의 환경에 미치는 영향을 평가하는 모델이다. 주로 물의 흐름, 오염 물질의 확산, 생태계 영향 등을 시뮬레이션하는 역할을 담당한다.
- DHI's Mike Modeling Suite : DHI (Danish Hydraulic Institute)는 수문학 및 환경 모델링을 위한 소프트웨어를 개발하는 회사다. Mike Modeling Suite는 이 회사에서 제공하는 다양한 모델링 도구의 모음이며 이 도구들은 물리적, 생태학적, 화학적 과정 등을 시뮬레이션하여 환경을 분석하고 예측하는 데 사용된다.

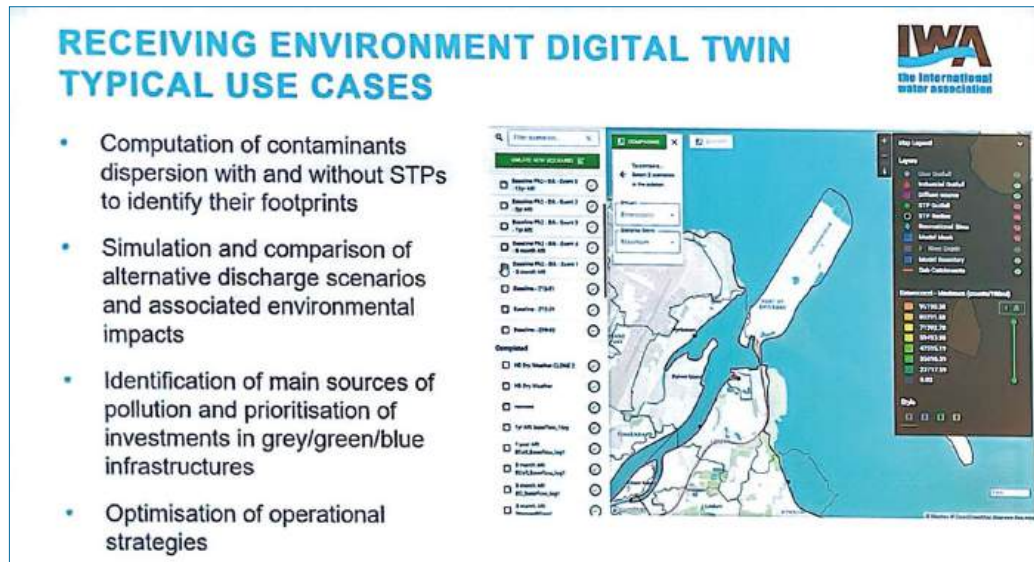
기술적 세부사항

발표자는 “이 모델들은 다양한 오염원의 기여를 포함하고 있으며, 사용자들이 시나리오를 정의하고 실행할 수 있는 간단한 인터페이스를 제공한다”고 설명했다.



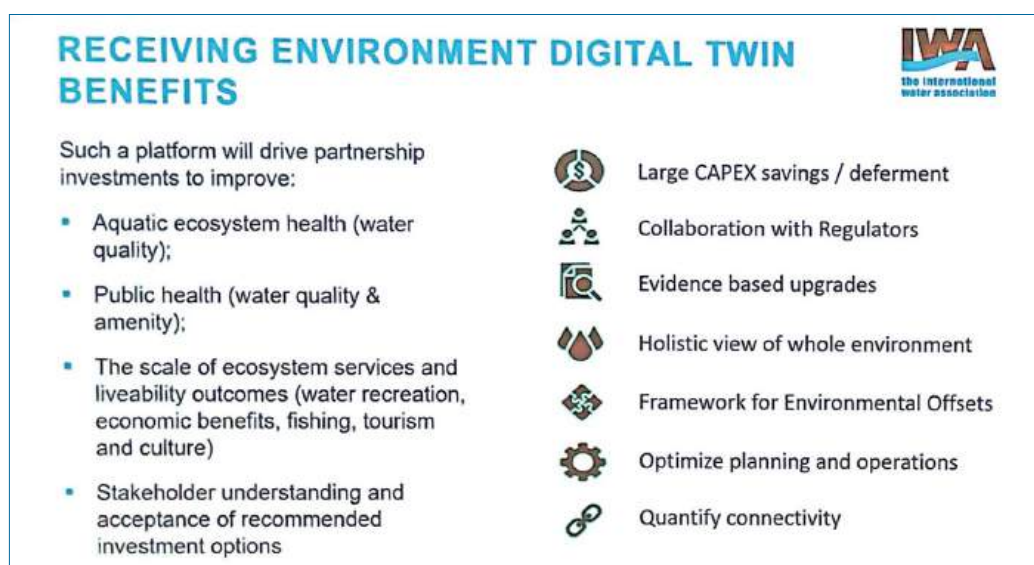
시각화와 사용자 인터페이스

- 시각화 기능에 대한 설명 : 2D 애니메이션, 통계 지도, 시계열 그래프 등 다양한 시각화 방식이 제공된다.
- 이러한 기능들은 사용자가 특정 오염원의 기여도를 파악하는 데 도움을 준다.



실제 활용 사례

- 디지털 트윈 시스템의 실제 활용 사례 : 하수 처리 시설의 환경 발자국을 이해하는 것부터, 인프라 구성 변경의 영향을 평가하는 것까지 다양한 활용 사례가 존재함을 이야기하며 간단한 애니메이션으로 시각화하는 모습을 보여주었다.
- 이 시스템을 통해 사내에서 다양한 시나리오를 실험하고, 고수준의 시뮬레이션을 수행할 수 있다고 강조했다.
- 인프라 투자와 유역 관리 중 어느 쪽에 투자하는 것이 더 효과적인지 평가할 수 있는 이점이 있다.



디지털 트윈 기술이 브리즈번의 지속 가능한 수질 관리와 인프라 계획에 중요한 역할을 할 것이라고 결론지으며 이점에 대해 간단히 언급하고 넘어갔다.

세션 발표 이후 궁금증 및 추가로 알면 좋을 사항들

1. 실시간 데이터 통합

현재는 주로 계획 도구로 사용되고 있다고 했지만, 이 시스템이 실시간 데이터와 어떻게 통합될 수 있는지? 예를 들어, 실시간 강우량이나 하수 처리량 데이터를 이용해 더 정확한 시뮬레이션이 가능한지 궁금하다.

2. 경제적 분석_환경적 효과

발표에서는 투자와 관련된 시나리오 평가가 아주 언급되었는데, 이 시스템에서 수행된 경제적 분석과 환경적 효과의 상관 관계를 구체적으로 알고 싶다. 예를 들어, 특정 인프라에 어느정도 투자했다고 치면, 환경적 이득은 얼마나 얻을 수 있는지와 환경적 이득을 산출하는 기준 같은 것? 그러니까 투자 대비 환경적 이득이 어떻게 도출되는지!

3. 커뮤니티 참여

발표의 초입에서 이 시스템을 통해 지역 사회와의 협력이 강화될 것이라고 했는데, 실제로 지역 사회의 의견을 수렴하거나 피드백을 반영하는 방법이 무엇인지? 시스템에서 제공하는 결과가 어떻게 커뮤니티와 공유되고, 그들의 의견이 어떻게 계획에 반영되는지?

발표 느낀 점 간단기록

디지털 트윈 기술의 활용을 통해 환경 관리와 인프라 계획을 어떻게 개선할 수 있는지에 대해 알려주는 발표였다. 기술적 세부사항과 실제 적용 사례를 잘 보여주고 있으나 기술적인 부분을 발표만 듣고 이해하기는 어려움이 있었다. 브리즈번의 지속 가능한 발전에 디지털 트윈이 어떻게 기여할 수 있을지에 대한 내용이다보니 현재 개발된 디지털 트윈 시스템이 다른 도시나 국가로 확장될 수 있는 가능성에 대해서 궁금증이 생긴다. 이 시스템이 브리즈번 지역에 특화된 부분이 많다면, 이를 다른 지역에 맞게 조정하는 방법은 무엇인지 탐구해도 좋을 것 같다.

TS 1.16 | 3조

UTILITY RESPONSES AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IMPACTS

A Natural Solution To A Complex Delta Issue : The Climate Buffer For Ecological And Climate-resilient Drinking Water Provision

Presenter : Koen Zuurbier, Netherlands

1.16 UTILITY RESPONSES AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IMPACTS

Room 705
Technical

Chair: **Peter Dane**, *Netherlands* Co-chair: **Yang Villa**, *Philippines*

A Natural Solution To A Complex Delta Issue: The Climate Buffer For Ecological And Climate-resilient Drinking Water Provision, **Koen Zuurbier**, *Netherlands*

The Effects Of Climate Change: Are The Water Systems Ready?, **Shakhawat Chowdhury**, *Saudi Arabia*

Papakura Water Treatment Plant: A Phoenix Rises, **Chris Aspinall**, *Australia*

Water Use Amidst The Climate Crisis: Challenges In Delivering Basic Sanitation Services - A Case Study Of Rio De Janeiro, Brazil, **Natália Rodrigues Costa Flecher**, *Brazil*

POSTERS

*Strategic Planning To Adress Climate Change Impacts On Wastewater Infrastructures From Águas Do Tejo Atlântico, **Rita Lourinho**, *Portugal**

IWA World Water Congress & Exhibition 2024

11-15 August 2024 | Toronto – Canada



A natural solution to a complex delta issue: the Climate Buffer for ecological and climate- resilient drinking water provision

K.G. Zuurbier*, R. van der Neut*, A. Swank*, T.R. de Groot*, M. Jonck*, Klaasjan Raaij**,
Jeroen A. Vercaut***





네덜란드에는 Rhine 강, Meuse 강, Scheldt 강 이렇게 3개의 강이 합류하여 형성된 삼각주 Rhine Delta가 있다. 삼각주란 강에 의해 운반된 퇴적물이 흐름이 거의 없이 고여있는 물을 만났을 때 생기는 지형을 말한다. 이곳은 항해 수로로 직접 연결되기 때문에, 경제적인 측면과 지리적인 측면에서 매우 중요하다. 주로 Rhine Delta의 끝, 즉 삼각주의 최종 부분에서 물을 취수하여 사용한다는 특징이 있다.



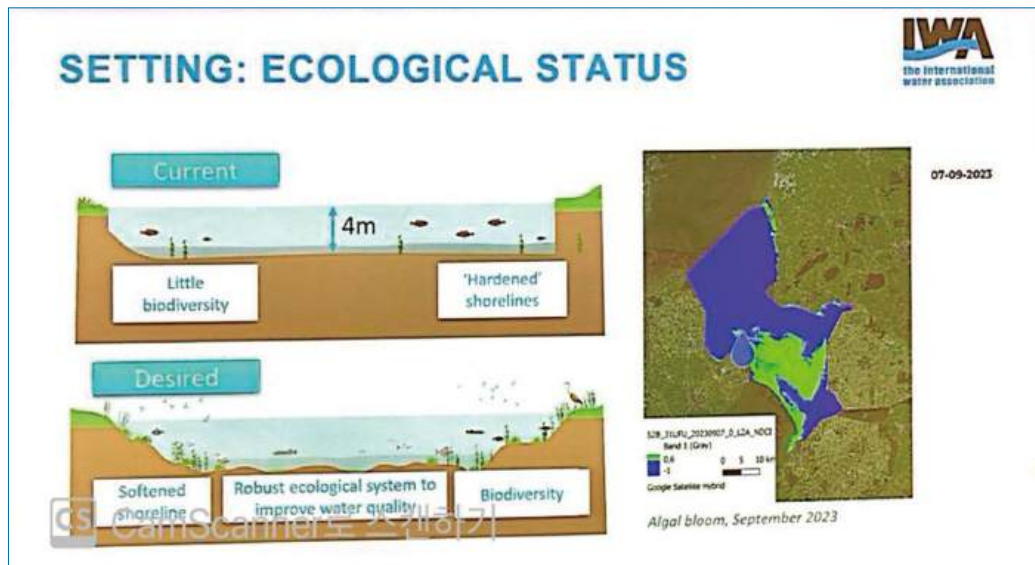
그림1. Rhine Delta의 실제 모습 (출처 | Flickr)



해당 지역에는 IJsselmeer 호수의 물을 취수하여 처리 과정을 거친 후 주변 가정에 수도를 공급하는 시스템이 있고, IJsselmeer 호수로의 Wadden sea 유입량을 조절하기 위한 댐이 있다. 이를 통해 호수의 물을 Wadden sea의 침입 없이 가정 및 기타 시설에 처리한 수자원을 수도를 이용하여 안전하게 공급할 수 있다.



그림2. IJsselmeer 호수의 실제 모습 (출처 | EuroParcs)



이곳 Rhine Delta 삼각주의 현재 생태 환경은 생물 다양성이 열악하고, 해안선이 완만하지 않다는 특징이 있다. 해당 연구에서 궁극적으로 추구하는 생태 환경은 생물 다양성이 보전됨과 동시에 해안선이 완만하며, 이를 통해 결과적으로 수질이 좋아진 상태이다. 한편, 최근 2023년 10월에 심각한 대규모의 녹조 증식이 발생한 것처럼 이 일대에 대한 관리 및 주기적인 모니터링이 필요하다.

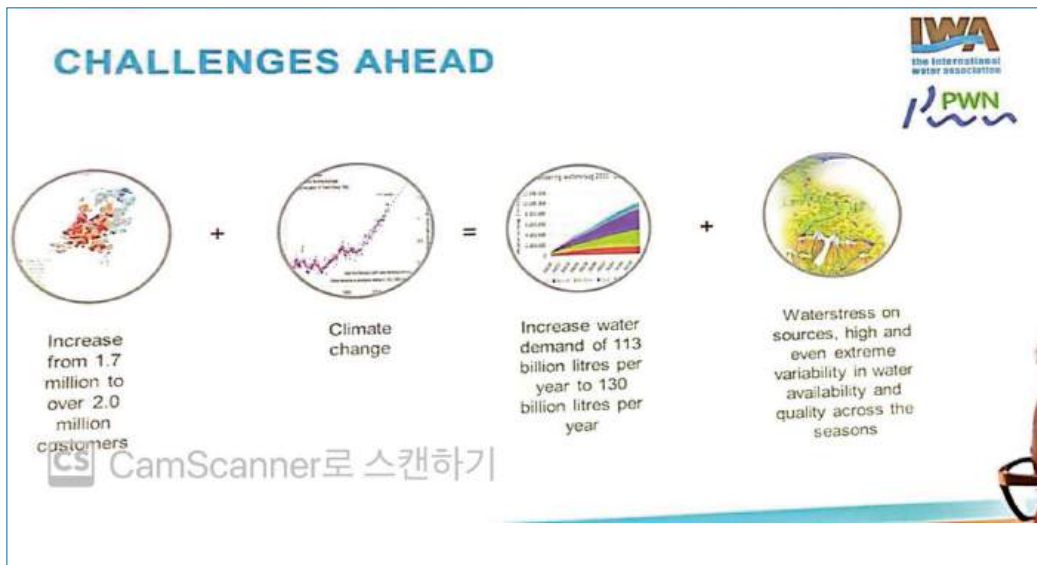
용어 설명

녹조 : 여름~가을철에 우점종을 차지하는 남조류에 의해 하천과 호소의 물빛이 진한 녹색을 띠는 현상

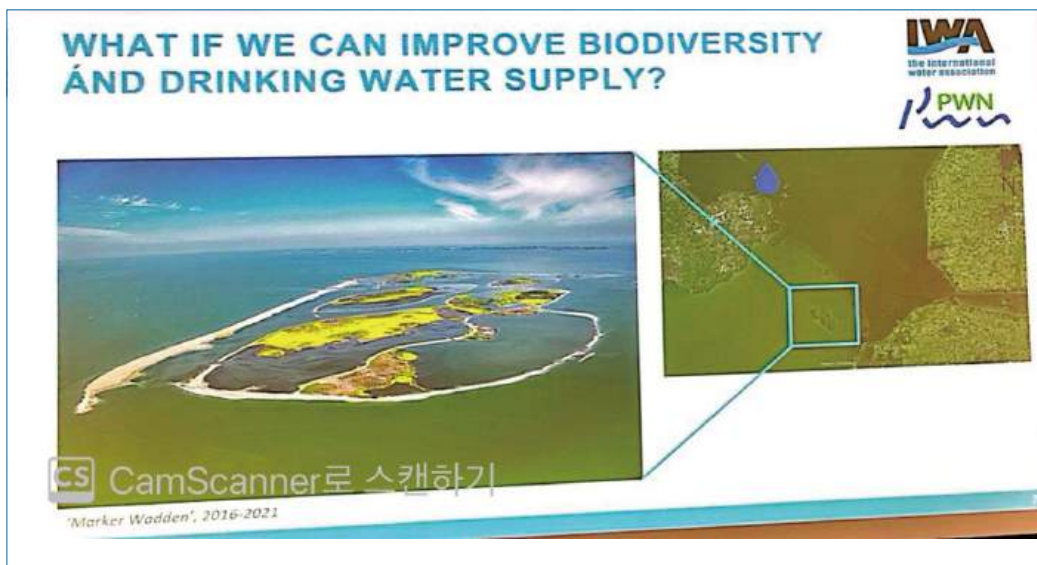
남조류 : 조류의 한 종류로, 물속에서 광합성을 하는 식물플랑크톤 (출처 | 물정보포털)



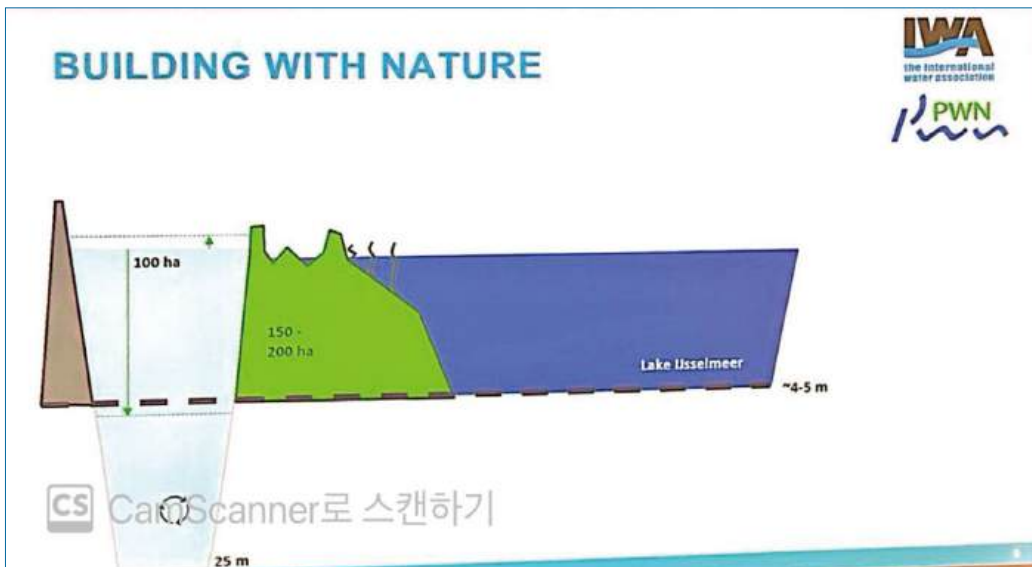
ANDIJK는 Wadden Seawater와 Rhine river water가 동시에 유입되는 곳인데, 이곳에서는 우선 ANDIJK 지역에서 물을 취수한 후, 취수한 물을 전처리 과정을 거쳐 가정, 시설 등에 보급(RO, MAR)하거나 음용수를 생산(UV-H₂O₂, GAC)하는 데 사용하기도 하는 등 여러 전처리 과정을 통해 다양한 용도로 보급, 사용되고 있다.



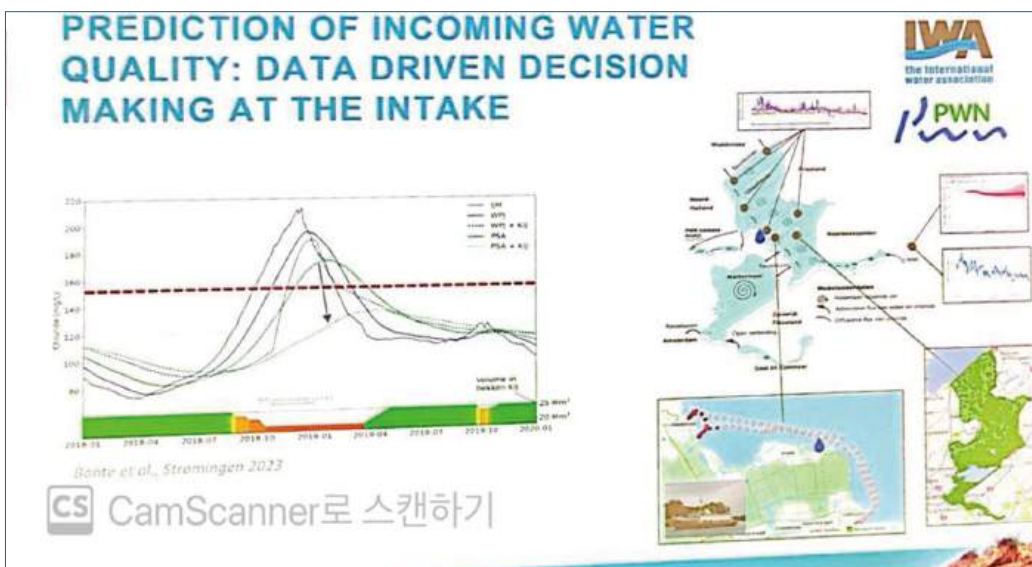
그러나, 급격한 인구 증가와 기후 위기로 인해 물 요구량이 늘어남에 따라 양질의 물을 보급하는 것과 더불어 연중 수자원의 좋은 수질을 유지하며, 이를 처리하여 안정적으로 공급해야 하는 과제에 당면해 있다.



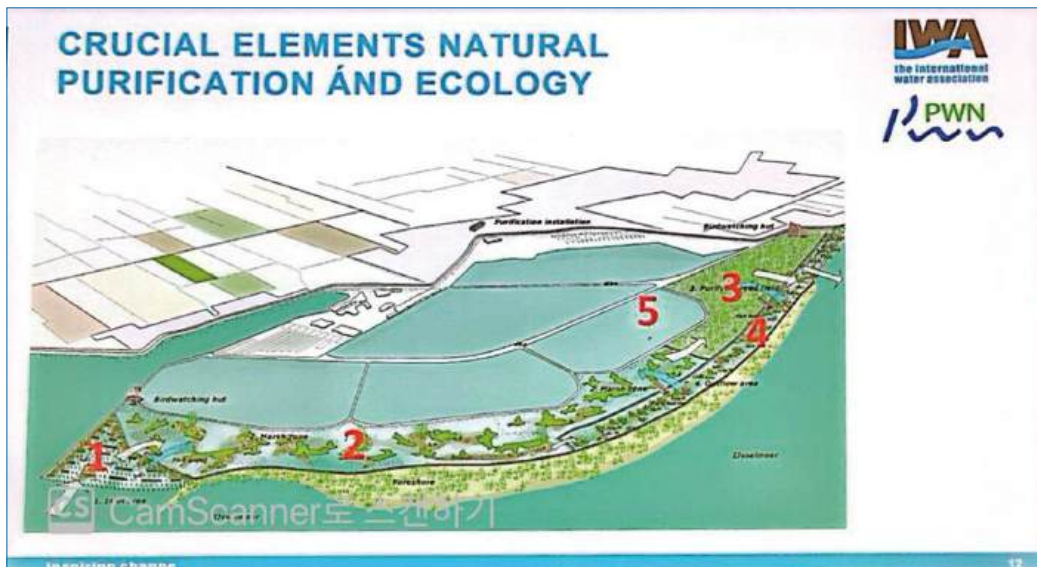
양질의 물을 보급하고 수자원의 뛰어난 수질을 유지하기 위해, 해당 지역의 생물 다양성을 보전하고 이를 통해 가정, 시설에 공급되는 수도와 음용수 공급을 늘릴 수 있다.



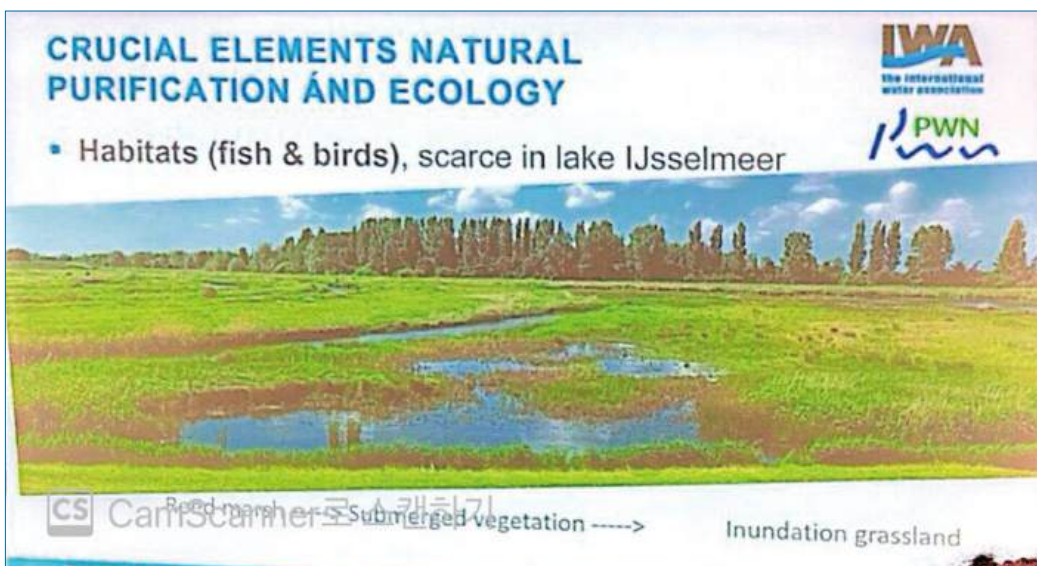
이곳은 일종의 ‘Climate Buffer’ 역할을 하여, 넓은 면적에 충분한 체류 시간을 줌으로써 물의 수직 순환 흐름을 따라 자정 작용을 통해 수 자원이 자연적으로 정화되도록 할 수 있다.



Climate Buffer가 제대로 작동했을 때, 해당 지역의 취수 수질을 분석한 결과 많이 좋아진 것을 확인할 수 있었으며, 이는 Climate Buffer가 생물 다양성, 수자원의 수질, 양질의 물을 보급하고자 하는 목적에 핵심적인 역할을 하는 것을 의미한다.



해당 지역의 자연환경 중 Climate Buffer의 역할이 수행 가능한 수 있는 핵심적인 자연정화 및 생태 요소들을 나타내었다(1~5).



기존의 Lake IJsselmeer는 물고기와 새 등의 생물을 위한 서식처로 한정적이라는 한계가 있었지만, 앞으로 이곳은 더 다양한 생물을 위한 터전이 될 수 있을 것이며, 이를 통해 생물 다양성 또한 확보할 수 있을 것이다. 또한 심미적으로 좋은 자연경관을 제공하며, 처리된 음용수를 저장하는 공간으로 활용될 수도 있다.



이곳에 서식하는 Macrofauna는 물 속 정화작용을 도우며, 물고기와 새의 먹이가 되기 때문에, 생물 다양성 조성에 핵심적인 역할을 한다.

용어 설명

Macrofauna : 1.0 mm 체에 걸러진 동물을 의미하며 불가사리, 홍합, 대부분의 조개, 산호 등을 포함하는 가장 큰 저서 동물이다.

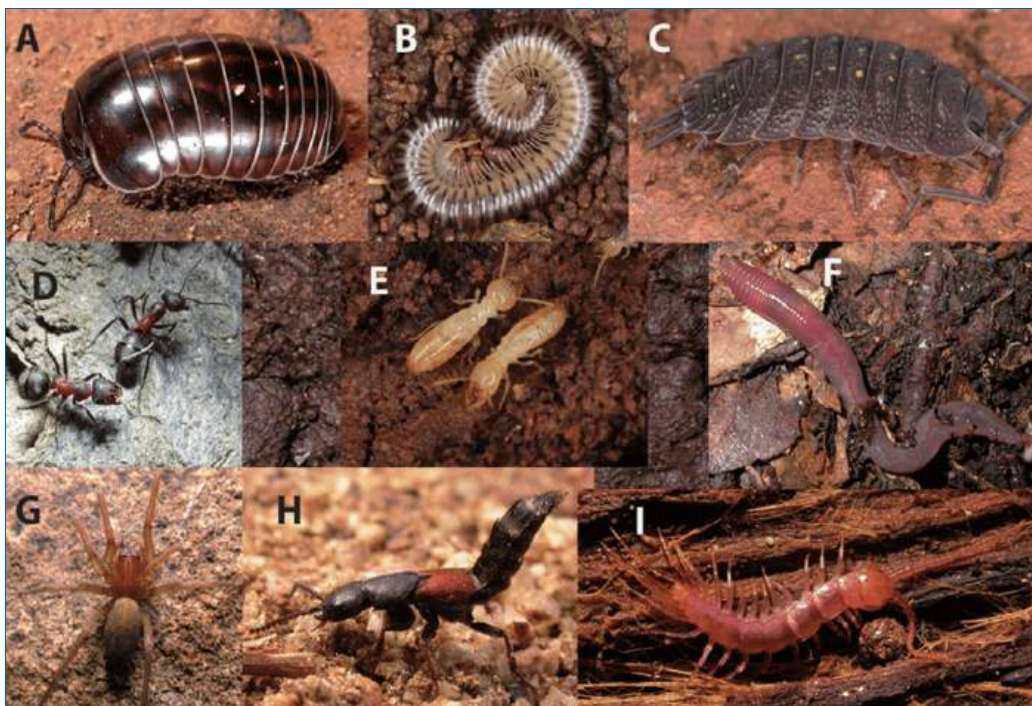
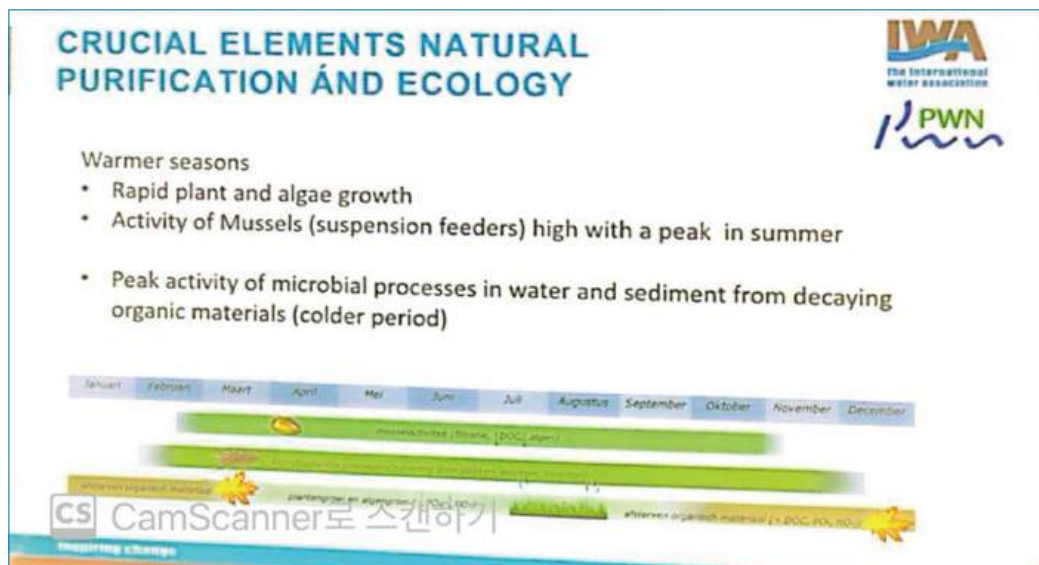


그림3. Macrofauna (출처 | ResearchGate)



비교적 더운 시기에는 식물과 조류가 급격하게 성장하고, 담치류가 활발히 활동한다.

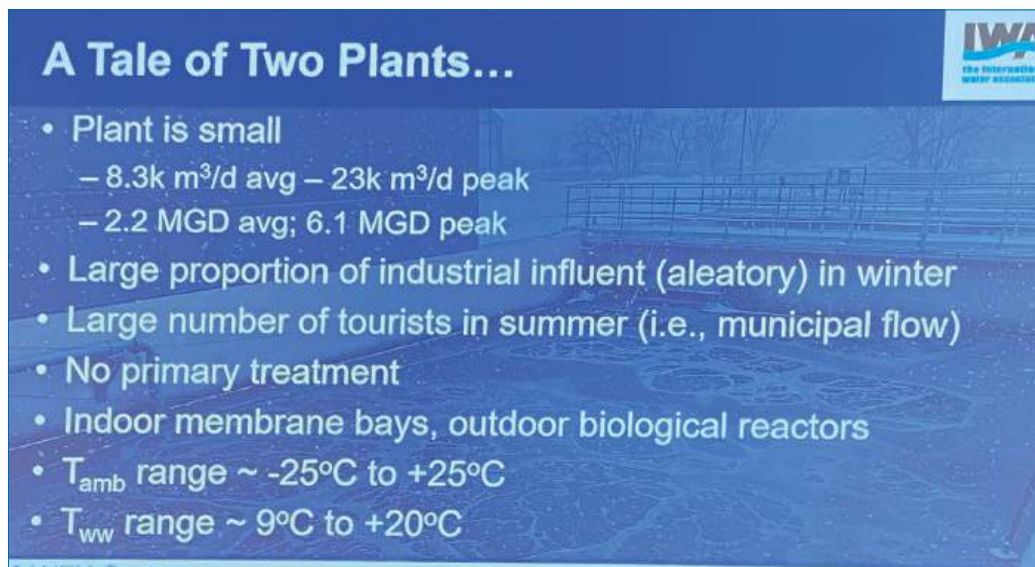
반면 비교적 추운 시기에는 물 속 유기물을 제거하는 미생물이 활발히 활동한다.

이와 같은 핵심적인 생태 지역 조성은 생물다양성과 같이 또 다른 가치를 만들어낼 수 있고, 수자원의 수질을 높은 수준으로 유지하는 데 도움이 될 수 있다.

MEMBRANE REACTORS

Oxygen Transfer In MBR Before And After Densification, Diego Rosso, USA (4번째 발표)

1. 연구 배경 및 목적



The slide, titled "A Tale of Two Plants..." with the IWA logo, lists the following characteristics of the plant:

- Plant is small
 - 8.3k m³/d avg – 23k m³/d peak
 - 2.2 MGD avg; 6.1 MGD peak
- Large proportion of industrial influent (aleatory) in winter
- Large number of tourists in summer (i.e., municipal flow)
- No primary treatment
- Indoor membrane bays, outdoor biological reactors
- T_{amb} range ~ -25°C to +25°C
- T_{ww} range ~ 9°C to +20°C

계절적 변동

디트로이트 레이크는 관광지로서, 여름에는 관광객이 몰리며 폐수 유입량이 증가하고, 겨울에는 주로 산업 폐수가 유입된다. 겨울에는 8개월 동안 거의 거주자가 없고 대부분이 관광지이기 때문에, 산업 폐수의 비율이 매우 높아지며 대량의 산업 폐수가 플랜트로 유입되면서 처리 플랜트가 다른 색을 띠거나 섬유 제조 공장에서 나오는 색소 때문에 색깔이 변하는 현상이 발생한다. 이러한 계절적 변동이 폐수 처리 공정에 큰 영향을 미친다.

기존 공정

이 공장은 1차 처리가 없으며, 유입되는 폐수는 바로 막분리(MBR) 공정으로 들어간다. 공정 탱크는 야외에 있지만 막 탱크는 실내에 있다. 따라서 막을 유지 관리하거나 청소 주기를 진행할 때 실내에서 작업해야 한다.

연구 목적

폐수의 물리적 분리가 생물학적 과정에 미치는 영향을 이해하고, 산소 전달 효율을 개선하기 위함이다.

2. 산소 전달 효율 및 관련 개념

- 콜로이드 물질 : 콜로이드 물질은 산소 전달 효율을 저하시킨다. 이는 콜로이드 물질이 기포의 표면에 달라붙어 산소 전달을 방해하기 때문이다.

- 알파 인자(α -factor)

ALPHA

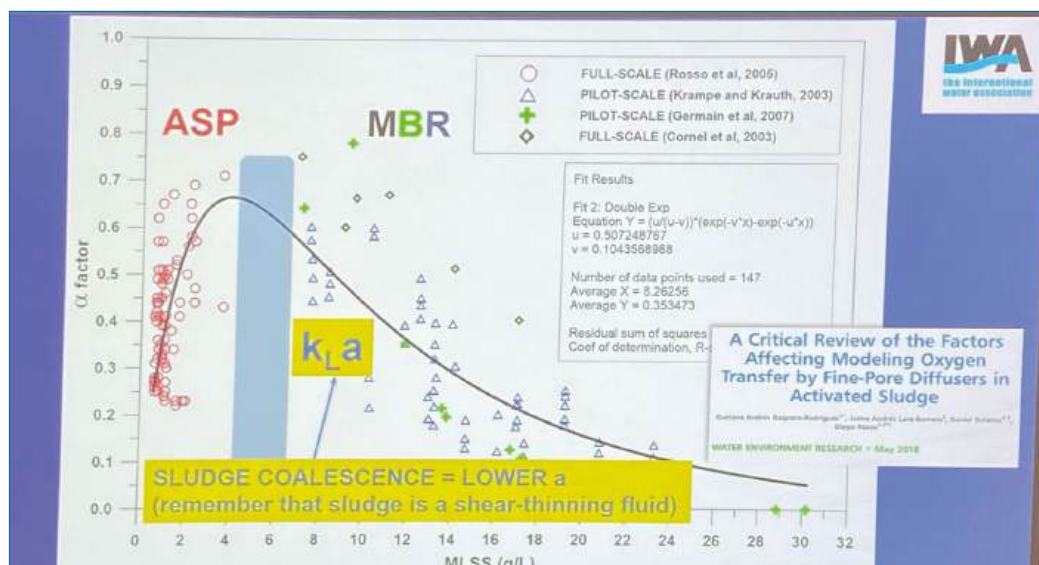
- Alpha is variable, NOT a constant
- What we should talk about is $\langle \alpha \rangle$, which is the average over the reactor's volume
- When bubbles coalesce in sludge, alpha drops
- Fine-pore diffusers in ASP: 0.2 – 0.7
- Fine-pore diffusers in MBR (MLSS>1%): 0.1 – 0.5
- Different alpha with different loads
- Colloidal effects on alpha

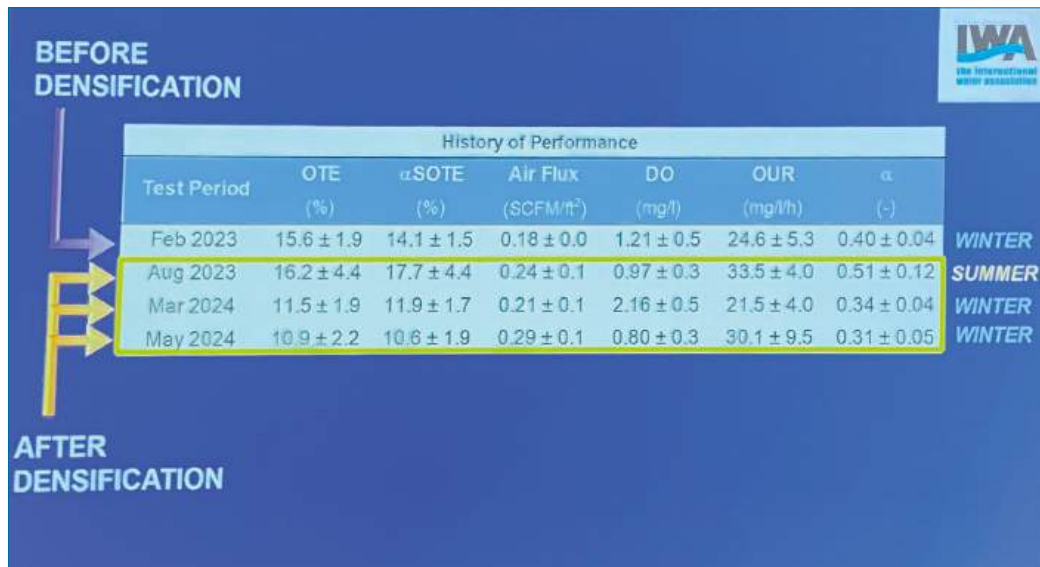
알파 인자는 폐수에서 산소 전달 효율을 나타내는 중요한 지표이다. 알파 인자는 폐수에서의 산소 전달 계수(KLa)와 깨끗한 물에서의 KLa 의 비율로 계산된다. 이 인자는 폐수의 COD(화학적 산소 요구량) 구성에 따라 달라지며, 시간에 따라 변한다.

- 버블 코어레스(collision) : 폐수의 점도가 높을 경우, 기포들이 합쳐지면서 더 큰 기포가 되어 산소 전달 효율이 떨어진다.

3. 연구 결과

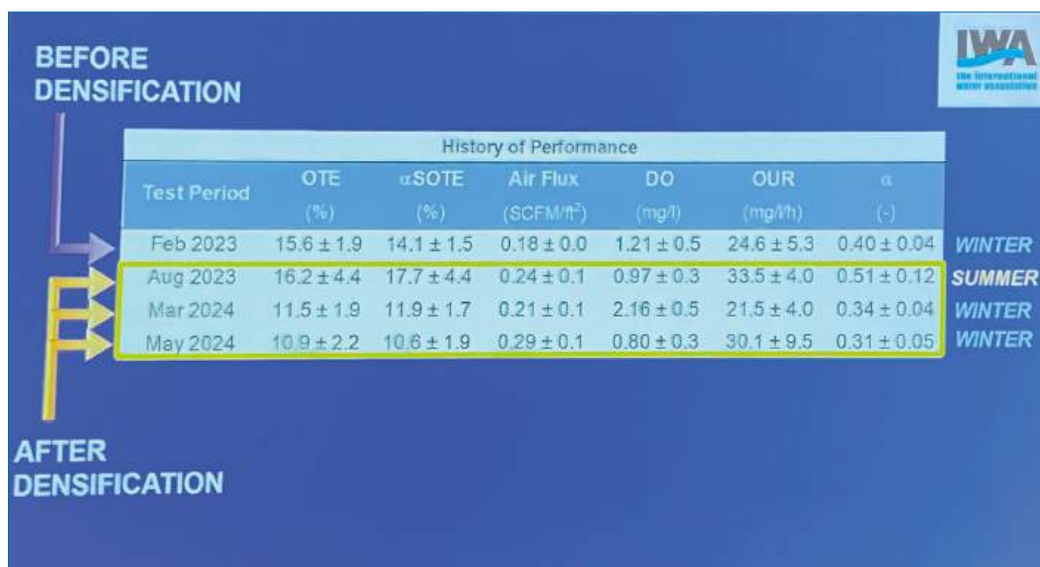
20년 전에 작성한 논문을 참고하여 데이터를 비교한다. 활성 슬러지 공정과 MBR 공정에서의 산소 전달 효율을 비교한 결과, MBR 공정에서 알파 계수가 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 거품이 합쳐지면서 가스 전달 계수가 떨어지기 때문이다.





산소 전달 효율을 평가하기 위해 겨울철과 여름철에 실험을 수행한 결과 여름철에는 산소 전달 효율이 개선되었으나, 겨울철 산업 폐수 유입 시 효율이 저하되었음을 알 수 있다. 이번 연구에서 첫 번째 테스트는 2023년 2월에 진행되었으며, 이는 슬러지 농축이 시작되기 전의 기준 테스트다. 알파 계수는 0.4로, MBR 공정에서 수용할 만한 수준이었다. 이후 6개월 후 여름에 다시 테스트를 진행했을 때, 알파 계수가 0.51로 상승했다. 이는 슬러지 농축이 산소 전달 효율을 크게 향상시켰음을 의미한다.

4. 결론 및 제언



물리적 분리는 생물학적 과정에 긍정적인 영향을 미칠 수 있으며, 산소 전달 효율을 개선할 수 있다. 추가 실험을 통해 여름철 조건에서의 효율을 더 확인하고자 한다. 또한, 겨울철에 모래(grit)와 같은 불필요한 고형물이 공정에 축적되지 않도록 주의해야 한다는 점을 강조한다.

HOW TO GO DIGITAL AS A WATER UTILITY

Radar Data Applied – Optimizing Decision-making In Planning, Operations And Customer Service In Aalborg Utility, Katrine Møller, Denmark

요약 : 이 발표에서는 덴마크의 Aalborg 시에서 레이더 강수 데이터를 활용하여 계획, 운영, 고객 서비스 분야에서 의사결정을 최적화한 사례를 소개하고 있다.

Aalborg 시는 인구 약 22만 5천 명의 도시로, 전체 하수 시스템 중 72%는 우수와 오수를 별도의 관으로 처리하는 분리식 하수 시스템을 사용하고 있다. 이 도시는 2065년까지 100% 분리식 하수 시스템으로 전환하기 위한 계획을 세우고 있으며, 이를 위해 레이더 강수 데이터가 중요한 역할을 하고 있다.

20년 전 Aalborg 시는 Aalborg 대학과 협력하여 첫 X밴드 레이더를 도입했다. 이 레이더 데이터를 활용하여 원시 데이터를 유용한 강수량 정보로 변환하는 프로세스를 개발했으며, 현재는 일상적인 작업에서 이를 활용하고 있다. 또한, 덴마크 기상청에서 제공하는 C밴드 레이더 데이터와 11개의 강우 측정기 데이터를 사용하여 레이더 데이터를 보정하고 있다.

이 데이터를 활용하기 위해 개발된 KAMA라는 웹 애플리케이션은 레이더 데이터와 강우 측정기 데이터를 통합하여 다양한 시각으로 강수량을 시각화할 수 있는 기능을 제공한다. 이 애플리케이션은 실시간으로 데이터를 제공하며, 계획, 운영, 고객 서비스 부서에서 유용하게 활용되고 있다.

고객 서비스 부서는 KAMA를 사용하여 고객이 침수 피해를 신고할 때, 강수량 정보를 통해 보험사에 통보해야 할지를 판단할 수 있다. 운영 부서는 강수량 데이터를 바탕으로 하수 시스템의 알람 해석 및 적절한 대응 방안을 결정할 수 있다. 또한, 계획 부서는 KAMMA를 사용하여 지역 내 하수 시스템 문제를 분석하고, 문제 해결을 위한 최적의 방법을 결정할 수 있다.

특히, Beerholm 지역에서 발생한 여러 침수 사례를 분석한 결과, 오수관에 잘못 연결된 우수관으로 인해 발생한 문제임을 확인하였다. 레이더 데이터를 통해 오염원이 위치한 두 개의 특정 지역을 식별할 수 있었고, 이를 바탕으로 침수 문제 해결을 위한 시간과 비용을 효율적으로 사용할 수 있었다.

이와 같은 접근 방식은 Aalborg 시의 하수 시스템 문제를 해결하고, 향후 발생할 수 있는 문제를 미리 예방하는 데 큰 도움이 되고 있다.

KAMA에 대한 설명

KAMA는 레이더 데이터와 강우량계 데이터를 통합하여 시각화하고 분석할 수 있는 웹 애플리케이션이다. 애플리케이션은 Aalborg 유틸리티의 여러 부서에서 사용되며, 주요 기능은 다음과 같다.

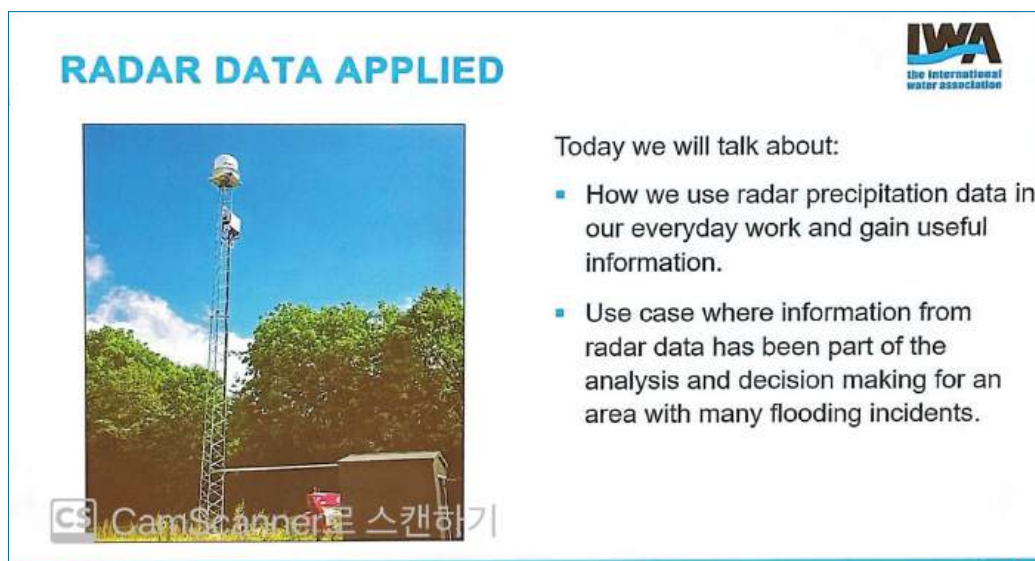
- 실시간 강수량 데이터 제공 : KAMA는 실시간 강수량 데이터를 제공하여 운영팀이 즉각적으로 대응할 수 있도록 돕는다.
- 홍수 감지 및 분석 : 강수량이 특정 수준 이상일 때, 이를 감지하고 시각화하여 홍수 발생 가능성을 평가할 수 있다.
- 데이터 비교 : 레이더 데이터와 강우량계 데이터를 비교하여 정확성을 높이고, 문제 발생 시 빠르게 대응할 수 있다.



발표 제목과 강연자 정보

제목 : 레이더 데이터 적용 - Aalborg 유틸리티의 계획, 운영 및 고객 서비스 의사결정 최적화

강연자 : Katrine Møller



레이더 데이터 적용

오늘 이야기 할 것

- 일상 업무에서 레이더 강수량 데이터를 사용하고 유용한 정보를 얻는 방법

- 레이더 데이터의 정보가 홍수 사고가 많은 지역에 대한 분석 및 의사 결정의 일부인 사용 사례

AALBORG UTILITY





- Aalborg Utility is placed in the city of Aalborg
- Aalborg city is the 4th biggest city in Denmark
- Approx. 225.000 inhabitants and an area of 114.000 hectares.

Aalborg 유틸리티

- Aalborg 유틸리티는 Aalborg시에 위치함
- Aalborg시는 덴마크에서 4번째로 큰 도시
- 대략 114,000헥타르 면적에 225,000명이 거주자들이 있음

AALBORG UTILITY – SUPPLY AREA

- Total sewered area 1.000 hectares
- 72 % separated (green), 28 % combined (red)
- We have a separation strategy to reach 100 % separation by 2065
- We are faced with having to plan and separate the sewage system in the 28 % combined sewer areas. Ensuring capacity, that will last for the next 100 years.
- As other utilities we have hydraulic problems in our combined system when heavy rain and cloudbursts occur.
- Capacity problems due to infiltration and misconnections.

↓

In order too meet the separation strategy and be able to solve the hydraulic problems, it is important that we have good precipitation data.






Aalborg 유틸리티 – 공급 지역

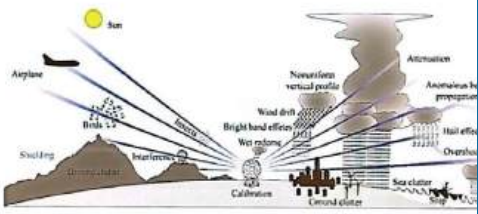
- 총 하수 면적 1000헥타르
- 분류식 72%(녹색), 합류식 28%(빨간색)
- 2065년까지 100% 분류식을 달성하기 위한 전략이 있음.
- 합류식 하수도 28% 구역에 하수처리를 계획하고 분리해야 하는 상황에 직면해 있음. 향후 100년 동안 지속될 용량을 보장해야함.

- 다른 유틸리티와 마찬가지로 폭우와 집중호우가 발생할 때 합류식 시스템에 유압 문제가 있음.
- 침투 및 오점함으로 인한 용량 문제
- 분류 전략을 충족하고 수리학적 문제를 해결하려면 좋은 강수량 데이터를 확보하는 것이 중요함.

DATA FOUNDATION RADAR DATA AND OTHER DATA

- Together with Aalborg University we bought our first X-band radar 20 years ago.
- The use of radar data in a sewer and drainage engineering perspective was new.
- Together with Aalborg University a pioneering work began. Processing the raw radar data (reflectivity) into usable precipitation estimates (intensities) was a challenge.
 - Clutter and noise removal, attenuation corrections and adjustment of the measurements against ground observations, etc.
- Today we have a processing chain and can now use radar data from our radar in our daily work.
- We have a Double Polarimetric X-Band Doppler Weather Radar.
 - Spatial resolution – 100 m (polar), Temporal resolution 1 min
 - Can measure up to 50 -70 km away
- Open source C-band radar data from Danish Meteorological Institute.
 - Spatial resolution – 250 m (polar), Temporal resolution 10 min
 - Can measure up to 250 km away
- We have precipitation data from 11 rain gages placed in our supply area. We use these data, among other things, to calibrate our radar data.
- Data from our Supervisory Control and Data Acquisition system (SCADA).

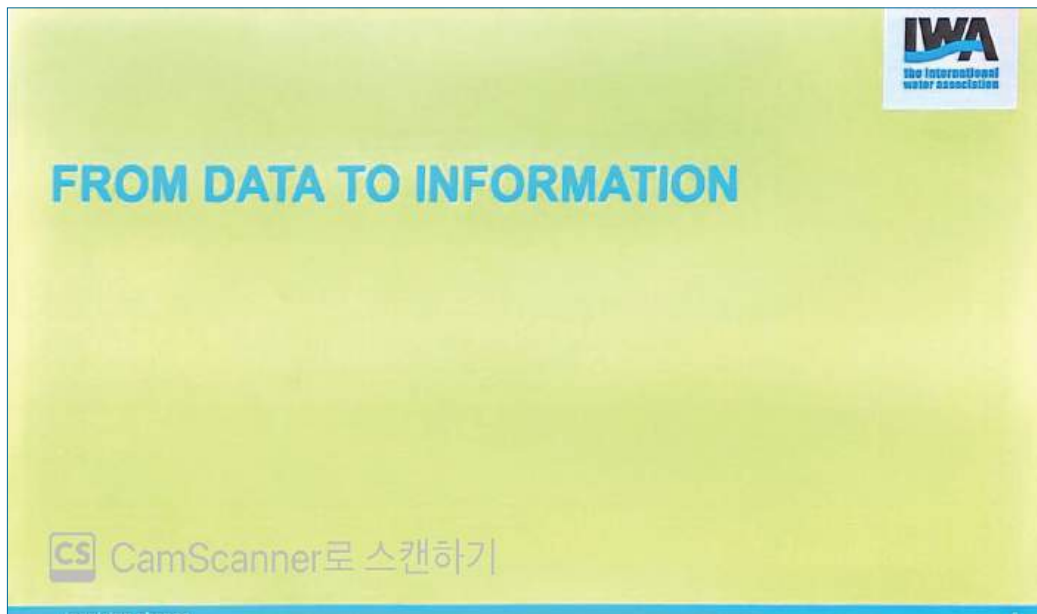




inspiring change

데이터 기반 레이더 및 기타 데이터

- Aalborg 대학교 함께 20년 전 최초의 X-밴드 레이더를 구입
- 하수 및 배수 공학적 관점에서 레이더 데이터를 사용하는 것은 새로운 일이었다.
- Aalborg 대학교 함께 선구적인 작업이 시작되었다. 원시 레이더 데이터(반사율)를 사용 가능한 강수량 추정치(강도)로 처리하는 것은 어려운 일이었다. (클러터 및 소음 제거, 감쇠 보정 및 지상 관찰에 대한 측정 조정 등)
- 오늘날 우리는 처리 체인을 보유하고 있으며 이제 일상 업무에서 레이더의 레이더 데이터를 사용할 수 있다.
- 이중 편광 X-밴드 도플러 기상 레이더
공간 해상도 – 100m(극), 시간 해상도 1분, 최대 50~70km 떨어진 곳까지 측정 가능
- 덴마크 기상 연구소의 오픈 소스 C-밴드 레이더 데이터
공간 해상도 – 250m(극), 시간 해상도 10분, 최대 250km 떨어진 곳까지 측정 가능
- 우리는 공급 지역에 설치된 11개의 우량계로부터 강수량 데이터를 보유하고 있다. 이러한 데이터를 사용하여 레이더 데이터를 보정한다.
- 우리의 SCADA로부터의 데이터
 - 1) 공간해상도(Spatial Resolution) : 위성 센서(카메라)에서 파악할 수 있는 지상 표면의 최소 단위(화소 또는 pixel)
 - 2) 시간해상도(Temporal Resolution) : 특정 지역에 대한 영상 자료를 얼마나 자주 얻는지를 나타내는 지표
 - 3) SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) : 감독 제어 및 데이터 수집을 의미. 소프트웨어와 하드웨어를 결합하여 산업 조직과 공장이 프로세스와 장비를 제어할 수 있도록 하는 시스템



데이터에서 정보로

KAMA – VISUALIZATION OF RAIN DATA

Data

- Radar data
- Rain gauges

Three timesteps

- Live
- Nowcast (2-hour forecast)
- Archive (more than 24 hours ago)

Five analysis / views available

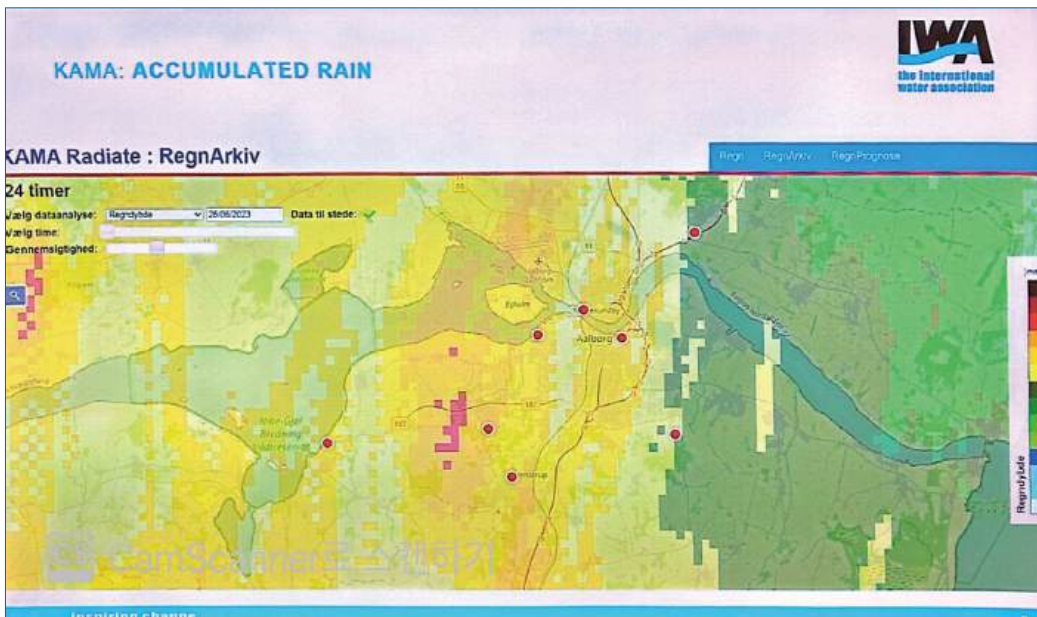
- Rain depth
- Cloudburst
- Max 10 min intensity
- Max 30 min intensity
- Max 60 min intensity

Users

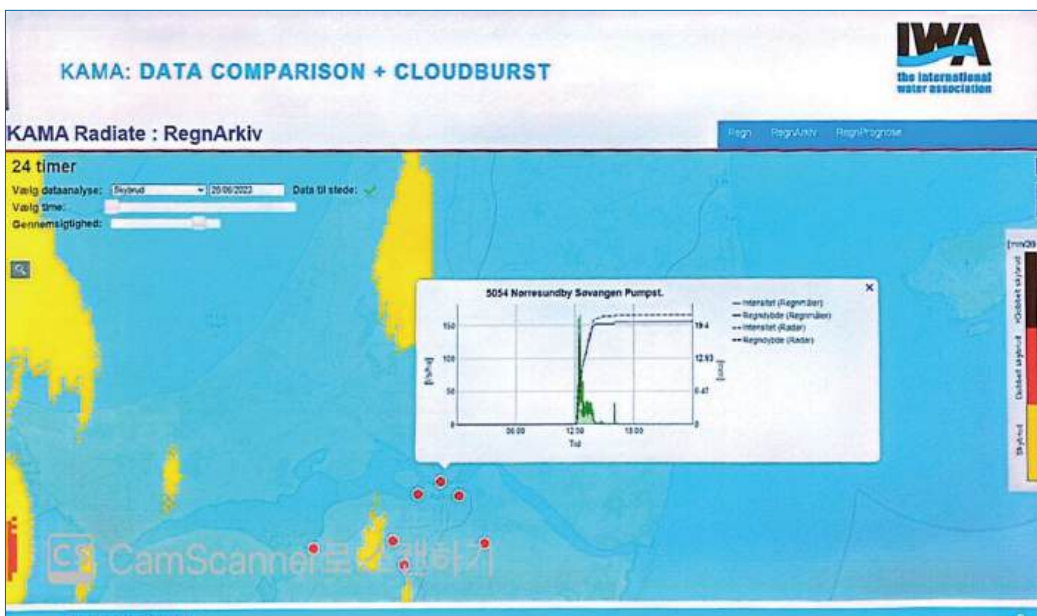
- Planning
- Operations
- Customer Service

KAMA – 강우 데이터의 시각화

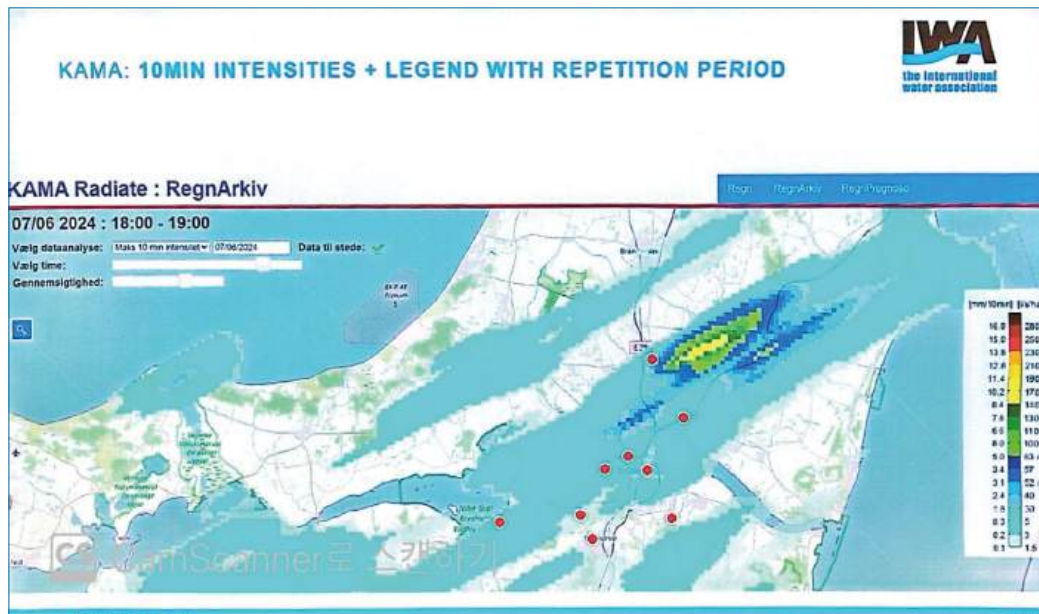
- 데이터(레이더 데이터, 우량계)
- 5개의 분석 / 보기 가능(비의 깊이, 집중호우, 최대 10분 강도, 최대 30분 강도, 최대 60분 강도)
- 3가지 시간 단계(실시간, Nowcast(2시간 예보), 보관처리(24시간 이상 전))
- 사용자(계획, 운영, 고객 서비스)



KAMA : 축적된 강수량

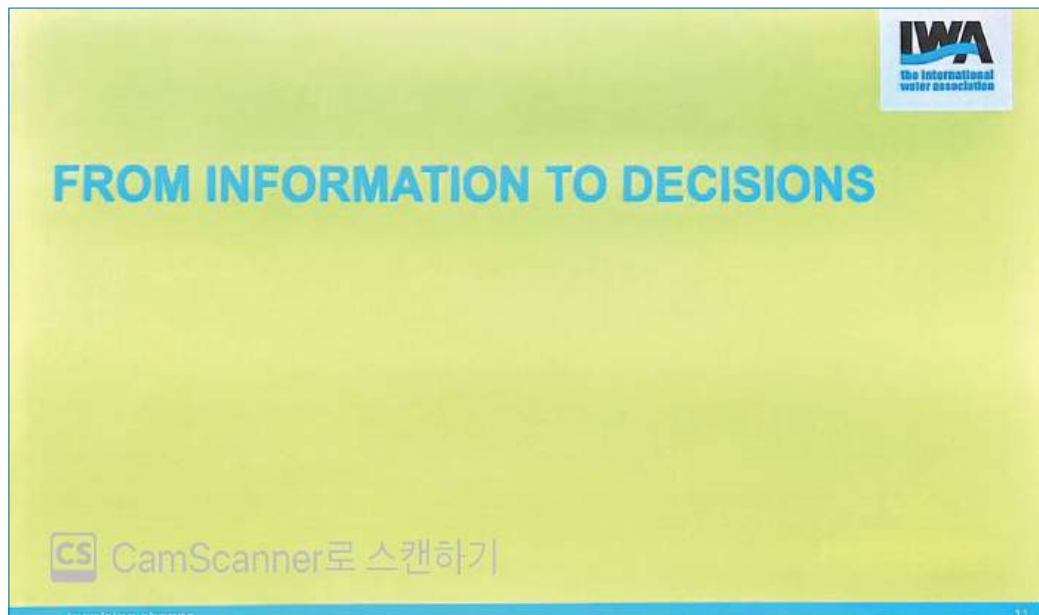


KAMA : 데이터 비교 + 집중호우



KAMA : 10분 강도 + 반복 주기를 포함한 범례

10분 동안의 강우 강도를 시각적으로 보여주며, 범례를 통해 각 강도의 반복 주기를 함께 제공하는 기능이 있다.



정보에서 결정으로

DECISIONS BASED ON RADAR DATA



Customer Service

- How to provide the best and most efficient help for a citizen with a flooded cellar
 - If KAMA shows cloudburst: Refer to the insurance company
 - If KAMA shows rain below the dimension criteria for our pipes: Make the Operations Department aware of the incident as something might need fixing

CS CamScanner로 스캔하기

inspiring change 12

레이더 데이터를 기반으로 한 결정

고객 서비스

홍수로 지하실이 침수된 시민에게 최선의 도움을 제공하는 방법

- KAMA에서 집중호우(cloudburst)가 표시될 경우 : 보험사에 문의
- KAMA에서 하수관의 설계 기준보다 낮은 강우가 표시될 경우 : 문제를 있을 수 있으므로 운영 부서에 사건을 알림

DECISIONS BASED ON RADAR DATA



Department of Operations

- How to prepare for the day when starting a new shift in the morning
 - Has it been raining - and how much and where – since the previous workday? This will inform on what problems that will be expected to have arisen during the night and what will need solving today.
- How to interpret various alarms and warnings in the SCADA-system
 - Is it raining in the area where the alarm is triggered? And is it raining more or less than what our sewer pipes are dimensioned for? This will inform on how to respond to the different messages and where to dispatch a worker for further inspection.
- Detecting problems with our rain gauges
 - Does the comparison of a single rain gauge and the radar data show a large discrepancy? Then someone will have to inspect the rain gauge.

CS CamScanner로 스캔하기

레이더 데이터를 기반으로 한 결정

운영 부서

- 아침에 새로운 교대 근무를 시작할 때 하루를 준비하는 방법 : 지난 근무일 이후 비가 내렸는지, 그리고 얼마나, 어디에서 내렸는지 확인한다. 이는 밤사이에 발생했을 문제들을 예상하고, 오늘 해결해야 할 문제들을 파악하는 데 도움이 된다.
- SCADA 시스템의 다양한 경보 및 알람을 해석하는 방법 : 경보가 발생한 지역에 비가 내리고 있는가? 그리고 그 지역의 강우량이 하수관의 설계 용량을 초과거나 미달하는가? 이를 통해 각 알람에 어떻게 대응할지, 그리고 추가 검사를 위해 어디로 직원을 견해야 할지 결정할 수 있다.
- 강우량계의 문제 감지 : 특정 강우량계와 레이더 데이터 간에 큰 차이가 있는가? 그렇다면 강우량계를 점검하기 위해 누구를 파견해야 한다.

DECISIONS BASED ON RADAR DATA

Department of Planning

- How to respond to a large variety of problems, e.g. the "Vejrholm" case:
 - Several incidents regarding floodings from the wastewater pipe
 - Heavily loaded wastewater pump
 - A downstream interceptor sewer affected by large amounts of extraneous water




CamScanner로 스캔하기

inspiring change
14

레이더 데이터를 기반으로 한 의사 결정

계획 부서

다양한 문제에 대응하는 방법, 예를 들어 "Vejrholm" 사례

- 하수관에서 발생한 여러 홍수 사건
- 과부하가 걸린 하수 펌프
- 많은 양의 불순물이 유입된 하류의 집수 하수관

CASE: "VEJRHOLM"

- The "Vejrholt" catchment area is 100 hectares.
- 50% of the area is paved
- The sewer system is an older separated sewage system from the 1970 and 1990.
- The area consist of primarily residential properties. A few agricultural fields are also located in the area

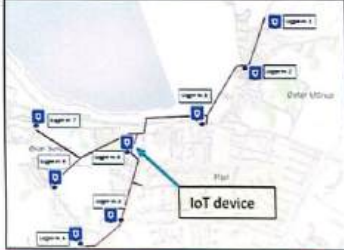
Hypothesis:

- H1: The wastewater pipe could be affected with stormwater due to misconnected sewer laterals. Most problems occurred in a specific area. Making us suspect that there were several misconnected sewer laterals in this area.
- H2: Groundwater could be infiltrating the system.
- H3: Drainage water from nearby agricultural fields could be connected to the system.

We needed to investigate the hypothesis to decide the best solution and where we should use our time and money.

- We placed 8 IoT devices to measure water level during dry weather and during precipitation in 8 strategically selected wastewater wells in the "Vejrholt" area.





CASE: "VEJRHOLM"

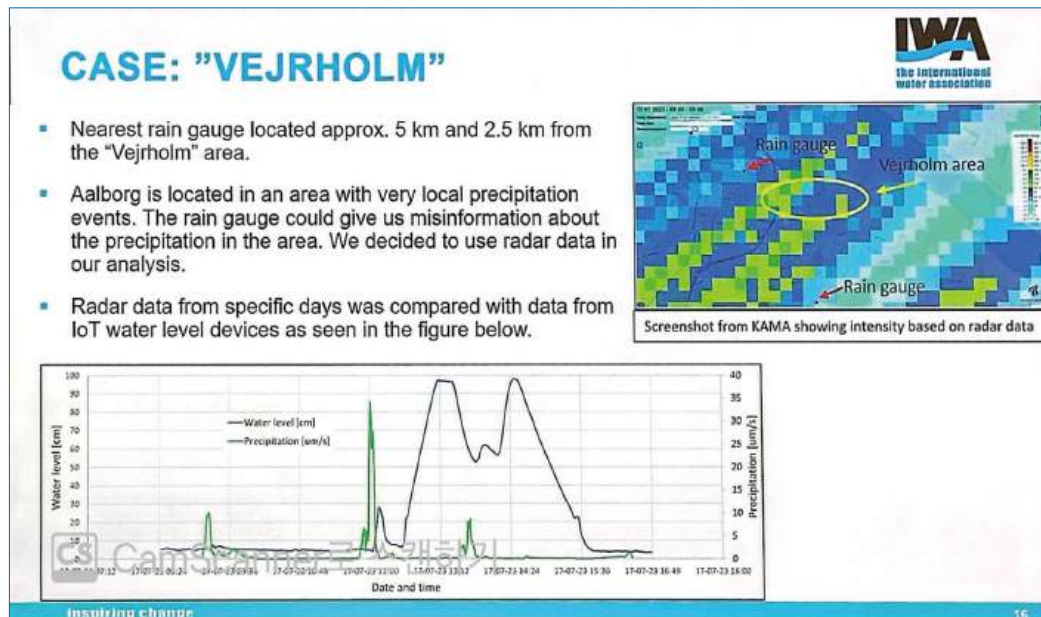
- "Vejrholt" 유역 면적은 100헥타르이다.
- 이 지역의 50%는 포장되어 있다.
- 하수 시스템은 1970년과 1990년 사이의 오래된 분류식 하수 시스템이다.
- 이 지역은 주로 주거용 건물들로 구성되어 있으며, 몇몇 농업용 필드도 이 지역에 위치해 있다.

가설

- H1 : 잘못 연결된 하수관 분지로 인해 하수관이 빗물에 영향을 받을 수 있다. 대부분의 문제는 특정 지역에서 발생했다. 이 지역에 여러 잘못 연결된 하수관 분지가 있을 것으로 의심된다.
- H2 : 지하수가 시스템에 침투할 수 있다.
- H3 : 인근 농업용 필드에서 나오는 배수 물이 시스템에 연결될 수 있다.

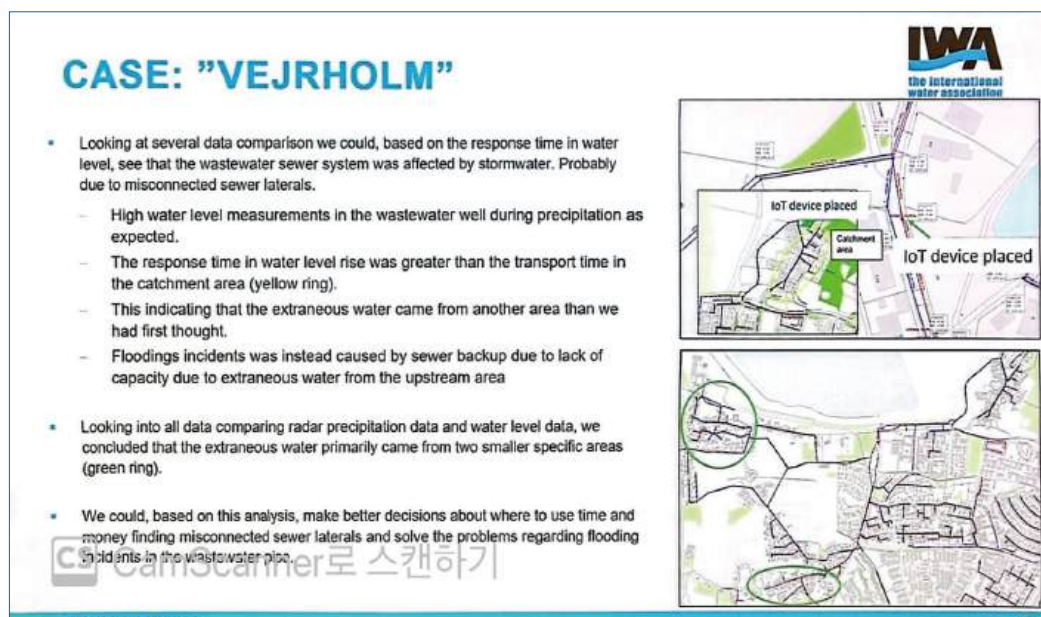
우리는 최선의 해결책을 결정하고 우리의 시간과 돈을 어디에 사용할지 결정하기 위해 이 가설을 조사해야 했다.

우리는 "Vejrholt" 지역의 전략적으로 선택된 하수 웅덩이에 8개의 IoT 장치를 배치하여 건조한 날씨와 강수 중에 수위 데이터를 측정했다.



CASE : "VEJRHOLM"

- 가장 가까운 강수계는 "Vejrholt" 지역에서 약 5km와 2.5km 떨어져 있다.
- Aalborg 지역은 강수 현상이 매우 지역적이라서 강수계 데이터가 해당 지역의 강수량을 정확히 반영하지 않을 수 있다. 그래서 분석에 레이더 데이터를 사용하기로 했다.
- 특정 날짜의 레이더 데이터는 아래의 IoT 수위 장치의 데이터와 비교되었다.



CASE : "VEJRHOLM"

- 여러 데이터 비교를 통해 수위 반응 시간을 보면, 폐수 배수 시스템이 우수로 인해 영향을 받았다는 것을 알 수 있었다. 아마도 잘못 연결된 배수관이 원인일 것이다.

- 1) 강수 시 폐수 우물에서 높은 수위 측정이 예상대로 나타났다.
 - 2) 수위 상승의 반응 시간이 유역 내 수송 시간보다 길었다 (노란 원).
 - 3) 이는 외부의 물이 처음 생각했던 지역과는 다른 지역에서 유입되었음을 나타낸다.
 - 4) 홍수 사건은 오히려 상류 지역의 외부 물로 인한 용량 부족으로 인한 배수관 역류가 원인이었다.
- 레이더 강수 데이터와 수위 데이터를 비교한 결과, 외부 물이 주로 두 개의 특정 작은 지역(초록 원)에서 유입되었음을 확인했다.
 - 이 분석을 바탕으로, 잘못 연결된 배수관을 찾고 폐수 파이프의 홍수 문제를 해결하는 데 있어 시간과 자원을 보다 잘 활용할 수 있는 결정을 내릴 수 있었다.

QUESTIONS OR COMMENTS?



Thank you for your attention!

We hope you enjoyed the **journey from data to information to decision** and gained insight in how **we apply radar data in decision-making** throughout our organization!



Sewage and Storm Water Engineer
Maria Jensen
maria.j@aalborgforsyning.dk

IT and Digitalization Lead
Katrine Meltofte Møller
katrine.moeller@aalborgforsyning.dk

KAMA Developer and Radar Expert
Jesper Ellerbæk Nielsen
jen@build.aau.dk

inspiring change

18

발표 종료 및 추가 문의 안내

하수 및 우수 엔지니어 : Maria Jensen, maria.j@aalborgforsyning.dk

IT 및 디지털화 리드 : Katrine Meltofte Møller, katrine.moeller@aalborgforsyning.dk

KAMA 개발자 및 레이더 전문가 : Jesper Ellerbæk Nielsen, jen@build.aau.dk

Louisville MSD's Data Driven Digital Transformation Journey Over 20 Years, Diana Tao, Canada

1. 배경 및 목적

MSD BACKGROUND

- Largest nonprofit public utility in Kentucky
- MSD shareholders
 - 755,000 residents in Louisville Metro
 - Over 24 million visitors annually
- Core business
 - Wastewater collection and treatment
 - 5 regional, 2 sub-regional WQTCs
 - 13 package WWTPs
 - 350+ pump stations
 - 3,500 miles of sewer
 - Stormwater management
 - Riverine flood protection



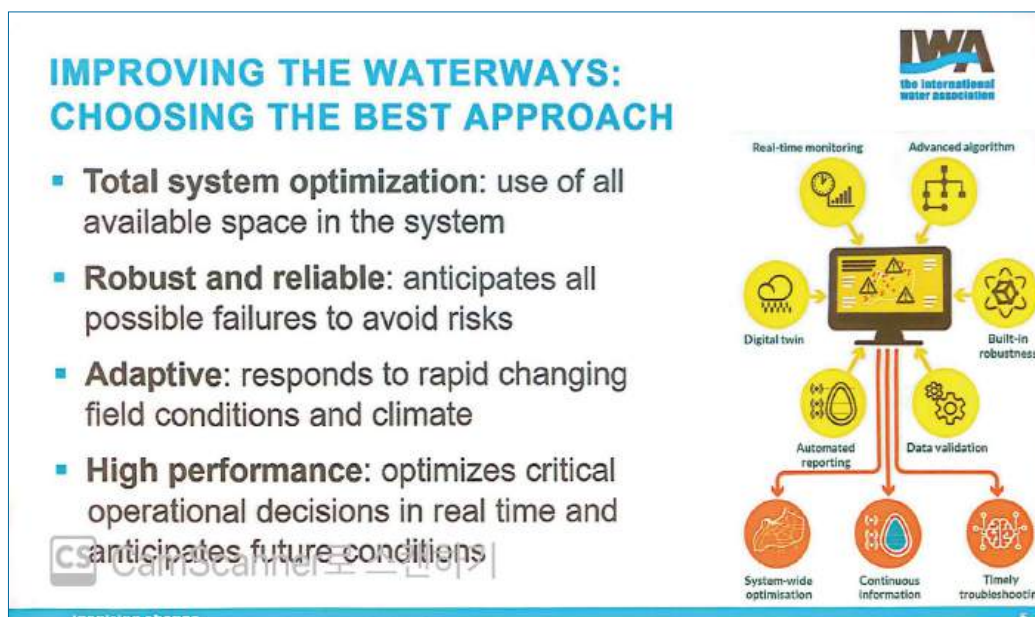
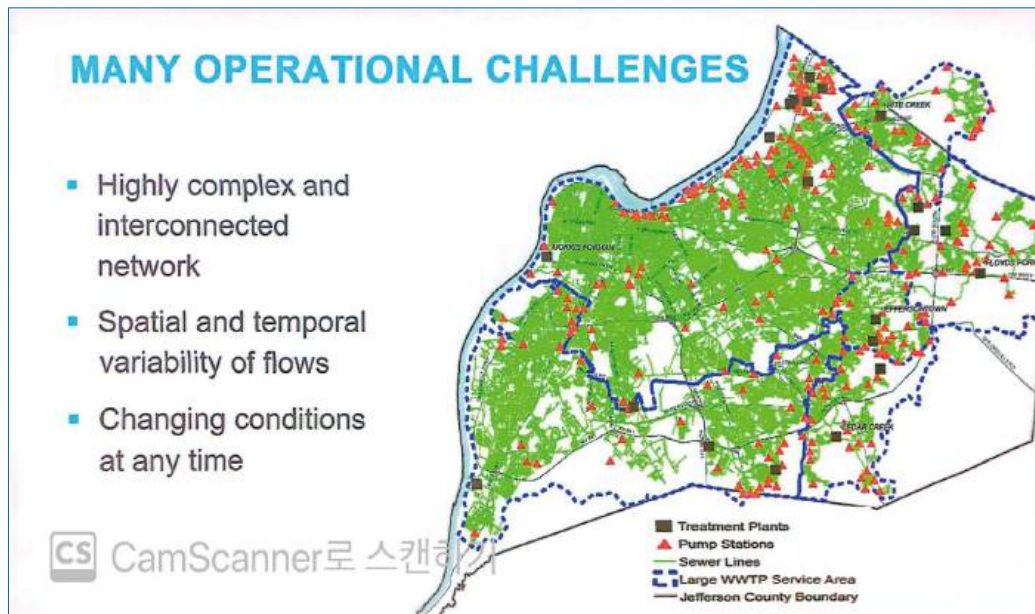
IWA
the international
water association

THE CHALLENGES

- Aging infrastructures
- Many CSOs, >4 BG of annual overflow in 2000's
- Sensitive waterways
- Regulatory compliance – Consent Decree
- Financial limitations



IWA
the international
water association



배경 (MSD Background)

- MSD는 캔터키주에서 가장 큰 비영리 공공 시설로, 주로 루이빌 메트로 지역의 75만 5천 명의 주민과 연간 2,400만 명 이상의 방문객에게 서비스를 제공한다.
- 주요 사업은 폐수 수집 및 처리, 폭풍우 관리, 그리고 강 하천 홍수 보호이다. MSD는 5개의 지역 및 2개의 부지역 WQTCs(수질처리 센터), 13개의 패키지 처리장, 350개 이상의 펌프 스테이션과 3,500마일에 달하는 하수도를 운영하고 있다.

도전 과제 (The Challenges)

- 노후화된 인프라와 많은 CSOs(Combined Sewer Overflows, 합류식 하수도 오버플로우)로 인해 2000년대에 연간 4억 갤런 이상의 오버플로우가 발생했다.

- 민감한 수로와 규제 준수의 필요성(Consent Decree)을 포함한 다양한 문제에 직면하고 있으며, 재정적인 제약도 중요한 도전 과제였다.

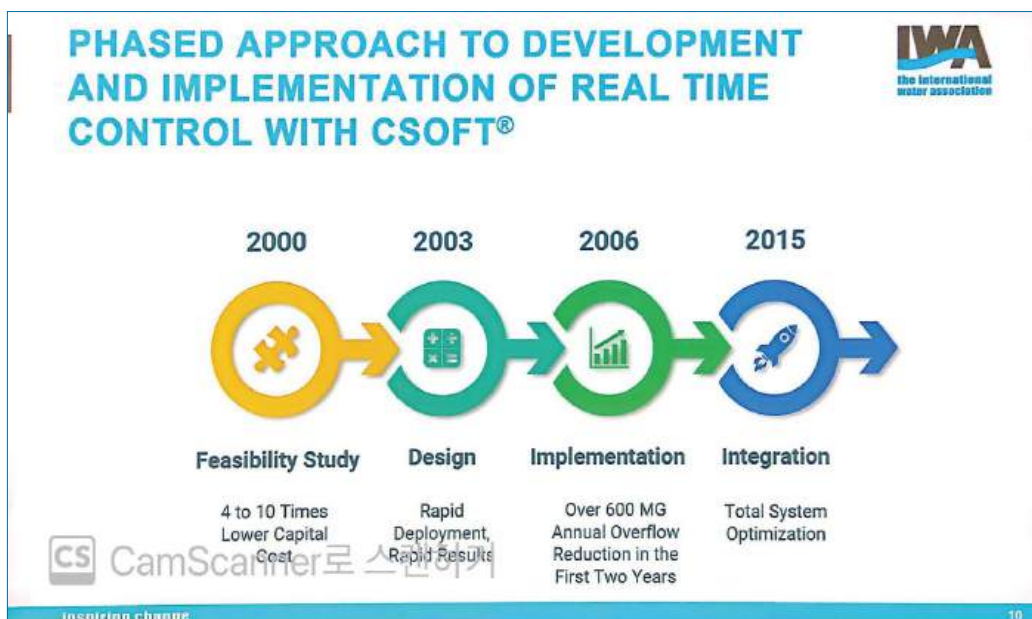
운영상의 도전 과제 (Many Operational Challenges)

- 복잡하고 상호 연결된 네트워크, 흐름의 공간적 및 시간적 변동성, 그리고 언제든지 변화할 수 있는 운영 조건들이 주요 도전 과제였다.

목적 (Improving the Waterways : Choosing the Best Approach)

- MSD는 디지털 솔루션을 통해 시스템 최적화, 신뢰성 강화, 적응력 향상, 그리고 실시간 운영 결정을 통해 수로 관리의 효율성을 극대화 하려고 하였다.
- 이 접근법은 모든 사용 가능한 공간을 활용하고, 잠재적인 실패를 예측하며, 급변하는 조건에 대응할 수 있는 시스템을 구축하여 궁극적으로 운영 성과를 극대화하는 것을 목표로 한다.

2. 도입 및 운영



1. 단계별 접근법 (Phased Approach)

- 2000년 : 타당성 조사를 통해 자본 비용을 기존 방식보다 4~10배 낮추는 방안을 모색.
- 2003년 : 신속한 설계와 결과 도출을 통한 시스템의 초기 배치.
- 2006년 : 첫 2년 동안 연간 600만 갤런 이상의 오버플로를 줄이는 성과를 달성.
- 2015년 : 전체 시스템 최적화를 통해 통합된 운영 체계 구축.

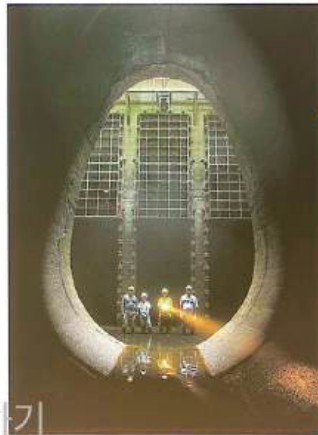
2. 운영자의 신뢰 및 수용 확보 (Gaining Operator Confidence and Acceptance)

- 점진적 최적화 : 운영자들이 초기에는 낮은 설정값으로 시작하여 시간이 지나면서 자신감을 얻고, 점진적으로 설정값을 높이며 고객에게 미치는 부정적 영향을 최소화.
- 이 과정을 통해 회의적인 운영자들도 시스템의 가치를 이해하고 수용하게 됨.

GAINING OPERATOR CONFIDENCE AND ACCEPTANCE



- Progressive optimization
 - Operators start with low set points
 - Gain confidence over time
 - Raise set point without adverse impacts to customers
 - Skeptics to believers



Full storage set point: 27 feet

Intermediate set point: 14 feet

Initial operator set point: 10 feet

CS CamScanner로 스캔하기

MSD VISION AND OPERATIONAL DECISION-MAKING GUIDES IMPLEMENTATION



- Provides operational tools
- Continuous improvements



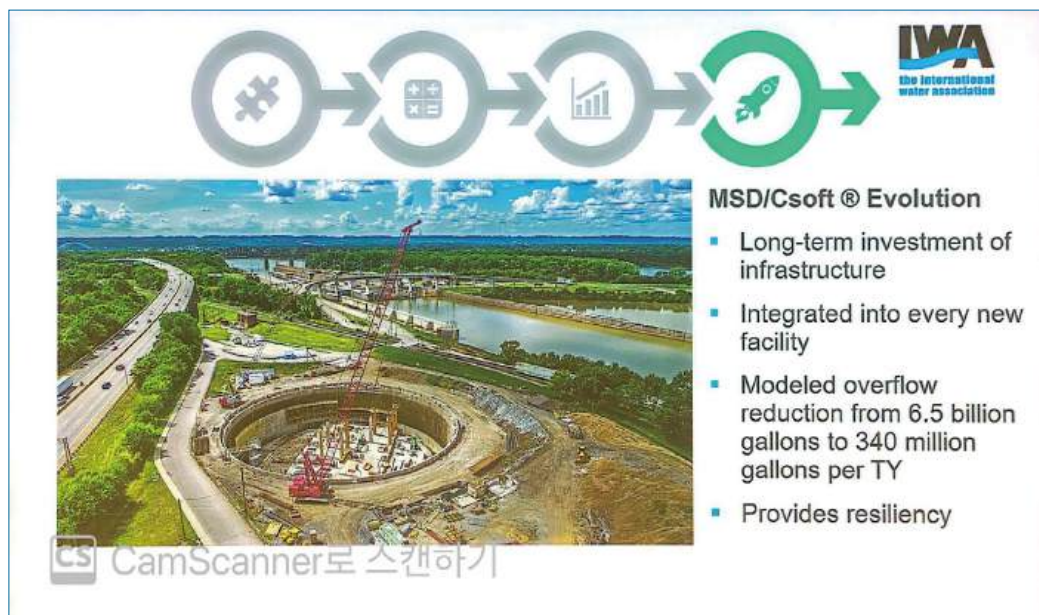
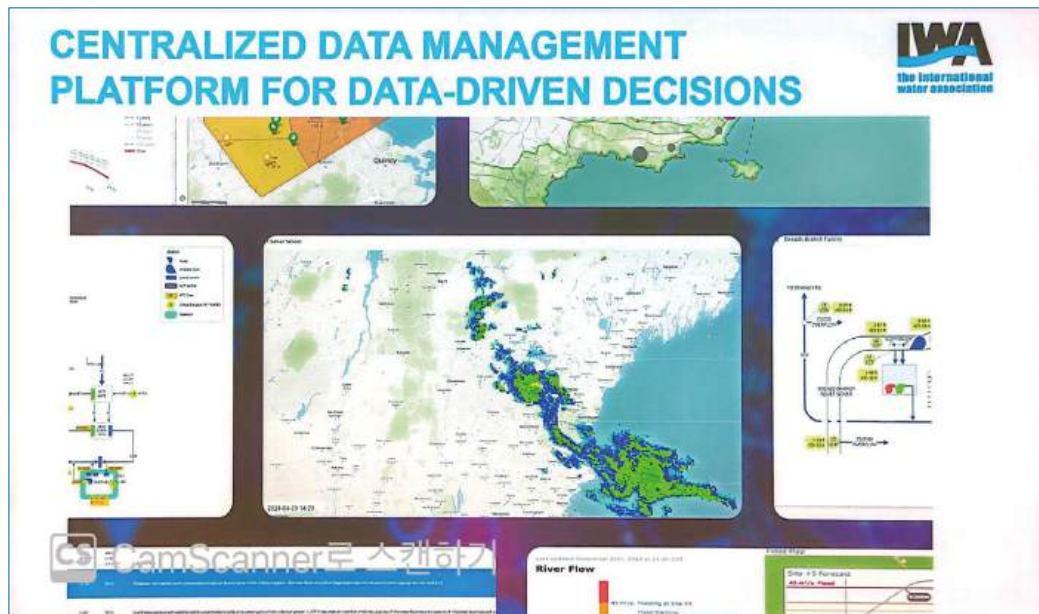
CS CamScanner로 스캔하기

3. MSD의 비전 및 운영 의사결정 (MSD Vision and Operational Decision - Making)

- 운영 도구를 제공하고 지속적인 개선을 추구하는 시스템 구축.
- 실시간 모니터링 및 주요 성과 지표(KPIs)를 통해 시스템의 상태와 성능을 시각적으로 관리.

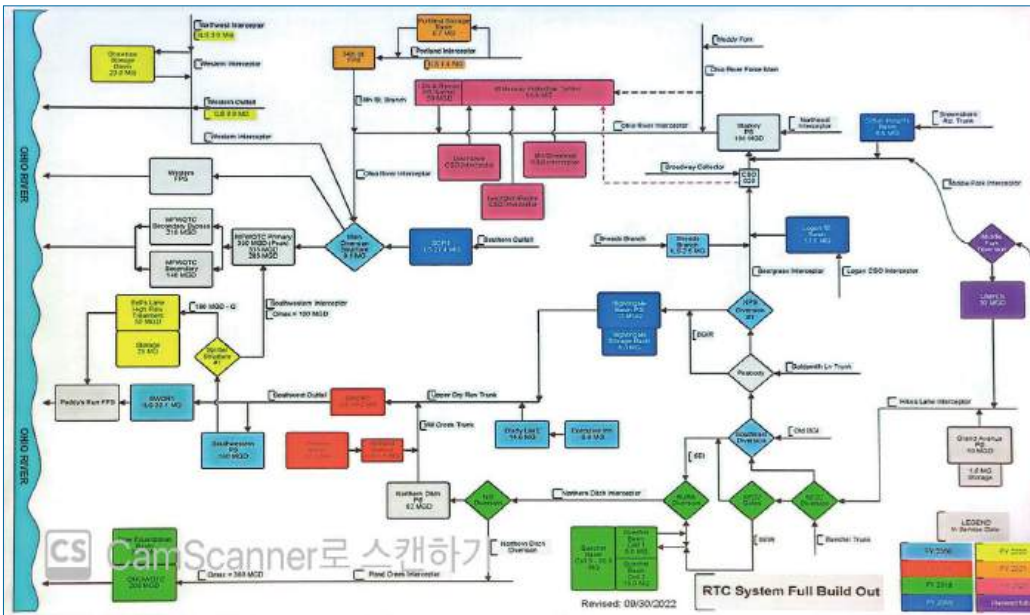
4. 중앙집중식 데이터 관리 플랫폼 (Centralized Data Management Platform)

- 데이터 기반 의사결정을 지원하기 위한 중앙집중식 데이터 관리 플랫폼 도입.
- 다양한 지리적 및 운영 데이터를 실시간으로 통합하여 분석, 이를 바탕으로 더 나은 운영 결정을 내릴 수 있게 함.



5. MSD/Csoft®의 발전 (MSD/Csoft® Evolution)

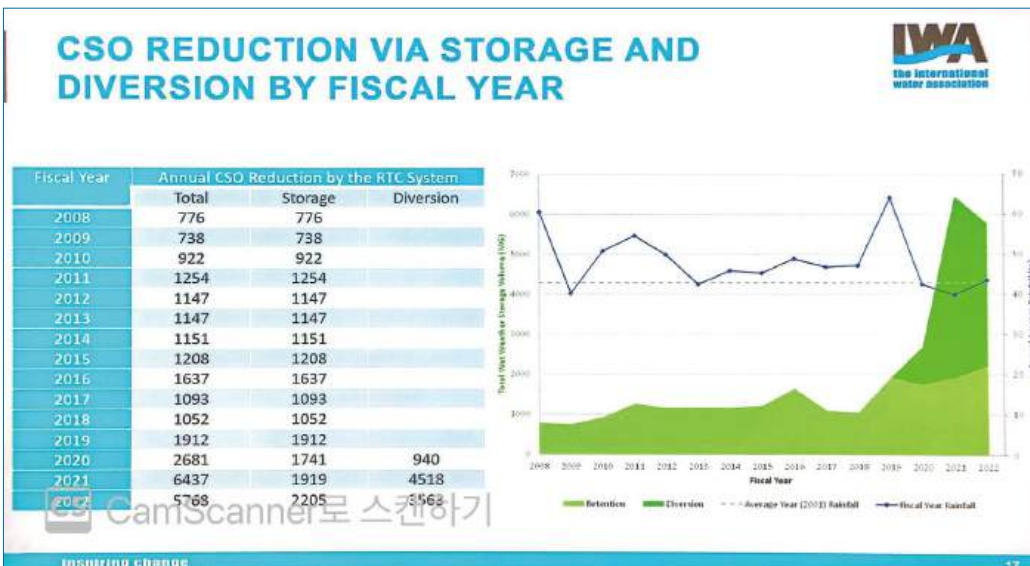
- 장기적인 인프라 투자와 새로운 시설에의 통합을 통해 시스템을 지속적으로 발전시킴.
- 오버플로를 연간 65억 갤런에서 3억 4천만 갤런으로 감소시키는 모델링 결과를 통해 회복력을 제공.



6. RTC 시스템의 완전 구축 (RTC System Full Build Out)

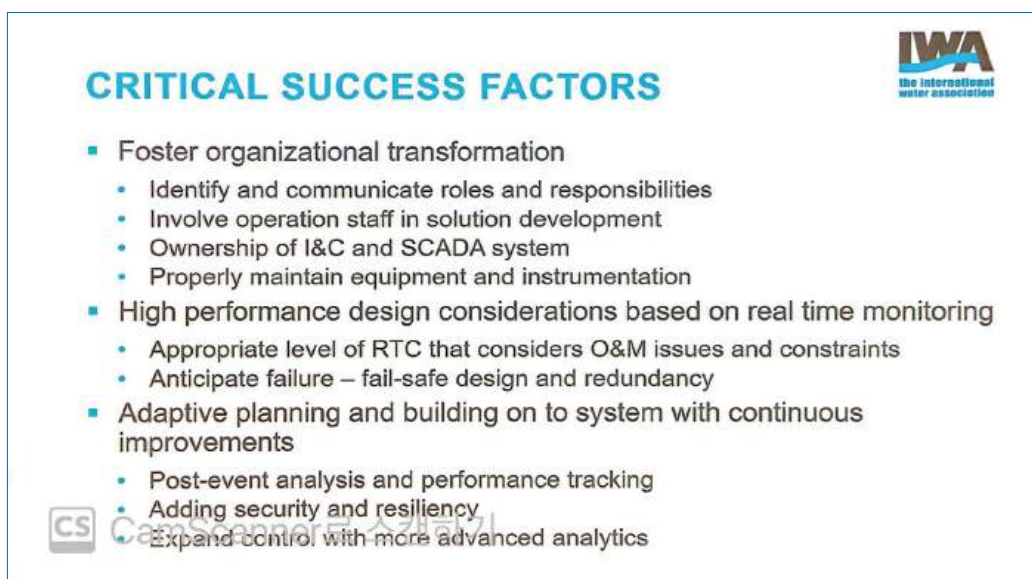
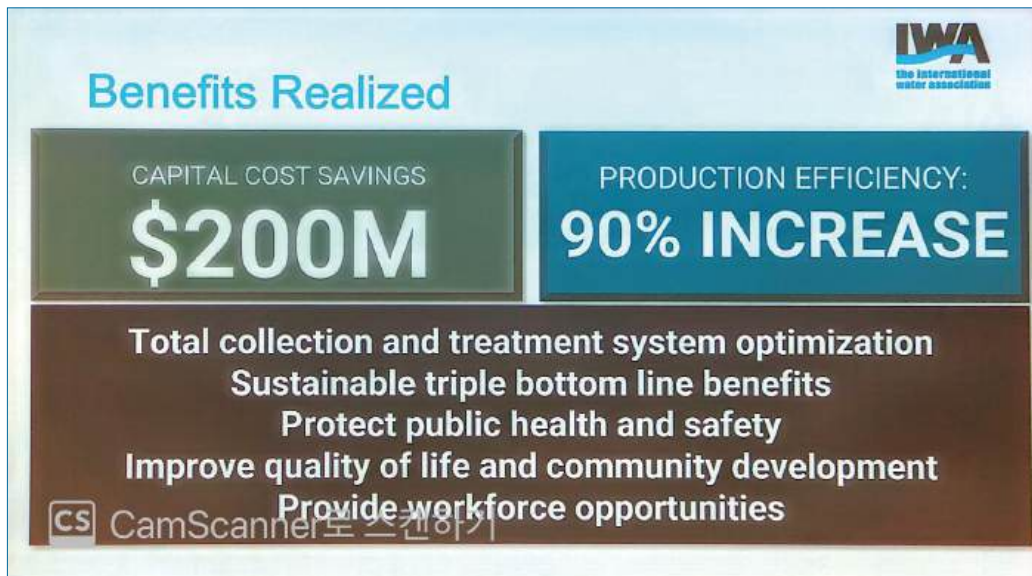
- 전체 하수도 관리 시스템을 실시간으로 제어하고 모니터링하기 위해 다양한 인프라와 기술을 통합하여 완전 구축된 RTC(Real-Time Control) 시스템.

3. 결론 및 효과



결론 (Critical Success Factors)

- 조직의 변화를 촉진 : 역할과 책임을 명확히 하고, 운영 직원이 솔루션 개발에 참여하며, I&C(Instrument & Control)와 SCADA 시스템의 소유권을 명확히 하며, 장비와 계측 기기를 적절히 유지 관리하는 것이 중요하다.



2. 실시간 모니터링을 기반으로 한 고성능 설계 : O&M(운영 및 유지보수) 문제와 제약 조건을 고려한 적절한 수준의 RTC(실시간 제어)를 설계하고, 실패를 예측하여 안전 설계 및 중복성을 확보해야 한다.
3. 적응적 계획 및 지속적인 개선 : 사건 후 분석과 성능 추적을 수행하고, 보안과 복원력을 강화하며, 더욱 발전된 분석 기능을 추가하여 시스템을 확장해야 한다.

효과 (Benefits Realized)

1. CSO 감소 : 2008년부터 2021년까지 RTC 시스템을 통해 매년 CSO(Combined Sewer Overflow)가 크게 감소했으며, 특히 2021년에는 5,763 MG(Million Gallons)가 저장 및 절약되었다.
2. 자본 비용 절감 : RTC 시스템 도입을 통해 2억 달러의 자본 비용 절감 효과를 달성하였다.
3. 생산 효율성 증가 : 생산 효율성이 90% 증가했으며, 이를 통해 전체 수집 및 처리 시스템의 최적화, 지속 가능한 이익, 공중 보건 및 안전 보호, 삶의 질 향상 및 커뮤니티 개발, 그리고 고용 기회 제공 등의 긍정적인 효과를 얻었다.

HOW TO GO DIGITAL AS A WATER UTILITY

Valuing data - adopting transformative digital solutions for the water sector

Presenter : Janelcy Alferes Castano



물산업의 현재와 미래 도전에 대응하기 위한 필수적 디지털전환

디지털 전환을 위해서는 데이터가 핵심 요소이다.

성공적인 디지털 솔루션

요구사항을 정확히 파악하고, 적절한 기술 및 이해관계자의 참여가 필요하다.

또한 물 분야는 다른 산업과 협력해 통합된 생태계 구축해야 한다.

디지털 솔루션의 채택을 가속화할 수 있는 방법

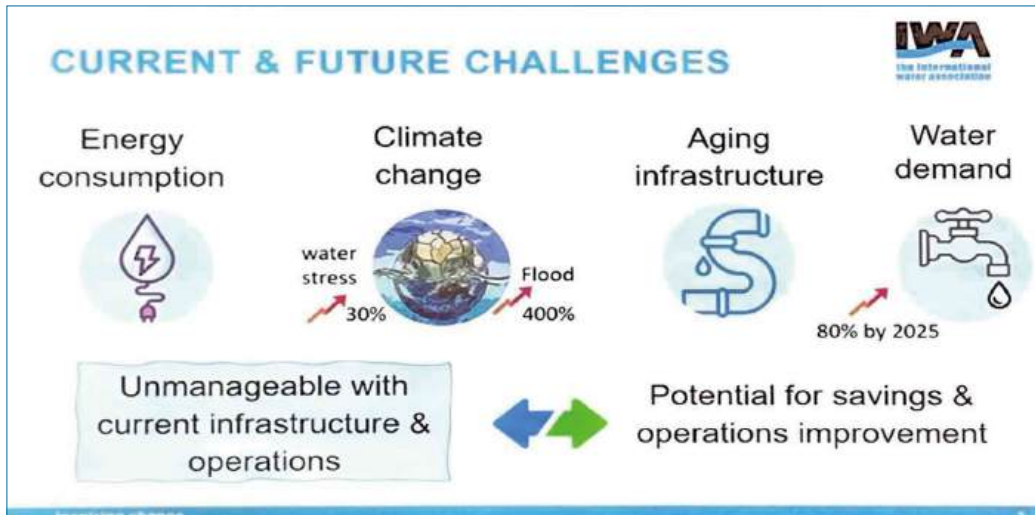
- 다른 산업으로부터 배울 것
- 올바른 인프라, 올바른 파트너, 올바른 이해관계자들과 같은 적절한 요소들을 처음부터 함께 모을 것
- 디지털 솔루션의 부가 가치를 실질적으로 증명할 수 있는 핵심 사례를 선택하고, 성공적인 사례 연구를 선택

혁신적 디지털 솔루션 소개

- 벨기에의 Waterlink와 협업한 Acospite 프로젝트 : surfacewater 관리에 모니터링 네트워크를 사용
- Darrow 프로젝트 : AI솔루션을 최적화에 이용

현재 디지털 전환에서의 몇가지 도전 과제

- 기술적 부분 : 데이터의 부족, 데이터의 품질, 적절한 기술(설치, 가격, 다른 옵션, 데이터 공유, 사이버 보안, 표준화의 부족)
- 비기술적 부분 : 불명확한 비전(도달 목적, 이익 불확실), 변화에 대한 저항 및 두려움, 규제 장벽



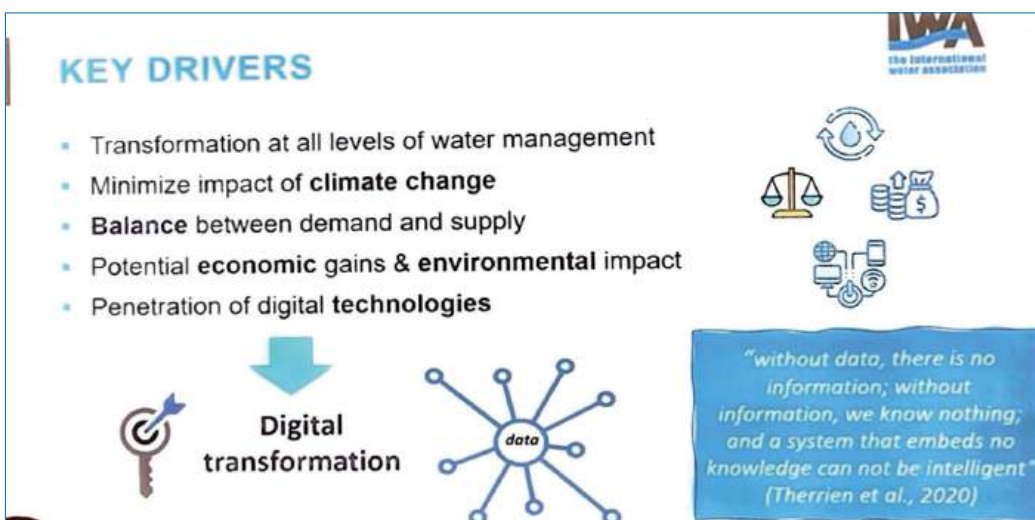
수자원 분야에서 현재와 미래의 도전에 대응해야 한다. 현재와 미래의 도전 과제에는 물 부족, 수질 오염, 인구 과잉, 에너지 소비, 기후 변화, 노후화된 인프라, 수요 증가 등이 해당된다.

첫째, 에너지 소비 문제이다. 현재 인프라와 운영 체계로는 증가하는 에너지 수요를 효율적으로 관리할 수 없다.

둘째, 기후 변화로 인한 영향이 점점 커지고 있다. 기후 변화는 물 스트레스 수준을 30% 증가시키고, 홍수 발생 가능성을 400% 증가시킨다.

셋째, 노후화된 인프라이다. 노후화된 수자원 관리 인프라는 효율성이 떨어지므로 유지 보수와 업그레이드가 필수적이다.

마지막으로, 수요 증가이다. 2025년까지 물 수요가 약 80% 증가할 것으로 예상된다.

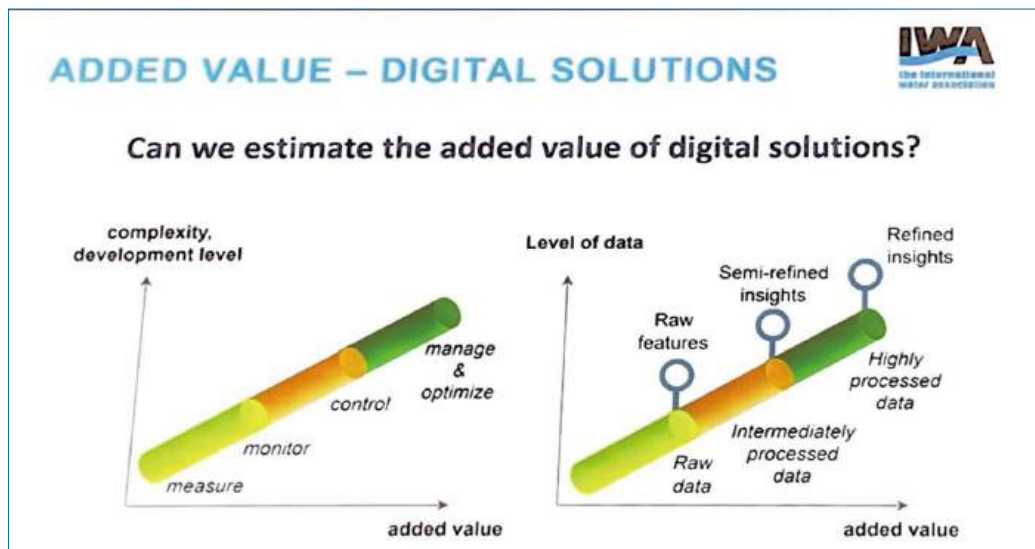


현재의 도전과제를 해결하기 위해서는 데이터의 가치 평가가 성공적이고 실행 가능한 디지털 전환의 핵심이다.

1. 모든 수준의 물 관리에서의 변화
2. 기후 변화의 영향 최소화
3. 수요와 공급 간의 균형
4. 경제적 이익 및 환경적 영향의 잠재성
5. 디지털 기술의 침투

"데이터가 없으면 정보가 없고, 정보가 없으면 아무것도 모른다. 지식을 내포하지 않는 시스템은 지능적일 수 없다." (Therrien et al., 2020)

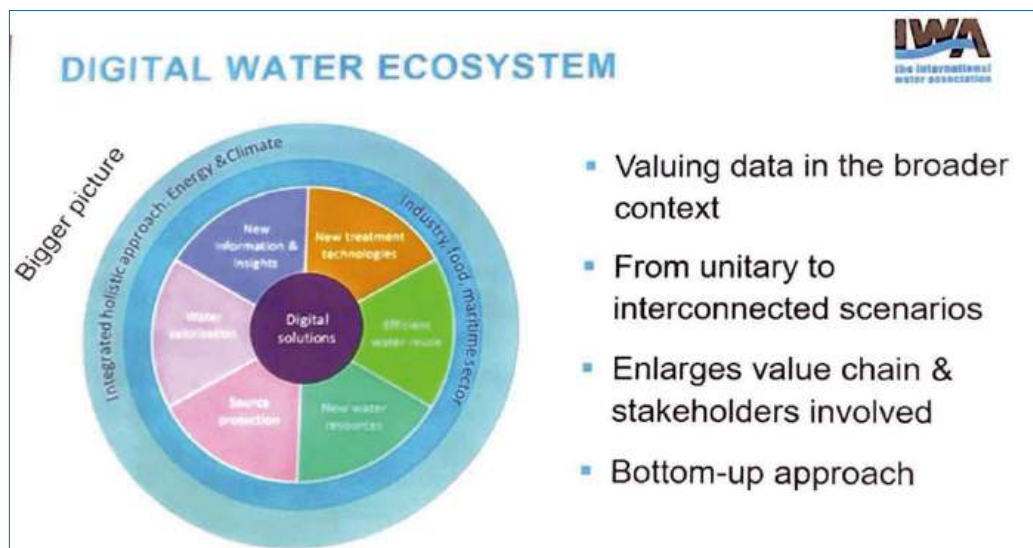
디지털 전환을 통해 직접적인 비용 절감, 생산성 및 효율성 향상 외에도 환경 품질 개선, 고객과의 의사소통 강화, 규제 준수 향상, 자원과 수요 간의 균형 개선 등 간접적인 영향도 기대할 수 있다.



디지털 솔루션의 부가가치

데이터의 수준과 복잡성/개발 수준에 따른 부가가치 증가

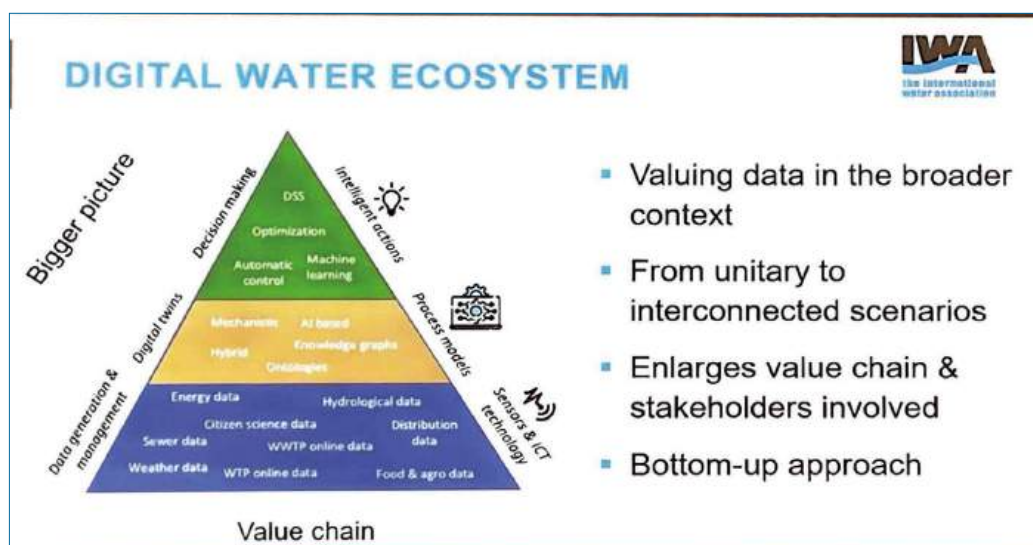
디지털 솔루션은 데이터의 수준과 복잡성/개발 수준에 따라 부가가치를 증가시킨다. 초기에는 측정과 모니터링에서 시작하여, 제어 및 관리와 최적화로 발전한다. 또한, 원시 데이터에서 중간 수준의 가공 데이터, 고도로 가공된 데이터로 나아가 최종적으로 정제된 인사이트를 제공한다.

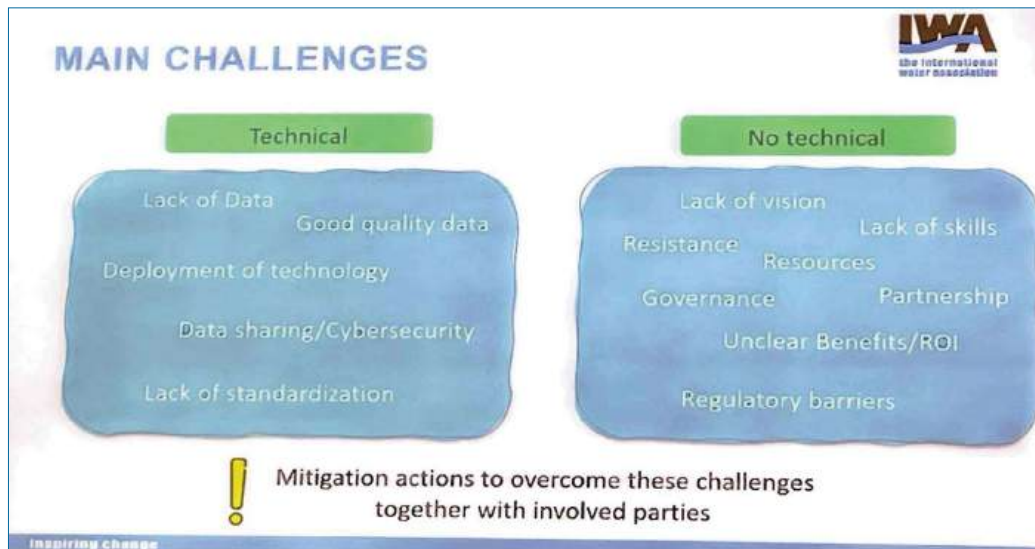


Digital Water 생태계는 데이터를 넓은 맥락에서 평가하고, 단일 시나리오에서 상호 연결된 시나리오로의 변화를 강조한다. 가치 사슬과 이해관계자가 확대되며, 하향식 접근법을 통해 디지털 솔루션을 구현한다.

적절한 기술 및 올바른 이해관계자들과 같은 필수요소들을 처음부터 함께 모으는 것이 중요하다.

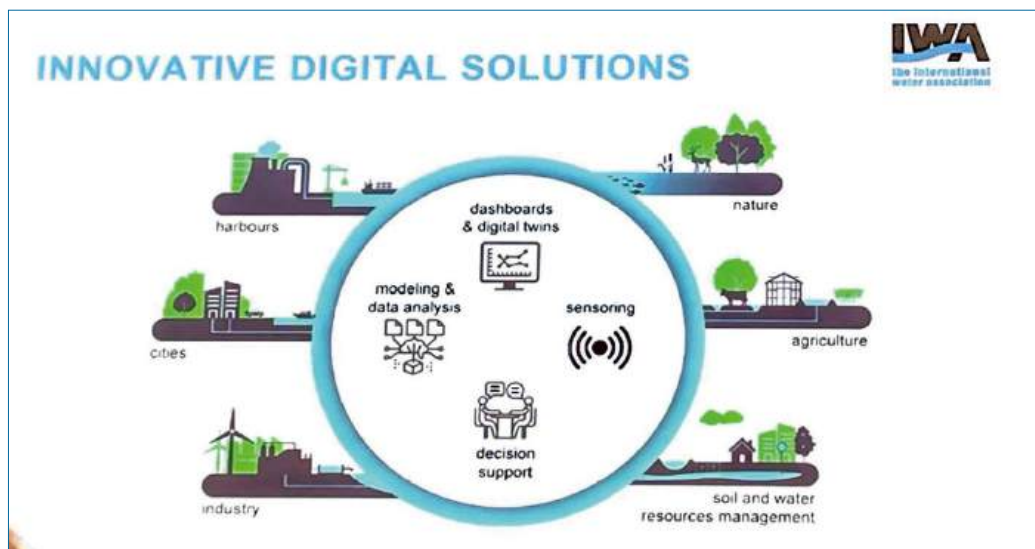
이로 인해 신기술, 정보 및 인사이트, 새로운 물 자원, 효율적인 물 재사용이 가능해지며, 산업, 식품 및 농업, 에너지 및 기후, 수원 보호 부문에서 혁신이 이루어진다.





혁신적인 디지털 솔루션

센서링, 데이터 분석, 의사결정 지원 시스템 등 디지털 솔루션이 도시, 항구, 농업, 자연 자원 관리 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.



데이터 집합의 생성, 적절한 인프라의 구축, 그리고 주요 기술 동향의 구현(예를 들어 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, AI 및 머신러닝)이 결합될 때, 이러한 도전과제를 해결하기 위한 무한한 잠재력을 가진 디지털 솔루션을 개발하고 데이터의 가치를 극대화할 수 있다.

벨기에의 Waterlink와 협업한 Acospite 프로젝트로, surfacewater 관리에 모니터링 네트워크를 사용한 사례이다.

디지털 워터 생태계에서는 120km 이상의 온라인 센서 네트워크를 통해 water level 및 전도성을 모니터링하고, 시스템 다이내믹스와 염수화 유발 요인을 분석한다. (시스템 다이내믹스란 시간의 경과에 따른 시스템의 형태 변화를 의미한다.)

Darrow 프로젝트 사례로, AI솔루션을 최적화에 이용했다.

MONITORING NETWORKS

- Online sensors network (> 120 km): water levels & conductivity
- Operational model & data analysis
- Users: authorities, DW producer

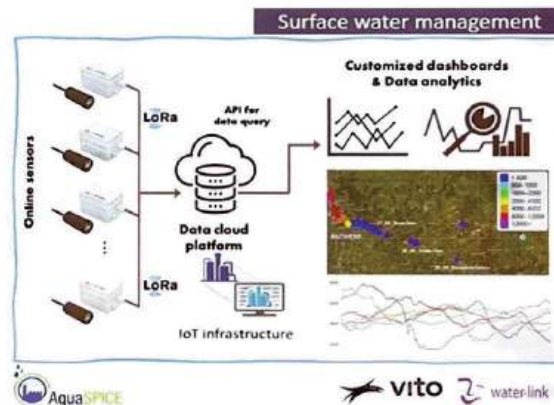
System dynamics, drivers for salinization, stakeholders relationship

Factor of success?



Needs Stakeholders
Technology Training Vision

Inspiring change



10

DATA-DRIVEN SOLUTIONS FOR WRRF

- Data augmentation & data enrichment
- AI-based controllers & Reinforcement Learning (RL)
- Smart decision → digital twins

Cost reductions, decision making, process efficiency

Factor of success?



Needs Data Assets
Technology Scalability

Inspiring change



11

DATA FRAMEWORK – WATER REUSE

- Data framework
- Ontology models & dynamic knowledge graph
- Decision support & process optimization

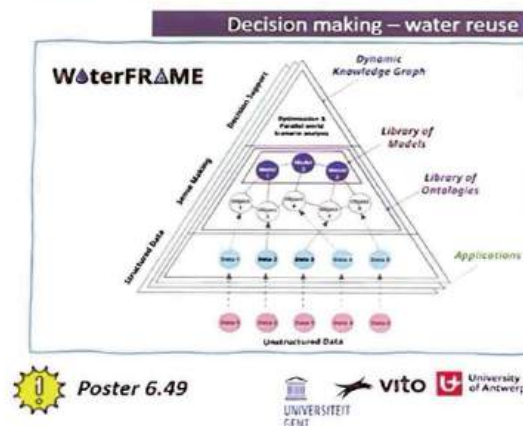
Facilitate interoperability, holistic, decision making

Factor of success?



Case studies Data
Governance Technology

Inspiring change



Poster 6.49

UNIVERSITEIT GENT

vito

University of Antwerp

12

TAKE HOME MESSAGE





Key role of data & digital solutions, key enablers towards efficient & resilient systems, improving sustainability



A successful history requires to consider different technical & not technical aspects → from needs to broader picture



How to accelerate the adoption of digital solutions?

- 1. Learn from each others**
- 2. Right pieces together**
- 3. Key use cases (win/win)**



데이터 기반 WRRF 솔루션은 데이터 증강 및 강화, AI 기반 제어기 및 강화 학습, 스마트 디시전 및 디지털 트윈을 통해 비용 절감, 의사결정 개선, 프로세스 효율성을 극대화한다.

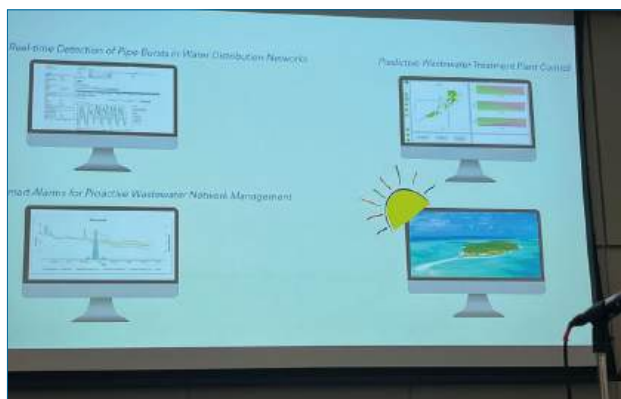
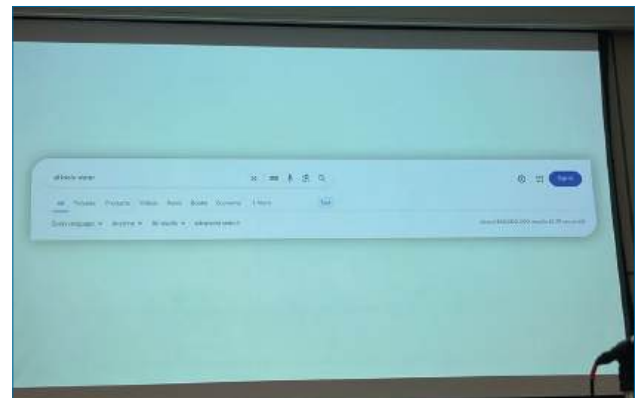
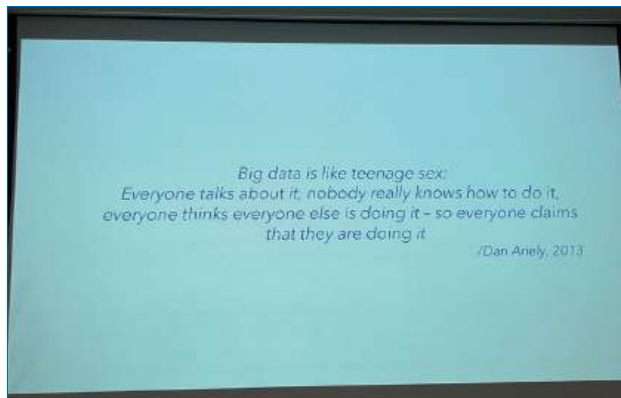
How To Go Digital As A Water Utility

Cinter – A Human – Centric Data Management Platform For The Water Sector, Ingemar Clementson, Sweden

1. 발표 및 PPT 설명

발표자가 디지털화 전략가로 일하고 있는 NSVA는 스웨덴 남부에 위치한 공공기관으로, 빗물을 관리하고 하수 처리를 담당하며 음용수를 공급하고 있다.

발표 주제는 데이터 플랫폼 설계 작업이 프로젝트에서 작업한 내용을 바탕으로 3가지 주제에 대한 통찰 (문제점, 사람, 기술)이다.



인용구 - 여기서 빅데이터를 디지털화로 대체해도 말이 성립한다.

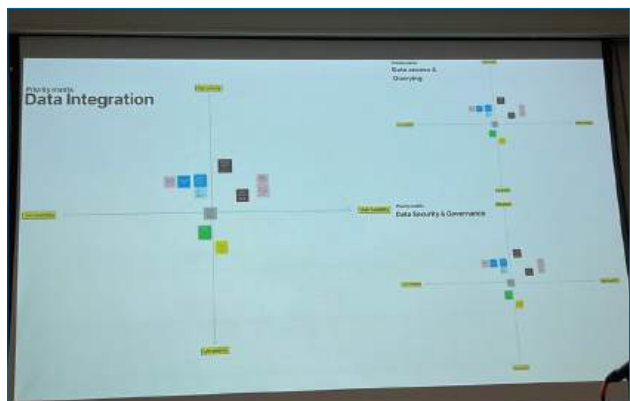
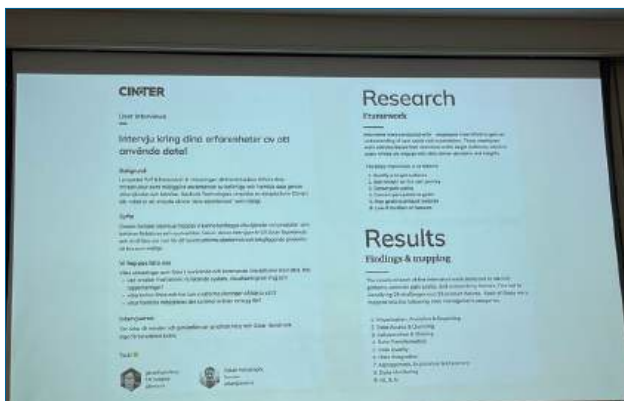
AI 도구와 물 관련 검색을 하면 대략 9억 개의 답변이 나온다. 그런데 왜 우리는 이러한 도구들을 충분히 활용하고 있지 않는가?

공공기관은 이러한 도구를 사용하여 비용을 절감하고 운영 효율성을 높일 수 있다.하지만 이러한 기술들은 업계의 다양한 코너에만 구현되어 있으며, 비록 그 가치가 크지만 광범위하게 사용되고 있지는 않다.이는 이러한 도구를 사용 가능하게 하기 위해 필요한 작업 방식의 변화에 대한 준비가 되어 있지 않기 때문이다.

조직 디지털화에 필요한 과제1. 일반적으로 훨씬 높은 수준의 기술 필요2. 일하는 방식의 변화를 요구3. 투자를 필요로 하며,4. 지식이 직원에서 시스템으로 이전 필요5. 매우 견고한 디지털 자산 관리 필요많은 데이터 소스와 데이터 유형을 관리할 때, 데이터는 내부적으로 누가 소유하고, 품질에 대한 책임은 누구에게 있으며, 정보는 누구에게 전달되고, 가장 중요한 정보와 조직으로서 실제 어떤 정보에 대해 행동을 취하는지에 대한 체계가 잡혀있어야 한다.

그래서 이러한 문제를 해결하기 위한 프로젝트 : Cinter

NSVA와 sweden water research는 수십억 개의 데이터와, 수백만 개의 IoT 장치를 처리할 수 있는 시스템을 구축할 기술적 역량이 없다는 것을 깨닫고 위와 같은 협력 업체를 찾았다.



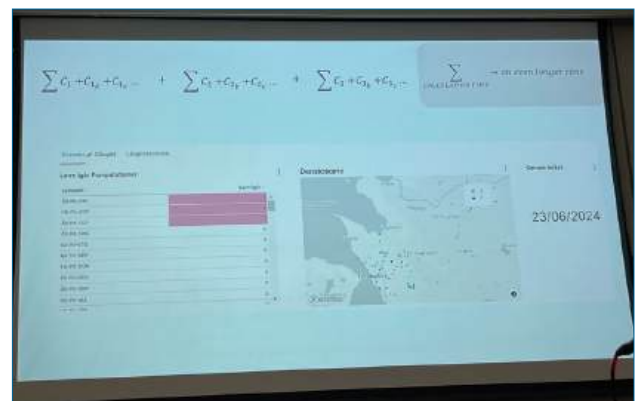
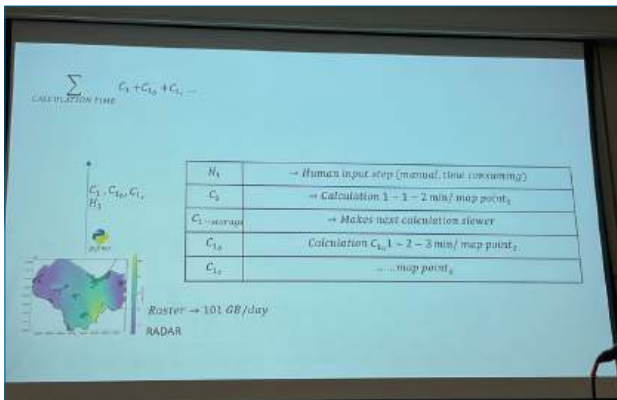
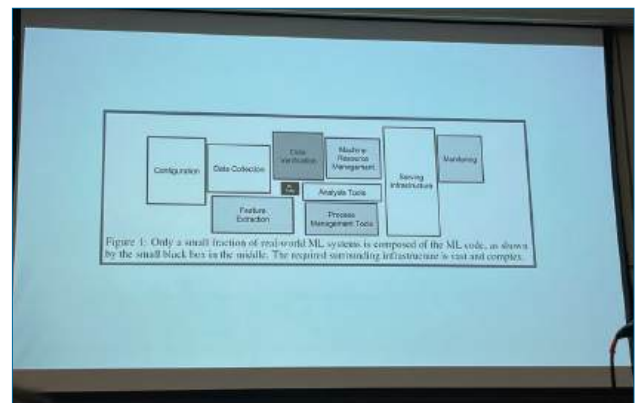
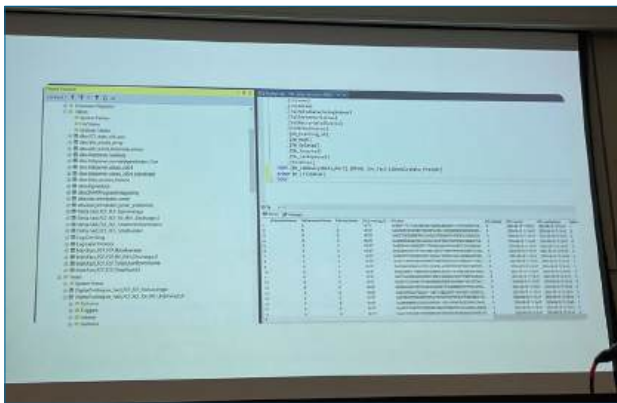
데이터 사용 경험에 대한 인터뷰 - 직장 동료공동 목표를 가진 프레임워크 내에서, 데이터 사용 경험에 관한 다양한 답변을 받음.데이터 엔지니어링 관점에서, 많은 질문이데이터가 잘못된 것인지,측정이 잘못된 것인지,단순한 시스템 변동인지판단하기 어렵다는 점에 초점을 맞추고 있음.

모든 답변을 priority matrix에 넣어서,무엇이 높은 우선순위인지,낮은 우선순위인지,무엇이 실현 가능한지, 불가능한지 파악함.여기에 포함할 수 없는 답변도 많았지만, 이는 후속 작업을 위한 견고한 기초가 되었음.

답변을 요약하자면, 기술적으로 뛰어난 많은 물 엔지니어들은 데이터를 저장하는 시스템에 들어가 작업하는 것을 두려워하며, 무언가를 삭제하는 것과 실험하는 것을 두려워한다. 또한 데이터를 사용하여 코딩을 배우고 사용하는 동안 다른 동료와 협력하기가 매우 어렵다.

Cinter의 데이터 카탈로그, 데이터를 쉽게 관리하고 주석을 달 수 있으며, 쉽게 공유할 수 있음또한, 데이터 사용 현황을 추적하며, 이는 사람들에게 감시하기 위함이 아니라 회사 내에서의 역할에 따라 데이터 사용에 대한 제안을 제공하기 위함이다.

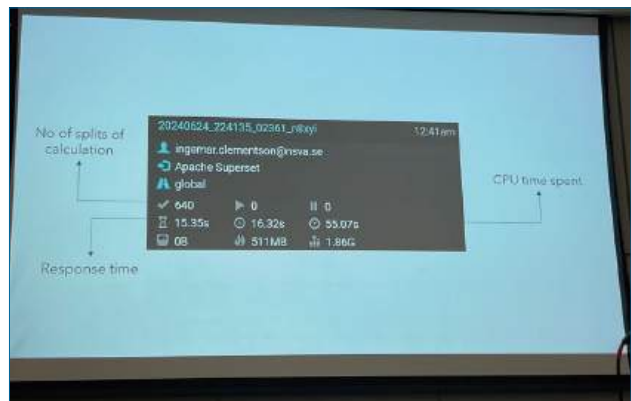
이 그림은 머신 러닝 프로젝트에서 사용된 시간을 정량화한 과학 논문에서 가져온 그림.가운데 검은 상자는 실제 머신 러닝 코딩에 사용된 시간으로, 우리가 해야 할 모든 작업은 단순하게 작동되어야 한다는 것이다.



예시 : 날씨 레이더를 사용하여 강우강도와 지속시간을 계산하고 싶고, 날씨 예보를 통해 다음에 올 비를 예측하고 싶을 때, 프로그래밍 언어로 Python을 사용한다면, 계산 하나 하나에 사람의 입력 시간, 다음 계산, 저장 등으로 시간이 많이 소요된다.

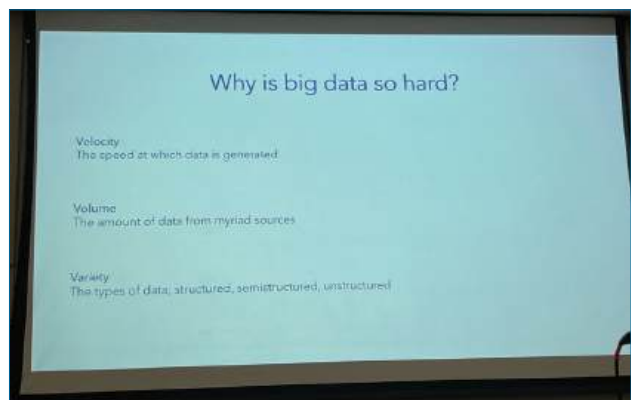
또한, SQL을 활용하여 데이터를 추가할 때나 온라인 API에서 데이터를 결합할 때에도 많은 시간이 소요된다. 또한 이를 여러 곳에서 사용 가능한 대시보드에 포함하고 싶으며, 이 시스템이 몇 분마다 업데이트되기를 원한다면 더욱 많은 시간이 소요된다.

이 시스템은 사용자가 자신의 저장 플랫폼을 선택할 수 있도록 설계되었으며, 자신의 계산 엔진을 선택할 수 있다. 또한 특별한 보안 규정을 설정할 수 있고, 계산 및 저장시 가장 저렴하고 효율적인 공급업체를 선택하여, 계산 비용을 절감할 수 있다. 이 프로젝트는 Iceberg라는 product도 존재하며, 이는 data lake의 질서를 부여하는 데 사용되며, 데이터를 추출하고 조직화하는 속도를 높여준다. Trino는 프로그래밍 언어의 orchestrator로 사용되며, 이는 계산 계획을 관리하고, 계산을 다양한 부분으로 분할하여 더 효율적으로 작동할 수 있도록한다. 또한 다른 소프트웨어와 연결하여 데이터를 사용할 수 있도록한다. 이는 새로운 제품을 구현하는 문턱을 낮추며, 정제된 데이터를 Trino를 통해 전송할 수 있다. 데이터 카탈로그는 Jupyter 노트북을 통해 데이터에 접근할 수 있으며, 오픈 소스 BI 도구인 Superset도 사용한다. 여기에 사용된 모든 제품은 오픈 소스 제품으로, 필요에 따라 구성요소를 변경할 수 있다. 이 시스템은 더 많은 오픈 소스 소프트웨어를 사용하고 있으며, 단순히 분산된 쿼리를 사용한 것이다.



이것이 15초 만에 응답한 큰 쿼리이다.이 엔진은 640개의 부분으로 나뉘어 계산되며, 실제 소요 시간은 단일 컴퓨터 기준 55초이다.그리고 쿼리가 커질수록, 이 시스템의 장점은 커지며, 여러 곳에 동일한 질문을 하고자 할 때 도움이 된다.

빅데이터가 어려운 이유velocity, volume, variety 모두 중요함.사용해야 하는 기술과 기술이 설계되는 방식에 대한 요구가 발생하며, 이로 인해 사람들이 일하는 방식의 변화가 필요함.디지털화와 기술 개발이 IT나 개발에만 국한된 것이 아니라, 경영과 리더십의 문제이다.



2. 요약 및 정리

1. AI와 디지털화의 중요성

- AI 도구와 디지털화를 활용하여 공공 기관의 비용을 절감하고 운영 효율성을 증대시킬 수 있다.
- 그러나 물 산업 전반에 AI 구현이 널리 이루어지지 않았으며, 이는 조직이 준비되지 않았고 높은 기술 요구 사항이 있었기 때문이다.
- 이러한 기술 도입은 조직 구조와 업무 방식을 변화시켜야 했다.

2. 데이터 플랫폼 설계와 초기 단계

- NSVA와 Sweden Water Research는 대규모 데이터를 처리할 역량이 부족하여, 파트너십을 통해 기술적 역량을 보완했다.
- 내부 설문조사를 통해 조직 내 데이터 사용 경험을 조사하고, 이를 바탕으로 데이터 플랫폼 설계에 필요한 요구 사항을 도출했다.
- 데이터 관리와 협업에 대한 어려움이 주요 문제로 확인되었으며, 이를 해결하기 위해 데이터 카탈로그를 설계했다.

3. 기술적 구현

- 데이터 카탈로그를 통해 데이터를 쉽게 관리하고 주석을 달며, 사용 현황을 추적할 수 있도록 했다.
- 시스템은 사용자에게 맞춤형 저장 플랫폼과 계산 엔진을 선택할 수 있도록 유연하게 설계되었다.
- 데이터 레이크 하우스를 통한 데이터 구조화와 Trino를 통한 효율적인 계산 관리로 시스템의 성능을 극대화했다.

4. 빅 데이터의 도전 과제

- 물 산업에서 빅 데이터의 복잡성과 다양한 데이터 형식이 큰 도전 과제였다.
- 기술 개발이 조직 운영 방식의 변화와 밀접하게 연관되어 있으며, 이러한 변화가 기술의 성공적인 도입에 필수적이었다.

5. 결론

- 디지털화와 기술 개발은 IT나 개발 부서의 문제가 아니라 경영과 리더십의 문제로서, 조직 전체의 협력이 필요하다.

Prediction of combined sewer overflows using a data driven solution and machine learning approach

Presenter : David Nagy and Pourmoayed

소속

- Grundfos 수석 데이터 과학자

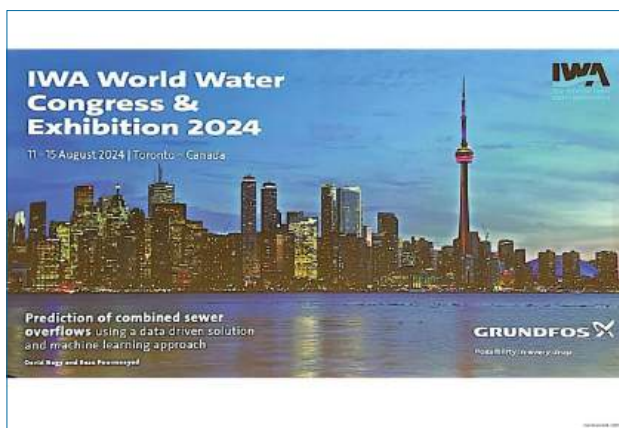
세부 전공

- 지반공학 학사 학위
- 지리정보학 석사 학위
- 수문 모델링 및 데이터 과학 박사 학위 (오르후스 대학교)
- 전문 분야 : 농업 분야의 질산염 수송 모델링, 환경 데이터 분석 및 모델링, 모델 보정 및 민감도 분석

경력

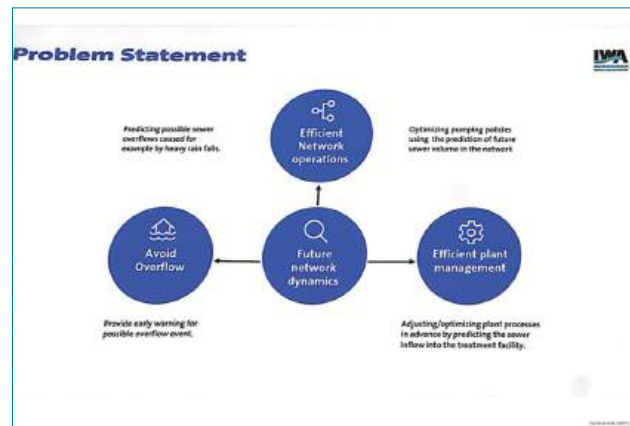
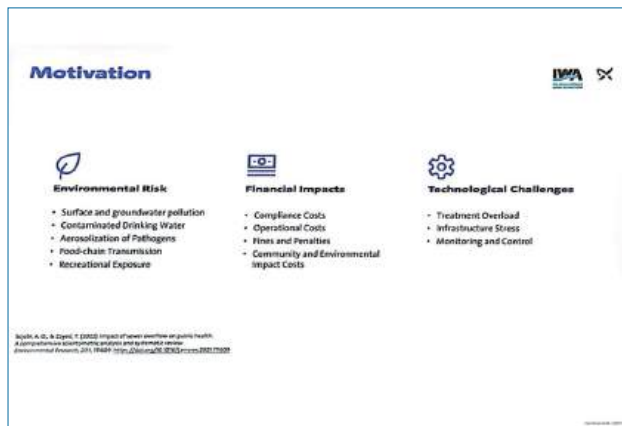
- Grundfos에서 물 유틸리티 애플리케이션을 위한 AI 솔루션을 실행
- MLOps 워크플로 및 확장 가능한 클라우드 서비스 구현
- 펌프 관련 원격 측정 데이터, 진동 센서, 유량 센서 데이터 소스를 활용
- Azure 클라우드 생태계를 사용한 운영 효율성 향상 및 AI 기반 물 관리 솔루션 배포
- R, SQL, Python, JavaScript 등 프로그래밍 언어에 능숙하며 Dash 및 Shiny BI 도구 사용

프레젠테이션 PPT

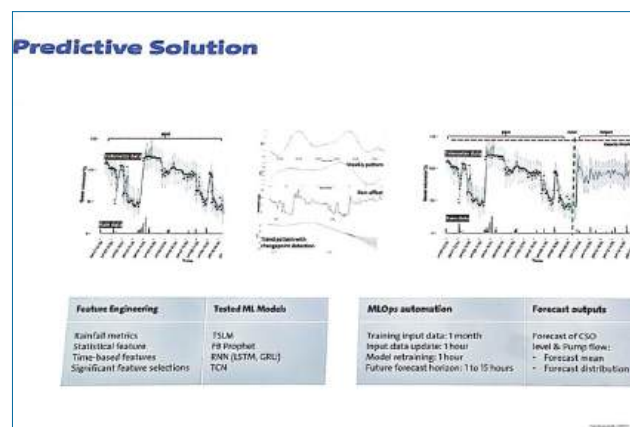
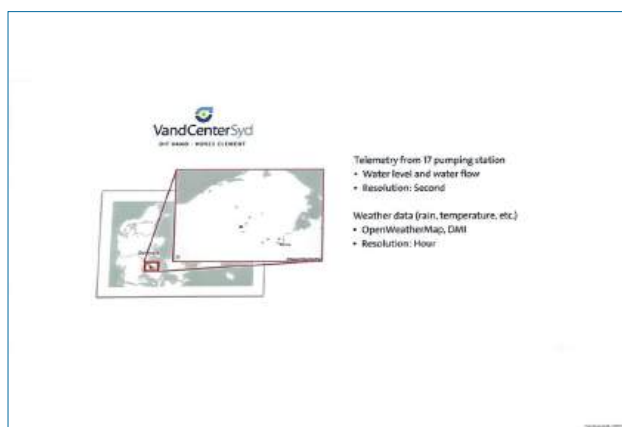


안녕하세요, 저는 David입니다. 오늘은 제가 동료 Richard와 함께 진행한 '머신러닝을 활용한 통합 하수관로 초과 유출 예측' 프로젝트에 대해 말씀드리려고 합니다. 이 프로젝트는 머신러닝을 활용해 CSO를 예측하는 방법에 대한 것입니다.

CSO, 즉 통합 하수관로 초과 유출은 여러 문제를 일으키죠. 환경 오염, 지표수와 지하수 오염, 그리고 식수와 식품 체인의 오염까지 다양한 영향을 미칩니다. 또, 재정적으로도 문제예요. 이걸 관리하지 못하면 벌금도 많이 내야 하고요. 그리고 인프라에 가해지는 스트레스도 큰 문제입니다. 그래서 우리는 이런 문제들을 예측하고 조기에 경고할 수 있는 솔루션을 개발하고자 했습니다.

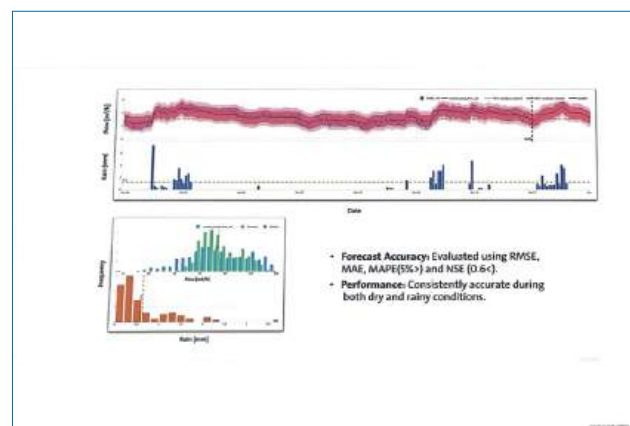
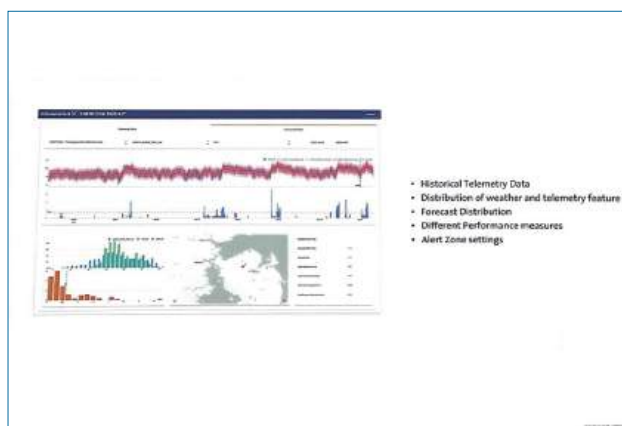


우리의 목표는 미래 네트워크의 변화를 예측하고, 초과 유출이 일어날 가능성에 대해 미리 경고하는 것입니다. 또, 장기적으로는 펌프 운영을 최적화해서 하수량을 더 잘 관리하는 데 도움이 되도록 하는 것이죠.



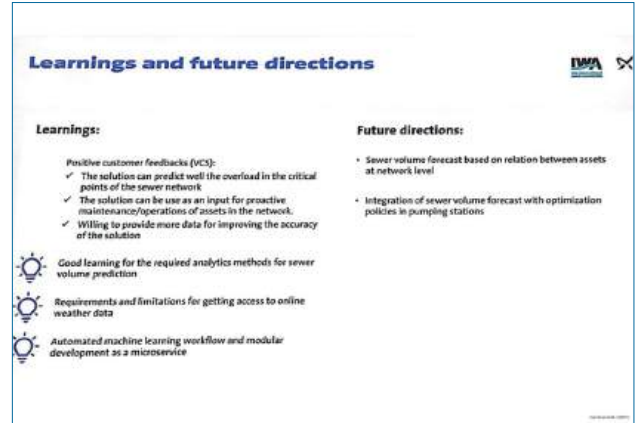
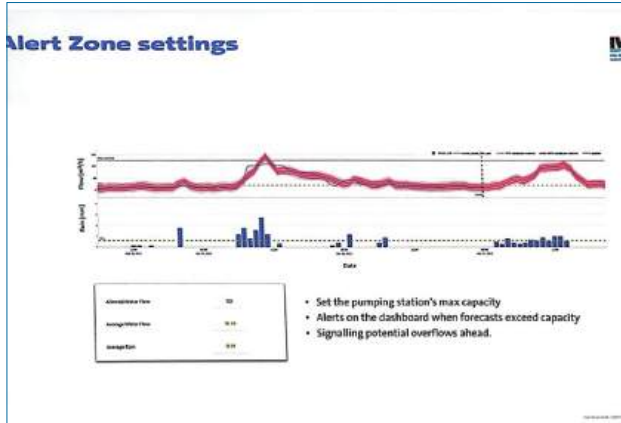
이번 연구는 덴마크의 대형 물 유틸리티에서 제공된 데이터로 진행했습니다. 17개 펌핑 스테이션에서 초 단위로 수위와 유량 데이터를 수집했고, 덴마크 기상청의 날씨 데이터도 활용했습니다. 이렇게 수집된 데이터를 바탕으로 모델을 만들었습니다.

모델을 만들기 위해 기능 공학을 통해 데이터를 처리했고, 강수량 메트릭과 통계적 특성을 모델에 반영했습니다. 여러 가지 머신러닝 모델을 실험해보았고, 그중에서 가장 성능이 좋은 모델을 선택했습니다.



Facebook의 Prophet 모델, 시계열 회귀 모델, 그리고 딥 뉴럴 네트워크를 활용해서 예측을 진행했습니다. 각각의 모델을 비교한 후, 특정 상황에 가장 적합한 모델을 선택했습니다.

모델을 실제로 운영하는 것이 중요했어요. 그래서 데이터 업데이트 주기를 1시간으로 설정했고, 상황에 따라 모델을 다시 훈련하고 배포할 수 있는 프로세스를 구축했습니다. 이렇게 해서 항상 최신 상황에 맞게 모델을 조정할 수 있게 했습니다.



우리의 예측 범위는 1시간에서 최대 24시간까지입니다. 매우 간단한 예측 설정을 사용했고, 주로 유량과 펌프 유량을 예측했습니다. 그리고 고객이 실시간 데이터를 확인할 수 있는 대시보드도 개발했습니다.

모든 자산에서 5% 이하의 오류율로 매우 정확한 예측 결과를 얻었고, 모델 성능도 매우 우수했습니다. 특히, 하이드로로지스트들이 사용하는 Nash-Sutcliffe 효율(NSC) 값도 꾸준히 0.6 이상을 유지했습니다.



1. 프로젝트 개요

발표자는 데이터 기반 솔루션과 머신 러닝 접근 방식을 활용하여 복합 하수도 시스템(CS)의 오버플로우를 예측하는 프로젝트를 소개하였다. 이 프로젝트는 CS 오버플로우로 인해 발생하는 다양한 문제를 해결하는 것을 목표로 하고 있다. 특히, 환경적 위험과 경제적 비용을 줄이기 위한 예측 시스템 개발에 중점을 두고 있다.

2. 환경적 위험

CS 오버플로우는 지표수와 지하수 오염, 식수 오염, 그리고 식품 사슬 오염 등의 환경적 위험을 초래한다. 이러한 오염은 공공 건강에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 이로 인해 발생하는 비용도 막대하다. 발표자는 이러한 위험을 조기에 감지하고 대응하기 위해 예측 시스템을 구축할 필요성을 강조하였다.

3. 경제적 부담

CS 오버플로우로 인해 발생하는 경제적 부담은 매우 크다. 이로 인해 하수도 관리 업체들은 규제 준수 비용, 운영 비용, 그리고 오버플로우로 인해 발생하는 벌금 등의 문제에 직면할 수 있다. 발표자는 이러한 경제적 부담을 줄이기 위해 예측 시스템을 통한 조기 경고가 중요하다고 설명하였다.

4. 기술적 도전 과제

발표자는 CS 오버플로우 예측을 위해 필요한 기술적 도전 과제도 언급하였다. 하수 처리 시설의 과부하, 인프라의 스트레스, 모니터링 및 제어 시스템의 구축 등이 주요 과제로 꼽혔다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 발표자는 머신 러닝과 데이터 기반 예측 모델을 활용한 솔루션을 제시하였다.

5. 데이터 수집 및 활용

프로젝트에서 사용된 데이터는 덴마크의 주요 물 관리 업체로부터 제공된 17개의 펌핑 스테이션에서 수집된 수위 및 유량 데이터와, 덴마크 기상청(Danish Meteorological Institute)에서 제공된 기상 데이터를 포함하고 있다. 이 데이터를 바탕으로, 다양한 머신 러닝 모델을 개발하고 예측 시스템을 구축하였다.

6. 머신 러닝 모델 및 예측 시스템

프로젝트에서는 Tslm, Facebook Prophet, 딥 뉴럴 네트워크와 같은 머신 러닝 모델을 사용하여 CS 오버플로우를 예측하였다. 이 모델들은 유량과 기상 데이터의 패턴을 분석하여, 오버플로우 발생 가능성을 예측하고 경고를 제공하는 시스템을 구축하였다. 모델의 정확도는 5% 미만의 오차율을 달성하여 높은 신뢰성을 보였다.

7. 프로젝트의 성과와 적용 가능성

프로젝트의 성과로는 예측 시스템이 CS 오버플로우를 조기에 감지하고, 이를 통해 운영 효율성을 향상시킬 수 있었음을 들 수 있다. 고객들은 이 시스템을 통해 유지보수 작업을 효율적으로 수행할 수 있었고, 추가 데이터를 제공하는 데에도 적극적이었다. 또한, 이 시스템은 다양한 하수도 관리 환경에서 적용 가능성이 높다는 평가를 받았다.

질문 및 답변 요약

Q1. 데이터의 시간적 해상도 및 공간적 해상도에 대해 설명해 줄 수 있는가?

A1. 발표자는 시간적 해상도로 1시간 단위를 사용하고 있으며, 공간적 해상도는 특정 자산 단위로 예측을 수행하고 있다고 설명하였다. 각 자산에 대해 들어오는 유량을 예측하며, 이를 기반으로 고객이 필요에 따라 데이터를 활용할 수 있도록 하고 있다.

Q2. 레이더 기반 기상 데이터를 사용하는가?

A2. 발표자는 레이더 기반 기상 데이터를 사용하지 않으며, 온라인에서 제공되는 기상 데이터를 사용한다고 답변하였다. 이 데이터를 통해 예측을 수행하고 있으며, 이를 통해 예측된 물 유입량을 바탕으로 다양한 분석을 진행하고 있다고 설명하였다.

Q3. 하수 시스템에 폭풍우로 인해 침입수가 발생할 때 이를 어떻게 처리할 수 있는가?

A3. 발표자는 주기적인 유량 예측 모델을 통해 기저 유량을 예측하고, 폭풍우 발생 시 침입수로 인한 영향을 예측할 수 있다고 설명하였다. 이는 하수 시스템에서 발생하는 과부하를 사전에 감지하고, 이에 대한 대비책을 마련하는 데 도움을 준다고 답변하였다.



IWA World Water Congress & Exhibition

11-15 AUGUST 2024 | TORONTO, CANADA | www.worldwatercongress.org

Prediction of combined sewer overflows using a data driven solution and machine learning approach

Reza Pourmoayed*, David Nagy**

* Grundfos, Poul Due Jensens vej 7, 8850, Bjerringbro, Denmark, (reza@grundfos.com)

** Grundfos, Poul Due Jensens vej 7, 8850, Bjerringbro, Denmark, (danagy@grundfos.com)

Abstract: Managing Combined Sewer Overflows (CSOs) is a critical challenge for water utilities, affecting both environmental integrity and public health. A solution based on machine learning techniques with MLOPs process was proposed to provide early warning of CSOs and allowing water utilities to take corrective actions for preventing possible overflows. Prediction of CSOs is done by forecasting of sewer flow and level using sensor and weather data at multiple points of wastewater network such as pumping stations, manholes and entry point to treatment plants. The solution was tested for 17 assets of a water utility in Denmark and the results showed acceptable accuracy of sewer flow/overflow prediction with an error deviation of about 5% and forecast horizon between 1-24 hours. The solution has the capability to be integrated with digital solutions for enabling proactive network operation policies and optimized pumping activities for water utilities.

Keywords: Overflow; CSO; Machine Learning

MOTIVATION & BACKGROUND

Sewer Overflow is the release of wastewater into environment that has a negative impact on global ecosystem by polluting air, groundwater and surface waters and therefore can be a threat to public health (Sojobi, A.O., Zayed, T. 2022). This study aims to forecast sewer water volumes and water levels, especially during heavy rain falls, and therefore alerting water utilities to prevent possible overflows due to high load of sewer volume in wastewater networks. It also helps in optimizing pump operations and predicting sewer inflow into treatment plants. Key benefits include early warnings for potential CSO events by predicting pipe levels and flows, and proactive control of network operations using these forecasts. The solution is based on a data driven approach with Machine Learning (ML) techniques that can be applied for prediction of sewer volume and possible overflows at pumping stations, sewer network gravity points, and entry points to wastewater treatment plants.

Methods:

The data used in this study was from a water utility (VandCenter Syd) managing water supply and wastewater in Odense and Nordfyn in Denmark. The telemetry data from 17 pumping stations of this water utility was used for forecasting of sewer volume in a catchment area of their network. In addition to telemetry data, corresponding weather data (rain, pressure, temperature, snow, etc.) was also obtained from online weather services (OpenWeatherMap and Danish Meteorological Institute). The telemetry data, such as water levels and pump outflows, combined with historical and upcoming weather data offer a comprehensive view of the wastewater network influenced by weather conditions.

Several advance statistical and machine learning forecast models were used to provide required predictions of sewer volume/level for each location of the pumping assets. Examples of these models are timeseries decomposition model, generalized linear model, recurrent neural network, convolutional neural network, temporal convolutional neural network and long short-term memory networks (Kevin P.M., 2022). For each model, first the historical telemetry and weather data during the past 180 days are used for training the models and afterwards the trained model is called in each hour to provide the forecast results for the next 1 to 24 hours. The machine learning model management, training, and inferencing were done using Azure cloud services. The main logic behind the forecast models was to find the most relevant features from the telemetry and weather data and use them in mathematics framework of each model for pattern learning and future timeseries prediction. An example of these features are hourly, daily, and weekly seasonal components, time series trend components, statistical lag components for flow and rain, holidays, working days, etc. Figure 1 shows how these components can be extracted and used for pattern learning and prediction using ML approach. Moreover, could deployment of ML models was done based on MLOps process to be ensure the models outputs provide robust and accurate forecast based on live telemetry and weather data from pumping station.



Figure 1 Feature extraction and pattern learning process using the ML methodology.

Results:

An interactive visualization interface was built for the pilot water utility (VandCenter Syd) to display the results of sewer volume and level forecast with potential warning of CSOs. The pilot water utility was presented with forecast data of 17 pumping stations using the online dashboard based on mean, 80% and 95% confidence intervals. The forecast results are updated for every hour for the next forecast horizon of 1 to 24 hours. In order to quantify the forecast accuracy, when the actual flow/level values are observed, the forecast values are compared with these actual values based on several accuracy metrics (RMSE - Root Mean Squared Error, MAPE - Mean Absolute Percentage Error, MAE - Mean Absolute Error). In overall the forecast accuracy was good for all assets both during the dry and rainy periods with an average error of 5% percent based on MAPE accuracy metric. Figure 2 shows the forecast results with accuracy metrics for one of the assets during dry and wet periods.

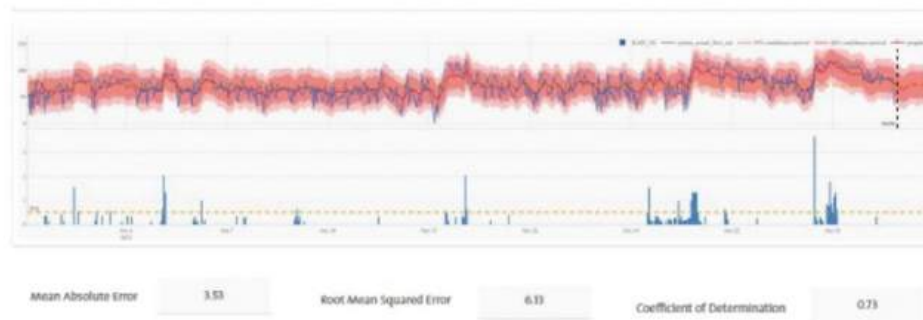


Figure 2 Forecast results for hourly sewer volume for a pumping station during dry and rainy periods with accuracy metrics. The red line is the mean of hourly forecast for sewer volume (with unit m³/h). The dark and light red highlighted bands are the 95% and 80% confidence intervals of forecasts. The blue line is the observed value of hourly sewer volume, and the blue bars show the rain amount (with unit mm).

In addition to forecast values, other metrics provided also to give a deeper insight into data patterns and predictions. For instance, these metrics displayed the spread of real and predicted data over a user-selected time frame, factoring in average rainfall and sewer volume. This aids water utilities in understanding the average capacity and sewer volume during specified periods. (Figure 2).



Figure 3 Distribution of observed sewer volume forecasts and rain values. The x-axis in top plot shows the observed actual flow and the corresponding forecast results. The x-axis in the bottom plot shows the amount of rain. The y-axis in two plots show the frequency of observing a specific value in x-axis.

To predict potential overflows using sewer volume and flow forecasts, the pumping station's maximum capacity is first determined. This can either be calculated or set by the user and added to the dashboard. If forecast results of sewer level or volume exceed the threshold of maximum capacity, an alert appears on the user interface signalling that the station's capacity might soon be exceeded, perhaps due to heavy rainfall. This early warning allows water utilities to take preventive actions in time. (Figure 4)

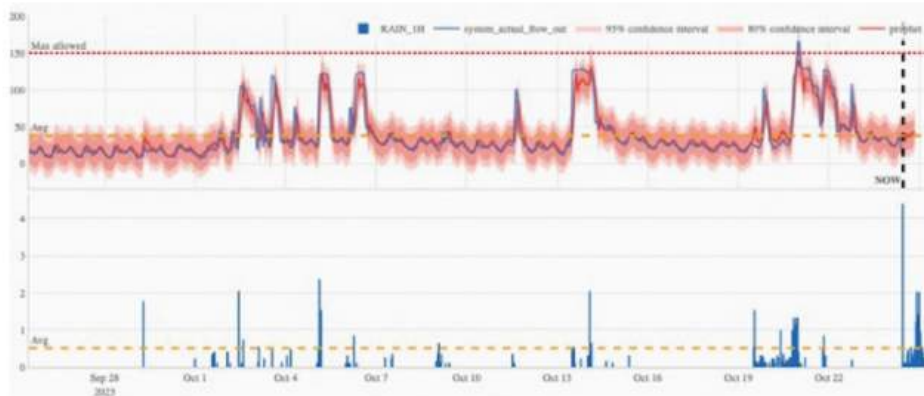


Figure 4 An example of the max capacity threshold calculated or specified by the user to detect possible future overflow. The red dash line here is the maximum capacity of the asset. When a sewer volume forecast is higher than this threshold a warning is shown indicating the chance of a possible overflow in future.

REFERENCES

Sojobi, A.O., Zayed, T. 2022 Impact of sewer overflow on public health: A comprehensive scientometric analysis and systematic review. *Environmental Research*, 203.

Kevin P.M., 2022 Probabilistic Machine Learning: An introduction, MIT Press.

Sewer Overflow Management

Willow Trunk Feasibility Assessment And Design – A Watershed-wide Solution For CSO Reduction With The Use Of InfoWorks ICM Modelling

Presenter : Angela Steward, Mike Lam

밴쿠버 시의 도시 성장, 기후 변화, 기존 하수 시스템을 고려하여, 복잡한 하수 관리 및 빗물 처리 문제를 해결하기 위해 다양한 솔루션과 접근법을 제시

발표 전체의 큰 틀

Willow Trunk 프로젝트에 대한 설명으로, CSO(CSO: Combined Sewer Overflow) 완화와 빗물 관리에 대한 광역적 해법의 일환을 소개하고 있다.

Land Acknowledgement

We acknowledge the land we are meeting on is the traditional territory of many nations including the Mississaugas of the Credit, the Anishnabeg, the Chippewa, the Haudenosaunee and the Wendat peoples and is now home to many diverse First Nations, Inuit and Métis peoples.

We also acknowledge that Toronto is covered by Treaty 13 with the Mississaugas of the Credit.

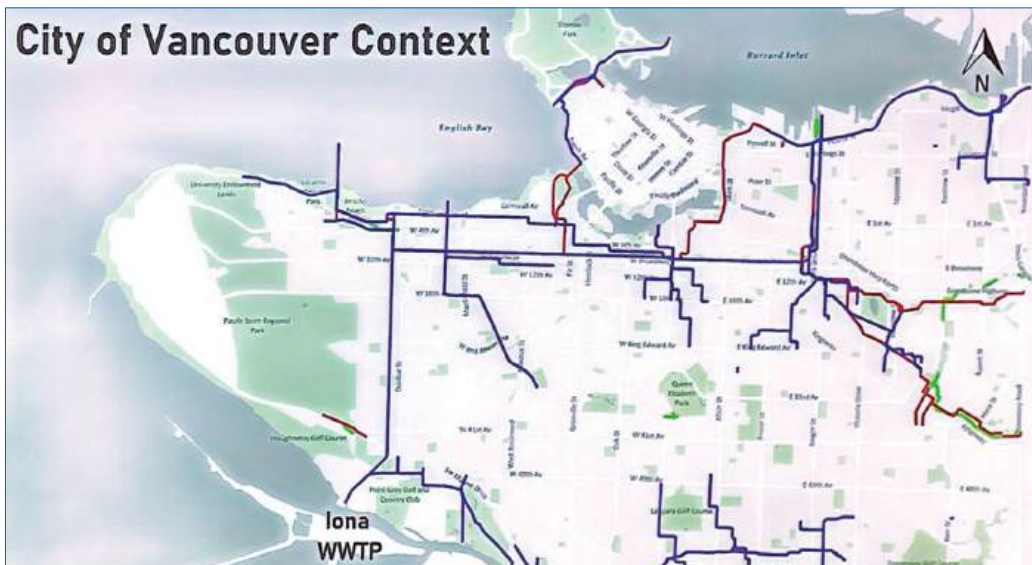


전통 영토 인정

발표는 먼저, 발표가 이루어지는 지역이 여러 원주민들의 전통 영토임을 인정하는 것으로 시작한다. 이 지역은 현재 다양한 원주민, 이누이트 및 메티스족이 거주하고 있음. 토론토와 밴쿠버 지역의 조약들을 언급하며 이들의 공헌을 인정하였다.

밴쿠버 시

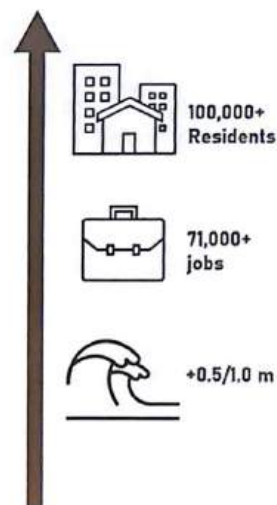
- 밴쿠버는 캐나다 서부 해안에 위치한 도시로, 메트로 밴쿠버(*Metro Vancouver*)를 구성하는 21개 지방 자치단체 중 가장 큰 도시이다.
- 주요 이웃 지역으로는 University of British Columbia, Burnaby, Richmond, North Vancouver 등이 있다.
- 이 도시는 하수 및 배수 시스템이 Metro Vancouver 인터셉터 시스템과 연결되어 있으며, 주로 동쪽에서 서쪽, 북쪽에서 남쪽으로 흐르고 있다.



The Challenges

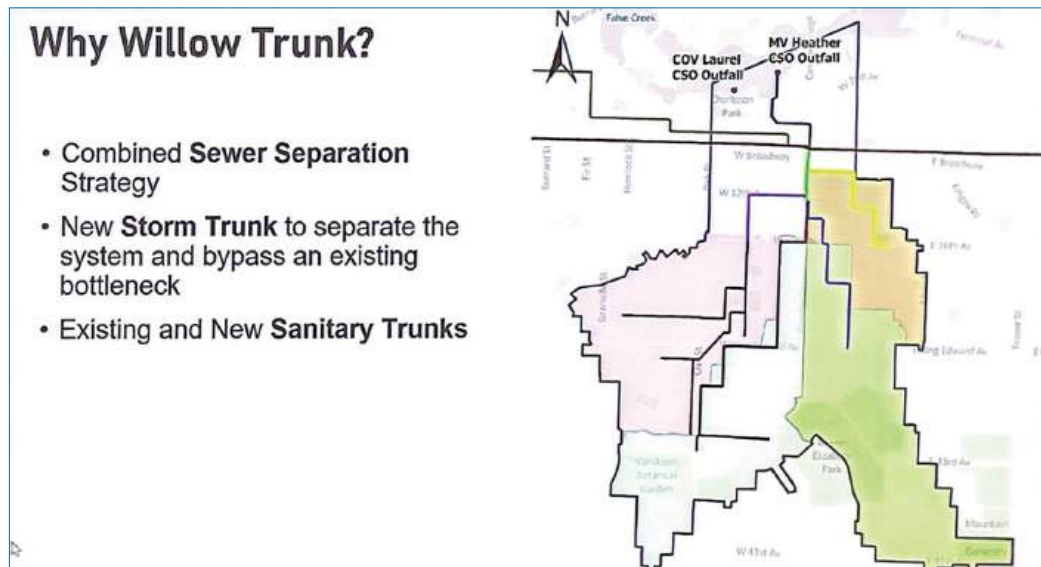
Future State:

- Substantial **Growth**: 100,000+ residents, 71,000+ jobs
- Annual **rainfall** is expected to increase 12% and amount of extreme rainfall event is expected to increase by 20%
- **+0.5 m** in Sea Level Rise by 2050 (and **+1.0 m** by 2100)
- Combined Sewage Overflow (**CSO**) shall be eliminated (2011 ILWRMP).



기후 변화와 인프라 문제

- 강수량 증가 : 연간 강수량이 12% 증가하고 극한 강우 시 강수량이 20% 증가할 것으로 예상된다고 한다.
- 해수면 상승 : 2050년까지 0.5미터, 2100년까지 1미터 상승을 예상하고 있다.
- 밴쿠버는 기후 변화로 인해 강우량이 증가하고 해수면 상승이 예상되며, 이러한 상황은 이미 용량이 부족한 하수관에 더 큰 부담을 줄 것이다.
- 기존의 하수 시스템, 특히 합류식 하수도가 이러한 변화에 대응하기에 충분하지 않다는 점이 주요 문제로 지적되었고, 따라서 2050년까지 CSO를 제거해야 하는 법적 요구사항을 가지고 있다.



Willow Trunk 프로젝트의 필요성

- Cambie Street 트렁크(trunk sewer)의 병목 현상을 해소하기 위해 새로운 Willow Trunk 하수관이 제안되었다.
- 새로운 하수관은 기존 트렁크와는 다른 경로를 따라, 병목 구간을 우회함으로써 용량 제한 문제를 해결할 계획이다.
- 병목 현상은 시스템의 일부가 과부하 상태가 되어 전체 시스템의 흐름을 제한하는 현상을 말하는데, 하수도 시스템에서는 특정 구간이 많은 하수의 흐름을 처리하지 못해 다른 구간까지 영향을 미치는 경우를 의미한다.

기존 상황

- Cambie Street 하수관 : 현재 Cambie Street에 설치된 하수관이 문제를 일으키고 있다. 이 하수관은 상당한 양의 하수를 처리해야 하며, 이로 인해 병목 현상이 발생하고 있습니다. 병목 현상은 하수관의 용량이 제한되어 있어 하수의 흐름이 원활하지 못하고, 결과적으로 하수도 시스템 전체에 부담을 주게 된다.
- 문제의 원인 : 기존 하수관이 위치한 구간에서 하수의 양이 너무 많아지면서 흐름 속도가 느려지고, 이로 인해 하수관이 오버플로우(과잉 흐름) 상태에 이르게 된다. 이 문제는 특히 하수관의 물리적 용량과 배수 용량이 제한적일 때 발생하는 것으로 유명하다.

새로운 Willow Trunk 하수관의 제안

- 새로운 경로 : Willow Trunk 하수관은 기존의 Cambie Street 트렁크와는 다른 경로를 따라 설치될 예정이다. 이 새로운 경로는 병목 구간을 우회하는 방식으로 설계되어 있다.
- 해결 방법 : Willow Trunk 하수관은 기존의 문제 구간을 피하여 더 넓은 용량을 가진 경로를 통해 하수를 이동시킬 수 있도록 한다. 이렇게 하면 기존 트렁크의 과부하를 줄여주고, 전체 하수도 시스템의 흐름을 원활하게 할 수 있다.
- 기대 효과 : 새로운 하수관이 설치되면, 기존의 하수관에서 발생하던 병목 현상이 해소되고, 하수의 흐름이 더 원활해질 것이다. 이는 하수도 시스템의 성능을 개선하고, 하수 처리 문제를 해결하는 데 도움을 줄 것이다.



프로젝트 목표

- 단순히 하수관을 분리하는 것만이 아닌, 기후 변화, 해수면 상승, 홍수 방지, 환경 보호, 서식지 제공, 공공 공간 개선 등 여러 목표를 달성하려고 한다.
- 중간 목표로는 현재의 규제에 의거한 CSO 제거와 더불어, 향후 규제 변경 전에도 개선된 환경을 제공할 수 있는 방향으로 프로젝트를 진행할 계획이라고 발표했다.
- 이러한 프로젝트는 궁극적으로 도시의 하수도 시스템을 개선하여 장기적으로 보았을 때, 도시 환경과 공공 안전을 향상시키는 데 기여하게 된다.

OUR DRIVING QUESTION

How do we solve complex watershed-wide problems?

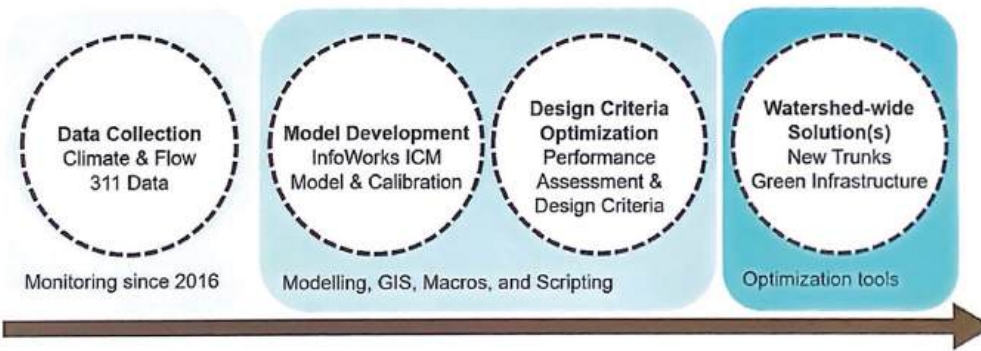
데이터 수집 및 모델 개발

- 2016년부터 밴쿠버 시는 기후, 유량, CSO 데이터를 기록 및 모니터링해 왔으며, 이 데이터는 모델 개발과 분석 작업의 기반이 된다.
- ICM을 활용해 통합 하수 네트워크 모델을 개발하였고, 이를 통해 하수 시스템의 디지털 트윈을 구현하였다.

The Approach

How do we solve complex watershed-wide problems?

- We leverage data, spatial analysis, hydraulic model, and optimization tools.



The Model

985 ha and 213km of Sewers

Sewer Network (Nodes and Links)



Storm Subcatchments (Rainfall runoff and groundwater)



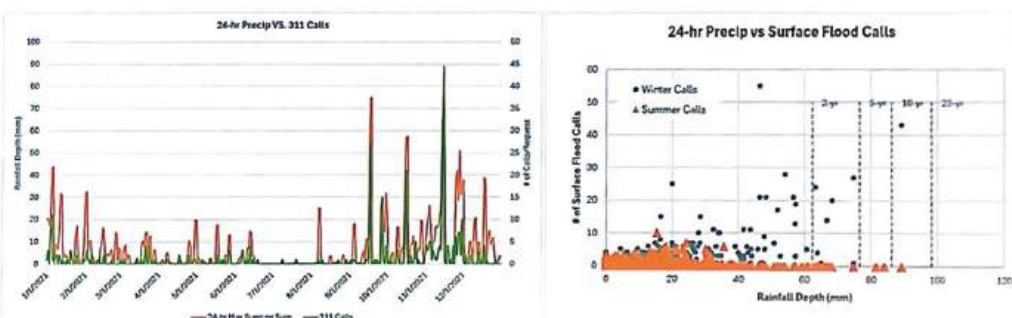
Sanitary Subcatchments (Wastewater and I&I)



Criteria Optimization

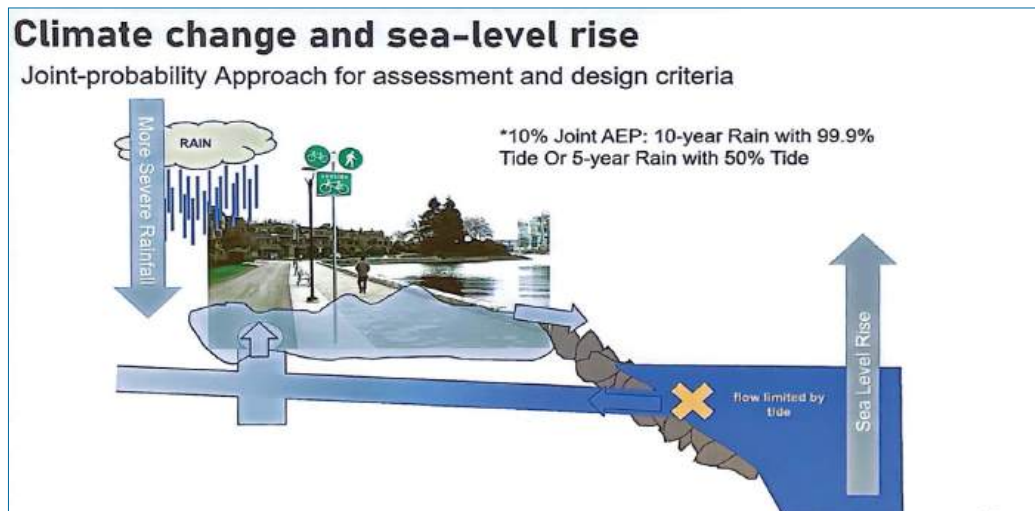
How do we optimize the design criteria?

- Service calls vs rainfall to understand what impacts servicing level the most.
- Runoff management / Retention / Inlet capacity are as important as pipe size
- Green Infrastructure is going to be a critical part of the solution.



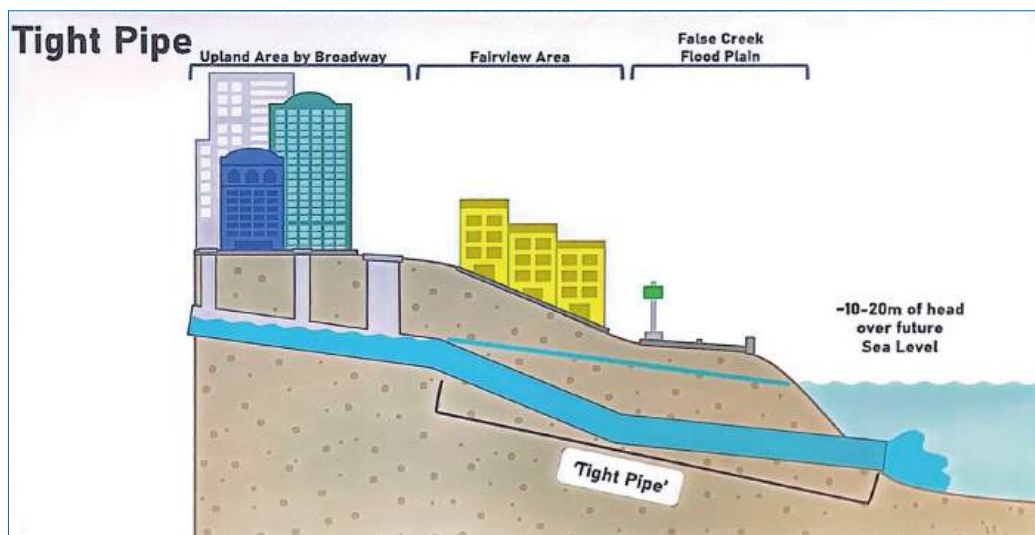
기준 최적화 및 기후 변화 대응 1

- 수집된 데이터를 활용해 서비스 수준, 강수량, 계절별 영향 등을 분석하고, 녹색 인프라를 활용한 해법을 제안하였다.
- 합류식 하수도망 모델의 개발을 가장 우선하고 → 모델간 병합을 통한 디지털 트윈 제작하여 → 기준 최적화 (시스템에 실제로 영향을 미치는 데이터인지?, 벤쿠버 시민들에게 중요한 것이 무엇인지?, 계절에 따라 고려해야할 점은 무엇인지?)를 제안하였다.



기준 최적화 및 기후 변화 대응 2

- 10년 주기 강우와 해안 사건을 결합한 시나리오를 들고와서 현실적이고 보수적이지 않은 접근 방식을 제안했다.



프로젝트의 key

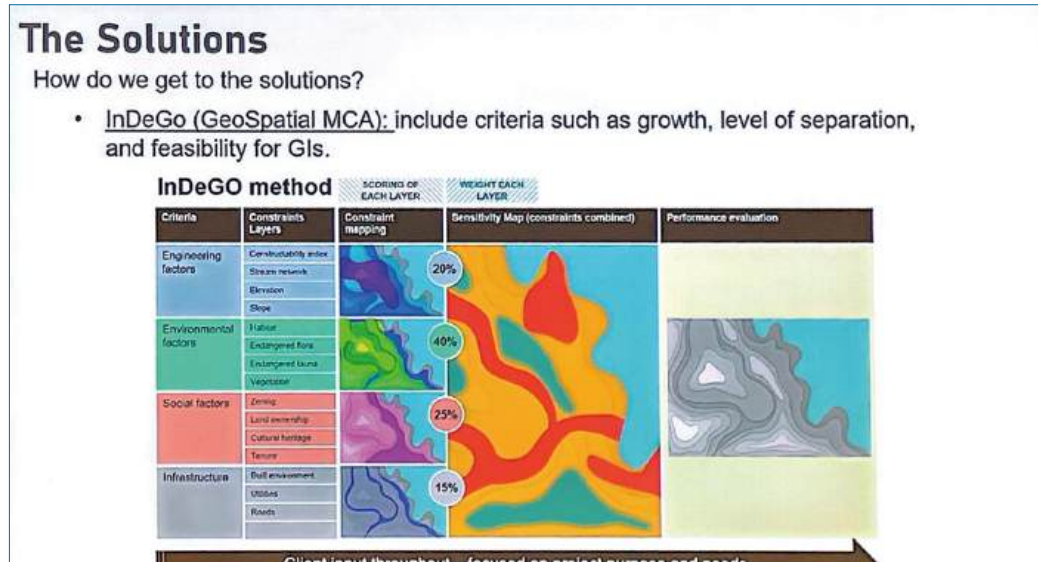
- 기후 변화와 해수면 상승

해수면 상승 대응

- Tight 파이프 설계를 통해 저지대 지역에 미치는 영향을 최소화하면서 강수 유량을 전달할 수 있는 설계를 제안하였다.

- 다중 기준 분석(MCA) 도구를 사용하여 녹색 인프라 및 하수관의 최적 위치를 도출한다고 한다.

따라서 유역과 파이프간의 연결성이 중요해지며, 파이프를 포함시킨 시스템을 개발하는 것과 같이 하수 시스템 조정이 필요하다.



최종 해결책

- 종합적인 해법으로 해안선 설계, 녹색 인프라, 타이트 파이프(Tight Pipe) 설계를 포함하였다.
- 다중 기준 분석 도구인 MCA 분석 결과를 바탕으로 빗물 하수도뿐만 아니라 친환경 녹색 인프라를 배치하기에 가장 적합한 지역을 도출하여 최적의 솔루션을 마련 중임을 설명했다. (구체적으로는 노란색이 적합하며, 초록색으로 갈 수록 부적합 판정을 내린다. → 이를 활용하여 녹색 인프라와 통합된 적응형 해안선을 설계하고 시나리오를 작성한다.)

세션 발표 이후 궁금증 및 추가로 알면 좋을 사항들

1. 구체적인 예산과 일정

- 발표에서 구체적인 예산과 일정에 대한 언급은 없었다. 예산이 얼마나 소요되며, 어떤 단계에서 완성될 것인지에 대한 정보도 얻으면 좋을 것 같다.

2. Willow Trunk 프로젝트의 기술적 세부사항

- 본 프로젝트와 기존 인프라 간의 상호작용에 대해서 궁금하다. 새롭게 설치될 트렁크와 기존 하수도 간의 연결성 및 통합 방법에 대한 설명도 듣고 싶다. 예를 들어, 새 시스템이 기존 시스템을 보완하는 것인지?

3. 해수면 상승과 타이트 파이프(Tight Pipe) 설계

- 타이트 파이프 설계의 구체적인 작동 원리와 이 설계가 해수면 상승에 어떻게 대응하는지?
- 이 설계가 다른 유사한 프로젝트에서 적용된 사례를 알고 싶다.

4. 규제 변경의 예상 일정과 내용

- 규제 변경이 언제쯤 완료될 것으로 예상되는지 발표자 분들도 알기 힘들겠지만 그래도 언제쯤 될지 궁금하고 변경된 규제가 프로젝트에 어떤 영향을 미칠지에 대한 질문도 남아있다.

발표 느낀 점 간단 기록

발표는 밴쿠버의 하수 및 빗물 관리의 복잡성을 잘 보여주었고, 프로젝트의 성공을 위해서는 다양한 기술적, 환경적, 사회적 요인을 고려해야 함을 강조하였다. 발표에서 제시된 모델링과 분석 방법은 그 자리에서 전부 이해할 수 없었지만 프로젝트를 설명하는데 매우 중요하기 때문에 이 부분을 더 공부하여 깊이 이해하는 것이 프로젝트를 이해하는 것에 핵심이 될 것 같다.

TS 4.8 | 3조

WATER SENSITIVE URBAN DESIGN

Smart Blue Roof Implementation Project

Presenter : James Cowan, Canada

4.8 WATER SENSITIVE URBAN DESIGN

Room 717 A
Technical

Chair: **Florian Kretschmer**, *Austria* Co-chair: **Mendy Shoji**, *South Africa*

Smart Blue Roof Implementation Project, **James Cowan**, *Canada*

Co-designing Water-sensitive Suburbs Through Blue-green Infrastructure Planning By Research, Municipality, And Housing Association Partners, **Jan Fiesen**, *Germany*

Creating A Water Sensitive City Strategy For Fishermans Bend Urban Renewal Area In Melbourne, Australia, **Ryan Brotchie**, *Canada*

Development Of Agro-Industrial Biofilters For Urban Stormwater Runoff Reduction And Diffuse Pollution Mitigation, **Lee-Hyung Kim**, *Philippines*

POSTERS

Understanding Adoption And Performance Of Rainwater Harvesting Systems Using Sensors: A Pilot Study, **Eren Rudy**, *Canada*

Generation Of Planning Scenarios For Stormwater Management In European Cities, **Maria Chiara Lippera**, *Germany*

IWA World Water Congress & Exhibition 2024

11-15 August 2024 | Toronto – Canada



Smart Blue Roof Systems

Green Infrastructure for Climate Change Adaptation

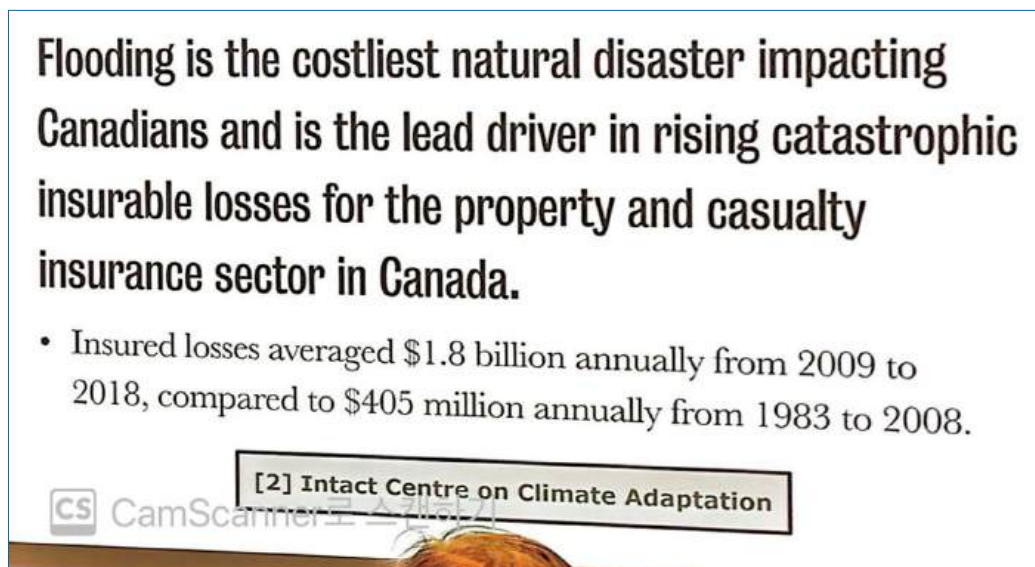
James Cowan (Credit Valley Conservation)



CS CamScanner로 스캔하기
inspiring change



세계 각국의 도시 중 캐나다의 토론토, 이란의 테헤란, 일본의 도쿄 모두 주요 도시가 경사가 낮은 지붕의 건물들로 이루어져 있는데, 이러한 환경은 지붕에 오늘 설명하고자 하는 기술인 'Smart Blue Roof'를 설치하기에 적합하다고 판단되며, 이는 매우 긍정적인 변화라고 생각한다.



폭우로 인한 홍수는 캐나다에서 가장 큰 피해를 주는 자연재해 중 하나로, 재산 및 인명 측면에서 심각한 피해를 일으키는 주요 원인 중 하나이다. 피해액의 경우 1983년부터 2008년까지 연간 평균 4억 500만 달러인 것에 비해 2009년부터 2018년까지 연간 평균 18억 달러로 가파른 폭으로 증가하는 것을 확인할 수 있다.

빗물을 처리하는 주요 기술에는 전통적인 방식인 일반 집수(Conventional Roofs), 녹지 환경 공간(Green Roofs)을 활용한 집수, 수동 방식 옥상 저류(Passive Blue Roof)의 3가지 종류의 빗물 집수 기술이 대표적이라고 할 수 있다



개념 설명

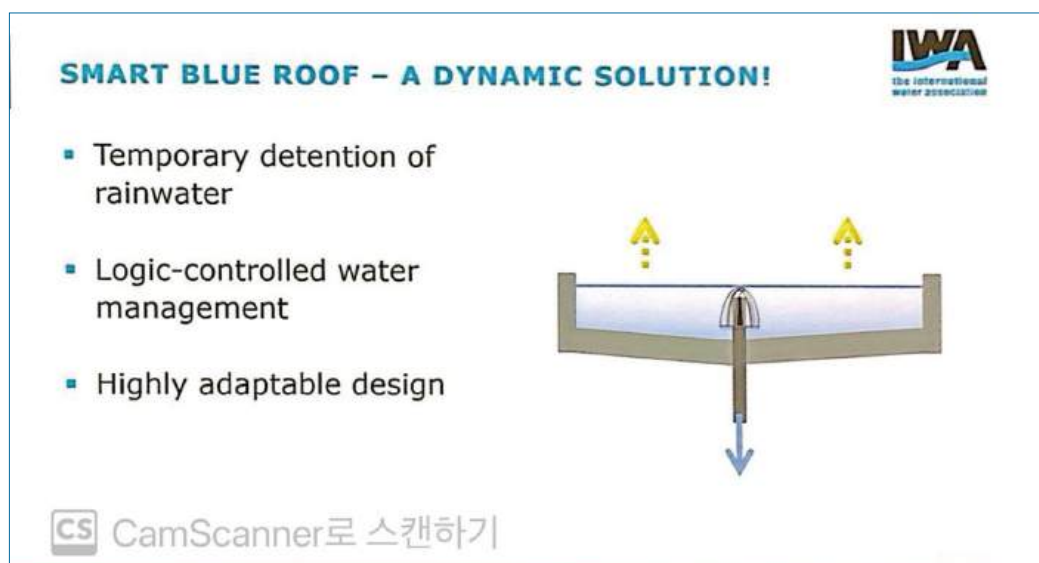
Blue Roof 가 지붕에서 물을 어떻게 저장하고 배출하는지에 따라 수동 방식과 능동 방식으로 나눌 수 있다.

1)수동 방식

물을 배출할 때 사람이 조작하지 않아도 되는 방법으로 주로 '웨어', '오리피스 플레이트', '유압 조절기' 같은 구조물들을 사용해 물이 일정한 속도로 흘러나가게 한다. 쉽게 말하면, 물이 자연스럽게 흘러나가도록 고정된 구조를 만드는 것이다.

2)능동 방식

물의 흐름을 조절하기 위해 사람이 직접 제어하거나 기계가 작동하는 방법으로 '밸브', '컨트롤러' 같은 장치를 사용해 물이 흘러나가는 속도와 양을 조절한다.



소개하고자 하는 기술인 Smart Blue Roof의 주요 특징으로는 강우 시 일시적인 빗물 저류가 가능하며, 제어형 물 관리가 가능함과 동시에 적용 가능성이 높은 설계로 디자인된 것이

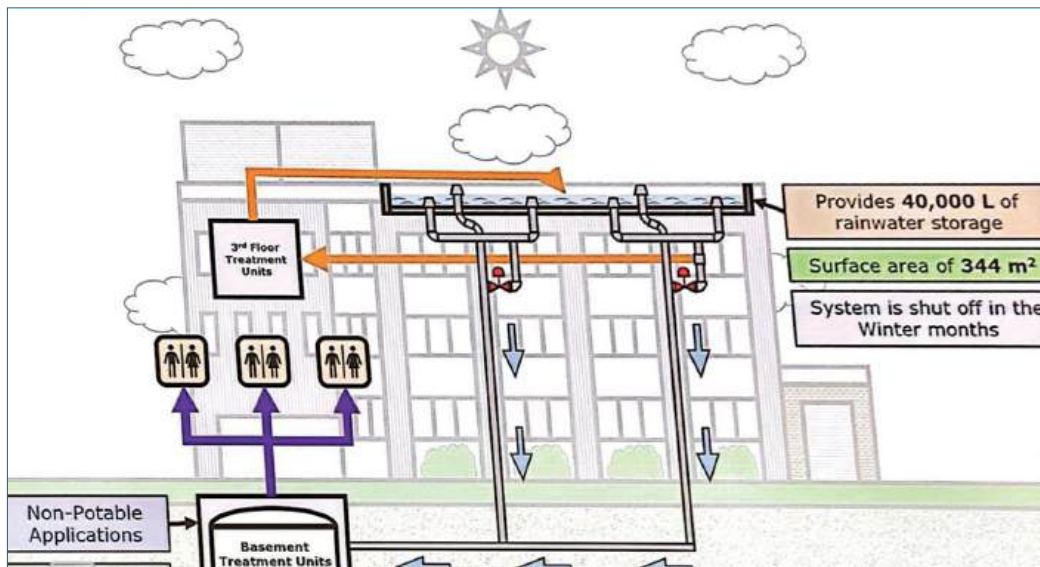
가장 큰 특징이라고 할 수 있다.



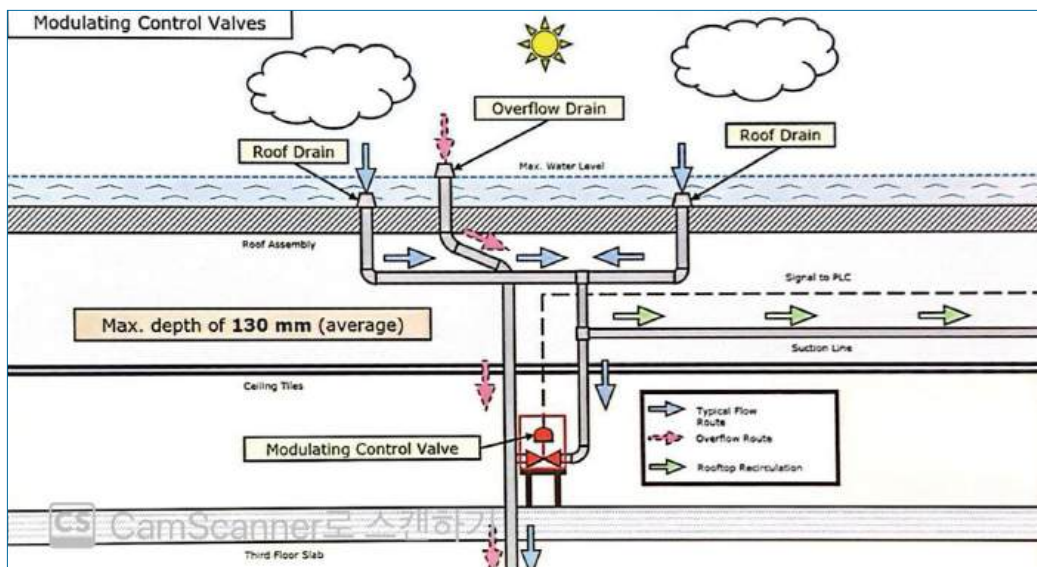
Smart Blue Roof의 이점에는 강우 시 발생하는 최대 유출량 감소, 효과적인 빗물 집수, 증발을 통한 자체적인 냉각 효과, 증발을 통한 자연적인 물 수지 균형 유지, 기존 시설을 활용하기 때문에 시설 비용 절감 효과 등이 있다.



해당 기술은 캐나다와 미국의 화학물질 및 건축, 수송 등 다양한 분야에서 안전에 대한 규정 및 준수를 엄격하게 관리하는 기관인 ICC의 기준을 준수하는 캐나다 최초의 Smart Blue Roof로서, 특정 처리기술 요구 사항과 물 안전관리 계획 기준을 동시에 만족하는 장치이다.



옥상에 집수가능한 빗물 최대량은 40,000 L이고, 이 중 지하로 운반되는 빗물은 5000 L이며, 지하에서 처리된 물은 화장실의 변기에 사용된다. 그 외 나머지 빗물은 3층으로 이동하여 처리되고, 처리된 빗물은 다시 옥상으로 이동하여 저장된다. 지붕의 표면적은 344 m²이며, 온도가 낮아 유지 및 관리가 어려운 추운 겨울에는 해당 시설 작동이 중지하게 된다.

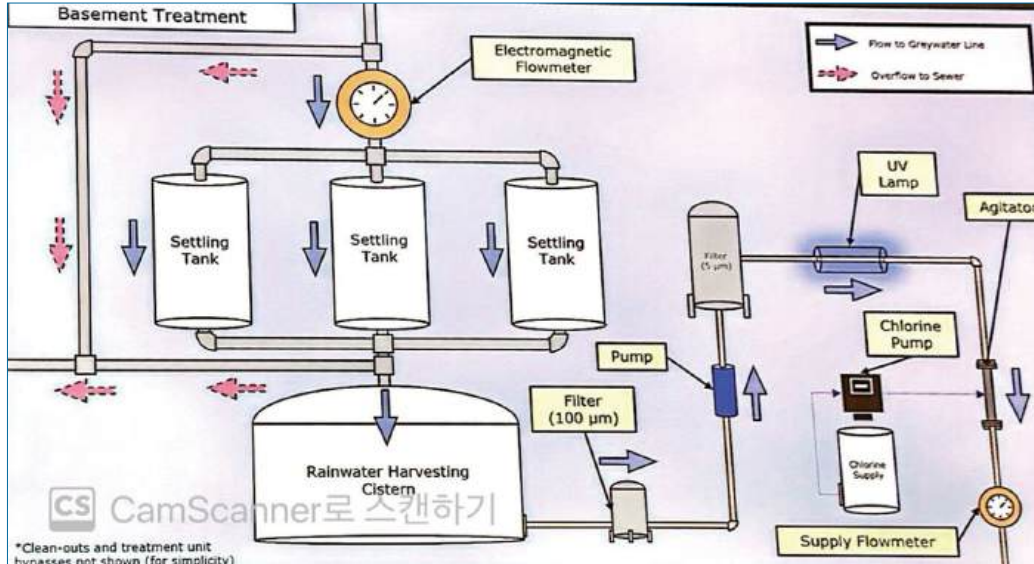


지붕과 연결된 여러 관로와 밸브를 통해 물이 순환되고, 특히 Overflow Drain을 통해 옥상 빗물 저류량(높이)을 조절하여 집수된 빗물이 넘쳐 발생할 수 있는 문제를 사전에 예방할 수 있다. 또한 Modulating Control Valve(조절 밸브)를 통해 유량을 조절하여 각각의 용도에 맞는 시설로 빗물을 보급할 수 있다.

용어 설명

Overflow Drain : 물의 수위가 일정 수준에 도달하면 과도한 물이 모여 넘치는 것을 방지하는 안전 장치

Modulating Control Valve : 물, 공기 또는 증기와 같은 유체의 흐름을 조절하는 데 사용하는 밸브의 종류 (출처 : 구글 통합검색)



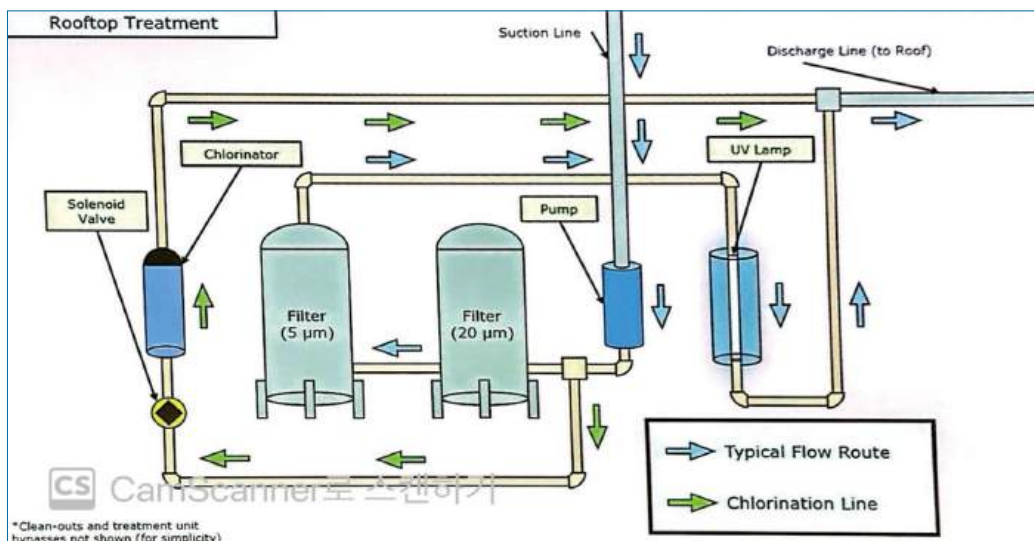
지하 처리 과정은 빗물을 분산하여 저류시키는 각기 다른 3개의 저장 탱크에서 나온 빗물이 첫 번째로 100µm 크기의 필터를 통과하여 상대적으로 입자가 큰 오염물질이 제거되고, 그 후 미세입자나 박테리아 등 크기가 작은 오염물질이 UV(자외선) 처리, 염소 소독 과정을 거친다.

용어 설명

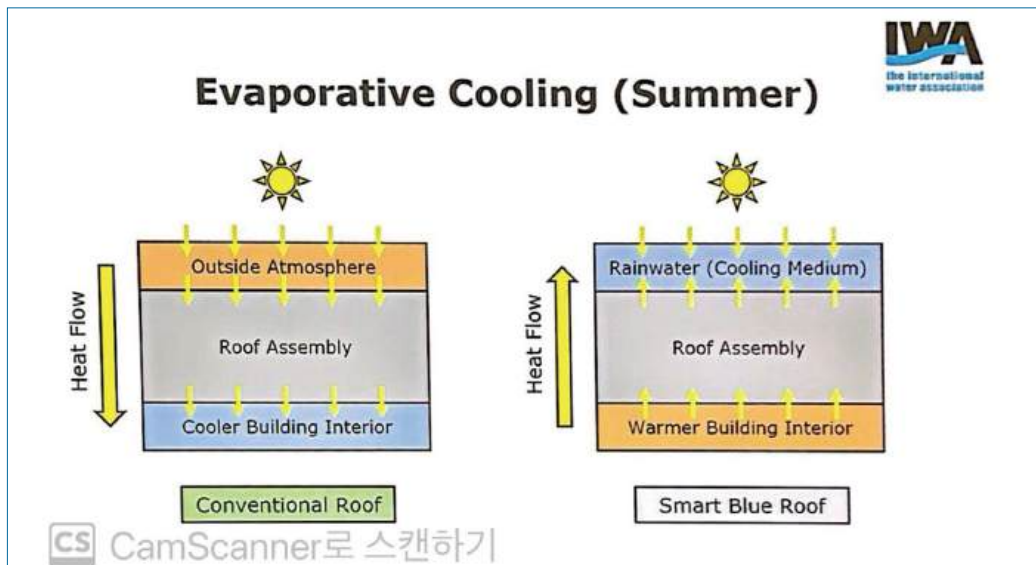
UV 처리(Ultraviolet treatment) : 200 nm~400 nm 범위의 파장을 가지는 자외선을 이용하여 살균을 하는 것

염소 소독 : 염소는 물과 반응하여 하이포아염소산(차아염소산, HOCl)을 생성하는데 이 하이포아염소산이 산화제로서 살균 작용을 한다.

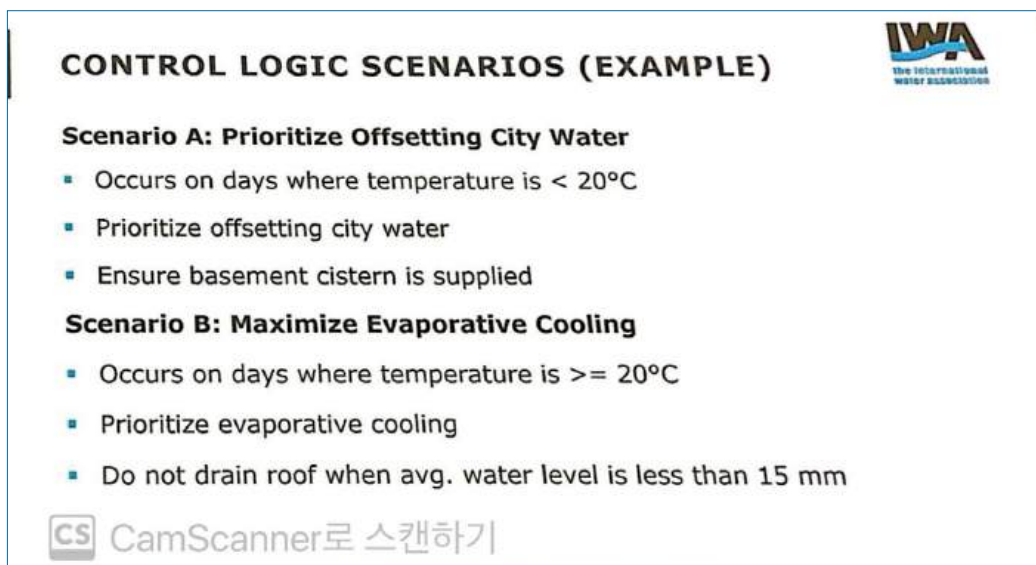
이를 이용하여 수돗물이나 수영장에서 세균을 죽이는데 사용하는데 이를 통칭하여 염소소독이라고 한다. (출처 :네이버 지식백과)



옥상에서의 처리 과정은 20µm 크기의 필터를 먼저 거쳐 큰 크기의 입자를 제거하고, 그 후 5µm 크기의 필터를 거쳐 상대적으로 작은 크기의 입자를 제거 후, UV 처리를 통한 소독 과정 및 염소 소독 과정을 통해 옥상에 저장되는 과정을 거친다.



기존의 지붕은 태양열을 그대로 건물 안으로 전달시켜 과열 우려 등 열 조절 문제가 있었지만, Smart Blue Roof의 경우 옥상의 물이 증발하며 건물 안의 열을 흡수하여 대기 중으로 기화하기 때문에 건물 내부의 온도를 낮추는 효과가 있다.



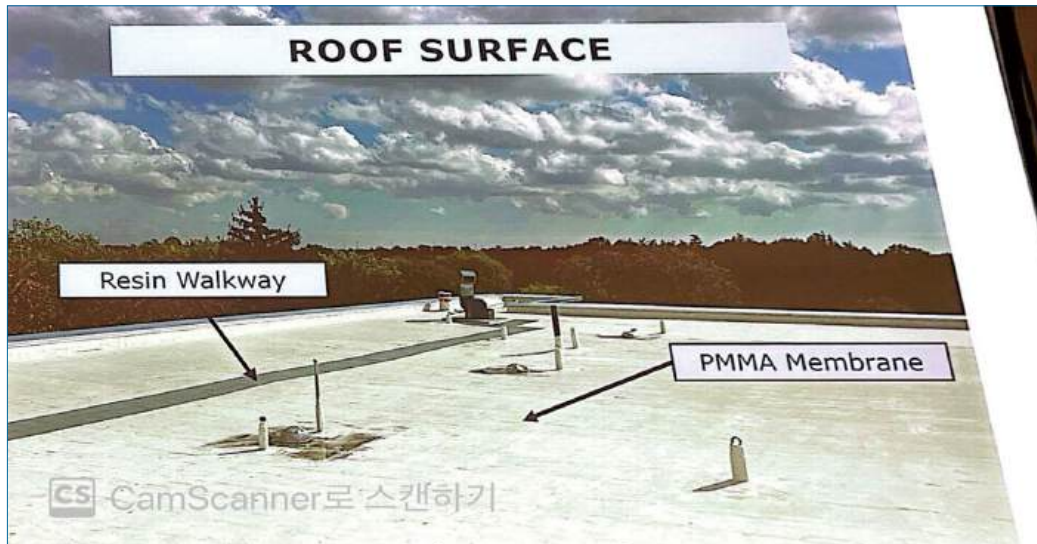
다양한 용도가 있기 때문에, 목적의 우선순위에 따라 다음과 같이 시나리오를 구분할 수 있다.

- 시나리오 A : 도시 빗물을 처리하는 것/주로 기온이 20°C 미만인 날
- 시나리오 B : 증발을 통한 냉각 최대화/주로 기온이 20°C 이상인 날, 증발을 통한 냉각이 우선순위가므로 옥상의 물을 빼지 않는다(수위 15 mm 미만)



실제로 사용되고 있는 Smart Blue Roof 장치의 사진이며, 지하 처리 시설의 모습을 확인할 수 있다.

(빗물 저장 탱크, 저류조, 염소 소독 펌프, UV 램프, 5 μ m 필터, 실내 조절 밸브)



빗물이 채워져 있지 않을 때의 옥상의 모습으로, 이동 통로는 합성수지(resin)로 처리되어 있고 옥상의 표면은 PMMA(플라스틱의 한 종류) Membrane으로 덮여있다.

LEGISLATIVE HURDLES

IWA
The International Water Association

Construction Concern	Governing Legislation	Proposed Solution	Outcome
Ponding water for more than 24 hours may cause water quality issues	Ontario Building Code (OBC)	Rooftop Treatment System & Water Quality Sampling	Option for consecutive days of storage
Ponding water at a depth greater than 150 mm (maximum)	Ontario Building Code (OBC)	Structural Load Assessment	Ponding water at a maximum depth of 250 mm

CS CamScanner로 스캔하기

inspiring change

법적 규제에 따르면, 옥상에 24시간 이상 물이 고여 있으면 다양한 수질 문제가 발생할 수 있다는 점과 최소한 깊이 150mm보다 깊게 물을 저장하여 효율에 중점을 맞추어야 한다는 고려사항이 있다. Smart Blue Roof의 경우 이를 반영하여 적용하고 있다.

PROJECT COST SUMMARY	
Design	\$ 101,109.00
Design Consultant Permitting Process	
Equipment	\$ 143,677.66
System Components Commissioning	
Construction*	\$ 243,289.82
Construction Services Construction Oversight Leak Detection Test	
Total	\$ 488,076.48
* Smart blue roof construction occurred simultaneously with roof assembly replacement - The estimated added cost of using PMMA (instead of TPO) is reflected in this cost.	

Smart Blue Roof의 경제성 분석 결과, 해당 프로젝트 비용을 설계, 장비, 건설 부문으로 나누어 책정하였고, 총 약 488,076달러가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 다른 기술들과 비교했을 때 상대적으로 저렴한 가격이며, 이로 인해 얻을 수 있는 효과가 더 클 것으로 기대할 수 있다.

OTHER RAINWATER APPLICATIONS	
	Toilet Flushing
	Irrigation Applications
	Industrial Water Applications
	Vehicle Washing
	Drinking Water (w/ Enhanced Treatment)

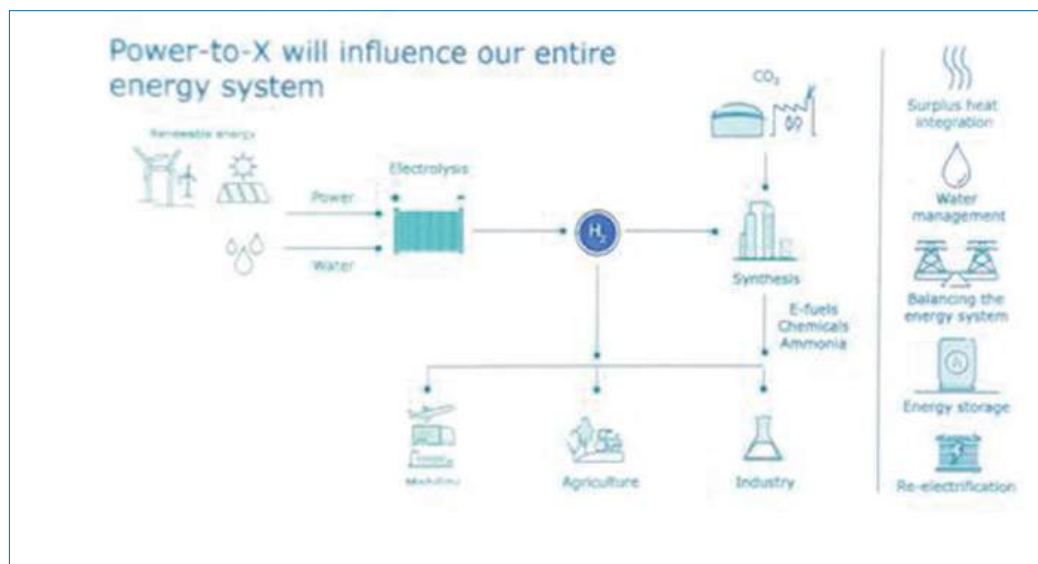
이외에도 관개 농업, 산업 용수, 차량 청소, 음용수 등 다양한 분야에 적용하여 빗물을 효과적으로 사용할 수 있는 Smart Blue Roof가 사용될 미래를 기대한다.

WATER RECLAMATION FOR NON-POTABLE REUSE(PLANNING)

Power-to-X As A Driving Force For Effluent Water Reuse In Denmark, Patrick Campbell, Denmark (1번째 발표)

주제

재생 에너지를 이용해 수소를 생성하는 기술을 연구하여 궁극적으로는 경제 부문에서의 탈탄소화를 목표로 한다.



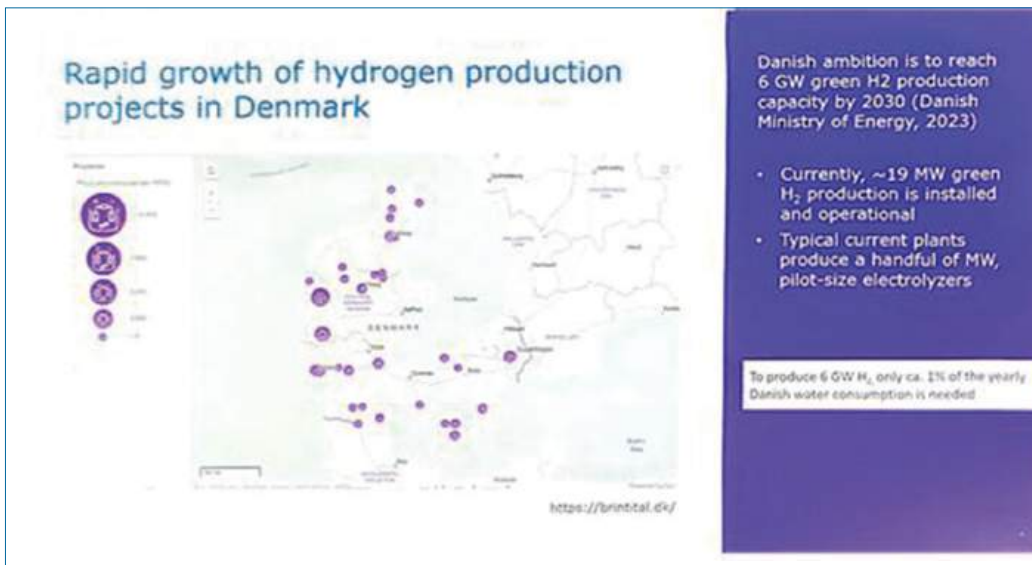
1. 핵심

그린 수소 생산과 물 재사용의 연관성

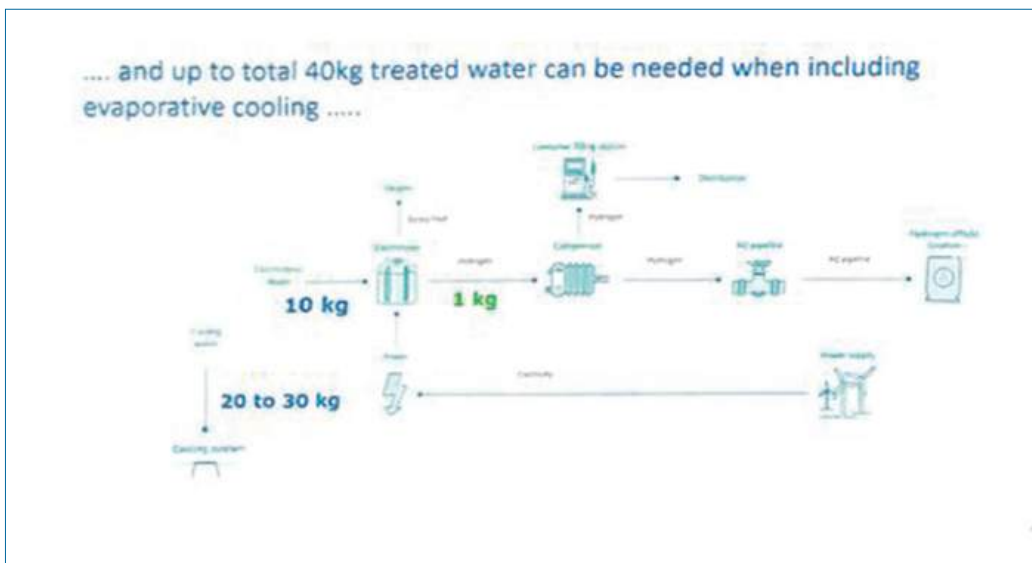
수소를 생산하기 위해서는 전기 분해가 필요하다. 전기 분해의 효율성을 높이기 위해서는 깨끗한 물이 필요하며, 이는 전기 분해 장비의 부식을 방지하는 데 필수적이다. 이때 폐수 재이용이 깨끗한 물을 생산하기 위한 효과적인 해결책이 될 수 있다.

덴마크의 탈탄소화 목표

덴마크는 2030년까지 6GW의 녹색 수소 생산 용량을 설치할 계획이다. 이를 위해 다양한 재생 에너지 분야에 투자하고 있으며 그중 풍력 에너지와 해양 플랫폼 설계 경험이 풍부한 편이다.

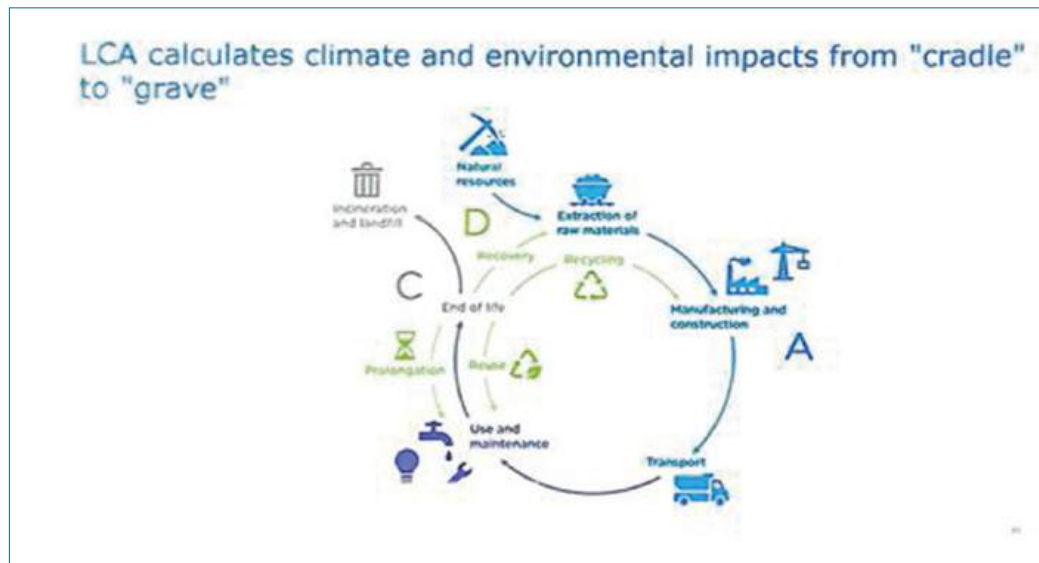


물 처리 기술 : 그린 수소 생산을 위한 전기 분해에는 많은 양의 물이 필요하다(1kg 생산에 40kg 이상 필요). 따라서 깨끗한 물 생산을 위해 폐수 또는 방류수 등을 고려해 볼 수 있다. 이를 처리하기 위해 주로 나노여과(Nano filtration)와 RO(역삼투압) 기술이 사용된다.



생애 주기 비용(LCC, life cycle cost)을 통한 환경비용 평가 : 생애 주기 비용이란 시설물의 생산에서 철거까지 드는 비용의 총액을 의미한다. 생애 주기 비용을 통한 분석은 환경비용 평가를 진행하기에 유용한 도구이지만, 프로젝트 초기 단계에서는 적용하기 어렵다는 단점이 있다.

배출수 처리 문제 : 깨끗한 물을 생산하는 과정에서 발생하는 배출수 처리 문제가 향후 해결해야 할 과제이다.



2. 개념

그린 수소

재생 가능 에너지를 활용하여 생산된 전기로 물을 전기 분해하여 수소를 생산하는 기술이다. 탄소배출이 전혀 없다는 장점이 있다.

폐수 재이용

그린 수소 생산에 필요한 물을 확보하기 위한 효과적인 방법으로, 공급량이 풍부하며 다른 용도와의 충돌 가능성이 적다는 장점이 있다.

생애 주기 비용(LCC, life cycle cost)

환경비용 평가를 위한 중요한 도구이지만, 프로젝트 초기 단계에서는 데이터 부족 등의 문제로 인해 적용이 어려울 수 있다.

3. 결론

그린 수소 생산을 위한 물 수요 증가에 따라 폐수 재이용의 중요성이 더욱 커지고 있다. 다양한 물 처리 기술과 프로젝트 사례를 통해 폐수 재이용을 통한 물 공급 시스템 구축 가능성을 확인할 수 있었다. 하지만 배출수 처리 문제 등 해결해야 할 과제도 남아 있으며, 생애 주기 비용을 통한 체계적인 환경비용 평가가 필요하다.

4. 추가 분석

- 에너지 효율 : 물 처리 과정에서 소비되는 에너지 효율을 개선하기 위한 연구가 필요하다.
- 정책 지원 : 폐수 재이용을 위한 정책 지원 및 규제 완화가 필요하다.
- 사회적 수용성 : 지역 주민들의 폐수 재이용에 대한 인식 개선 노력이 필요하다.

TS 4.4 | 3조

ADVANCES IN RAINFALL AND STORMWATER MANAGEMENT

Rodney Cook Sr. Park In Historic Vine City – From Flooded Brownfield To Innovative Stormwater Solution

Presenter : Julie Stein, United States

4.4 ADVANCES IN RAINFALL AND STORMWATER MANAGEMENT

Room 717 A
Technical

Chair: [Bu Lam, Canada](#) Co-chair: [Chiara Lucia Tregnago, Italy](#)

Splitting Rainfall For Sewer Modelling, An Innovative Method Solving Problems Out Of Box, [Li Julian, Canada](#)

Runoff Coefficient And Rainfall Estimates From Opportunistic Flow Measurements And Weather Radar, [Janni Mosekær Nielsen, Denmark](#)

Revolutionizing Control Systems: Unleashing The Power Of Real-time Adaptive Control (RTAC) In Stormwater Management, [Xuli Meng, Australia](#)

Rodney Cook Sr. Park In Historic Vine City – From Flooded Brownfield To Innovative Stormwater Solution, [Julie Stein, United States](#)

POSTERS

Forecasting Future Groundwater Levels Under Select Climate scenarios In Saskatchewan, [Ahmed Okasa, Canada](#)

IWA World Water Congress & Exhibition 2024

11-15 August 2024 | Toronto – Canada



Rodney Cook Sr Park From Flooded Brownfield to Innovative Stormwater Solution

Julie Stein: ENV SP, Robert Bryant: PLA, AICP



CS CamScanner로 스캔하기
inspiring change



미국 조지아주 애틀랜타에 위치한 빗물 공원(Rodney Cook Sr. Park)의 사진이다.

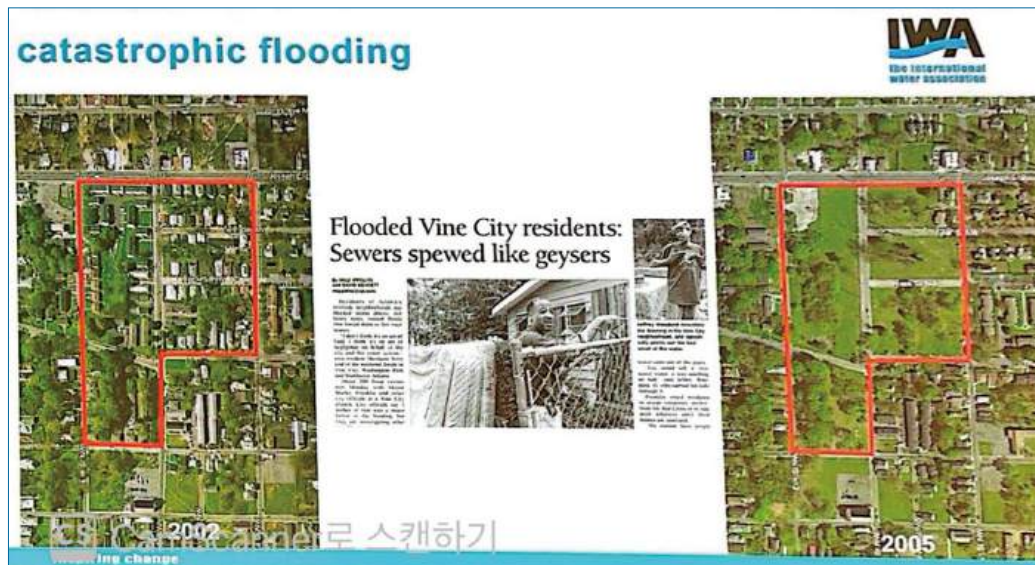


빗물 공원에 대해 알아보기 전에 이 지역의 역사적 맥락에 대해서 먼저 알아야 한다. 1891년에는 활발하고 다양성이 추구된 도시, 1960년에는 마틴 루터 킹 목사와 시민 인권(공민원) 운동과 관련된 도시였고, 이후부터 현재까지 이웃의 수가 줄어들고 있는 도시이다.

보충 설명

마틴 루터 킹 주니어(Martin Luther King Jr. 1929년 1월 15일 ~ 1968년 4월 4일)

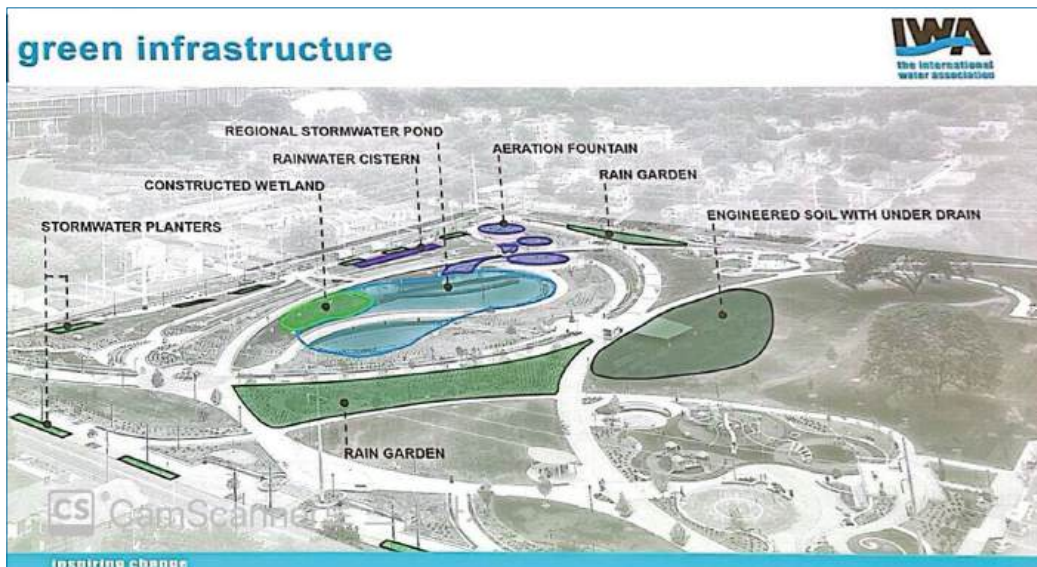
미국의 침례회 목사이자 인권 운동가, 흑인 해방 운동가, 권리 신장 운동가, 기독교 평화주의자로, 미국내 흑인의 인권 운동을 이끈 개신교 목사 중 한 사람으로 꼽힌다. 1964년 노벨 평화상을 받았다. 흑인 인권신장 운동에 있어서 비폭력적이고 점진주의적인 방법의 필요성을 주장했다.



한편, 2002년 심각한 홍수가 발생하여 도시 일부가 침수되었고, 하수구가 분출되어 홍수와 오물이 뒤섞이는 문제가 발생하였다. 이에 해당 지역은 사람이 더 이상 살 수 없는 곳으로 간주되어 앞서 말한 상태인 체로 지속적으로 방치되어 있었다.



앞서 말한 문제점을 해결하고, 다양한 환경친화적인 이점과 공간 활용 측면에서 다양한 장점이 있는 습지대, 야외 피트니스 공간, 농구장, 조깅 트랙, 암벽등반 시설 등 녹색 인프라 시설을 갖춘 습지 공원을 설계했다.



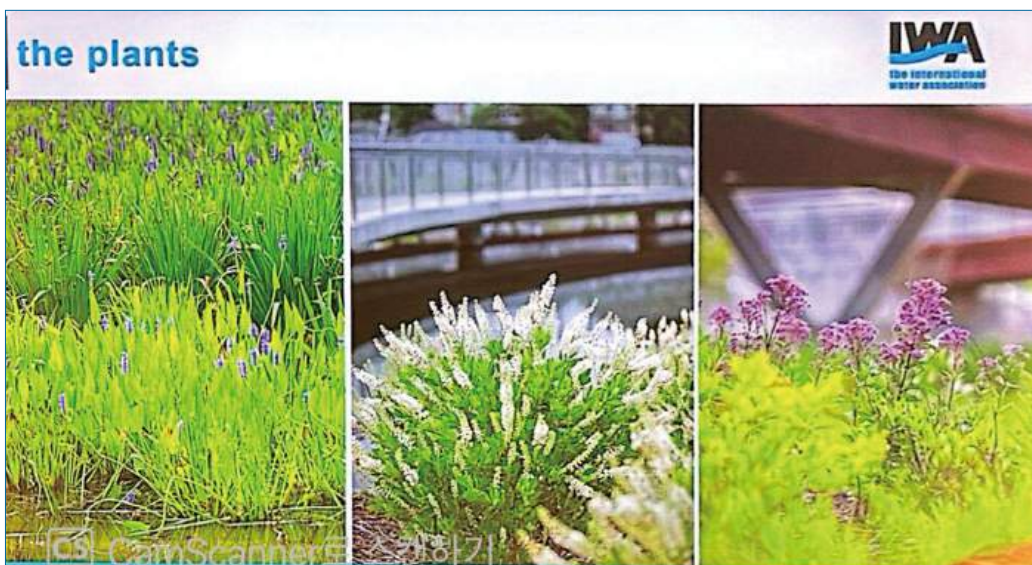
앞서 언급한 녹색 인프라 시설에는 빗물 연못, 빗물 저류조, 습지대, 빗물 정원 등이 있으며, 모든 녹색 인프라 시설들은 주기적인 유지 보수 관리를 통해 최적의 효과와 효율을 낼 수 있도록 지속적인 모니터링 등의 관리가 진행 중이다.



물은 평상시에도 일정량 이상 저장되어 있으며 2년 빈도, 25년 빈도, 100년 빈도 강우가 내릴 때의 빗물 저장량을 순서대로 그림과 같이 나타내었다.



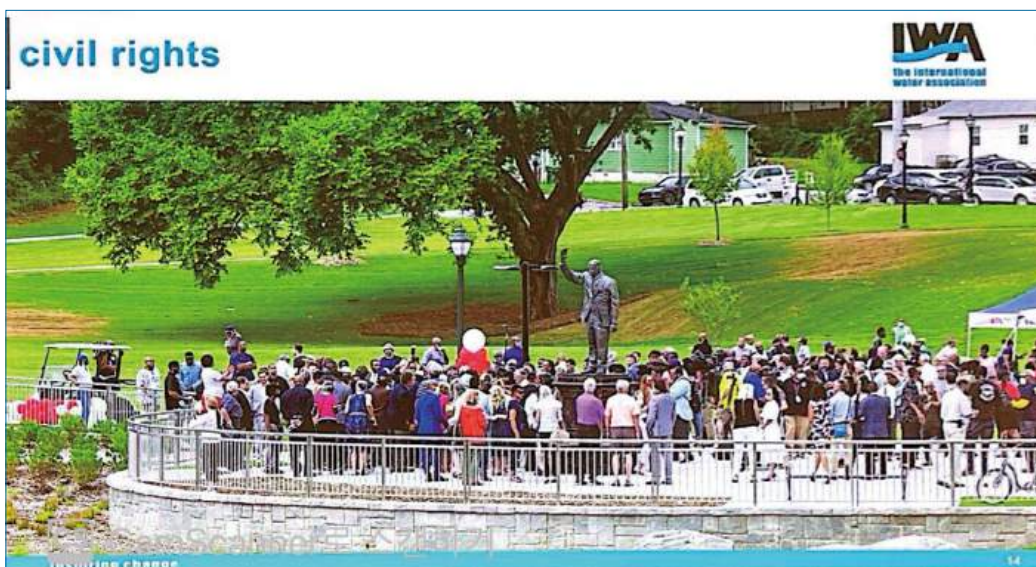
빗물 연못의 전체적인 모습이다. 다양한 식물 요소, 즉 생태 요소들과 조화로운 심미적 요소를 통합하고자 노력하여 설계한 모습을 확인할 수 있다.



또한 개발 전 지역에서 자라고 있던 토착 식물 등의 생물을 이용하여, 생물 다양성을 보전하고, 환경 생태계를 유지하고자 노력하여 설계를 진행하였다.



빗물 분수의 전체적인 모습이다. 분수는 연못에 공기를 공급하는데, 대형 빗물 파이프는 폭포 뒤에 보이지 않도록 하여 공원 디자인에 신경을 쓴 모습을 확인할 수 있다.



공원에는 시민권 운동가들을 기리는 동상이 설치되어 있으며, 앞으로 총 12개의 동상을 추가적으로 건립할 계획이라고 한다.



또한, 지역 시민들이 함께 참여하여 즐길 수 있도록 다양한 물 행사 및 축제를 기획하여 진행하고 있다.

Advances in Rainfall and Stormwater Management

Revolutionizing Control Systems: Unleashing The Power Of Real-time Adaptive Control(RTAC) In Stormwater Management

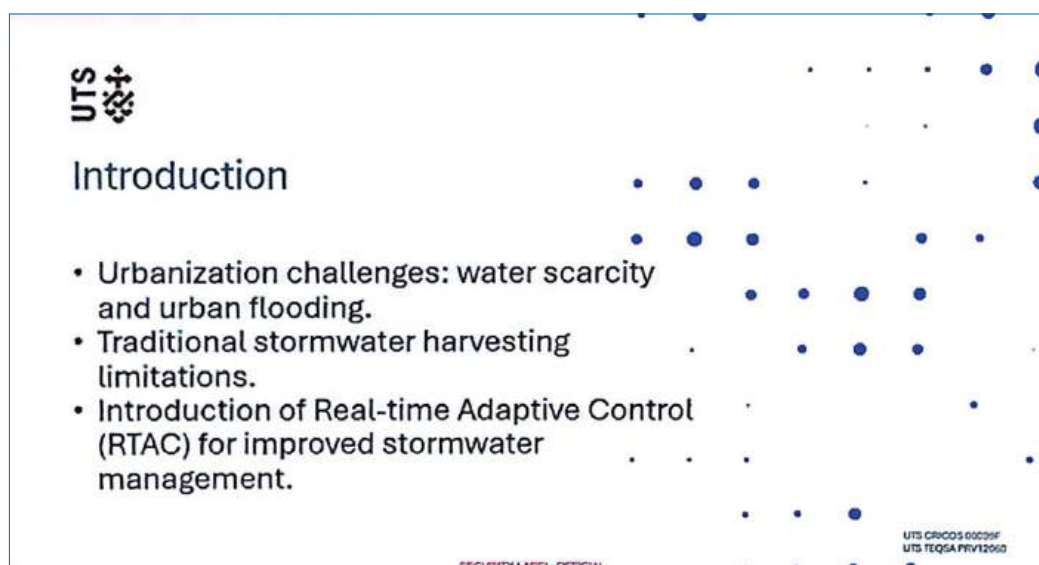
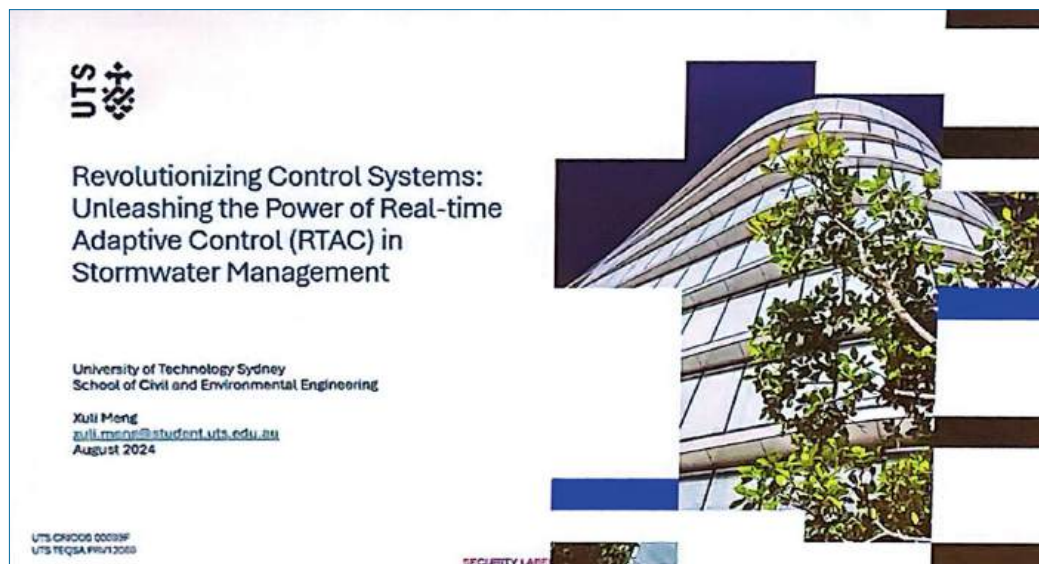
Presenter : Xuli Meng, Australia

적응형 실시간 제어 시스템(RTAC: Real-Time Adaptive Control)을 사용하여 도시의 물 관리 문제를 해결하는 방법 소개

발표 전체의 큰 틀

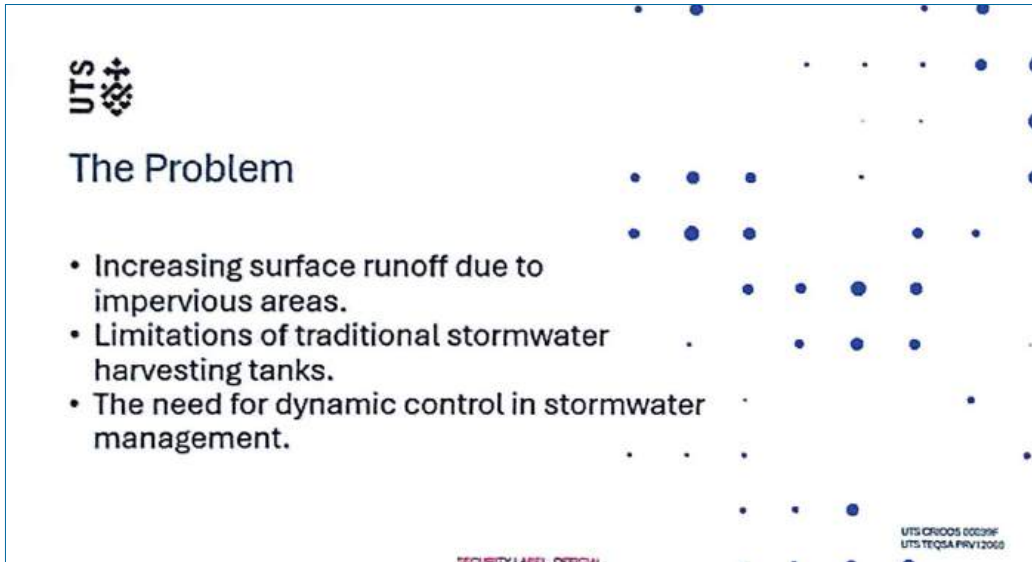
RTAC가 어떻게 도시의 물 관리 문제를 해결하고 있는지에 대한 설명이 주를 이룬다.

RTAC는 새로운 기술적 접근법으로, 홍수 관리와 물 자원 활용을 실시간으로 최적화하는데 이 기술의 전반적인 부분과 장점을 다루고 있다.



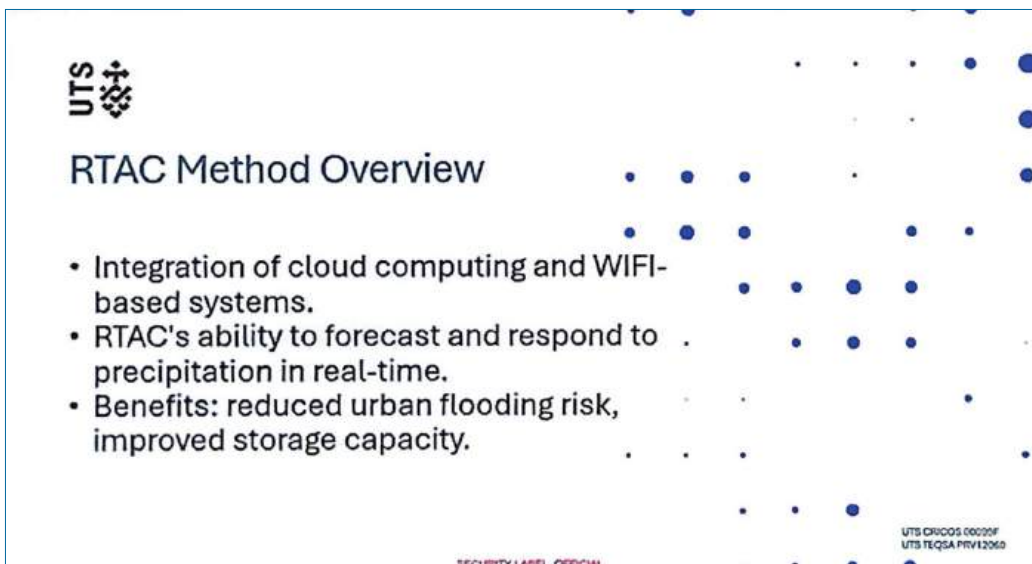
도시화

도시화로 인해 물 부족과 홍수 같은 심각한 물 관리 문제가 발생하고 있다.



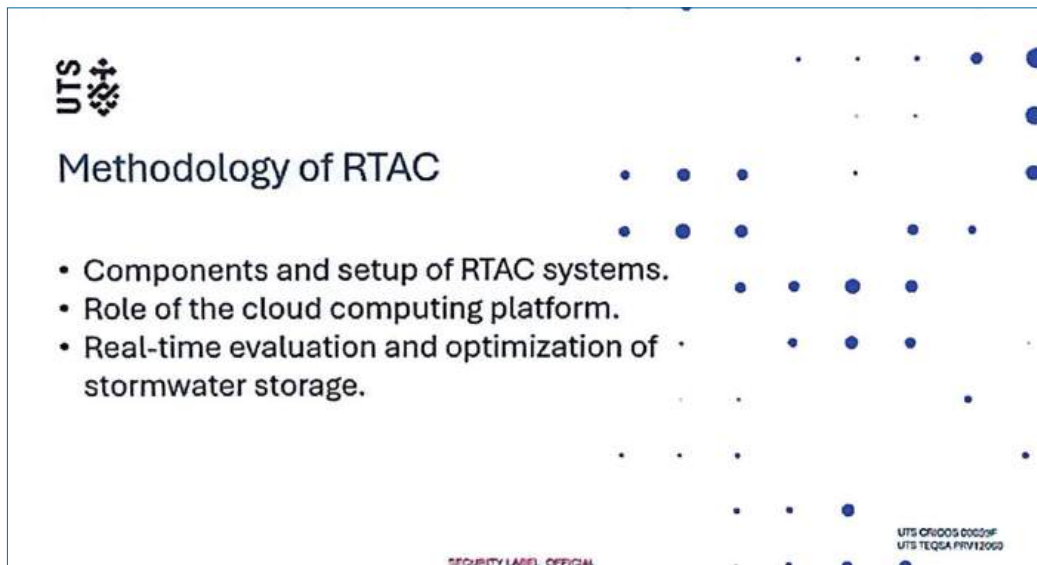
물 관리 문제

- 기존의 우수 관리 시스템은 변화하는 조건을 효과적으로 처리하기에 충분하지 않고 한계가 있는데
- 이와 같은 문제를 해결하기 위해 개발된 새로운 접근법인 RTAC가 있다.



RTAC 소개

- RTAC는 클라우드 컴퓨팅과 WiFi를 활용하여 실시간으로 우수 관리 시스템을 모니터링하고 제어할 수 있는 기술이다.
- 이 시스템은 강우를 예측하고, 저장 용량을 조정하며, 홍수 위험을 줄이고 물 자원 활용도를 높이는 것이 장점이다.



방법론

1. 클라우드 컴퓨팅 플랫폼

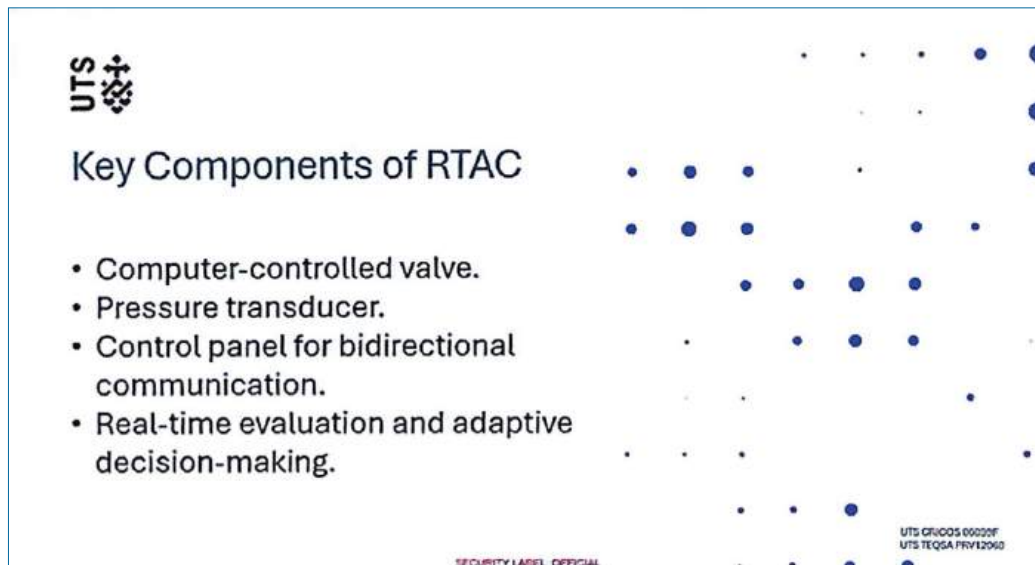
- 역할 : 데이터 기반의 의사결정이기 때문에 클라우드 플랫폼이 센서 네트워크에서 수집된 데이터를 분석하고, 시스템이 즉각적으로 대응할 수 있도록 실시간으로 정보를 제공한다.
- 기술 : 실시간 데이터 분석을 통해, 재낙하를 예측하고 저장 용량을 조정하여 홍수 위험을 줄이고, 빗물 자원의 최적화를 가능하게 한다. 우수 집수 탱크의 수위를 측정하고 방출할 물의 양을 계산한다. 수집된 데이터를 클라우드 기반의 플랫폼에서 처리하여 실시간 분석을 수행한다.

2. 센서 네트워크

- 역할 : 빗물 수위, 유량, 유속 등을 실시간으로 모니터링하기
- 기술 : 수류 압력 변환기를 사용하여 수위를 측정하고, 이 데이터를 기반으로 실시간 평가를 수행함. RTAC 시스템은 지속적으로 빗물 시스템을 모니터링하며, 기상 변화에 신속하게 대응할 수 있도록 함.
- EX) 폭풍우가 예측되면 미리 물을 방출하여 저장 공간을 확보하거나, 필요 시 추가 저장 용량을 생성하는 것.
- 각 수신 노드에서 유출수를 추정하여 도시 내에 배치된 센서들이 강우량, 수위, 유속 등을 실시간으로 모니터링한다.

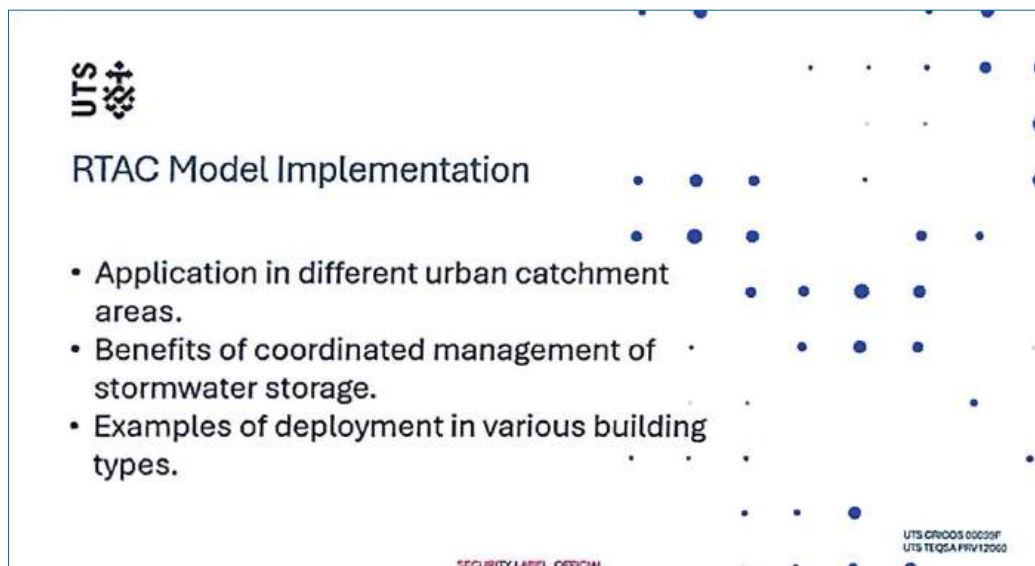
3.제어판 및 제어 로직

- 역할 : 각 부품들이 서로 통신할 수 있도록 하며, 필요 시 저장된 물을 방출하거나 추가로 저장할 수 있도록 조정하기
- 기술 : 유연한 대응을 위한 컴퓨터 제어를 하며, 이는 빗물 시스템의 효율성을 극대화 함



RTAC의 주요 구성 요소

- 컴퓨터 제어 밸브는 물 흐름을 조절하며, 압력 변환기는 수위를 실시간으로 측정한다. 또 제어 패널은 시스템의 모든 구성 요소가 서로 통신할 수 있게 한다.
- 이러한 요소들은 실시간으로 데이터를 분석하고 필요한 조정을 수행함으로써 우수 관리를 보다 효율적으로 만든다.



RTAC 모델 구현

- RTAC는 여러 도시 지역에서 성공적으로 구현되었으며, 시스템의 유연성과 효과를 입증하였다.
- 적응형 제어 : RTAC는 실시간으로 변화하는 상황에 맞춰 빗물 저장 및 방출을 동적으로 조절하는데, 이는 전통적인 수동 제어 시스템에 비해 훨씬 더 유연하고 효율적이다.

RTAC Storage Calculation

- Introduction of the recovery capacity factor (M).
- New mass balance formula for RTAC.
- Calculation of recovery capacity and its impact on storage.

SECURITY LABEL OFFICIAL

UTS CR003 00009F
UTS TEQSA PRIV12060

RTAC 저장 계산

- 전통적인 물 관리 방법은 물 균형 공식을 사용하여 저장 요구량을 계산한다. 하지만 실시간 변화에 적응하지 못해 비효율적이고 overflow를 초래할 수 있다는 문제점이 따라온다. 따라서 RTAC는 복구 용량 계수(M)를 도입해 전통적인 방법을 조정하여 개선하고, 변화하는 조건에 더 잘 적응할 수 있도록 하였다.

RTAC 시스템의 동작 방식

- 3단계 모델로 설명가능하다. 먼저 강우 예측은 각 지점에서 예상되는 유출량을 예측한다. 다음으로 저수조 수위 측정 및 계산은 적절한 양의 물을 방출하기 위해 저수조의 수위를 계산하는 단계다. 마지막으로 명령 전달이 있다. 해당과정에서는 저수조에서 물을 방출하도록 명령을 내림으로써 RTAC 시스템을 동작하도록 한다.

Conventional Stormwater Storage Calculation

- Water mass balance formula.
- Factors influencing stormwater storage: inflow, outflow, and change in stored water volume.
- Limitations of the conventional approach.

SECURITY LABEL OFFICIAL

UTS CR003 00009F
UTS TEQSA PRIV12060

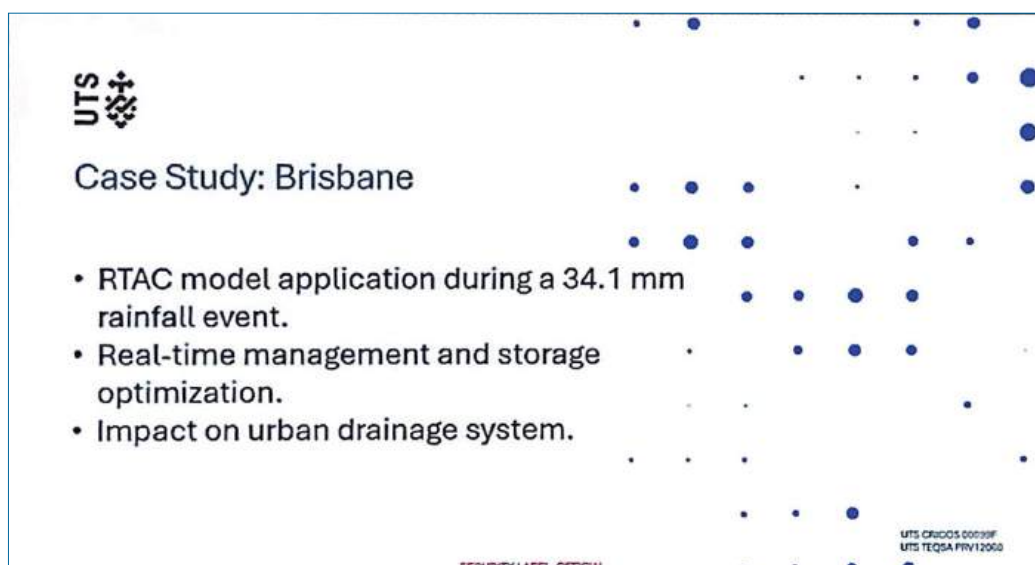
전통적 우수 관리 방법 vs RTAC

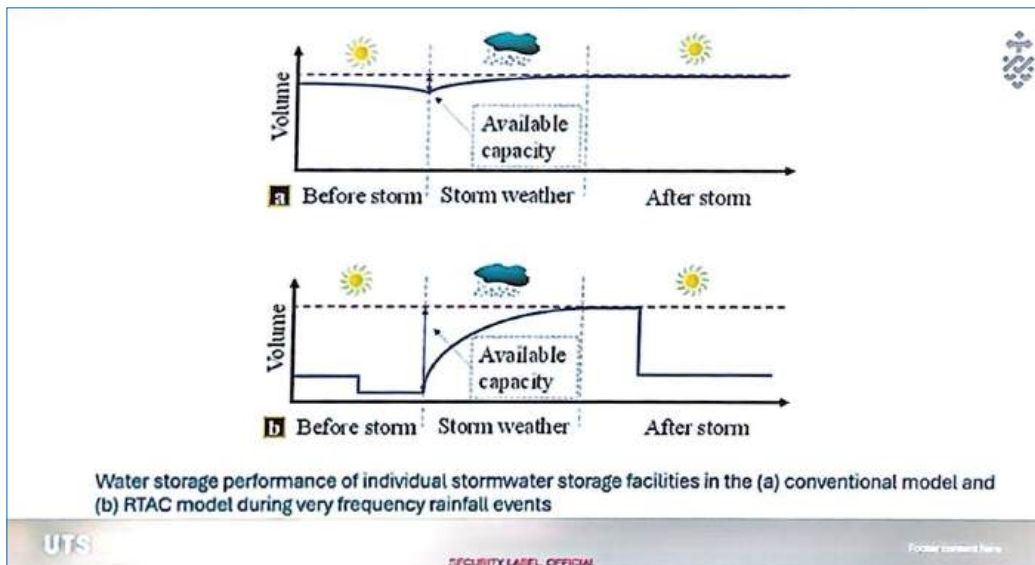
- 전통적인 우수 관리 방법은 단순한 물 균형 공식을 사용하여 유입, 유출, 저장 용량을 계산하지만, RTAC는 더 복잡한 조건들을 고려하여 이러한 계산을 더 정확하게 수행한다. 이 시스템은 다양한 도시 환경에 적응할 수 있어 폭우 관리 및 물 자원 사용에 있어 상당한 이점을 제공한다.



RTAC의 이점

- RTAC는 다양한 도시 환경에서 성공적으로 구현되어 유연성과 효과를 입증하였다.
주요 이점1. 실시간 데이터를 기반으로 홍수 위험을 줄인다. 2. 우수 저장의 효율성을 높인다. 3. 장기적인 물 관리 계획 수립에 유용한 데이터를 제공한다.
- 장기적인 빗물 동향에 대해서 살펴보면, RTAC는 도시 배수 시스템의 부담을 줄이며 비음용수 사용 등 다양한 용도로 물을 보존할 수 있게 한다는 점에서 장점을 지닌다.





[실제 사례]

- RTAC가 실시간으로 강우 데이터를 측정하고 저장 용량을 최적화하여 도시 배수 시스템의 부담을 줄인 사례가 있다.
- RTAC는 이미 여러 도시 지역에서 성공적으로 구현되어 다양한 빗물 저장 장소를 함께 관리하여 시스템 성능을 향상시키고 있다. 발표에서는 상당한 강우가 내리는 동안 RTAC 시스템을 테스트한 사례를 언급했는데, 이 사례에서 RTAC는 빗물의 실시간 측정을 통해, 저장을 최적화하고 도시 배수 시스템에 대한 스트레스를 줄이는 데에 기여하였다.
- 주거용, 상업용 및 산업용 건물에 모두 적용 가능하며, 특히 빗물 저장 공간을 효율적으로 관리함으로써 홍수 위험을 줄이고 장기적인 데이터 분석에도 도움이 된다고 한다.

UTS

Future Implications

- Scalability and adaptability of RTAC.
- Potential for integration with other urban infrastructure.
- Long-term benefits for sustainable urban water management.

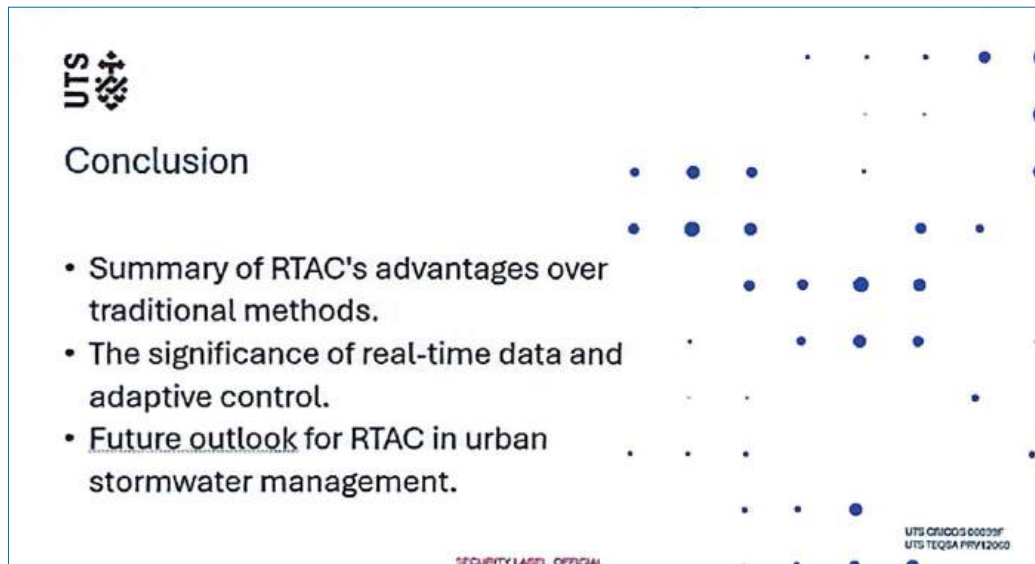
UTS CP0005 00020F
UTS TEQSA PRV12000

SECURITY LABEL OFFICIAL

RTAC의 미래 가능성

- RTAC는 확장 가능하며 다양한 도시 환경에 적용될 수 있다.

- 녹지 인프라와 통합하여 지속 가능한 도시 생태계를 조성할 수 있으며, 장기적으로는 더 나은 물 관리와 환경적 영향을 줄이는 데 기여할 것으로 기대된다.



발표 마무리

- RTAC는 기존의 우수 관리 방법보다 명확한 장점을 가지고 있으며, 도시 지역이 계속 성장함에 따라 보다 중요한 역할을 할 것이다.

세션 발표 이후 궁금증 및 추가로 알면 좋을 사항들

1. RTAC의 확장성

- RTAC가 다양한 도시 환경에 어떻게 적용될 수 있는지, 특히 기존 인프라와의 통합 방법에 대해 더 알고 싶음. 예를 들어, 대규모 도시에서의 적용 가능성이나, 소규모 주거 단지에서의 적용 시 어떤 차이가 있는지! 각 도시의 특성에 맞게 RTAC를 맞춤화하는 과정에서 중요한 과제가 될 것 같음.
- RTAC가 여러도시에서 구현되었다고 했는데, 실제로 어떤 도시에서 어떻게 구현되었고, 그 결과가 어땠는지 구체적인 사례를 통해 더 알아볼 필요가 있겠다 생각함. RTAC를 다른 도시로 확장할 때 중요한 정보가 될 것 같음.

2. RTAC와 전통적인 물 관리 방법의 비교 분석

- RTAC 시스템의 설치와 운영 비용이 전통적인 우수 관리 시스템에 비해 얼마나 효율적인지, 그리고 투자 회수 기간이 어떻게 되는지에 대한 분석이 궁금함.
- 시스템이 비용 대비 효과적이지에 대한 설명이 있었으면 좋겠음.
- 발표에서 도시 물 관리의 지속 가능성을 언급했는데, RTAC가 구체적으로 어떤 방식으로 도시 인프라의 탄력성을 높이고 지속 가능성을 증진하는지에 대해 더 알고 싶음. 이를 통해 환경적 이점뿐만 아니라 사회적, 경제적 이점도 있을지에 대해 더 알아보면 좋을 것 같음.

3. 데이터 보안

- RTAC 시스템이 실시간으로 데이터를 수집하고 이를 기반으로 작동하는 만큼, 데이터 보안 및 프라이버시 문제에 대해 어떻게 대처하고 있는지 궁금함.

발표 느낀 점 간단 기록

발표자가 발표 내내 기존의 수동적이고 예측 중심의 빗물 관리 시스템을 개선하여, 실시간으로 변화하는 기상 조건과 도시 인프라의 요구에 맞게 대응할 수 있도록 설계된 RTAC의 장점을 강조했지만, 이 시스템이 현실적으로 적용될 때의 도전 과제에 대한 언급은 없어서 이에 대한 정보를 좀 더 알아보는 것이 필요할 것이라고 생각함. 하지만 RTAC 시스템의 방법론에 대한 언급은 구체적이어서 좋았음.

TS 2.32 | 2조

Designing Tools to Optimze Community-Based Wastewater Remediation of Pharmaceutical Contaminants

Presenter : Vanessa Maybruck

소속

- 콜로라도 대학교 볼더(Colorado University Boulder)의 크레스텐 맨스펠트(Cresten Mansfeldt) 연구실에서 환경공학 박사 과정

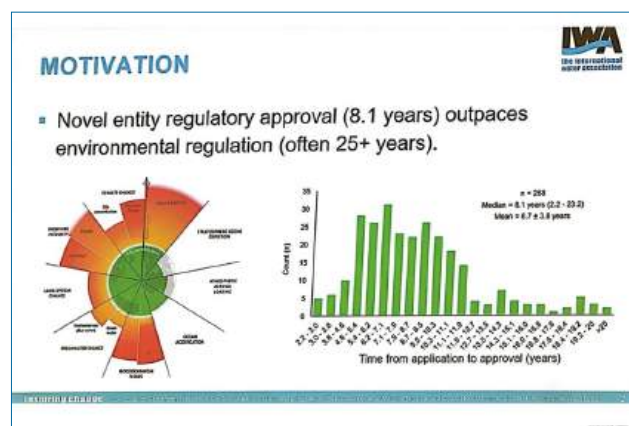
세부 전공

- 폐수의 화학적 및 생물학적 오염 물질
- 폐수로부터의 자원 회수
- 폐수 기반 감시
- 윤리적 및 환경 정의 문제
- 의약품 발생 모델 개발 및 폐수 기반 감시 관련 연구

경력

- 미국 국립 과학 재단(NSF) 대학원 연구원 및 NSF 연구 연수생
- 지역사회 기반 연구를 통해 하수도가 없는 개체군에 대한 윤리적 문제 연구
- 학제 간 정량 생물학 및 데이터 과학 대학원 자격증 취득 과정 중
- 2022년 **펜실베이니아 쿠틀타운 대학(Kutztown University)**에서 응용 수학 학사 학위 취득 (생화학 부전공)
- 학계 및 비영리 단체에서의 경력에 관심

프레젠테이션 PPT



먼저, 여러분들께서 아마 익숙하실 '행성 경계(Planetary Boundaries)' 프레임워크로 시작해보겠습니다. 이 프레임워크는 2009년에 처음 개발되었고, 그 이후로 여러 경계가 위반되었습니다. 작년 기준으로 9개 경계 중 6개가 이미 위반된 상태입니다. 특히 주목하고 싶은 것은 '새로운 존재물(Novel Entities)' 범주인데, 이 범주는 규제하기 어려운 새로운 물질들이 너무 빠르게 개발되고 있어 경계가 모호한 상태입니다.

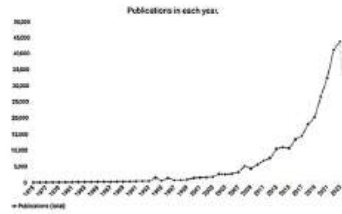
MOTIVATION

- Pharmaceuticals in the environment:
 - Pass through conventional wastewater treatment and challenge water reuse facilities
 - Contribute to inequitable distribution of contaminated waters
 - Pose adverse effects to ecological health
 - Display unknown mixture effects at low concentrations after human consumption



BACKGROUND

- Occurrence of pharmaceuticals in wastewater has been widely studied (312,481 studies since 1975), but occurrence modeling has been limited mostly to European studies.



의약품에 대해 이야기해볼게요. 미국 식품의약국(FDA)이 약물을 승인하는 데 걸리는 시간은 약 8년인데, 미국 안전 식수법(Safe Drinking Water Act)에서 PFAS 같은 오염물질을 규제하는 데는 25년이 걸렸습니다. 이처럼 의약품 개발이 규제보다 훨씬 빠르게 이루어지고 있습니다.

우리는 의약품이 환경에 미치는 영향을 잘 알고 있습니다. 의약품은 기존의 폐수 처리 과정을 통과하며, 이는 특히 콜로라도처럼 건조한 지역에서 물 재사용에 큰 어려움을 초래합니다. 또한, 자원이 부족하거나 인구가 적은 지역은 기존의 폐수 처리만 사용할 수 있어 불평등을 초래합니다. 1970년대 이후로 의약품이 수생 및 강변 생물에 부정적인 영향을 미친다는 것을 알고 있었고, 여전히 이러한 약물에 노출된 인간에게 어떤 영향을 미치는지에 대해서는 명확히 알지 못합니다.

BACKGROUND

- Current occurrence models miss technical and social factors.

Technical	Social
Non-prescription sources	Pharmaceutical cost
Temporal variation	Prescription insurance coverage
In-sewer processes	Demographic factors
Removal efficiency	Geographic location

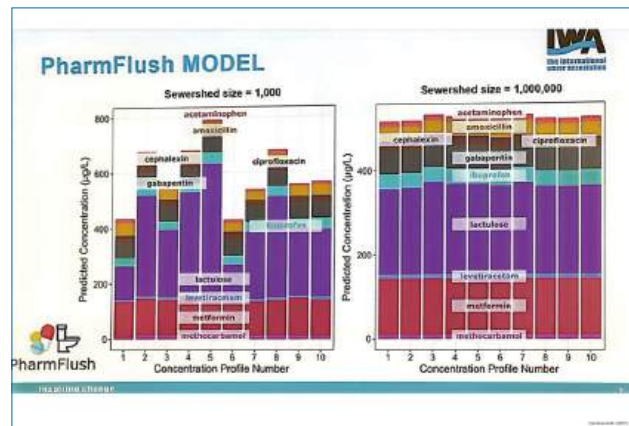
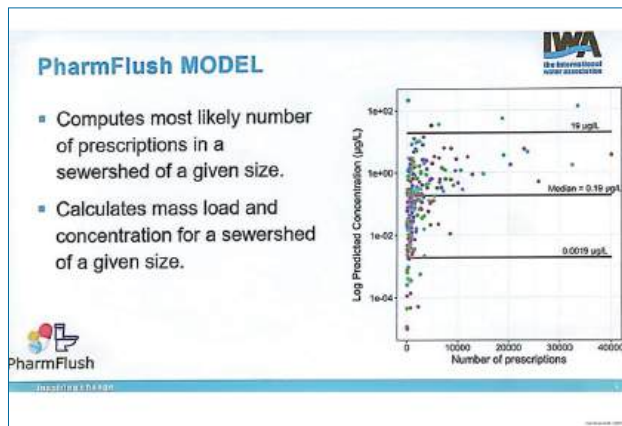
OBJECTIVES

Develop SeweRx to predict pharmaceutical occurrence in reuse waters in the United States.

- Synthesize public data into the PharmUse database.
- Predict concentrations using the PharmFlush model.
- Compare PharmFlush output with experimental data.



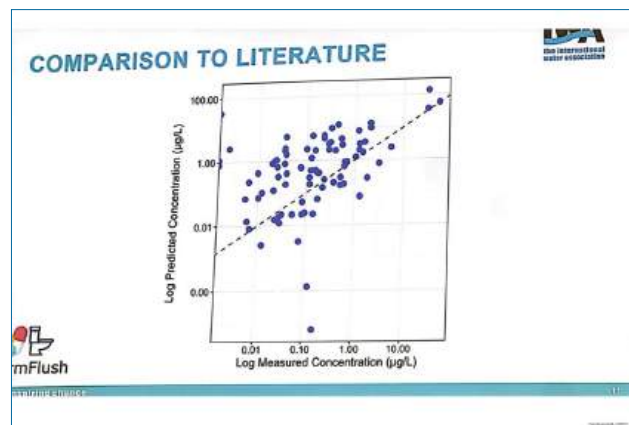
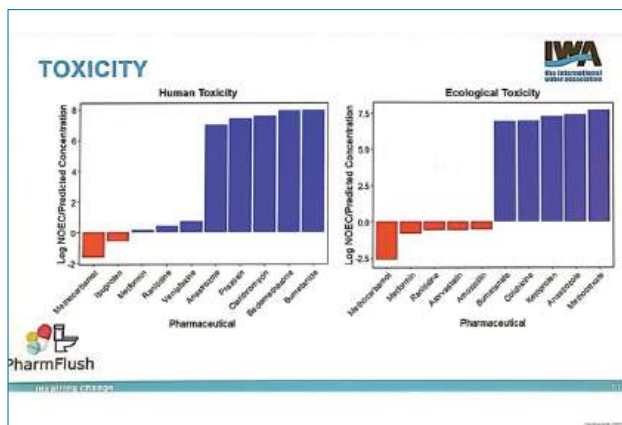
저는 미국 내 재사용되는 물에서 의약품의 발생을 예측하는 애플리케이션인 Sewer RX를 개발 중입니다. 오늘은 특히 유입수 단계에서 영향을 미치는 요인들에 대해 말씀드리겠습니다. 이를 위해 다양한 공공 데이터를 통합하여 Farm Use 데이터베이스를 구축했고, 이를 기반으로 Farm Flush 모델을 개발해 의약품 농도를 예측했습니다.



Farm Use 데이터베이스에는 미국 의료비 지출 패널 조사(MEPS)와 미국 환경 보호청(EPA) COMOX 대시보드에서 수집한 데이터가 포함되어 있습니다. 현재 이 데이터베이스는 270개의 약물과 34개의 데이터 열로 구성되어 있으며, 계속해서 확장되고 있습니다.

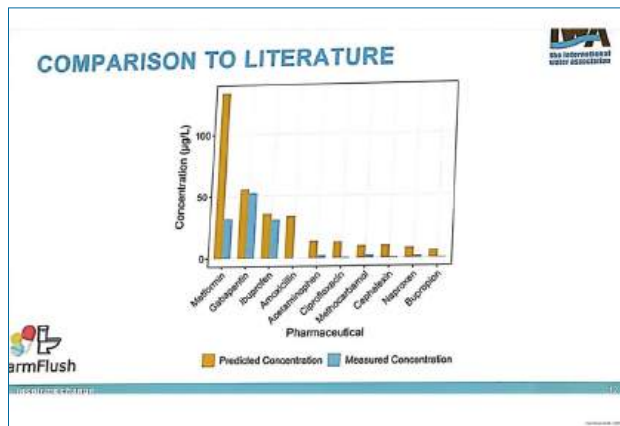
이 데이터를 사용해 Farm Flush 모델을 개발했고, 이항 확률 분포 함수를 사용해 특정 크기의 하수처리 지역 내에서 발생할 수 있는 가장 가능성 있는 처방 수를 계산했습니다. 그런 다음 하수처리 지역의 크기를 희석의 대리 변수로 사용하여 질량 부하와 농도를 계산할 수 있었습니다.

모델이 하수처리 지역 크기에 따라 어떻게 변하는지 살펴보았습니다. 인구가 적은 지역일수록 모델이 더 민감하게 반응하며, 인구가 많은 지역에서는 의약품의 발생을 더 정확하게 예측할 수 있습니다. 이는 작은 지역에서의 처리 방식을 생각할 때 중요합니다.



이 모델을 독성 측면에서도 살펴보았습니다. 만약 이 모델이 제대로 작동하고 이 약물들이 충분히 제거되지 않는다면, 인간과 수생 생물에 대한 만성 독성이 우려될 수 있습니다. 그러나 현재 모델의 정확도는 떨어지며, 이를 개선하기 위해 추가적인 데이터와 변수들이 필요합니다.

모델을 개선하기 위해, Farm Use 데이터베이스에 더 많은 데이터를 추가하고, 약물의 분배와 반응에 관한 정보를 포함시킬 계획입니다. 또한, 사회적 변수를 포함시켜 유입수 농도에 대한 예측을 더욱 정확하게 할 것입니다.



FUTURE WORK

- Incorporate additional data into PharmUse.
 - Over-the-counter availability
 - Organic functional groups
 - In-sewer processes
 - Treatment efficiency
 - Pharmaceutical cost and insurance coverage
 - Demographic factors

Apply this same approach to other organic contaminants.

SewerRx
PharmUse PharmFlush

이러한 접근법은 다른 유기 오염물에도 적용될 수 있으며, 이를 통해 다양한 데이터를 수집하고 예측할 수 있습니다. 오늘의 발표는 여기까 지이며, 질문이 있으시면 언제든지 해주시면 됩니다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported in part by the National Science Foundation NRT Integrated Data Science Fellowship (award 2022138) awarded to the BioFrontiers Institute, University of Colorado Boulder, and the Interdisciplinary Quantitative Biology (IQ Biology) PhD program. This material is based upon work supported by the National Science Foundation Graduate Research Fellowship under Grant No. DGE 2040434.

NSF

CONTACT INFORMATION

Please direct inquiries to:

Vanessa Maybruck
vanessa.maybruck@colorado.edu

Cresten Mansfeldt
cresten.mansfeldt@colorado.edu

1. 연구 배경 및 목적

발표자는 콜로라도 대학교 볼더 캠퍼스에서 박사 과정을 밟고 있으며, 오늘 발표에서는 제약 및 담의 폐수 정확을 최적화하기 위한 도구 설계에 대해 이야기하였다. 발표는 Planetary Boundaries 프레임워크를 바탕으로 시작되었으며, 특히 새로운 물질(novel entities) 카테고리 관련된 제약 문제에 집중하였다. 새로운 물질들은 빠르게 개발되고 있지만, 규제 속도는 이를 따라가지 못해 문제를 일으키고 있다.

2. 제약 및 환경 문제

제약은 전통적인 폐수 처리 과정을 통과하며, 이로 인해 환경에 미치는 영향이 크다. 제약은 수생 생물과 인간에게 장기적인 영향을 미칠 수 있으며, 특히 인구가 적은 지역이나 자원이 부족한 지역에서는 폐수 처리의 어려움이 커진다. 발표자는 이러한 문제를 해결하기 위한 예측 모델 개발의 중요성을 강조하였다.

3. 연구 방법 및 데이터 활용

발표자는 'Sewer RX'라는 앱을 통해 제약의 발생을 예측하는 모델을 개발 중이며, 이 앱은 제약의 배출부터 음용수까지의 경로를 추적할 수 있다. 이를 위해 다양한 공공 데이터를 활용하여 'Farm Use Database'를 구축하고, 이 데이터를 사용해 'Farm Flush Model'을 개발하였다. 이 모델은 제약의 농도를 예측하는 데 사용되며, 인구 밀도와 폐수 처리 효율성에 따라 농도의 변화가 어떻게 달라지는지 분석하였다.

4. 연구 결과 및 시사점

모델을 통해 제약의 농도가 과소 혹은 과대 예측되는 경우를 확인할 수 있었다. 일부 제약은 농도가 높게 나타나 인간과 생물에 유해할 수 있다는 결과를 도출하였으나, 현재 모델의 정확도가 완벽하지 않음을 인정하였다. 모델을 개선하기 위해 더 많은 데이터가 필요하며, 이를 통해 예측 정확도를 높이하고자 한다.

질문 및 답변 요약

Q1. 이항 확률 분포 함수(binomial probability function)의 사용에 대해 설명해 줄 수 있는가?

A1. 발표자는 이항 확률 분포 모델을 통해 특정 폐수 처리구역에서 가장 가능성 높은 처방전 수를 계산했다고 설명하였다. 이 함수는 R 프로그래밍 언어에서 쉽게 구현할 수 있으며, 데이터의 분포를 예측하는 데 유용하다.

Q2. 아목시실린(amoxicillin)의 농도가 그래프에서 누락된 이유는 무엇인가?

A2. 발표자는 아목시실린의 농도가 매우 낮아서 다른 값들과 비교하기 어려웠기 때문에 그래프에서 누락되었다고 답변하였다. 또한, 아목시실린이 베타락탐 항생제이기 때문에 안정성이 낮아 측정 전에 분해되었을 가능성도 있다고 설명하였다.(ppt12)

Q3. 모델 검증을 위한 데이터가 얼마나 필요한가?

A3. 발표자는 문헌 검색을 통해 약 34개의 논문에서 데이터를 수집하였으며, 이 데이터를 바탕으로 모델을 개발했다고 설명하였다. 그러나, 모델 검증을 위해서는 더 많은 데이터가 필요할 수 있으며, 결과의 민감도와 정확도에 따라 요구되는 데이터의 양이 달라질 수 있다고 답변하였다.



IWA World Water Congress & Exhibition

11-15 AUGUST 2024 | TORONTO, CANADA | www.worldwatercongress.org

Designing tools to optimize community-based wastewater remediation of pharmaceutical contaminants

VG Maybruck*, CB Mansfeldt**

*Environmental Engineering Program, University of Colorado Boulder, 4001 Discovery Drive, Boulder, CO USA, vanessa.maybruck@colorado.edu

**Environmental Engineering Program, University of Colorado Boulder, 4001 Discovery Drive, Boulder, CO USA, cresten.mansfeldt@colorado.edu

Abstract: Due to their stable structure, pharmaceutical contaminants are difficult to degrade during wastewater treatment. Consequently, these contaminants often enter stream and river systems, where they may adversely affect aquatic biota and public health in addition to challenging equitable water reuse across different communities. Previous studies have used prescription data to predict which pharmaceutical contaminants will be present in wastewater and inform better management of these contaminants. Building on this, the present study takes a more holistic approach by developing an open-access database that incorporates not only biological and chemical factors (such as biotransformation reactions) but also social and geographical traits of particular communities and risk parameters such as toxicity. The database will serve as the set of predictor variables for a new machine learning model that will refine current predictions for pharmaceutical contamination in wastewater.

Keywords: pharmaceutical management; water reuse; risk assessment

Global pharmaceutical consumption continues to climb every year. Since 2017, global pharmaceutical revenue has increased at an annual rate of 5.8%, and in 2020, 6.3 billion prescriptions were written in the United States alone (González Peña, López Zavala, & Cabral Ruelas, 2021; IQVIA 2021). Such increasing pharmaceutical consumption is necessarily accompanied by pharmaceutical excretion. Since pharmaceuticals are designed to be stable during medical treatment, they often do not degrade well during wastewater treatment and enter aquatic ecosystems in a bioactive form (Zumstein & Fenner 2021). Consequently, organisms in aquatic and riparian ecosystems experience adverse effects such as bioconcentration and biomagnification of pharmaceuticals, disruption of important processes such as primary productivity and cellular respiration, and chronic toxic effects such as reproductive disorders, oxidative stress, and locomotive disorders (Richmond et al. 2018; Richmond et al. 2017; Hejna, Kapuścińska, & Aksmann 2022). Additionally, pharmaceuticals have been shown to travel downstream far enough to enter drinking water treatment plants, where they are not always removed efficiently (Rodayan 2016). Furthermore, as climate change continues to drive water scarcity globally, wastewater reuse, including direct potable reuse, is becoming increasingly necessary. Pharmaceutical contaminants challenge safe direct potable reuse and even pose a public health concern outside of this context; for example, chemical traces of antibiotics and antidepressants have been found in tomatoes, cucumbers, and potatoes from farms where treated wastewater is used for irrigation (Mordechay et al. 2022).

Much of the current work on pharmaceutical management relies on scientifically-derived solutions, such as the development of new technologies or

chemical treatment methods. However, Wöhler et al. note that these solutions have yet to effect significant changes in pharmaceutical contamination and advocate for the inclusion of alternative societal solutions, such as by prescribing pharmaceuticals that have fewer environmental emissions (Wöhler et al. 2020).

Previous studies on pharmaceutical management have focused on using prescription data to predict pharmaceutical contaminants in wastewater influent and better inform treatment strategies (van Nuijs et al. 2015; Jagadeesan, Barden, & Kasprzyk-Hordern 2023). However, these studies are limited because they are either on a small scale (~10-30 pharmaceuticals), or are specific to the United Kingdom or Europe and not generalizable to all countries, which have varying levels of data availability and transparency. Furthermore, existing studies exclude social and geographical factors, which are relevant to pharmaceutical consumption patterns (Wöhler et al. 2020). The present study also seeks to predict pharmaceutical contaminants in wastewater influent, but, in contrast to previous literature, this study includes 278 pharmaceuticals, is applicable to the United States, which lacks the spatial resolution of healthcare data in Europe, and takes a more holistic approach to pharmaceutical contamination by considering social and geographical factors as well as biological and chemical factors. More specifically, this study merges many disparate data sources (U.S. Agency for Healthcare Research & Quality Medical Expenditure Panel Survey, enviPath, CompTox, OpenStreetMap, and U.S. Centers for Medicare and Medicaid Services Data, among potential others) into a single, open-access database in the form of an R/Shiny web application, which includes such information as number of prescriptions per year, daily pharmaceutical mass consumed (see **Figure 1.1**), biotransformation pathways, toxicity, and cost and insurance coverage per drug. While testing the predictive power of this database remains a future objective, the accuracy of the pharmaceutical contaminant prediction will likely be refined by the inclusion of these additional factors unaccounted for in previous literature.

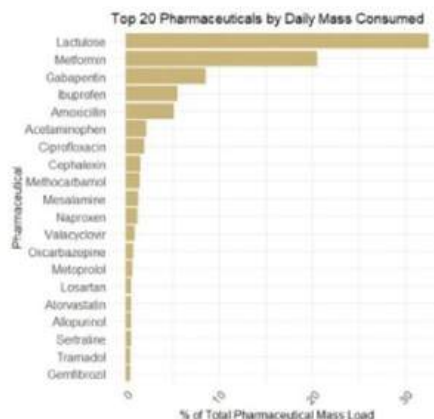


Figure 1.1 Sample output from the database for daily mass of pharmaceuticals consumed.

In the future, this database will be adapted to a local scale for communities throughout the state of Colorado to account for differences in pharmaceutical consumption between communities. Together, these databases will be used to train a machine learning model to predict pharmaceutical contaminants in wastewater influent based on both pharmaceutical and community characteristics, which will support equitable access to safe water reuse across communities.

REFERENCES

- González Peña, O.I.; López Zavala, M.Á.; Cabral Ruelas, H. 2021 Pharmaceuticals Market, Consumption Trends and Disease Incidence Are Not Driving the Pharmaceutical Research on Water and Wastewater. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. **18**(5), 2532.
- Hejna, M.; Kapuścińska, D.; Aksmann, A. 2022 Pharmaceuticals in the Aquatic Environment: A Review on Eco-Toxicology and the Remediation Potential of Algae. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. **19**(13), 7717.
- IQVIA 2021 *The Use of Medicines in the U.S.: Spending and Usage Trends and Outlook to 2025*. Report of The IQVIA Institute for Human Data Science. IQVIA, Durham, NC.
- Jagadeesan, K.K.; Barden, R.; Kasprzyk-Hordern, B. 2023 PERK: An R/Shiny application to predict and visualise concentrations of pharmaceuticals in the aqueous environment. *Science of the Total Environment*. **875**, 162352.
- Mordechay, E.B. et al. 2022 Wastewater-derived organic contaminants in fresh produce: Dietary exposure and human health concerns. *Water Research*. **223**, 118986.
- Richmond, E.K. et al. 2017 Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) are ecological disrupting compounds (EcoDC). *Elementa: Science of the Anthropocene*. **5**, 66.
- Richmond, E.K. et al. 2018 A diverse suite of pharmaceuticals contaminates stream and riparian food webs. *Nature Communications*. **9**, 4491.
- Rodayan, A. et al. 2016 Linking drugs of abuse in wastewater to contamination of surface and drinking water. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **35**(4), 843-849.
- van Nuijs, A.L.N. et al. 2015 Do concentrations of pharmaceuticals in sewage reflect prescription figures? *Environmental Science and Pollution Research*. **22**, 9110-9118.
- Wöhler, L. et al. 2020 Alternative societal solutions to pharmaceuticals in the aquatic environment. *Journal of Cleaner Production*. **277**, 124350.
- Zumstein, M.T.; Fenner, K. 2021 Towards more Sustainable Peptide-based Antibiotics: Stable in Human Blood, Enzymatically Hydrolyzed in Wastewater? *Chimia*. **75**, 267-271.

TS 6.10 | 4조

CIRCULAR ECONOMY INITIATIVES AND APPROACHES

Activated Carbon From Hydrothermal Carbonization And Chemical Activation Of Corn Fiber And Its Performance In Contaminant Adsorption Using Rapid Small-Scale Column Testing, Mitchell Ubene, Canada (Room 714)

옥수수 섬유를 활용한 바이오매스 유래 활성탄의 생산 및 연구

Presenter : Mitchell Ubene, Canada

주제

옥수수 섬유를 활용한 바이오매스 유래 활성탄의 생산 및 연구

내용 요약

연구 개요

옥수수 섬유는 에탄올 산업의 부산물로, 주로 폐기되는 저가치 물질이다. 이를 수열탄화로 처리하여 탄화시킨 후, 표면적을 높이기 위해 그라핀 산화물을 추가하여 표면 특성을 개선하려는 시도를 했다. 마지막으로, 칼륨 수산화물을 사용하여 화학적 활성화를 진행해 미세 기공 형성을 촉진했다.

연구 결과

실험을 통해 생성된 활성탄의 표면적은 기존 석탄 기반 활성탄의 거의 두 배에 달한다. 이는 흡착 용량에 중요한 영향을 주는 요소이다.

흡착능 평가

테스트에서는 염소와 트리할로메탄과 같은 유기 오염물질을 흡착하는 능력을 평가했다. 염소 흡착 결과, 그라핀 산화물을 사용한 샘플은 상업용 활성탄과 거의 유사한 성능을 보였다. 그러나 트리할로메탄 흡착에서는 상업용 활성탄에 비해 다소 낮은 성능을 보였다. 이러한 차이는 바이오매스 유래 활성탄의 표면 산화물 함량이 높은 것과 관련이 있을 수 있다.

결론

바이오매스 유래 활성탄이 저비용, 친환경적인 대안이 될 수 있음을 보여주며, 폐기물 활용과 낮은 에너지 요구량의 이점을 강조한다. 그러나 다양한 오염물질에 대한 추가 연구가 필요하며, 특히 공기 정화 응용 분야와 같은 특정 상황에서의 가능성을 탐구해야 한다.

후기

졸업논문으로 고춧대의 열분해에 관해서 다루었었다. 해당 발표에서 다룬 수열탄화(HTC)는 고온에서 운전하여 에너지소비가 큰 열분해 기술의 단점을 보완한 기술로, 저온에서 운전이 가능하고 운전 시간이 감축되며 오염물질의 발생이 최소화된다는 장점이 있다. 수열탄화를

통해 폐기물의 효율적인 재활용이 가능하고, 온실가스가 감축되어 친환경적인 기술로 여겨진다. 유기성 폐기물을 재활용한다는 점과, 그 결과로 발생된 부산물인 활성탄을 활성화하여 흡착제로 이용할 수 있다는 점 등에서 실험을 통해 다루었던 열분해와 유사하고, 매커니즘 또한 비슷한 점이 많아서 열분해 기술과 장단점을 비교하며 흥미롭게 들을 수 있었다. 또한 처리된 활성탄은 염소와 트리할로메탄 등 살균제의 수중 잔여물을 제거할 수 있는데, 폐기물의 처리와 수처리 분야에서 기술이 유기적으로 이용될 수 있다는 점이 인상적이었다.

프레젠테이션 자료



Fig.1

폐기물 오염 중 유기성 폐기물에 대한 지분이 가장 크며, 따라서 유기성 폐기물의 순환경제와 관련된 전망이 매우 밝다. 옥수수 섬유는 에탄올 산업의 부산물로, 주로 폐기되는 저가치 물질이다.

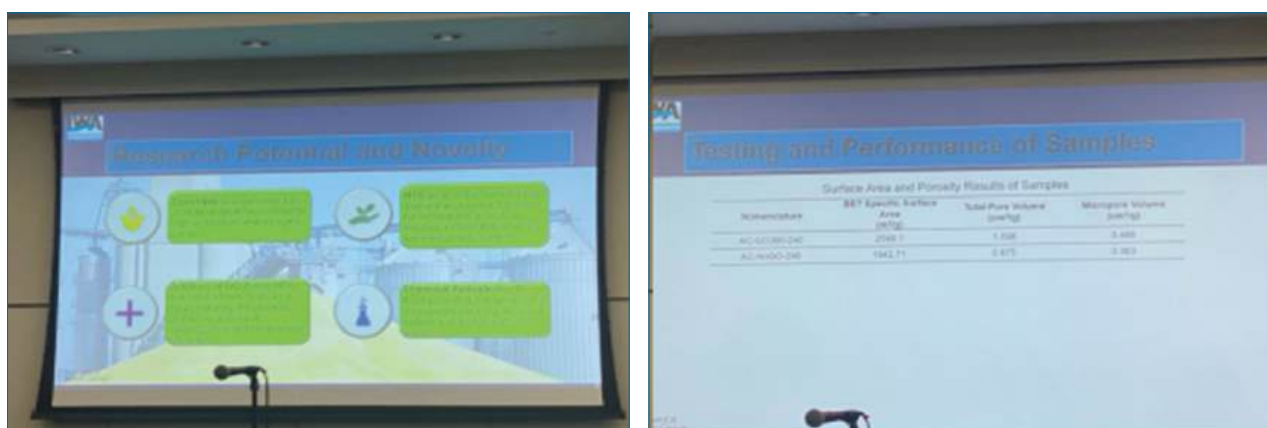
Fig.2

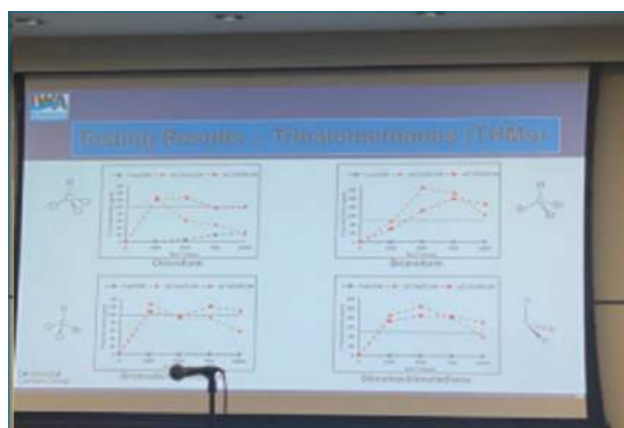
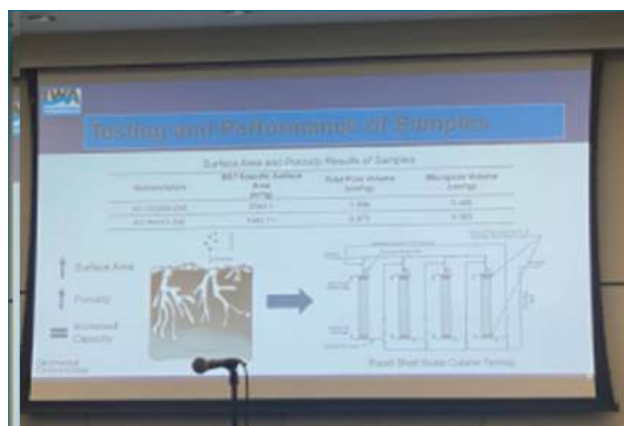
수열탄화는 유기성 폐기물을 열처리하고 건조하여 바이오차를 생성하는 기술이며, 생성된 부산물을 연료 등으로 사용할 수 있다. 연구 과정은 옥수수 섬유를 수열탄화한 후 KOH를 이용하여 활성화시켜 가치가 높고 안정적인 활성탄을 생성하는 두단계로 구성된다. 옥수수 섬유를 수열탄화(hydrothermal carbonization, HTC)로 처리하여 탄화시킨 후, 표면적을 높이기 위해 그래핀 산화물을 추가하여 표면 특성을 개선하려는 시도를 했다. 마지막으로, 칼륨 수산화물을 사용하여 화학적 활성화를 진행해 미세 기공 형성을 촉진했다.



Fig.3

연구 결과, 이 활성탄의 표면적은 기존 석탄 기반 활성탄의 거의 두 배에 달했다. 이는 흡착 용량에 중요한 영향을 주는 요소이다. 또한, 실 규모 수처리 시나리오를 모방하기 위해 ASTM 승인된 방법인 작은 규모의 급속 컬럼 테스트를 설계하여 수행했다. 테스트에서는 염소와 트리할로메탄과 같은 유기 오염물질을 흡착하는 능력을 평가했다. 염소 흡착 결과, 그래핀 산화물을 사용한 샘플은 상업용 활성탄과 거의 유사한 성능을 보였다. 그러나 트리할로메탄 흡착에서는 상업용 활성탄에 비해 다소 낮은 성능을 보였다. 이는 바이오매스 유래 활성탄의 표면 산화물 함량이 높은 것과 관련이 있다.





TS 3.15 | 5조

Water Quality Standards, regulations and economics

Maximising the value of smart metering : The case of Canal de Isabel II

Presenter : Francisco Javier Fernandez



1. 스마트 미터링 시스템 도입 배경

지난 20년 동안 통합된 솔루션을 도입하려 했으나, 최근 상황이 변하면서 약 160만 개의 스마트 미터링 시스템을 도입하기로 결정했다. 법적 규제로 인해 기존의 설치되어 있던 미터기 계약 기간이 제한됨에 따라, 오래전에 설치된 미터기를 교체해야 하는 상황이었다.





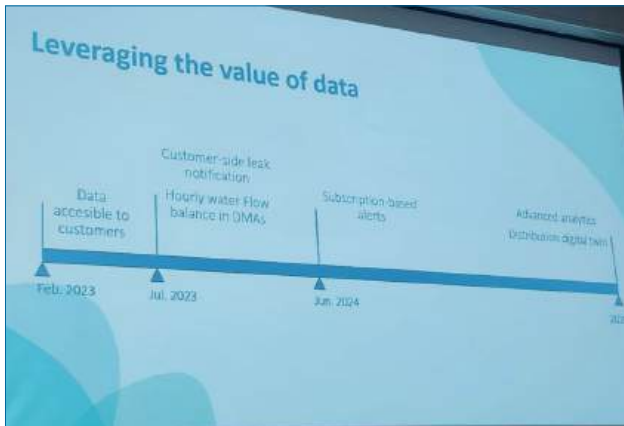
2. 기술적 접근 및 통신

스마트 미터링 시스템은 주로 모바일 네트워크(NB-IoT)를 통해 데이터를 수집하며, 특히건물의 지하와 같은 어려운 환경에서도 신뢰할 수 있는 통신을 제공한다. 3GPP 3rd Generation Partnership Project) 표준을 사용하여 시스템의 안정성과보안을 고려했다. 장기간 운영될 수 있도록 설계되었다.



3. 운영 및 성과

이미 몇몇 계약을 체결하여 스마트 미터기를 설치하고 있다.스마트 미터를 통해 고객의 소비 패턴을 실시간으로 모니터링하고 있으며, 이를 통해 물사용량을 줄이고 누수 문제를 신속하게 해결할 수 있게 되었다.



4. 경제적 효과

이러한 시스템 도입으로 연간 8~9백만 큐빅미터의 물을 절약할 수 있을 것으로 기대하고 있으며, 이는 총 사용량의 약 1.6%에 해당된다. 시스템을 도입한 이후에 74%의 고객이 누수 문제를 해결하였으며, 매시간 데이터를 모니터링할 수 있기 때문에 효율적인 관리가 가능하다.

5. 향후계획

스마트 미터링 시스템을 지속적으로 개선하고 확대할 예정이며, 스마트 미터링 시스템을 통해 취약 계층을 보호하고, 국제 표준을 만족할 수 있도록 운영할 계획이다.

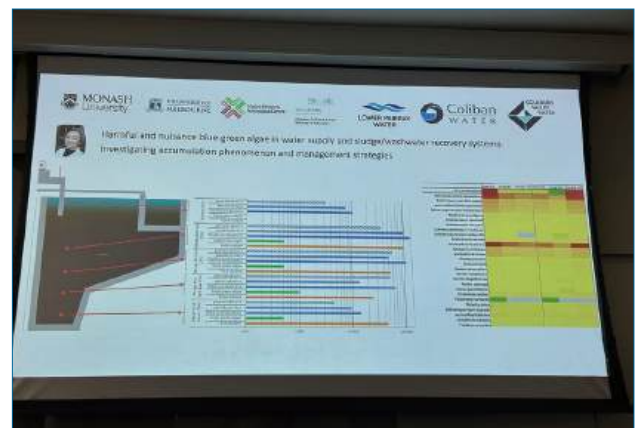
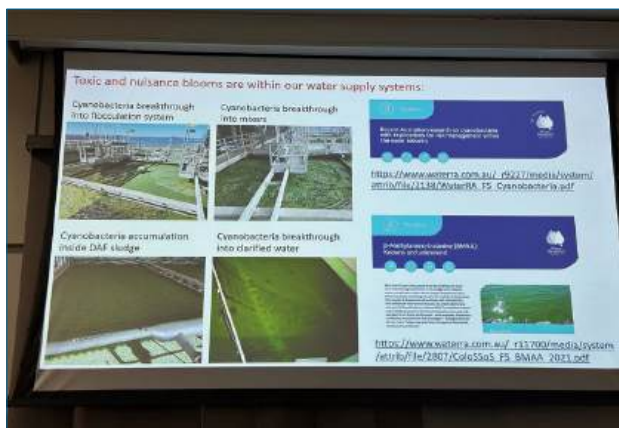


TS 3.15 | 7조

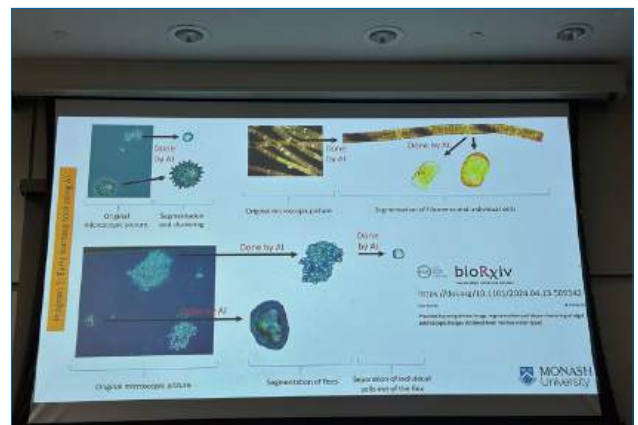
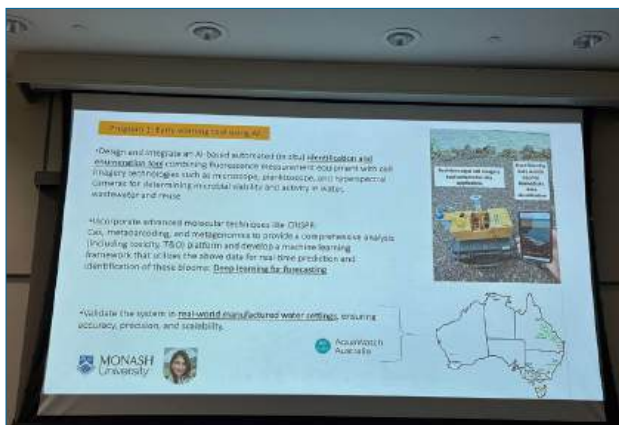
Water Quality Standard, Regulations And Economics

Cyanobacterial Bloom Management: Technology Performance & Optimisation Assessments, Arash Zamyadi

1. 발표 및 PPT 설명



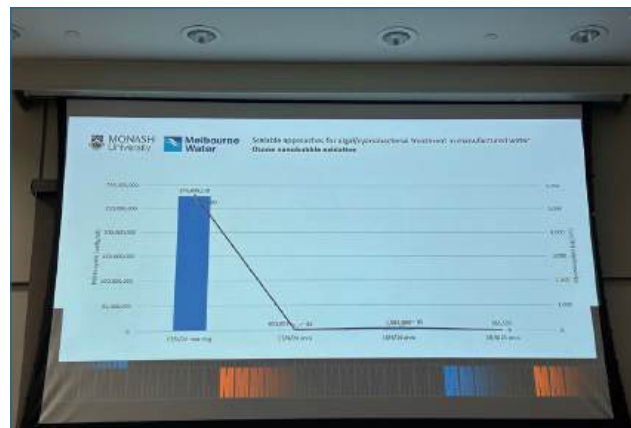
사이노박테리아는 물 공급 시스템에 존재하며, 독소와 맛을 내는 화합물을 생성한다. 독소는 건강에 위험을 초래할 수 있고, 맛을 내는 화합물은 고객의 불만을 유발한다. 이러한 문제가 없어도 사이노박테리아가 대량으로 존재하면 수처리 플랜트의 운영에 문제가 발생한다.



실험실에서 실제 환경에 기술을 적용한 사례

사례 1 : 조기 경고 시스템이 사이노박테리아가 플랜트에 침입하기 전에 감지하려고 함.

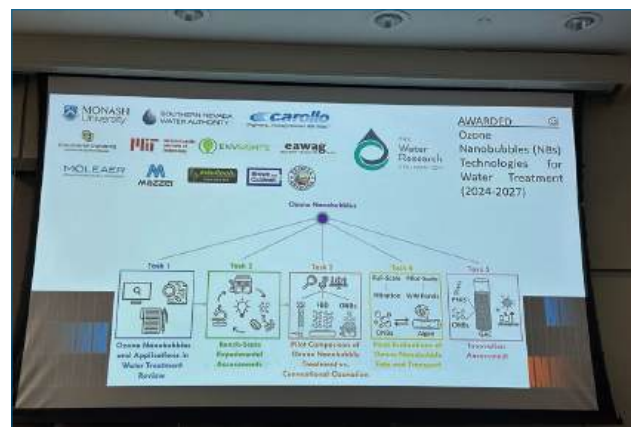
이는 수동으로 샘플을 검사하는 대신, 얼굴 인식과 유사한 이미지 인식 알고리즘을 활용한 사이노박테리아 식별함. 이 시스템은 이미지를 캡처하여 알고리즘으로 분석하는데, 도구를 현장에 가져가서 이미지를 캡처하고 업로드 후 분석하여 조기 경고를 제공함. 이로써 신속한 대응이 가능.



사례 2 : 오존 나노버블 처리시아노박테리아를 박멸하기 위해 오존 나노버블을 사용하여 처리.이 시스템은 오존 생성 장비를 통해 나노버블을 생성하며, 나노버블은 접촉 면적을 늘리지만 접촉 시간을 조정할 수는 없는 단점.필드 실험에서 일반적으로 1mg/L 의 오존을 사용하여 preoxidation을 진행.

결과 : 총 세포 수 60% 감소, 독소 농도 30 $\mu\text{g/L}$ $\rightarrow$ 10 $\mu\text{g/L}$ 로 감소

"Ozone Nanobubbles Technologies for Water Treatment (2024~2027)" 프로젝트를 소개하며, 여러 연구 기관과 기업들이 협력하여 오존 나노버블을 이용한 물 처리 기술을 연구하는 과정이 진행 중이다. 프로젝트는 오존 나노버블의 응용 및 문헌 검토, 벤치 규모 실험 평가, 기존 오존 처리 기술과의 비교, 대규모 파일럿 및 현장 실험, 그리고 활성탄소(GAC)와의 결합 혁신 평가로 구성된 5가지 주요 작업으로 이루어져 있다. 이를 통해 오존 나노버블이 물 처리 기술에서 어떻게 활용될 수 있는지에 대한 종합적인 이해와 평가가 이루어질 예정이다.



2. 요약 및 정리

1. 시아노박테리아 문제와 배경

- 시아노박테리아는 물 공급 시스템에서 독소를 생성하고, 물의 맛과 냄새를 나쁘게 만듦.
- 대량 발생 시 물 처리 플랜트의 운영에 심각한 문제를 일으킴.
- 호주의 필드 플랜트에서 시아노박테리아로 인해 슬러지의 비정상적인 형성 문제 발생.

2. 조기 경고 시스템 개발

- 목표 : 시아노박테리아가 물 처리 플랜트에 도달하기 전에 미리 감지할 수 있는 시스템 개발.
- 기술 : 저렴하고 휴대 가능한 휴대용 시스템을 개발하여 필드에서 시아노박테리아를 모니터링함.
- 방법 :
 - 이미지 분석 : 휴대용 카메라를 사용해 시아노박테리아의 이미지를 촬영하고, 이를 클라우드 기반 시스템에 업로드하여 분석함.

- 알고리즘 : 머신 러닝 및 딥 러닝 알고리즘을 활용하여 시아노박테리아를 식별. 이는 인간 얼굴 인식 기술과 유사한 방식으로 작동함.
- 목표 : 실시간으로 시아노박테리아의 존재를 감지하고, 경고를 발송하여 플랜트 운영자가 사전에 대응할 수 있도록 함.
- 성과 : 초기 실험에서 시스템이 시아노박테리아의 조기 감지 및 식별에 성공했으며, 향후 개선과 확장을 위한 기반을 마련함.

3. 오존 나노버블 기술 적용

- 기술 설명 : 오존 나노버블은 오존을 사용해 생성된 나노 크기의 기포로, 접촉 면적을 크게 증가시켜 시아노박테리아를 효과적으로 처리함.
- 실험 :
 - 필드 테스트 : 오존 농도를 조절하여 시아노박테리아 세포 수와 독소 농도를 감소시킴.
- 결과 :
 - 세포 수를 60% 감소시키고, 손상된 세포는 40% 감소시킴.
 - 독소 농도를 30 $\mu\text{g/L}$ 에서 10으로 줄임. 호주의 음용수 기준은 1 $\mu\text{g/L}$ 임.
- 대규모 적용 : 대형 플랜트에서 오존 나노버블을 적용하여 세포 수를 1억 5천만 개에서 40만 개로 줄이고, 독소 농도를 40에서 6으로 감소시킴.

4. 운영적 도전과 해결 방안

- 문제점 : 오존 나노버블 시스템의 대규모 운영에서 발생하는 다양한 도전과제.
- 해결 방안 :
 - 실제 필드 테스트 : 실험을 통해 시스템의 효율성을 검증하고, 운영에서의 문제를 해결함.
 - 기술 개선 : 오존 나노버블의 크기와 특성에 대한 추가 연구 진행.
 - 장기 적용 가능성 : 기술의 장기적인 효용성과 경제성 검토.

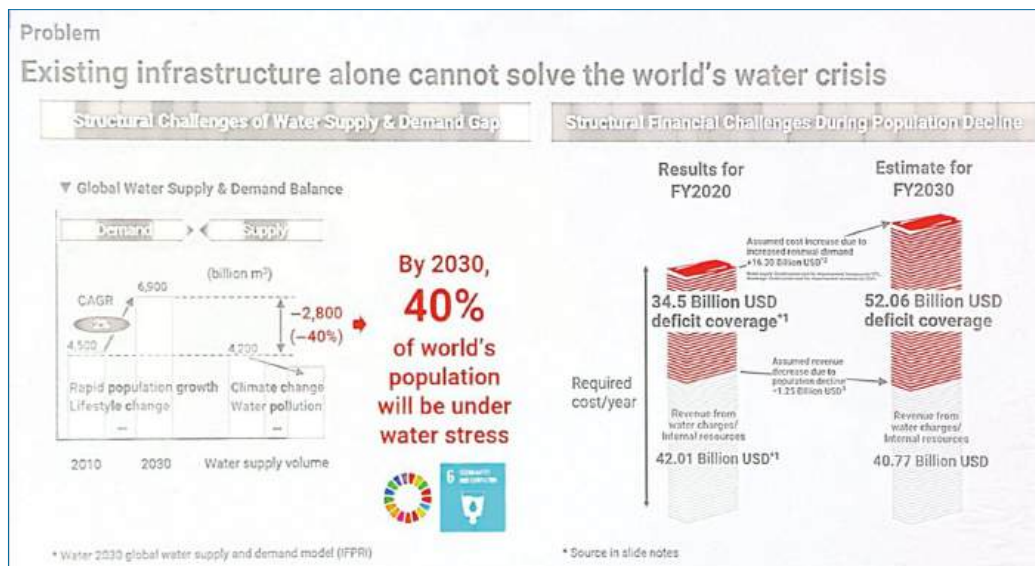
5. 기타 연구 및 비교

- 호주와 미국의 비교 : 시아노박테리아 문제를 두 지역에서 비교하고, 각 지역의 특성에 맞춘 해결 방안을 분석함.
- 향후 연구 방향 : 나노버블 기술의 성능을 더욱 면밀히 조사할 새로운 프로젝트 계획 중.

WATER RECLAMATION FOR NON-POTABLE REUSE (TECHNOLOGY)

Expanding The Application Of Reclaimed Water In Non Potable Activities Within A Domestic Household, Sayani Halder, Japan (1번째 발표)

문제 인식

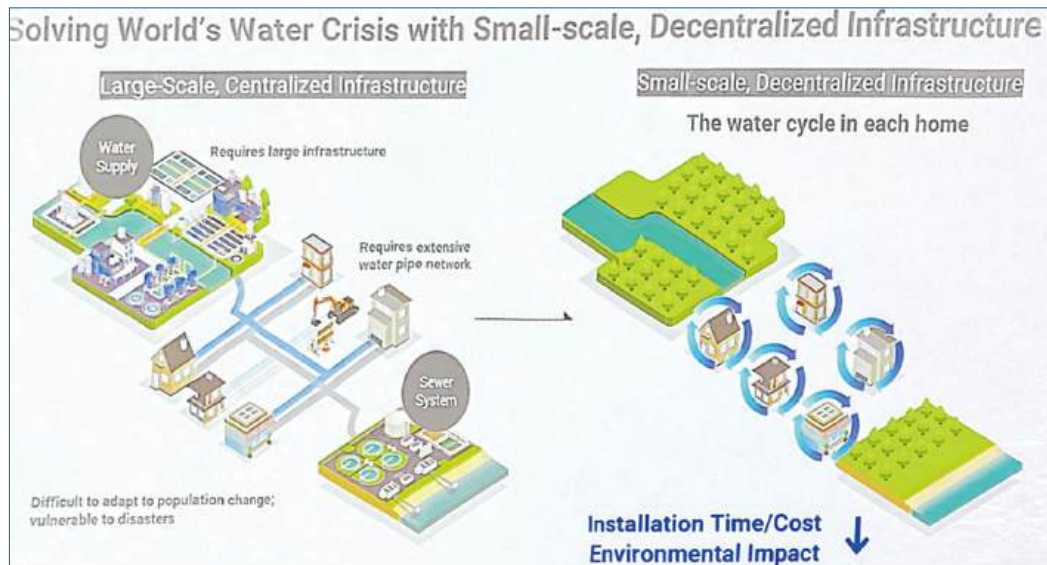


- 물 부족 문제 : 2030년까지 전 세계 인구의 40%가 물 부족을 경험할 것으로 예상된다.
- 인프라 노후화 : 일본을 비롯한 선진 경제국에서 인프라의 노후화가 문제가 되고 있으며, 인구 감소로 인해 물 공급 비용이 상승하고 있다. 이에 따라 지방 정부는 재정적 부담을 겪고 있다.

해결 방안

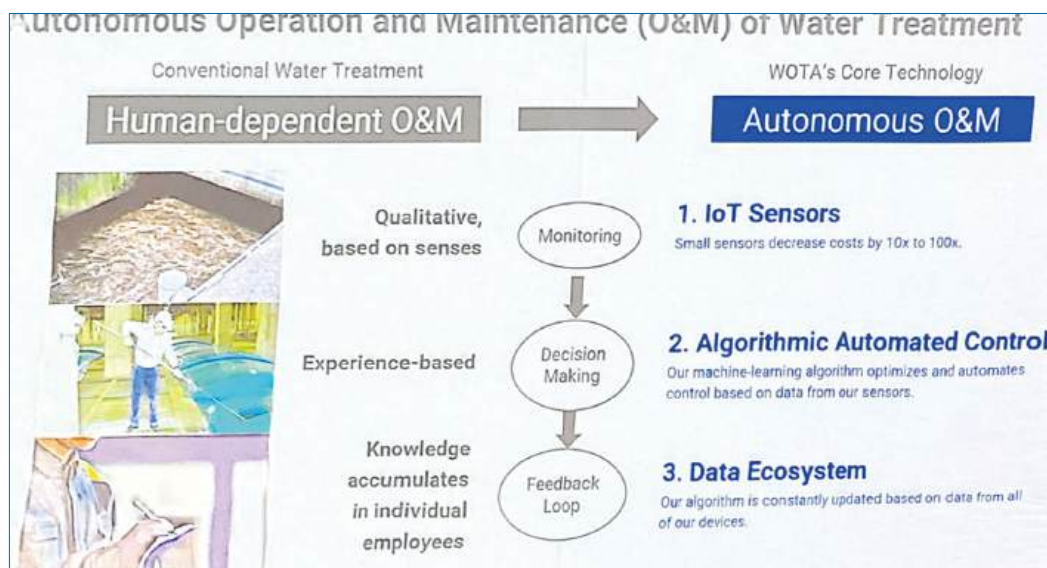
소규모 분산형 수처리 시스템

- 대규모 인프라의 한계 : 대도시에서는 대규모 인프라가 유용하지만, 인구가 적고 노후화된 지역에서는 소규모 분산형 시스템이 더 적합하다.
- 이점
 - 비용 절감 : 설치 및 유지보수 비용이 적다.
 - 환경적 이점 : 환경 영향을 줄일 수 있다.
 - 설치 용이성 : 설치 시간과 비용이 적다.

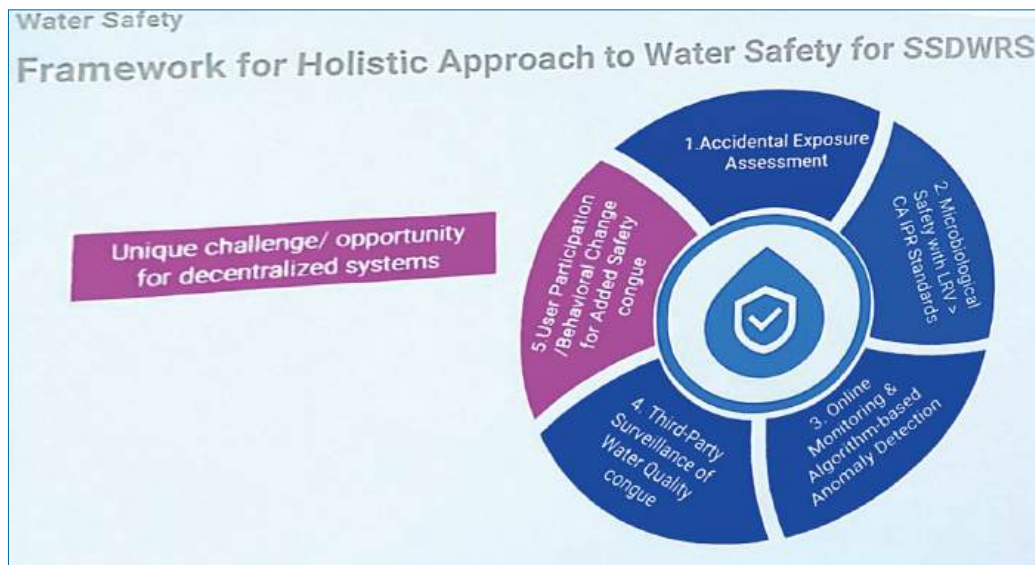


데이터 생태계

- 기술 활용



- AI 및 IoT: 실시간 데이터 모니터링을 통해 시스템을 원격으로 관리할 수 있으며, 지식을 중앙에서 쉽게 관리하고 이전할 수 있다.
- 기존 시스템의 한계 : 기존 시스템은 인력 의존도가 높고 업무가 부서 간에 분리되어 있어 전달이 어렵다.
- 소규모 수처리 시스템 구성
 - 중수 처리 : 샤워, 손 씻기, 주방에서 나오는 물을 재처리하여 다시 사용할 수 있도록 한다.
 - 오수 처리 : 화장실 물은 별도로 처리하여 다시 화장실에 사용할 수 있도록 한다.
 - 빗물 수집 : 빗물을 수집하여 음용수 기준에 맞게 처리한다.
- 프레임워크



1. 우발적 노출평가(accidental exposure assessment)

Water Safety

1. Accidental Exposure Assessment

Of the daily water use of **200 L/person/day**, 39% is used for bathing, 21% for toilet, 16.5% for kitchen, 15% for laundry, 6.2% for sinks/faucets, and 1% for drinking. Accidental ingestion is estimated to be 0.42 L (approximately 21% of total water consumption). Since there is significant exposure, QMRA is considered for risk assessment.

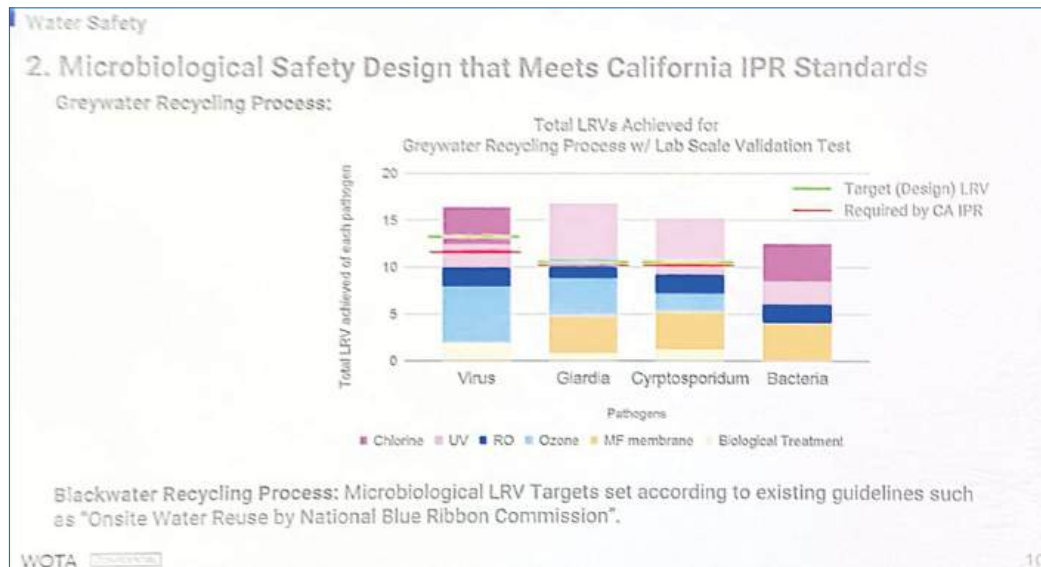
Activity	Intentional /unintentional	Assumed exposure scenario	Exposure pathway	Amount per serving (mL)	Frequency [times/year]	Frequency [times/day]
Shower	unintentional	Accidental ingestion	oral intake	50	365	1
Bathing	unintentional	Accidental ingestion	oral intake	20	365	1
Hand washing	unintentional	Natural exposure during the act (droplets)	oral intake	20	1825	5
Face washing	unintentional	Accidental ingestion	oral intake	10	1	1
Cooking (cooking)	intentional	Used in cooking and intentionally ingested	oral intake	160	1095	3
Cooking (dishwashing)	unintentional	Exposure from water on food during the act	oral intake	50	1095	3
Cooking (tableware)	unintentional	Exposure from water during dishwashing activities	oral intake	10	1095	3
Watering	unintentional	Water exposure during watering (exceptions)	oral intake	100	1	
Washing	unintentional	Water exposure (splashes) when using a washing machine	oral intake	0.01	365	1
Toilet	unintentional	Exposure from flushing the toilet (droplets)	oral intake	0.00003	1095	3
Total consumption				420.01003		

WOTA Water Quality and Treatment

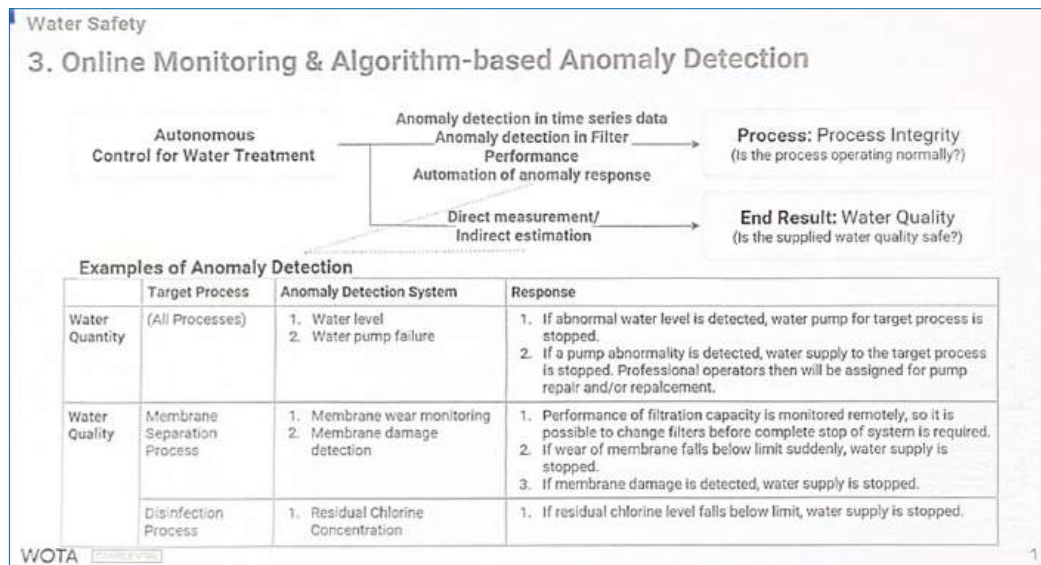
회수수는 음용수로 사용하지 않고 비음용수로만 사용되며, 회수수의 사용에 따른 우발적 노출을 평가한다.

2. 병원균 제거

Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA)를 기반으로 병원균 제거를 평가하고, 일본 및 국제 가이드라인을 준수한다.

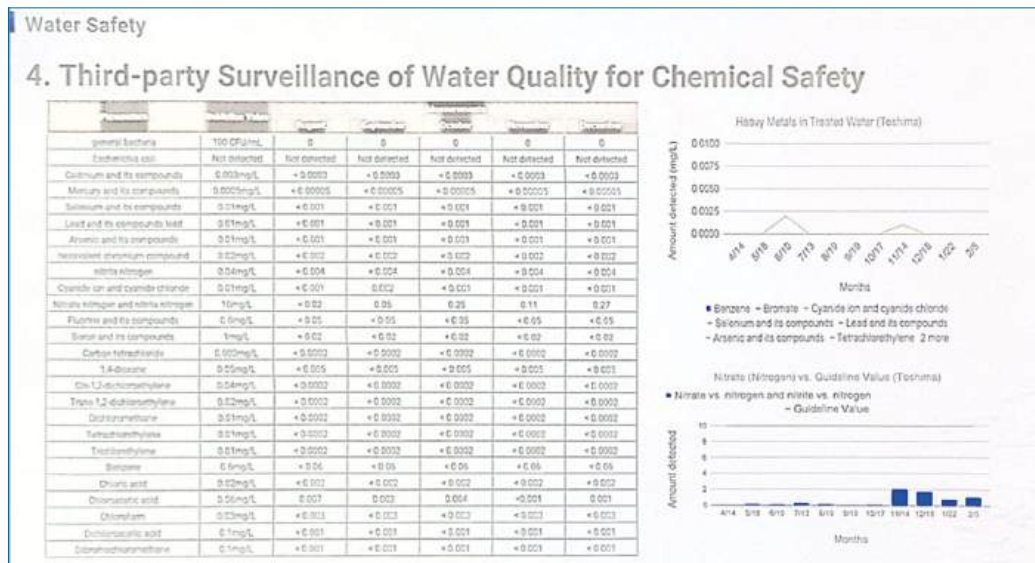


3. 온라인 모니터링 및 알고리즘 기반 이상 탐지



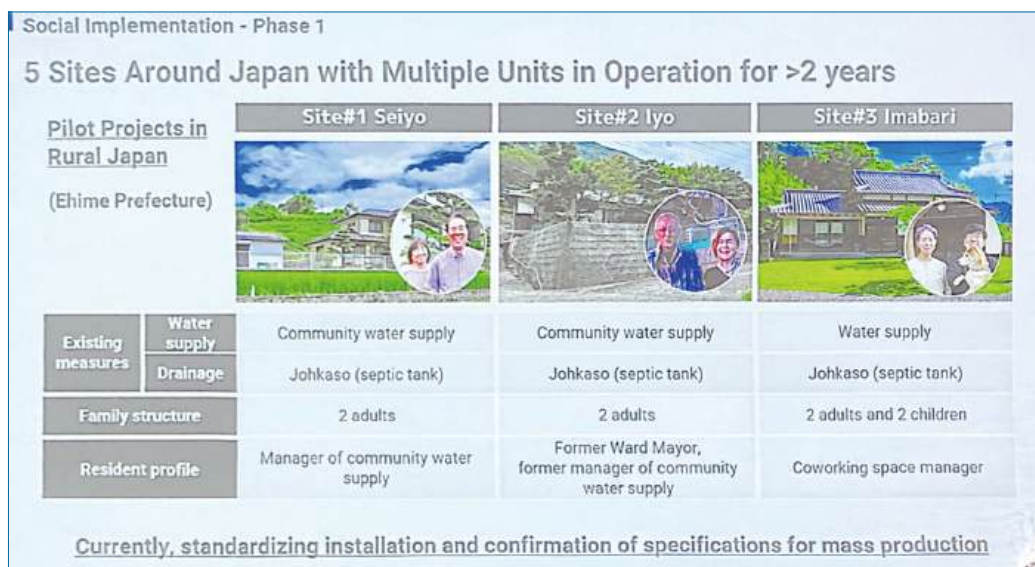
인공지능을 기반으로 한 이상 감지 기술을 활용하여 실시간 모니터링을 진행한다.

4. 제3자의 안전을 위한 수질 감시



외부 감시 기관(ISO 인증)이 시스템을 검사하여 수질 및 규정 준수를 확인한다.

파일럿 테스트



- 진행 중 : 일본 전역에서 파일럿 테스트를 진행 중이며, 다양한 가정의 프로필을 연구한다.
- 비용 절감 : 히로시마에서 시범을 통해 비용 절감 효과를 입증할 계획이다.
- 확산 계획 : 테스트 결과를 바탕으로 일본 전역 및 국제적으로 확산할 예정이다.

결론

- 대규모 vs 소규모 인프라: 대도시에서는 대규모 중앙 집중형 시스템이 유리하고, 인구 감소 지역에서는 소규모 분산형 시스템이 더 적합하다.

DIGITAL LEAK DETECTION

Repair Leaks ASAP - Digital Tool Focused On The Strategy To Reduce Non-Revenue Water In Porto, Ricardo Ferreira, Portugal

요약 : 이 발표에서는 포르투갈 북부의 최대 수도 회사인 ADP가 개발한 디지털 도구에 대한 내용을 다룬다. 이 도구는 포르투갈 포르투의 물 마스터 플랜의 일환으로, 중요한 물 자산을 관리하고 무수익 수량(non-revenue water)을 줄이기 위해 만들어졌다.

ADP는 2017년부터 운영 관리 플랫폼을 사용해 데이터를 수집했으나, 2022년까지 누수 데이터를 효과적으로 활용하지 못했다. 이 문제를 해결하기 위해 ADP는 분석 및 데이터 정리 프로세스를 개발했으며, 다양한 알고리즘을 사용하여 누수 데이터를 분석하고, 파이프의 교체 여부를 평가한다. 이 도구의 구현을 통해 ADP는 네트워크에서 문제의 20%를 제거하는 데 성공했으며, 앞으로도 무수익 수량 개선에 기여할 것으로 기대된다.

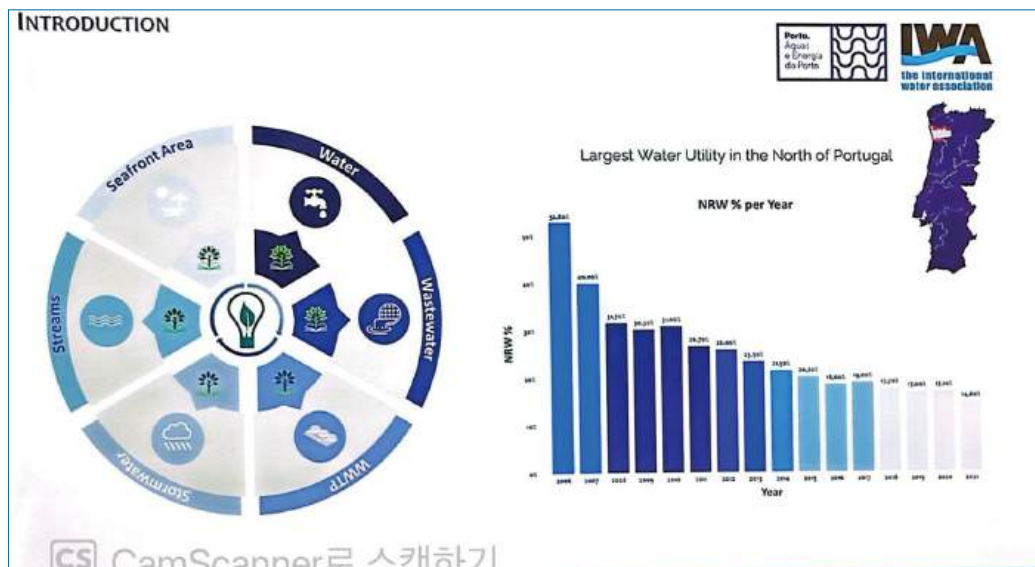


발표 제목과 강연자 정보

제목 : 최대한 빠르게 누수 수리 - 포르투의 무수익 수량 감소 전략에 초점을 맞춘 디지털 도구

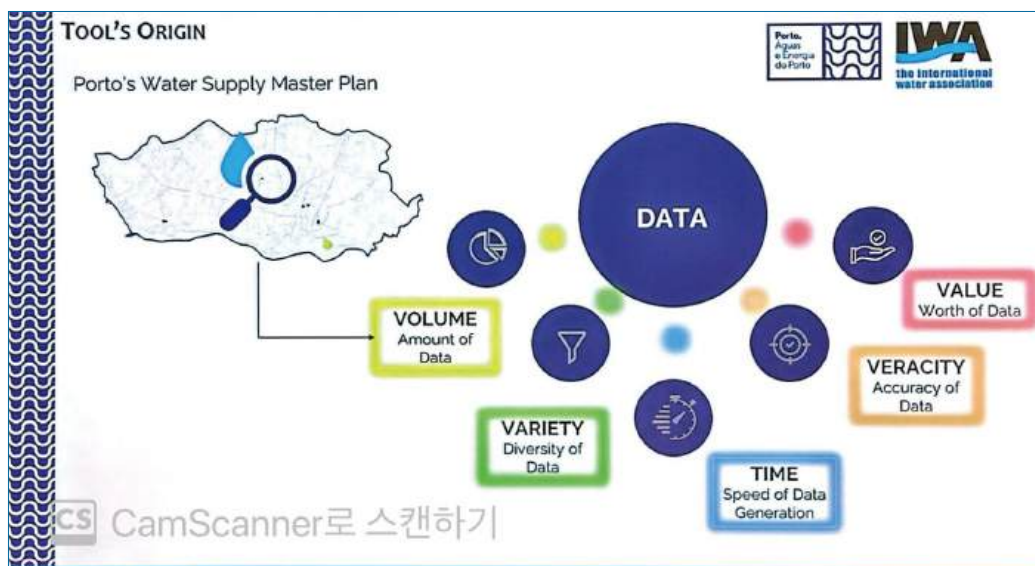
강연자 : R. Ferreira, S. Garcia, F. Oliveira

- 무수익 수량(Non-revenue water, NRW): 물이 생성되었으나 그 중에 고객에게 도달하기 전에 소실된 물



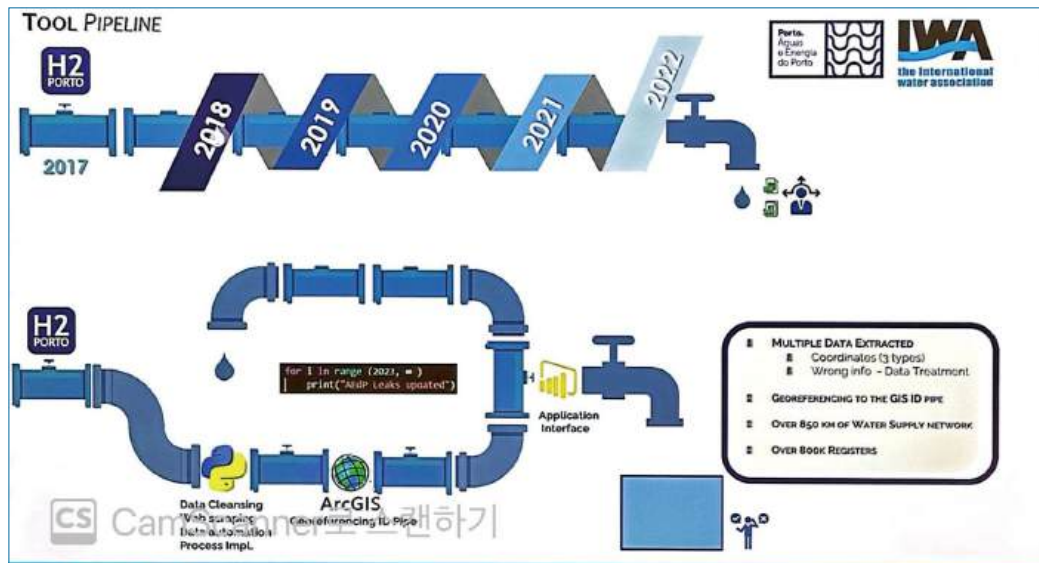
Introduction : ADP의 역할과 책임

ADP(Aguas do Porto)는 포르투갈 북부 최대의 수도 회사로, 도시 물 순환 전체를 관리하는 역할을 담당하고 있다. 수도 공급, 폐수 처리, 폐수 처리장, 빗물 및 하천을 관리하고 있다. 그래프를 보면 해가 지날수록 NRW가 감소하는 것을 알 수 있다.



Tool's Origin : 물 마스터 플랜에서 디지털 도구의 중요성 및 데이터 분석의 필요성

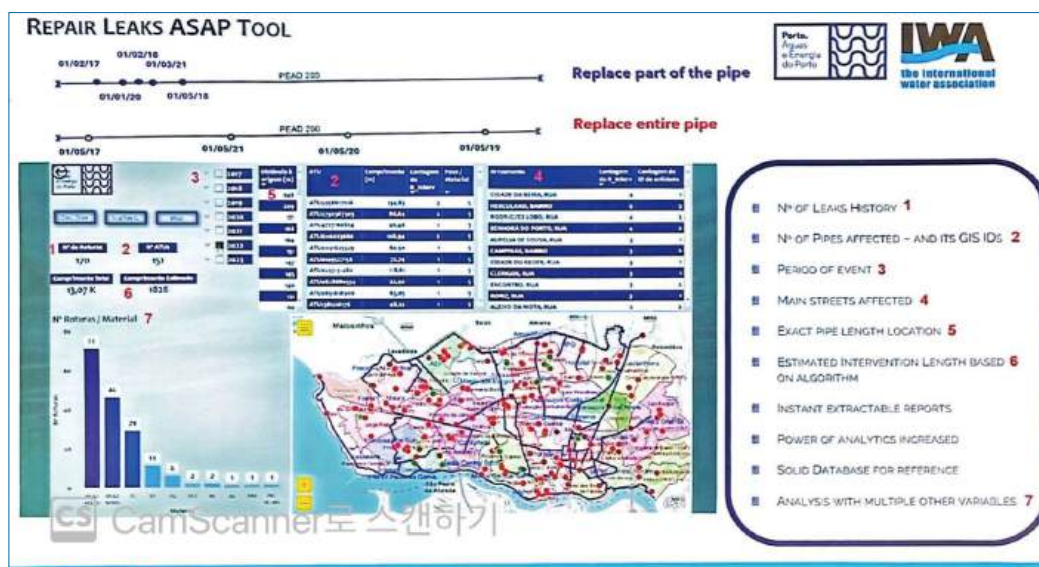
- ADP는 지역 사회 내에서 환경 및 지속가능성 교육을 적극적으로 홍보하고 있으며, 물 절약 프로젝트도 진행 중이다.
- 이 도구는 포르투의 물 마스터 플랜의 중요한 구성 요소로서, 광범위한 데이터 분석을 통해 중요한 통찰을 얻고 있다.
- 다양한 데이터 유형을 분석하고, 데이터 정확성 및 시의성을 보장하며, 실질적인 가치를 가진 데이터를 선택하는 것이 중요하다고 강조한다.
(Volume: 데이터의 양, Variety: 데이터의 다양성, Time: 데이터 생성 속도, Veracity: 데이터의 정확도, Value: 데이터의 가치)



Tool Pipeline : ADP의 데이터 수집 및 관리 방식, GIS ID 파이프와의 연계

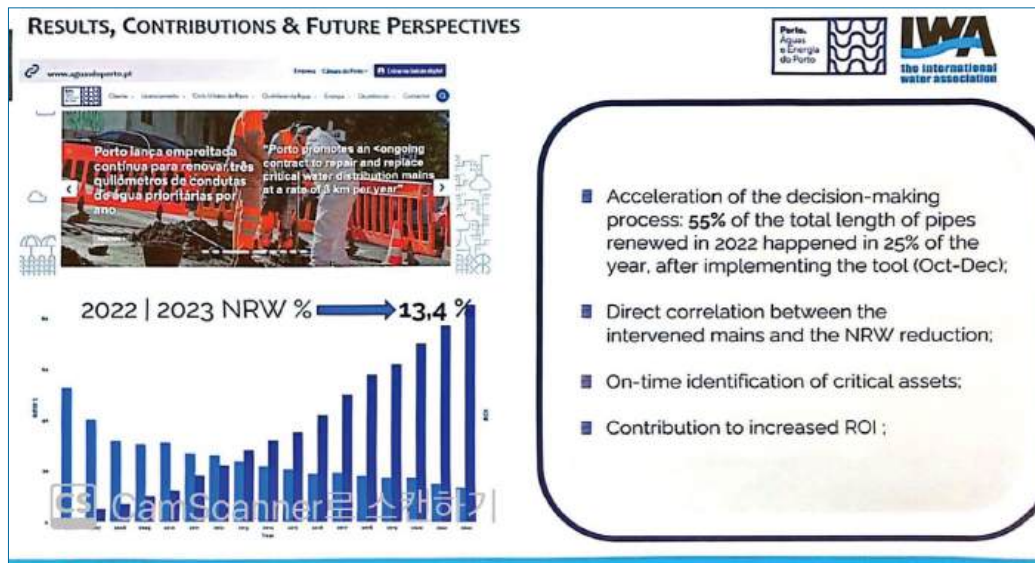
ADP는 2017년부터 운영 관리 플랫폼을 사용해 데이터를 수집했으나, 2022년까지 누수 데이터를 효과적으로 활용하지 못했다. 이 문제를 해결하기 위해 ADP는 분석 및 데이터 정리 프로세스를 개발하였다.

ADP는 850Km의 관로를 커버하는 GIS ID 파이프 시스템과 누수 데이터를 연계하여 관리한다.



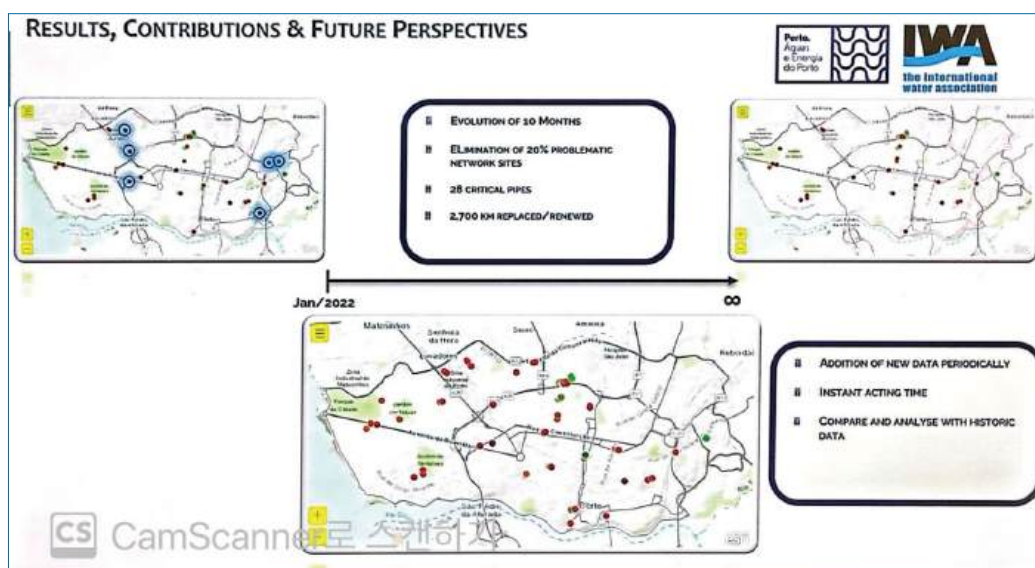
Repair Leaks ASAP Tool : 빅데이터 저장소 구축 & 다양한 알고리즘을 통한 네트워크 분석 및 파이프 교체 평가

- ADP는 방대한 양의 데이터를 효과적으로 저장하고 관리하기 위해 빅데이터 저장소를 구축하였고 사용자 친화적 플랫폼을 개발했다.
- ADP의 디지털 도구는 다양한 알고리즘을 사용하여 네트워크를 미터 단위로 분석하고, 파이프의 상태와 누수의 상관관계를 평가한다. 이러한 알고리즘을 통하여 특정 지역에서 발생하는 누수 패턴을 분석하고 해당 지역의 파이프를 전체적으로 또는 부분적으로 교체할지 판단한다. 이 도구가 최종 결정을 내리는 것은 아니고, 기술자들이 데이터를 분석하고 최종 의사 결정을 내리는 데 도움을 주는 것이다.



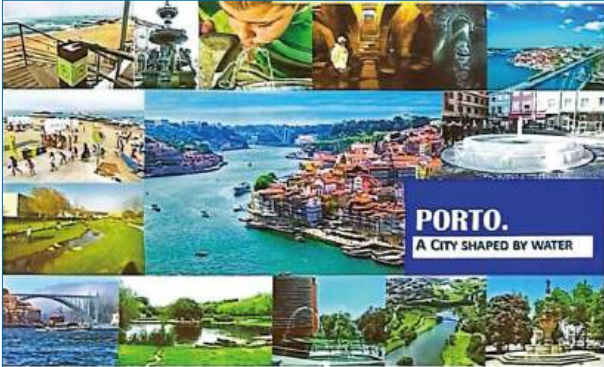
Results, Contributions & Future Perspectives : ADP와 도구 계약 결과, 미래 관점

- 이 도구의 구현 덕분에 ADP는 중요한 물 자산을 구분하고, 도구의 결과를 기반으로 의사 결정을 할 수 있게 되었다. ADP는 현장 즉각 대응 파이프 개조 계획으로 이 도구와의 계약을 체결하였다.
- 이 계약은 2022년과 2023년의 무수익 수량 개선에 직접적으로 기여했다. 하단의 그래프를 보면 해가 갈수록 투자자본수익률은 증가하는 반면 무수익 수량은 감소하는 것을 볼 수 있다.
- 의사 결정 과정의 가속화 : 도구를 사용한 10~12월의 3개월간에 2022년에 교체한 파이프의 55%가 교체되었다.
- 무수익 수량(NRW) - 연한 파랑색
- 투자자본수익률(ROI, Return on Investment) : 투자자의 어떤 자원 투자로 인해 얻어진 이익을 말한다. 높은 투자자본 수익률은 투자가 투자비용 대비 좋은 성과를 낸다는 뜻이다. - 진한 파랑색



Results, Contributions & Future Perspectives : 네트워크 문제점 해결과 지속적인 데이터 분석

- ADP는 도구를 사용하여 네트워크에서 발생하는 문제의 20%를 해결할 수 있었다.
- 즉각적인 현장 시간과 과거의 데이터를 비교하고 분석하여 도구가 지속적으로 데이터를 분석하고 업데이트한다.



PORTO.
A CITY SHAPED BY WATER

Porto, Água e Energia do Porto

IWA
the international water association

 ricardo.ferreira@aguasdoporto.pt
 [linkedin.com/in/ricardogentil/](https://www.linkedin.com/in/ricardogentil/)
 +351 934440035

CS CamScanner로 스캔하기

발표 종료 및 추가 문의 안내

ricardo.ferreira@aguasdoporto.pt

TS 1.3 | 4조

Cloud-enhanced Pressure Management: A Digital Solution Towards Resilient Water Networks, Krisztian Mark Balla, Denmark

1. 배경 및 목적

A global challenge: Water management

45 million m³
of drinking water are lost daily through water leakage in the distribution networks
- enough to serve nearly
200 million people

- Secure a stable water supply for end users
- Avoid pipe breaks
- Reduce leakages
- Reduce operation costs



Non-revenue water rates:

- <20%
- 20-40%
- 40-60%
- 60-80%
- Countries not surveyed

CWI, Global Water Market 2017 (96 countries are analyzed with respect to NRW)

Demand Driven Distribution

Install

- Pressure sensors are installed at critical points to detect the actual pressure in the network

Measure

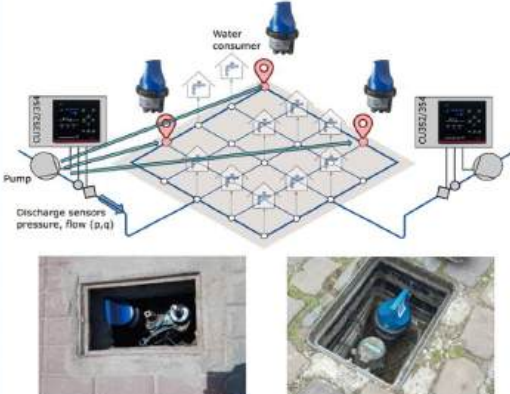
- The telemetry data from the pumping stations and data from the pressure points is collected

Learn

- Consumption patterns are learned from the supplied flow
- Relation between pumping station and pressure point is learned

Control

- The control algorithm adjusts the network's internal pressure based on the water consumption by compensating the pressure losses in the piping and thereby ensuring to stay close to the service pressure



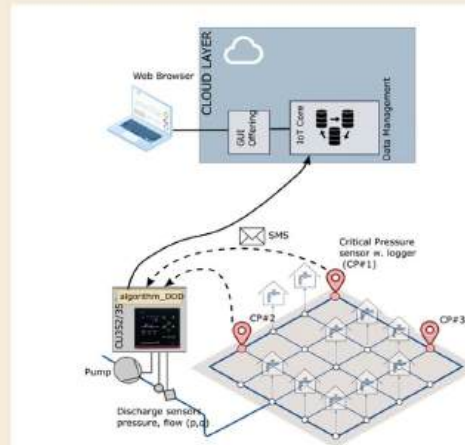
Legacy version

Current solution

- Single pump solution
- GSM service to communicate remote sensor data
- Existing solution on the market (DDD)

Challenges

- In case of multi stations, high frequency (1s) communication required between the agents
- NIS2 Directive (EU-wide legislation on cybersecurity) came into force in 2023



Cloud-enhanced version

Edge functionality

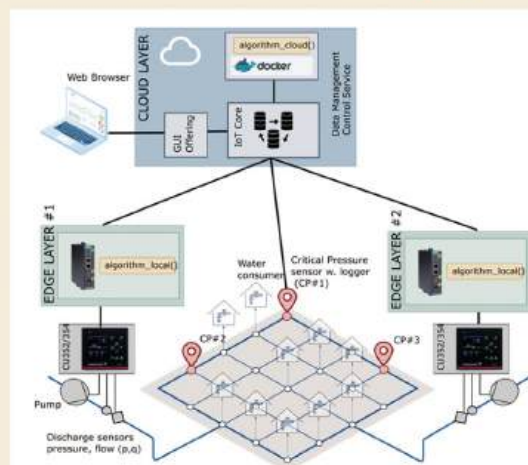
- Local consumption prediction
- Evaluate pressure curve on most recent network parameters
- Safety feature for error handling

Cloud functionality

- Global consumption prediction
- Learn pressure curve based on 24 hours batch data
- Ensure flow ratio between stations

Advantages

- Pump agnostic
- Scalable
- IoT data is persistent on the cloud



- **배경** : 전 세계적으로 물 관리가 중요한 도전 과제가 되고 있으며, 매일 4,500만 입방미터의 식수가 유출로 인해 손실되고 있는 현실이다. 이는 약 2억 명의 인구에게 물을 공급할 수 있는 양이다. 물 유출을 줄이고, 파이프 파손을 방지하며, 안정적인 물 공급을 보장하고 운영 비용을 줄이는 것이 중요하다.
- **목적** : 물 관리 시스템에서 유출을 줄이고 안정적인 물 공급을 보장하기 위해 클라우드 기반의 펌프 관리 솔루션을 도입하고자 한다. 이 솔루션은 압력 센서를 설치하고, 수집된 데이터로 소비 패턴을 학습하며, 네트워크의 압력을 제어하여 효율적인 물 공급을 목표로 한다. 기존의 단일 펌프 솔루션에서 발전하여 클라우드를 활용한 예측 기능, 오류 처리 기능, 그리고 네트워크 내의 흐름 비율을 보장하는 시스템으로 발전시키고자 한다.

Methods

Solution 1

- Data collected over a fieldbus network via SCADA
- SCADA has access to the cloud algorithm to transfer telemetry and collects the setpoint for the pumping stations
- Smart gateways ensure that control is robust to any undesired manipulation of data in case of SCADA breakdown

Solution 2

- Direct communication between the cloud algorithm and the smart gateways
- Optimal setpoint sent down directly from the cloud to the smart gateways
- Smart gateways ensure robust control against cyberattacks from the cloud side

2. 방법론

Solution 1

- 데이터를 필드버스 네트워크를 통해 SCADA(감시 제어 및 데이터 수집 시스템)로 수집한다.
- SCADA는 클라우드 알고리즘에 접근하여 텔레메트리 데이터를 전송하고, 펌핑 스테이션을 위한 설정값(setpoint)을 수집한다.
- 스마트 게이트웨이는 SCADA 시스템이 고장났을 때도 데이터 조작을 방지하여 제어의 신뢰성을 보장하게 된다.

Solution 2

- 클라우드 알고리즘과 스마트 게이트웨이 간의 직접 통신을 통해 데이터를 주고받는다.
- 최적의 설정값이 클라우드에서 스마트 게이트웨이로 직접 전송된다.
- 스마트 게이트웨이는 클라우드 측에서의 사이버 공격에 대한 견고한 제어를 보장한다.

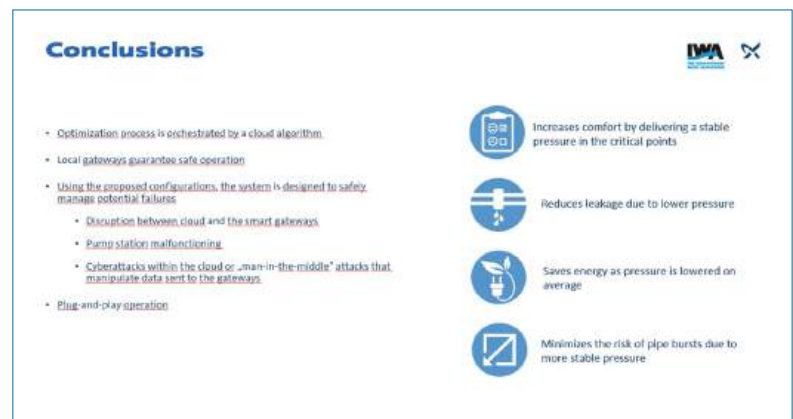
Tests

3. 검증

- **Smart Gateways (스마트 게이트웨이)** : 이 장치는 펌프 스테이션과 클라우드 레이어 간의 데이터를 주고받는 역할을 한다. 시스템의 중앙 통제 역할을 수행하며, 펌핑 스테이션의 설정값과 원격 센서의 데이터를 클라우드로 전송한다.
- **Remote Sensors (원격 센서)** : 펌프 스테이션 주변에 설치된 센서들이 압력, 유량 등의 데이터를 실시간으로 측정한다. 이러한 데이터는 스마트 게이트웨이를 통해 클라우드로 전송된다.
- **Pumping Station (펌핑 스테이션)** : 여러 대의 펌프가 설치되어 있으며, 이 펌프들은 센서와 게이트웨이를 통해 제어된다. 이 시스템은 실제 환경에서의 물 수송을 담당한다.
- **Consumers (소비자)** : 이 구성 요소는 물을 사용하는 최종 사용자들을 나타내며, 펌핑 스테이션을 통해 물이 공급된다.
- **Simulated Network, Consumers, Pumps (시뮬레이션된 네트워크, 소비자, 펌프)** : 이 요소들은 물의 흐름과 시스템 반응을 테스트하기 위해 가상으로 구성된 환경이다. 실제 운영 전에 다양한 시나리오를 테스트할 수 있다.
- **Cloud Layer (클라우드 레이어)** : 모든 데이터가 수집되고 처리되는 중앙 서버이다. 클라우드는 데이터를 분석하고 최적의 제어 명령을 스마트 게이트웨이로 전송한다.

4. 결과 및 결론

클라우드 기반 펌프 관리 시스템이 실시간으로 데이터를 모니터링하고 분석하여 시스템 성능을 최적화하는 방식을 강조한다. 이 시스템은 원격 센서와 펌프 스테이션에서 수집된 데이터를 통해 압력과 유량을 관리하며, 안정적인 운영을 보장한다. 결론적으로, 이 시스템은 사용자 편의성을 향상시키고, 누수를 줄이며, 에너지를 절약하는 동시에 파이프 파열 위험을 최소화하여 물 관리의 효율성을 극대화한다.



The Management Of Urban Storm Water At Block-level (MUST-B): A New Approach For Potential Analysis Of Decentralized Storm Water Management Systems

Presenter : Ganbaata Khurelbaatar, Germany

소속

- 독일 라이프치히에 있는 헬름홀츠 환경 연구 센터에서 물에 민감한 사회 기반 시설 계획(WASP) 연구원 팀에 소속

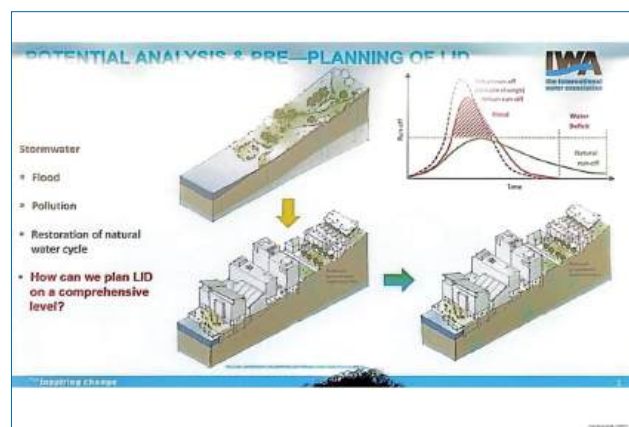
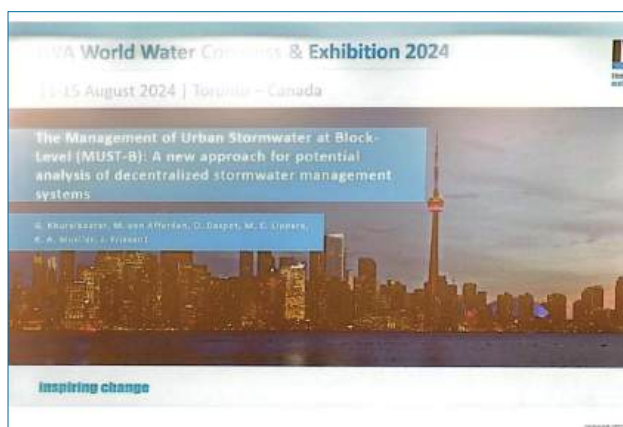
세부 전공

- 도시 물 관리 및 분산형 빗물 관리 시스템
- GIS 기반 의사 결정 지원 도구 개발
- 폐수 관리 및 블루 - 그린 사회 기반 시설
- 자연 기반 솔루션을 통한 기후 변화 대응 및 도시화 문제 해결

경력

- 몽골 과학 기술 대학교에서 토목공학 전공
- 독일 바이마르 바우하우스 대학교에서 DAAD 장학금을 받아 박사 학위 취득
- 몽골의 극한 기후 조건에 적합한 기술 개발
- 독일, 스페인, 덴마크, 요르단, 오만, 인도, 중국, 몽골 등 다양한 국제 프로젝트에 참여

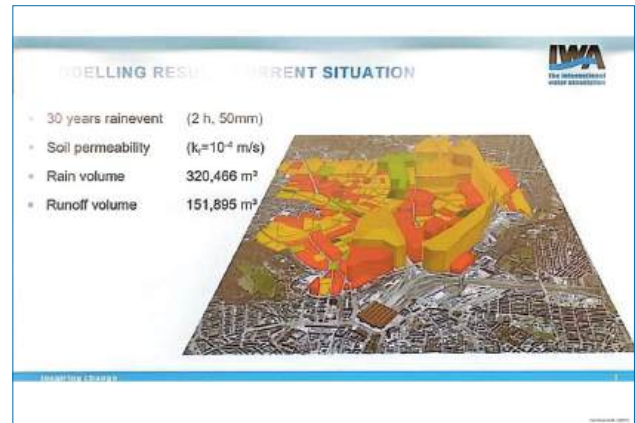
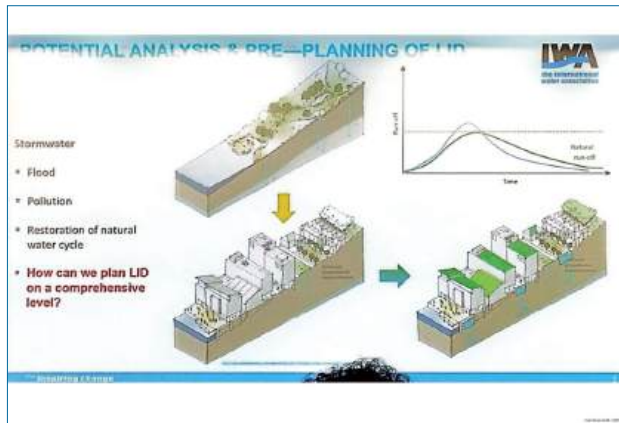
프레젠테이션 PPT



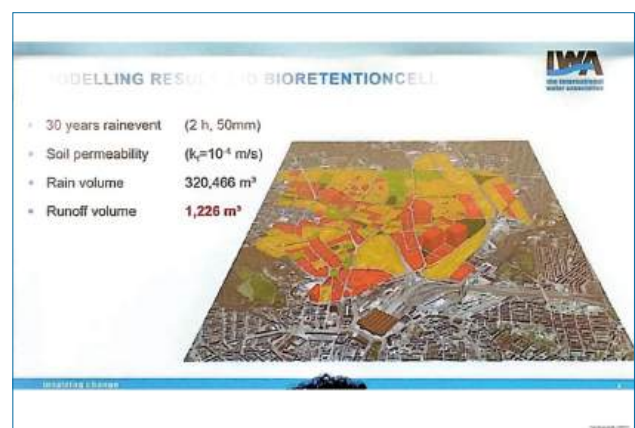
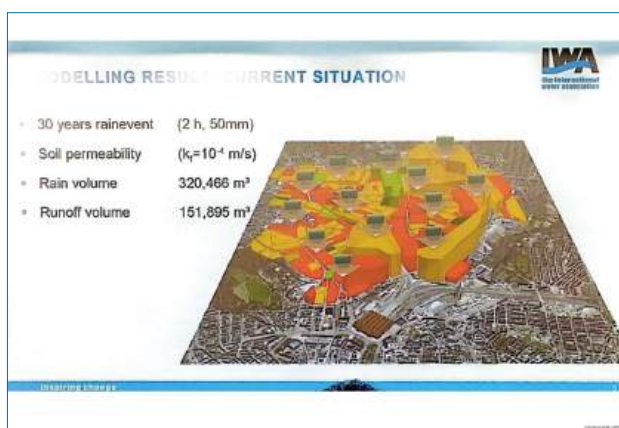
우리는 포괄적인 수준에서 접근하고 있으며, 어떤 방법론을 사용하고 있는지에 대해 이야기하고 싶습니다. 저는 독일의 헬름 환경연구센터에서 일하고 있으며, 저희 팀은 물 민감형 인프라 계획에 집중하고 있습니다.

우리는 모두 자연 표면을 건설하거나 밀봉함으로써 물이나 유출 패턴을 완전히 변화시킨다는 것을 알고 있습니다. 녹색 그래프에서 볼 수 있듯이 표면이 밀봉되지 않았을 때는 유출 패턴이 높지 않고 긴 꼬리를 가지지만, 표면을 밀봉하는 순간, 패턴이 훨씬 짧아지고 높아집니다.

이 높이의 차이는 많은 위험으로 해석될 수 있습니다. 그리고 물론 길이의 차이는 물 부족으로 해석될 수 있습니다. 물이 이미 우리의 도시를 빠르게 통과하고, 우리가 물이 필요할 때는 이미 사라지고 있는 것입니다. 물론 기후 변화도 우리 편이 아니라 우리의 반대편에 서 있습니다.



따라서 이 곡선을 다시 되돌리기 위해, 우리는 COVID-19 시기에 곡선을 평평하게 만들려고 했던 것처럼, 많은 사람들이 '자연 기반 해법'이나 '블루 그린 인프라'라고 불리는 해결책을 사용합니다. 이러한 인프라는 도시에 유출 시간을 연장하고 침투 가능성을 제공하며, 목표는 이러한 유출 패턴을 자연적인 유출 패턴에 가깝게 만드는 것입니다. 우리는 이 인프라가 할 수 있는 것을 알고 있지만, 이제 중요한 질문은 이러한 저충격 개발이나 자연 기반 해법이 필요한 인프라를 예를 들어 유역 수준이나 도시 차원에서 어떻게 계획할 수 있는지는 것입니다. 저희의 연구는 이 문제에 초점을 맞추고 있습니다. 우리는 도시를 조사하고 모듈형 유닛으로 나누어 확장성과 축소성을 고려합니다. 도시는 더 이상 복잡한 도시 지역으로 보지 않고, 여러 작은 유닛, 즉 도시 블록으로 나누어 분석합니다. 각 블록에서 우리는 지붕 면적, 밀봉된 면적, 녹지 면적, 그리고 블루 그린 인프라를 위한 잠재적인 공간을 고려합니다. 이러한 데이터를 구축한 후, 우리는 이에 대한 모델링을 시작합니다.



예를 들어, 여기는 연구소가 위치한 라이프치히의 한 도시 부분을 모델링한 것입니다. 우리는 상대적으로 좋은 토양 투수성을 가진 30년 빈도의 폭우를 모델링했습니다. 2시간 내에 약 32만 입방미터의 빗물이 이 도시 블록 위에 쏟아지며, 이 중 약 50% 이하의 물이 유출량으로 변환됩니다. 이는 이 블록들이 이 정도의 물을 생성하고, 현재의 하수도 네트워크나 폐수 처리 시설에 부담을 준다는 것을 의미합니다.

그 후, 우리는 각 블록에 대해 다양한 블루 그린 인프라, 예를 들어 바이오 유출 저장 장치를 고려했습니다. 이 접근 방식은 밀봉된 면적과 우리가 사용할 수 있는 녹지 면적에 따라 이러한 저충격 개발의 크기를 계산할 수 있게 해주었습니다. 그 결과, 각 블록에 이 인프라를 구현

함으로써 2시간 내에 15만 입방미터의 유출량을 1,200 입방미터로 줄일 수 있음을 발견했습니다. 이는 시스템의 잠재력을 보여주는 것이며, 높은 기둥을 가진 빨간 블록들은 더 이상 블루-그린 인프라를 건설할 공간이 없음을 의미합니다.

더 많은 정보가 필요하다면, 저희의 포스터를 보러 가주시기 바랍니다. 전시 구역에서 주제 6번에 있습니다. 왼쪽 뒷편에 위치하고 있습니다. 이상으로 경청해주셔서 감사합니다.



1. 물 부족 문제와 기후 변화

도시에서 물 부족 현상이 발생하는 이유는 물이 필요할 때 이미 도시를 통해 빠르게 지나가 버리기 때문이라 할 수 있다. 기후 변화는 이러한 상황을 더욱 악화시키고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 자연 기반 해법(Nature-Based Solutions) 또는 블루-그린 인프라와 같은 저영향 개발(Low Impact Development) 방식이 제안되고 있다. 이러한 인프라는 도시에 우수 지체 시간과 침투 가능성을 제공하여 자연 유출 패턴에 더 가까운 유출 패턴을 만드는 것을 목표로 하고 있다.

2. 도시 블록 단위 접근법

도시를 하나의 복잡한 단위로 보는 대신, 여러 개의 작은 단위인 도시 블록으로 나누어 접근하고 있다. 각 블록에서 지붕 면적, 포장된 면적, 녹지 면적, 그리고 블루-그린 인프라에 할애할 수 있는 잠재적 면적을 분석하고 있다. 이러한 데이터를 바탕으로 모델링을 진행하여 각 블록이 생산할 수 있는 유출량과 인프라의 잠재적 효과를 평가하고 있다.

3. 라이프치히 시 모델링 사례

예를 들어, 라이프치히 시의 일부를 모델링한 결과, 30년 빈도의 폭풍 이벤트에서 2시간 동안 약 32만 세제곱미터의 빗물이 블록들에 쏟아졌으며, 유출량은 약 50% 미만으로 나타났다. 이는 현재 하수도 네트워크와 폐수 처리 시설에 부하를 줄 수 있는 수치이다. 블루-그린 인프라를 각 블록에 도입하여 유출량을 15만 세제곱미터에서 1200 세제곱미터로 줄일 수 있음을 확인하였다.

4. 블루-그린 인프라의 잠재력

이 분석은 시스템의 잠재력을 보여주며, 공간이 부족한 블록에서는 더 이상의 블루-그린 인프라를 구축할 수 없음을 시사한다. 더 많은 정보를 원한다면, 전시 구역에서 저희 포스터를 방문하기 바란다.

질문 및 답변 내용 요약

Q1. 구현된 녹지 공간에서 공공 공간을 고려하였는지, 아니면 공공과 사유지를 모두 고려하였는지 궁금하다.

A1. 공공과 사유지를 모두 고려하였다. 이 분석에서는 공공과 사유지를 구분하지 않았으며, 도시가 시스템을 구현했을 때의 잠재력을 보여주고자 하였다. 필요하다면 공공과 사유지를 구분하여 더 세부적인 분석을 할 수 있다.

Q2. 이 분석에서 사용된 3D 그래픽은 어떤 소프트웨어로 만들었는지 궁금하다.

A2. SWMM을 사용하여 모델링을 수행하였으며, 각 블록을 하나의 구역으로 간주하여 유출량을 계산하였다. 프레젠테이션을 위해 3D 블록은 ArcGIS로 생성하였다.



IWA World Water Congress & Exhibition

11-15 AUGUST 2024 | TORONTO, CANADA | www.worldwatercongress.org

The Management of Urban Stormwater at Block-Level (MUST-B): A new approach for potential analysis of decentralized stormwater management systems

Ganbaatar Khurelbaatar*, Manfred van Afferden*, Daneish Despot*, Maria Chiara Lippera*, Roland A. Müller*, Jan Friesen*

* Centre for Environmental Biotechnology, Helmholtz Centre for Environmental Research GmbH – UFZ, Leipzig, Germany (ganbaatar.khurelbaatar@ufz.de, manfred.afferden@ufz.de, jan.friesen@ufz.de, roland.mueller@ufz.de)

Abstract: This study presents a new approach for estimating the potential of the Management of Urban Stormwater at Block-level (MUST-B) by decentralized blue-green infrastructures here called Low Impact Developments (LIDs) for already existing urban environment. The MUST-B approach relies on dividing the urban areas into urban-blocks as smallest functional units and then simulating various LIDs on individual blocks to retain/infiltrate the stormwater. The approach was applied to a study area in the northern part of the City of Leipzig Germany, where various LIDs were simulated in a combination of various soil conditions and storm events. The results showed that even stormwater of a 100-year rainfall event can be fully retained and infiltrated within the blocks on a soil with low permeability ($k_f=10^{-6}$ m/s), demonstrating the high potential of the LIDs for existing urban areas.

Keywords: Urban Stormwater Management; Low Impact Development; Decentralized Solution

Cities worldwide are facing challenges to mitigate the impact of urban stormwater runoff caused by the increasing occurrence of heavy storm events combined with urban re-densification (Khurelbaatar *et al.*, 2021). The implementation of the Low Impact developments (LIDs) has been proven to be an effective measure to tackle these challenges in many urban areas (Wu *et al.*, 2020). In this regard, the MUST-B approach has been developed and used in this study to carry out a potential analysis of the LIDs to show the transformation capacity of the existing urban area towards sustainable and decentralized management of stormwater.

The approach was based on the following concepts:

- A) The urban area was divided in urban blocks as smaller functional units, which enables an easy planning of the LIDs as well as simple down- and up-scaling process.
- B) The calculation of maximum capacity of the LIDs aims at minimizing and when possible, avoiding any form of runoff from and between the functional units (blocks). Ideally, a complete avoidance of the transport/export of stormwater outside the unit boundary, e.g. through existing sewer networks or new pipelines between the functional units, is to be achieved.

The modelling and simulation included two different soils and three storm events in a combination with the scenarios involving the current situation as well as the application of various LIDs such as green roof, surface infiltration, swale, infiltration trench, bio-retention cell, and infiltration shaft for each block.

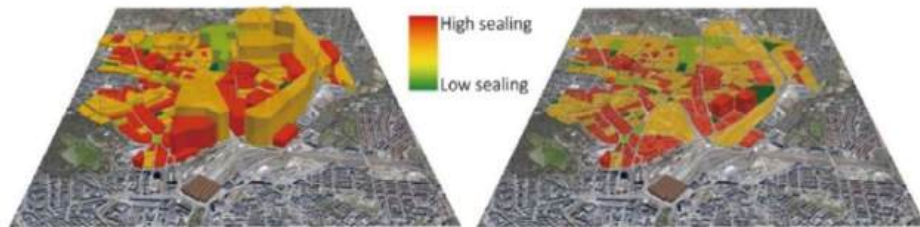


Figure 1.1 Simulation results depicting the current situation (left) and the potentially reduced runoff (right) through the implementation of bioretention cells for a 30-year rainfall event.

The results indicate the high potentials of the LIDs for management of stormwater urban areas. Simulation results for bio-retention cell were selected as an example LID (**Figure 1.1**). For a 30-year rainfall event, the blocks equipped with bio-retention cell show a total runoff of 1,226 m³ within 2 hours for a soil with high permeability ($k_f=10^{-4}$ m/s). Relative to the stormwater of 320,466 m³, the scenario shows nearly a complete retention/infiltration (99.6%) of stormwater with a land requirement of only 6% of the available pervious area. For a soil with low permeability, the total runoff is 3,439 m³ (retention/infiltration of 98.9%) with a land use of 15.5% of the available area. The retention and infiltration percent can be increased through a combination of LIDs within the blocks up to 100%, meaning that a complete avoidance of any type of runoff is achievable for the considered soils and storm events.

The results of the study show the high potentials of LIDs in existing urban areas. The MUST-B method allows a simple down- and up-scaling process for different urban settings and facilitates decision making for implementing LIDs that reduce the urban run-off through retention, storage, and infiltration of stormwater at block level.

REFERENCES

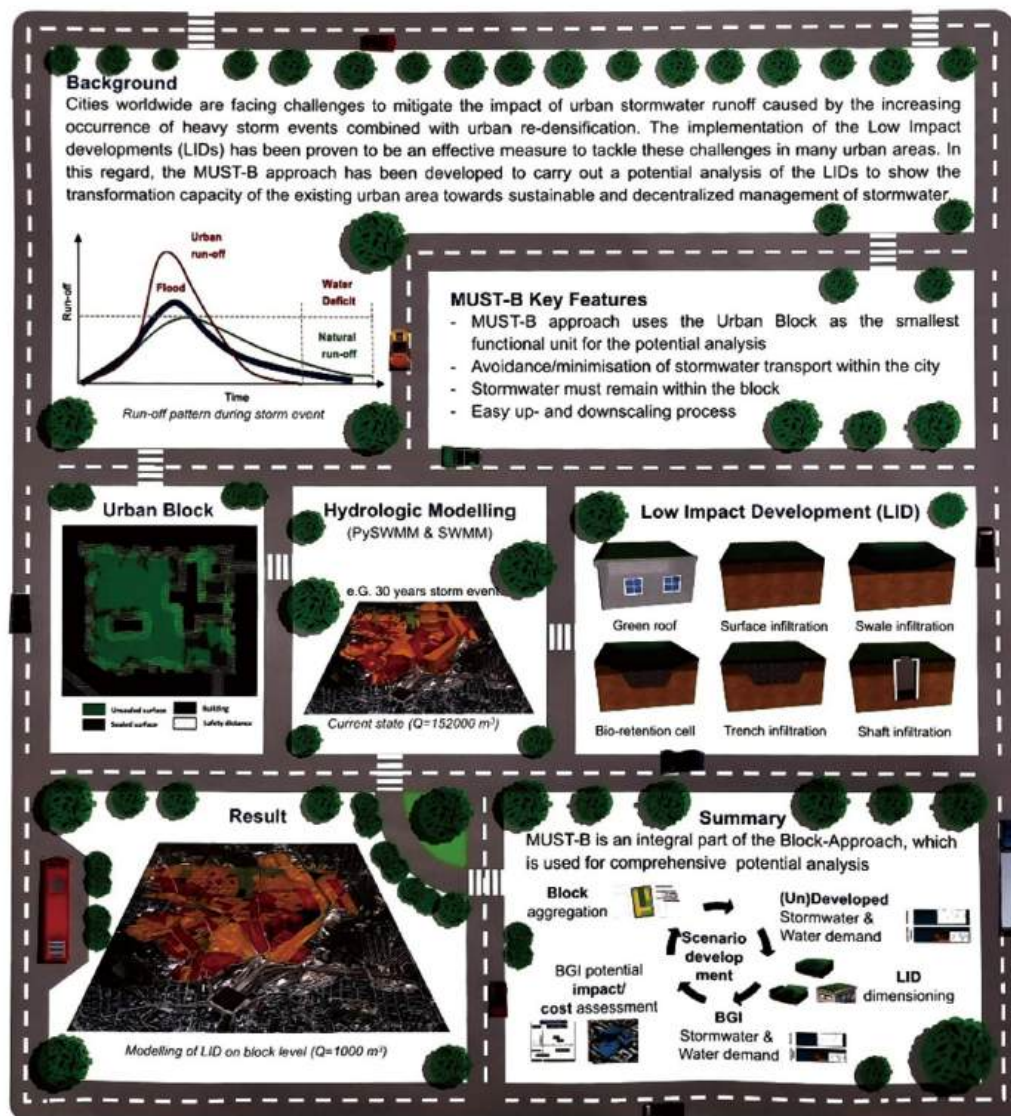
Khurelbaatar, G., van Afferden, M., Ueberham, M., Stefan, M., Geyler, S. and Müller, R.A. 2021 Management of urban stormwater at block-level (MUST-B): a new approach for potential analysis of decentralised stormwater management systems. *Water*, **13** (3), 378.

Wu, T., Song, H., Wang, J., Friedler, E. Framework, Procedure, and Tools for Comprehensive Evaluation of Sustainable Stormwater Management: A Review. *Water* **2020**, *12*, doi:10.3390/w12051231.

The Management of Urban Stormwater at Block-Level (MUST-B): A new approach for potential analysis of decentralized stormwater management systems

G. Khurelbaatar^{1*}, M. van Afferden¹, D. Despot¹, M. C. Lippera¹, R. A. Mueller¹, J. Friesen¹

¹Systemic Environmental Biotechnology (SUBT), Helmholtz Centre for Environmental Research GmbH – UFZ, Leipzig, Germany | *ganbaatar.khurelbaatar@ufz.de



Reference: Khurelbaatar G., van Afferden M., Ueberham M., Stefan M., Geyler S., Müller R.A. Management of Urban Stormwater at Block-Level (MUST-B): A New Approach for Potential Analysis of Decentralized Stormwater Management Systems. Water. 2021.

www.ufz.de

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreements 821410 & 101019007

TS 6.8 | 3조

TS 6.8 WATER RESOURCES MANAGEMENT TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDG): WATER SAVING, REUSE AND ALTERNATIVE SOURCES

Improving Sustainable And Resilient Coastal Cities By Integrating Seawater Into Urban Systems

Presenter : Zi Zhang, Hong Kong

6.8 WATER RESOURCES MANAGEMENT TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDG): WATER SAVING, REUSE AND ALTERNATIVE SOURCES

Room 701 A
Technical

Chair: [Jenny Åström, Sweden](#)

Improving Sustainable And Resilient Coastal Cities By Integrating Seawater Into Urban Systems, [Zi Zhang, Hong Kong](#)

Making Water Reuse A Reality: Strategies For Forging Utility Partnerships, San Francisco Bay Area (California) Utilities Collaborate To Reuse Water, [Eric Rosenblum, USA](#)

Sponge Cities; A New Strategy In Water Resources Management, [Hossein Radmand, Iran](#)

Spatial-temporal Analysis Of Human Access To Green And Blue Infrastructure In Two Metropolises South Of The Equator, [Deyvid Rosa, Brazil](#)

POSTERS

The Management Of Urban Storm Water At Block-level (MUST-B): A New Approach For Potential Analysis Of Decentralized Storm Water Management Systems, [Ganbaata Khurelbaatar, Germany](#)

Advanced Recovery And Reuse Of Beverage Facility Wastewater, [Craig Duvall, Canada](#)

IWA World Water Congress & Exhibition 2024

11-15 August 2024 | Toronto – Canada

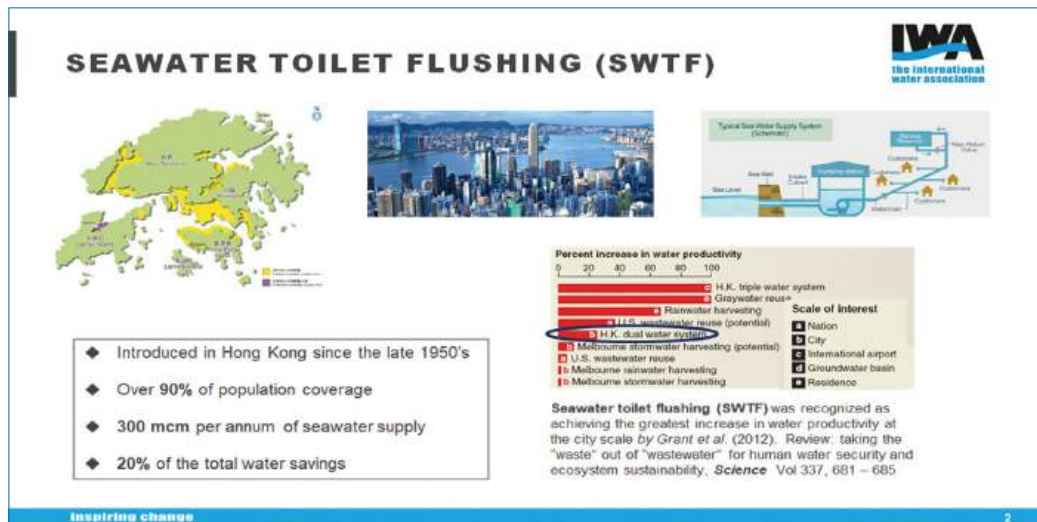


Improving sustainable and resilient coastal cities by integrating seawater into urban system

Dr. Zi Zhang
Hong Kong University of Science and Technology



inspiring change



SEAWATER TOILET FLUSHING (이하 SWTF) 기술은 1950년대에 홍콩에 처음 도입되었으며, 홍콩 인구의 90% 이상의 범위를 차지할 정도로 널리 보급되어 있다. 연간 300mcm의 해수가 홍콩에 공급되며, 총 20%의 물이 절감되고 있다. 실제로, 다양한 논문 분석 결과 해수를 담수화하여 보급하는 것은 물 생산성 측면에서 뛰어난 효율을 나타내고 있다.

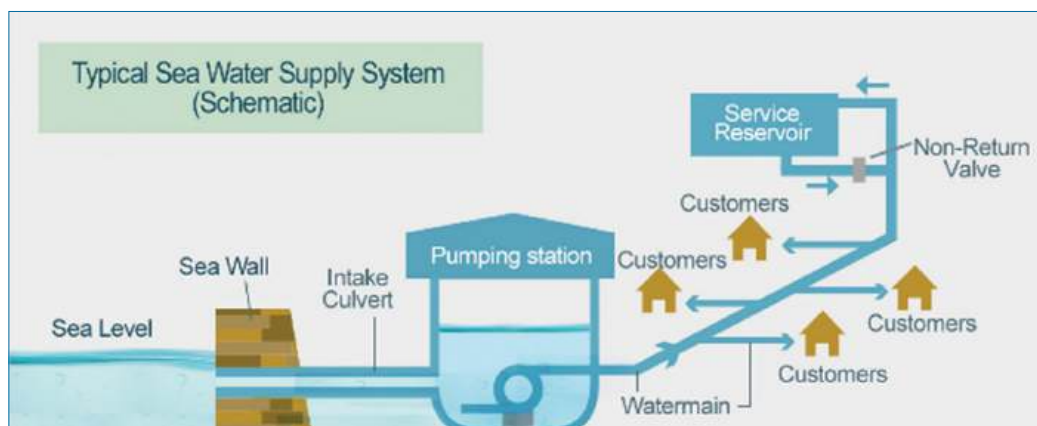


그림1. 해수 담수화의 일반적인 과정 모식도

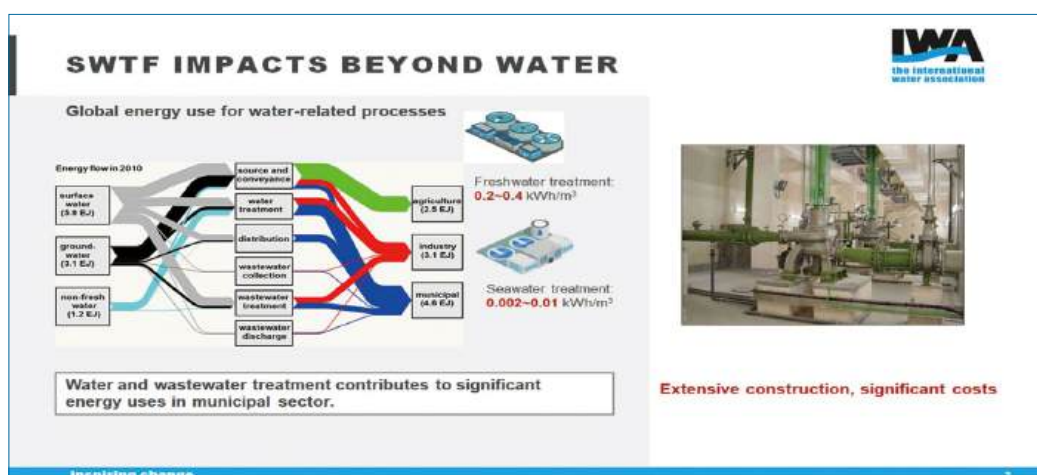


그림2. 물 생산성 비율 순위(1,5위가 홍콩을 나타내며, 해수 담수화 기술 포함)

지표수, 지하수, 폐수를 처리하여 활용하는 것은 다양한 측면에서 매우 많은 에너지와 비용을 요구하고, 산업, 농업, 기타 다양한 용도로 사용하는 것에도 비용이 큰 편이다. 하지만 해수를 처리하여 활용하는 기술은, 앞서 설명한 수처리의 에너지 요구량인(0.2~0.4 kWh/m³)에 비해 매우 낮은 편이기 때문에(0.002~0.01kWh/m³) 에너지 측면에서 절감이 가능하다.

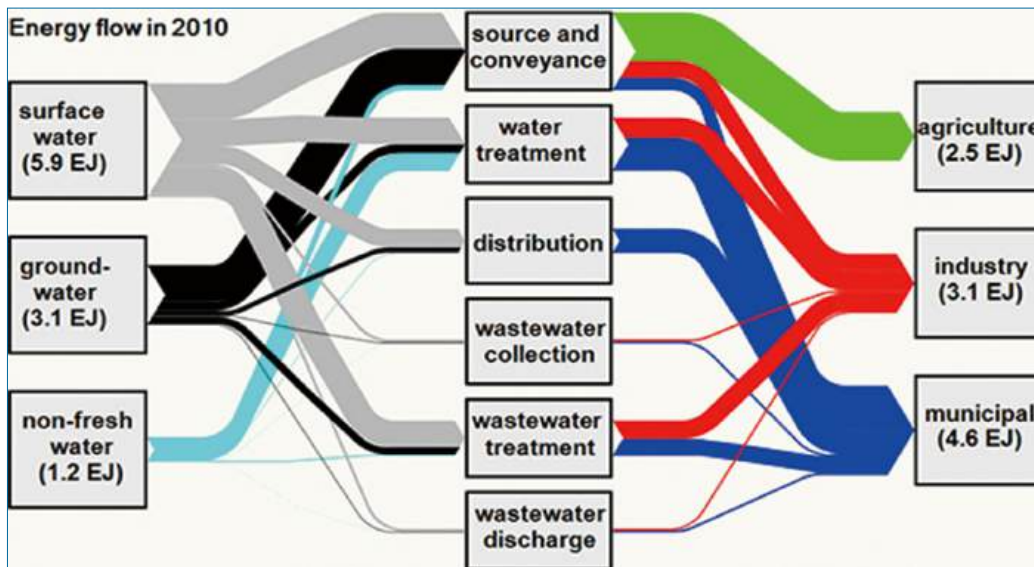
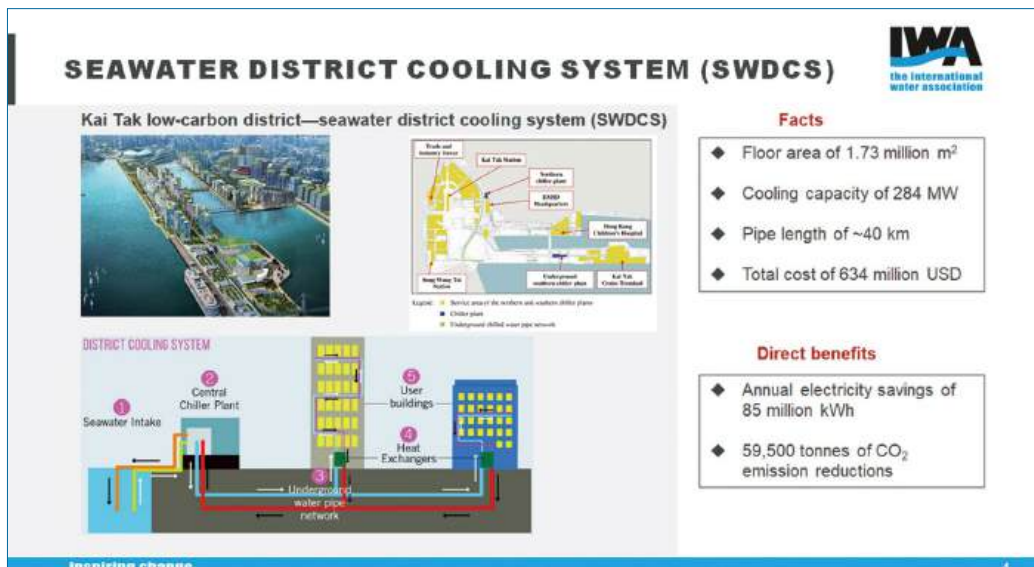


그림3. 다양한 수자원에서 취수 및 최종 용도까지 도달하는 데 사용되는 에너지량



S SEAWATER DISTRICT COOLING SYSTEM (SWDCS) 기술은 담수화된 해수를 가정이나 시설 등에 공급하기 위한 기술이다. 홍콩의 Kai Tak 지역의 해수 지역 냉각 시스템의 예를 살펴보면, 연간 8500만 kWh의 전력이 절감 가능하며, 59500톤의 이산화탄소 배출량이 저감되는 효과를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 취수 후 전처리 과정을 거친 해수는 지하의 관로를 통해 이동한 후 가정이나 시설 등의 건물에서 용도에 맞게 처리된 후 보급되는 과정을 거치게 된다.

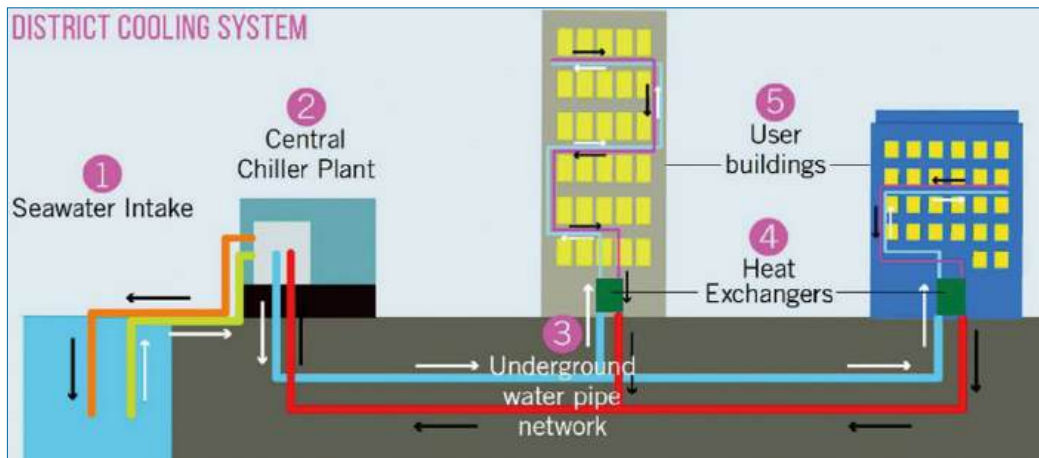
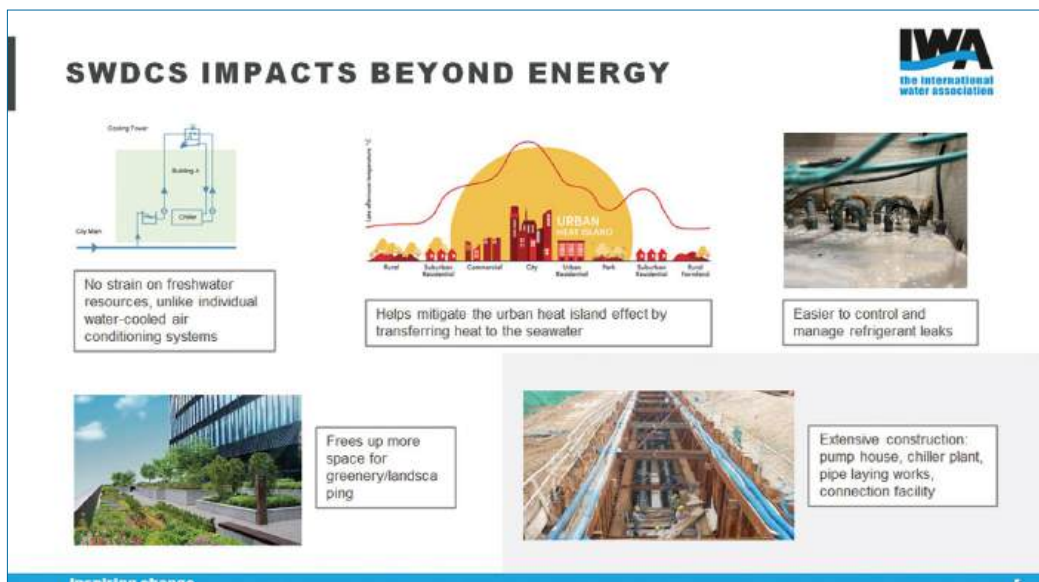


그림4. SEAWATER DISTRICT COOLING SYSTEM (SWDCS) 기술을 이용한 해수 보급 과정 모식도



SEAWATER DISTRICT COOLING SYSTEM (SWDCS) 기술은 에너지 절감 영향 외에도 다양한 측면에서 이점이 있는데, 기타 담수 자원의 수자원 부담을 경감시키며, 도시의 열섬 현상을 완화시키는 역할을 한다. 또한 관리가 간편하고, 녹지 조성 등을 위한 환경을 확보할 수 있지만, 대규모 공사가 필요하다는 단점이 있다.

용어 설명

열섬 현상(heat island)

인구의 증가 각종 인공 시설물의 증가 콘크리트 피복의 증가 자동차 통행의 증가 온실 효과 등의 영향으로 도시 중심부의 기온이 주변 지역보다 현저하게 높게 나타나는 현상을 말한다. (출처: 네이버 지식백과)

FROM ENGINEERING PRACTICES TO SUSTAINABLE SOLUTIONS

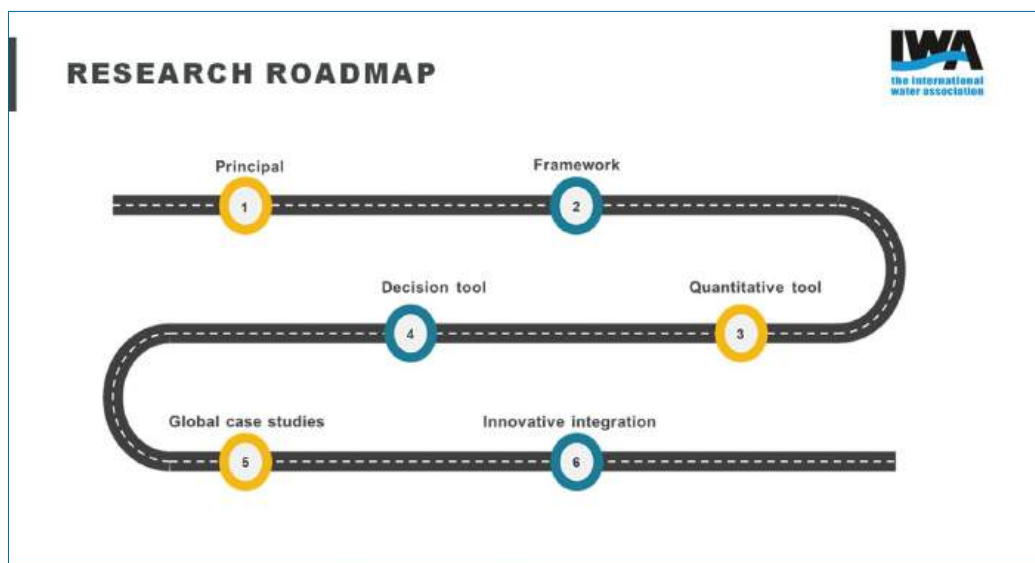
Existing engineering practices

Complex urban demand

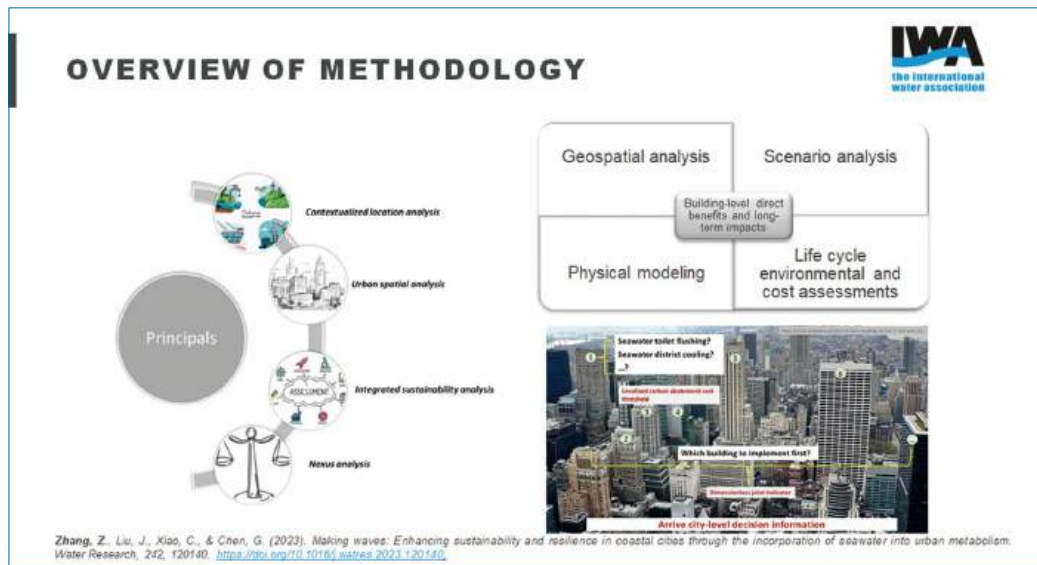
Decisions

How can we design and implement engineering practices that lead to sustainable solutions for a city?

하지만, 이와 같은 여러 장점 및 문제 해결 능력에도 불구하고 이 기술은 설계, 건설 측면에 있어 매우 복잡하기 때문에, 도시를 위한 지속 가능한 해결책을 제공하는 이 기술의 효과적인 적용을 위해 여러 가지 요인을 반영하여 의사 결정 과정을 거쳐 설계하는 것이 중요하다.



이에, 도시나 건축 측면 등 다양한 영향 등을 고려하기 위해 연구 수행 과정에서 순차적인 로드맵을 설정하여 연구를 진행하였다.



SEAWATER DISTRICT COOLING SYSTEM (SWDCS) 기술을 비롯한 장기적인 해수 담수화 기술의 적용을 위해 지형 및 공간 분석, 가능한 모든 시나리오 분석, 물리적인 모델링 과정, 자원 순환 및 경제성 평가를 통합한 새로운 방법론을 개발하였으며, 추가적으로 건물이나 시설의 구조적 차이를 반영한 시스템 설정 및 에너지 측면에서 담수화된 해수를 공급하는 건물이나 시설의 우선순위를 결정하는 연구 또한 진행 중이다.

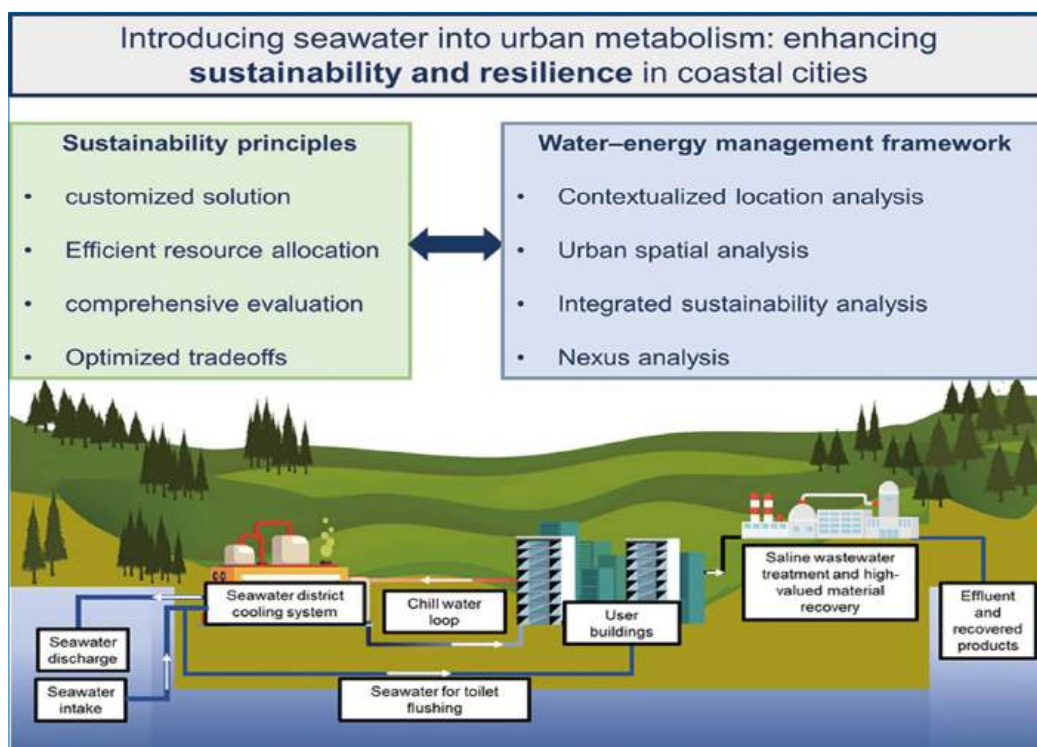
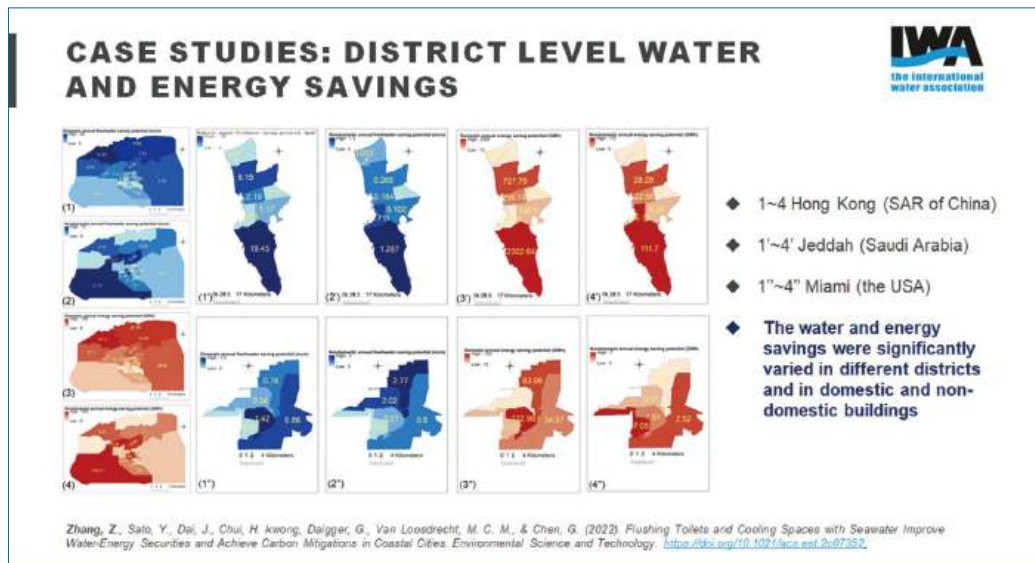


그림5. SEAWATER DISTRICT COOLING SYSTEM (SWDCS) 기술의 도심 적용 시 고려해야 할 요인들

(출처 : Zhang, Z., Liu, J., Xiao, C., & Chen, G. (2023). Making waves : Enhancing sustainability and resilience in coastal cities through the incorporation of seawater into urban metabolism. *Water Research*, 242, 120140).



다음 히트맵 그림은 홍콩(그림 1~4), 사우디아라비아의 Jeddah 지역(1'~4'), 미국의 마이애미(1''~4'') 등의 연안 도시에서 해수 담수화 기술을 적용하였을 때 지역별 에너지 절감 수치를 나타낸 것이다. 각국의 사례연구를 살펴보면, 수도 및 에너지 절감량은 지역별, 가정용 건물 및 다른 건물에서 큰 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

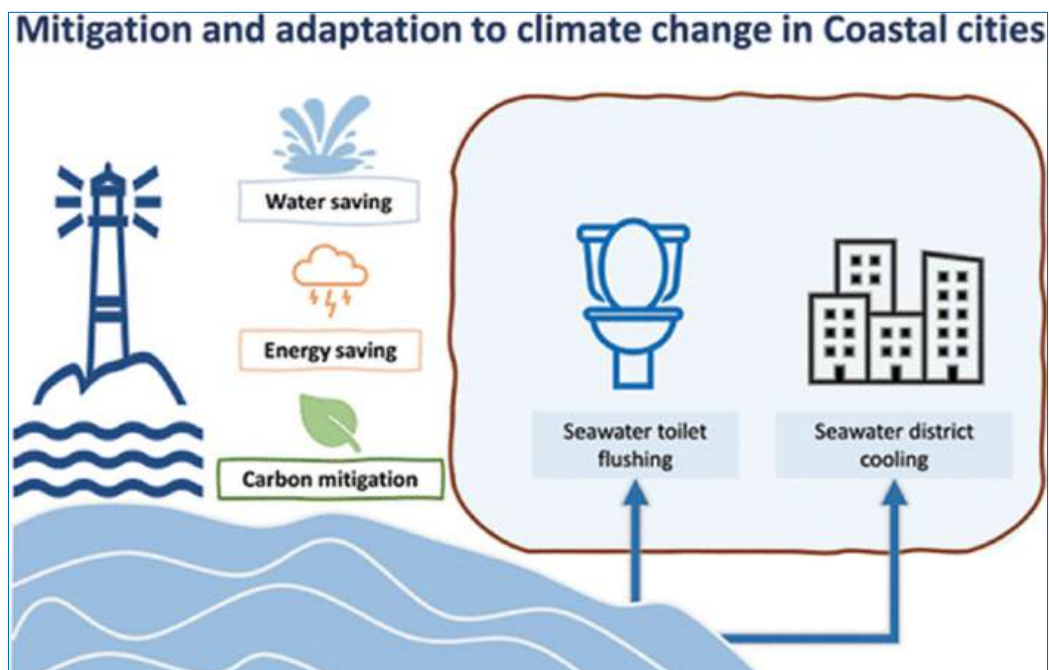


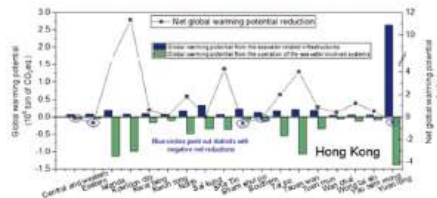
그림5. 해안도시의 SEAWATER DISTRICT COOLING SYSTEM (SWDCS) 기술 적용 시 장점

(출처 : Zhang, Z., Sato, Y., Dai, J., Chui, H. kwong, Daigger, G., Van Loosdrecht, M. C. M., & Chen, G. (2022). Flushing Toilets and Cooling Spaces with Seawater Improve Water-Energy Securities and Achieve Carbon Mitigations in Coastal Cities. *Environmental Science and Technology*)

CASE STUDIES: DISTRICT LEVEL GLOBAL WARMING POTENTIALS



IWA
the international
water association



Global warming potential (1000 t CO₂e)

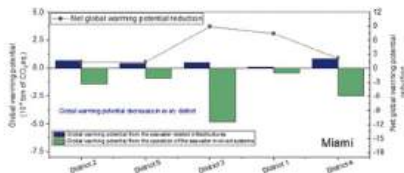
Net global warming potential reduction

Global warming potential from the wastewater treatment plant

Global warming potential from the operation of the wastewater network

Blue circle point not districts with negative net reductions

Hong Kong



Global warming potential (1000 t CO₂e)

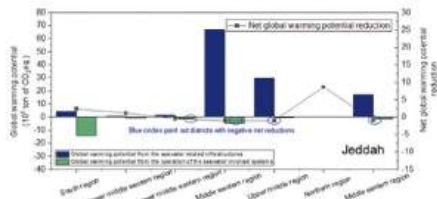
Net global warming potential reduction

Global warming potential from the wastewater treatment plant

Global warming potential from the operation of the wastewater network

Blue circle point not districts with negative net reductions

Miami



Global warming potential (1000 t CO₂e)

Net global warming potential reduction

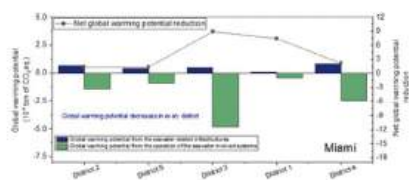
Global warming potential from the wastewater treatment plant

Global warming potential from the operation of the wastewater network

Blue circle point not districts with negative net reductions

Jeddah

- Increases global warming potential (GWP) were observed in the Central and Western, Eastern, Sham Shui Po, Southern, and Yuen Long districts in Hong Kong.
- The Lower Middle Eastern, Middle Western, Upper Middle, and Middle Eastern regions had increases in GWP in Jeddah.



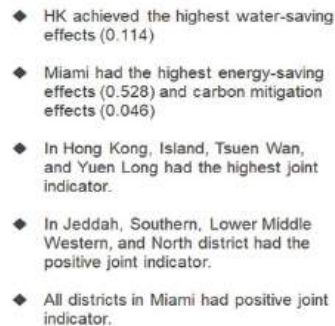
- 지구 온난화 측면에서, 지구 온난화 지수(Global warming potential, GWP)의 경우 홍콩의 남부 등 특정 지역에서는 증가하는 경향을 나타내었으며, 사우디아라비아의 Jeddah 지역 또한 중서부, 중동 등의 특정 지역에서 GWP의 증가 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 미국의 마이애미의 경우 특정 지역에서 소폭 증가하는 경향을 약간 나타내었다.

용어 설명

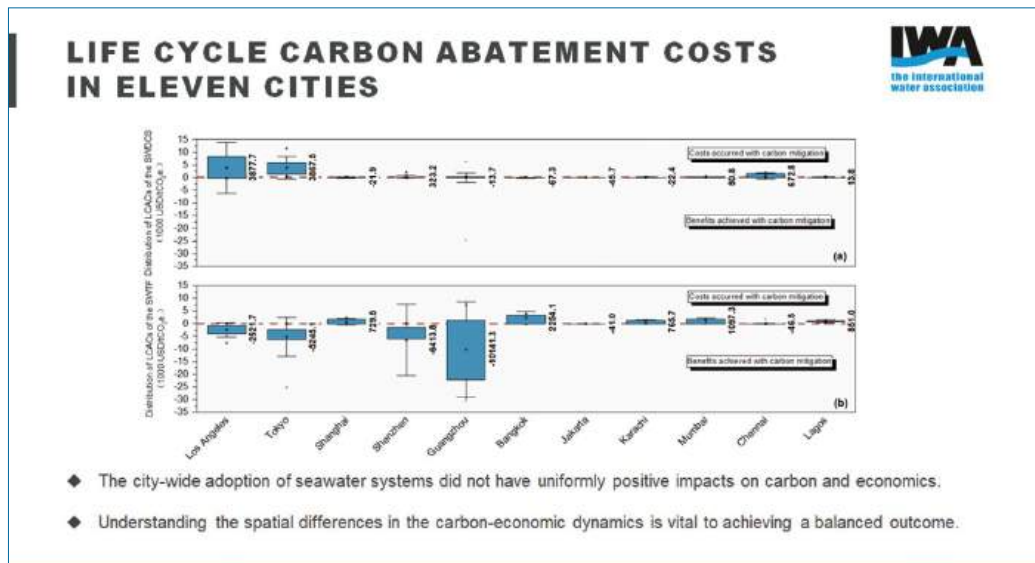
지구 온난화 지수(Global warming potential)

지구 온난화 지수(GWP)는 이산화탄소가 지구 온난화에 미치는 영향을 기준으로 다른 온실가스가 지구 온난화에 영향을 미치는 정도를 나타낸 것이다. 개별 온실가스 1kg의 태양에너지 흡수량을 이산화탄소 1kg이 가지는 태양에너지 흡수량으로 나눈 값을 말한다.

(출처: 네이버 지식백과)

[illegible]

- 171



반면, 도시 전체의 해수 담수화 기술의 적용이 일률적으로 긍정적인 영향을 미치는 것은 아니었으며, 특히 탄소 저감과 경제적 분야에서 확인할 수 있었다. 탄소 저감과 경제성 분야에서의 균형은 해수 담수화 기술의 발전 및 적용 측면에서 필수적이라고 할 수 있다.

CONCLUSIONS

- ◆ Seawater has potential to provide water for toilet flushing and district cooling
- ◆ This could yield benefits in terms of water, energy, carbon, and economics
- ◆ However, the consequences of seawater utilization vary across different urban contexts and outcomes can also differ within a single city
- ◆ Comprehensive interdisciplinary research is critical to successfully implement seawater-based solutions, and combining urban science studies and engineering expertise is key
- ◆ Seawater may represent a promising solution to enhance sanitation and space cooling, which could improve quality of life, especially in underserved or underdeveloped regions

결론적으로, 해수 담수화 기술은 다양한 장점이 있다. 물, 에너지, 탄소 및 경제 측면에서 다양한 이점을 얻을 수 있지만, 해수 이용의 결과는 도시 환경에 따라 다르며 결과는 단일 도시 내에서도 차이가 있을 수 있다. 해수 기반 솔루션을 성공적으로 구현하기 위해서는 종합적인 학문 간 연구가 필수적이며, 도시 과학 연구와 공학적인 전문 지식을 결합하는 것이 핵심적이다. 해수는 다양한 분야의 수준을 향상시키는 유망한 해결책이 될 수 있으며, 이는 특히 수도 서비스가 부족하거나 개발이 부족한 지역에서 삶의 질을 향상시킬 수 있다.

Experience of Pipeline Asset Management

The Multiple Benefits Of Asset Management For Pipelines – Global Case Studies And Review Of Best Practices

Presenter : Mike Wrigglesworth, Canada

자산 관리의 관점에서 지하 관로 인프라 관리의 중요성

발표 전체의 큰 틀

중요 인프라 중 하나인 '파이프라인 관리'에 대한 경험을 공유하는 발표임. 파이프라인은 지하에 매설되어 있어 눈에 보이지 않지만, 공공시설 자산 가치의 상당 부분을 차지하며 매우 중요한 역할을 함을 일깨워 줌

ASSET MANAGEMENT FOR PIPELINES

IWA
the international water association

- Buried infrastructure is critical to any utility
- Represent high percentage of asset value
- “Out of Sight, Out of Mind” until public is impacted

EXAMPO ESTREUTUAL
El Consorci d'Aigües de Tarragona revisará los 75 kilómetros de su tubería principal

• El Consorci d'Aigües de Tarragona revisará los 75 kilómetros de su tubería principal

DAÑOS

xylem

파이프라인 관리의 중요성

- 파이프라인은 눈에 보이지 않기 때문에 대중의 관심에서 벗어나 있다. 그러나 파이프라인이 파열될 경우 심각한 피해가 발생할 수 있다.
- 최근 서부 캐나다에서 발생한 큰 파이프라인 실패 사례를 언급하며, 이러한 실패가 도로 손상뿐만 아니라 지역 사회에 물 제한 등 큰 영향을 미친다고 설명하였다.
- 파이프라인 파열로 인해 발생하는 피해는 단순히 파이프라인 자체의 손상뿐만 아니라, 도로 손상, 물 공급 제한 등으로 인해 지역 사회에 큰 영향을 미친다는 것을 이야기하였다.

BENEFITS OF PIPELINE MANAGEMENT

1. Reduction in pipeline failures and failure risks
2. Optimization of spending
3. Overall reduction in carbon emissions






파이프라인 관리의 이점

- 파이프 라인 관리를 통해 얻을 수 있는 장점으로는 실패 및 위험이 감소하고, 지출의 최적화를 이룰 수 있으며 탄소 배출 역시 감소한다는 점이다.
- 몇몇 유틸리티 회사들은 파이프라인 관리의 중요성을 인식하고 있는데 결론적으로 파이프라인 관리의 주요 목표는 파이프라인 파열을 줄이고, 리스크를 최소화하며, 자금 지출을 최적화하는 것이다.

EVOLUTION OF PIPELINE MANAGEMENT

1. Reactive Management
- ↓
2. Proactive Management
- ↓
3. Asset Management




React to Failures
Emergency Repairs



Proactive Assessment
Prevent Failures



Look to Future
Optimize Spending



파이프 라인 관리의 진화

- 파이프라인 관리는 진화 과정으로 설명할 수 있다. 긴급 대응에 해당하는 대응적 관리에서 → 사전 예방으로 파이프를 관리하는 선제적 관리 → 미래를 위해 지출 최적화를 이룬 자산관리로 설명된다.
- 과거의 반응적인 접근에서 벗어나, 예방적이고 사전 대응적인 관리가 이루어지고 있다.

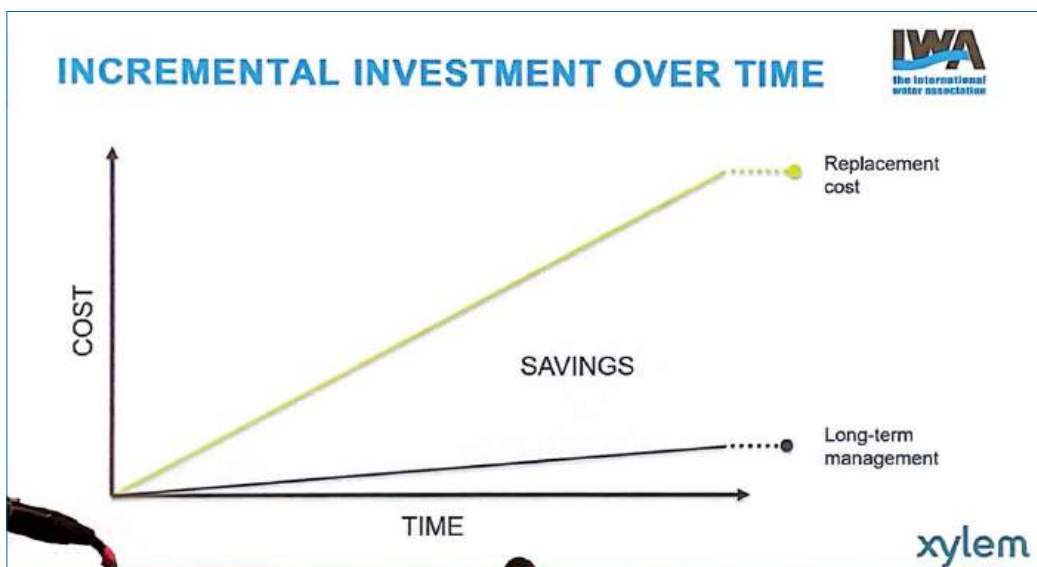
과거와 현재의 파이프라인 관리

- 20년 전에는 파이프라인 관리가 주로 파열이 발생한 후 긴급하게 대응하는 방식이었으나 → 비용이 많이 들고, 가동 중지 시간이 길어지는 등의 문제를 초래함을 인식하였다.
- 현재는 보다 사전 대응적으로 리스크를 예측하고 파열을 방지하기 위해 노력하고 있다.

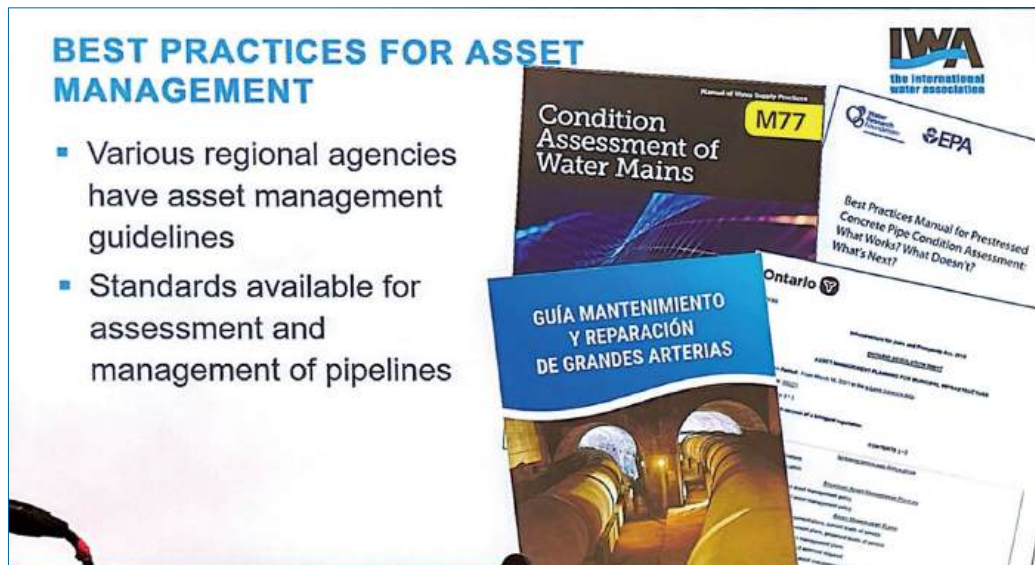


미래의 자산 관리 및 지출 최적화

- 자산 관리의 미래는 단순히 CAPEX(자본 지출)와 OPEX(운영 지출)만을 고려하는 것이 아니라, Totex(Total Expenditure, 총 지출)를 고려하는 방식으로 진화하고 있다.



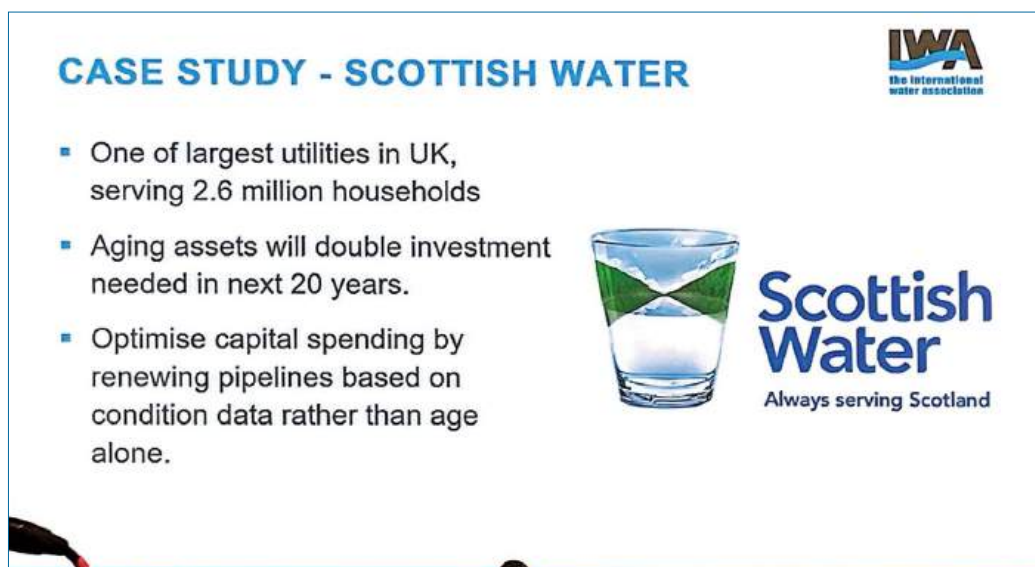
- Totex(Total Expenditure, 총 지출)를 고려하는 방식은 긴급 수리에만 의존하지 않고, 장기적인 자산 관리 계획을 수립하여 지출을 최적화 하는 방식이다.



국제 표준

- 파이프라인 관리에 대한 국제 표준이 존재하며, 기술 혁신에 맞춰 이러한 표준들이 발전해야 함을 강조하였다.

* 파이프 라인 관리에서 지출의 최적화 & 자산 수명연장 방법 설명 *



사례 연구1. 스코틀랜드 워터

스코틀랜드 워터는 영국에서 가장 큰 유틸리티 중 하나로, 파이프라인 관리에 있어 지출을 최적화하고 자산의 수명을 연장하기 위해 매우 전략적인 자산 관리 계획을 수립하였다. 단순히 연령이 아닌 파이프라인의 실제 상태에 따라 갱신 작업을 진행하였다.

CASE STUDY - SCOTTISH WATER



- High risk, 15km, DN760 transmission main from 1979
- High risk asset; considered for replacement at \$22M USD
- Assessed with inline tools while pipe in operation to understand condition



xylem

CASE STUDY - SCOTTISH WATER



- Identified five leaks at pipe fittings
- Established that the pipeline is in serviceable condition
 - Less than one percent of pipes showed signs of structural deterioration
- Reduce the risk of failure
- Extend life of asset
- Major carbon and financial savings vs. replacement



xylem

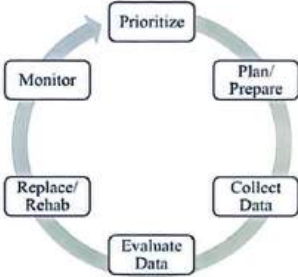
사례 설명

- 1970년대에 설치된 15km 길이의 760mm 파이프라인을 대상으로 하였으며, 위치와 중복성 등의 이유로 이 파이프라인은 높은 위험을 가진 것으로 평가되었다.
- 초기 계획에서는 이 파이프라인을 교체하는 데 2200만 달러의 비용이 들 것으로 예상되었으나, 스코틀랜드 워터는 먼저 파이프라인의 상태를 평가하기로 결정하였다.
- 인라인(in-line) 도구를 사용한 상태 평가 결과, 몇몇 연결부에서 약간의 누출이 발견되었지만, 전체적으로 파이프라인은 양호한 상태였다.
- 파이프라인의 수명을 연장하고, 교체를 연기하여 대규모 비용 절감과 더불어, 새로운 파이프라인 건설에 필요한 탄소 배출을 줄이는 효과를 얻었다.

CASE STUDY - WSSC



- Washington Suburban Sanitary Commission (WSSC) developed pipeline management program
- Maximizes the value of buried assets
- Major savings when compared to capital replacement
- Many failures have been averted





사례 연구2. WSSC

WSSC는 파이프라인 관리 계획을 통해 파열 위험을 줄이고, 예산을 최적화한 방법을 소개하였다. WSSC는 큰 지름의 파이프라인을 대상으로 하는 파이프라인 관리 프로그램을 도입했으며, 자산의 가치를 극대화하고 파열을 방지하기 위해 체계적인 관리 방식을 채택하였다.

사례 설명

- WSSC는 과거에 River Road에서 파이프라인이 파열되어 물이 넘치는 사건을 겪었고, 이후 이를 계기로 매우 선진적인 파이프라인 관리 프로그램을 개발하였다.
- 이 프로그램은 자산을 우선순위에 따라 분류하고, 데이터를 수집하여 이를 평가한 후, 필요에 따라 교체 또는 보수 작업을 진행하고 다시 모니터링하는 과정을 가지고 있는데, 이 과정이 반복적이기도 하고, 시스템 수준에서 네트워크 전체를 고려하기 때문에 예산을 최적화하고 파열을 미리 방지할 수 있게 했다.
- 대규모 자본 투자가 필요했던 경우와 비교할 때, 이러한 관리 방식은 큰 비용 절감을 이루었다고 할 수 있다.

CASE STUDY – COLOMBO, SRI LANKA



- Pipelines critical to wastewater improvement program
- Regular rising main failures
- Inspections enabled focused rehabilitation and management strategies



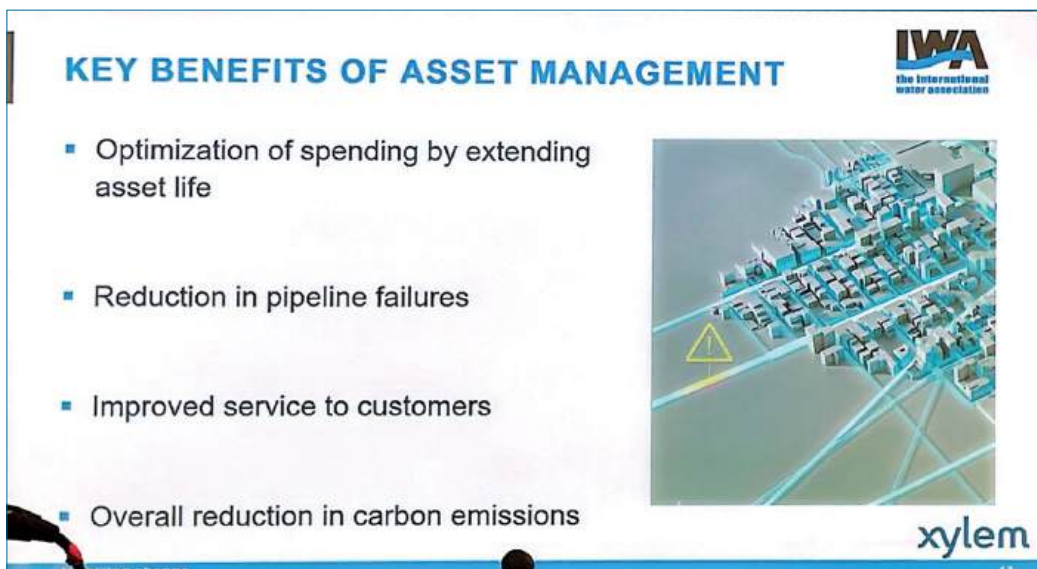


사례 연구3. Colombo, Sri Lanka

스리랑카의 콜롬보에서는 월드 뱅크 자금 지원으로 대규모 폐수 개선 프로그램이 진행되었다.

사례 연구

- 대규모 폐수 개선 프로그램의 일환으로 펌프장과 새로운 수처리 공장이 건설되었으며, 기존 파이프라인의 상태도 중요하게 다루어지기 시작했다.
- 새로운 펌프장이 아무리 잘 설계되었더라도, 연결된 파이프라인이 제대로 작동하지 않으면 전체 시스템이 문제가 될 수 있음을 인식하였고, 이에 따라, 기존 9km 길이의 상승 주관(rising main)에 대한 상태 평가를 실시하였다.
- 이 과정에서 파이프 라인의 약점을 식별하고, 이를 재배치하거나 수정하여 문제를 해결하였다.



결론 및 최종 생각

- 파이프라인 관리가 아주 중요하기 때문에 장기적이고 지속적인 관리의 필요성이 함께 강조되고 있다.
- 파이프라인 관리가 비용 절감뿐만 아니라 탄소 배출 저감에도 기여할 수 있다는 것을 기억해야한다.

세션 발표 이후 궁금증 및 추가로 알면 좋을 사항들

1. 방법론 관련

파이프라인 상태 평가를 위한 구체적인 기술 도구와 분석 방법이 무엇인지, 그리고 각각의 도구가 어떤 상황에서 가장 적합한지에 대해 구체적으로 알고 싶음.

2. Totex의 구체적 사례

- Totex 접근법이 실제로 어떻게 적용되고 있는지, 구체적인 사례를 통해 그 효과를 설명할 수 있는지에 대해 추가적인 정보를 얻고 싶음.
- 긴급 수리와 장기적 자산 관리 사이의 비용 절감 효과를 구체적인 데이터로는 설명하지 않았는데, 이를 설명할 수 있는지?

3. 국제 표준의 최신 동향

파이프라인 관리와 관련된 국제 표준이 어떻게 진화하고 있는지, 그리고 기술 혁신에 맞춰 표준이 어떻게 업데이트되고 있는지에 대해 더 자세히 알아봐도 좋을 것 같음

발표 느낀 점 간단 메모

이번 발표는 파이프라인 관리의 중요성을 잘 설명하고 있지만, 구체적인 기술적 세부 사항이나 관리 방법이 부족했음. 발표를 들은 이후 많은 질문이 생겼으나, AI나 머신러닝이 파이프라인 관리에 어떻게 적용될 수 있는지에 대한 궁금증이 가장 컸음.

TS 3.13 | 2조

Alternative Water Sources : How To Deal With The Organics?

Presenter : Marjolein Vanoppen, Belgium

소속

- 벨기에 겐트 대학에서 물리화학 수처리 조교수로 재직

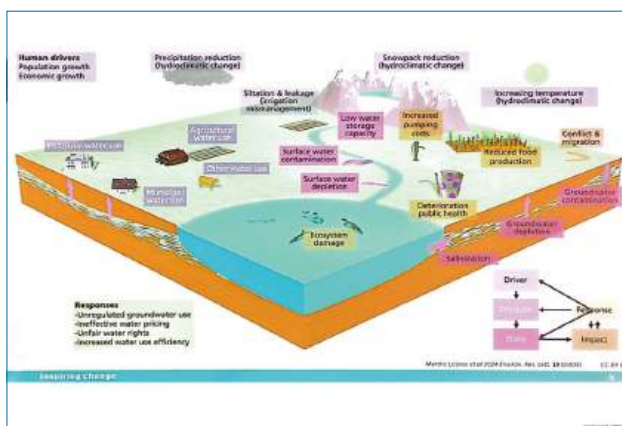
세부 전공

- 지속 가능한 물 사용
- 공업용수 처리
- 식수 기술
- 환경 통합 연구
- 엔지니어링 및 지속 가능한 수처리 솔루션
- 교육 및 과학 커뮤니케이션

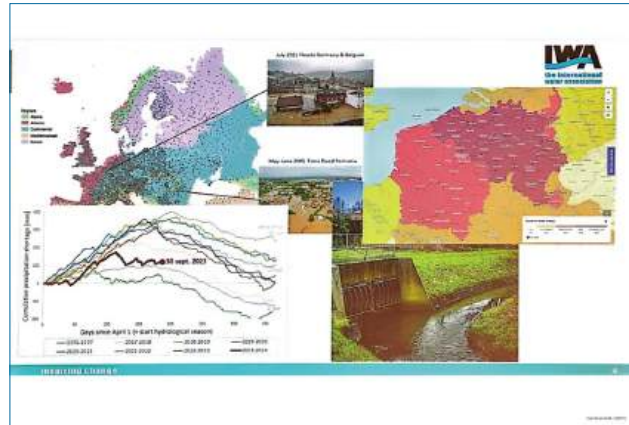
경력

- 겐트 대학에서 물리화학 수처리 분야 연구 및 교육을 담당하며, 지속 가능한 수처리 기술 개발과 환경 보호에 기여하고 있습니다.

프레젠테이션 PPT



기후 변화가 물 문제를 야기한다는 것은 모두가 알고 있는 사실입니다. 이는 단지 물의 양뿐만 아니라 질에도 영향을 미치며, 우리가 사용하는 물의 구성에 변화를 일으킵니다. 이로 인해 물 처리 과정에서 많은 도전 과제가 발생하게 됩니다.

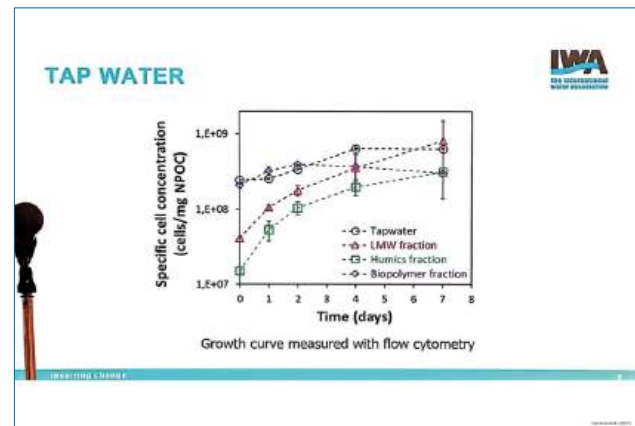
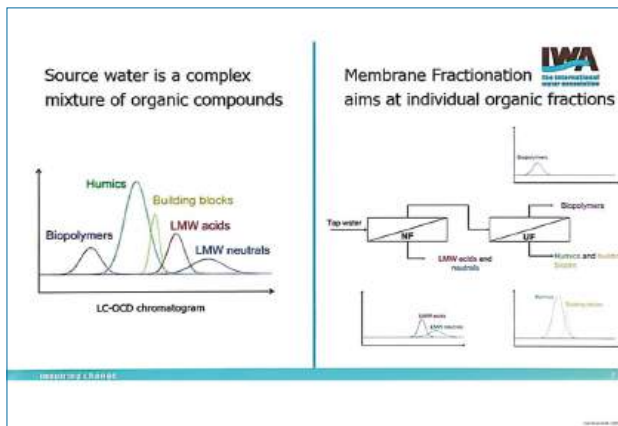


벨기에는 비가 많이 오는 국가로 알려져 있지만, 인구 밀도가 높아 물 스트레스가 심각한 지역으로 분류됩니다. 최근 몇 년간 기후 변화로 인해 가뭄과 홍수가 빈번하게 발생하고 있으며, 이로 인해 물 시스템 관리가 매우 어려워졌습니다.

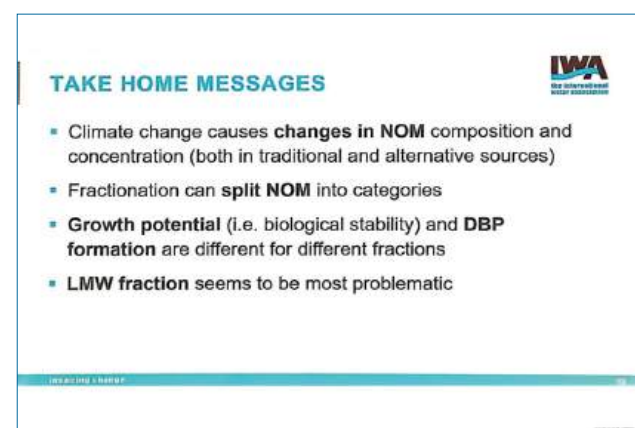
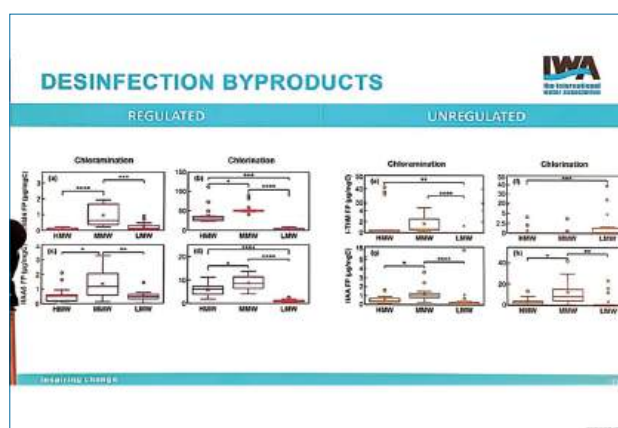
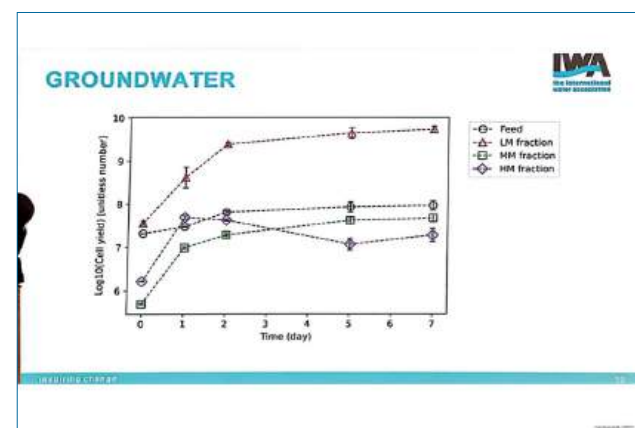
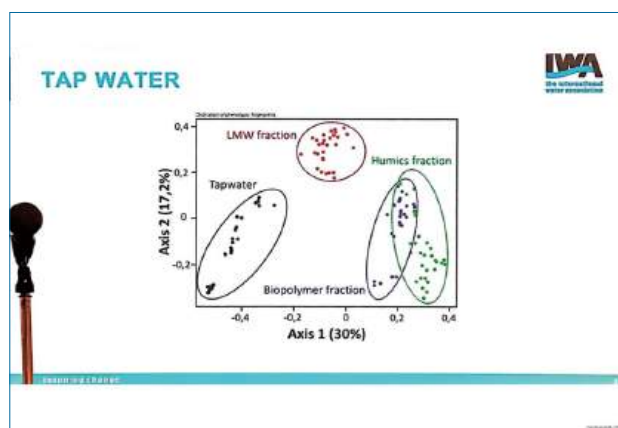


벨기에는 오랜 기간 동안 대체 수원을 탐색해왔으며, 특히 한 음용수 회사는 20년 넘게 폐수를 추가 처리하여 음용수로 재사용하고 있습니다. 이제는 다양한 수원을 사용할 수 있는 음용수 처리 시설을 구축하려고 하며, 이는 유기물의 구성과 농도에 변화를 가져와 소독 부산물 형성에 영향을 미칩니다.

소독 부산물의 형성은 유기물과 염소의 반응으로 발생합니다. 기후 변화와 대체 수원 사용으로 인해 유기물의 구성과 농도가 변하며, 이는 소독 부산물 형성뿐만 아니라 물의 생물학적 안정성에도 영향을 미칩니다. 생물학적 안정성은 소독 후 배수 네트워크에서 미생물 재성장이 발생하지 않도록 하는 중요한 요소입니다.



우리는 막 분획 기술을 사용하여 자연 유기물을 다양한 분획으로 나누어 각각의 분획이 소독 부산물 형성에 미치는 영향을 평가하고 있습니다. 특히, 저분자 유기물은 처리 시스템을 쉽게 통과하지만 생물학적 안정성과 부산물 형성에 문제를 일으킬 수 있습니다.



기후 변화는 전통적인 수원과 대체 수원 모두에서 자연 유기물의 구성과 농도에 상당한 영향을 미칩니다. 우리는 이러한 유기물을 다양한 분획으로 나누어 각각의 분획이 생물학적 성장과 소독 부산물 형성에 미치는 영향을 연구하고 있습니다. 특히, 저분자 유기물은 처리 과정에서 제거하기 어려워 주의 깊게 살펴봐야 합니다.



1. 발표자 소개 및 연구 배경

발표자는 벨기에의 K 대학에서 박사 보조로 일하다가 6개월 전부터 조교수로 임명되어 새로운 역할에 적응 중이라고 소개하였다. 이번 발표에서는 기후 변화와 대체 수원 탐색이 소독 부산물의 형성에 미치는 영향에 대해 간략하게 설명하고자 한다고 밝혔다.

2. 소속 기관 및 연구 그룹 소개

발표자는 자신이 소속된 K 대학의 생명과학 공학부를 소개하며, 동시에 벨기에의 여러 대학과 지식 기관들이 힘을 모아 설립한 "캡처 (Capture)"라는 협력체에 대해서도 간략하게 설명하였다. 캡처는 연구 성과를 실제 산업 현장에 빠르게 적용할 수 있도록 지원하는 플랫폼으로, 그 첫 번째 물리적 건물과 실험실이 설립되었다고 설명하였다. 또한, 발표자는 소속된 연구 그룹인 '입자 및 계면 기술 그룹(Particle and Interfacial Technology Group)'도 소개하면서, 주로 물리화학적 수처리 기술, 특히 막 기술, 이온 교환, 활성탄 등을 연구하고 있다고 설명하였다.

3. 기후 변화와 물 관리 문제

발표 내용에 들어가며, 발표자는 기후 변화가 물 문제를 일으킨다는 것은 모두가 알고 있는 사실이며, 이는 단지 물의 양뿐만 아니라 질에도 영향을 미친다고 강조하였다. 벨기에에는 비가 많이 오는 국가로 알려져 있지만, 인구 밀집으로 인해 물 스트레스가 심각한 지역으로 분류되고 있다고 설명하였다. 최근 몇 년간 기후 변화로 인해 가뭄과 홍수가 빈번하게 발생하고 있어 물 시스템 관리가 매우 어려워졌다고 언급하였다.

4. 대체 수원 탐색과 소독 부산물

벨기에에는 대체 수원을 탐색해온 역사가 길다고 하며, 벨기에의 한 음용수 회사인 Aquadan은 20년 넘게 폐수를 추가 처리하여 음용수로 재 사용하고 있다고 설명하였다. 그러나 이제는 더 나아가 다양한 수원을 사용할 수 있는 음용수 처리 시설을 구축하려고 한다고 밝혔다. 기후 변화와 다양한 수원의 사용은 유기물의 구성과 농도에 변화를 가져오며, 이는 소독 부산물의 형성에 영향을 미친다고 설명하였다. 또한, 유기물의 변화는 미생물의 성장과 물의 생물학적 안정성에도 영향을 미친다고 언급하며, 생물학적 안정성은 소독 후 배수 네트워크에서 재성장 발생하지 않도록 하는 중요한 요소라고 설명하였다.

5. 연구 결과 요약

기후 변화는 전통적인 수원과 대체 수원 모두에서 자연 유기물의 구성과 농도에 상당한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 우리는 이러한 유기물을 다양한 분획으로 나누는 막 분획 기술을 개발했지만, 각 분획에서의 성장 가능성과 부산물 형성이 매우 다르다는 것을 확인하였다. 특히, 저분자 유기물은 처리 시스템을 쉽게 통과하지만 생물학적 안정성과 부산물 형성에 문제를 일으킬 수 있으므로 주의 깊게 살펴봐야 한다고 강조하였다.



IWA World Water Congress & Exhibition

11-15 AUGUST 2024 | TORONTO, CANADA | www.worldwatercongress.org

Alternative water sources: how to deal with the organics?

M. Vanoppen^{1,2*}, K. Dejaeger^{1,2,3}, C. Dierendonck^{1,2}, J. Criquet³, G. Billon³, N. Boon^{2,4}, E. Cornelissen^{1,2,5}

¹ PaInT, Ghent University, Frieda Saeyssstraat 1, Zwijnaarde, BE-9052 ² CAPTURE, Frieda Saeyssstraat 1, Zwijnaarde, BE-9052, Belgium ³ Univ. Lille, CNRS, UMR 8516 - LASIRE, Laboratoire Avancé de Spectroscopie pour les Interactions, la Réactivité et l'Environnement F-59000 Lille, France ⁴ CMET, Ghent University, Coupure Links 653, Gent, BE-9000 ⁵ KWR, Water Research Institute, Groningenhaven 7, Nieuwegein, 3433 PE, The Netherlands

* marjolein.vanoppen@ugent.be

Abstract: As water utilities increasingly turn towards alternative water sources, they are faced with a wide variety of organics in different concentrations and compositions. These organic compounds have a significant impact on (amongst others) biological stability and disinfection by-product formation of the resulting drinking water. Membrane fractionation allows for the identification of different fractions of natural organic material present in these alternative water sources. By physically separating these different fractions, their influence on biological stability and formation of disinfection by-products can be estimated, allowing for a more targeted and efficient treatment of the drinking water.

Keywords: Drinking water, biological stability, DBP formation

Water utilities worldwide are increasingly tapping into alternative water sources to ensure security of supply; more heavily contaminated sources, treated domestic wastewater, seawater, ... Meanwhile, the composition of natural organic matter (NOM) in traditional water sources (i.e. groundwater and surface water) is changing because of more extreme weather conditions such as long periods of drought and heavier rainfall. This NOM has a significant impact on crucial drinking water characteristics, such as biological stability and potential for disinfection by-product (DBP) formation. However, it is still largely unknown what the relation is between different NOM fractions and these parameters.

Membrane fractionation

Membranes were used to separate several of the organic fractions, with typical fractions being low-, medium- and high- molecular weights, neutrals, humics, etc (Figure 1, left). Depending on the water matrix and NOM present, different membrane configurations and combinations are necessary to obtain the optimal separation between the fractions (Figure 1, right).

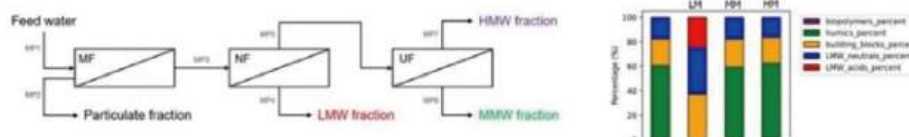


Figure 1 Example of the combination of membranes that can be used to fractionate organic compounds (left) and isolated fractions as characterized by LCOCD in relative composition (right) (LM(W) = Low Molecular (Weights), MM(W) = Medium Molecular (Weights), HM(W) = High Molecular (Weights), LCOCD = liquid chromatography organic carbon detection)

질문 및 답변 내용 요약

- Q1.** 분획 과정을 통해 박테리아도 일부 제거되는데, 이는 초기 세포 농도에 영향을 미치고 따라서 박테리아의 유형도 달라질 수 있다. 이를 어떻게 처리하고 있나?
- A1.** 좋은 질문이다. 우리는 다른 테스트에서 다양한 분획을 첨가하여 초기 미생물 군집을 더 잘 파악하려 했고, 그 결과 유사한 결과를 얻었다.
- Q2.** 각 분획에서 성장 가능성을 관찰하기 위해 어떤 접종제를 사용했나?
- A2.** 나는 막 전문가로서 성장 가능성에 대해 다른 그룹과 협력하고 있으므로, 이 질문에 대한 답을 찾으려면 자료를 확인해야 한다. 이후에 답변을 드릴 수 있다.
- Q3.** 벨기에의 수온이 기후 변화로 인해 증가하면서 생물학적 안정성에도 영향을 미칠 수 있다. 이에 대한 고려가 있었는가?
- A3.** 벨기에는 절반은 지하수, 절반은 표면수에서 음용수를 얻는다. 특히 표면수의 경우, 온도 변화가 크며 높은 온도가 관찰된다. 우리는 분배 네트워크를 시뮬레이션하는 파일럿 프로젝트에서 온도와 바이오필름의 영향을 테스트했으며, 기후 변화가 물의 품질에 미치는 영향을 고려하고 있다.
- Q4.** 염소 소독과 클로라민 소독 간에 재성장에 차이가 있는가? 선호하는 소독 방법은 무엇인가?
- A4.** 차이가 있는 것으로 알고 있지만, 그 차이점에 대해서는 지금 바로 정확하게 기억나지 않는다. 이후에 자세히 설명할 수 있으니, 발표 후에 찾아오면 좋겠다.

Biological stability

Water utilities focus on limiting nutrients by removing dissolved organic carbon (DOC) to ensure biological stability [1]. However, there is little insight into how the DOC composition influences the microbial growth potential [2,3]. Tests were conducted on fractionated groundwater and surface water samples and biological stability and microbial growth potential were determined. While for surface water, the HMW seemed to be the fraction most influential in biological stability and microbial growth, for groundwater the same could be said for the LMW fraction (Figure 2).

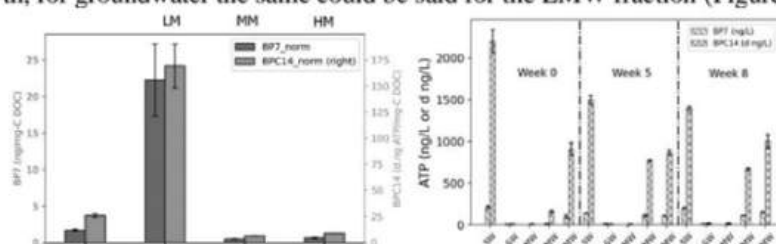


Figure 2 BP7 and BPC14 profiles for different organic fractions of groundwater (left) and surface water (SW, right).

Desinfection by-products

Many water utilities still disinfect drinking water before distribution, resulting in the potential formation of harmful disinfection by-products (DBPs) when the disinfectant reacts with NOM. In this research, the DBP formation potential of different organic fractions was investigated for both regulated and (currently) unregulated DBPs during 2 sampling rounds at a water utility in Belgium, knowledge that is currently still lacking [4]. This research shows (with one example in Figure 3) that other molecular characteristics, besides size and hydrophobicity, influence DBP formation, since the reactivity potentials for biopolymers and humic substances are similar.

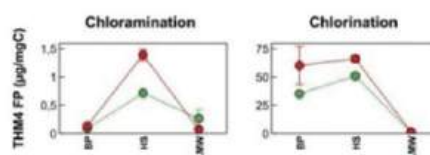


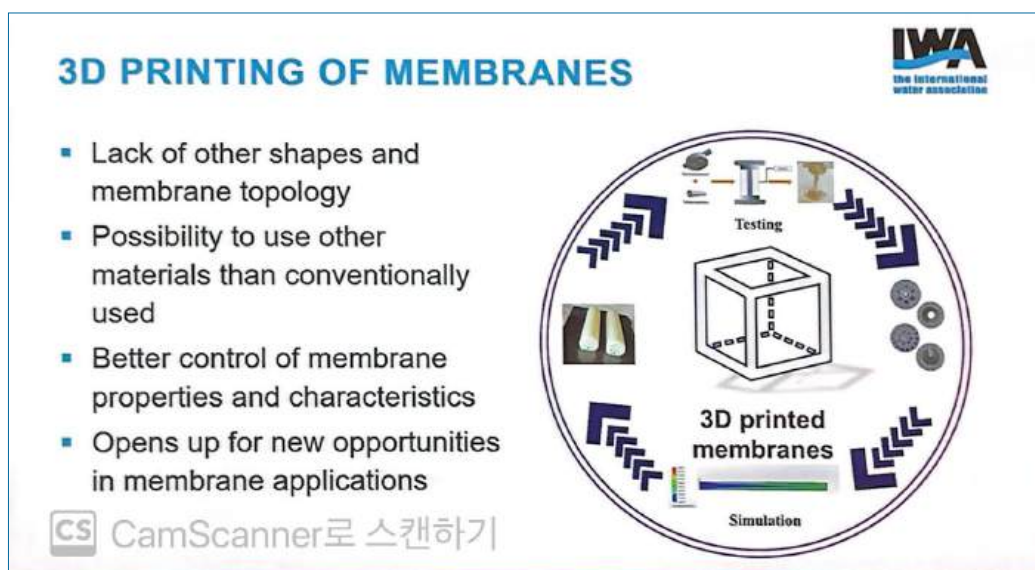
Figure 3 Example of specific DBP formation potential ($\mu\text{g}/\text{mgC}$) after chloramination and chlorination for different organic fractions for trihalomethanes (THM4).

REFERENCES

- [1] LeChevallier, M.W., Schulz, W., Lee, R.G. 1991 Bacterial nutrients in drinking water. *Appl. Environ. Microbiol.* **57**, 857-862.
- [2] Schurer, R., Schippers, J., Kennedy, M., Cornelissen, E.R., Salinas-Rodriguez, S., Hijnen, W., Van der Wal, A. 2019 Enhancing biological stability of disinfectant-free drinking water by reducing high molecular weight organic compounds with ultrafiltration posttreatment. *Water Res.* **164**, 114927.
- [3] Yin, W., Cornelissen, E.R., Chong, T.H. 2020 Impact of isolated dissolved organic fractions from seawater biofouling in reverse osmosis (RO) desalination process. *Water Res.* **168**, 115198.
- [4] Dejaeger, K., Criquet, J., Vanoppen, M. et al. 2022 Identification of disinfection by-product precursors by natural organic matter fractionation: a review. *Environ Chem Lett* **20**, 3861-3882

3D Printed Membranes For Water And Wastewater Treatment, Cejna Anna Quist-Jensen, Denmark

1. 연구 배경 및 목적

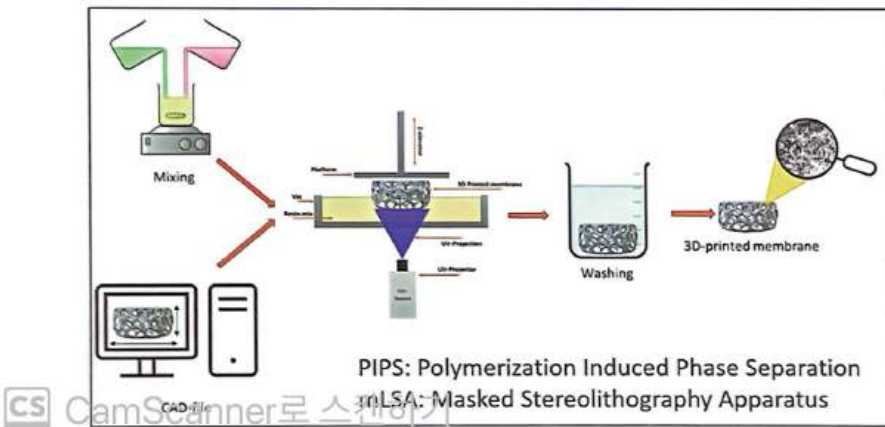


1. 형태와 위상의 다양성 부족 : 기존의 방식에서는 특정 형태와 위상으로만 제작할 수 있는 한계가 있었지만, 3D 프린팅 기술을 통해 이러한 제한을 극복할 수 있다.
2. 다양한 재료 사용 가능성 : 전통적인 멤브레인 제작 방식에서 사용되던 재료 이외에도 새로운 재료를 사용할 수 있는 가능성이 열린다.
3. 멤브레인 특성의 제어 향상 : 3D 프린팅을 통해 멤브레인의 물리적, 화학적 특성을 더 잘 제어할 수 있어, 보다 정확한 특성을 가진 멤브레인을 제작할 수 있다.
4. 새로운 응용 기회 : 이 기술을 통해 멤브레인의 새로운 응용 분야를 개척할 수 있다.

2. 연구 방법

1. PIPS 및 mLSA 기술 사용 : 연구에서는 Polymerization Induced Phase Separation (PIPS)과 Masked Stereolithography Apparatus (mLSA) 기술을 사용하여 막을 3D 프린팅한다. 이 기술들은 혼합, 3D 프린팅, 세척 과정을 통해 막을 제작하며, CAD 파일을 이용해 원하는 구조의 막을 설계하고 프린팅한다.
2. 변수 조정 : 막의 물성을 조정하기 위해 다양한 변수들이 조정되었다. 이 변수들에는 레진의 양(30-50 Vol%), 조사 시간(10-180초), 그리고 온도(22-60°C)가 포함된다. 이러한 변수들의 조정이 막의 투과성, 기공 크기, 두께 등에 어떤 영향을 미치는지 실험적으로 검증한다.

HOW DOES IT WORK?



METHODS

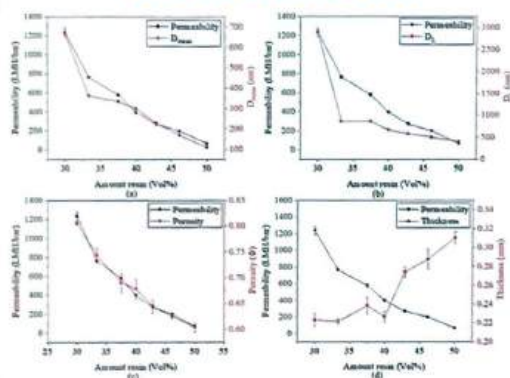
Variation of

- Resin amount (30-50Vol%)
- Irradiation time (10-180s)
- Temperature (22-60°C)



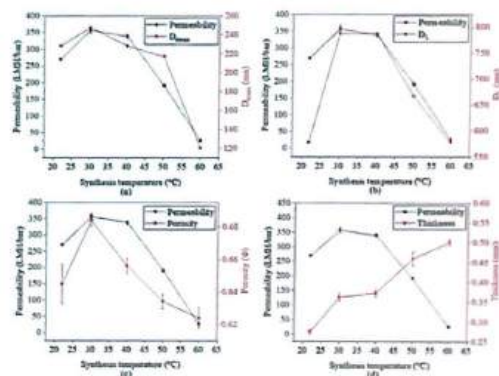
CamScanner로 스캔하기

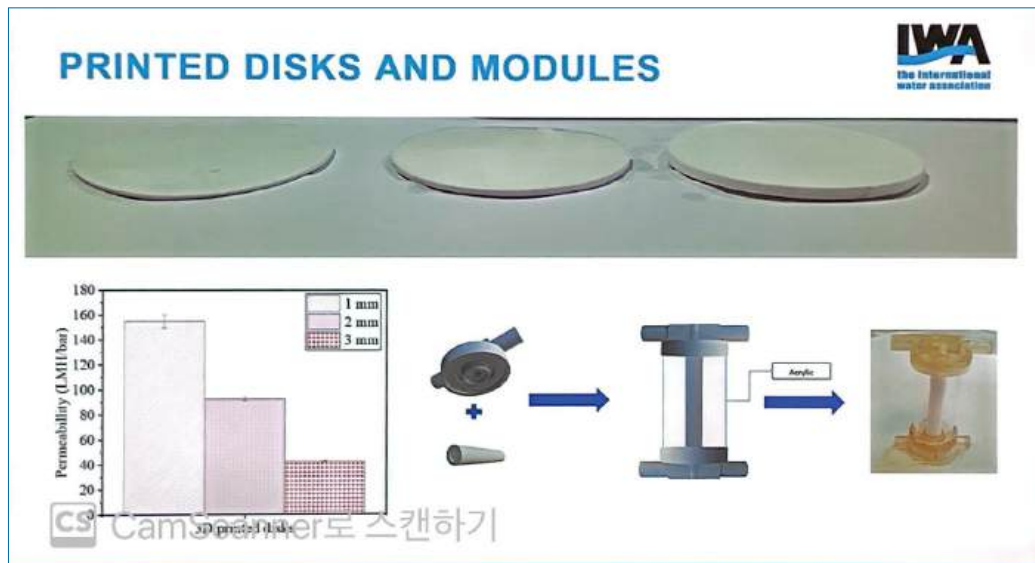
RESIN AMOUNT



CamScanner로 스캔하기

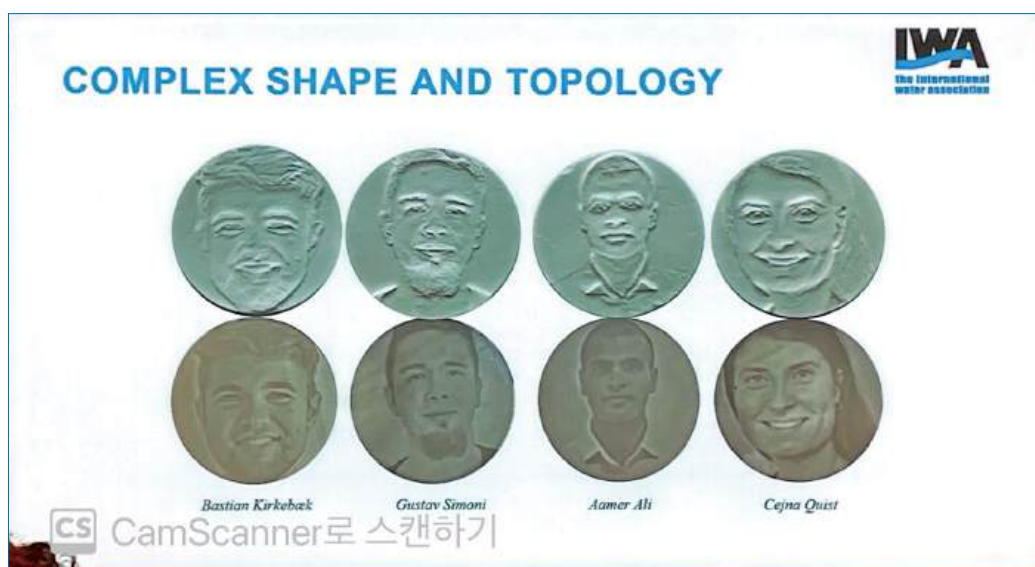
TEMPERATURE

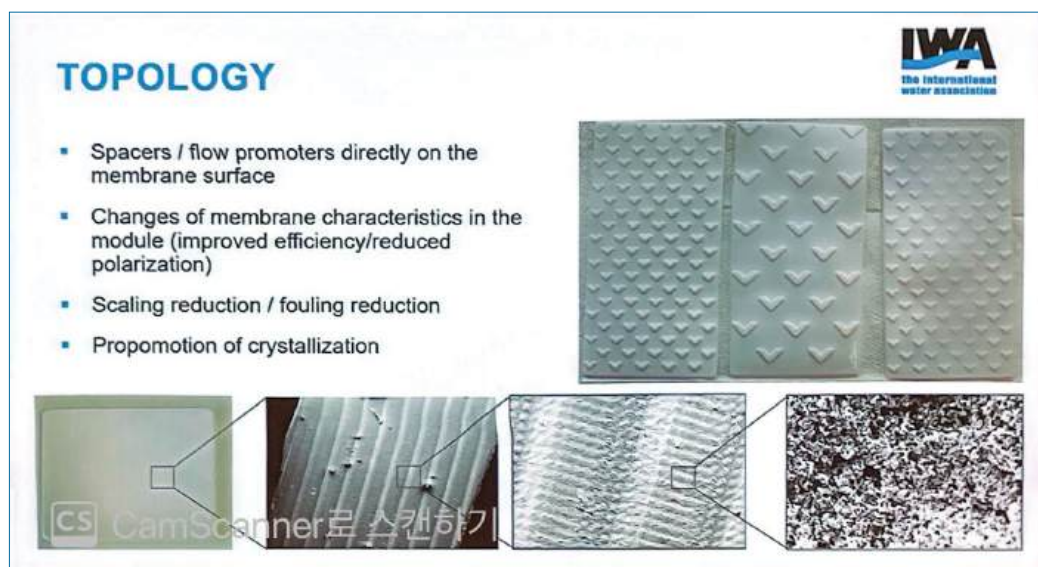
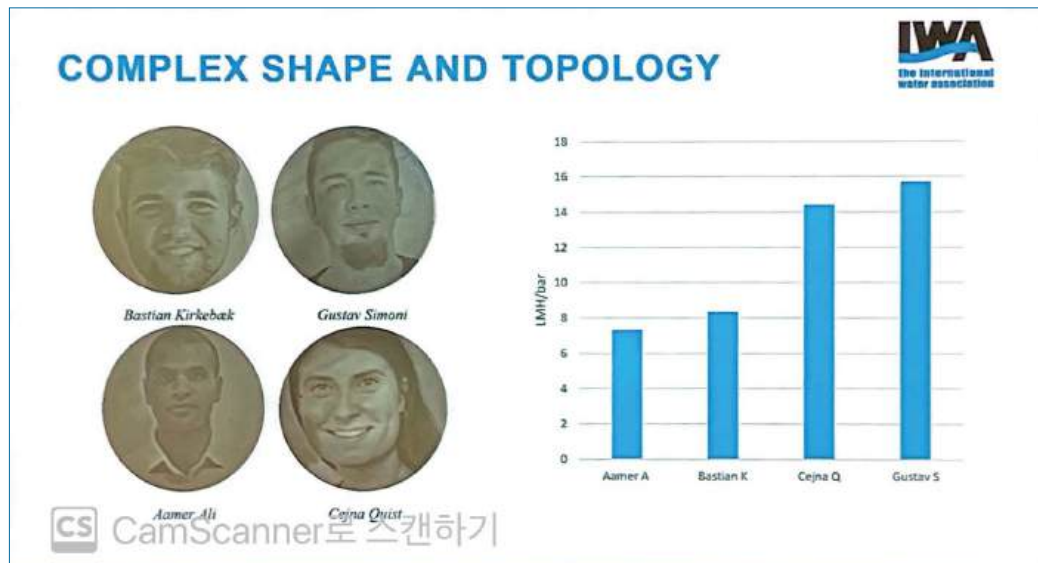




3. 실험 결과 : 레진의 양과 온도에 따른 막의 투과성, 기공 크기, 두께 등을 그래프로 분석한다. 이 데이터를 통해 최적의 제조 조건을 도출하고, 최적화된 막의 특성을 확인한다.
4. 디스크 및 모듈 제작 : 최종적으로 다양한 두께의 3D 프린팅 디스크와 모듈을 제작하여, 이들이 어떤 성능을 보이는지 실험을 통해 검증한다. 막의 두께에 따른 투과성을 확인하고, 이를 기반으로 실험 모듈을 제작하여 실용성을 테스트한다.

3. 결론





1. 복잡한 형태와 토폴로지 구현 : 연구 결과, 3D 프린팅을 통해 다양한 인물의 얼굴을 복잡한 형태로 재현할 수 있었으며, 이는 멤브레인의 모양을 매우 정밀하게 조절할 수 있음을 보여준다. 이는 기존 제조 방법으로는 불가능한 고도로 복잡한 구조를 구현할 수 있다는 점에서 큰 의미가 있다.
2. 성능 차이 분석 : 각기 다른 형태와 구조를 가진 멤브레인 디스크의 투과율(LMH/bar)을 비교한 결과, 멤브레인의 형태에 따라 성능 차이가 나타났다. 이는 3D 프린팅을 통해 멤브레인의 구조를 조절함으로써 원하는 성능을 얻을 수 있는 가능성을 제시한다.
3. 표면 토폴로지 변화의 영향 : 스페이서와 유동 촉진제를 멤브레인 표면에 적용한 결과, 멤브레인의 효율성이 향상되었으며, 스케일링 및 오염이 감소하고 결정화가 촉진되는 등의 긍정적인 효과가 나타났다. 이는 멤브레인의 표면 구조를 제어함으로써 기능을 최적화할 수 있음을 시사한다.

TS 2.19 | 6조

MEMBRANE APPLICATIONS IN WASTEWATER MANAGEMENT - SESSION 1

Direct Membrane Filtration Of Municipal Wastewater Assisted By A Tannin-based Coagulant For An Energy-efficient Water Resource Recovery Facility,
Eduardo Subtil, Brazil (5번째 발표)



1. 연구 목적

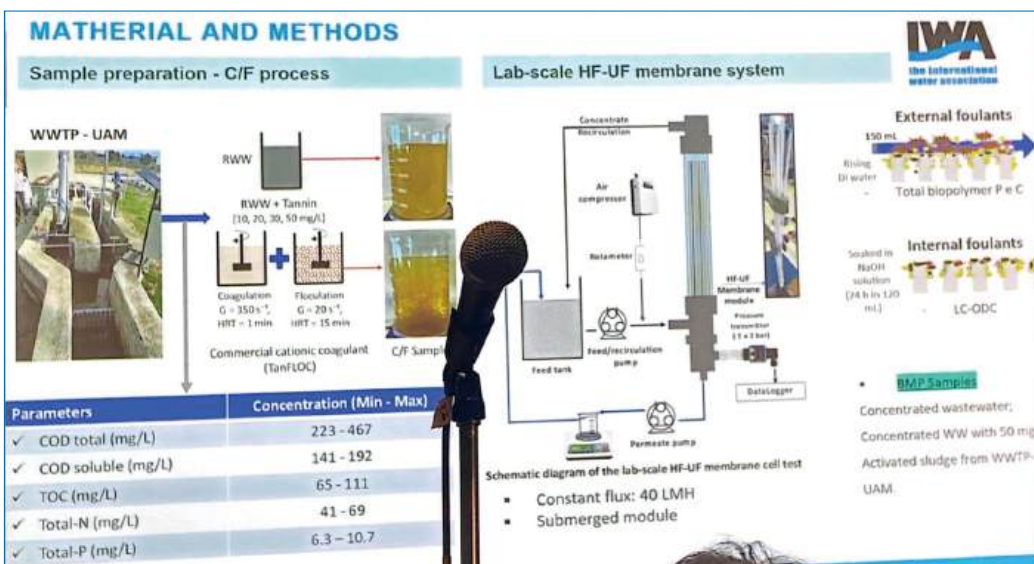
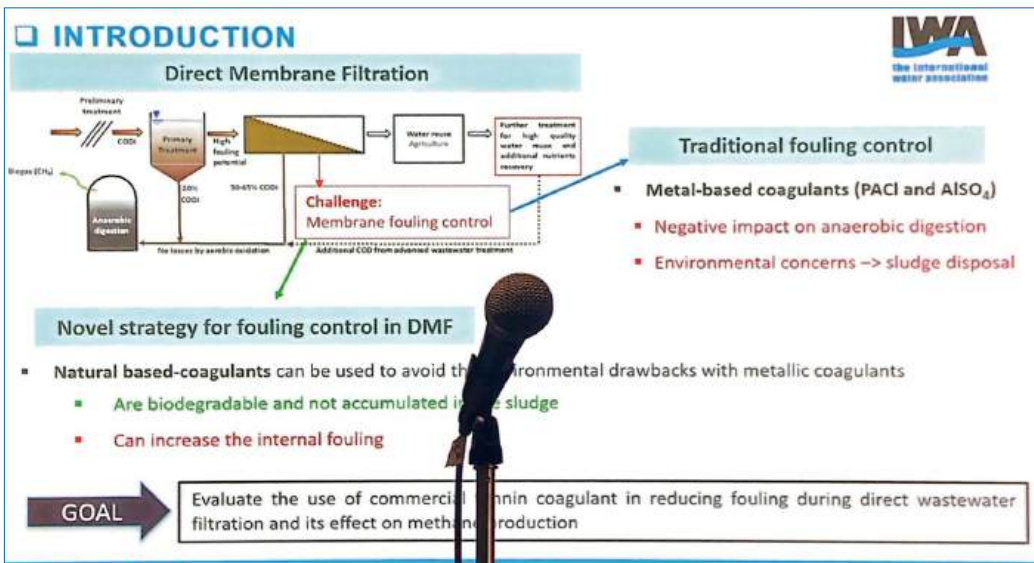
- 목적 : 자연 기반 결합체(탄닌 응집제)의 효과를 평가하여 파울링을 줄이는 데 미치는 영향과 이 결합체가 공정 농축물의 혐기성 소화에 미치는 영향을 분석하고자 한다.
- 실험 : 폐수 샘플을 예비 처리 후 네 가지 농도로 응집제를 사용하여 실험을 진행. 주로 대규모 잠수식 초여과(HF-UF) 멤브레인 시스템에서 진행되었다.

2. 오염(fouling) 감소

- 외부 오염 : 탄닌 응집제를 사용하여 총 외부 오염을 단백질과 탄수화물 측면에서 특성화한다.
- 내부 오염 : LC-ODC를 사용하여 내부 오염 성분을 분석한다. 탄닌 응집제가 내부 오염을 줄이는 데도 효과적임을 확인했다.
- 결과 : 30mg의 탄닌 농도가 transmembrane 압력을 안정화하고, 교차 흐름 여과 중 파손되지 않는 강력한 응집체를 형성하여 외부 오염을 효과적으로 줄인다.

3. 생물 가스 생산 가능성(BMP)

- BMP 평가 : 탄닌 응집제를 사용한 농축물의 BMP를 평가하여 원수 농축물과 비교한다.
- 결과 : 탄닌 응집제가 사용된 농축물이 약간 더 높은 메탄 생산량을 보였다.

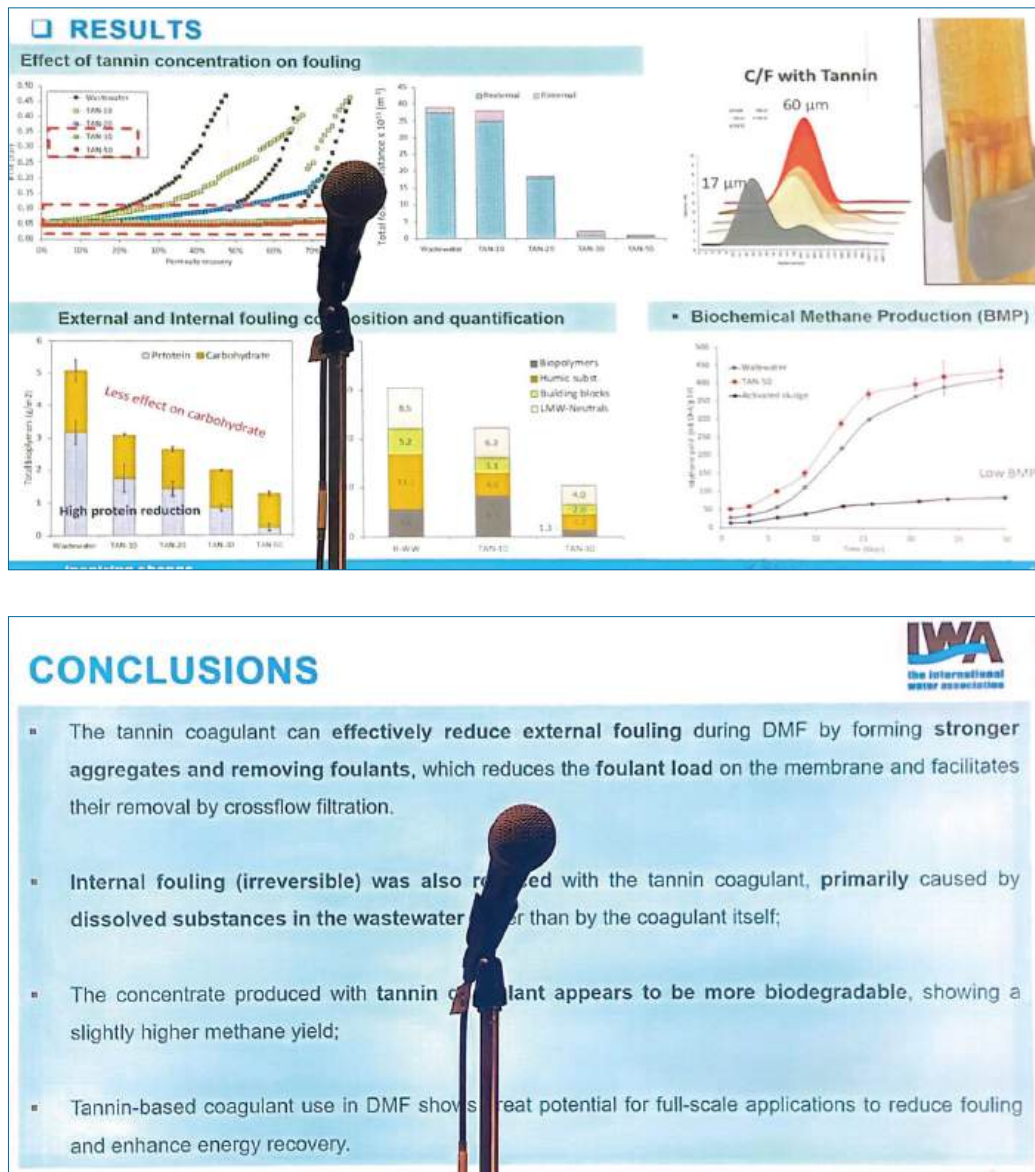


4. 응집제의 효과

- 단백질 제거 : 탄닌 응집제는 단백질과 같은 외부 오염을 효과적으로 제거한다.
- 탄수화물 제거 : 탄닌 응집제는 탄수화물 제거에는 덜 효과적이다.
- 내부 오염 감소 : 탄닌 응집제가 휴믹 물질과 생물 고분자의 농도를 줄이는 데 도움이 된다.

5. 결론

- 오염 감소 : 탄닌 응집제는 터널 오염을 줄이고, 교차 흐름 여과를 통해 멤브레인에 가해지는 오염 부하를 감소시킨다.
- 비가역적 오염 : 응집제 사용으로 비가역적 오염이 감소했으며, 내부 오염의 증가도 관찰되지 않는다.
- 생분해성 : 응집제를 사용한 농축물이 더 높은 생분해성을 보였고, 이 접근법이 폐수 처리에서 에너지와 물 회수에 큰 잠재력을 지니고 있다.



발표 관련 포스터

Direct membrane filtration of municipal wastewater assisted by a tanninbased coagulant for an energy-efficient water resource recovery facility.pdf

제목 : Direct membrane filtration of municipal wastewater assisted by a tannin-based coagulant for an energy-efficient water resource recovery facility

초록

이 연구는 물 자원 회수 시설에서 오염을 줄이고 에너지 효율을 높이기 위해 직접 막여과(DMF, direct membrane filtration)에서 탄닌 기반 응집제를 사용하는 혁신적인 방법을 탐구한다. 다양한 농도의 탄닌(10~50mg/L)을 사용한 실험은 여과 능력의 현저한 개선과 오염 저항 감소를 보여주었으며, 특히 30 mg· 및 50 mg·의 농도에서 두드러졌다. 이 응집제의 적용은 오염을 크게 줄이고 더 큰 입자의 형성과 폐수 내 소형 입자 및 생물 고분자의 감소를 촉진함으로써 임계 유속을 증가시켰다. 연구 결과는 탄닌 기반 응집제가 DMF 과정에서 오염을 최소화하고 에너지 효율을 최적화할 수 있는 유망한 전략임을 시사하며, 대규모 물 처리 시설에서의 광범위한 구현 가능성을 보여준다.

키워드

fouling; plant-based coagulants; ultra filtration

서론

최근 몇 년간 금속 기반 응집제를 이용한 DMF는 자가 유지 가능한 물 자원 회수 시설(WRRF)에서 에너지 회수를 향상시키는 혁신적인 접근법으로 떠오르고 있다. 이 방법에서는 원수의 유기물을 농축하여 이후 혐기성 분해를 진행하며, 응집제를 사용하여 오염을 줄인다. 탄닌 기반 응집제(TAN)와 같은 천연 응집제는 DMF에서 금속 기반 응집제의 환경적 문제와 혐기성 미생물에 대한 독성을 피하고자 사용될 수 있다. 탄닌은 식물에서 유래한 응집제로, 아직 DMF와의 연관성에서 오염 제어를 위해 사용된 적이 없다. 따라서 이 연구에서는 TAN 응집제를 사용하여 DMF에서 오염을 줄이는 종합적인 조사를 수행하였다.

실험 방법

- **실험 시스템** : 실험은 초여과(HF-UF) 멤브레인 시스템을 사용하여 수행되었다. 회전 드럼 스크리닝 및 모래 제거를 통해 예비 처리된 폐수를 샘플로 사용하였으며, 5가지 농도의 TAN을 테스트하였다. 여과 실험의 자세한 내용은 다음 그림에 나와 있다. Darcy 법칙을 사용하여 오염의 수리학적 특성을 분석하였으며, 이는 외부 오염(물로 제거 가능)과 내부 오염(화학적으로 제거 가능)으로 나누어졌다. 표면과 멤브레인 구멍에서 추출된 유기 오염 물질은 총 생물 고분자(단백질 및 탄수화물)로 특성화되었으며, 액체 크로마토그래피와 유기 탄소 검출기(LC-OCD)를 사용하여 용해된 부분을 분석하였다.
- **결과** : 탄닌을 추가한 모든 농도에서 폐수의 여과 능력이 향상되었음을 확인할 수 있었다. 이에 따라, 30mg/L 및 50mg/L의 TAN을 추가한 후에는 트랜스 멤브레인 압력(TMP) 상승이 매우 적었다. 결과적으로, 총 오염 저항이 39·에서 2·로 크게 감소하였다. 또한 TAN을 추가하면 임계 유속이 점진적으로 증가하여, 폐수에서 추정된 것보다 50% 높은 24L/·에 이르렀다.
- **입자 크기와 응집** : 응집 과정과 오염 과정에서 입자 크기는 중요한 역할을 한다. 그림 3a에서 볼 수 있듯이, 탄닌 기반 응집제를 추가하면 더 큰 입자가 형성되고 작은 입자가 감소하였으며, 특히 50mg/L의 농도에서 효과가 두드러졌다. 더 큰 입자는 제거하기 쉽고 오염 가능성을 줄였다. 또한 이러한 응집 형성은 오염 가능성이 더 높은 단백질 및 탄수화물 생물 고분자의 존재를 크게 감소시켰다. TAN 30 mg/L을 추가하면 용해된 생물 고분자의 농도가 3.3mg/L에서 0.6mg/L로 감소하였다. 외부 및 내부 오염 총에서도 비슷한 현상이 관찰되었다.

결론

탄닌 기반 응집제를 사용하는 것은 DMF에서 오염을 줄이는 데 매우 효과적이며, 주로 응집 형성을 촉진하고 생물 고분자의 존재를 크게 줄이는 능력 덕분이다. 탄닌 기반 응집제의 적정 농도를 조절하는 것은 DMF 시스템에서 오염을 줄이고 에너지 효율을 높이는 효율적인 방법을 제공하며, 향후 대규모 적용에 대한 가능성을 보여준다.

Lessons from utility operations

DREAM - Data for Reengineering and Evaluation of Algorithms and Models : Mining of Operational Data to Optimize a Design Tool for Wastewater Treatment Systems

Presenter : Mathieu Delahaye

프로젝트의 목표

SUEZ를 통한 폐수 처리 플랜트나 식수 처리 플랜트 설계 최적화하는 것이다. 기존의 툴은 1980년대나 1990년대의 지식을 바탕으로 하고 있어, 개선 필요성이 있었다. 데이터를 수집해 방정식을 만들고 설계 툴을 업데이트하는 기존의 방식보다는, 머신러닝과 딥러닝 시스템을 사용해 툴을 최적화하는 프로젝트 진행하고자 한다.

운영 중인 플랜트의 관찰 데이터를 더 정확하게 반영할 수 있는 설계 도구를 만들고자 한다.

- 전 세계적으로 SUEZ에 의해 설계, 건설, 관리된 50개 이상의 물 재이용 시설(WRRFs)에서 다년간의 운영 데이터가 수집된다.
- DREAM 프로젝트는 이러한 대량의 데이터를 활용하여 데이터 기반 모델과 전문가 지식을 지원 도구로 적용하여 향후 공장의 최적 설계를 지원한다.
- 각기 다른 지리적 위치와 기후 조건에서 다양한 폐수를 수집하였으며, 이에 따라 방대한 데이터베이스를 구축한다.

METHODS



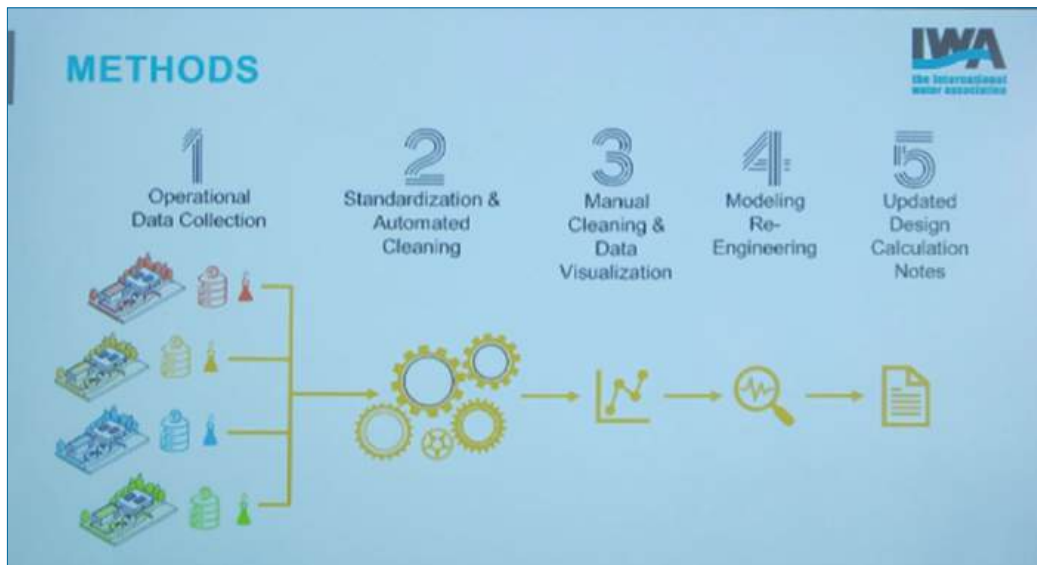
- Multi-year operational data available from 50+ WRRFs designed, built and managed by SUEZ were collected world-wide
- The DREAM project took advantage of this large amount of data available by applying data-driven models and expert knowledge as support tools for the optimal design of future plants.



프로젝트는 총 5단계로 진행된다.

1. 데이터 수집

- 운영자와 협력해 데이터를 확보하고 다양한 국가와 지역에서 데이터를 수집



2. 데이터 표준화 및 형태 정리

- 잘못된 데이터(예를 들어, 센서 오작동)가 들어온 경우 수동으로 정리하려면 매우 오래 걸리고 실수가 발생할 가능성이 큼
- 딥러닝을 사용해 데이터를 자동으로 정리

3. 수동으로 데이터 정리

- 플랜트가 정상적으로 운영되지 않았던 시기, 유지보수 기간, 기능 장애가 발생했던 기간의 데이터들은 수동으로 틀에서 제외해야 했음
- 실제로 운영자로부터 특정 기간 동안 플랜트에 문제가 있었음을 전달받았음

4. 데이터베이스 정리된 후, 최적모델 찾는 과정

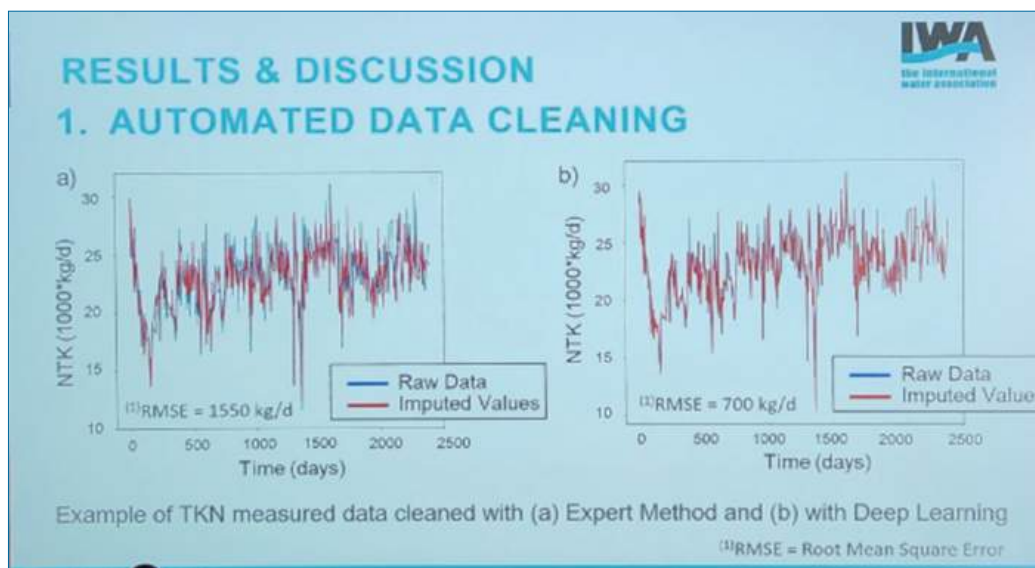
5. 설계 틀에 사용되는 계산 노드 업데이트



INTRODUCTION

- **WHY?** Reducing the spatial footprint and overall environmental impact, as well as optimizing the capital investment and operational costs.
- **HOW?** Using operational data to create a reference database of treatment systems for wastewater and biosolids.
- **WHAT?** Optimizing WRRFs design tool based on data-driven analysis and expert knowledge.
- **EXPECTED RESULTS?** Providing design engineers with a more precise design tool that allows for improved process performance and robustness of wastewater treatment systems.





Expert 방법으로 정제된 TKN 측정 데이터의 예시(a)와 딥러닝으로 정제된 예시(b)이다.

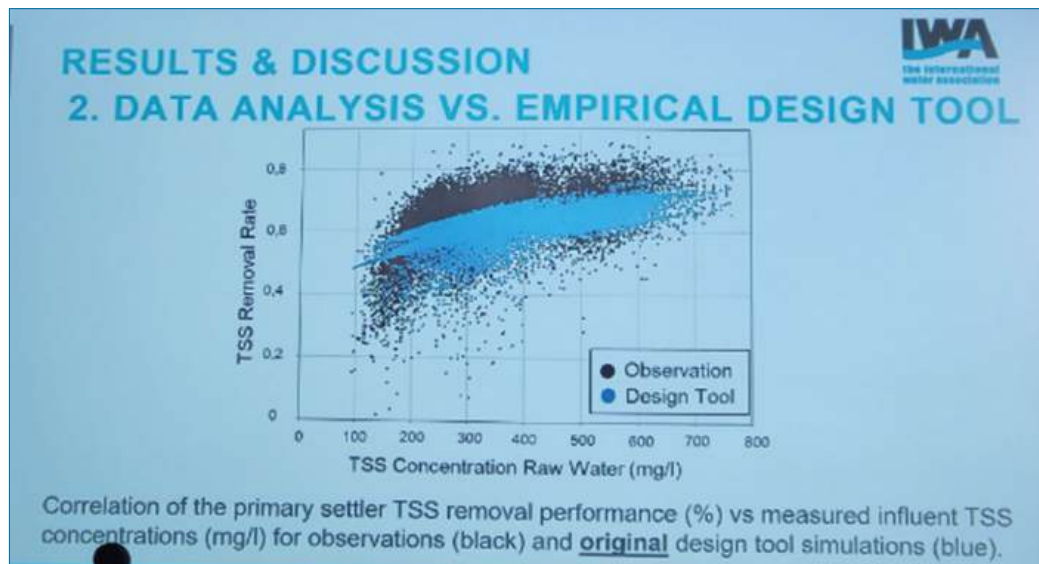
RMSE 확인해보면, Expert 방법으로 수동 정리한 데이터와 딥러닝을 통해 자동으로 정리한 데이터 사이의 오류 감소 확인할 수 있다. 해당 슬라이드는 TKN 농도와 부하에 관련된 것으로 모든 유형의 데이터를 대상으로 동일 작업 진행했다.

관찰된 데이터(검은색)와 초기 설계 도구 시뮬레이션(파란색)에 대한 1차 침전지의 TSS 제거 성능(%)과 측정된 유입 TSS 농도(mg/L)의 상관관계이다.

원본 데이터를 확인해보면, 낮은 농도의 관측치와 설계 도구 결과 간의 차이가 존재한다.

관측치와 초기 설계 도구 간의 차지를 줄이고자 프로젝트를 시작했다.

- 1차 침전 외의 모든 공정에도 동일 작업 수행
- 데이터를 사용해 3가지 모델 테스트
 - 1) 선형 모델 : 간단한 계산과 다양한 매개변수로 TSS 제거 예측함



- 2) 로지스틱 모델 : 선형 모델보다 더 복잡한 계산 과정 가짐
- 3) XGB 모델(머신러닝) : 결정트리의 수를 반복적으로 늘려서 품질 최적화 및 오류 최소화하는 방식

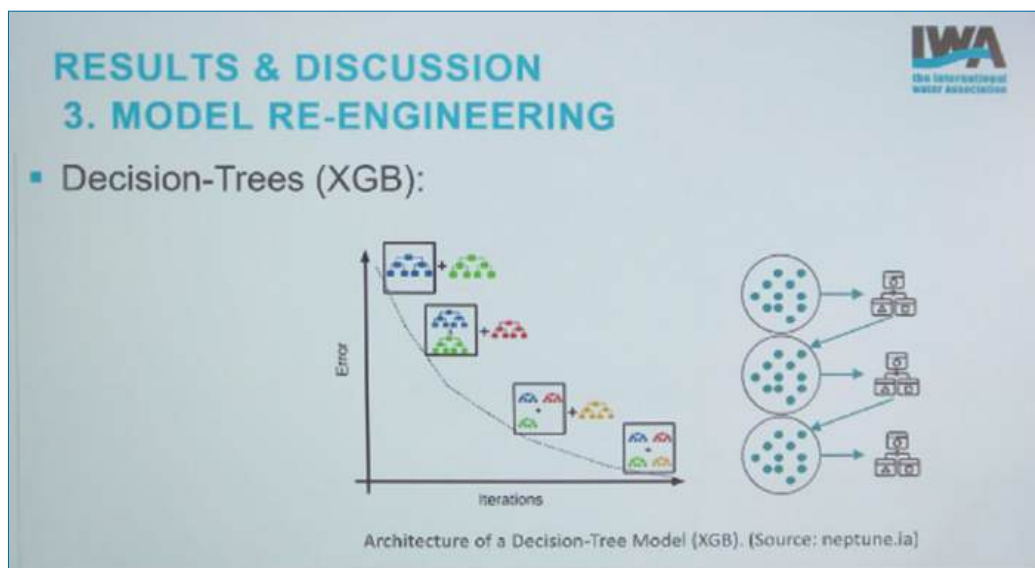
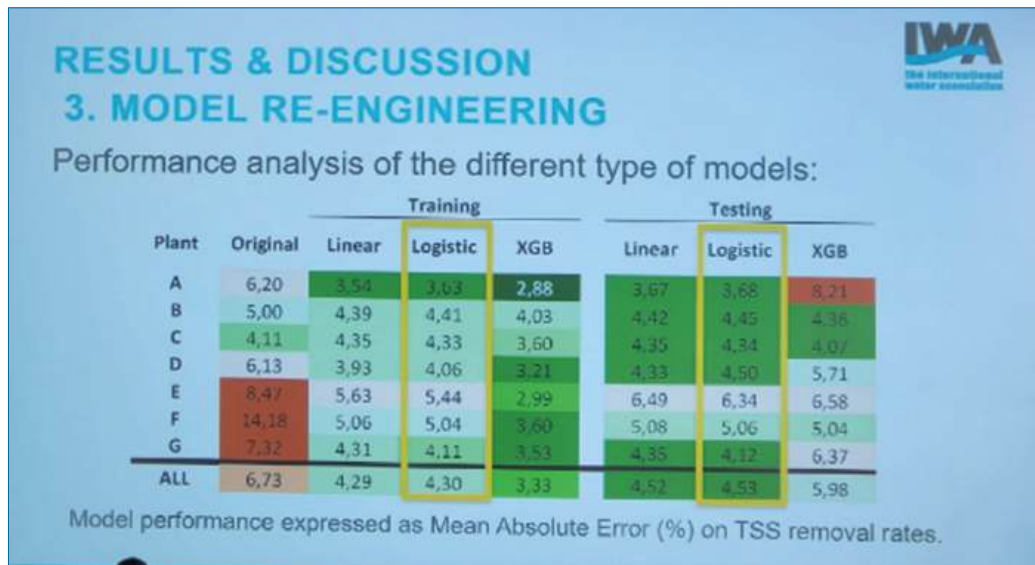
RESULTS & DISCUSSION
3. MODEL RE-ENGINEERING

Search for trend correlations of errors with other process parameters using different types of data analytics models:

- Linear Model:

$$TSS_{removal} = a + b * f_1([TSS]) + c * f_2([TSS/BOD]) + d * f_3([TSS/COD]) + e * f_4(v_{upflow}) + \dots$$
- Logistic Model:

$$TSS_{removal} = a + \frac{b}{\left(1 + c * e^{d * f_1([TSS]) + e * f_2([TSS/BOD]) + g * f_3([TSS/COD]) + h * f_4(v_{upflow}) + \dots}\right)}$$



전체 데이터의 80%로 3가지 모델 훈련 후, 20% 로 테스트 진행했고, 모델 성능은 각 플랜트의 TSS 제거율에 대한 평균 절대 오차(%)로 표현했다. 전 세계 7개 플랜트를 선택해서 해당 train 및 test 수행했다.

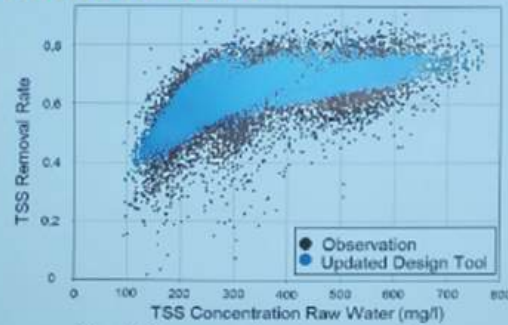
가장 복잡한 모델인 XGB 모델보다는, 로지스틱 모델을 선택하였다.

로지스틱 모델이 가장 균일한 결과 제공하였으며, XGB 모델은 일부 플랜트에서 오류가 매우 높게 나타났기 때문에 비균질하다고 판단하였다. 이는 기존의 데이터베이스에 기반해 학습한 것이 아닌 처음 접하는 데이터를 줄 경우, 그 결과가 완전히 잘못된 것이 되기 때문이다.

관찰된 데이터(검은색)와 업데이트된 설계 도구 시뮬레이션(파란색)에 대한 1차 침전지의 TSS 제거 성능(%)과 측정된 유입 TSS 농도 (mg/L)의 상관관계이다.

RESULTS & DISCUSSION

4. INTEGRATION OF UPDATED SEMI-EMPIRICAL MODEL IN DESIGN TOOL



Correlation of the primary settler TSS removal performance (%) vs measured influent TSS concentrations (mg/l) for observations (black) and for **updated** design tool simulations (blue).

CONCLUSIONS

- The DREAM project has positively impacted the design of future WRRFs fully compliant with regulations with a smaller spatial footprint, reducing their environmental impact.
- Data analysis gives a better understanding of wastewater treatment systems in their geographical context that relate to both the wastewater composition and to local treatment regulations.
- Overall project outcome has allowed for optimization of robust semi-empirical models.



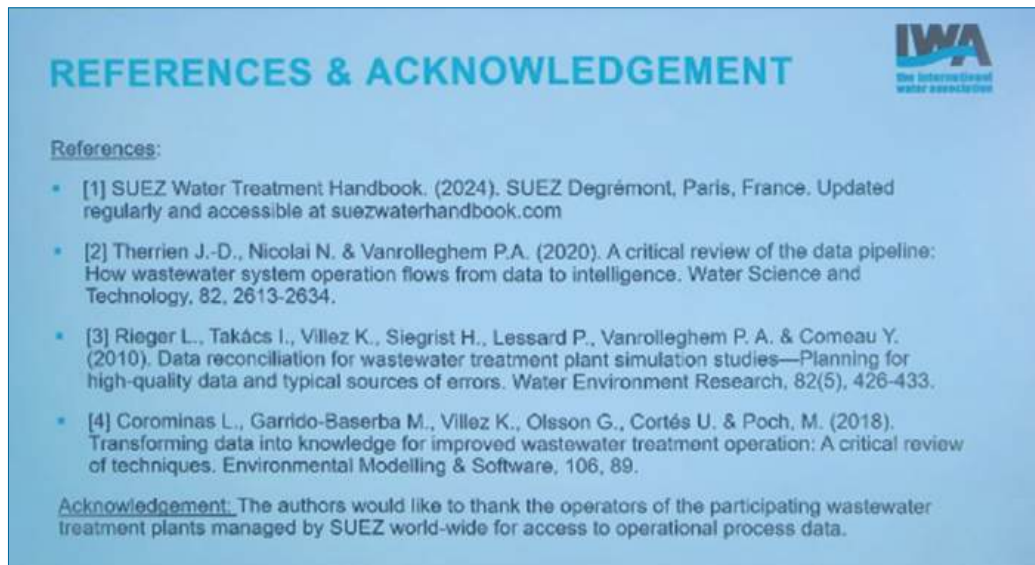
결론

- DREAM 프로젝트는 규정을 완전히 준수하면서 더 작은 공간적 차지로 환경 영향을 줄이는 미래의 물 재이용 시설(WRRFs) 설계에 긍정적인 영향을 미쳤다.
- 데이터 분석은 폐수 처리 시스템을 그 지리적 맥락에서 더 잘 이해할 수 있도록 하며, 이는 폐수 성분과 지역 처리 규정 모두와 관련이 있다.
- 전반적인 프로젝트 결과는 견고한 준경험적 모델의 최적화를 가능하게 했다.

이전에 충분히 활용되지 않았던 방대한 데이터를 활용해 딥러닝을 통한 데이터 정리와 머신러닝을 통해 모델 최적화를 수행함으로써, 설계 도구를 실질적인 성능에 더 맞도록 최적화할 수 있었다.

1차 침전 외의 다른 생물학적 처리 공정에도 해당 작업을 수행한. 슬러지 처리 및 기타 처리에도 동일 작업 진행 중이다.

CAPEX(자본 지출), OPEX(운영 비용)을 예측하는 데 있어 최적의 설계를 목표로 하는 중이며, 화학물질 사용 줄이고, OPEX 개선할 수 있을 것으로 본다. 또한 폐수 처리 외에도 식수 처리에도 동일 작업 적용 중이다.



질문

Q1. 1차 침전의 효율성을 비교할 때 주로 구조적 요소나 원수의 차이 때문에 플랜트 간의 큰 차이가 발생함. 침전조의 구조적 요소와 원수의 차이로 인해 침전조가 다르게 작동하는 경우가 많음. 설계 도구가 머신러닝을 통해 최적화된 이후, 침전조의 설계에서의 작거나 큰 최적화의 원인을 데이터로부터 파악할 수 있나요?

A1. 기존 플랜트 데이터를 통해 결과를 도출하면 같은 결과를 얻지 못할 수 있음. 현재 시점에서는 유효하지만 3~5년 후에는 다시 작업을 진행해야 할 수도 있음. 기후 변화로 인해 폐수의 성질이 달라질 수 있고, 탄소 질소 인의 비율이 변화할 수도 있음

굳이, 시간에 따라 고정하지 않음. 유럽과 중국의 폐수가 다르기 때문에 해당 프로젝트에서는 다양한 지리적 위치와 데이터를 사용했고 플랜트의 위치와 원수의 차이에 상관없이 설계 도구를 최적화하는 것을 목표로 함(온도와 폐수의 구성 요소를 고려하여 결과를 제공하고 있음)

Q2. XGB 모델 테스트할 때, 해당 모델을 어떻게 개선할 수 있나요? 예측 정확도를 높이기 위해서는 어떤 것이 필요한가요?

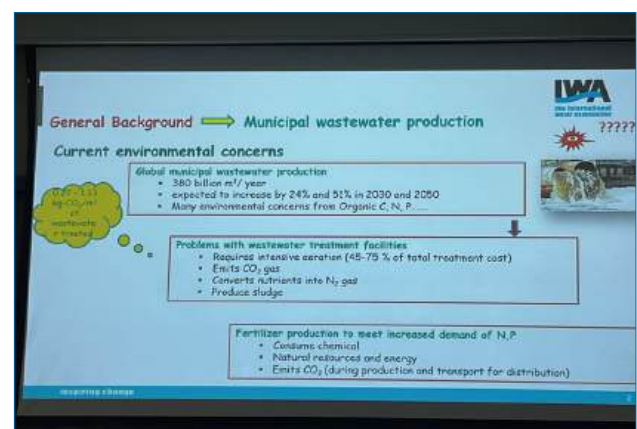
A2. 데이터 범위의 부족이 문제였다고 봄. 데이터가 여전히 동일한 종류의 측정 범위 내에 있었기 때문에, 차트 밖의 데이터가 부족했음. 또는 테스트 단계에서 비정상적인 데이터를 사용했을 가능성도 존재

평균 절대 오차의 차이가 크지 않았기 때문에 보다 더 간단한 로지스틱 모델 사용하려 함

Microbial Electrochemistry & Microalgae

Can Microalgae Be Grown In Primary Effluent Of Municipal Wastewater In The Presence Of Bacteria?, Sathasivan Arumugam, Australia

1. 발표 및 PPT 설명

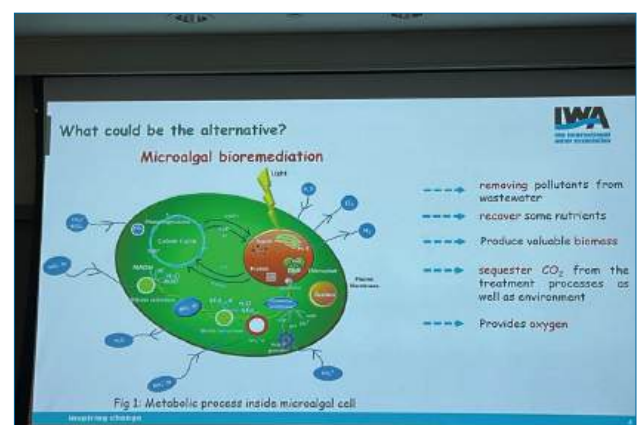
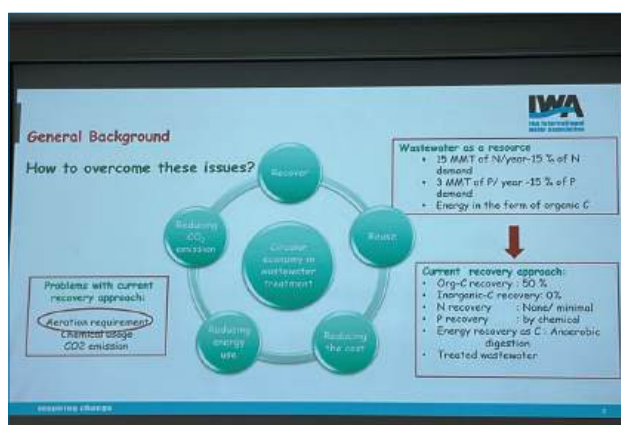


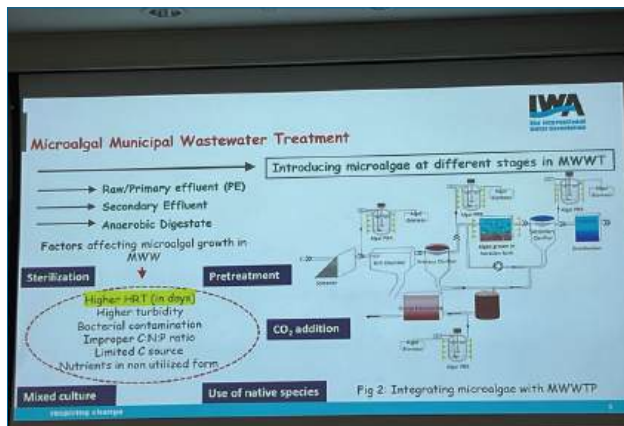
미생물이 존재하는 상황에서 미세 조류를 도시 폐수의 primary airfluent에서 배양할 수 있는지에 대한 발표.

사람들이 보통 미세 조류 관련 연구를 논의할 때, 주로 폐수를 이용해 조류를 배양하는 방법에 초점을 맞춤. → 최근에는 폐수 처리를 주요 목적으로 하는 연구가 대두되듯 폐수처리 공정에서의 이산화탄소 배출, 에너지 사용량, 질소 가스 전환 등 여러 문제를 해결하고자 함.

이러한 문제를 해결할 수 있는 방법으로 순환 경제와 같은 개념을 적용폐수는 많은 양의 질소가 포함되어 있어, 이 질소는 수요의 약 15%를 충족할 수 있다. 또한 유기탄소 형태의 에너지도 존재하지만, 회수하기가 어려움. (유기 탄소 회수율: 50%, 무기탄소 회수율은 거의 없음) 따라서 이를 꼭 제거해야함. → 에너지 비용과 이산화탄소 배출량을 줄일 수 있는 방법 필요.

따라서 미세조류를 대안으로 사용하여오염물질을 제거하고, 영양소를 회수하며, 유용한 바이오매스를 생산하고, 이산화탄소를 흡수할 수 있음. + 추가로 미세 조류는 산소 공급이 가능함.





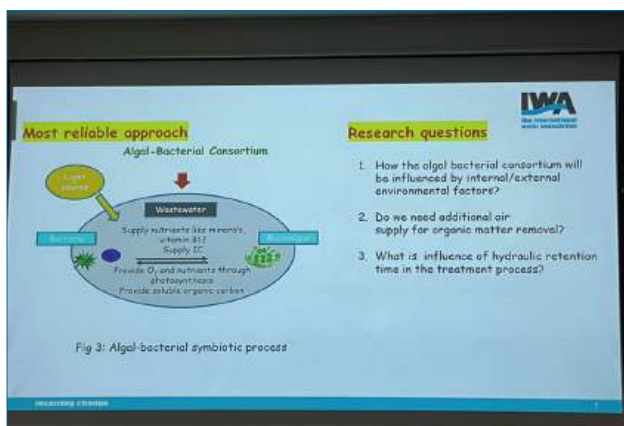
Treatment of PE using microalgae

Table 1: Review on the use of microalgae in primary effluent of municipal wastewater

Problem	Strategies used	Limitations	References	Algae used
High light penetration due to suspended solids	Filtration (0.45 µm to 0.7 µm), 0.5-4 µm	From filtration in combined experiment due to bacteria and organic matter	Qin et al., 2012; Qiu et al., 2019; Sahu et al., 2016	Chlorella sp.
Retention/Concentration	Stratification, optical selection, algal-bacterial separation	Concentration with more species were vulnerable to external changes and pressure exposure, change in species type with time will change the retained pattern	Qin et al., 2012; Simon-Delisle, 2017	Chlorella sp., Scenedesmus sp., Nannochloris sp., Chlorella sorokiniana, Chlorella vulgaris, Chlorella pyrenoidosa
Limited C source	Regeneration of nutrient CO ₂ supply/that gas supply	more soluble organic matter in effluent, higher CO ₂ change not complicated effect on microalgal retention	Qin et al., 2012; Qiu et al., 2019; Sahu et al., 2016; Sahu et al., 2016; Sahu et al., 2016	Chlorella sp., Scenedesmus sp., Nannochloris sp., Chlorella sorokiniana, Chlorella vulgaris, Chlorella pyrenoidosa
Varying nutrient concentrations	Species selection (endogenous), mixed culture, dilution, adaptation technique	Sometimes microculture performed well than algal concentration	Chen et al., 2012; Qiu et al., 2019; Sahu et al., 2016; Sahu et al., 2016; Sahu et al., 2016	Chlorella sp., Scenedesmus sp., Nannochloris sp., Chlorella sorokiniana, Chlorella vulgaris, Chlorella pyrenoidosa
Run of Wastewater of process C	algal-bacterial conversion, microalgal and heterotrophic conversion	less degradation of organic concentration	Qin et al., 2012; Qiu et al., 2019; Sahu et al., 2016; Sahu et al., 2016; Sahu et al., 2016	Chlorella sp., Scenedesmus sp., Nannochloris sp., Chlorella sorokiniana, Chlorella vulgaris, Chlorella pyrenoidosa

지금은 발표 내용 보다 더 발전한 상태.연구는 1차 폐수 처리를 중점으로 다루며, 미세 조류 배양 시 높은 air flow를 적용하지만, 이를 줄일 수 있는 방안 검토 중.

다른 연구자들과 비교살균 시도 → 효과 미비불균형한 C:N:P 비율 적용 → 실제 폐수와 다른 따라서 이산화탄소를 추가함.미세 조류가 혼합 환경에서 박테리아와 경쟁할 수 없다는 문제 → 토착 종 사용혼합 배양을 할 수 있다면, 그게 더 좋음.



Preparation of mixed culture of algae and bacteria

Table 2: Operational conditions

Phase	HRT (days)	WRT (days)	AS (days)	Light	Dark ratio	Daily feed
Phase 1 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 2 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 3 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 4 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 5 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 6 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 7 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 8 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 9 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 10 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 11 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 12 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 13 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 14 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 15 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 16 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 17 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 18 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 19 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 20 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 21 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 22 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 23 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 24 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 25 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 26 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 27 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 28 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 29 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 30 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 31 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 32 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 33 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 34 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 35 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 36 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 37 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 38 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 39 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 40 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 41 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 42 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 43 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 44 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 45 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 46 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 47 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 48 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 49 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 50 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 51 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 52 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 53 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 54 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 55 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 56 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 57 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 58 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 59 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 60 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 61 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 62 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 63 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 64 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 65 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 66 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 67 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 68 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 69 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 70 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 71 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 72 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 73 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 74 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 75 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 76 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 77 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 78 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 79 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 80 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 81 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 82 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 83 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 84 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 85 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 86 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 87 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 88 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 89 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 90 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 91 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 92 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 93 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 94 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 95 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 96 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 97 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 98 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 99 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)
Phase 100 (Days from the start)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)	10 (12 days)

연구 목적 : 미세 조류를 배양할 수 있는지, 공기 흐름을 멈출 수 있는지, 유체의 체류 시간을 줄일 수 있는지, 오염 물질 제거가 일어날 때 그 메커니즘이 무엇인지, 미세 조류와 박테리아 간의 균형을 어떻게 맞출 수 있는지

연구 방법 : 24시간 빛이 비추는 환경에서, HRT를 20일에서 10일로 줄인 후, 빛과 어둠 주기를 변경하고, 공기 흐름을 멈추는 실험. → 이는 미세 조류 배양에 권장되는 방법필터를 사용하여 폐수를 거르고, 걸러진 폐수를 반응기에 주입하여 미세 조류를 배양하는 초기 단계가 포함

결과 : 미세 조류는 점차 자라고 있으며, 실험은 HRT 8 days로 진행 중이지만 발표에서는 6.67일 동안의 실험 결과만 다룬다. 공기 흐름이 멈춘 후에도 비교적 좋은 결과가 나왔으며, 총 부유 고형물도 감소했다. 하지만, 충분한 무기 탄소가 없었기 때문에 추가 공급이 필요하였으며, 체류 시간이 긴 환경에서는 추가적인 무기 탄소 공급이 필요하지 않았다.

결론 : HRT 8 days로 연구를 진행 중이며, 미세 조류는 매우 빠르게 침전되고 있다. 침전 시간은 10~15분이며, 박테리아와 혼합하여 실험한 결과, 박테리아가 응집하여 공기 흐름 없이도 잘 작동하는 중이다.

4. 실험 방법 및 결과

- 실험 단계 :

- 초기에는 24시간 빛과 어두운 상태에서 실험을 시작.
- 주기를 조정하며 20일에서 10일로 체류 시간을 단축.
- 공기 공급과 혼합 조건을 조정하며 실험 진행.

- 결과 :

- 조류는 8시간 주기에서 잘 자람.
- 공기 공급을 중단해도 효율적인 결과를 얻음.
- 초기에는 IC 공급이 부족했지만, 이후에는 추가 공급이 필요하지 않음.
- 조류와 박테리아의 혼합이 효과적이며, 박테리아가 슬러지를 형성해 공기 공급 없이도 잘 작동함.

5. 결론 및 향후 연구

- 현재 상태 :

- 8시간의 체류 시간에서 조류가 효과적으로 자라고 있으며, 침강 시간이 짧음.
- 박테리아와의 혼합이 좋은 결과를 보임.

- 향후 연구 방향 :

- 연구가 계속 진행 중이며, 조류와 박테리아의 상호작용과 처리 효율성을 더욱 개선할 계획.

DIGITAL MAINTENANCE APPROACHES

Intelligent Pumps Support Decarbonization In Wastewater Pumping, Stephanie Smith, United Kingdom

요약

이 발표에서는 폐수 처리 펌핑 과정에서의 탈탄소화를 목표로 하며, 유지 보수와 에너지 소비의 중요성을 강조한다. 생애 주기 평가(LCA) 방법론을 통해 제품 단계와 사용 단계에서 발생하는 탄소 배출을 비교하고, 지능형 펌핑 시스템의 도입으로 에너지 소비와 유지 보수를 줄이는 방법을 설명한다. 실제 고객 사이트의 사례를 통해 지능형 시스템의 효과를 입증하며, 유지 보수를 줄이고 에너지 효율을 높여 온실가스 배출을 40%까지 줄일 수 있음을 강조한다. 결론적으로, 자산 구매와 운영 시 지능형 시스템의 도입이 환경과 비용 측면에서 중요하다는 메시지를 전달한다.

발표 제목과 강연자 정보

제목 : Decarbonising Wastewater Pumping (폐수 펌핑의 탈탄소화)

강연자 : Matthew Boxall, Stephanie A. Smith, Alexis de Kerchove



WHY PUMPS?

W&WW lead to

- ~10% of global direct energy consumption
- ~2% of GHG emissions

Procurement team focuses is on capital cost and energy efficiency (e.g., IE ratings of motors)

- But decarbonization will require understanding of:

1. Whole-life cost
2. Whole-life Carbon emissions including embodied and operation carbon



Why Pumps? – 서론 : 왜 펌프인가?

- W&WW은 전세계 에너지 소비의 약 10%, 온실 가스 배출의 약 2%를 차지한다.
- 조달팀(procurement team)은 자본 비용과 에너지 효율성에 중점을 두는 반면 탈탄소화에서는 전체 수명 비용과 embodied carbon 배출량 및 operation carbon 배출량에 대한 이해가 필요하다.
- * W&WW (Technologies) : 가정 및 산업 분야의 물 및 폐수 처리를 위한 솔루션 제공 업체

Barriers : Data Gaps – 장애물 : 데이터 갭

물 회사 조달팀 직원은 데이터가 부족하고 일반적으로 어떤 자산을 가져갈지 결정하기 위해 자본 비용을 살펴본다. 그리고 그는 자산의 성능 곡선에 대한 고정된 멋진 곡선을 볼 것이다. 그것은 펌프, 송풍기 또는 믹서일 수 있다. 하지만 이는 단일 시점이며 일반적으로 특정 시스템이나 응용 프로그램에 적용되지 않는다.

Whole – Life Carbon Calculator – 전체 수명 탄소 계산기

고객 현장 데이터 + 자일렘 테스트와 수행 데이터 + 탄소 영향력에 대한 데이터베이스를 통하여 전체 수명 탄소 계산기가 작동한다.

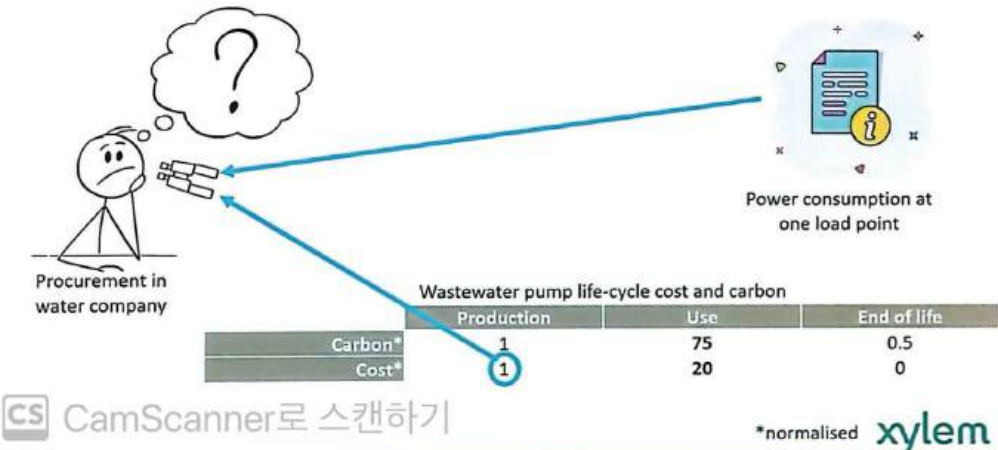
Whole – Life Carbon Calculator : Inputs – 전체 수명 탄소 계산기: 입력

- Inputs : 신청 요구 사항, 펌프 사양
- calculator : 에너지 소비, 마모 및 성능 저하, 일상적 유지 관리, 예정되지 않은 유지 관리, 수리 및 교체
- Outputs : 제품 단계, 건설 단계, 사용 단계, 마지막 단계

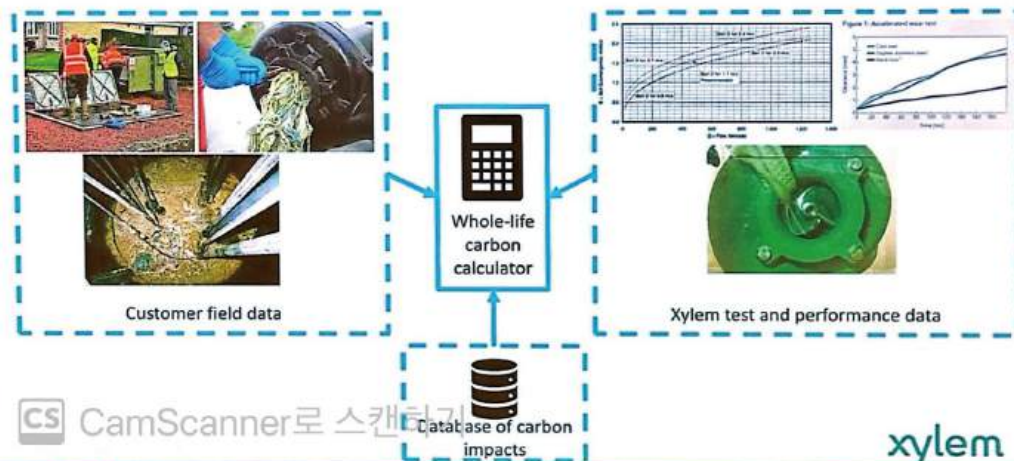
Pump With Latest Technology : 최신 기술이 적용된 펌프

- Integrated variable speed drive : 통합 가변 속도 드라이브
- IE4 efficiency motor : IE4 효율 모터
- Axially sprung impeller : 축방향 스프링 임펠러
- Hard iron(25%Ch) impeller : 경철(25%Ch) 임펠러

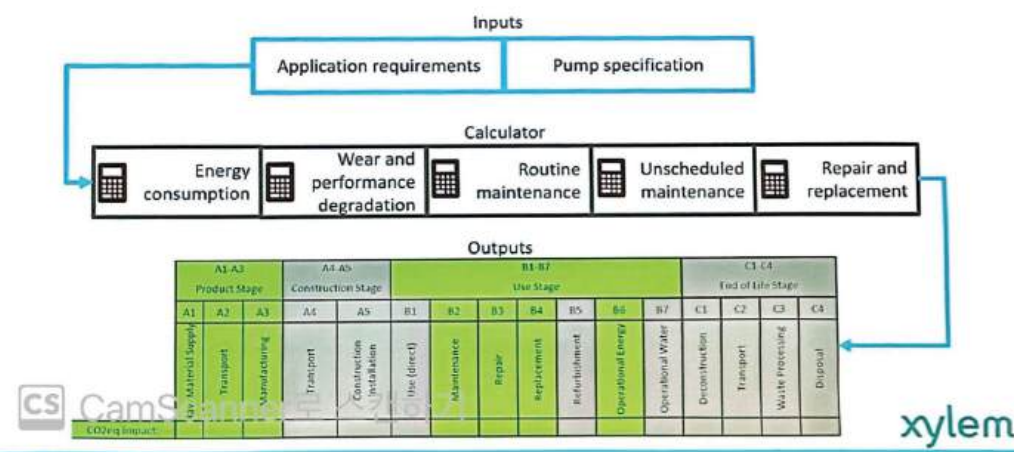
BARRIERS: DATA GAPS

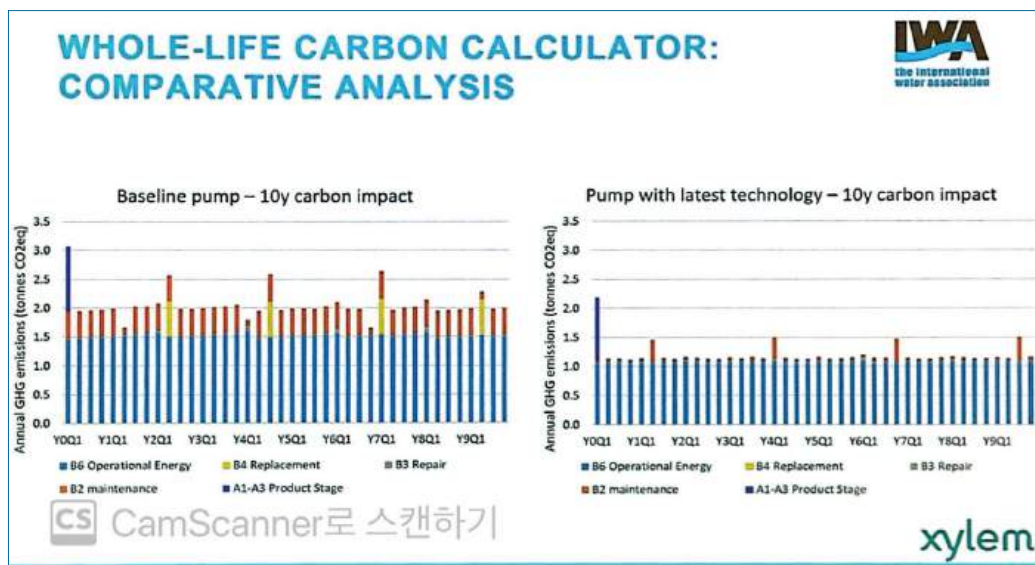
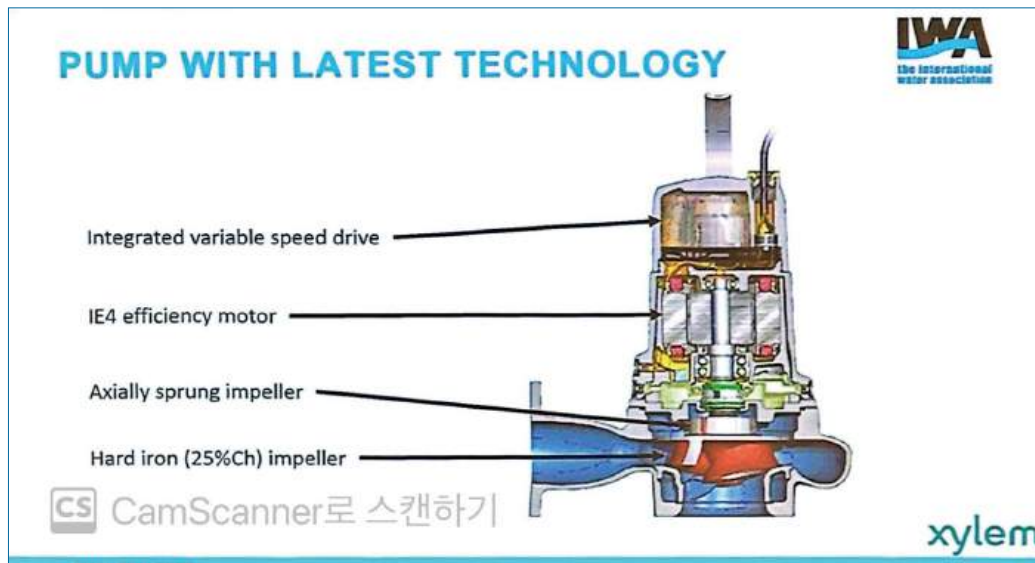


WHOLE-LIFE CARBON CALCULATOR



WHOLE-LIFE CARBON CALCULATOR: INPUTS





Whole – Life Carbon Calculator : Comparative Analysis – 전체 수명 탄소 계산기 : 비교 분석

- 기준 펌프 – 10년 탄소 영향 : 연간 온실가스 배출량 2.0 ~ 2.5톤
- 최근 기술이 적용된 펌프 – 10년 탄소 영향 : 연간 온실가스 배출량 1.0 ~ 1.5톤
- 전체 수명 탄소 계산기를 통해 기존의 기준 펌프와 최근 기술이 적용된 펌프의 10년간의 탄소 배출량을 살펴본 결과 최근 기술이 적용된 펌프가 탄소를 약 1.0 ~ 1.5톤을 절감한 것을 알 수 있다.

WHOLE-LIFE CARBON CALCULATOR - ANALYSIS



	A1-A3 Product Stage	B2 Maintenance	B3 Repair	B4 Replacement	B6 Operational Energy	Total
Baseline pump emissions (tonnes CO ₂ eq/10years)	1.1	17.6	0.3	2.4	60.8	82.3
All tech (Concertor) emission reduction (%)	5%	79%	54%	100%	29%	41%

Innovation Impact: >40% reduction in emissions

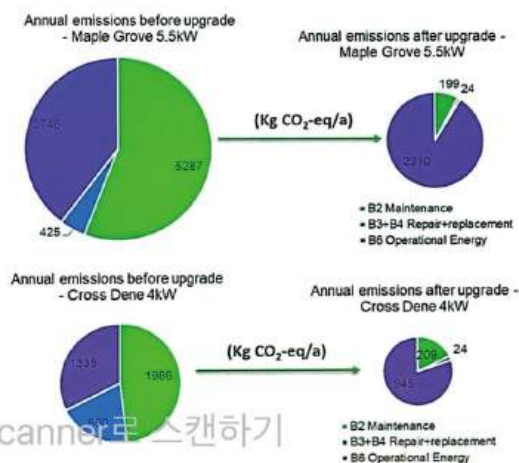
CS CamScanner로 스캔하기

xylem

Whole - Life Carbon Calculator - Analysis - 전체 수명 탄소 계산기 - 분석

혁신의 효과로 온실가스 배출량이 40% 이상 감소하였다.

CASE-STUDIES



CS CamScanner로 스캔하기

xylem

Case - Studies : 사례 연구

(1) Maple Grove 5.5kW

(2) Corss Dene 4kW

두 사례 모두 새로운 펌프로 업그레이드 한 결과 연간 온실가스 배출량이 크게 감소한 것을 알 수 있다. 특히 B2 Maintenance(유지)에서 발생한 온실가스를 크게 감축한 것을 알 수 있다.

SUMMARY – DECARBONISING WASTEWATER PUMPING

Barriers to Decarbonization:

- Lack of understanding of whole-life carbon emissions
- CAPEX prioritisation over OPEX
- Limited capability to assess benefits of pump innovations

Solutions:

- Whole-life carbon calculators to facilitate...
- Strategic leadership: Identify emission sources and plan to reduce
- Procurement: Select the best product for the application
- Operations: Understand and plan for lifecycle costs
- Technical collaboration with suppliers to facilitate...
- Understanding new technologies and incorporating them into whole-life carbon models



Summary – Decarbonising Wastewater Pumping – 요약 – 탈탄소화 폐수 펌핑

탈탄소화에 대한 장벽

- 전 생애 탄소 배출량에 대한 이해 부족
- 운영비용보다 자본적 지출을 우선시함
- 펌프 혁신의 이점을 평가할 수 있는 능력이 제한됨

해결책

1. 전 생애 탄소 계산기를 통해

- 전략적 리더십 배출원 파악 및 감축 계획
- 조달 : 용도에 가장 적합한 제품 선택
- 운영 : 수명주기 비용을 이해하고 계획

2. 공급업체와의 기술 협력을 통해 신기술을 이해하고 이를 전 생애 탄소 모델에 통합한다.

CONTACT INFORMATION



Matt Boxall, Cambridge, UK

Matthew.boxall@xylem.com

Alexis de Kerchove, Stockholm, Sweden

Alexis.dekerchove@xylem.com

 CamScanner로 스캔하기



발표 종료 및 추가 문의

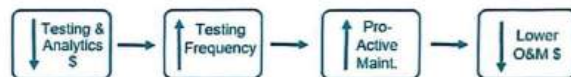
Matt Boxall, Cambridge, UK : Matthew.boxall@xylem.com

Alexis de Kerchove, Stockholm, Sweden : Alexis.dekerchove@xylem.com

Automated Estimation Of Pump Characteristics And Their Use Within Engineering, Operations, And Maintenance, Marcelo Cusacovich, United States

1. 연구 배경 및 목적

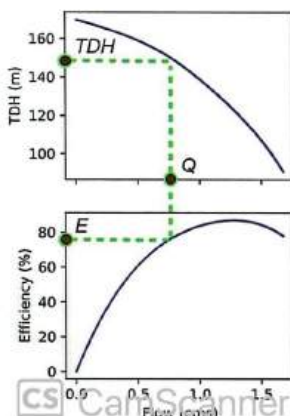
MOTIVATION



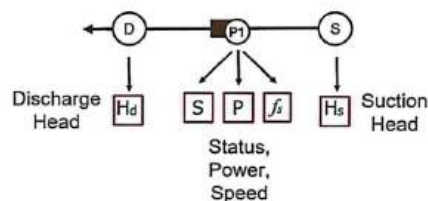
- Measurement of pump performance degradation from “baseline” manufacturer conditions normally requires specialized field testing and equipment
- Infrequent field testing leads to uncertain pump condition
- Pump operating points are not tracked — possible increased rates of wear and O&M cost
- Pump flow and efficiency degradation is not tracked — possible excess O&M cost

펌프 성능 저하를 자동으로 추정하고 이를 공학, 운영, 유지 보수 분야에서 활용하는 방법을 제시하는 데 중점을 둔다. 펌프의 성능이 제조사의 초기 기준 상태에서 시간이 지나면서 저하되는 문제를 해결하고자 한다. 특히, 펌프 성능 저하는 주기적인 필드 테스트가 부족할 때 제대로 파악되지 않으며, 이는 펌프의 마모와 운영 비용을 증가시킬 수 있다.

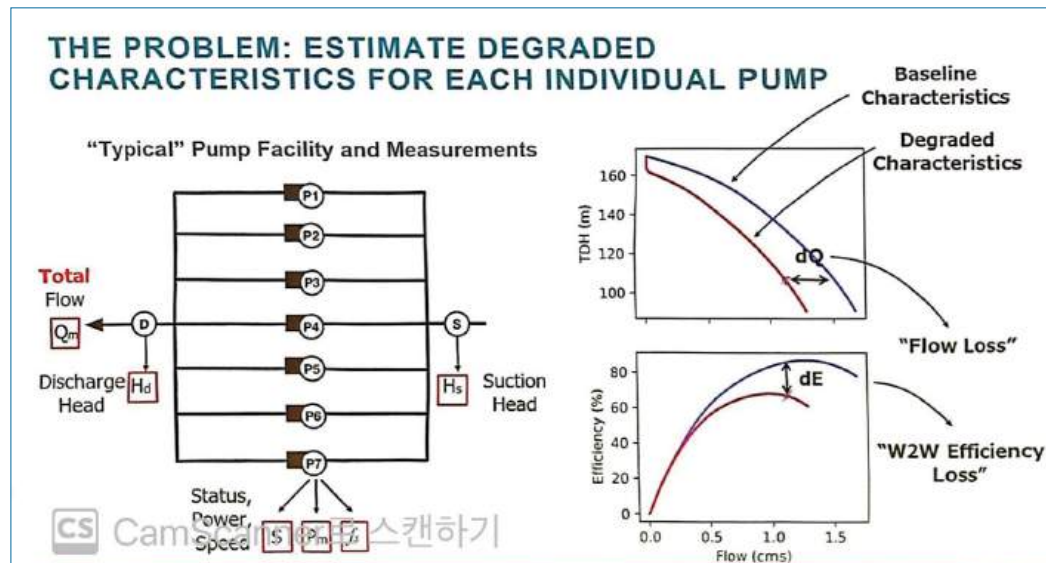
INDIVIDUAL PUMP ANALYTICS OVERVIEW



$$\begin{aligned}
 TDH &= H_d - H_s \\
 Q &= f(TDH, f_s) \\
 E &= f(Q) \\
 P &= \frac{\gamma \times Q \times TDH}{E}
 \end{aligned}$$



- Given TDH we can easily estimate individual pump flow (Q), efficiency (E), and motor input power (P)
- The individual pump head and efficiency curves are a simple model of pump behavior
- The standard affinity laws are used to model the effects of pump speed



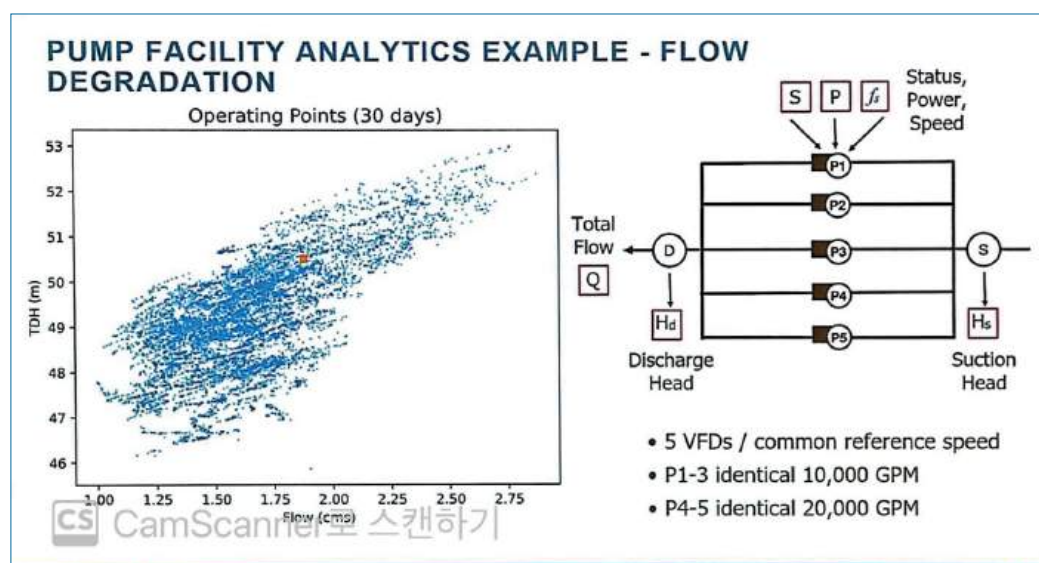
연구의 목적은 펌프의 성능 저하를 보다 정확하게 모니터링하고, 이를 통해 펌프 운영 지점을 추적하며, 성능 저하로 인한 효율 손실과 유량 감소를 자동으로 추정하는 시스템을 개발하는 것이다. 이를 통해 유지 보수 활동을 보다 효율적으로 계획하고, 운영 비용을 절감하며, 펌프 시스템의 전체적인 효율성을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다.

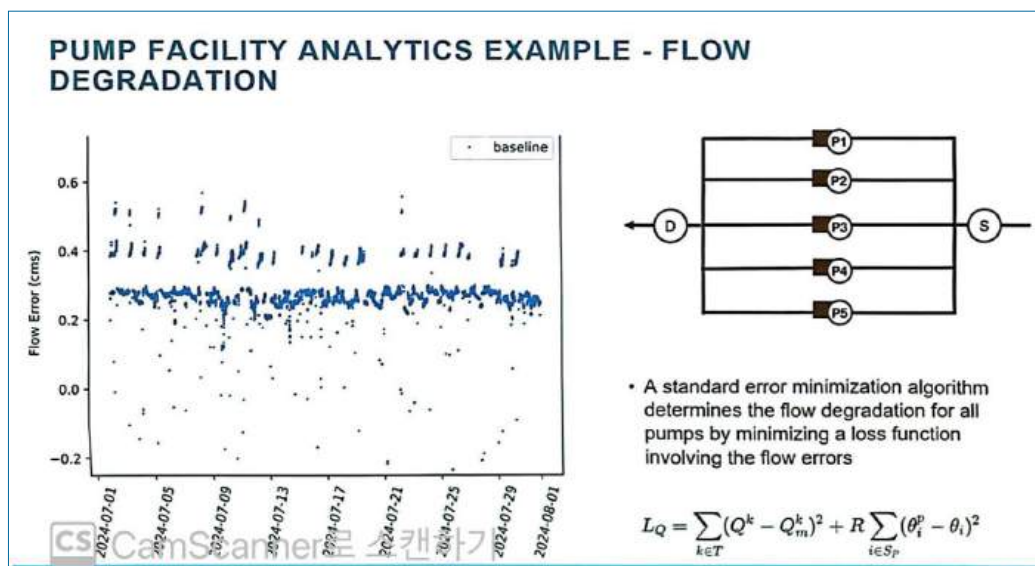
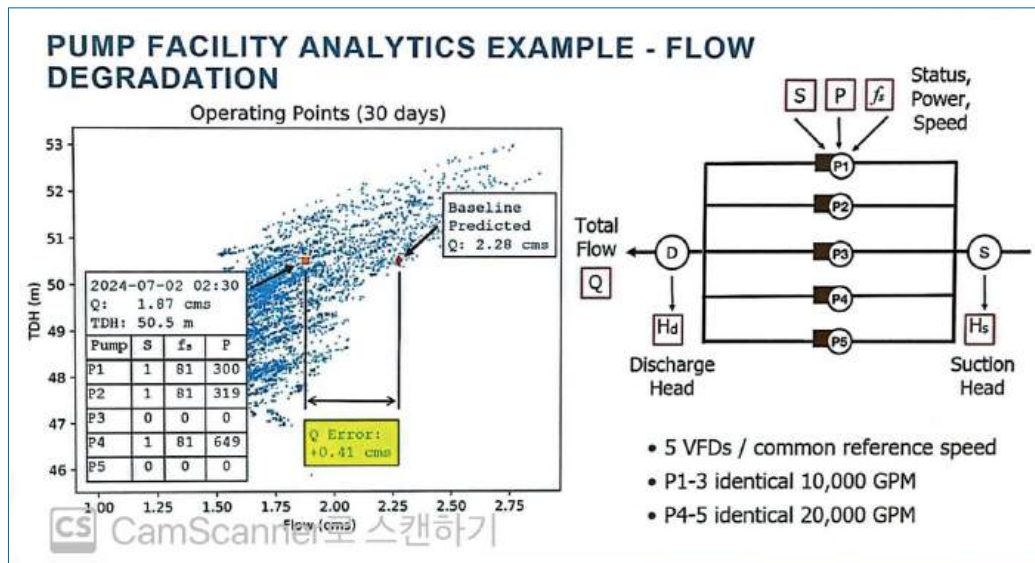
2. 연구 예시

유량 저하 분석 예제

이 이미지들은 30일 동안의 펌프 시설 운영 데이터를 바탕으로 펌프 유량의 저하를 보여준다. 그림은 펌프의 총 유량과 방출 헤드를 기준으로, 실제 측정된 유량과 예측된 유량 사이의 오차를 나타낸다.

각 펌프의 성능 저하를 분석하여 유량 오차를 계산하고, 펌프 성능이 어떻게 감소했는지 추적한다.





효율 저하 분석 예제

효율 저하와 관련된 그래프들은 펌프 시설 내 각 펌프의 효율 저하를 분석한다. 펌프의 전력 오류(예: 예상 전력 대비 실제 전력)를 사용하여 효율 저하를 평가한다.

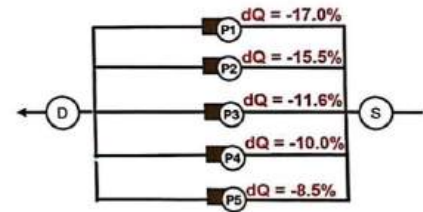
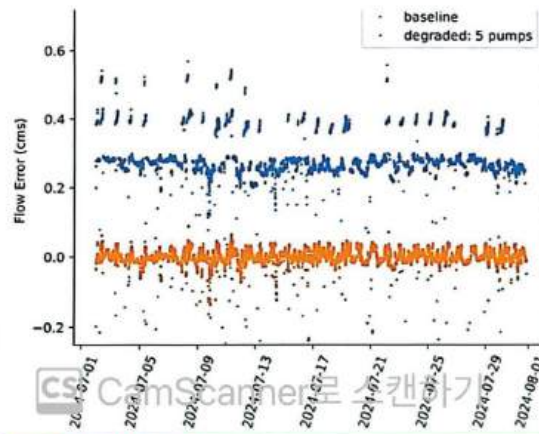
효율 저하는 시간이 지남에 따라 각 펌프의 성능 감소로 나타나며, 이를 통해 펌프의 유지 관리가 필요함을 시사한다.

저하 추정 검증

펌프 시설에서 개별 유량 측정과 전체 시설 유량 측정을 비교하여 유량 저하 추정의 일관성을 평가한다. 이 과정에서 펌프의 개별 유량과 전체 유량 측정 간의 일관성을 확인한다.

유량 및 효율 저하 추정을 검증하여, 특정 시점에서의 데이터 소음과 그에 따른 유량 손실 추정을 분석한다. 이를 통해 예기치 않은 갑작스러운 저하 변화를 감지할 수 있다.

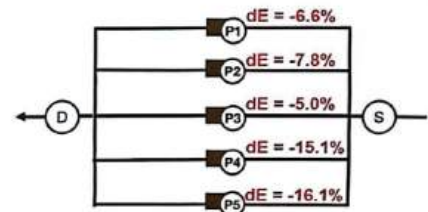
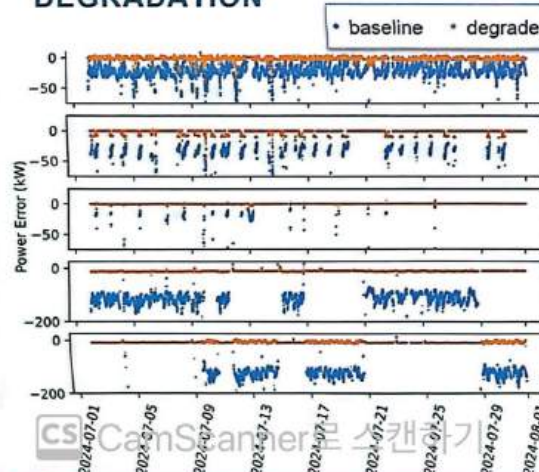
PUMP FACILITY ANALYTICS EXAMPLE - FLOW DEGRADATION



- A standard error minimization algorithm determines the flow degradation for all pumps by minimizing a loss function involving the flow errors

$$L_Q = \sum_{k \in T} (Q^k - Q_m^k)^2 + R \sum_{i \in S_P} (\theta_i^p - \theta_i)^2$$

PUMP FACILITY ANALYTICS EXAMPLE - EFFICIENCY DEGRADATION



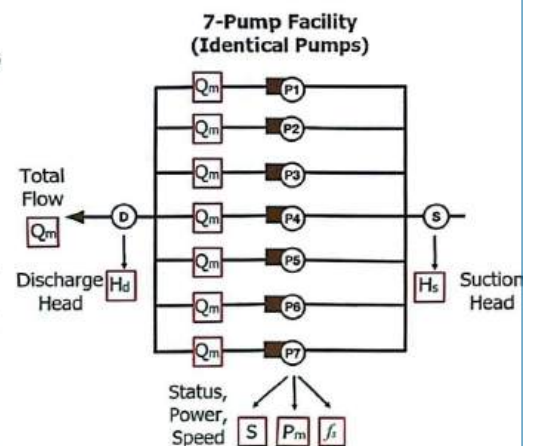
- A standard error minimization algorithm determines the efficiency degradation per pump by minimizing a loss function involving the power errors

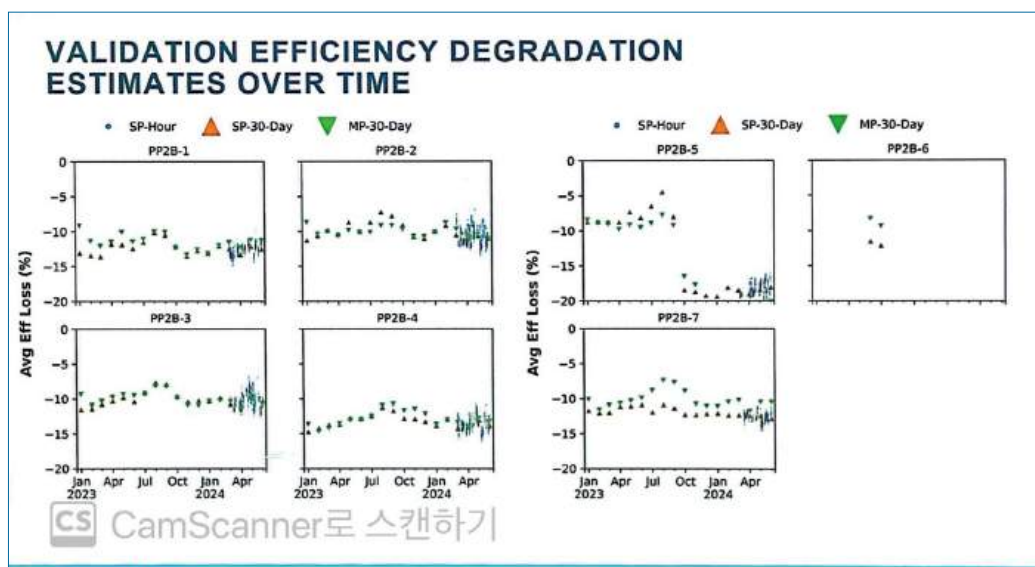
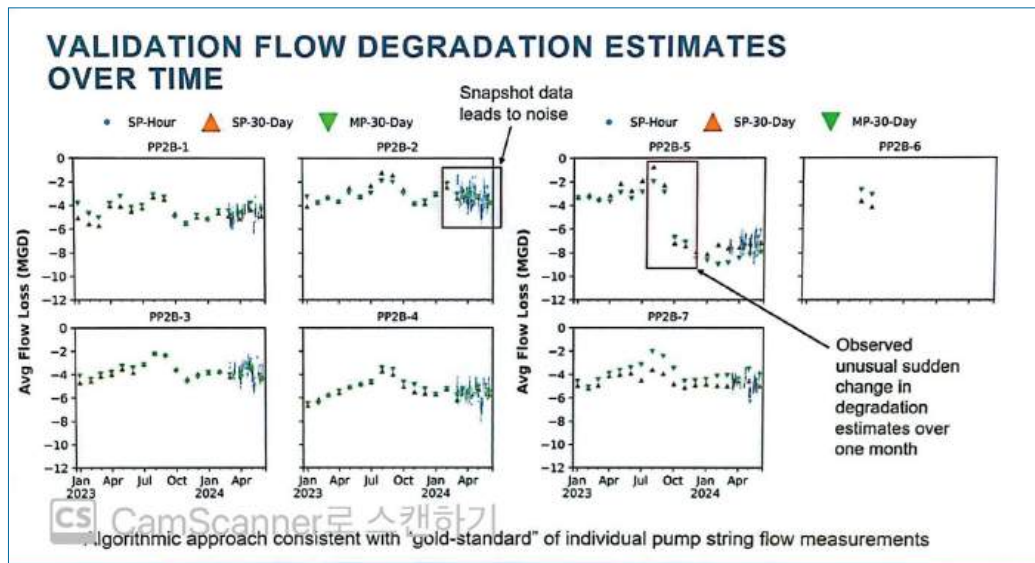
$$L_P = \sum_{k \in T} (P^k - P_m^k)^2 + R \sum_{i \in S_P} (\theta_i^p - \theta_i)^2$$

VALIDATION OF DEGRADATION ESTIMATES

- Facility with individual flow measures on each pump
- Are estimates obtained using individual flow measures consistent with only using total facility flow?
- Compare estimates to feasible manual calculations using limited data

Estimator	Description
SP-Hour	Individual pump flow metering over 1-hour data intervals
SP-30-Day	Individual pump flow metering over 30-day data intervals
MP-30-Day	Facility total flow metering over 30-day data intervals





3. 저전력 IoT

연구 배경 및 목표

기술 채택의 어려움 : 개발도상국에서의 기술 채택은 기존 '레거시 솔루션'에 의해 제한될 수 있으며, 비효율적인 인프라를 우회하고 모바일 솔루션을 통해 빠르게 이득을 얻는 방법이 연구의 주요 관심사이다.

사회적 영향 : 시민 사회와의 협력, 정부 간 지원 및 기부자의 기술 지원은 기술 솔루션의 채택을 촉진하는 데 중요하다.

연구 방법

혼합 연구 방법 : 질적 및 양적 데이터를 교차 검증하여 GIS 커뮤니티의 다양한 이해 관계자들로부터 데이터를 수집하였다.

주요 지역 : 연구는 남아시아와 남아프리카의 도시를 중심으로 진행되었다.

Canal de Isabel II is a public company that provides end-to-end water management in the region of Madrid (Spain)



Million people served



Municipalities



Distribution network length



PRESENTATION OUTLINE



- Technology Adoption, Utilities and the Global South
- Overview of Policy Research Setting and Technology Adoption
- The Case of Mapping and GIS based Solutions
- Research Method and Approach of Data Collection
- Summary of Utility Findings
- Informing Models for Technology Adoption

CS CamScanner로 스캔하기

SUMMARY OF RESEARCH SETTING



- Technology adoption is often constrained by 'legacy solutions'
- The ICT revolution has shown that by simply bypassing obsolete and dysfunctional infrastructure, developing country utilities have been able to realize 'rapid' gains through the deployment of mobile solutions
- Civil society actors and multilateral experts have invested in innovation, with project benefits ranging from end-to-end mobile solutions to map-based artifacts and layers of GIS facing technology solutions
- How far have such efforts benefitted utility asset management, particularly with respect to GIS technology adoption?

CS CamScanner로 스캔하기

유틸리티 관리자에게 주는 인사이트

시민 사회와의 정식 협정은 기술 채택을 촉진할 수 있으며, 이는 특히 비공식 정착지로의 서비스 확장에 도움이 된다. 기술 채택률은 동료들과 비교하고 '지식 교환'과 같은 방법에 기반하여 평가되어야 한다.

METHOD AND APPROACH



- We employ a mixed methods approach, triangulating qualitative and quantitative data across an epistemic GIS community of donors, civil society actors, consultants, utility managers and policy actors
- South Asia
 - Karachi, Lahore
 - Mumbai
 - Dhaka
- South Africa
 - Durban



CS CamScanner로 스캔하기

INSIGHTS FOR UTILITY MANAGERS



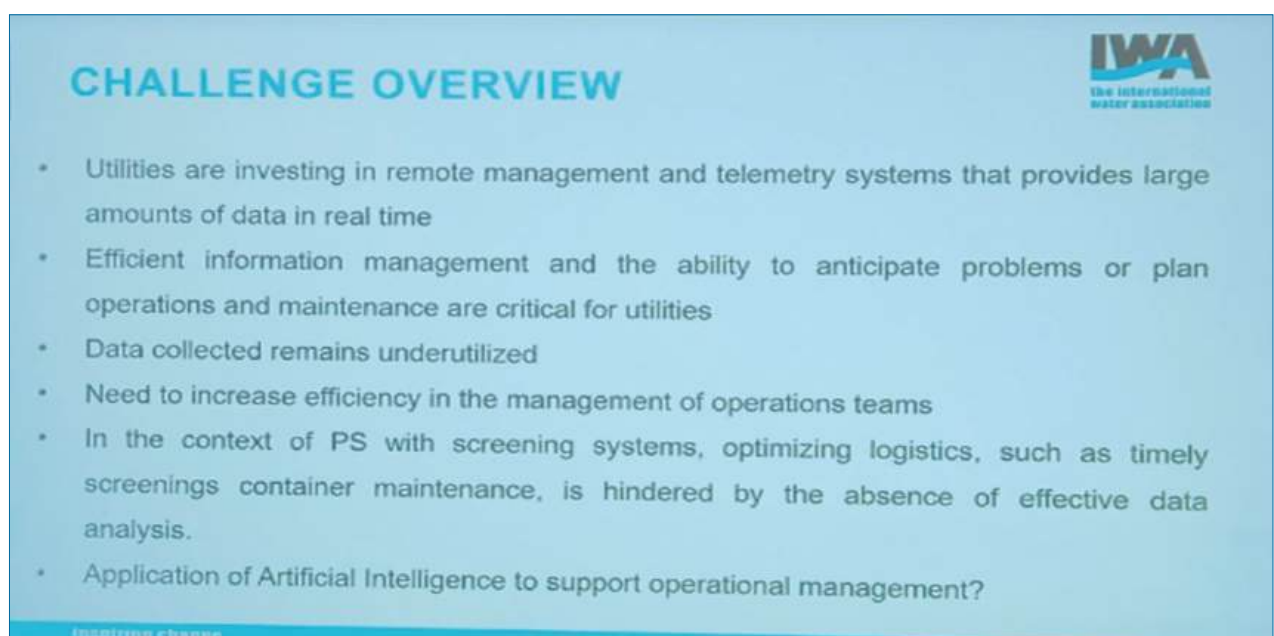
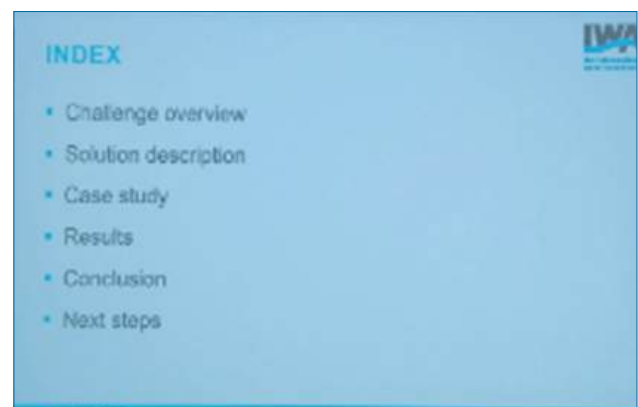
- Formalized arrangements with Civil Society can drive adoption
 - Capacity can be 'stretched' through formalized information sharing (maps for service delivery extension to informal settlements) from civil society to municipalities
 - Utilities who see civil society actors (and eventually institutions) as partners tend to do better
- Intergovernmental support and donor technical assistance is critical in fostering an environment for the adoption of technology solutions.
 - Policy support of and for utility data can elevate the profile of GIS layers for planning
- Technology Adoption rates should be compared with peers and based on methods such as 'Knowledge Exchange'
 - The Art of KE methodology 'anchor, define, design and develop, implement, measure and report' can galvanize relationships between utilities, institutions and civil society

CS CamScanner로 스캔하기

Digital maintenance approaches

Machine Learning To Support The Monitoring And Optimisation Of Pumping Stations Processes

Presenter : Rita Lourinho



본 발표는 펌핑 스테이션 프로세스 최적화 지원하기 위해 개발한 머신러닝 기술에 대한 것이다.

유틸리티 기업들이 실시간으로 대량의 데이터를 제공하는 원격 관리 및 원격 측정 시스템에 투자하고 있지만, 수집된 데이터는 충분히 활용되지 않고 있다.

특히 문제점은 배수 네트워크의 펌핑 스테이션에서 스크리닝 컨테이너 유지보수의 데이터나 데이터 분석을 통한 지원이 부족한 상황이다.

SOLUTION DESCRIPTION

Concept idea

If a human being can make a decision based solely and exclusively on what they see, then this sensor should also be able to do so

Main objective

Create and train an image sensor to measure the status level of a screening container





컨셉 아이디어는 사람이 시각적으로만 의사결정을 내린다면, 센서를 통해서도 시각적 상황 판단이 가능할 것이라 판단했다.

이미지 센서를 통해 펌핑 스테이션의 스크리닝 컨테이너 상태를 측정하는 시스템을 만드는 것이 목표이다.

SOLUTION DESCRIPTION - SENSOR

Image sensor using an intelligent vision system with data transmission

Composed of a module with LED lights, camera with adjustable lens, computer module and protected by a housing resistant to corrosive environments

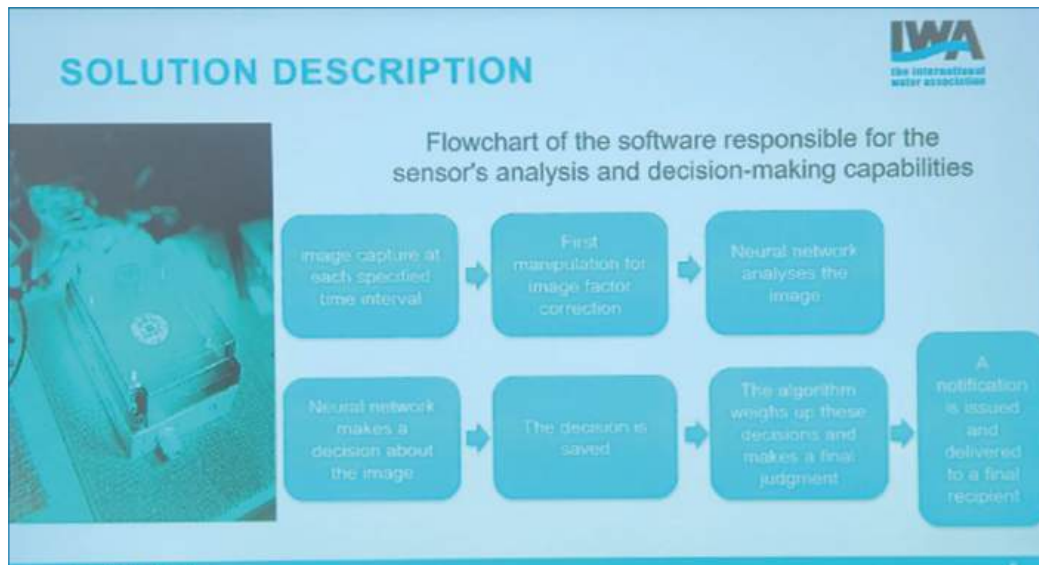
Association with image interpretation and analysis models, based on machine learning algorithms for pattern detection





- 지능형 비전 시스템 사용하여 데이터 전송
- LED 조명 모듈, 조정 가능 렌즈 카메라, 컴퓨터 모듈로 구성
- 부식성 환경에 견딜 수 있는 조치가 되어있음

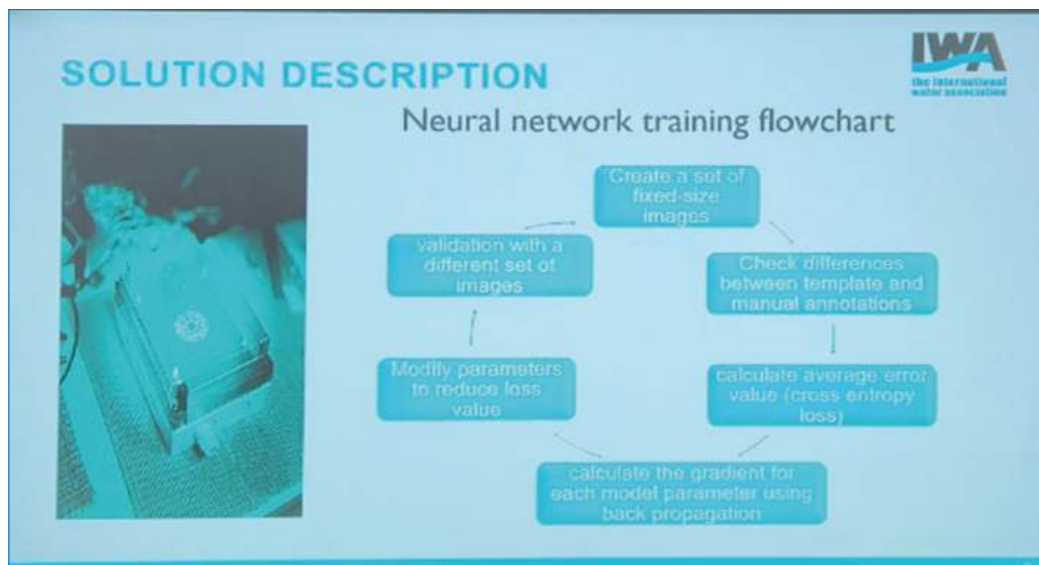
머신러닝 알고리즘 기반으로 한 이미지 해석 및 분석 모델과 결합되어 컨테이너 상태를 감지한다.



센서의 분석 및 의사 결정 기능을 담당하는 소프트웨어의 흐름도는 다음과 같다.

각 지정된 시간 간격마다 이미지 캡처

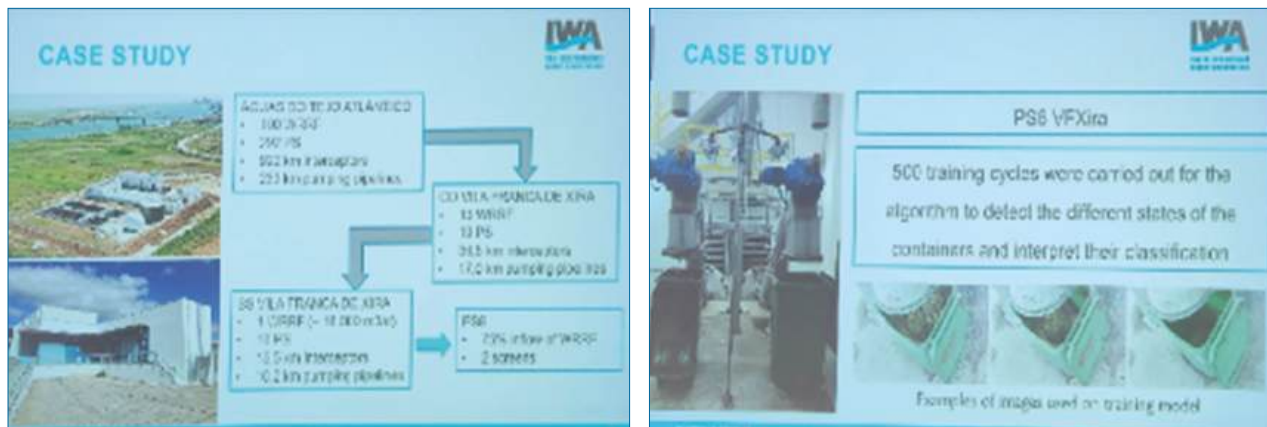
- 이미지 요소 수정을 위한 첫 번째 조작 → 신경망이 이미지를 분석
- 신경망이 이미지에 대해 결정을 내림 → 결정 저장
- 알고리즘이 이러한 결정을 평가하여 최종 판단을 내림
- 알림이 발행되어 최종 수신자에게 전달됨



신경망 훈련 흐름도

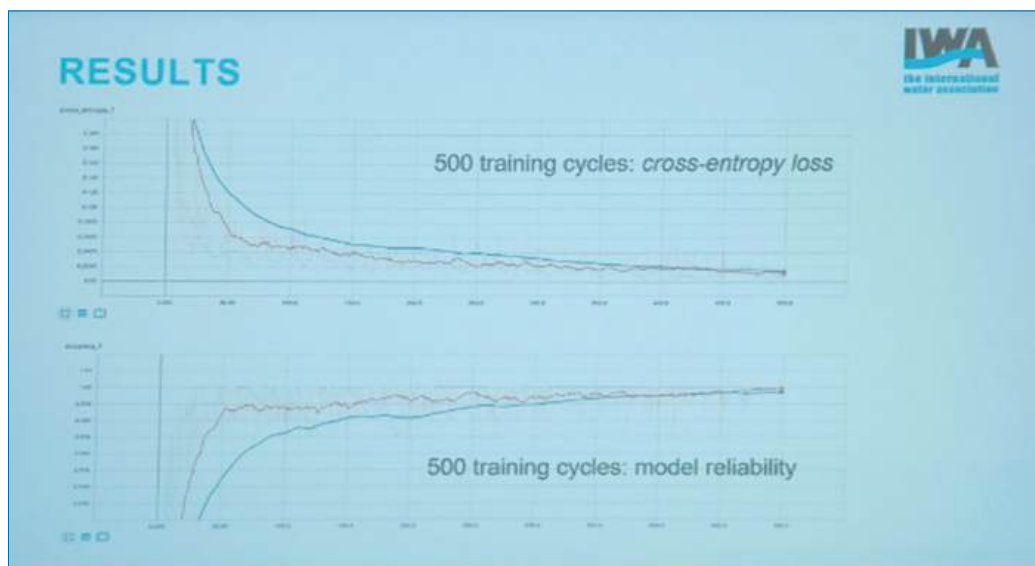
- 고정 크기의 이미지 세트를 만들 → 다른 이미지 세트를 사용하여 검증
- 템플릿과 수동 주석 간의 차이점 확인 → 손실 값을 줄이기 위해 매개변수 수정

- 평균 오류 값(교차 엔트로피 손실) 계산
- 역전파를 사용하여 각 모델 매개변수에 대한 기울기 계산



사례 연구

알고리즘이 컨테이너의 다양한 상태를 감지하고 분류를 해석할 수 있도록 500번의 훈련 사이클이 수행된다.



초기 훈련 사이클 동안 크로스 엔트로피 손실 값이 감소하고 모델 신뢰도가 100%에 가깝게 수렴한다. 즉, 목적에 적합하며 솔루션으로 구현 가능하다고 볼 수 있다.

RESULTS

Alarms are generated via SMS to the operation team's cell phone and emails are sent to the system manager and operation team with photos whenever the screening containers reach the defined high level



Examples of images of container: status full and empty



스크리닝 컨테이너가 설정된 높은 수준(80%)에 도달하면 경보가 운영 팀의 휴대전화로 SMS를 통해 생성되고, 시스템 관리자 및 운영 팀에게 사진과 함께 이메일이 발송된다.

CONCLUSION

Proof of concept on PS8 VFXira

The monitoring and alert system presents a promising solution for water utility management, in the context of infrastructure and asset optimization with a particular focus on screening containers, by providing real-time data on their fill levels

Use of neural networks to detect the state of screening containers is a reliable and economically viable option



PS8 VFXira에서의 개념 증명

모니터링 및 경보 시스템은 스크리닝 컨테이너의 충전 수준에 대한 실시간 데이터를 제공함으로써 인프라 및 자산 최적화를 위한 물 관리 솔루션으로 유망한 해결책을 제시한다.

스크리닝 컨테이너 상태를 감지하기 위한 신경망 사용은 신뢰할 수 있고 경제적으로 실행 가능한 옵션이다.

이 시스템은 더 나은 의사 결정 및 유지 보수 계획에 기여한다.

NEXT STEPS





- This system contributes to better informed decision-making and maintenance planning.
- It will be demonstrated in a larger-scale study, Alcântara subsystem, involving multiple PS to optimize operation team routes, potentially leading to cost savings.
- We are now installing another 8 systems.

environmental change
13

더 큰 규모의 연구인 알칸타라 서브시스템에서 여러 PS를 포함한 실험을 통해 운영 팀의 경로 최적화를 시도하고, 잠재적인 비용 절감을 기대고 있으며, 현재 8개의 추가 시스템을 설치 중이다.

BIBLIOGRAPHY





Thanks!

Poch, M., Comas, J., Rodríguez-Roda, I., Sánchez-Marrè, M., & Cortés, U. – *"Designing and building real environmental decision support systems"*. Environmental Modelling & Software 19, 2004, pp. 857–873. doi:10.1016/j.envsoft.2003.03.007

Chandarana, P., Vijayalakshmi, M. – *Big Data analytics frameworks*, 2014. doi: 10.1109/CSCITA.2014.6839299

Powel, D.J. – *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. Faculty Book Gallery, 67, 2002.

질문

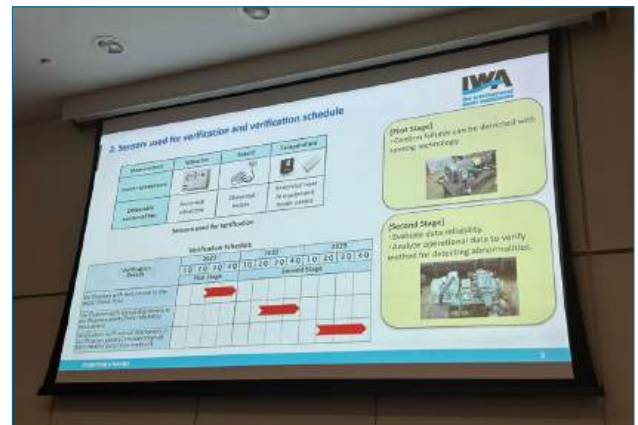
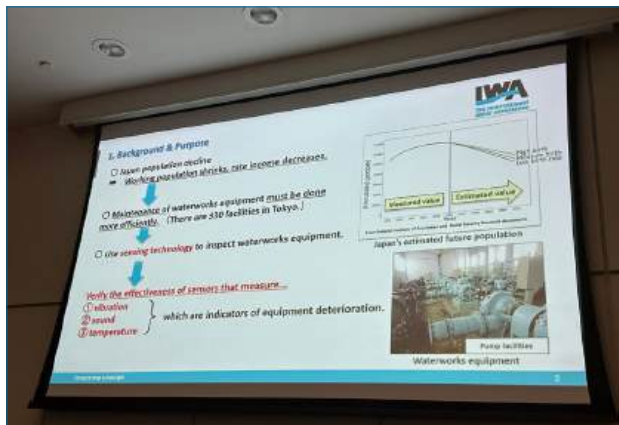
Q1. 신경망의 결과물이 알람을 보내는 것인지, 컨테이너 내부 물질량을 측정하는 것인지 궁금합니다.

A1. 컨테이너가 용량의 80%에 도달하면 알람이 울리고, 이를 통해 펌핑 스테이션에 가서 컨테이너를 교체해야 한다는 것을 알 수 있음. 이를 통해 펌핑 스테이션에 굳이 가보지 않아도 교체가 필요한지 확인할 수 있음. 또한, 각각의 펌핑 스테이션에서 운영 팀의 작업을 최적화하기 위해 시스템을 확장하여 사용하고자 함.

Digital Maintenance Approaches

Research On The Utilization Of Sensing Technology For The Maintenance And Management Of Water Supply Facilities, Motohiro Kobayashi

1. 발표 및 PPT 설명



일본의 가용인구가 줄어들고 있다. 따라서 waterworks 장비의 관리를 보다 효율적으로 바꿔야 한다 (현재 도쿄 도에는 330개 시설 존재). 따라서 sensing 기술을 사용하여 장비를 관리하는 것이 필요하다.

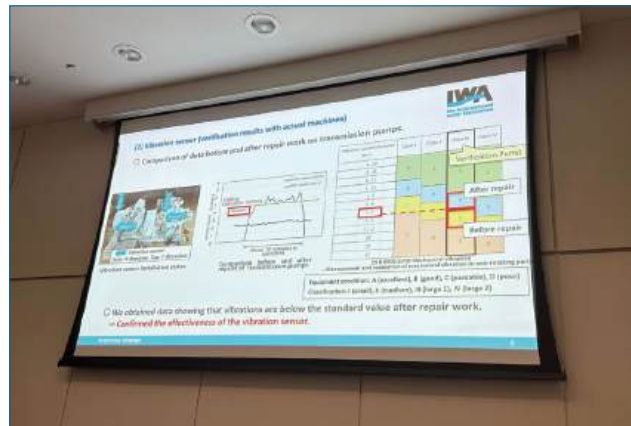
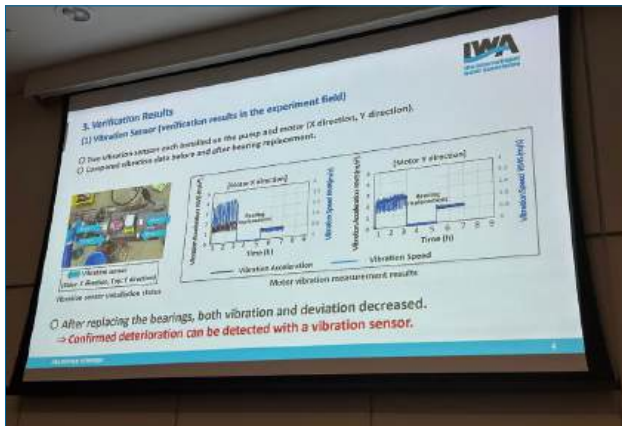
Sensing 기술

- Vibration
- Sound
- Temperature

관리를 위해 사용된 센서들을 소개하고 있다.

- Vibration : 이상 진동 감지
- Sound : 이상 소음 감지
- Temperature : 내부 패널의 이상 열 감지

First Stage에서는 sensing 기술로 이상현상을 감지할 수 있다. Second Stage에서는 data의 신뢰성을 평가하고, 이상 감지 방법을 검증하기 위해 operational data를 분석한다.



Vibration Sensor는 X축 방향과 Y축 방향으로 펌프와 모터에 설치 후 Vibration data를 비교. → 설치 전, 후를 비교 Vibration sensor가 이상을 감지했다.

Vibration Sensor로 감지한 데이터를 이용하여 repair work를 진행. 기준을 만족하여 Vibration Sensor의 효과 확인.

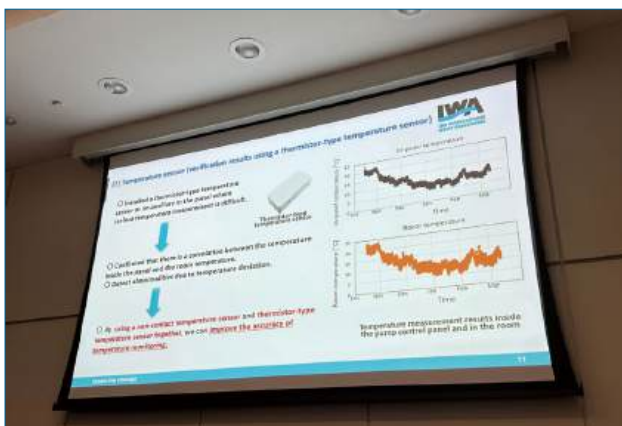


펌프와 모터에 Sound Sensor를 설치하여 정상 펌프와 이상 펌프를 비교.

2,700 Hz에서 이상 감지 (강한 소음).

이상 장비에서 소음이 발생했고, beat가 발견됨.

→ Sound sensor가 이상을 감지했다.



Water supply station에 repair work를 진행하여 데이터를 비교.

Sound pressure 데이터를 이용하여 repair work를 진행하였으며, 소음이 감소하는 것을 확인.

장비의 이상 감지 효과를 확인.

Temperature Sensor는 문 뒤에 위치시키고 non-contact로 표면 온도 측정.

Sensor는 적외선과 가시광선 카메라를 이용하여 온도를 측정.

높은 곳과 낮은 곳을 구분하고 이상이 발생 시에는 알람이 울림.

직접 표면 온도 측정이 어려운 곳에 thermistor 형태의 sensor를 설치.

패널 내 온도, 방 내부 온도의 상관관계를 확인하고 온도 편차를 통해 abnormality 확인.

non-contact temperature sensor, thermistor type temperature sensor를 같이 사용하여 정확성 향상.



Sensing technology

- 손쉬운 설치 가능, 배터리를 활용한 전력 공급, 무선 통신, 24시간 모니터링.
- 24시간 장비의 vibration, sound, temperature를 모니터링 가능.
- 정량적인 값으로 장비가 좋은 상황인지 결정하기 쉬움.
- 여러 센서를 활용하여 정확도 향상.
- abnormality와 failure 신호를 초기에 확인 가능.
- 미래 가용 인구의 감소에 따라 inspection에 필요한 인원을 줄일 수 있음.

2. 요약 및 정리

1. Sensing 기술의 적용

- Vibration (진동 감지)
 - 이상 진동을 감지하여 장비의 상태를 파악한다.
- Sound (소음 감지)
 - 이상 소음을 감지하여 장비의 이상 여부를 판단한다.

- Temperature (온도 감지)
 - 내부 패널의 이상 열을 감지하여 장비의 온도 이상을 확인한다.

2. 단계별 센싱 기술 활용

- First Stage : 센싱 기술을 통해 장비의 이상 현상을 초기 감지한다.
- Second Stage : 감지된 데이터의 신뢰성을 평가하고, 이상 감지 방법을 검증하기 위해 운영 데이터를 분석한다.

3. Vibration Sensor 적용 사례

- 펌프와 모터에 X축, Y축 방향으로 진동 센서를 설치하여 데이터를 비교 분석한다.
- 진동 센서 설치 전후 데이터를 비교하여, 이상이 감지된 경우 수리 작업을 진행한다.
- 수리 후 기준을 만족하여 진동 센서의 효과가 입증했다.

4. Sound Sensor 적용 사례

- 펌프에 소음 센서를 설치하여 정상 펌프와 이상 펌프를 비교한다.
- 2,700 Hz에서 강한 소음이 감지되었으며, 이는 이상 장비에서 발생한 소음으로 판명한다.
- 수리 작업 후 소음이 감소함을 확인하고, 소음 센서의 효과를 입증했다.

5. AI를 활용한 이상 소음 감지

- AI를 이용하여 정상 소리와와의 차이를 계산하고, 이상 소음 발생 시 수치로 표현한다.
- 수리 작업 후 AI를 재학습시켜, 이상 소음 발생 시도를 사전에 감지할 수 있다.

6. Temperature Sensor 적용 사례

- 문 뒤에 비접촉 온도 센서를 설치하여 표면 온도를 측정한다.
- 적외선과 가시광선 카메라를 이용하여 높은 곳과 낮은 곳의 온도 차이를 감지한다.
- Thermistor 형태의 센서를 추가 설치하여, 패널 내부 온도와 방 내부 온도의 상관관계를 분석하고 온도 편차로 이상을 감지한다.

7. Sensing 기술의 장점

- 설치가 간편하고, 배터리로 전력 공급이 가능하며, 무선 통신을 통해 24시간 모니터링이 가능하다.
- 장비 상태를 정량적으로 평가할 수 있어 관리가 용이하다.
- 여러 센서를 활용함으로써 정확도를 높이고, 초기 단계에서 이상 신호를 감지할 수 있다.
- 인구 감소에 대비해, 검사를 위한 인력을 줄일 수 있다.

이러한 센싱 기술을 활용한 장비 관리 시스템은 장비의 이상을 조기에 발견하고, 효율적인 수리 작업을 가능하게 하며, 인구 감소에 따른 관리 인력 부족 문제를 해결하는 데 기여할 수 있다.

TS 2.39 | 2조

Overcoming Diverse Water Challenges On The Ashbridges Bay Treatment Plant Outfall

Presenter : Kevin Waher, Canada

소속

- 해치(Hatch), 프로젝트 매니저(Project Manager) 및 수석 프로젝트 엔지니어(Senior Project Engineer)

세부 전공

- 도시 용수 및 폐수 프로젝트 설계
- 파이프 설계
- 유압 모델링
- 과도 및 트랜치리스 기술 응용
- 대구경 상수원, 하수도 및 유출구 터널링
- 프로젝트 관리
- 건설 비용 추정 및 스케줄링
- 건설 계약법

경력

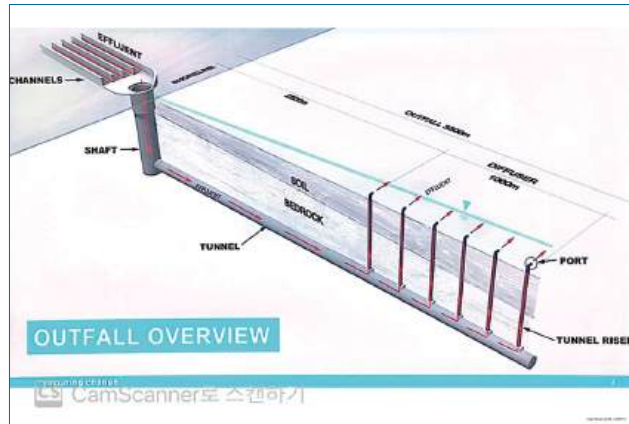
- 18년 이상의 경험을 보유한 프로젝트 매니저 및 수석 프로젝트 엔지니어
- 애쉬브리지 베이 처리장에서 건설 매니저(Construction Manager), 계약 관리자(Construction Administrator) 및 프로젝트 매니저(Project Manager) 역할 수행

프레젠테이션 PPT



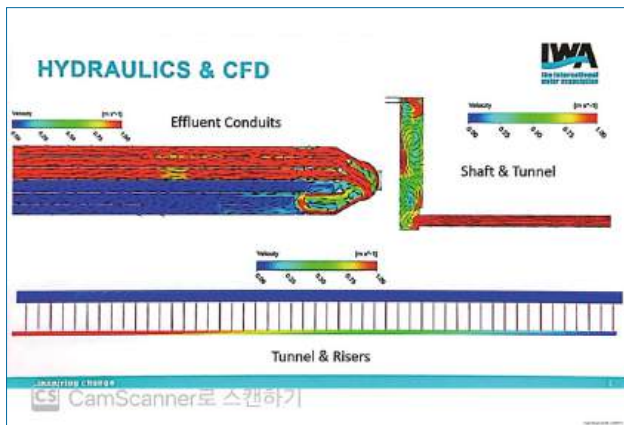
이제 제 소개를 시작하겠습니다. 제 이름은 Kevin이고, 저는 Hatch에서 근무하고 있습니다. 여러 가지 역할과 책임이 있지만, 그보다 중요한 것은 훌륭한 동료들과 함께 일하고 있다는 것입니다. 어제와 오늘 새로 만난 친구들, 그리고 여기 참석해 주신 기존 동료들, 지원해 주신 전문가 여러분들께 감사드립니다. 이 멋진 프로젝트에 대해 이야기할 수 있는 기회를 가지게 되어 영광입니다.

Ashbridges Bay 처리장은 토론토 시내 동쪽에 위치해 있으며, 캐나다에서 가장 큰 하수 처리장 중 하나입니다. 이 처리장은 토론토의 170만 명이 넘는 주민들이 배출하는 하수를 수집하고 처리합니다.



기존 오버플로우 시스템이 수명을 다해감에 따라, 폭우에 대비하고 처리된 유출수를 온타리오 호수로 운반하며 연방 및 주 수질 요건을 충족시키기 위해 새로운 오버플로우 시스템이 필요하게 되었습니다. 새로운 샤프트는 지하 약 85미터 깊이, 축구 경기장 길이 정도의 깊이에서 건설될 예정입니다.

이 샤프트는 해안이 근처에 위치하며, 직경 약 7미터, 2층 주택 둘레만큼의 크기의 터널을 포함합니다. 이 터널은 베드록 속으로 3.5킬로미터 길이로 이어지며, 골든 게이트 브리지보다 약간 더 깊습니다. 터널 끝에는 직경 약 1미터의 50개의 라이저가 있습니다.



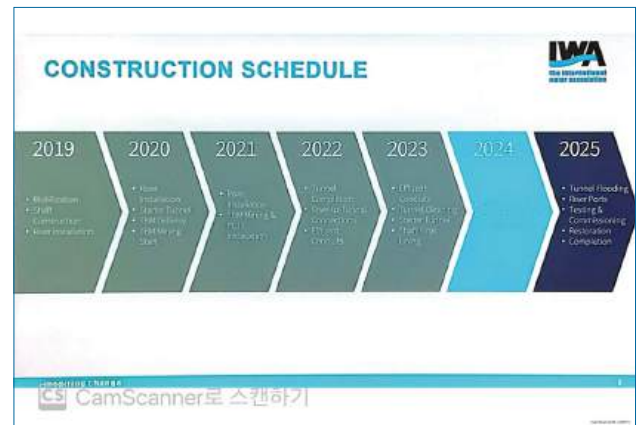
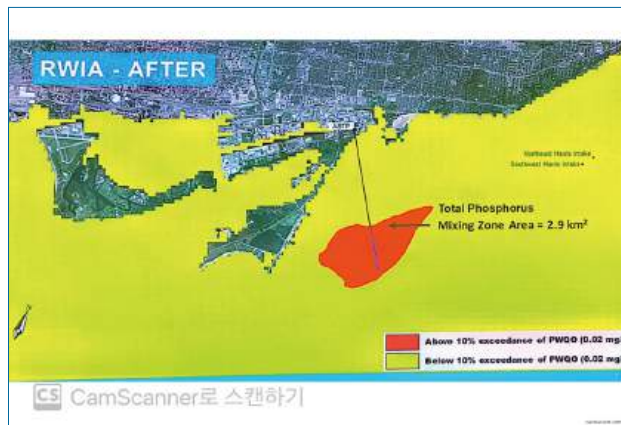
각 라이저는 길이 약 50미터로, 축구 경기장의 절반 정도 높이입니다. 아마 이 크기를 보고 놀라실 텐데요. 왜 이렇게 크냐고요? 이 시스템이 어떻게 작동하는지 설명드리겠습니다. 처리된 유출수는 6개의 유출수 통로를 따라 샤프트로 이동합니다.

이 통로 내의 물 수준이 샤프트에서 약간 증가하여 유출수를 샤프트 아래로 밀어내고, 터널을 따라 이동하며 각 라이저를 통해 분산됩니다. 라이저 끝에는 포트 또는 노즐이 설치되어 있어 처리된 유출수를 온타리오 호수로 효과적으로 분산시키게 됩니다.

이 시스템의 독특한 점은 중력만을 이용해 유출수를 이동시키며, 머리 높이가 1미터밖에 안 된다는 것입니다. 에너지를 아끼기 위해 이 시

시스템은 매우 큰 규모로 설계되었으며, 100년 동안 사용될 수 있도록 설계되었습니다. 이 프로젝트에는 많은 디자인 분석이 포함되었습니다.

우리는 유출수의 이동과 다양한 흐름 조건을 분석했고, 오염 물질의 이동을 예측하기 위한 모델링도 수행했습니다. 기존 오버플로우 시스템의 혼합 영역은 주로 해안선을 따라 형성되었지만, 새로운 시스템은 혼합 영역을 개선하여 해안선에서 멀리 떨어지게 할 것입니다.



설계 단계는 예산 안에서 제때 완료되었고, 2018년 말에 Southland에게 계약이 수주되었습니다. 2019년 초에 공사가 시작되었고, 약 5년간의 공사 기간을 예상하며, 2025년경에 완공될 예정입니다.



새로운 오버플로우 시스템의 건설에는 매우 전문화된 해양 건설 방법과 물류가 필요합니다. 특히, 공사 중에는 포트 토론토에서 해상으로 작업장에 접근해야 했으며, 45분이 걸리는 이동 시간이 물류에 큰 도전 과제가 되었습니다.

한때는 14개 이상의 해양 선박이 호수에 동원되어 협력과 소통, 조정이 매우 중요했습니다. 특히 악천후가 작업 계획에 영향을 미치기도 했습니다. 해양 건설에서는 가능한 한 물 위에서 작업을 많이 하는 것이 목표입니다. 이 프로젝트에서는 인도에서 제작된 스테인리스 스틸 파이프를 사용했으며, 각 라이저는 보호 장치 내에서 설치되었습니다.

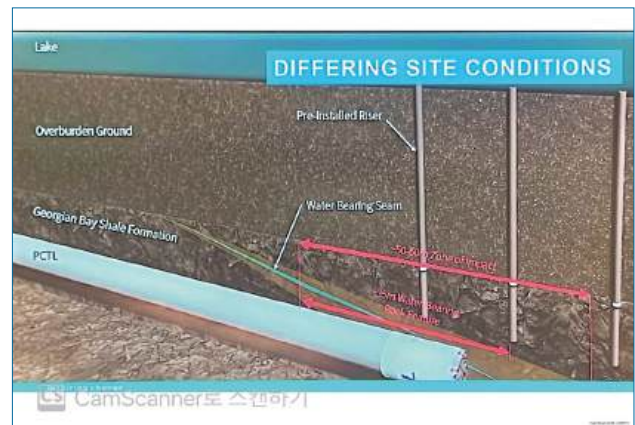
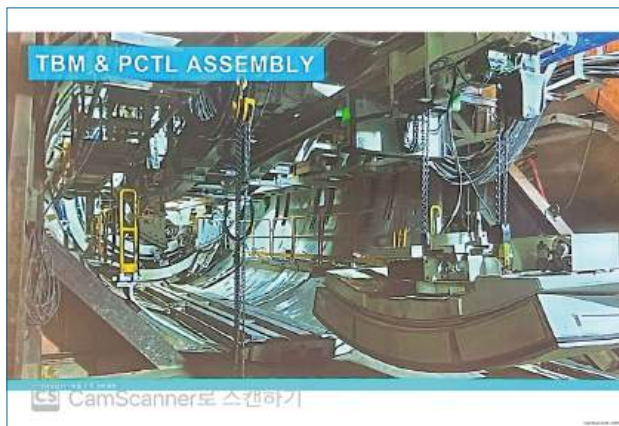


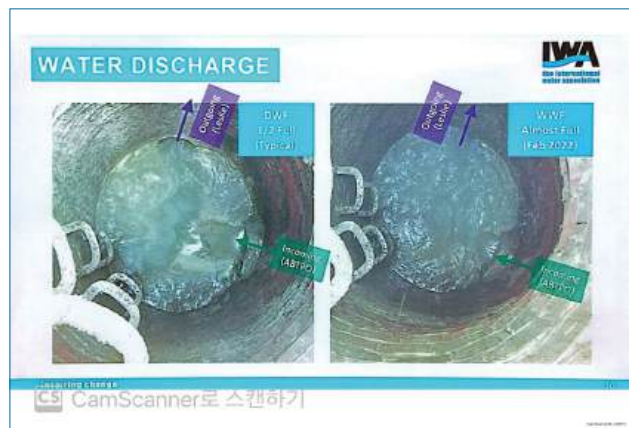
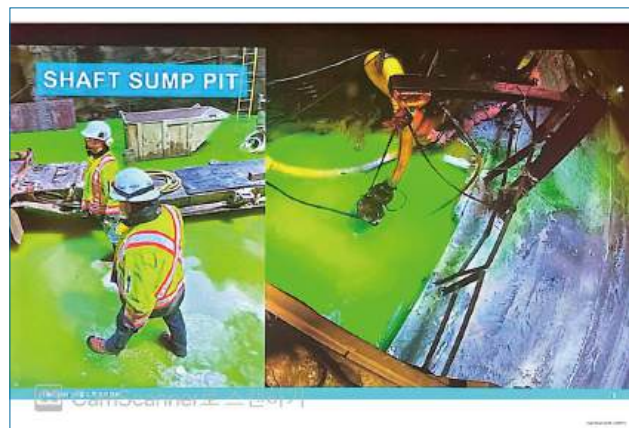
라이저 파이프는 수압 테스트를 거친 후 설치되었으며, 설치 후에는 보호 구조물과 콘크리트로 밀봉되었습니다. 터널 아래로 라이저를 연결하는 작업도 완료되었습니다.

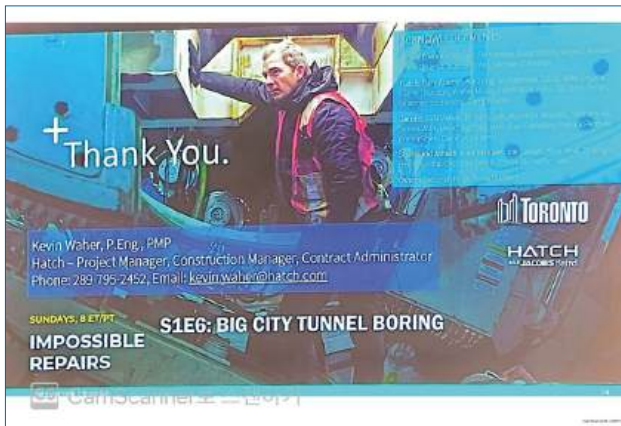


터널 굴착 작업도 매우 중요했습니다. 각 라이저는 위치에 따라 맞춤형으로 설계되었습니다. 공사 중에는 모든 터널 라이저 연결을 완성하고 청소하는 작업이 안전하게 완료되었습니다. 최종 연결 작업이 진행 중이며, 2025년에 터널을 완성하고 큰 성과를 기대하고 있습니다.









결론적으로, 이 프로젝트에 함께한 모든 사람들에게 감사의 말씀을 전하고 싶습니다. 이 프로젝트를 통해 많은 도전 과제를 해결했고, 앞으로도 성공을 축하할 기회를 기대하고 있습니다.

이와 관련된 다큐멘터리가 존재하며, 그것을 보며 내가 왜 엔지니어가 되었는지 다시 생각하게 됩니다. "Impossible Repair" 시즌 1, 에피소드 6을 찾아보세요. 비록 약간 극적으로 연출되었지만, 우리 프로젝트와 비슷한 주제를 다루고 있습니다. 다 함께 문제를 해결해나가는 과정이 중요합니다. 감사합니다.

1. 프로젝트 소개

이 발표는 케빈이라는 이름의 발표자가 진행한 프로젝트에 대한 이야기이다. 이 프로젝트는 토론토 동쪽에 위치한 애쉬브리지스 베이 처리장의 방류관을 개선하는 것을 목표로 한다. 기존의 방류관이 수명이 다해 새로운 방류관이 필요하게 되었으며, 이 프로젝트는 14년 동안 진행된 대규모 공사이다.

2. 방류관 시스템

새로운 방류관은 지하 약 85미터 깊이에 건설될 예정이다. 이 터널은 약 3.5킬로미터 길이로 온타리오 호수의 바닥을 관통하게 되며, 중력만으로 폐수를 처리하고 배출하는 시스템이다. 터널의 끝에는 50개의 라이저가 설치되어 있으며, 각각은 처리된 폐수를 호수로 분산시키는 역할을 한다.

3. 설계 및 분석

이 프로젝트의 설계는 기후 변화로 인한 온타리오 호수 수위 상승을 고려하여 진행되었다. 또한, 터널과 방류 시스템이 100년 동안 안정적으로 작동할 수 있도록 여러 가지 설계 및 분석 작업이 이루어졌다. 프로젝트는 예산 내에서 제때에 완료되었으며, 현재 2025년 완공을 목표로 하고 있다.

4. 시공 및 도전 과제

프로젝트는 매우 특수한 해양 건설 방법과 물류를 필요로 했다. 특히, 터널 공사 중 많은 수의 해양 선박이 동원되었으며, 복잡한 작업 조정과 커뮤니케이션이 필요하였다. 프로젝트 진행 중에는 여러 번의 도전과제가 있었으며, 특히 터널링 과정에서 예상치 못한 물 유입 문제를 해결해야 했다.

질문 및 답변 내용 요약

Q1. "메인 터널의 정렬을 유지하면서 어떻게 라이저와 일치시킬 수 있었는가?"

A1. 최고의 측량 전문가들이 협력하여 정렬을 여러 번 검증하고, 추가적인 안전장치를 마련하였다. 이 과정에서 많은 긴장과 노력이 필요했지만, 최종적으로 성공적인 결과를 얻었다.

Q2. "터널링 작업 중 발생한 폐수를 처리하기 위해 어떤 처리 방법을 사용하였는가?"

A2. 주로 침전 탱크를 사용하여 물의 흐름을 느리게 하고, 침전된 물질을 제거하는 방식으로 폐수를 처리하였다. 추가적인 정기적인 테스트를 통해 처리된 폐수가 기준에 부합하는지 확인하였다.

TS 2.20 | 6조

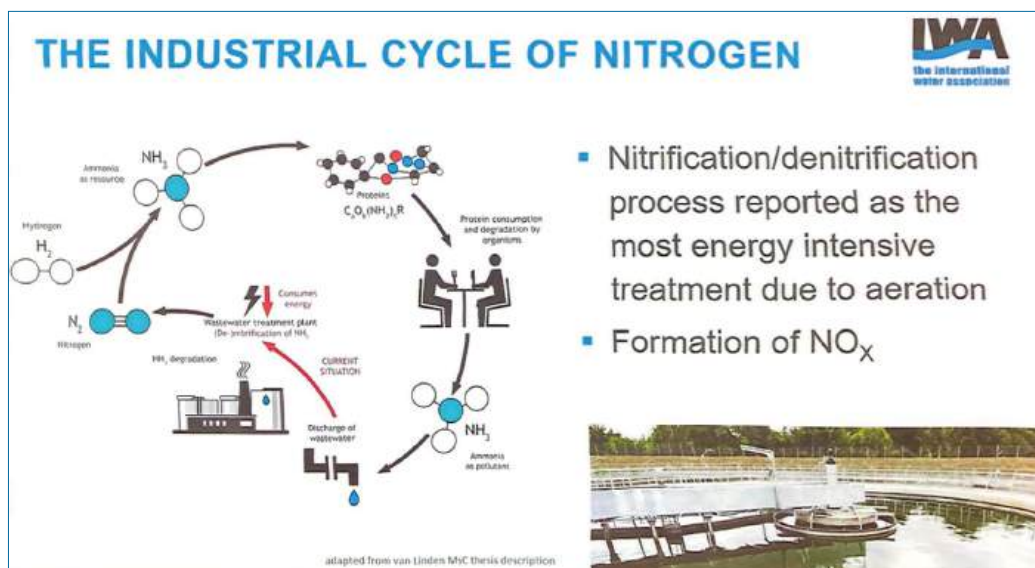
MEMBRANE APPLICATIONS IN WASTEWATER MANAGEMENT - SESSION 2

Turning Waste Into Resources: Ammonia Recovery From Wastewater With Bipolar Membrane Electrodialysis, Sebastien Allard, Australia (1번째 발표)

1. 소개 및 배경

이온 교환 멤브레인 기반 기술을 중심으로 암모니아를 폐수에서 회수하는 방법에 대해 설명한다. 이 기술은 기존의 압력 구동 멤브레인 기술과는 다른 접근법을 사용하여 에너지 절약과 비용 절감을 목표로 하고 있다.

2. 프로젝트 개요

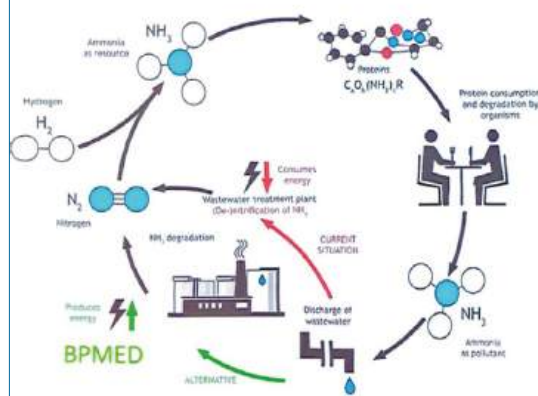


CRU에서 암모니아를 회수하는 프로젝트를 진행 중이다. 이 프로젝트의 목표는 공기 중의 질소(N_2)와 메탄(CH_4)에서 얻은 수소(H_2)를 이용해 암모니아(NH_3)를 생산하는 것이다. 생산된 암모니아는 비료로 사용되며, 이 암모니아는 단백질에서 발견되는 질소 형태로 식품(예: 곡물, 육류 등)에 포함되어 있다. 이 단백질이 인간에 의해 섭취되고, 다시 식물로 돌아가 폐수 처리장으로 이동하게 된다.

3. 암모니아 폐수 처리의 문제점

암모니아 폐수 처리 과정은 매우 비효율적이며, 전체 비용의 80%를 차지할 정도로 높은 에너지를 소비한다. 또한, 이 과정에서 많은 양의 온실가스가 배출되기 때문에 환경적으로도 문제가 된다.

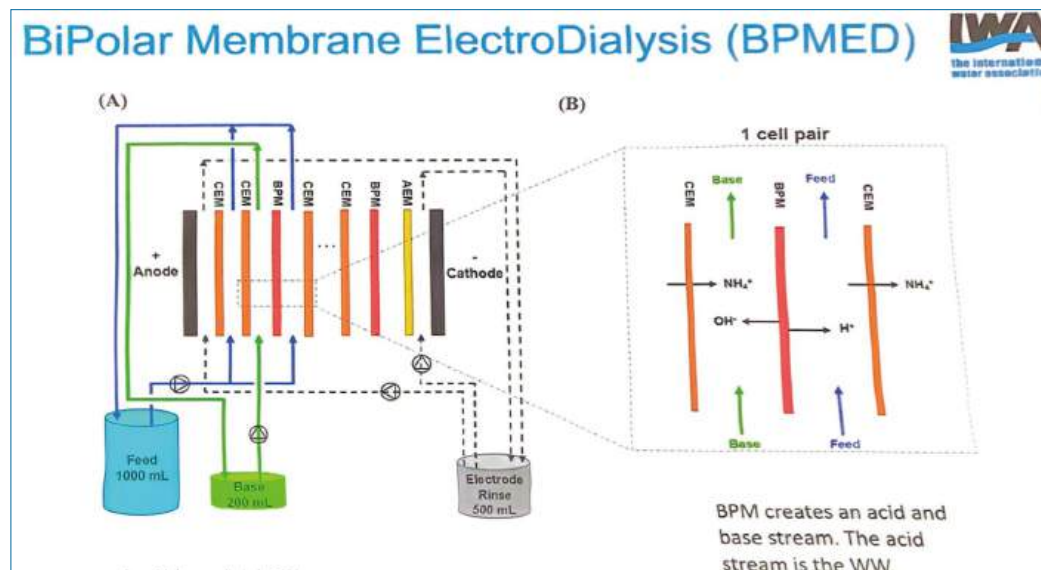
ALTERNATIVE: BIPOLAR MEMBRANE ELECTRODIALYSIS (BPMED)



- Recovery of NH_3 and energy production from wastewater or use as fuel
- Reduction in wastewater treatment costs through reduced need for aeration
- Reduction of greenhouse gas emissions (N_2O)
- Establishment of a sustainable NH_3/H_2 energy industry based on circular economy principles

4. 새로운 접근법 : 이온 교환 멤브레인 기술

이온 교환 멤브레인 기술을 사용하여 폐수에서 암모니아를 회수하는 방법이 새로운 접근법이다. 이 기술의 주요 특징은 다음과 같다.

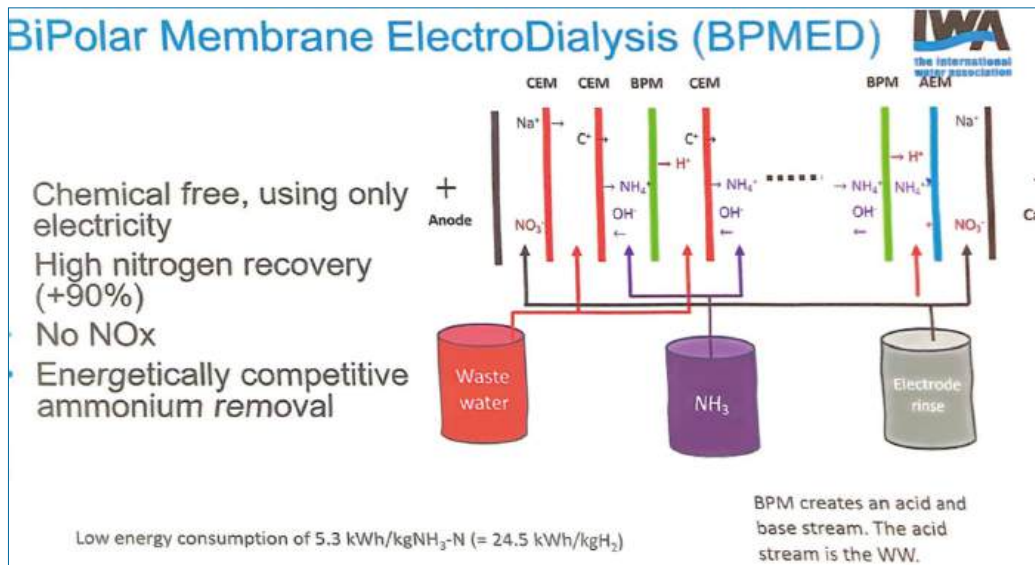


양극성 막(BPMs, Bipolar membranes)

물 분해 과정에서 해리 반응을 일으켜 양성자와 수산화이온의 분리를 촉진하는 이온 교환막이다. 이 멤브레인은 물을 산성 흐름과 염기성 흐름으로 분리한다. 산성 흐름에서는 암모니아가 양이온(NH_4^+) 형태로 존재하며, 양이온 교환막(CEM, cation exchange membrane)을 통해 이동하여 순수 암모니아로 회수된다.

전기 구동 방식

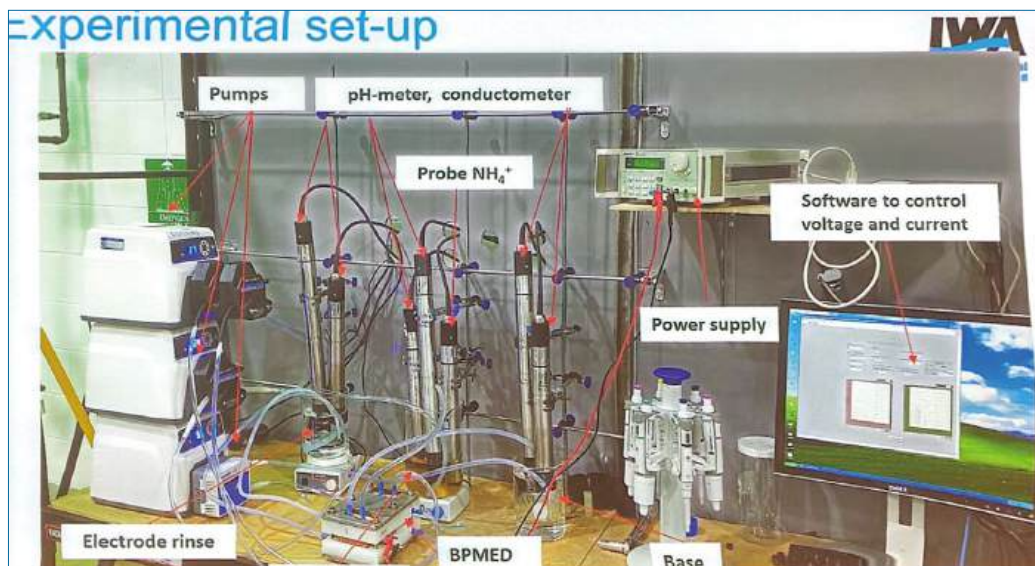
이 시스템은 전기만을 사용하며, 압력 구동 공정이 아니기 때문에 전력 소비가 매우 적다. 이에 따라 기존의 암모니아 처리 공정과 비교했을 때 에너지 효율이 높다.



화학 물질 사용 최소화

이 기술은 화학 물질을 거의 사용하지 않으며, 그 결과 비용 절감과 함께 환경에 미치는 영향도 줄일 수 있다.

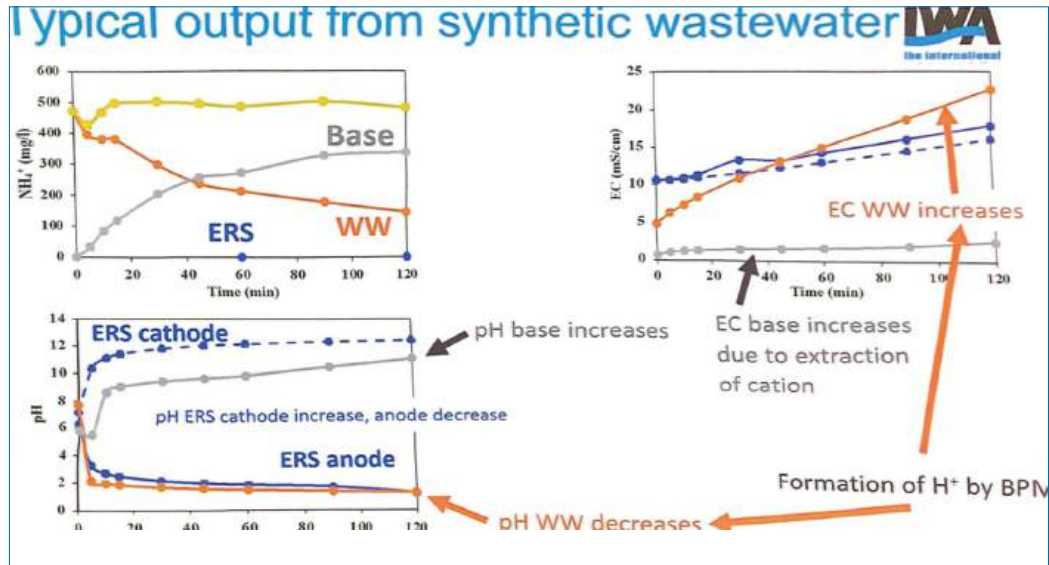
5. 실험 및 결과



합성 폐수 실험

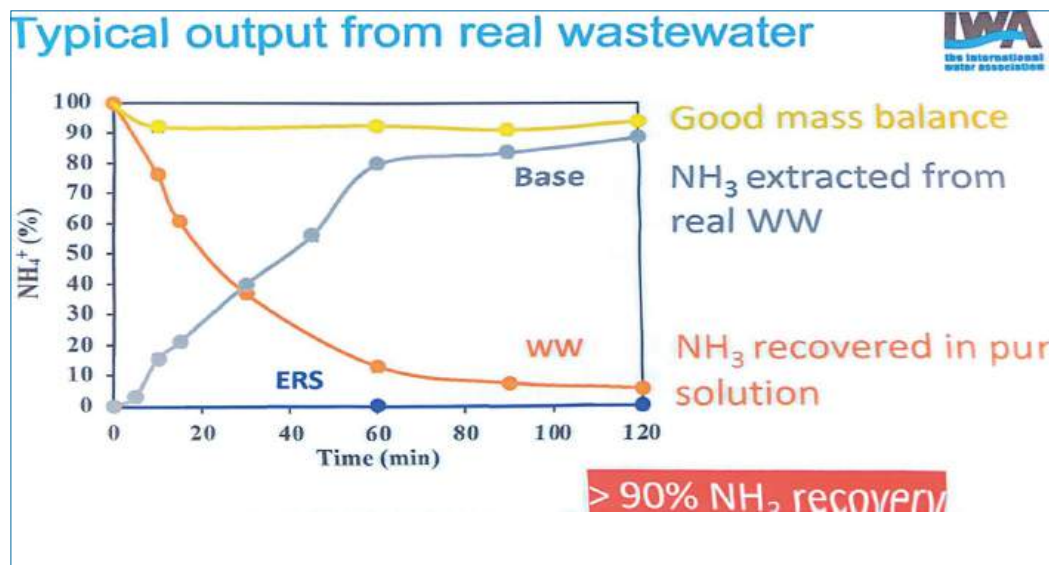
먼저, 합성 폐수를 사용해 시스템이 정상적으로 작동하는지 확인했다. 실험 결과, 폐수에서 암모니아를 성공적으로 회수하고, 암모니아가 다른 흐름으로 유출되지 않도록 하는 데 성공했다.

합성 폐수 실험 결과



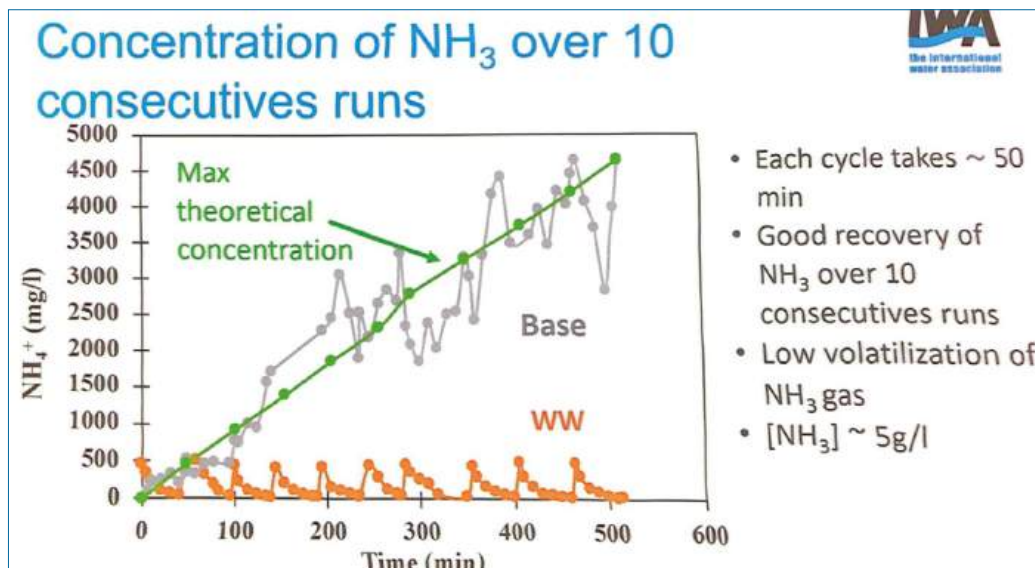
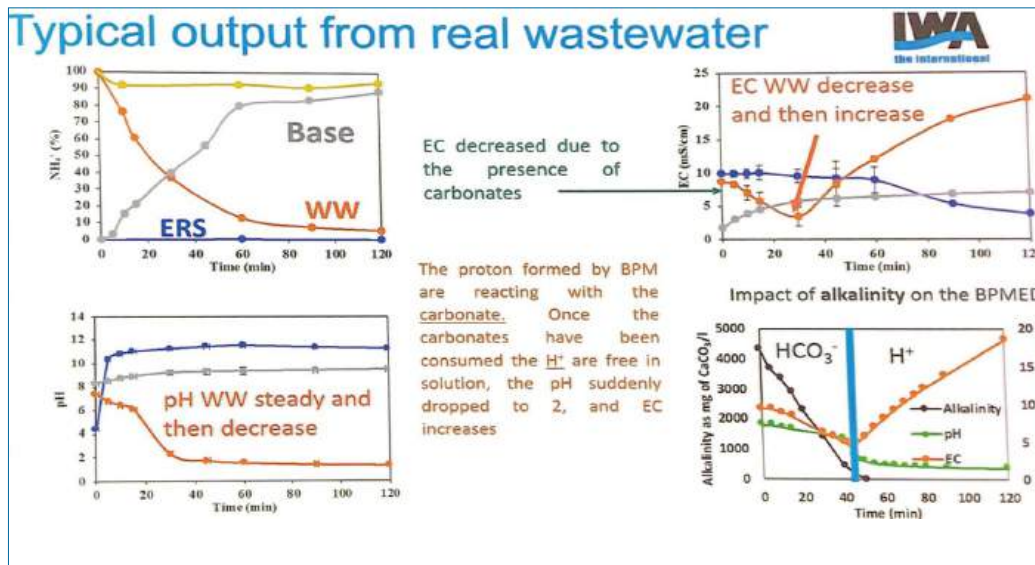
전도도 및 pH 변화 관찰 : 실험 과정에서 폐수의 전도도와 pH 변화를 추적했다. 암모니아가 제거되면서 전도도가 증가하는 현상을 관찰했으며, 이는 양성자가 암모니아보다 높은 전도도를 가지기 때문이라는 결론을 얻었다.

실제 폐수 실험 : 실제 폐수를 사용해 추가적인 실험을 진행했다. 이 과정에서 폐수의 알칼리도가 시스템의 작동에 영향을 미친다는 것을 발견했다. 이 실험에서는 폐수와 합성 폐수 간의 전도도 및 pH 변화 패턴이 다를 것을 확인했다.



장기 실험

이 시스템의 장기적인 안정성을 확인하기 위해 여러 차례 실험을 반복했다. 결과적으로 이 시스템은 암모니아를 안정적으로 회수하고 농축할 수 있으며, 이는 향후 에너지 생산 및 비료 생산에 중요한 기술로 활용될 수 있음을 확인했다.



6. 결론 및 향후 계획

이번 연구를 통해 이온 교환 멤브레인 기술을 사용하여 암모니아를 폐수에서 효율적으로 회수할 수 있음을 입증했다. 이 기술은 화학 물질 사용 없이 전기만으로 작동하며, 에너지 소비가 매우 적다. 따라서 기존의 암모니아 처리 공정보다 비용 절감과 환경 보호에 큰 이점을 제공한다. 향후 연구에서는 이 기술을 더욱 발전시키고, 산업적으로 확대하여 적용할 계획이다. 또한, 최적화를 통해 시스템의 성능을 더욱 개선할 예정이다.

Challenges in Sewerage and Sewer Management

Increasing Flexibility of Control in Sewer Management

Presenter : Rodrigo da Silva Gesser, Luxembourg

CSO 감소를 위한 합류식 하수도 최적화 모델의 개발

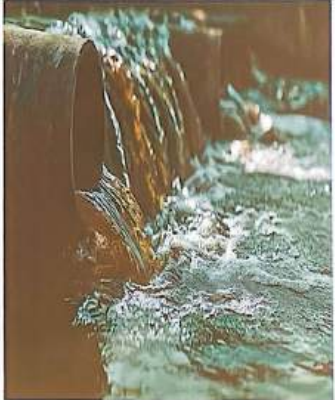
발표의 큰 틀

룩셈부르크의 하수 관리 시스템을 중심으로 하수 관리 시스템의 유연성을 증가시키는 방법을 주요 주제로 다룬다.

CENTRAL PROBLEM - SOLUTION

Untreated wastewater flows directly into receiving water during rain events

- The fundamental problem is that our sewer systems are overloaded during rain events and cannot cope with the volume
- Much of the pollutants in wastewater never make it to the sewage treatment plant, but end up untreated in our rivers, lakes and streams
- RTC4Water builds integrated control systems to minimise the volume that overflows into receiving waters using model predictive controllers (MPC)





inspiring change
2

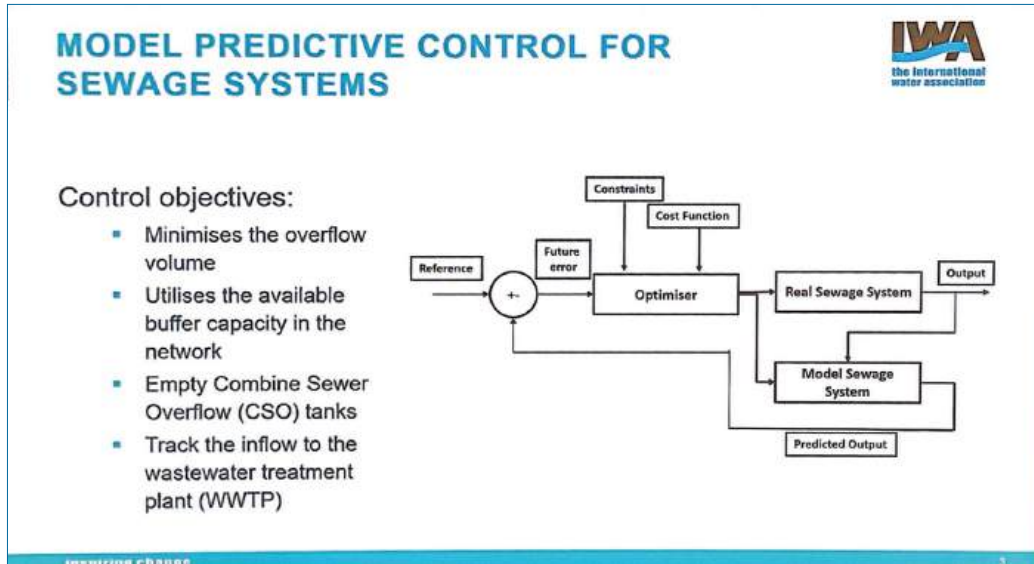
룩셈부르크의 하수 시스템 문제 - 해결책

- 룩셈부르크의 하수 시스템은 복합 하수도(combined sewer) 시스템으로 운영된다.
- 이 시스템의 주요 문제는 비가 내릴 때 미처리된 하수가 강, 개천, 하천과 같은 수계로 직접 방류되는 CSO(Combined Sewer Overflow) 현상이다. CSO를 방지하기 위해 룩셈부르크에서는 제어 시스템을 개발했으며, 이 시스템은 모델 예측 제어(Model Predictive Control, MPC) 기법을 사용하고 있다.

모델 예측 제어(Model Predictive Control, MPC)

- MPC는 하수 시스템의 모델을 만들어서 이 모델을 바탕으로 예측을 수행한다. 예를 들어, 비가 오면 오버플로우가 발생할지 예측하고, 이 예측을 바탕으로 하수 관리의 최적화를 시도한다.

- 구체적으로는 오버플로우가 발생할 것으로 예측될 때, 특정 탱크의 유량을 증가시켜 오버플로우를 방지하는 것이다. 기존 시스템에서는 유량이 고정되어 있었지만, MPC는 밸브와 펌프를 활용해 유량을 조절할 수 있다.

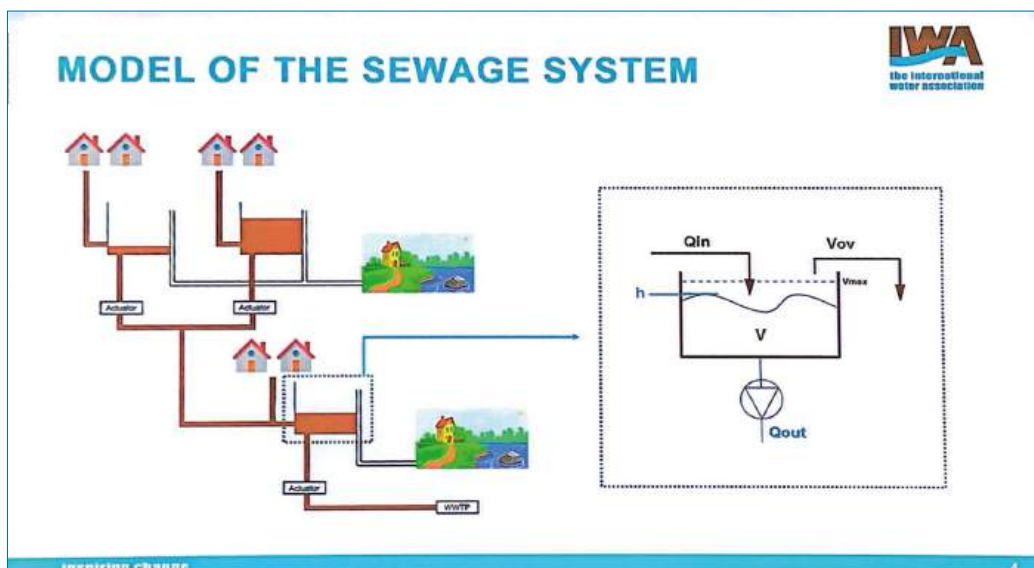


룩셈부르크의 하수도도는 주로 합류식 하수도이며, 비로 인하여 처리되지 않은 하수가 흘러나가는 CSO가 문제가 되고 있다. 따라서 합류식 하수도 최적화 모델을 개발하여 예측을 수행하고 넘침이 발생하는지 확인하고자 한다.

최적화 목표

- 오버플로우 최소화 : 특정 지역의 CSO 탱크뿐만 아니라 전체 시스템에서 오버플로우를 최소화하려는 목표가 있다.
- 시스템 용량 최대 활용 : 하수도 시스템의 저장 용량을 최대한 활용하고자 한다.
- 폐수 처리장의 목표 유입량 유지 : 폐수 처리장이 가장 효율적으로 작동할 수 있는 유입량을 유지하려는 목표도 있다.

이러한 목표들을 달성하기 위해, 각 CSO 탱크의 레벨을 균등하게 유지하여 전체 시스템이 자유롭게 작동할 수 있도록 한다.



구체적인 시스템 모델링

- 하수 시스템의 모델링 과정에서 각 요소는 유입, 유출, 그리고 볼륨으로 표현된다.
- 주로 레벨 측정과 유출 측정을 기반으로 최적화가 이루어지며, 유입 측정은 정확하지 않거나 측정이 어렵기 때문에 사용되지 않는다.

MPC FORMULATION

Control Formulation

$$\min_{u(k)} J = \sum_{i=k}^{k+H_p} \lambda \phi_1(i) + \beta \phi_2(i) + \alpha \phi_3(i)$$

s. t.

$$g(x(k), u(k), w(k)) = 0$$

$$h(x(k), u(k), w(k)) \geq 0$$

$$x_{min} \leq x(k) \leq x_{max}$$

$$u_{min} \leq u(k) \leq u_{max}$$

$$x(k) = \begin{bmatrix} V(k) \\ Q_{ov}(k) \end{bmatrix}, u(k) = Q_{out}(k), w(k) = Q_{in}(k)$$

Objectives

- ϕ_1 : guarantee the designed reference flow to the Wastewater Treatment plant;
- ϕ_2 : homogeneous level in tanks through the sewage system;
- ϕ_3 : minimize volume overflow during rain events.

Fiorelli, D. & Schutz, G., Real-time control of a sewer network using a multi-goal objective function. IEEE Proceeding 17th Mediterranean Conference on Control and Automation, pp. 676-681, 2009.



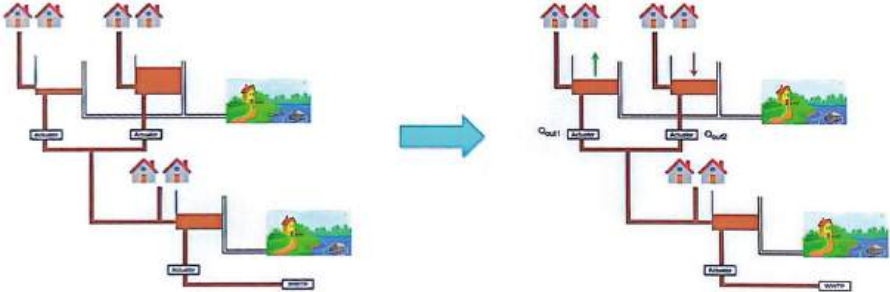
INSPIRING CHANGE
5

경로 구축 및 부피 측정

- 유입 및 유출의 부피를 측정하여 집수지부터 처리장까지의 경로를 구축한다.

측정이 매우 어려운 유입량 계산을 위한 최소화 방법 도입

OBJECTIVE 1: VOLUME HOMOGENEITY

$$\phi_1(k) = \sum_{i=1}^N \left(V_i(k) - \frac{V_{i_{max}}}{\sum_{j=1}^N V_{j_{max}}} \sum_{k=1}^N V_k(k) \right)^2$$




INSPIRING CHANGE
6

합류식 하수도 최적화 모델 개발

- 위에서 언급한 3가지 목표에 따른 가중치를 기반으로 최적화 모델을 개발한다.

OBJECTIVE 2 – TRACK INFLOW TO WWTP

$$\phi_2(n) = \left(Q_{design}(k) - \sum_{i \in N_j^*} Q_{out_i}(k - d_{i,j}) \right)^2$$

inspiring change

CHOOSING OBJECTIVES OF MPC

- Desired objectives are customizable to address utilities demands.
- However, by the nature of MPC, the optimal action will often be a compromise between objectives.
- In case of opposite control actions, MPC will optimize for the objective with higher priority.

- An adaptation of the cost function is proposed to improve the flexibility.
- ***The goal is to keep the total outflow of upstream structures as close as possible to the designed reference outflow of the corresponding downstream structure.***
- Propagate this throughout the network to enable the desired inflow to the WWTP.

inspiring change

최적화 방법(전통적인 MPC와는 차별화된 제안된 방법)

- 전통적인 MPC에서는 특정 탱크의 볼륨만을 고려했다면, 발표자가 제안한 방법은 시스템 전체의 흐름을 고려하여 목표 유입량을 최적화한다. 이는 각 탱크의 볼륨을 균등하게 유지하면서 오버플로우를 최소화하는 데 도움을 준다.
- 더 높은 가중치를 부여하여 더 많은 목표 달성이 이루어지도록 모델을 업데이트 하였다.
→ 업데이트 시에는, 기본적으로 처리장으로 유입되는 유입량을 중점으로 살펴보되, 시스템의 전체 흐름도 고려한다.

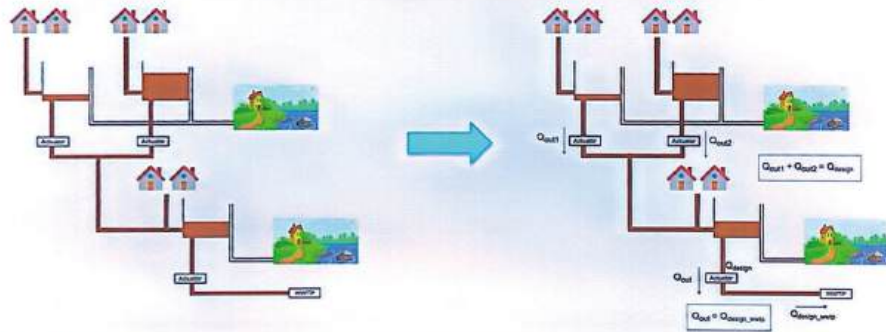
모델 시나리오 작성

- 6개의 CSO에 대하여 5분마다 한시간을 예측하는 최적화를 계산하는 시나리오 작성은
→ Classic MPC 으로 가능하다.
- 6개의 CSO 각각의 부피를 표준화된 값으로 나타내어 MPC 적용한 것이
→ New MPC이다.

UPDATED OBJECTIVE 2



$$\phi_2(n) = \left(\sum_{j \in N} \left(Q_{design_i}(k) - \sum_{i \in N_j^*} Q_{out_i}(k - d_{i,j}) \right) \right)^2$$



SIMULATION - SCENARIO



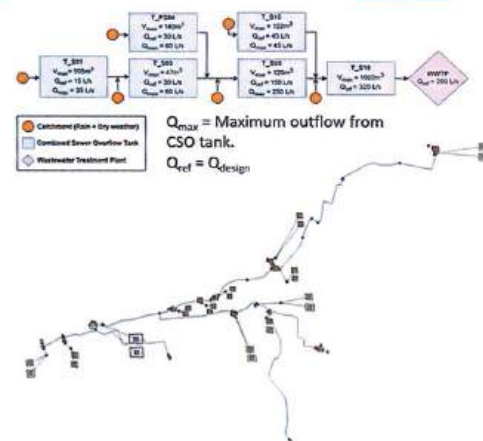
Simulation period of 1 year.

- Control cycle sampled 5 minutes
- Application sampled 5 seconds
- Rain data sampled 1 hour

Two rain events chosen to show in detail the behavior.

3 different control setups:

- Without MPC (only static control)
- Classic MPC
- New MPC

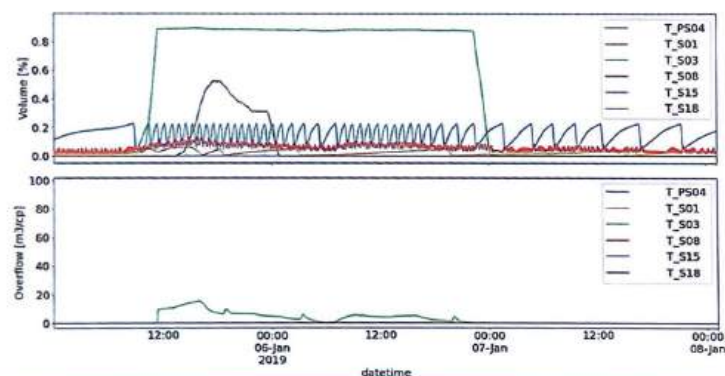


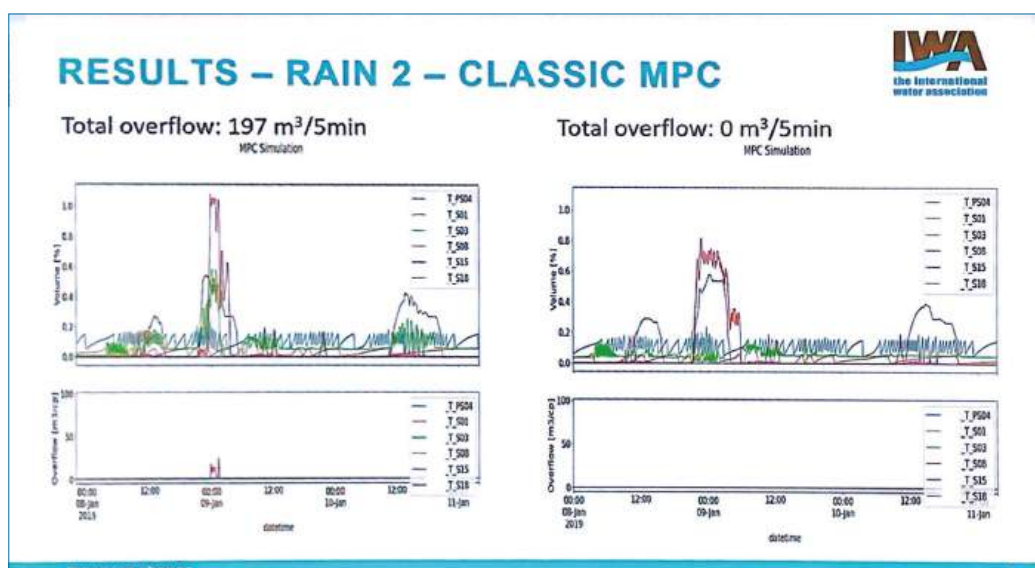
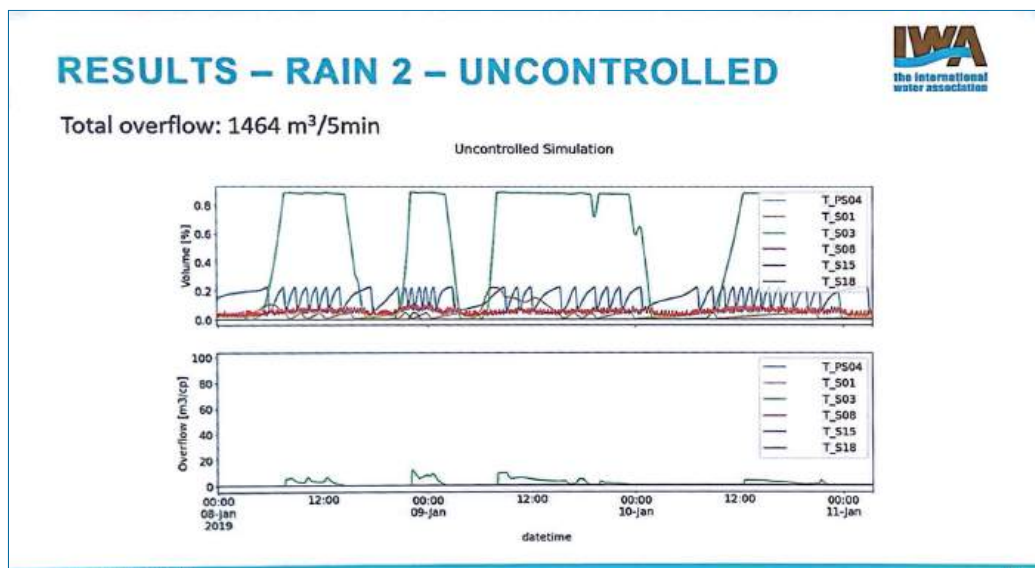
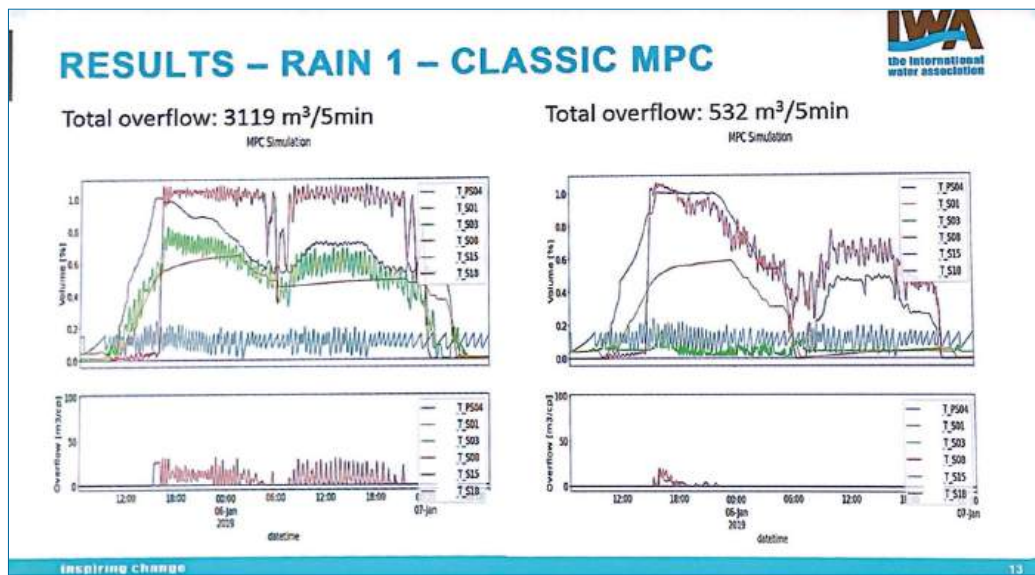
RESULTS – RAIN 1 – UNCONTROLLED



Total overflow: 2189 m³/5min

Uncontrolled Simulation





최적화 방법 및 결과

두 가지 강우 시나리오를 통해 이 방법의 성능을 시뮬레이션하였다.

- 첫 번째 시나리오에서는 기존 방법으로 오버플로우가 발생했으나, 제안된 방법에서는 오버플로우가 크게 감소하였다.
- 두 번째 시나리오에서는 기존 방법과 제안된 방법 모두 개선되었지만, 제안된 방법이 오버플로우를 완전히 제거하였다.

CONCLUSION



- The new implementation is simple and increases flexibility of the optimization
- The controller can better manage volumes between structures, maintaining a homogeneous volume, while, simultaneously, avoid overflow.
- The new controller reduces impacts of CSOs to the environment even further than the current state of the art implementation.
- Another advantage is no additional weights are needed, but the MPC might need recalibrate of the weights of the objectives.

- Additional studies can be done to compare with other control objectives, such as:
 - Control action minimization or volume minimization in the prediction (forcing CSOs to empty)
- Pollution-based objectives could also be explored in that framework

결론 및 향후 방향

- 합류식 하수도 최적화 모델 사용 결과, 해당 방법은 간단하고 유연성을 증가시키며, 추가적인 인프라 투자 없이 소프트웨어 모델로 구현할 수 있었다. 구조 간 부피의 효과적이고 균일한 관리를 바탕으로 넘침을 방지한다.
- 실시간 제어(Real-Time Control, RTC) 시스템을 통해 룩셈부르크에서 실제 하수도 시스템을 관리하고 있으며, 지속적인 모니터링과 시스템 재조정 필요하다.
- 해당 발표에서 제안된 방법은 CSO가 환경에 미치는 영향을 감소시키는 결과를 낼 수 있다. 따라서 CSO로 인한 환경 영향을 더욱 줄일 수 있는 가능성을 보여준다.
- Uncollected와 Classic 두가지 방법 모두 넘침이 크게 감소하는 효과를 얻었다.

추가연구 및 결과

추가 연구 및 성과

발표자는 새로운 MPC 방법을 기존 방법에 통합한 추가 연구 결과를 소개해주었다.

- 볼륨 기반 제어뿐만 아니라 부하(load) 기반 제어를 도입하여 CO₂ 배출량을 예측하고, 이를 통해 오버플로우를 약 13% 감소시켰다.
- 이를 통해 2천만 유로 상당의 인프라 투자 비용을 절감하였다.

세션 발표 이후 궁금증 및 추가로 알면 좋을 사항들

1. MPC의 구현 세부 사항

발표자는 MPC를 통해 하수 시스템의 최적화를 수행하고 있는데.. 실제로 이 모델이 어떻게 개발되었는지, 어떤 예측 알고리즘이나 기법이 사용되었는지에 대한 세부적인 내용이 궁금함.

RESULTS



Overflow volume	Uncontrolled (m ³ /5min)	Classic MPC (m ³ /5min)	New MPC (m ³ /5min)
Rain 1	2189	3119	532
Rain 2	1464	197	0

Comparing the classic MPC with the uncontrolled simulation

- Controller increases storage usage
 - Improve the inflow reference error to the WWTP
- Improve the volume homogeneity
- However, this increased the overflow

Comparing both simulations with the New MPC

- The homogeneity is kept similar
- However, the CSOs are clearly being emptied faster.
 - Overflow reduced, while having a Qdesign_wwtp that is better ensured as in the uncontrolled

inspiring change
16

ADDITIONAL RESULTS – ICUD2024



Results presented in ICUD2024 where the combination of the updated objective with a Pollution-based MPC where able to reduce COD load by 13%

Load of COD	Uncontrolled (kg)	Pollution-Weighted MPC (kg)
T_PS04	16367.505	13329.136
T_S01	277.065	3290.242
T_S03	19.521	61.954
T_S08	5815.195	2573.846
T_S15	2.879	153.693
T_S18	307.097	330.542
Total	22789.262	19739.413
Total (%)	100%	86.61%(-13.39%)

inspiring change
17

2. 유입량 측정에서의 어려움

발표자는 유입량 측정이 어렵고 정확하지 않다고 언급했는데, 이 문제를 해결하기 위해 어떤 대안이 있을 수 있는지, 다른 연구에서는 어떤 방법으로 유입량을 측정하는지 궁금함.

3. 환경적 영향

오버플로우가 감소함에 따라 룩셈부르크의 수계에 어떤 구체적인 환경적 변화가 있었는지, 또한 이를 평가하기 위한 환경 모니터링 시스템이 어떻게 구성되어 있는지 추가적으로 알고 싶음.

4. 미래 연구 방향

발표자는 추가적인 연구 결과를 언급했지만, 앞으로의 연구 계획이나 목표가 무엇인지, 특히 어떤 기술적 문제들을 해결하려고 하는지에 대한 정보가 더 있으면 좋겠음.

5. 실제 운영 중 문제

- 실제 운영 중에 예기치 못한 문제가 발생한 사례가 있는지, 그 문제를 어떻게 해결했는지, 그리고 이를 통해 얻은 교훈이 무엇인지 궁금함.

발표 느낀 점 간단 메모

유량 계산을 바탕으로 CSO를 감소시키는 모델과 그에 따른 효과를 알게 됨. 유량이 정확하지 않은 경우에도 모델을 적용할 수 있다는 점이 우수 대비에 많은 도움이 될 것 같음. 연구의 전반적인 흐름을 살펴볼 수 있어 좋았음. 다만 가중치에 대한 정보와 모델의 수식에 대하여 세 부적인 설명이 부족해 아쉬움이 남음.

해당 발표의 질의응답 정리

- Q1.** Rozel은 하수 탱크의 유입량과 유출량을 측정하는 데 어려움이 있다고 언급하면서, 이와 관련된 솔루션으로 "FALIS emission"을 제안함. 이 솔루션은 유입과 유출을 체크할 수 있는 기능이 있으며, 흐름 측정이 정확하지 않을 때도 사용할 수 있는 방법임.
- Q2.** Rozel은 미래 예측에 대해 질문하면서, 최적화 과정에서 미래 예측 시 어떤 확률적 요소를 고려했는지 물어봄. 날씨 프로파일이 다를 때, 어떤 것을 신뢰해야 할지 결정하는 데 있어서 확률적 최적화를 적용할 경우, 결과가 더 나아질 수 있는지에 대해 질문함.
- A1.** 확률적 모델 예측 제어에 관해 확률적 접근을 이미 적용하고 있다고 답변했음.
구체적으로는 표준 편차를 사용해 예측에 반영하며, 표준 편차는 현재 상황에서 얼마나 멀리 떨어져 있는지에 따라 증가하기 때문에 시간이 지남에 따라 예측이 점점 더 부정확해질 수 있다는 점을 반영하고 있긴 하다고 함.
또, 발표자는 유량 측정에 대한 불신이 존재하며, 이런 불확실성을 처리하기 위해 여러 추정을 수행한다고 함. 특히, 시스템 내에서 유출량의 추정치도 신뢰하기 어렵다는 점을 이야기함. 예를 들어, 펌프의 유출량을 측정하는 장치가 2킬로미터 떨어져 있는 경우도 있으며, 이러한 불확실성은 확률적 접근을 통해 다루고 있다고 설명함.
- Q2.** 시스템 전체에 CSO(Combined Sewer Overflow) 위치마다 탱크를 설치하는 것을 고려했는지 질문하여 연구의 실용성에 대해서 물어봄. 또한, 이런 방식이 헤드 손실(head loss), 악취 문제, 그리고 건조 시기의 최소 유속문제에 어떤 영향을 미치는지에 대해 물었음.
- A2.** 발표자는 시스템 전체를 제어하는 방식으로 접근한다고 설명함. 즉, 개별 CSO가 아닌 전체 시스템의 동작을 고려하여 제어한다는 것임. 특정 지역에서 비가 내리고 다른 지역에는 비가 내리지 않는 경우, 최적화 과정에서 이 상황을 고려해 비가 내리지 않는 지역의 저장 용량을 활용하여 하수의 흐름을 처리장으로 보낼 수 있도록 조정한다고 설명함.
건조 시기의 저속 문제에 대해서는, 발표자는 이를 크게 우려하지 않는다고 답변함. 건조 시기에는 오버플로우 문제가 발생하지 않으며, 따라서 이 시기에 대한 특별한 고려는 필요하지 않다고 언급함.
또한, 헤드 손실이나 악취 문제에 대해서도, 발표자는 큰 문제를 겪지 않았다고 답변함.

질문 들은 이후 생각해볼 점

1. FALIS Emission 솔루션의 구체적인 기능이 뭘까?

FALIS emission 솔루션이 무엇인지, 그리고 실제로 어떻게 적용되는지에 대해 더 알아보면 좋을 것 같다. 특히, 유량 측정의 부정확성을 어떻게 해결하는지에 대한 구체적인 방법이 있을 지 궁금하다.

2. 헤드 손실 및 악취 문제가 진짜 없는가?

발표자는 큰 문제가 없다고 언급했지만, 실제로 이런 문제가 발생할 가능성은 없는지, 다른 연구나 사례에서 유사한 문제를 겪은 적이 있는지에 대해 추가적인 자료를 찾아보면 좋을 듯 하다!

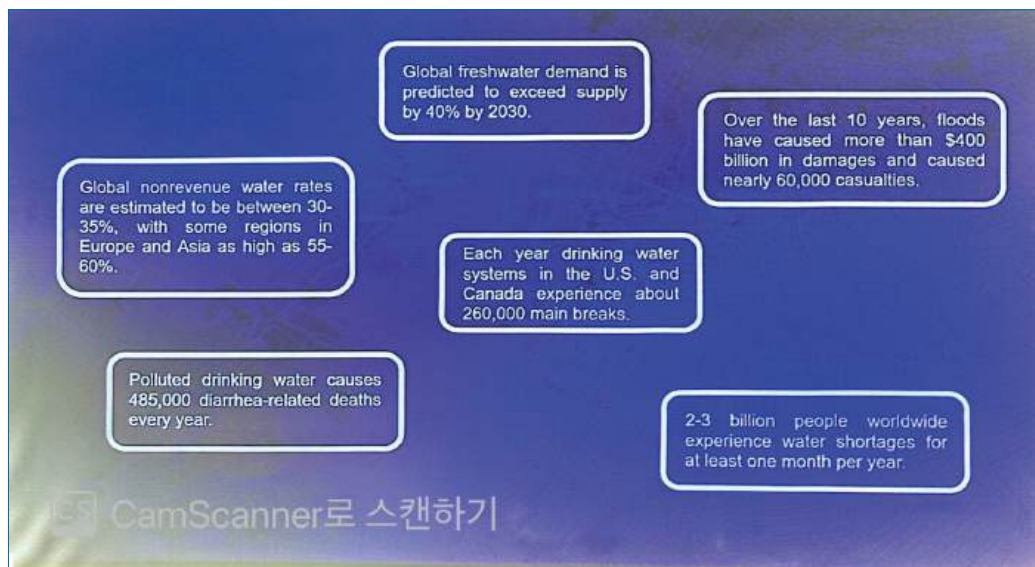
TS 1.2 | 2조

How to go digital as a water utility - Session 2

How GIS Supports Digital Transformation & Sustainable Management, Christa Campbell, United States

요약 : 이 발표에서는 물 산업의 주요 도전 과제와 디지털 전환의 필요성에 대해 이야기하며 GIS를 통한 디지털 전환이 조직의 효율성을 높이고, 지속 가능한 관리를 가능하게 하는 중요한 수단임을 강조했다.

기후 변화, 노후화된 인프라, 인력 부족 등으로 인해 물 산업은 지속 가능성을 확보하기 어려운 상황에 처해 있으며, 디지털 전환을 통해 이러한 문제들을 해결할 수 있다고 주장했다. 특히 GIS(지리정보시스템)를 활용한 자산 관리, 네트워크 관리, 실시간 데이터 통합의 중요성을 언급하였고, GIS가 데이터 민주화와 효율성 향상에 기여할 수 있다고 했다. 디지털 전환이 단순한 유행어가 아니라, 기술의 발전에 따라 지속적으로 이루어져야 하는 과정이라고 강조하며, 다양한 사례를 통해 그 효과를 입증했다. 마지막으로, 디지털 전환의 도전과제와 이를 극복하기 위한 접근법에 대한 Q&A가 진행되었다.



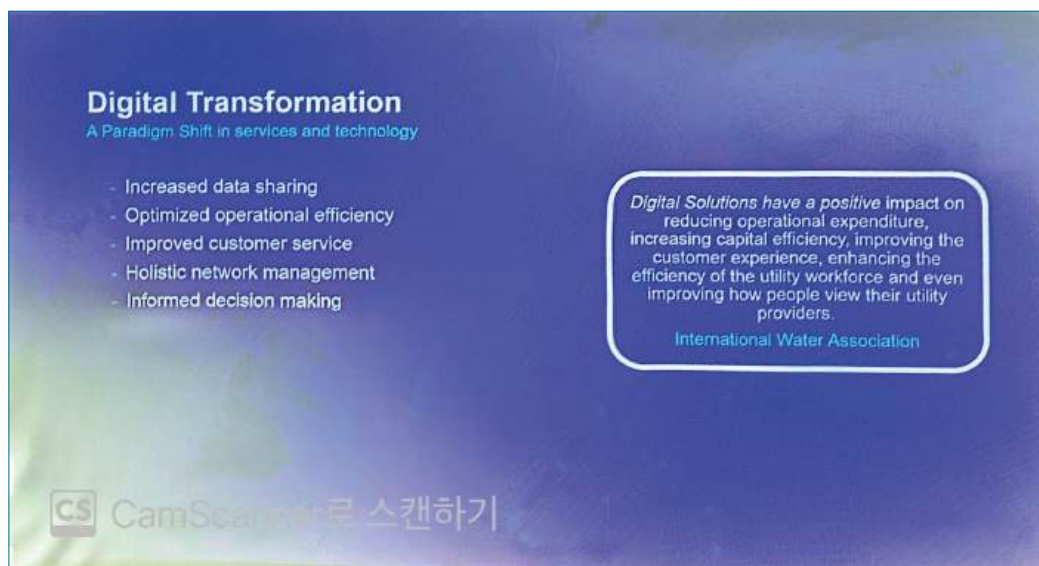
전 세계 물 관리 위기

- 전 세계 무수익 수량(nonrevenue water) 비율은 30~35%로 추정되며, 일부 유럽과 아시아 지역에서는 55~60%에 달한다.
- 오염된 식수는 매년 485,000명의 설사 관련 사망자를 발생시킨다.
- 전 세계의 담수 수요는 2030년까지 공급을 40% 초과할 것으로 예측된다.
- 매년 미국과 캐나다의 식수 시스템은 약 260,000건의 주요 파손을 경험한다.
- 지난 10년 동안 홍수로 인해 4천억 달러 이상의 피해가 발생했고 약 60,000명의 사망자가 발생했다.
- 전 세계적으로 1년에 최소 한 달 동안 20억에서 30억 명의 사람들이 물 부족을 겪고 있다.



물산업의 과제

- 노후화된 인프라, 노후화된 인력, 증가하는 규제/요구사항, 사이버 보안, 자산 관리, 극한 기후, 수자원 보안, 수자원 누수, 자금 부족



디지털 전환

- 데이터 공유 증가
- 최적화된 운영 효율성
- 개선된 고객 서비스
- 전체적인 네트워크 관리
- 정보에 기반한 의사 결정

디지털 솔루션은 운영 비용 절감, 자본 효율성 증가, 고객 경험 개선, 공공서비스 인력의 효율성 향상, 그리고 사람들이 공공서비스 제공자를 보는 시각을 개선하는 데 긍정적인 영향을 미친다.



GIS(지리정보 시스템, Geographic Information System)는 지리적 또는 공간적 데이터를 수집, 저장, 분석, 관리, 그리고 시각화하는 시스템이다. GIS는 지구상의 특정 위치에 대한 정보를 제공하고, 다양한 데이터를 지도 형식으로 통합하여 분석함으로써 복잡한 문제를 해결하거나 의사 결정을 지원하는 데 사용된다.

- 데이터 수집
- 시각화 및 매핑
- 분석 및 모델링
- 기획 및 지형설계
- 의사결정
- 행동





GIS 앱이 널리 보급되고 있음

- 모바일 앱 : 빠른 데이터 수집, 작업 관리, Earth, Field Maps, Survey123, 데이터 수집
- 웹 앱 : 매핑, 인스턴트 앱, 스토리맵(StoryMaps), 3D 뷰어, 차트 뷰어, 브리핑, 대시보드
- 데스크톱 앱 : 인포그래픽, 홍수 시뮬레이션, 구역 설정, 네트워크 편집



중요한 시스템을 하나로 통합

- ArcGIS(웹 맵, 레이어 및 3D 장면) : 고객 청구, 표 형식, 라이더/점 구름, 지형, 드론, 벡터, SCADA, 3D CAD/BIM, GPS 및 현장 데이터 수집, 센서(IoT), 수리 모델링 결과



디지털 전환 이니셔티브

- 네트워크 관리, 조정된 운영, 실시간



네트워크 관리

- 전체 시스템 이해 : ESRI의 유틸리티 네트워크는 전체 네트워크를 통합적으로 관리할 수 있도록 돕는다. 이는 네트워크를 개별 자산이 아니라 전체 시스템으로 이해하고 관리하는 데 유용하다.
- 모바일 및 실시간 데이터 : 필드에서 실시간으로 데이터를 수집하고 수정할 수 있는 모바일 앱을 통해, 현장 직원이 사무실과 신속하게 데이터를 공유하고 작업 상태를 모니터링할 수 있다.

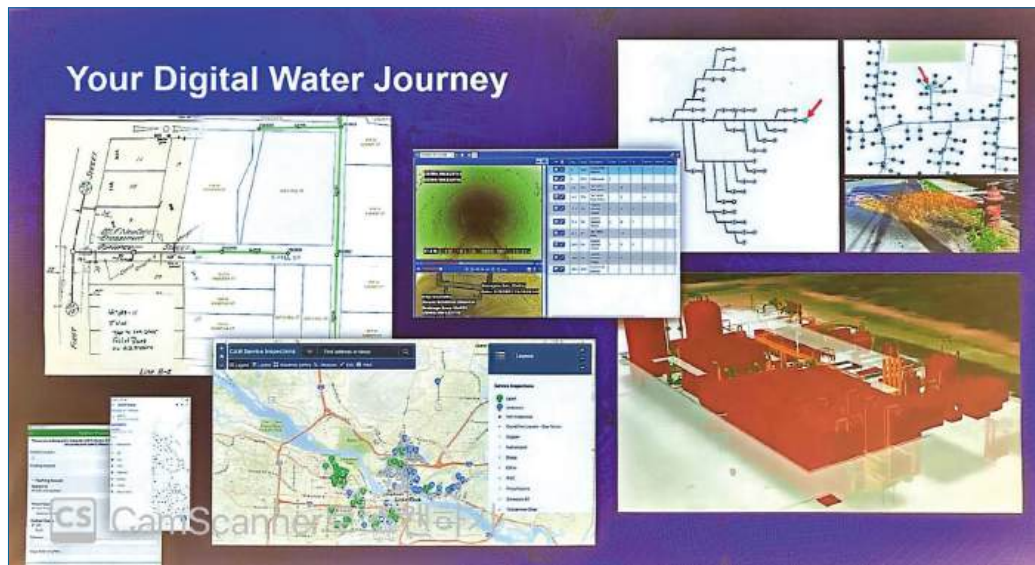
조정된 운영

- 정보 접근성 향상 : 디지털 기술을 통해 현장 작업자와 사무실 직원 간의 정보 접근성이 향상된다. 모바일 및 웹 애플리케이션을 사용해 실시간으로 데이터를 조회하고 업데이트할 수 있다.
- 효율적 자원 관리 : 자원의 배분과 업무 흐름을 조정하여 효율성을 높이고 중복 작업을 줄인다. 실시간 모니터링과 피드백을 통해 문제를 조기에 발견하고 대응할 수 있다.



실시간 데이터

- 데이터 스트리밍 : 실시간으로 수집되고 전달되는 데이터는 즉각적인 분석과 의사결정을 가능하게 한다.
- 통합 및 시각화 : 다양한 데이터 소스를 통합하여 대시보드나 시각화 도구를 통해 정보를 제공한다. 이를 통해 데이터의 가시성을 높이고 유용성을 극대화할 수 있다.
- 실시간 모니터링 : 현장 상황이나 시스템 상태를 실시간으로 모니터링하고, 이를 통해 신속한 문제 해결과 효율적인 대응이 가능하다.



디지털 전환 여정

- 디지털 전환의 중요성 : 디지털 기술을 활용하여 물 관리 시스템을 현대화하고 효율성을 높이는 과정이다.
- 데이터 활용 : 실시간 데이터 수집, 분석 및 시각화를 통해 의사결정을 지원하고 운영을 최적화한다.
- 통합 플랫폼 : 다양한 기술과 시스템을 통합하여 데이터를 중앙에서 관리하고, 모든 관련 정보를 쉽게 접근할 수 있도록 한다.
- 지속적인 개선 : 디지털 도구를 통해 지속적으로 시스템을 개선하고 적시의 대응이 가능하게 한다.

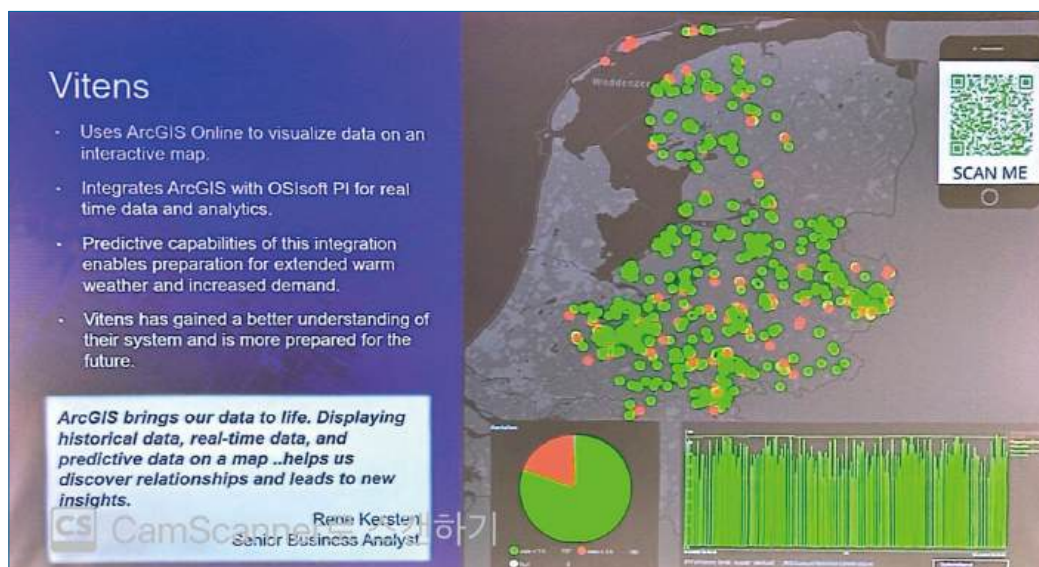


Hastings 시

- 실제 유틸리티 네트워크 모델을 구현했다.
- 구식의 지도와 엑셀 스프레드시트에서 디지털 지도와 앱으로 전환했다.
- 현장과 사무실 직원들에게 상세한 네트워크 정보를 제공했다.
- 조직 전반의 작업 효율성과 품질을 개선했다.

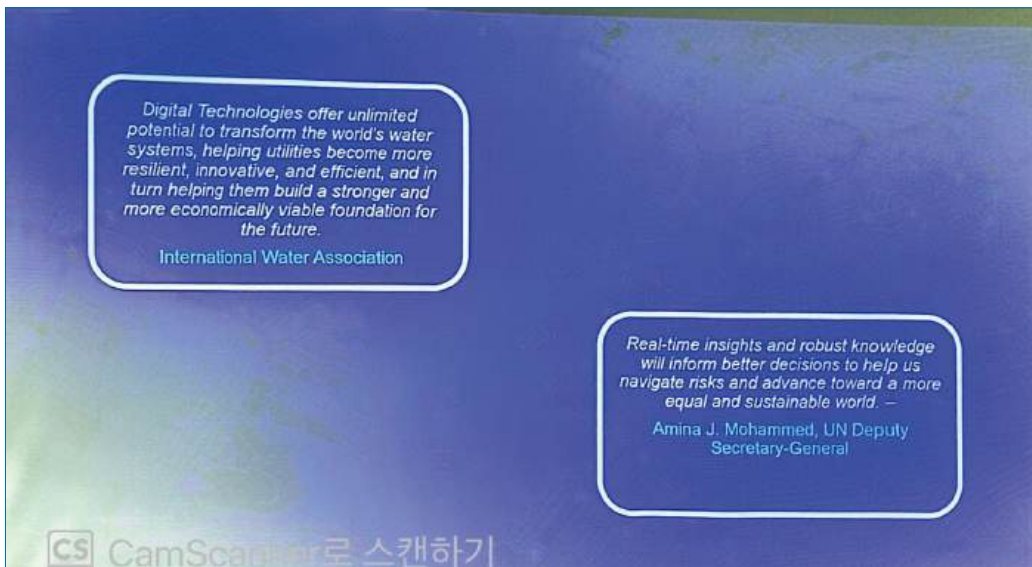
Wentzville 시

- 시간 소모가 큰 수동 프로세스를 공간 중심의 워크플로로 교체했다.
- 대시보드가 내부 및 외부 커뮤니케이션을 크게 개선했다.
- 모바일 애플리케이션이 데이터 품질을 향상시키고 새로운 건설의 실시간 데이터 수집을 가능하게 했다.
- 매핑 애플리케이션이 유지보수 목표의 진행 상황 추적을 개선하고 규제 준수를 보장했다.



Vitens

- ArcGIS Online을 사용하여 데이터의 인터랙티브한 지도로 시각화한다.
- ArcGIS와 OSIsoft PI를 통합하여 실시간 데이터와 분석을 제공한다.
- 이 통합의 예측 기능이 연장된 따뜻한 날씨와 증가된 수요에 대한 준비를 가능하게 한다.
- Vitens는 시스템에 대한 이해를 높였으며, 미래에 대한 준비가 더 잘 되어 있다.



마무리

- 디지털 기술은 세계의 수자원 시스템을 혁신할 무한한 잠재력을 제공하며, 유틸리티들이 더욱 회복력 있고 혁신적이며 효율적으로 변모할 수 있도록 돕는다. 그 결과, 유틸리티들이 더 강력하고 경제적으로 지속 가능한 미래 기반을 구축하는 데 기여한다.
- 실시간 통찰과 견고한 지식이 더 나은 결정을 내리는 데 정보를 제공하여 우리가 위험을 관리하고 더 평등하고 지속 가능한 세계로 나아가도록 도와줄 것이다.



발표 종료 및 추가 문의

Christa Campbell 산업 솔루션 디렉터 : 수자원 / ccampbell@esri.com

Technology Adoption Across South Asian Utilities: Evidence Of Leapfrogging?, Faisal Shaheen, Canada

1. 서론

PRESENTATION OUTLINE



- Technology Adoption, Utilities and the Global South
- Overview of Policy Research Setting and Technology Adoption
- The Case of Mapping and GIS based Solutions
- Research Method and Approach of Data Collection
- Summary of Utility Findings
- Informing Models for Technology Adoption

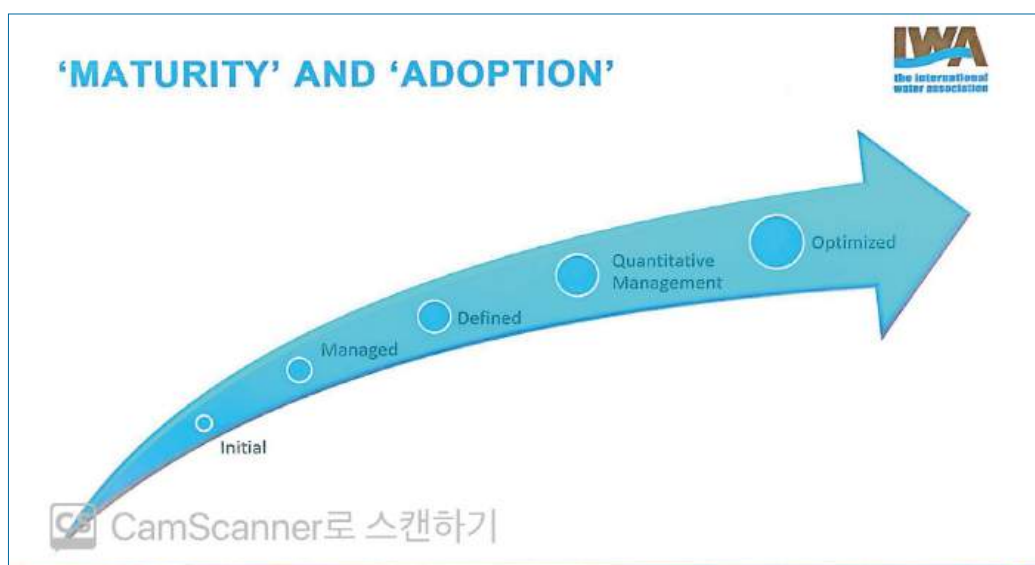
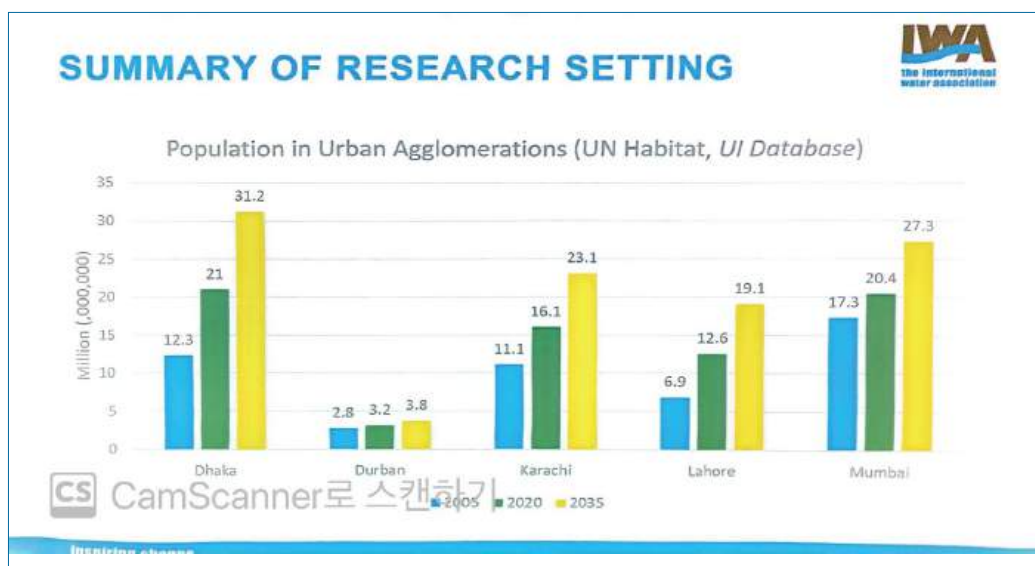
CS CamScanner로 스캔하기

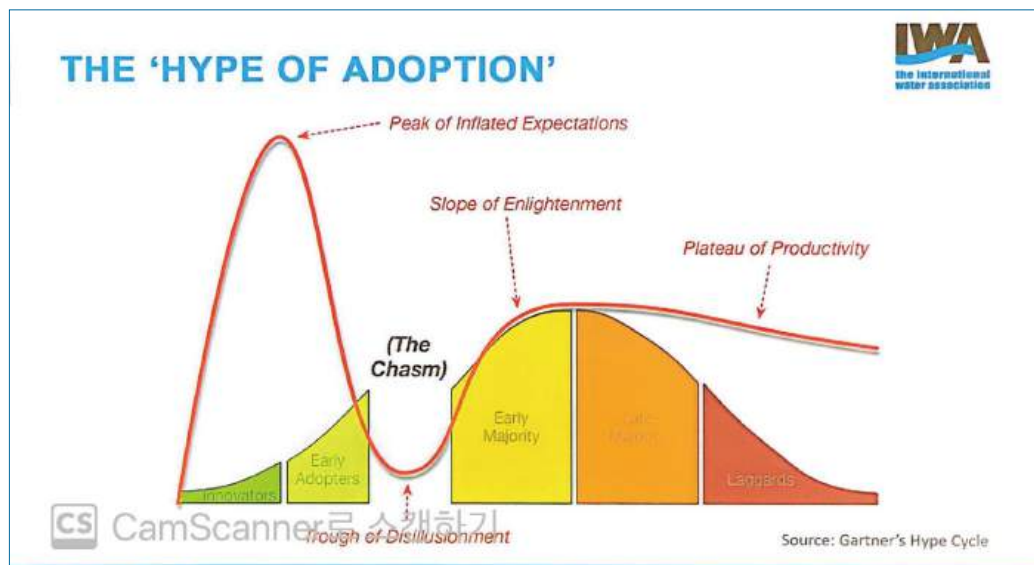
SUMMARY OF RESEARCH SETTING



- Technology adoption is often constrained by 'legacy solutions'
- The ICT revolution has shown that by simply bypassing obsolete and dysfunctional infrastructure, developing country utilities have been able to realize 'rapid' gains through the deployment of mobile solutions
- Civil society actors and multilateral experts have invested in innovation, with project benefits ranging from end-to-end mobile solutions to map-based artifacts and layers of GIS facing technology solutions
- How far have such efforts benefitted utility asset management, particularly with respect to GIS technology adoption?

CS CamScanner로 스캔하기





연구 방법 및 접근

연구는 남아시아와 남아프리카의 주요 도시를 대상으로 GIS 커뮤니티, 기부자, 시민사회, 공공 유틸리티 관리자, 정책 입안자 등을 포함한 다양한 이해관계자들로부터 질적 및 양적 데이터를 수집하여 종합적인 분석을 수행한다. 연구의 주요 관심사는 기술 도입의 "성숙도"와 "채택"이 시간 경과에 따라 어떻게 발전하는지를 평가하는 것이다.

주요 내용

발표에서는 기술 도입이 초기 단계에서부터 관리, 정의, 양적 관리, 그리고 최적화 단계에 이르기까지의 성숙도를 나타내는 곡선을 통해, 기술 채택의 과정을 시각적으로 보여준다.

또 다른 그래프에서는 기술 도입의 기대치가 급증하고, 그 후 현실과의 격차로 인해 기대치가 감소하는 "도입 과대 광고의 주기(Hype Cycle)"를 설명한다. 이는 기술 도입의 초기 과대 기대와 이후의 생산성에 대한 현실적인 관점을 제공한다.

결론

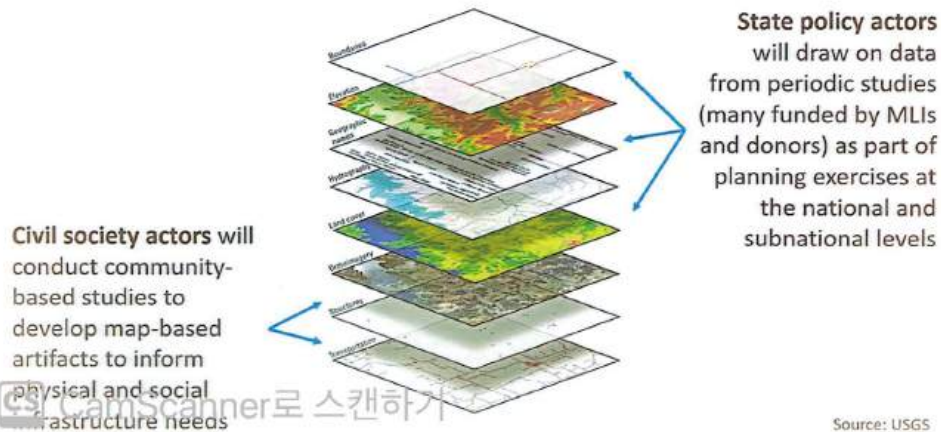
이 발표는 특히 개발도상국의 공공 유틸리티가 새로운 기술을 도입할 때 발생하는 도전 과제와 가능성을 이해하는 데 중요한 통찰을 제공한다. 이를 통해 남아시아와 남아프리카의 공공 유틸리티들이 기술 도입에서 얼마나 앞서 나가고 있는지, 그리고 이 과정에서 어떤 문제와 성공 사례가 있었는지를 분석하고 있다.

2. 본론

1. GIS : A Case in Point for the South (GIS : 남반구의 사례)

- 이 슬라이드는 GIS 기술이 어떻게 남아시아와 남아프리카의 공공서비스에서 중요한 역할을 하는지를 보여준다. 여러 층의 지리정보 데이터(경계, 지형, 수계, 토지 이용 등)를 사용하여, 정부 기관과 시민사회 단체들이 그 데이터를 활용하여 인프라와 사회적 필요를 파악하고 계획을 수립할 수 있음을 설명한다.

GIS: A CASE IN POINT FOR THE SOUTH



Source: USGS

METHOD AND APPROACH



- We employ a mixed methods approach, triangulating qualitative and quantitative data across an epistemic GIS community of donors, civil society actors, consultants, utility managers and policy actors
- South Asia
 - Karachi, Lahore
 - Mumbai
 - Dhaka
- South Africa
 - Durban



ARTIFACTS AND DATA SOURCES



Artifacts	Municipal Utilities	Policy Actors	Civil Society
Mapping and GIS	X	X	X
Software Use	X	X	X
Networks Org	X		X
GO-NGO networks	X	X	X
Reporting	X		X
IG Policy Programs	X	X	X
Mobile Tool Use	X		X
Web Portals	X	X	X

2. Method and Approach (방법론 및 접근법)

- 본 슬라이드에서는 연구 방법론을 설명한다. 남아시아(카라치, 라호르, 뭄바이, 다카)와 남아프리카(더반)에서 공공기관, 시민사회 단체, 컨설턴트 등이 협력하여 질적 및 양적 데이터를 수집하고 분석하는 혼합 방법론을 사용하고 있다. 이 슬라이드는 데이터 수집의 복잡성을 강조하며, GIS 커뮤니티 내에서의 협력의 중요성을 설명한다.

3. Artifacts and Data Sources (산출물과 데이터 출처)

- 이 슬라이드는 공공기관, 정책 결정자, 시민사회 단체들이 각기 다른 GIS 관련 산출물(매핑, 소프트웨어 사용, 네트워크 조직 등)을 어떻게 활용하고 있는지를 보여준다. 이러한 정보는 각각의 참여자들이 서로 다른 역할을 수행하며, 협력의 필요성을 강조한다.

4. Community Artifacts : Civil Society (커뮤니티 산출물 : 시민사회)

- 이 슬라이드는 각 도시에서 시민사회 단체들이 생산한 커뮤니티 매핑 아티팩트를 보여준다. 뭄바이(SPARC), 카라치(OPP RTI), 다카(DSK)에서의 GIS 기반 매핑 사례를 통해, 지역사회가 자발적으로 인프라 계획에 참여하고 있는 모습을 설명한다.

5. Municipal Artifacts : State (공공기관 산출물 : 정부)

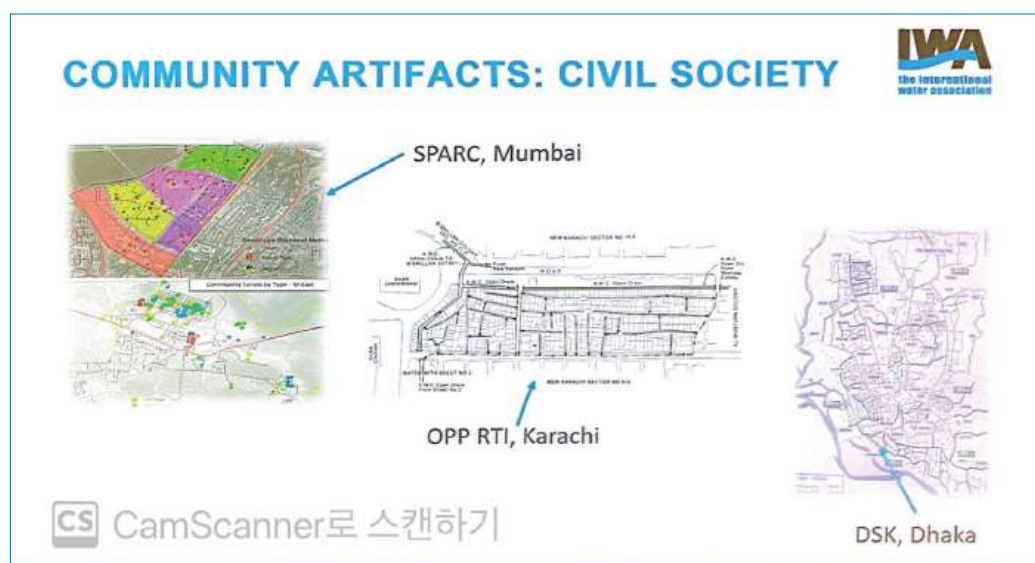
- 공공기관에서 생성한 다양한 GIS 매핑 사례들을 제시한다. 예를 들어, 더반과 같은 도시에서는 공공기관이 GIS 매핑을 통해 도시 계획을 수립하고 있으며, 이 자료들이 도시 인프라 발전에 어떻게 기여하는지를 설명한다.

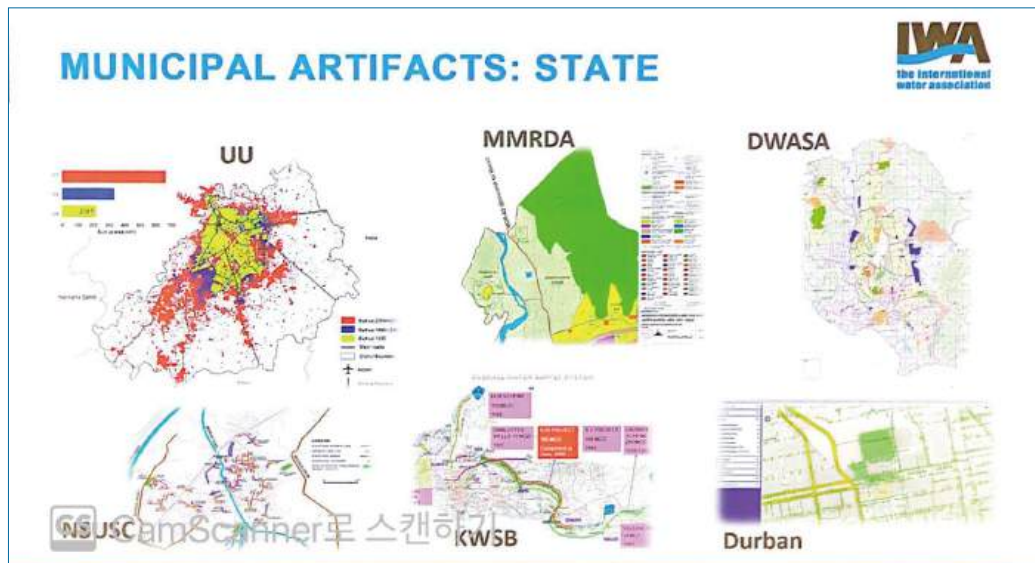
6. 'Networks' Emerging from Mapping (매핑을 통해 형성된 '네트워크')

- 이 슬라이드는 GIS 매핑을 통해 형성된 네트워크를 보여준다. 예를 들어, 다카, 더반, 카라치, 라호르, 뭄바이와 같은 도시에서 시민사회, 기부자, 공공기관들이 GIS 매핑을 통해 어떻게 협력하고 있는지를 설명한다.

7. The GIS Information Policy Chain (GIS 정보 정책 체계)

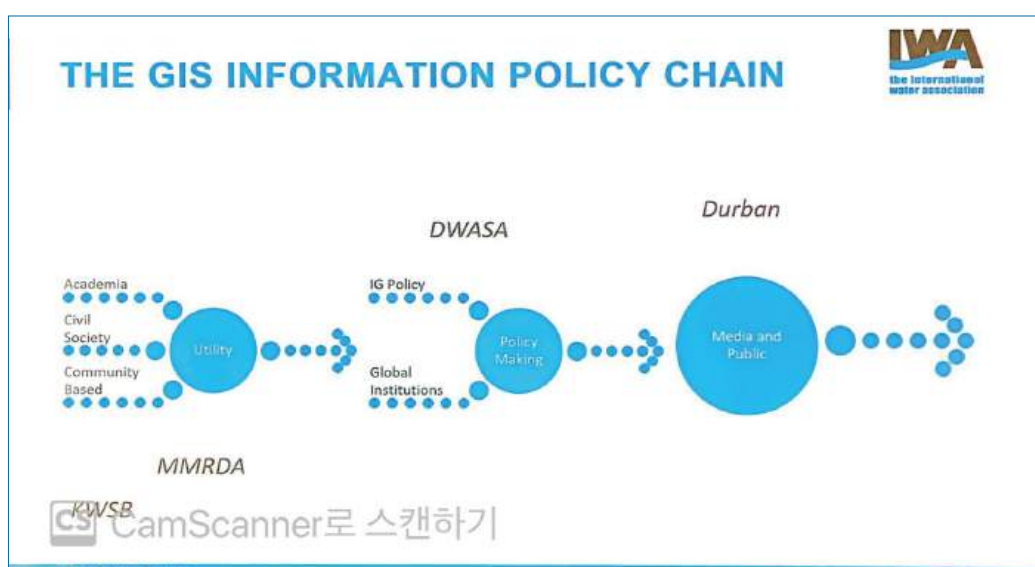
- GIS 데이터를 활용한 정보 정책의 흐름을 설명한다. GIS 데이터는 공공기관에서 수집되며, 정책 결정 및 공공 커뮤니케이션에 사용된다. 이 과정에서 GIS 기술이 국가 및 국제 기관, 시민사회와 협력하여 정책 수립에 어떻게 기여하는지를 설명한다.





‘NETWORKS’ EMERGING FROM MAPPING

Utility	Civil Society, Donors and Institutional Relationships
Dhaka	Civil Society: DSK, SHIREE, Concern International, BGISP Donors: WaterAid, UNICEF, DFID, WSUP
Durban	Institutions: Housing, Solid Waste, Low-Cost Provision
Karachi	Civil Society: OPP RTI, URC Donors: JICA
Lahore	Civil Society: MUAWIN, PURC Donors/Institutions: JICA, UU, AJI
Mumbai	Civil Society: SPARC, SI



INSIGHTS FOR UTILITY MANAGERS



- Formalized arrangements with Civil Society can drive adoption
 - Capacity can be 'stretched' through formalized information sharing (maps for service delivery extension to informal settlements) from civil society to municipalities
 - Utilities who see civil society actors (and eventually institutions) as partners tend to do better
- Intergovernmental support and donor technical assistance is critical in fostering an environment for the adoption of technology solutions.
 - Policy support of and for utility data can elevate the profile of GIS layers for planning
- Technology Adoption rates should be compared with peers and based on methods such as 'Knowledge Exchange'
 - The Art of KE methodology 'anchor, define, design and develop, implement, measure and report' can galvanize relationships between utilities, institutions and civil society



CamScanner로 스캔하기

3. 결론

1. 시민사회와의 공식적인 협약이 도입을 촉진할 수 있다.

- 시민사회와의 정보 공유를 통해 용량을 확장할 수 있다. 예를 들어, 지도 제작과 같은 서비스 제공 연장을 비공식 정착지로 확대할 수 있다.
- 시민사회 구성원(및 궁극적으로 기관)을 파트너로 인정하는 공공사업은 더 나은 성과를 내는 경향이 있다.

2. 정부 간 지원 및 기부자의 기술 지원이 기술 솔루션 도입을 촉진하는 환경 조성에 필수적이다.

- 공공사업 데이터에 대한 정책적 지원이 계획 수립을 위해 GIS 레이어의 프로필을 높일 수 있다.

3. 기술 도입 속도는 동료들과 비교해야 하며, '지식 교환'과 같은 방법에 기반하여야 한다.

- '지식 교환'(Knowledge Exchange) 방법론의 핵심은 '정의, 설계 및 개발, 구현, 측정 및 보고'를 포함하여, 공공사업, 기관 및 시민사회 간의 관계를 활성화할 수 있다는 것이다.

TS 1.5 | 5조

How to go digital as a water utility

Low-energy IoT System For Continuous Monitoring Of Water Quality In Drinking Water Distribution Networks

Presenter : Javier Garcia del Rio, Spain

18,000km에 걸쳐 179개 지방 자치 단체에 분포된 700만 명의 주민들에게 물을 공급하고 있다.

수질 보장하기 위해 엄격한 음용수 모니터링 프로그램을 시행하고 있으며, 특히 물이 배급망을 통해 이동하는 동안 가장 포괄적인 제어가 이루어진다. 샘플 채취는 배급 탱크 및 관망을 통해서 지점 선정 후 수동으로 채취된다.

원격 제어 시스템은 정보를 투명하게 공개하며, 고성능 원격 제어를 위해 자체 통신 네트워크를 사용한다.

1,600개의 스테이션은 외부 전력 없이 작동하는 경량 장치를 사용하여 신호를 측정하고, 25만 개 이상의 신호를 제어 센터로 통합한다.

이 스테이션들은 음용수 플랜트 출력과 대형 음용수 탱크에 설치되어 있다.

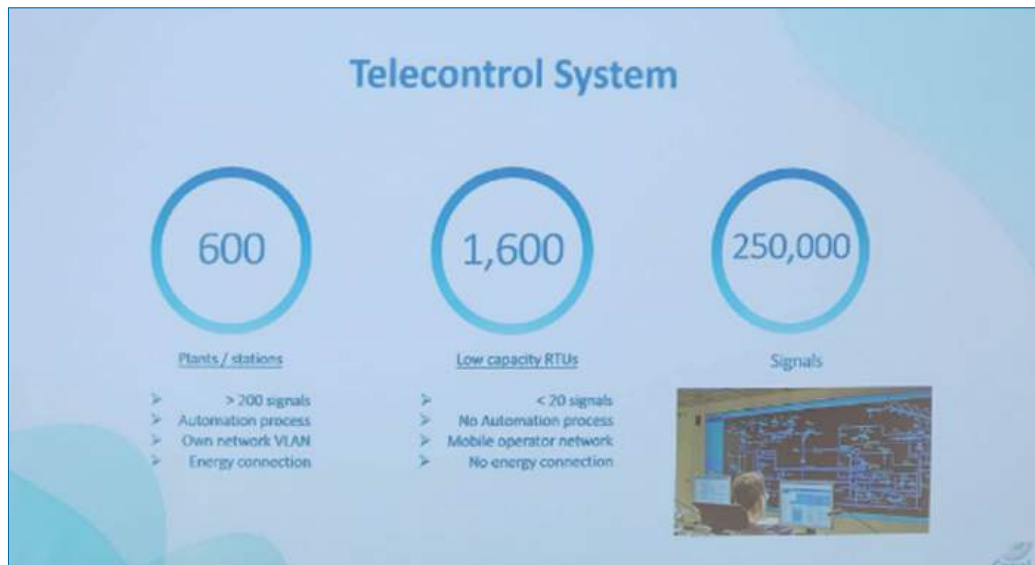




화학물질을 연속 측정할 수 있는 센서가 장착되어 있으며, 해당 데이터를 자체 통신 네트워크를 통해 중앙 SCADA로 전송하여 지속적인 모니터링 시스템을 유지할 수 있도록 한다.

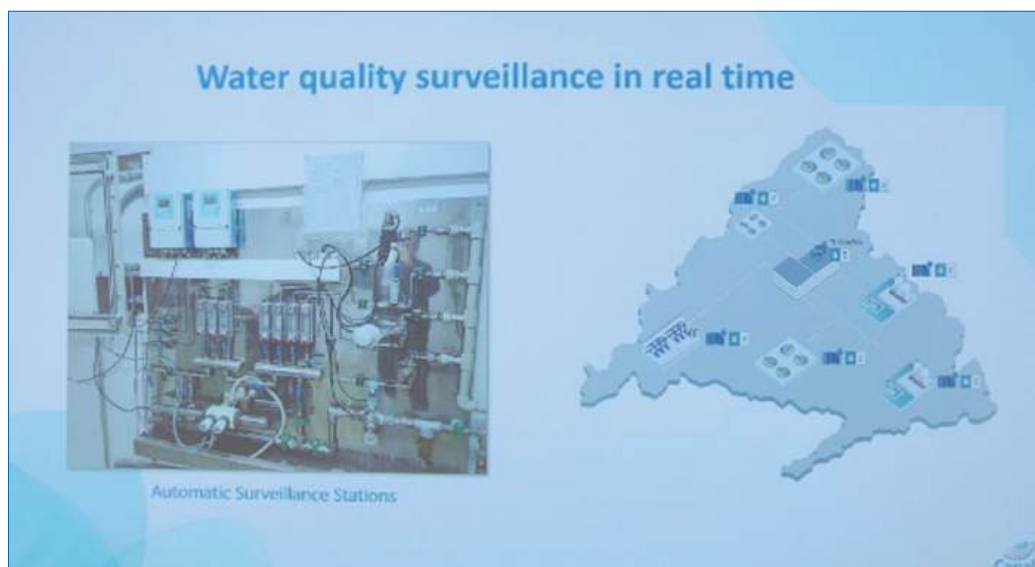


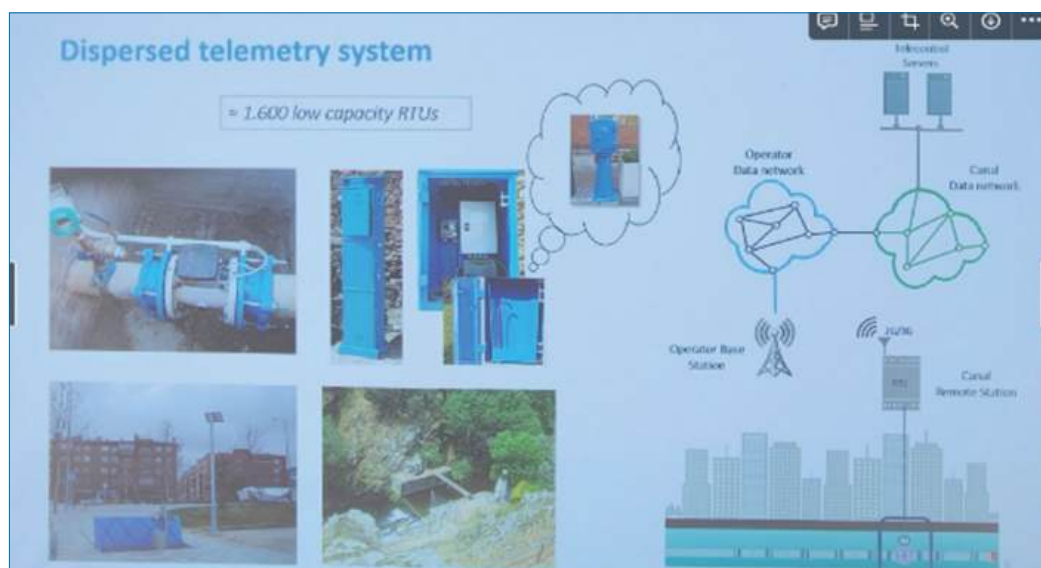
관망의 여러 지점에서 변수를 측정해야 하는 문제가 발생할 수 있으며, 전력 부족이나 압력이 낮은 지점에서 수질 모니터링이 지속적으로 필요하다.



이를 해결하기 위해 수동 샘플 채취 지점을 더 높은 캐비닛으로 변경하고 통신 및 품질 측정 장비를 통합했으며, 수동 샘플링을 위한 수도꼭지는 그대로 유지시켰다.

1,600개 원격 스테이션을 연결하기 위해 10년 이상의 기간동안, 2G, 3G LTU 장치를 사용하여 운영자 모바일 네트워크를 통해 데이터를 전송하고, 원격 제어 시스템을 통한 스마트 미터링 프로젝트를 시작했다.





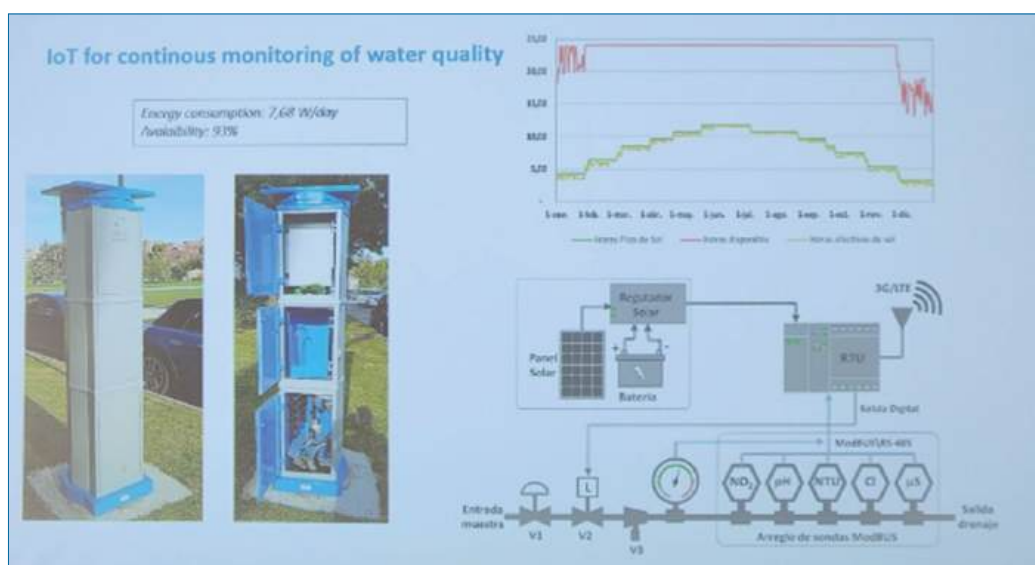
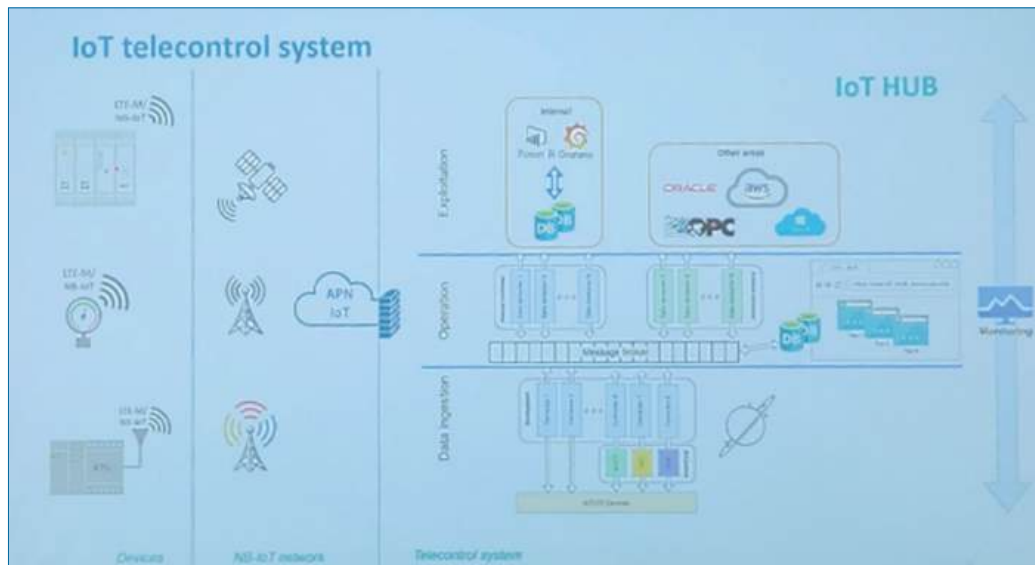
스마트 미터링 프로젝트 결과 160만개 계량기를 목표로 설정하였으며, 자체 AMI 인프라 개발했다.

기존에 사용하던 2G, 3G를 발전시켜 4G, 5G 통신을 사용하여 소형 계량기와 같은 센서에서도 직접 데이터를 통합할 수 있다.

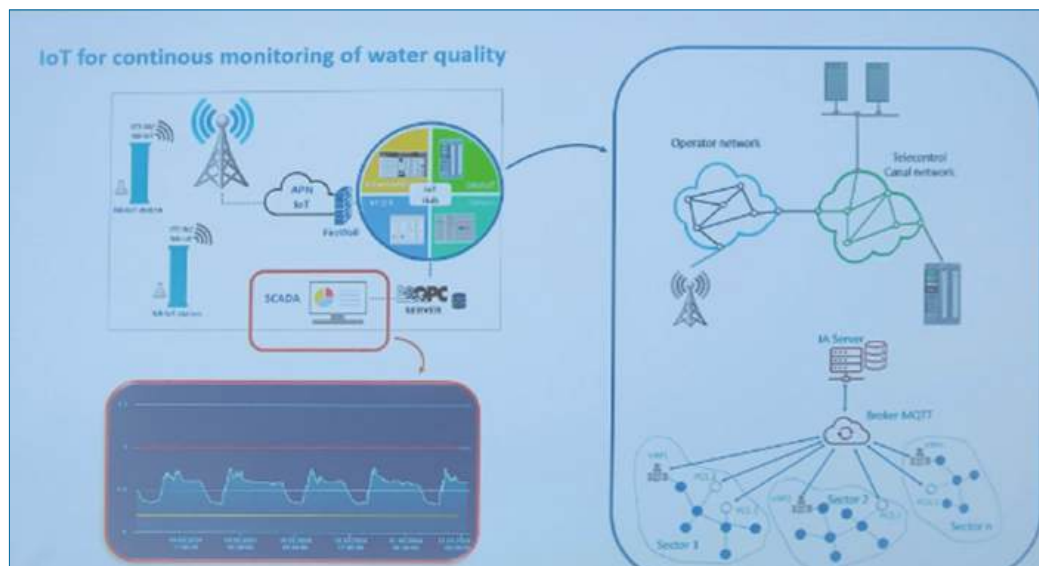
중량 IoT 인프라 솔루션을 통해 이미 3개의 NB-IoT 제공업체와 5개의 장치 프로토콜에 대한 연결 구현했다.

해당 IoT 네트워크는 내부 데이터베이스로 데이터를 통합하여 내부적으로 활용하고 IT 데이터웨어하우스로도 통합하여 다른 엔터프라이즈 시스템에서 값을 추출할 수 있도록 하고 있다.





50만개 이상의 계량기를 연결하였고 해당 목표는 2026년까지 100% 달성을 목표로 하고 있다.
겨울철동안 가용성과 성능에 약간의 하락 있었지만 현재 Minieva는 새로운 구식 Fu로 장착했다.

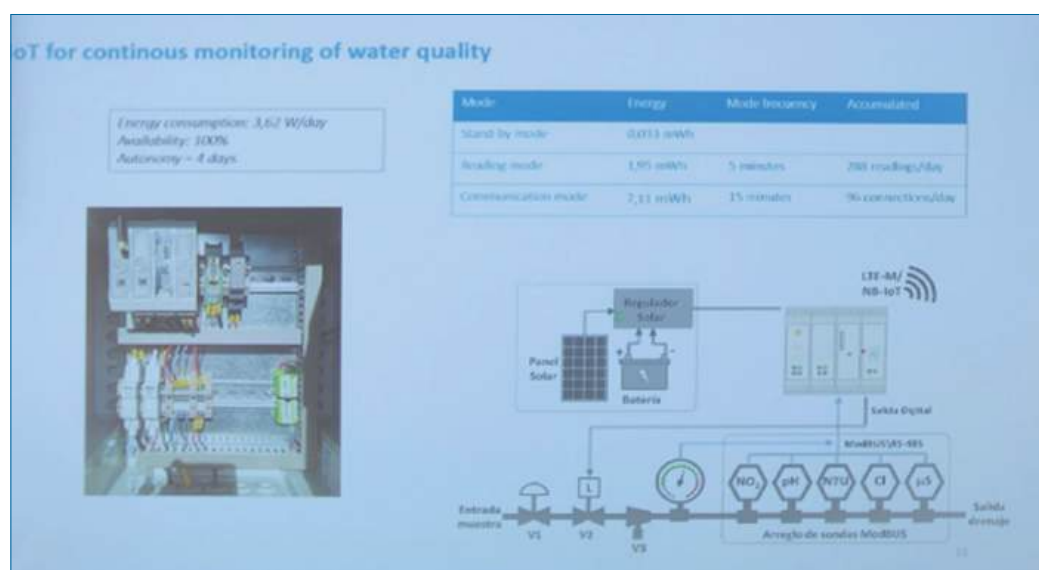


자율성 갖추고 있으므로 데이터 전송 빈도 증가시킬 수 있다.

음용수 네트워크에서 이상 감지 될 경우와 같이 필요에 따라 15분 간격을 줄일 수 있다.

BMS 진입 시의 압력과 같은 다른 영역과 통합 가능하다.

필드에서 수신한 품질 데이터는 통제 센터에서 24시간 모니터링되어 잠재적인 문제나 품질 문제를 예상할 수 있으므로, 샘플이 실험실에서 분석되기 전에 처리가능하다.



의사결정 지원을 위한 지능형 플랫폼을 테스트 중이다. 염소화 station에서 화학 물질 투입 제어, 물 저장소의 밸브를 작동시켜 물의 체류 시간을 조절하는 등의 품질 제어 프로세스에 지시를 보내거나 설정 포인트를 설정가능하다.

장점은 올림픽 정신에 맞춰 유쾌하게 비유했다.

겨울철 동안 수질 매개변수의 가용성을 개선하고 품질 모니터링 전체 사이클에 혁신적인 솔루션을 적용 중이며, IO 케이블과 스마트 프로젝트도 구현에 착수했다. 과거의 성공을 바탕으로 현재를 구축하고 미래 성장을 위해 지속적으로 노력하고 있다.



How to go digital as a water utility - Session 2

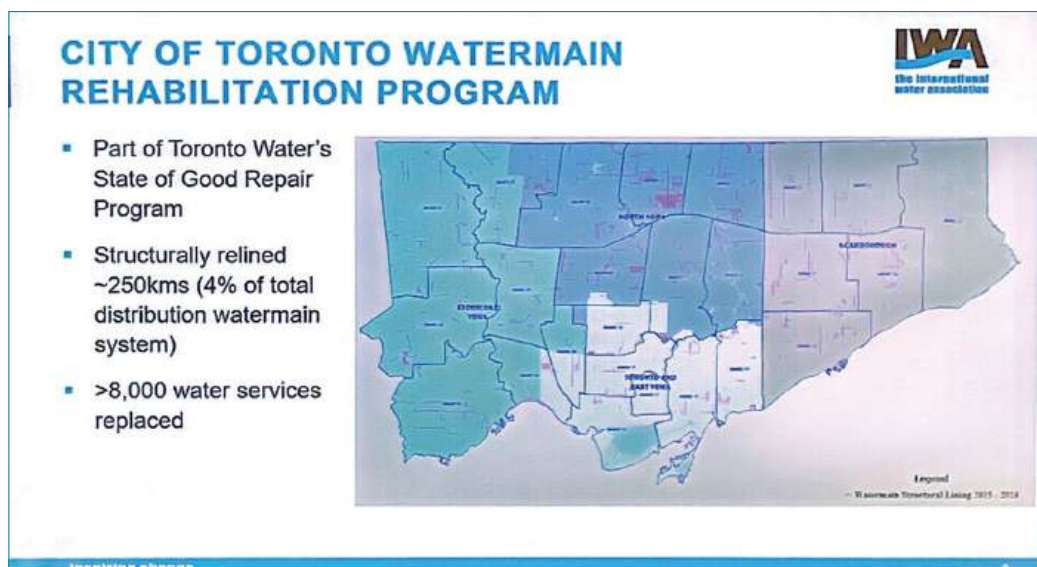
City of Toronto Water Service Replacement Planning During Watermain Rehabilitation using Data Analysis and GIS

Presenter : Aditya Dhamorikar, Canada

수도관 교체 프로그램을 바탕으로 한 예산 변동의 감소

발표 전체의 큰 틀

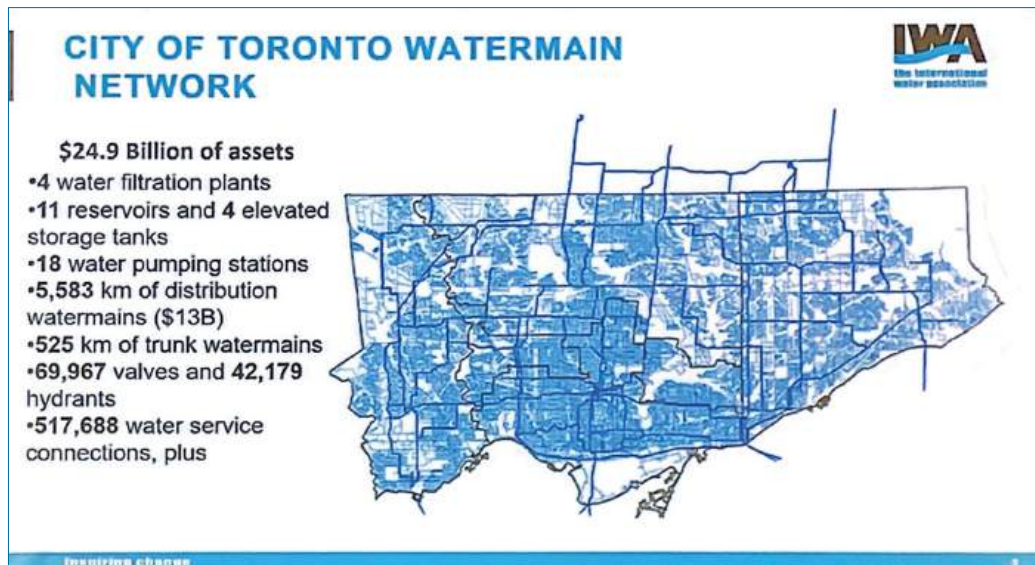
토론토의 수도관 현대화 복구 프로그램과 데이터 분석을 이용한 수도관 서비스 교체 문제 해결을 주요 주제로 다룬다. 이를 해결하기 위해 데이터 분석을 어떻게 활용했는지에 대해 설명한다.



토론토 수도관 복구 프로그램 소개

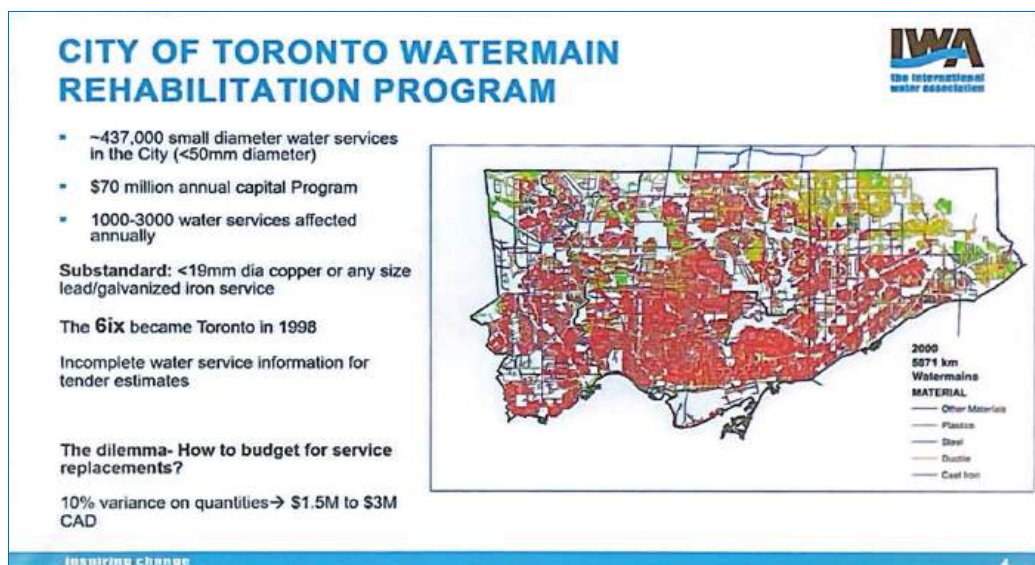
- 수도관 복구 프로그램 : 이 프로그램은 토론토 수자원 관리의 'State of Good Repair' 프로그램의 일환으로, 수도관의 파손을 줄이고 자산 수명을 연장하는 것을 목표로 하고 있다. 토론토에는 500km 이상의 수도관이 있으며, 매년 약 15-20km의 수도관을 'Cured-in-place pipe' 구조 정렬 방법으로 복구한다.

- 작업 범위 : 프로그램의 주요 작업은 '수준 이하'의 수도관 서비스를 교체하는 것이며, 이 발표에서는 특히 이 교체 작업에 초점을 맞출 것임을 이야기 했다. 교체 시 서비스는 표준 19mm 구리 파이프 업그레이드된다.



토론토와 인근 도시들의 수도관 네트워크 현황

- 토론토는 250억 달러 이상의 자산 가치가 있는 네트워크를 보유하고 있다.
 1. 4개의 수처리 플랜트
 2. 18개의 펌핑 스테이션
 3. 7만 개의 밸브
 4. 4만 2천 개의 소화전
- 수도관의 평균 연령은 61년이며, 15% 이상은 100년이 넘는다. 매년 평균 1100건의 수도관 파손이 발생하고 있다.



수도관 서비스

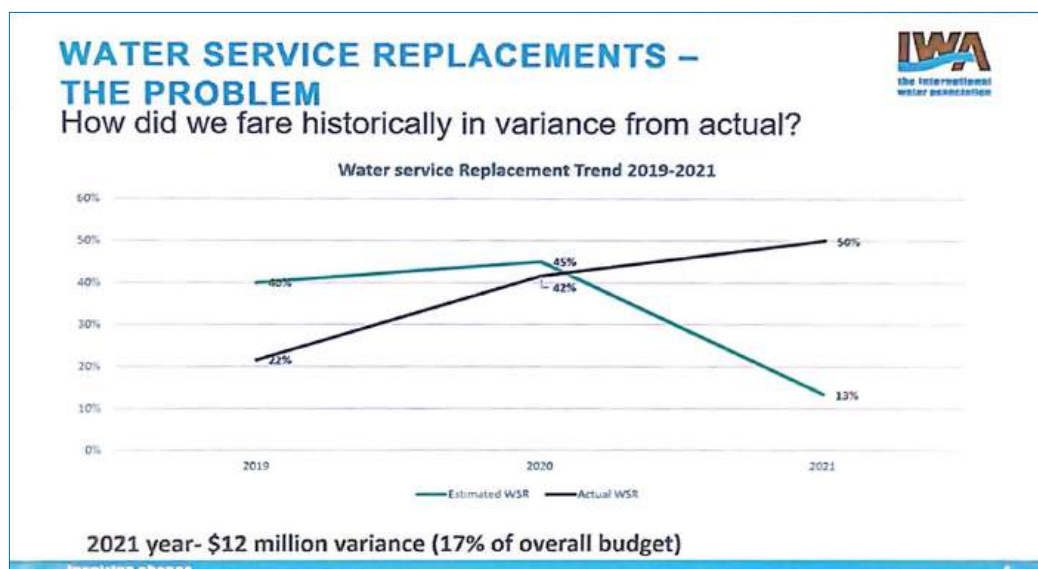
- 토론토에는 약 437,000개의 소형 수도관 서비스가 있으며, 매년 1,000~3,000개의 서비스가 이 프로그램의 영향을 받는다.

기준 이하의 수도관 서비스 정의

- 프로그램에서 모든 수도관 서비스를 교체하지는 않으며, 기준 이하의 서비스만 교체하고 있다.
- 기준 이하 수도관 서비스 : 19mm 미만의 구리 파이프, 납 또는 갈바늄(아연 도금 강철)으로 만든 서비스는 기준 이하로 간주되는데, 이 때문에 정확한 교체 수를 예측하는 것이 중요하다.

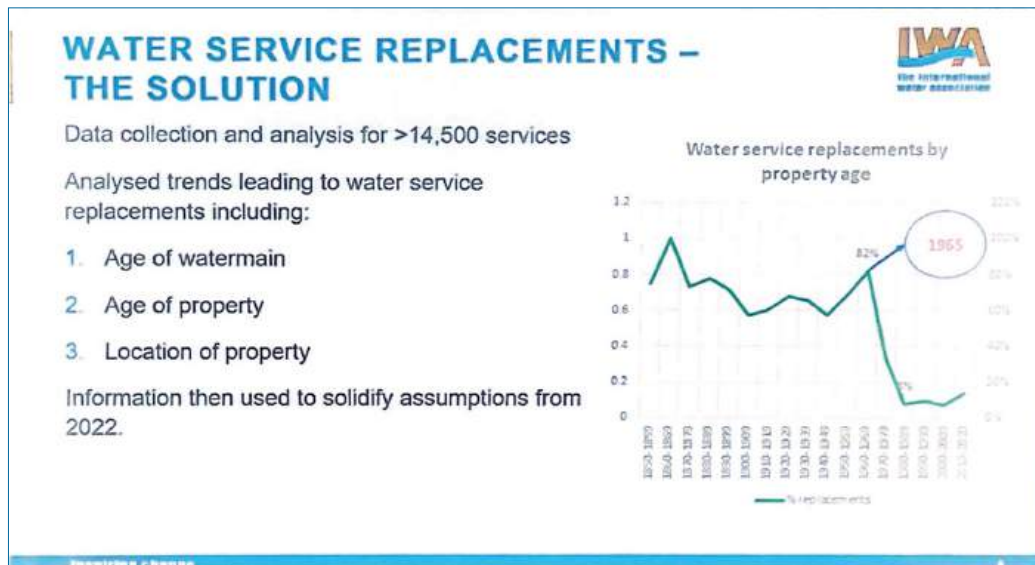
예산 문제

- 토론토의 수도관 서비스 데이터는 종종 불완전한데, 이는 1998년 토론토의 여러 지자체가 통합되면서 발생한 문제이다. 데이터의 불완전성은 예산을 짜는 데 큰 도전 과제를 제기하며, 10%의 예측 오차만으로도 최대 300만 달러의 비용 변동이 발생할 수 있다. 이는 교체 수량의 10% 차이라도 평균 최대 300만 달러의 비용 차이가 발생할 수 있기 때문이다.



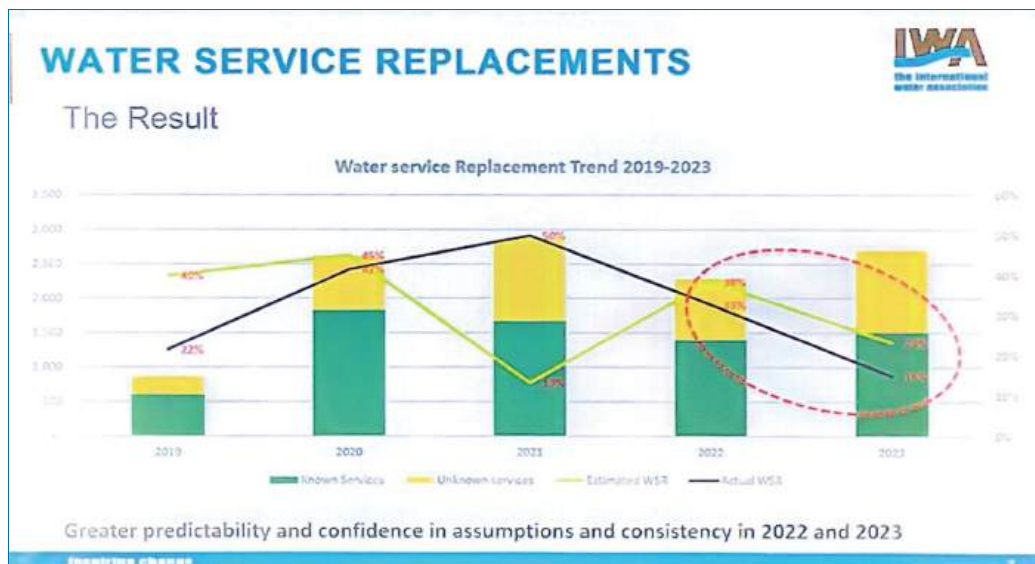
과거 예산 추정과 실제 교체 수의 차이

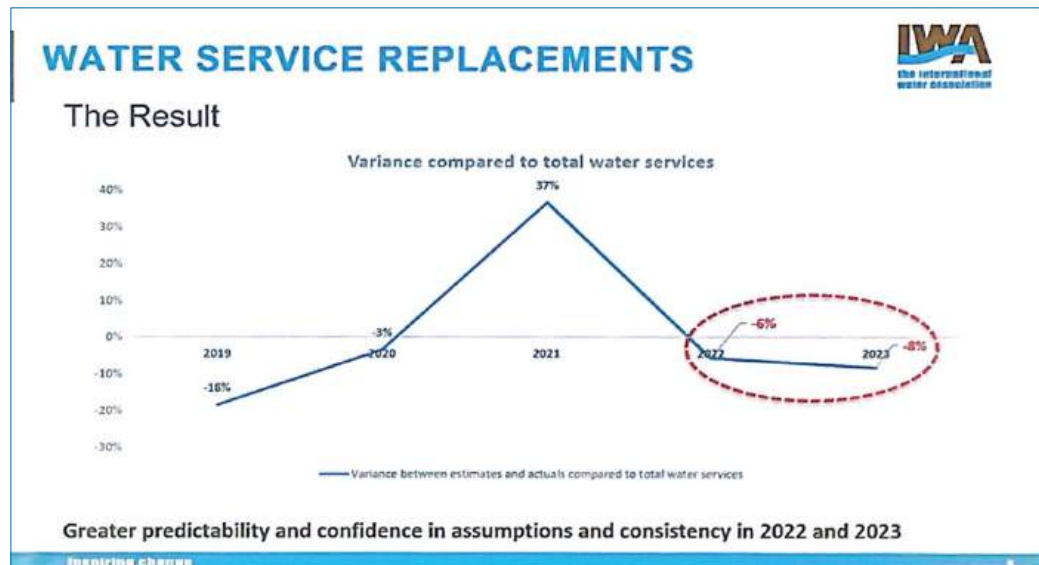
- 2019년과 2021년 사이에 예측된 수도관 서비스 교체 수와 실제 교체 수의 차이가 컸다.
- 2019년에는 40%의 서비스가 교체될 것으로 예측했지만 실제로는 22%만 교체되었다.
- 반대로 2021년에는 13%만 교체될 것으로 예측했지만 실제로는 50%가 교체되었다.
- 이러한 예측 불확실성은 예산에 큰 영향을 미쳤으며, 2021년에는 약 1,200만 달러의 예산 변동이 발생하였다.
- 즉, 수도 서비스의 적정량을 예측하는 것이 예상치 못한 예산 변동으로 이어지는 어려움이 있다.
- 문제 해결을 위해 2015년부터 2021년까지의 모든 수도 데이터를 분석하여 GIS에 이용한다.



문제 해결을 위한 데이터 분석

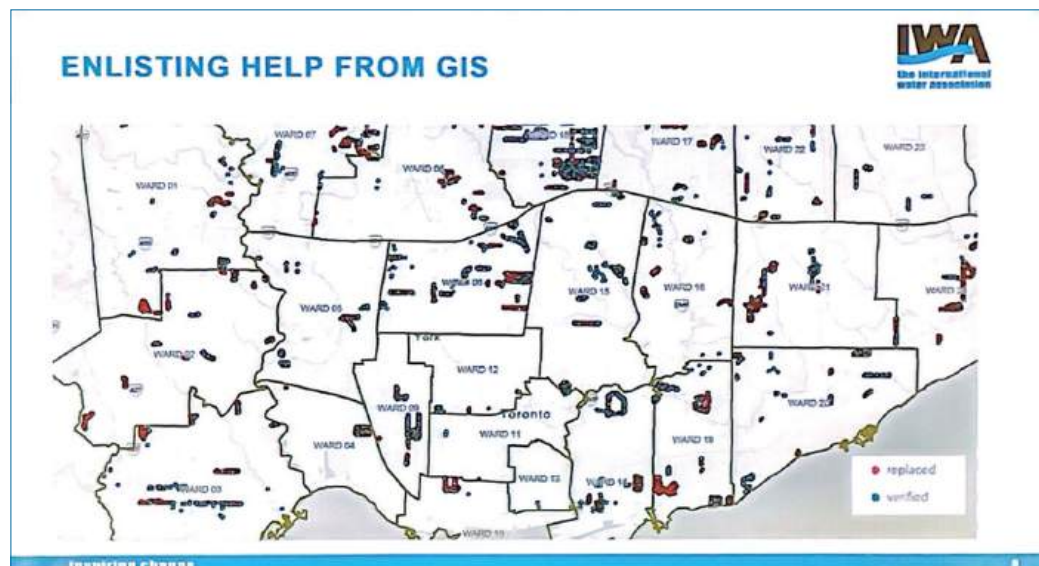
- 데이터 수집 및 분석의 단계가 필요하다. 2015년부터 2021년까지의 수도관 서비스 데이터를 수집하고 분석하였으며 이 데이터에는 교체된 수도관 서비스, 교체된 지역 및 GIS 정보가 포함되어있다.
- 분석 결과, 1965년 이후에 건설된 건물의 수도관 서비스는 대부분 기준에 부합했으며 교체되지 않았다. 이러한 트렌드를 바탕으로 14,500개 이상의 수도관 서비스를 분석하여 예측 모델을 개선하였다.

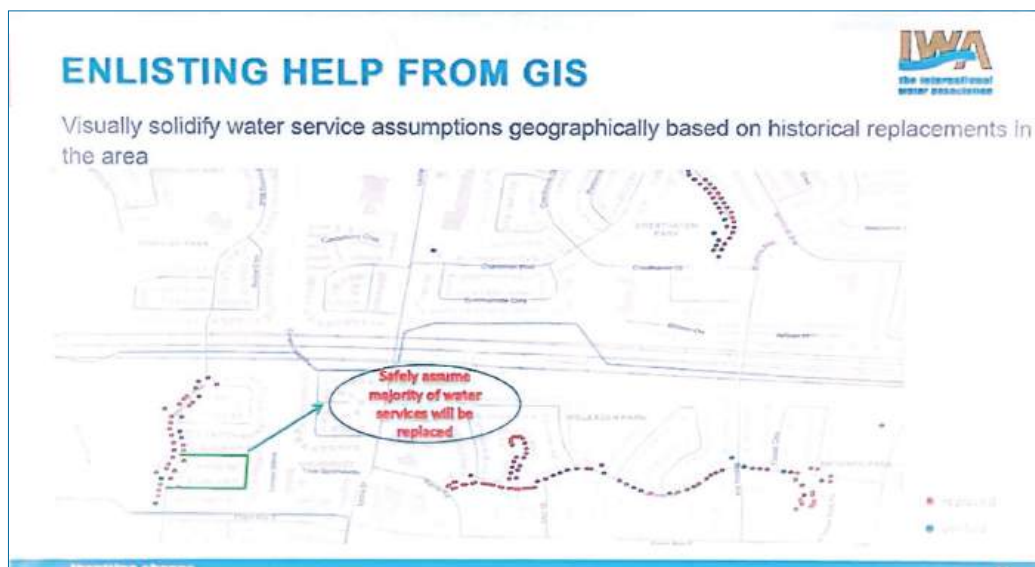
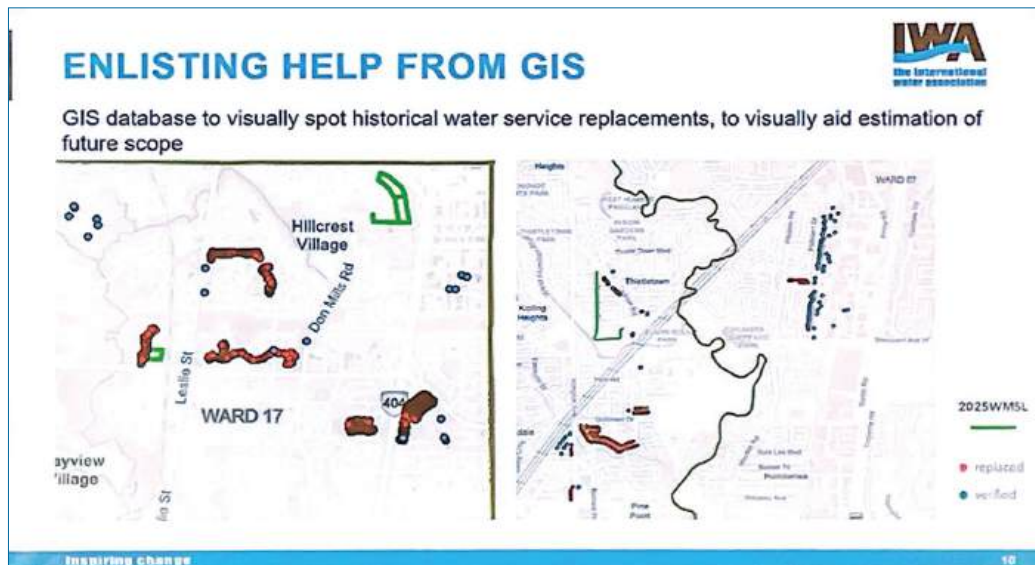




데이터 기반 예측의 개선 효과

- 예측 정확도가 향상한다. 데이터 분석을 통해 2022년과 2023년의 수도관 서비스 교체 예측을 개선했으며, 실제 교체 수와 예측 수가 더 잘 일치하게 되었다. 예를 들어, 2023년에는 예측과 실제 교체 수의 차이가 8%로 감소하여 예산 변동성이 크게 줄어드는 것을 볼 수 있다.
- PPT 7에서 그래프의 평행한 선은 변동성이 크게 낮아지고 신뢰도가 높아짐을 의미한다.



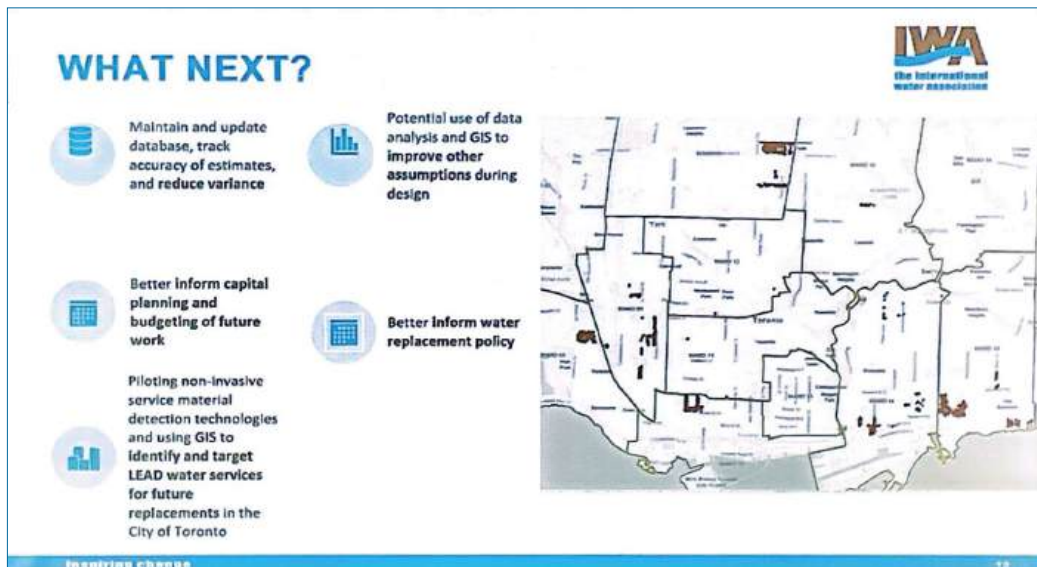


GIS 도구 활용

- 수집된 데이터를 GIS에 시각화하여 미래의 수도관 서비스 교체를 예측할 수 있게 한다.
- 특정 지역의 수도관 교체 데이터를 시각적으로 분석하여 향후 교체 작업을 보다 정확하게 계획할 수 있다.

향후 방향

- 분석을 바탕으로 LED 수도 서비스가 존재하는 지역을 식별하고 토론토 시의 미래 수도관 서비스 교체 정책에 대한 업데이트를 진행할 예정이다.
- 이는 예산 변동성을 줄이는 데 중요한 역할을 할 것이다.



세션 발표 이후 궁금증 및 추가로 알면 좋을 사항들

- 데이터 수집 및 처리 과정** : 발표에서 사용된 데이터는 어떻게 수집되고 처리되었는지, 데이터의 정확성 및 신뢰성은 어떻게 보장했는지에 대해 궁금함. 모든 예측 모델이 그렇듯.. 신뢰성을 평가하는 데 중요할 것이기 때문에.
- GIS 도구의 구체적인 사용 사례** : GIS 도구를 활용한 구체적인 사례, 특히 어떻게 시각화가 예측 정확도를 높이는 데 기여했는지에 대한 사례를 알고 싶음. 예를 들어, 시각화를 통해 어떤 특정 패턴이나 트렌드를 발견했는지, 이것이 예측에 어떻게 반영되었는지?
- 데이터 분석 기법** : 어떤 데이터 분석 기법을 사용했는지, 특히 머신 러닝이나 통계 모델을 사용했는지에 대한 정보를 알고싶음. 이를 통해 예측 모델의 기반이 되는 분석을 알 수 있을 것.
- 미래 계획의 구체성** : 발표에서 언급한 미래 계획이 구체적으로 어떤 단계를 거쳐 진행될 예정인지, 예를 들어 데이터베이스 업데이트 주기, 추가적인 데이터 수집 계획, 새로운 기술 도입 여부 등을 더 명확히 설명해주었으면 좋았을 것 같음.

해당 발표의 질의응답 정리

- Q1.** 미국에서는 규제 요구사항에 따라 납 수도물 서비스 라인에 대한 인벤토리 및 교체 프로그램을 수행해야 함. 캐나다(토론토)에서도 이러한 규제 요구사항을 충족하려고 하는지?
- A1.** 현재 토론토에서는 납 서비스 라인과 관련된 규제 체계가 확립되지 않았음. 규제는 수도물의 재질보다는 수질에 중점을 두고 있음. 토론토에서는 파이프 내 부식을 줄이기 위해 케미컬 밸런싱(화학적 균형 조절)을 많이 수행하며, 이로 인해 납의 양이 매우 낮게 유지되고 있음.
- 그럼에도 불구하고, 토론토에는 납 서비스 수도물 교체 프로그램이 존재함. 현재 환경보호청(EPA)에서 요구하는 것은 속성 자체로서의 직접적인 연결인데, 이는 토론토의 규제와는 조금 다름.

Q2. 수집한 데이터로 인공지능(AI) 알고리즘을 사용하여 납 서비스 라인이 있을 가능성이 높은 지역을 집중적으로 찾는 데 도움을 주는지?

A2. 현재 AI 도입은 진행 중이지만 아직 본격적인 단계에 이르지 않았음.

현재로서는 시각적 분석(visual grid force) 중심으로 작업이 이루어지고 있지만, 앞으로는 AI를 활용한 분석으로 나아갈 계획임.

Q3. CIPIP(구조적 라이닝) 방식과 전체 파이프 교체 방식 중 어떤 방식을 선택할지 결정하는 방법은?

A3. 결정 트리(decision tree)를 사용하여 결정함. 이 중 하나는 도로를 동시에 재건할지 여부임.

도로 재건이 포함된다면 전체 파이프 교체가 진행될 가능성이 큼. 대부분의 수도관 교체 작업은 다른 작업과 함께 묶여서 이루어짐.

도심보다는 내곽(suburbs) 지역에서 구조적 라이닝 방식이 더 자주 사용됨.

Q4. 미국에서는 서비스 라인을 교체할 때 미터기까지가 아니라 속성 경계까지 교체하는 것이 요구됨. 캐나다에서는 서비스 라인의 교체 작업에서 미터기 이후의 라인까지 소재 수집(material collection)을 수행하는지?

A4. 과거에는 미터기 이후의 소재에 대해 수집하지 않았지만, 현재는 수집하고 있음. 이미 14,000개의 서비스 라인에 대한 데이터를 가지고 있으며, 이 데이터는 전체 437,000개의 서비스 라인에 대한 정보를 포함하고 있음. 그러나 이 437,000개 라인에 대한 모든 정보는 여전히 불완전함.

Q5. 영국에서는 추운 겨울철에 수도관 파손이 급증하는 경향이 있음. 캐나다에서도 이러한 데이터를 예측에 반영하고 있으며, 파이프 재질 등을 포함한 데이터를 예측에 통합할 계획이 있는지?

A5. 수도관 파손은 자산 관리에서 가장 중요한 핵심 성과 지표임.

일반적으로 동일한 길이의 수도관에서 10년 동안 두 번째 파손이 발생하면 교체를 고려함.

추운 날씨(특히 매우 추운 겨울철)에는 수도관 파손이 많이 발생함. 토론토에서는 이러한 문제를 완화하기 위해 파이프를 최소 6피트 깊이에 묻음.

발표 느낀 점 간단 메모

토론토의 수도관 관리 및 교체 프로그램이 매우 체계적이고, 데이터를 기반으로 한 접근 방식을 통해 효율성을 높이려는 노력이 두드러진다는 점이 인상적이었음. 발표자는 현재 토론토가 "데이터는 풍부하지만, 정보는 부족한" 상황이라고 인식하고 있는데, 데이터의 양이 많더라도 이를 효과적으로 활용할 수 있는 능력이 부족할 때 문제가 발생할 수 있다는 것을 배울 수 있었음. 이 문제를 해결하기 위해 AI와 같은 고급 분석 도구를 활용하려는 노력을 하고 있고, 이 부분에서 토론토의 수도관 관리가 단순히 유지보수에 그치는 것이 아니라, 더 나은 미래를 위한 정보 관리 시스템을 구축하는 방향으로 나아가고 있음을 알 수 있었음.

질의응답에서는 다른 국가들, 특히 미국과 영국과의 비교가 이루어졌는데, 이는 토론토가 다른 선진국의 사례를 참고하며 글로벌 스탠다드에 맞춘 수도관 관리를 지향하고 있다는 것을 알게 해주었고, 특히, 미국의 규제 요구사항과 비교한 질문에서 토론토가 현재 규제 체계와 다르게 수질에 중점을 두고 있다는 점에서 각국의 상황에 맞는 정책과 프로그램이 필요함을 깨닫고 우리나라의 규제 체계에 대해 탐구해보고자 하는 마음이 생김. 마지막 세션이라 잘 정리하고자 했는데, 이번 발표에서 수도관 관리의 복잡성과 예산 관리의 중요성을 잘 들을 수 있었고, 기술적 측면에서도 체계적이라 좋았음. 그리고 개선해나가야 할 점이 많다는 것에서 조금 충격이었음. AI 도입이 아직 초기 단계에 머물러 있다는 점이나, 전체적인 데이터 통합 및 활용이 아직 완전하지 않다는 점은 앞으로 스마트 물관리에서의 중요과제가 될 것임을 깨달았음.

TS 2.15 | 2조

Unveiling The Water - Energy Nexus : Wastewater Reuse For District Heating Applicatio

Presenter : Francisca Sousa Braga, Denmark

소속

- 스칸데르보르그 유틸리티 (Skanseborg Utility)
- 덴마크 기술 대학 (DTU, Danish Technical University)
- VIA 대학 (VIA University College)

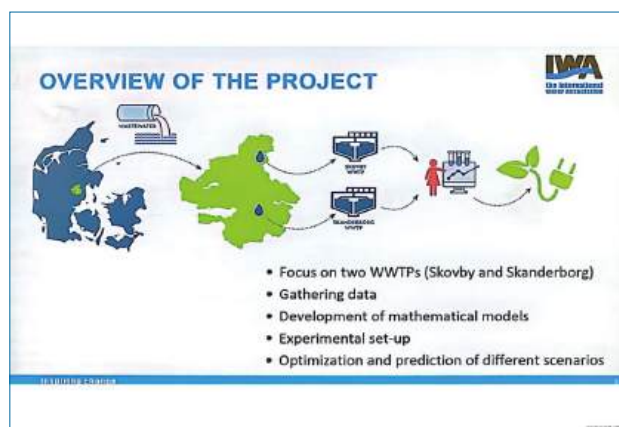
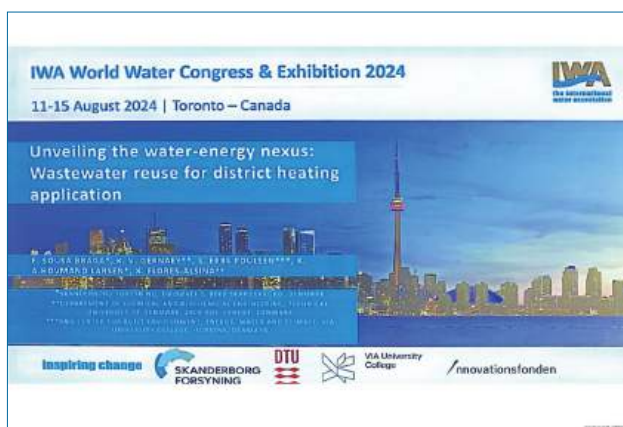
세부 전공

- 산업 박사 과정 : 물-에너지 연결고리 탐색 및 에너지 응용을 위한 폐수 재사용

경력

- 포르투갈 출신, 현재 덴마크 거주
- YWP 커뮤니티 참여 : 회의 조직, 웨비나 이끌기, 다양한 활동 참여
- YWP DK 의장
- IWA YWP 운영 위원회: 경력 쌓기 역할

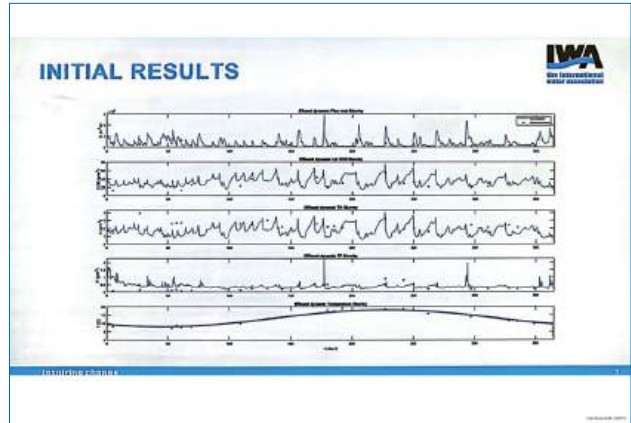
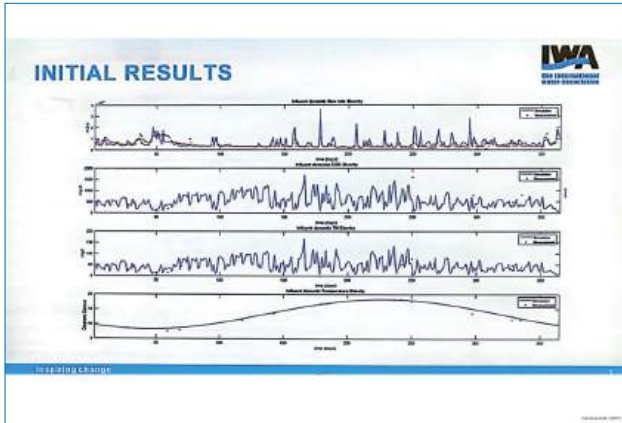
프레젠테이션 PPT



제 이름은 프란시카 브라가입니다. 저는 덴마크의 스카나보르드 유틸리티에서 산업 박사 과정 학생으로, 뉴유니버시티 칼리지와 코펜하겐의 덴마크 기술 대학에서 공부하고 있습니다. 오늘은 물과 에너지의 연관성을 밝히는 주제로 이야기하겠습니다.

여러 기조 연설자들과 기술 세션에서도 물과 에너지 분야의 협력의 중요성을 강조하며, 하수를 재활용하여 지역 난방에 적용하는 것에 대해 많이 이야기해 왔습니다. 오늘 저는 콜린이 언급한 몇 가지 질문과 함께 온도와 관련된 내용도 다루겠습니다. 제 프로젝트와 우리가 왜 이 작업을 하는지에 대해 더 잘 이해하실 수 있도록, 여기 보이는 지도에서 스카나보르드 시의 두 하수 처리장을 집중적으로 연구하고 있습니다.

이 두 하수 처리장은 현재 유틸리티에서 진행 중인 중앙화 프로젝트의 일환으로, 작은 하수 처리장 세 곳이 폐쇄되고 이 두 곳만 남게 됩니다. 그래서 우리는 수처리장에서 하수로 유입되기 전과 유출된 후의 열전달 동역학을 더 잘 이해하기 위해 다양한 수학적 모델을 개발하고 있습니다. 이를 통해 증가하는 인구, 산업, 그리고 기후 변화에 대한 회복력 등 다양한 시나리오에 대한 최적화 방안을 모색하고 있습니다.



덴마크에서는 최근 강우량이 많아지고 있으며, 기조 연설에서 미라 마드가 언급했듯이, 지난해가 덴마크 역사상 가장 습한 해 중 하나였습니다. 그래서 하수 처리장의 용량 분석도 진행 중이며, 이 두 처리장이 현재의 변화에 대응할 수 있는지, 아니면 예상보다 더 빨리 업그레이드가 필요할지를 평가하고 있습니다.

특히 하수의 열 회수 위치를 분석하는 것이 중요한데, 겨울철에는 온도가 낮아 열이 더 필요하고, 여름철에는 그 반대입니다. 저는 포스터에서 초기 결과를 공유했는데, 이 결과는 2022년 동안 두 하수 처리장에서의 수처리 시뮬레이션 결과를 보여줍니다. 이를 통해 하수의 온도, COD(화학적 산소 요구량), 총질소 등을 분석하고 있으며, 이 데이터는 하수 처리장 성능 최적화에 사용됩니다.

다음 단계로는 다른 시나리오, 예를 들어 강수량 변화와 기후 변화에 대한 대응, 인구 증가, 산업 변화 등에 대한 연구를 통해 미래에 어떻게 대응할지 연구하고 있습니다. 또한, 하수의 열 회수 위치를 분석할 때 하수는 아직 처리되지 않은 상태이기 때문에 열교환기와 히트 펌프 과정에서 더 많은 유지보수가 필요할 수 있다는 점도 고려해야 합니다. 그래서 저는 현재 진행 중인 모델링 작업 외에도, 향후에는 이러한 프로젝트의 상세한 생애 주기 평가를 진행하여 회사나 유틸리티 측에서 투자와 탄소 발자국 측면에서 이점이 있는지 평가할 예정입니다.

15분이 채 안 되었지만 최대한 많이 이야기하려고 했습니다. 들어주셔서 감사합니다.

산업 박사 과정을 수행하면서 산업계와 학계가 협력할 수 있는 기회를 갖는 것이 매우 중요하다고 생각합니다. 이렇게 함께 작업하고 서로 배울 수 있는 기회를 통해 물 분야와 에너지 분야에서 더 나은 미래를 만들어갈 수 있을 것입니다. 제 포스터는 여기 있으며, 주제에 관심이 있거나 추가 질문이 있는 경우 언제든지 환영합니다. 감사합니다.



질문자 : 사실 저도 처음에 같은 질문을 했고, 회사의 지도교수님께 물어봤습니다. 중요한 것은 온도일 수 있지만, 하수는 또한 COD, 총질소, 인 등을 포함하고 있어 열 회수 효율에도 영향을 미칠 수 있습니다. 예를 들어, 덴마크의 콜렌보르그에서는 열 회수 시스템과 히트 펌프를 사용하는데, 처음에는 필터링 시스템이 없어 문제가 있었습니다.

1. 연구 배경 및 목적

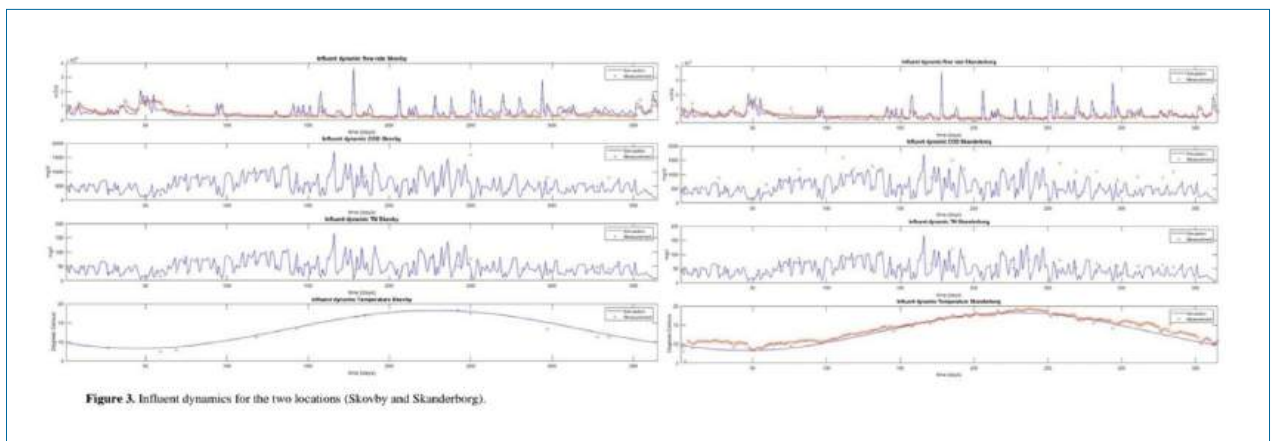
덴마크 스칸나바드 지역의 두 개의 폐수 처리장을 중심으로 연구를 진행 중이다. 이 지역에서는 중앙 집중화 프로젝트가 진행 중으로, 세 개의 소규모 폐수 처리장을 폐쇄하고 두 개의 폐수 처리장만 남길 계획이다. 연구 목적은 열 전달 역학을 이해하고 최적화하는 것으로, 인구 증가, 산업 발전, 기후 변화 등 다양한 요소를 고려하여 가장 효과적인 열 회수 위치를 파악하는 것이다.

2. 초기 연구 결과

2022년의 데이터를 기반으로 유입수와 유출수의 온도 및 오염물질(COD, 총 질소, 총 인) 시뮬레이션 결과를 제시했다. 온도는 계절에 따라 사인 곡선 형태로 변하며, 이는 열 교환기와 열 회수 효율성을 이해하는 데 중요한 요소로 작용한다. 이러한 분석을 바탕으로 중앙 집중화 프로젝트에 따른 폐수 처리장의 성능을 최적화하는 다양한 시나리오를 설정하고 있다.

3. 연구의 중요성 및 산업적 의미

발표자는 이번 연구가 산업 박사 과정의 중요한 예시라고 강조했다. 산업 박사 과정은 학문적 연구와 산업적 응용을 결합하여 물과 에너지 분야에서 협력을 촉진하는 데 큰 역할을 한다고 설명했다. 또한, 이 프로젝트가 환경에 미치는 영향을 평가하기 위해 지속적인 분석이 필요하다고 덧붙였다.



질문 및 답변 내용 요약

Q. 폐수에서 열을 회수할 때 가장 중요한 요소는 무엇인가요?

A. 온도가 가장 중요한 요소이다. 폐수는 다양한 변화를 겪으며, 이는 열회수의 효율성에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 덴마크의 콜링 보르에 있는 시스템에서는 초기 여과 시스템의 문제로 인해 열회수가 어려웠으나, 이를 개선하기 위해 여과 시스템을 도입해야 했다. 또한, 전통적인 시장과 비교하여 지역 난방 시스템이 이미 구축되어 있는지 여부를 고려하는 것이 중요하다. 특정 폐수 처리 시설에서는 이미 지역 난방과 열회수 시스템이 작동하고 있지만, 유틸리티 본사와 에너지 메인 빌딩 간의 거리로 인해 이송 과정에서의 영향을 고려해야 한다.

TS 2.15 | 6조

ENERGY EFFICIENCY AND RECOVERY

Wastewater Energy Transfer For Toronto Western Hospital, Mark Bruder, Canada (노벤탐 관계자, 2번째 발표)

폐수 에너지 전환 시스템 (WET) 구축

1. 소개

Introduction

Project Overview

- Who: Noventa Energy Partners and Bird Construction
- What: Wastewater Energy Transfer (WET)
- Where: Toronto Western Hospital, Toronto, ON
- When: Full system operational by Q3/2024 (target)
- Why: Expand use of WET low-carbon heating/cooling
- How: Experienced design-build team led by Bird Construction

Owner

Design-Build

Wider DB Team

Logos: IWA, Noventa, Bird, Vancity, CIBC, C&M McNALLY, HUBER, MCW, RVA, GROUNDED, 4SIGHT, Stantec, CONEM, UHN, TRANT, Toronto

프로젝트 개요

Noventa Energy Partners와 Bird Construction이 협력하여 진행하는 폐수 에너지 전환 시스템(WET) 구축을 목표로 한다. 이 시스템은 Toronto Western Hospital에 도입되고 있으며, 2024년 3분기부터 전체 시스템이 운영될 예정이다. 이 프로젝트의 주된 목표는 저탄소 난방 및 냉방을 확대하여, 병원의 에너지 요구를 더욱 효율적으로 충족시키는 것이다.

프로젝트팀

Bird Construction은 이 프로젝트의 설계 및 시공을 주도하는 경험이 풍부한 팀을 운영하고 있으며, 다양한 투자자와 다른 설계 엔지니어들이 협력하고 있다.



IWA World Water Congress & Exhibition

11-15 AUGUST 2024 | TORONTO, CANADA | www.worldwatercongress.org

Unveiling the water-energy nexus: Wastewater reuse for district heating application

F. Sousa Braga^{*1}, K.V. Gernaey^{**}, S. Erbs Poulsen^{***}, K.A. Hovmand Larsen^{*}, X. Flores-Alsina^{**}

^{*} Skanderborg Forsyning, Døjsøvej 1, 8660 Skanderborg, Denmark

^{**} Department of Chemical and Biochemical Engineering, Technical University of Denmark, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark

^{***} R&D Center for Built Environment, Energy, Water and Climate, VIA University College, Horsens, Denmark

¹ Corresponding author: Francisca Sousa Braga (fsb@skanderborgforsyning.dk)

Abstract:

Wastewater treatment plants (WWTP) significantly impact energy, climate, and water, making these facilities a major contributor to environmental challenges and climate change. This project aims to transform WWTPs into water resource recovery facilities (WRRF) by converting wastewater into an energy source. The research involves data collection, mathematical modelling, scenario analysis and optimization to assess system performance. This work contributes to advancing towards the Sustainable Development Goals (SDG), helping Denmark to reach its goal to achieve carbon neutrality by 2050 and assess the potential to reuse wastewater for energy purposes.

Keywords: wastewater reuse; district heating; wastewater heat recovery systems

Introduction

A WWTP plays a significant role in the water industry's greenhouse gas emissions, accounting for approximately 3% of the global energy demand [1]. This makes them a substantial contributor to environmental challenges and climate change, particularly due to their high energy consumption compared to other sectors. Considering the interconnections between energy, climate, and water, the efficient management of WWTPs becomes crucial for sustainable development and mitigating environmental impacts.

Whether originating from households, industrial processes, or businesses, wastewater carries a valuable and often overlooked resource: thermal energy. This thermal energy is a byproduct of various factors such as heating, cooling, and chemical reactions. By harnessing the thermal energy present in wastewater, we could reduce energy consumption and effectively mitigate greenhouse gas emissions.

Advanced wastewater heat recovery (WWHR) systems, such as heat exchangers and heat pumps, can effectively capture and utilize thermal energy from wastewater. These technologies offer energy efficiency and cost savings and have applications in various sectors, including residential, commercial, industrial, and district heating networks. By adopting these innovative solutions, we can transform wastewater from being considered waste into a valuable resource, contributing to a more sustainable future.



Figure 1. Conceptual schematic of the project

Data Collection and model development

The initial stages of the research project involve gathering comprehensive data on various aspects, including wastewater characteristics, environmental conditions, WWTP configurations, operational conditions, and district heating infrastructure in two different WWTPs (Skovby, Skanderborg) located in the Jutland peninsula in Denmark (Figure 1).

After the data collection phase, the research will progress to the development of sophisticated mathematical models [2],[3],[4]. These models are designed to accurately capture the complex dynamics of heat transfer phenomena within the WWTP, including WWHR. They consider different system configurations and wastewater sources, allowing for precise system design and optimizations. The optimization process considers factors such as heat exchanger sizing, heat pump efficiency, heat transfer rates, and includes different experiments. In the experimental setup, the water will undergo filtration before being directed to the heat exchanger, allowing for investigations into the effects of temperature and seasonal changes and extract data to be used for the models.

In addition to optimization, the developed tools serve a wider purpose in addressing important questions to support decision-making. These include exploring the effects of centralization on system performance, assessing the impact of temperature reduction on the nitrification process, determining adjustments required for reactor capacity, and evaluating the resilience of infrastructure under uncertain climate scenarios, as observed in Figure 2. The scenario analysis helps understand the potential challenges and opportunities associated with implementing WWHR systems in different contexts.



Figure 2. Different scenarios to be analysed.

Outcomes/results of the project

The anticipated outcomes of this research encompass various aspects, including the development of advanced mathematical models that can be customized for wastewater heat recovery (WWHR) and WWTP systems. These models will enable accurate predictions and simulations of system performance, aiding in the optimization and design of efficient WWHR systems. For exemplary purposes, Figure 3 shows both plant measurement and computer simulations for the two selected case studies.

In addition, the research aims to provide an in-depth understanding of the thermal and economic advantages offered by WWHR technology. By analyzing data and conducting cost-benefit analyses, valuable insights will be gained regarding the potential savings and financial viability of implementing WWHR systems. These insights will be crucial for decision-making processes, helping stakeholders make informed choices regarding the adoption of this technology.

Furthermore, the research will offer recommendations for the optimal design of WWHR systems, considering factors such as heat transfer efficiency, system integration, and operational considerations. The goal is to develop guidelines and best practices that can be applied in real-world scenarios, ensuring the successful implementation of WWHR systems.

Moreover, the scalability potential and environmental impact of WWHR systems will be thoroughly examined. This analysis will provide a clear understanding of the feasibility and potential benefits of scaling up WWHR systems in various contexts, considering factors such as infrastructure requirements, resource availability, and environmental considerations.

Overall, the research outcomes will contribute to a comprehensive understanding of WWHR technology, its potential applications, and the considerations relevant to its implementation. The findings will benefit utilities and decision-makers in making informed choices about adopting WWHR systems, ultimately promoting energy efficiency and sustainable practices in the water sector.

Impact of the project

The project aims to uncover the potential of wastewater as a valuable source of thermal energy and provide innovative solutions for its reuse in district heating applications. By integrating these systems into existing infrastructure, significant energy savings and reduced emissions can be achieved.

REFERENCES

- Nakkasunchi, S. *et al* 2021. A review of energy optimization modelling tools for the decarbonisation of wastewater treatment plants. *Journal of Cleaner Production*. **279**, 123811.
- Saagi, R. *et al* 2022. City-wide-model-based analysis of the heat recovery from wastewater using an uncertainty-based approach. *Science of the Total Environment* **820**, 153273
- Gernaey, K.V. *et al* 2011. Dynamic influent pollutant disturbance scenario generation using a phenomenological modelling approach. *Environmental Modelling & Software*. **26** 1255-1267
- Solís B. *et al* 2022. A plant-wide model describing GHG emissions and nutrient recovery options for water resource recovery facilities. *Water research*. **215** 118223

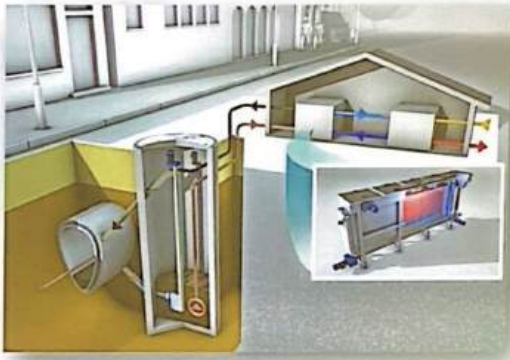
2. 프로젝트 목표

Overview of WET System

Summary of System

- Temporary redirection of flow/solids (closed loop)
- Transfer heat to/from raw wastewater (heat sink or source)
- Use HUBER RoWin® Heat Exchangers
- TWH Phase 1 flow = 522 L/s
- TWH design capacity = 1,200 L/s (for potential expansion)





이 프로젝트의 핵심 목표는 University Health Network의 기후 변화 대응 약속을 지원하는 것이다. 구체적인 목표로는 향후 30년 동안 병원의 공간 난방 및 냉방 요구의 90%를 대체할 수 있는 시스템을 구축하고, 18억kWh의 에너지를 공급하며, CO2 배출을 현저히 줄이는 것을 포함한다. Toronto Western Hospital이 이 프로젝트의 첫 번째 사례가 되며, 앞으로 비슷한 기술을 적용한 많은 프로젝트가 진행될 것으로 예상된다.

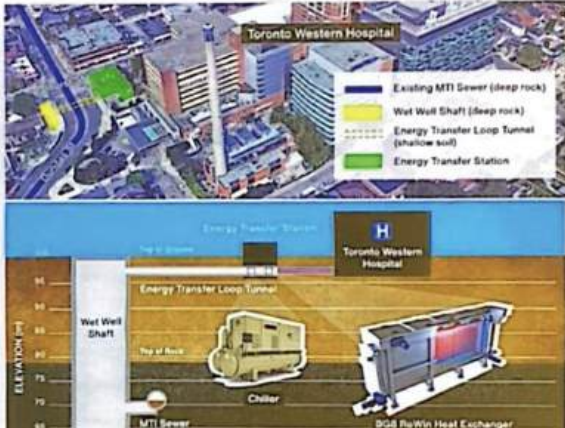
3. 폐수 시스템 개요

Overview of WET System

Primary Components

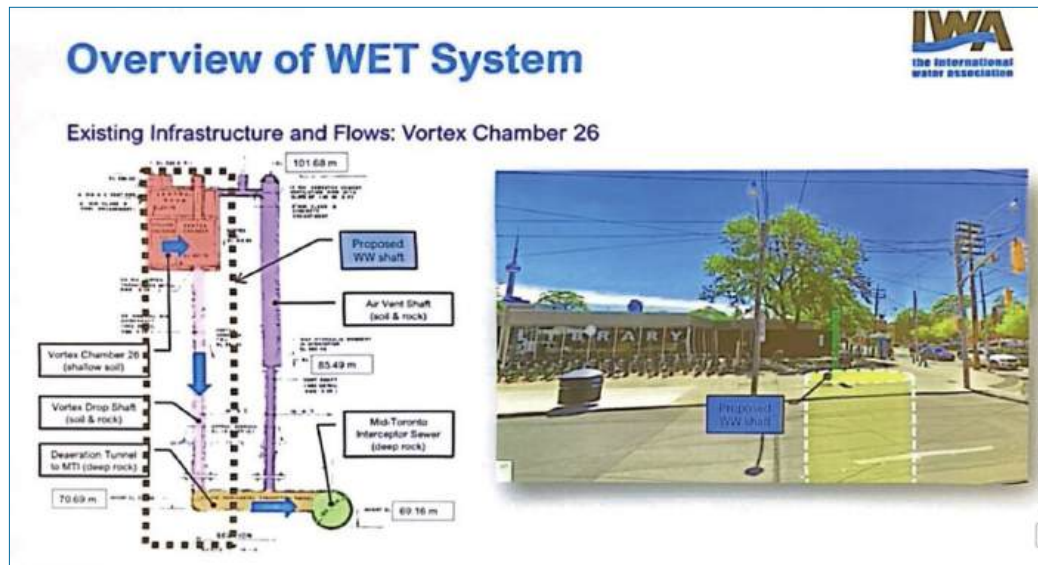
- Wet Well (WW) shaft (deep rock)
- Energy Transfer Loop (ETL) tunnel (shallow soil)
- Energy Transfer Station (ETS) building (at Scotiabank Building)





시스템 원리

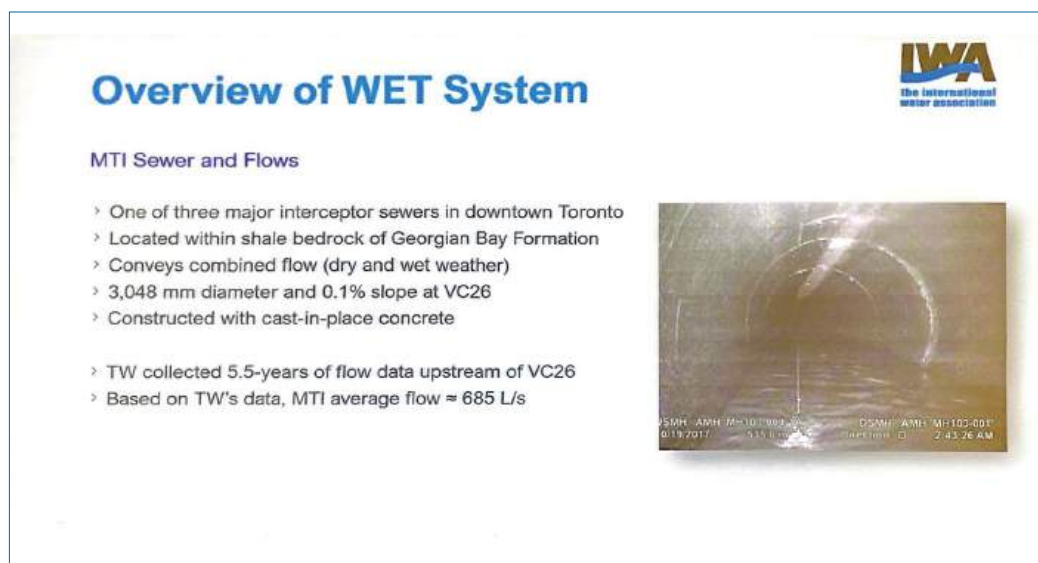
폐수 에너지 전환 시스템(WET)은 폐수에서 열을 추출하여 이를 열 싱크나 열원으로 전송하는 폐쇄 루프 시스템이다. 이번 프로젝트에서는 HUBER의 열교환기를 사용하여 시스템을 최적화하였다. 폐수 시스템의 주요 흐름량은 초당 522L로 설계되어 있으며, 실제로는 더 많은 양을 수용할 수 있도록 설계되었다. 이 시스템은 폐수의 흐름과 고형물을 임시로 우회시키면서도 원활하게 열에너지를 전송하는 것을 목표로 하고 있다.



주요 구성 요소

프로젝트의 핵심 구성 요소 중 하나는 Wetwell shaft다. 이 Wetwell은 깊은 MTI 하수도에 연결되어 있으며, 모든 폐수를 펌프로 강제로 올려서 거리 건너편에 있는 Energy Transfer Loop(ETL) 터널로 이동시킨다. Energy Transfer Station(ETS) 빌딩에서는 모든 에너지 전환이 이루어진다.

4. 기존 인프라 및 흐름 설계 기준



Overview of WET System

Wet Well Shaft

- Create opening in existing MTI sewer
- Convey raw wastewater to WW shaft
- Screen wastewater of solids and return solids to MTI
- Pump screened wastewater through ETL tunnel to ETS
- Transfer heat from screened wastewater within ETS
- Return screened wastewater through ETL tunnel to WW shaft
- Convey screened wastewater back to MTI via vortex drop
- Control flow with gates so MTI and BIS can be isolated
- Approx. 39 m deep (23 m overburden, 16 m bedrock)
- 9.5 m inner diameter, cast-in-place concrete construction

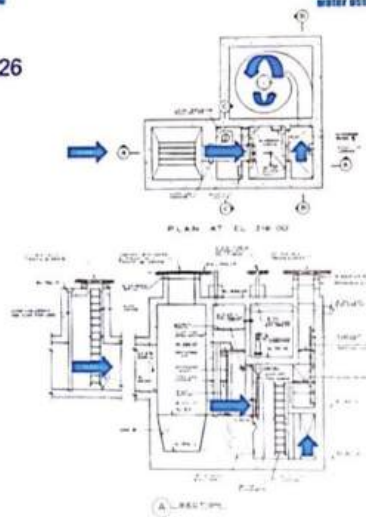


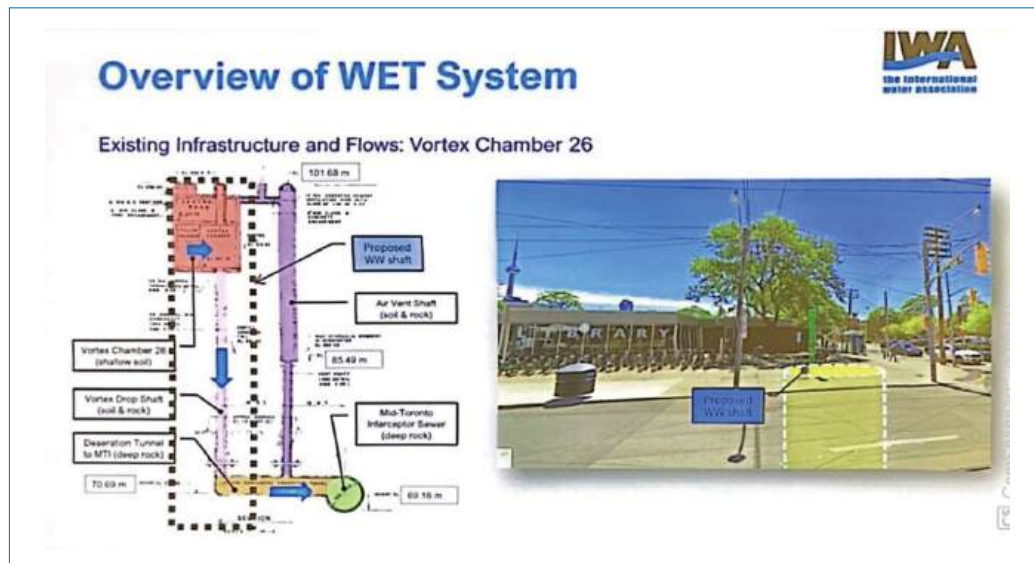
MTI 하수도

MTI 하수도는 토론토 시내의 주요 interceptor 중 하나로, Georgian Bay Formation의 셰일층에 자리 잡고 있으며 직경이 3m이다. 이 하수도는 많은 양의 폐수를 수용할 수 있으며, 평균적으로 하루 685L/s의 흐름이 기록되고 있다.

Overview of WET System

Existing Infrastructure and Flows: Vortex Chamber 26





Vortex 챔버

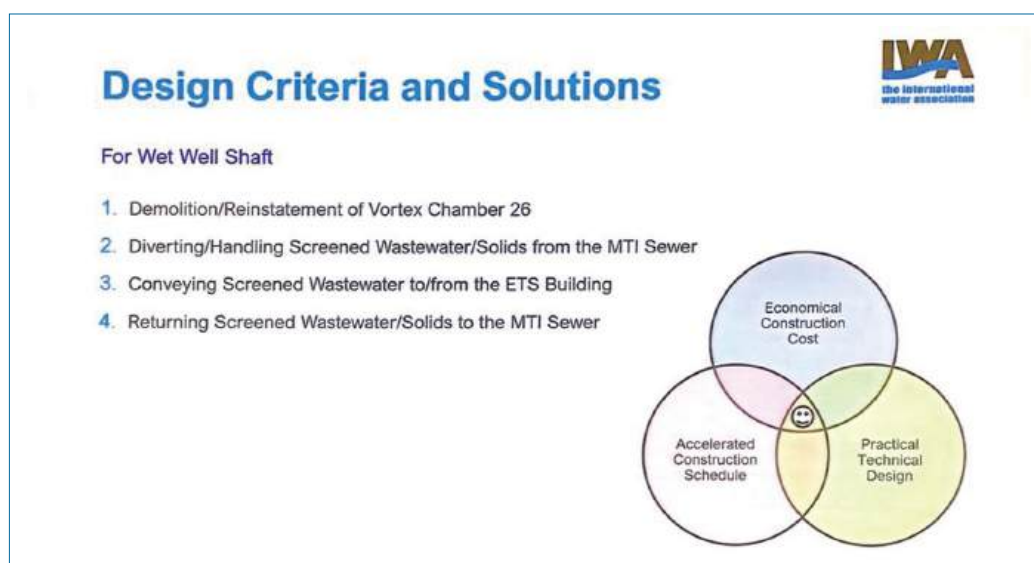
Vortex 챔버는 흐름을 MTI 하수도로 유도하는 역할을 하며, 챔버의 단면에는 다양한 구성 요소가 포함되어 있다. Vortex 챔버를 통해 흐름이 내려가면서 deaeration tunnel to MTI(MTI로 이어지는 탈기 터널)로 유도되며, 이곳에 Wetwell이 설치될 예정이었다. 기존 인프라와의 연결 및 탭핑 과정에서 많은 어려움이 있었지만, 성공적으로 설계가 완료되었다.

5. 설계 기준 및 해결책

설계 기준

프로젝트의 설계 기준에는 열교환기의 철거 및 재설치, MTI에서 스크리닝 된 폐수의 유도 및 처리, Energy Transfer Station(ETS)으로의 이동 및 반환이 포함된다. 모든 설계와 시공은 경제적이고 실용적이며 가속화된 일정에 맞춰 진행된다.

해결책

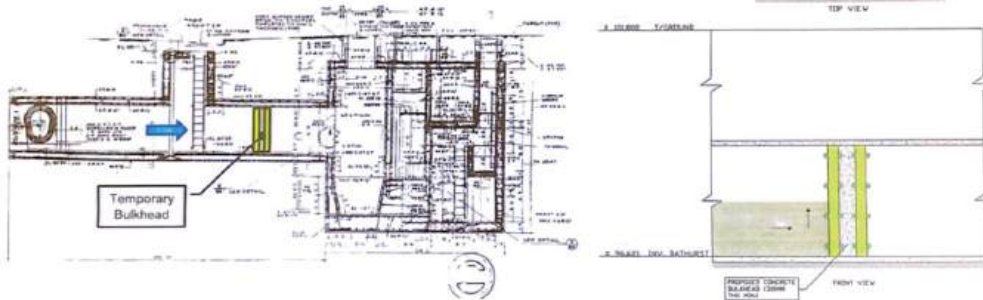


Design Criteria and Solutions



1. Demolition/Reinstatement of Vortex Chamber 26

- Flow from the BIS must not enter or leave the construction site

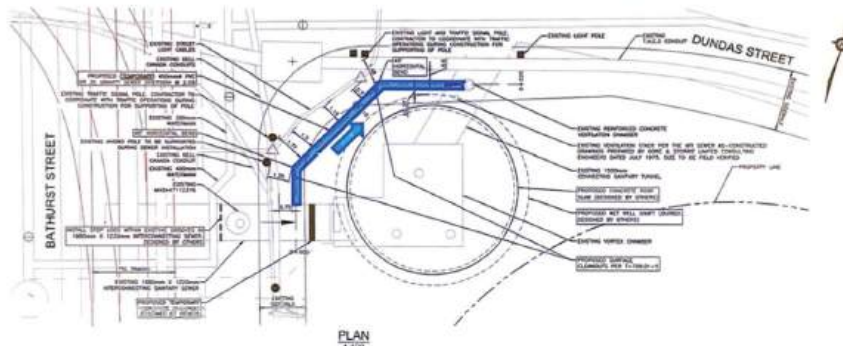


Design Criteria and Solutions



1. Demolition/Reinstatement of Vortex Chamber 26

- Dry and wet weather flow from the BIS must still be sent to the MTI sewer

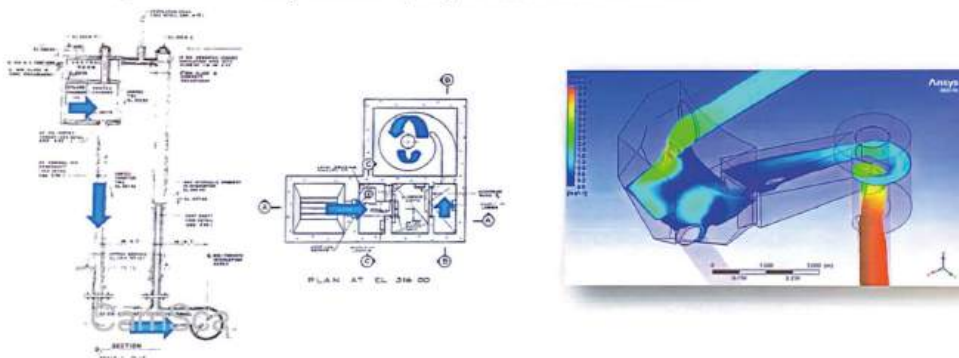


Design Criteria and Solutions



1. Demolition/Reinstatement of Vortex Chamber 26

- The general functionality and flow capacity of VC26 must be reinstated



열교환기 철거 및 재설치

건설 중에는 흐름이 현장으로 유입되지 않도록 임시 블록헤드를 설치했다. 흐름을 완전히 차단할 수는 없으므로, 흐름이 MTI로 돌아갈 수 있도록 작은 파이프를 설치하여 흐름을 차단하고 동시에 MTI로의 유도를 가능하게 했다.

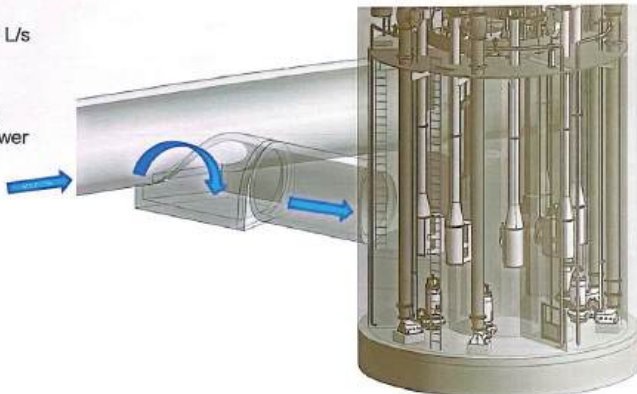
챔버의 기능을 완전히 복원하기 위해, 챔버를 철거하고 흐름이 계속 유지될 수 있도록 기능을 보존해야 했다. 이 챔버는 흐름이 40m 떨어진 곳으로 떨어지면서 발생할 수 있는 문제들, 예를 들어 난류나 공기 유입, 악취 등을 처리할 수 있도록 설계되었다.

Design Criteria and Solutions

2. Diverting/Handling Screened Wastewater/Solids from the MTI Sewer

- > Convey upwards of 1,200 L/s from the MTI sewer
- > No permanent structures allowed inside the MTI sewer



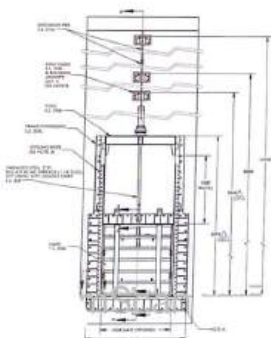
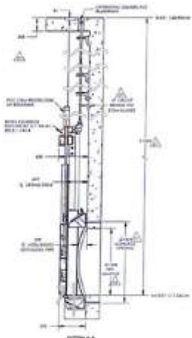


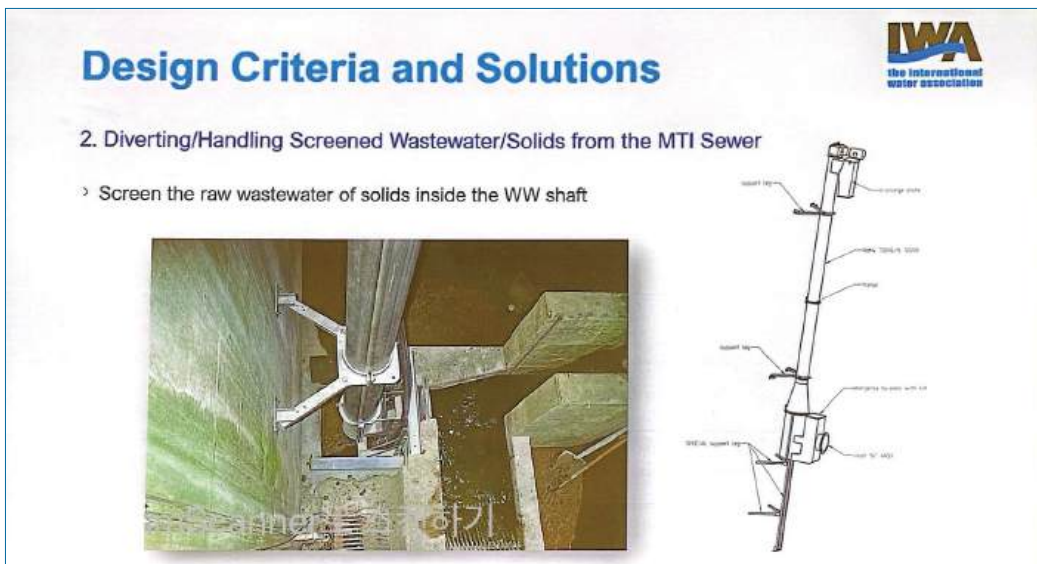
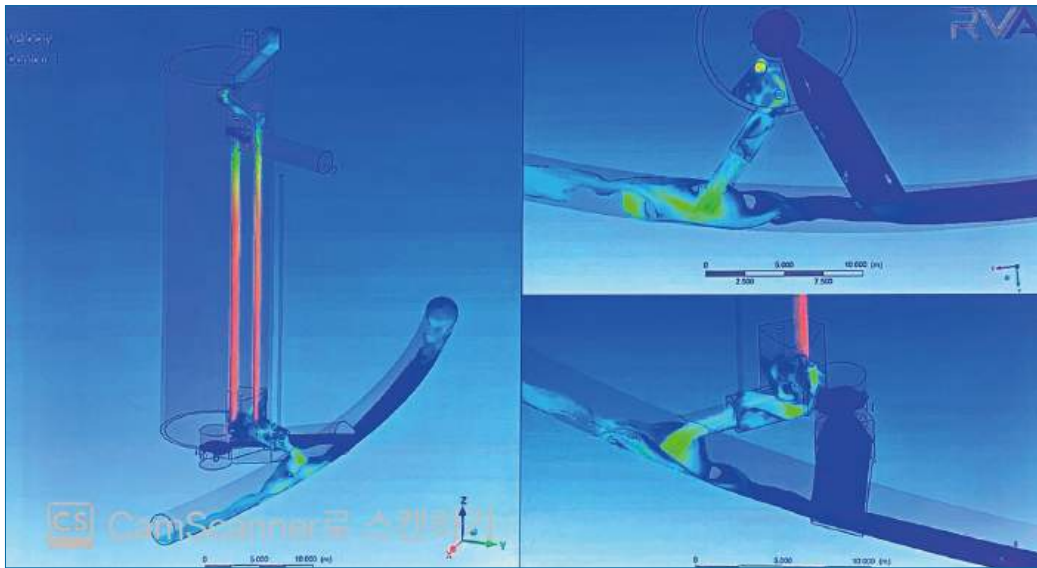
Design Criteria and Solutions

2. Diverting/Handling Screened Wastewater/Solids from the MTI Sewer

- > Be capable of isolating the MTI sewer from the WW shaft



스크리닝 및 처리

설계 기준에 따라 초당 1,200L를 처리해야 했지만, MTI 내부에는 영구 구조물을 설치할 수 없다. 따라서 외부에서 구조물을 올려 MTI에 접속하는 방법을 사용한다. 이 구조물은 다양한 CFD(Computer Fluid Disfner) 분석을 통해 설계되었으며, 흐름을 올바르게 유도할 수 있도록 했다.

MTI 하수도와 Wetwell을 격리하기 위해 슬라이드 게이트를 설치하여 필요한 곳에 배치하고 제어할 수 있도록 했다. 또한, 스크리닝 된 폐수를 처리할 수 있도록 HUBER에서 제조한 Rotamac 700xl Rock 4 스크리너를 사용했다. 이 스크리너는 초당 200L를 처리할 수 있으며, 총 6개가 설치되었다.

Design Criteria and Solutions



3. Conveying Screened Wastewater to/from the ETS Building

- › Convey upwards of 1,200 L/s from the WW shaft
- › Use submersible pumps at the base of the WW shaft
- › Use forcemains to convey wastewater to ETS building
- › Use a gravity return line to convey wastewater back to the WW shaft

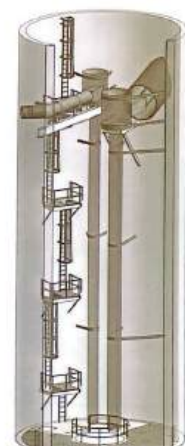
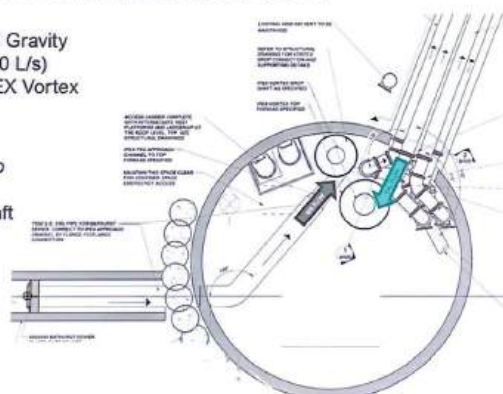


Design Criteria and Solutions



4. Returning Screened Wastewater/Solids to the MTI

- › BIS (330 L/s) and Gravity Return Line (1,200 L/s) have separate IPEX Vortex Drops
- › Not economical to consolidate flow inside/outside shaft

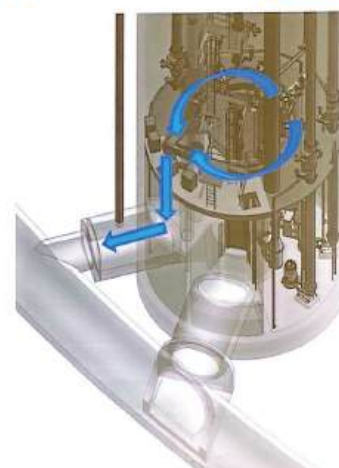
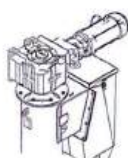


Design Criteria and Solutions



4. Returning Screened Wastewater/Solids to the MTI

- › Return all solids that are handled by the RoK4 screens to the MTI sewer
- › Mitigate the accumulation of solids after they exit the RoK4 screen chute
- › Resuspend the solids in screened wastewater prior to conveying back to the MTI



에너지 전송 및 반환

스크리닝 된 폐수를 Energy Transfer로 올리는 과정은 비교적 간단하다. 여러 개의 수중 펌프를 사용하여 초당 300L를 처리하고, Energy Transfer Loop(ETL) 터널을 통해 전달한 후 중력 라인을 통해 반환한다.

스크리닝 된 폐수와 고형물을 MTI로 반환하는 과정에서, 스크리닝 된 고형물은 나사 컨베이어를 통해 MTI로 돌아가며, 원형 트로프와 플러싱 물을 이용하여 반환된다.

6. 건설 업데이트



위 사진은 Wetwell의 모습이며, 터널과 에너지 전송소는 건설 중이다.

Construction Update: Wet Well (how it started)



Construction Update: ETS Building (how it started)



Construction Update: ETS Building (where we are now)



ETS 빌딩은 철거 후 새로운 구조물 건설이 진행되고 있으며, 기존 건물 안에 새로운 빌딩을 세우기 위한 기초 작업이 완료되었다. 기존 건물은 COVID 검사 센터로 사용되었으나, 현재는 완전히 철거되었다. 기존 건물을 유지하면서 내부에 새로운 구조를 세우기 위해 전체 구조를 강화하는 작업이 진행되었다.

7. 결론

이와 같은 대규모 프로젝트는 큰 투자가 필요하지만, 많은 팀과 관계자들의 협력 덕분에 성공적으로 진행되고 있다. 기술이 발전함에 따라 미래에 매우 중요한 기술로 자리 잡을 것이다. 이 기술은 환경 개선과 온실가스 배출 감소에 기여하며, 향후 더 많은 유사 프로젝트의 기초가 될 것이다.

TS 6.6 | 3조

INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT AND CLIMATE CHANGE

Reaching Carbon Neutral Water Services in Finland

Presenter : Suvi Lehtoranta, Finland

빗물 이용 시설 기술에 관하여

6.6 INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT AND CLIMATE CHANGE

Room 715 B
Technical

Chair: [Kay Moeller, Germany](#) Co-chair: [Marjolein Vanoppen, Belgium](#)

Adaptive Pathways Approach To Achieving City Water Resilience, [Ryan Brotchie, Canada](#)

Designing Wastewater Treatment Plant Sites To Deliver Significant Biodiversity Value, [Natalie Hackett, Australia](#)

Reaching Carbon Neutral Water Services In Finland, [Suvi Lehtoranta, Finland](#)

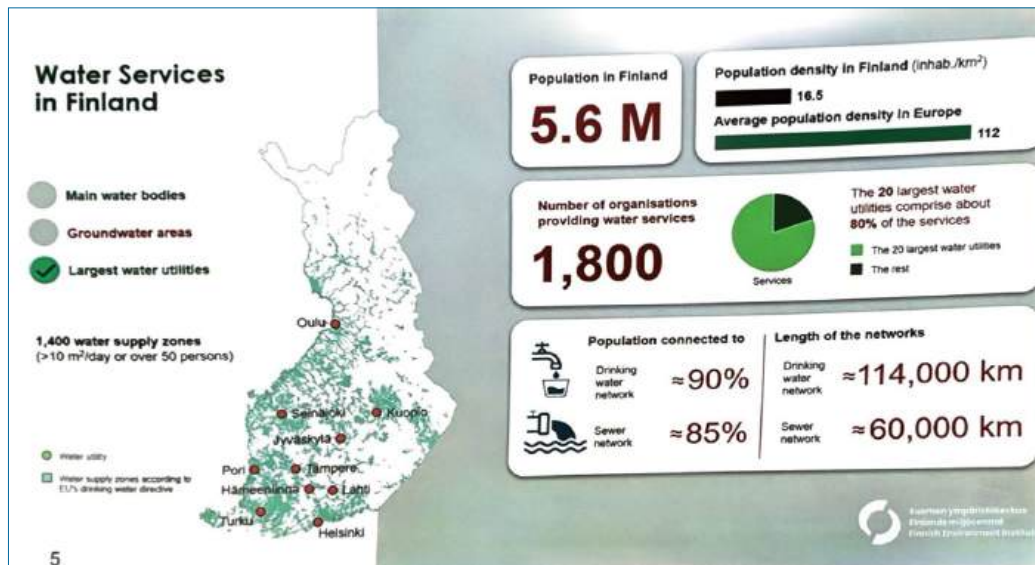
Circularity And Sustainability Of Minimal Liquid Discharge Desalination System And Products: Assessment Approaches And Allocation Methods, [João Ribeiro, UK](#)

POSTERS

Thirsty Crops, Hungry Populations: Balancing Water Use In Bangladesh's Diet, [Kamrul Islam, Japan](#)

Impact Of Wastewater Characteristics And Climate Factors On The N2 And N1 Gene Target Ratios During Wastewater Surveillance Of SARS-CoV-2, [Lena Carolin Bitter, Canada](#)





핀란드는 인구의 90% 이상이 활발하게 수도 시스템을 사용 중이며, 인구의 85% 이상이 하수 시스템과도 연결되어 있다. 음용수의 대부분, 즉 절반 이상을 지하수를 통해 얻으며, 1800개가 넘는 수도 서비스 중 20개의 서비스가 전체 수도 시스템의 80%를 차지할 정도로 의존도가 높은 편이다. 대부분의 서비스 시설이 남부에 위치하고 있는 것을 확인할 수 있다.

Climate targets – Finnish water sector

- National carbon neutrality target by 2030 have been set for water sector in Finland
 - The target do not specify how carbon neutrality in the water sector should be assessed or what actions should be included
 - The definition of carbon neutrality/net zero in the water sector is currently missing
 - An overall understanding of emissions was missing when setting targets

→ What are the GHG emissions of water sector?

→ How much the GHG emissions can be reduced with currently available measures?

Source: Suomen ympäristökeskus, Finnish Environment Institute

2030년까지 물 분야에서 국제적인 탄소 중립을 지키기 위해 노력 중이지만, 물 분야에서 온실 가스 배출량, 온실가스 저감 가능성에 대한 연구가 미비하며 물 분야의 온실가스에 대한 시스템이나 물 분야에서의 탄소 중립에 대한 개념이 모호한 실정이다.

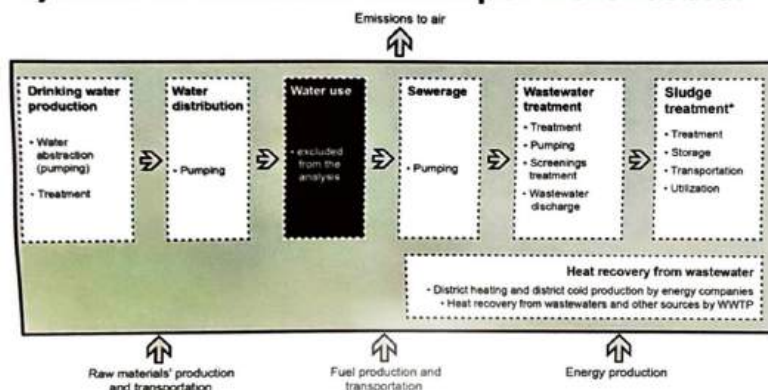
Material and methods

- Life-cycle based analysis (Life cycle assessment, LCA)
 - CO₂, CH₄ and N₂O emissions
 - (Scope 1-3 / GHG Protocol)
- Used material
 - National information systems
 - Literature
 - Expert interviews
 - Email surveys
 - Companies etc.



앞서 말한 문제점들을 해결하고, 이를 연구하기 위한 방법론으로 LCA(Life Cycle Assessment)에 근거하여 이산화탄소, 메탄, 아산화질소 등의 온실가스의 배출량을 비롯하여 배출량 저감 조치가 배출량에 미치는 영향을 조사한 후, 학문적 접근을 통해 순환 주기에 기반을 둔 평가를 방법론으로 선정하여 연구를 진행하였다.

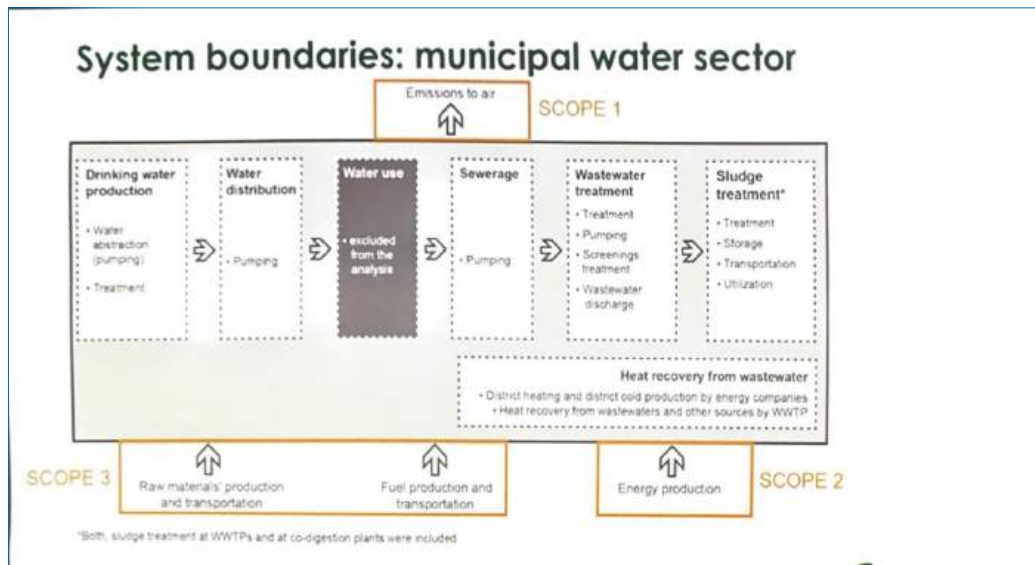
System boundaries: municipal water sector



*Both, sludge treatment at WWTPs and at co-digestion plants were included

Figure: Laitinen et al. 2024. Greenhouse gas emissions of municipal water sector and mitigation pathways: a national scale analysis and perspectives on carbon neutrality. Unpublished manuscript.

연구를 위한 물 분야의 물질수지, 즉 시스템의 경계를 설정하였다. 데이터 접근성을 위해 시청 수도 시스템으로 경계를 설정하였으며, 향후 본격적인 시스템 적용에서는 기존 시스템을 확장하여 사용, 생산, 처리, 민간 기업 등 다양한 분야에 여러 용도로 적용할 예정이다.



다양한 문헌 및 전문가 인터뷰, 이외의 여러 조사를 진행하여 물 분야의 온실가스 배출과 관련한 경계를 포함한 물질수지 모식도에서 가능한 시나리오를 설정할 수 있었다.

총 세 가지의 탈 탄소화 시나리오를 설정하였으며, 각각 물 분야, 순환 경제, 앞선 두 가지를 결합한 총 3가지를 설정할 수 있었다.

개념 설명

시나리오 순서 및 과정

음용수 생산 → 물 수송 → 물 사용 → 하수 → 폐수 처리 → 슬러지 처리의 과정으로 전체 경계 시스템을 설정하였으며, 이 과정에서 온실가스 배출량을 계산하였다.

물 사용 → 하수 과정에서 공기중으로 방출되는 범위 1,

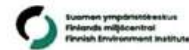
폐수 처리 → 슬러지 처리 과정에서 에너지가 투입되는 범위 2,

음용수 생산 → 물 수송 / 물 사용 → 하수 과정에서는

물질 생산 및 운송, 연료 생산 및 운송 과정인 범위 3을 통해 예상 시나리오를 설정하였다.

Three scenarios to mitigate GHG emissions

- **Scenario 1: Optimization**
 - Technology changes for drinking water production and sludge treatment
 - Optimization and changes in water and wastewater treatment chemicals and minerals
 - Energy efficiency and optimization in energy consumption
 - Increase of energy production
- **Scenario 2: Nutrient recovery**
 - Recovery and recycling of N from reject water (ammonia evaporating and stripping technology)
 - Recovery and recycling of P from wastewater (Ravita™ technology)
- **Scenario 3: Combination of Scenarios 1 & 2**
- **The decrease of emission factors by 2030 was included for**
 - Electricity and heat production
 - The production of chemicals



세 가지 시나리오 중 첫 번째는 최적화(Optimization)이다. 음용수 처리와 슬러지 처리 분야에서 기술의 혁신을 통해 화학물질 및 자원의 변화를 도모하여 에너지 측면에서의 효율을 추구한다. 두 번째 시나리오는 양분의 회수(Nutrient recovery)이다. 방류수나 폐수로부터 인과 질소 등의 회수 및 재활용을 통해, 영양 염류의 자연적인 순환을 이끌어낼 수 있으며, 환경친화적인 과정의 일부라고 할 수 있다. 마지막 세 번째 시나리오는 시나리오 1, 2를 결합한 형태이며, 전력과 열을 포함한 에너지를 생산하며, 화학물질의 생산 또한 이루어낼 수 있는 최종 시나리오이다.

The life cycle GHG emissions of the municipal water sector in Finland

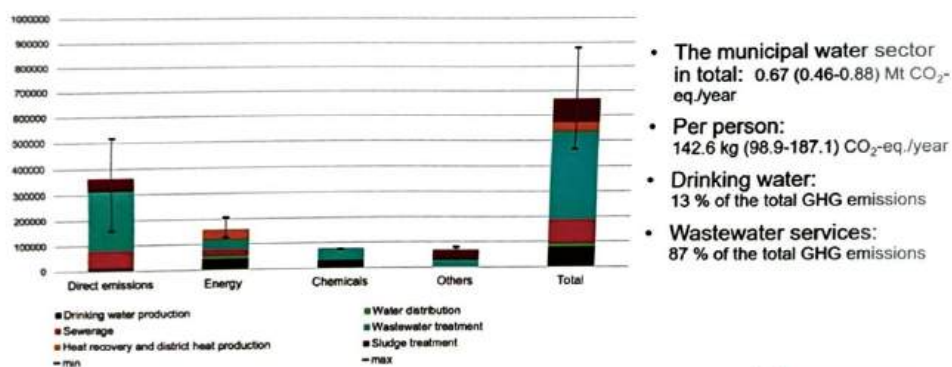
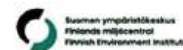
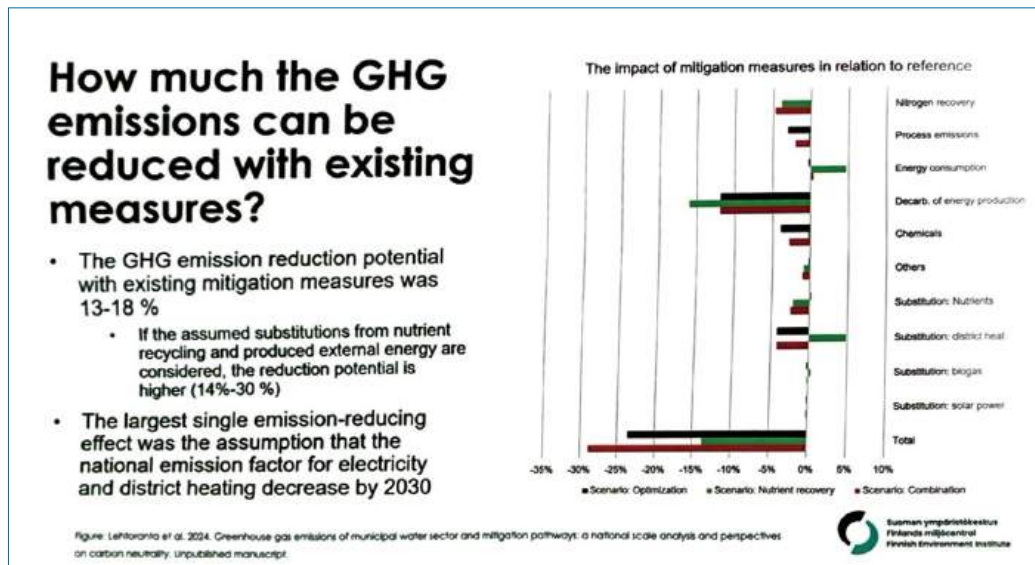


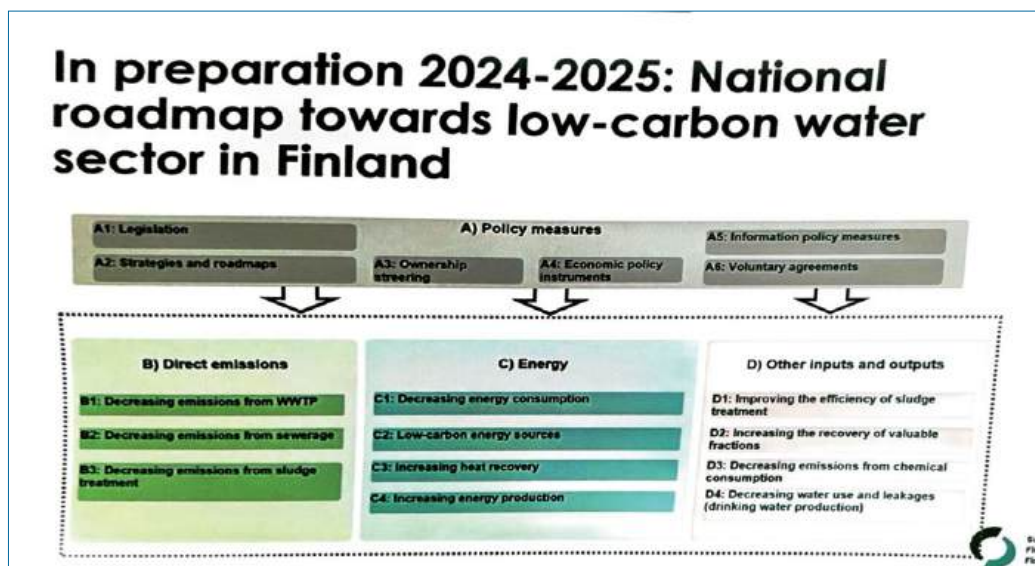
Figure 1: Lento et al. 2024. Greenhouse gas emissions of municipal water sector and mitigation pathways: a national scale analysis and perspectives on carbon neutrality. Unpublished manuscript.



물질수지 경계를 이용한 온실가스 배출 관련 연구 결과, 음용수 처리, 즉 정수처리와 관련해서 13%의 온실가스 배출이, 폐수 처리와 관련해서 87%의 온실가스 배출량이 산정되었다. 또한 연간 사람이 배출하는 이산화탄소 양은 142.6kg으로 나타났다.



현재 물 분야에서 측정된 온실가스 배출 저감 가능성은 13~18%로 측정하고 있다. 만약 물질수지 연구에서 설정한 시나리오 중 양분의 회수(시나리오 2)와 외부 에너지 생산(시나리오 3)등이 반영된다면, 저감 가능성은 14~30%로 추정된다. 온실가스 배출 저감에 가장 큰 영향을 미치는 것은 전기와 열 에너지의 사용량을 절감하는 것이 주요 요인으로 꼽을 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.



핀란드는 물 분야에서 온실가스 저감을 위해 로드맵(2024~2025)을 구상 중에 있다. 로드맵에는 정책적인 측면을 포함하여 직접적인 배출, 에너지, 기타 요인 등 다양한 요인을 고려하여 물 분야에서 효과적인 온실가스 저감 시나리오를 예측 중에 있다.

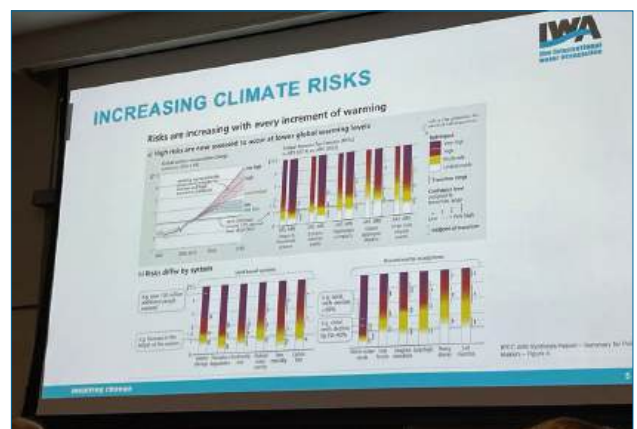
Integrated Water Resources Management And Climate Change

Adaptive Pathways Approach To Achieving City Water Resiliene, Ryan Brotchie, Canada

1. 발표 및 PPT 설명

발표 주제 설명 : Adaptive Pathways approach to achieving City Water Resilience

California의 Lake Oroville, British Columbia의 ski-field, Texas의 Houston에서 일을 하였고 올해 스키를 타려고 했지만 기후변화로 인하여 그렇지 못하였다.



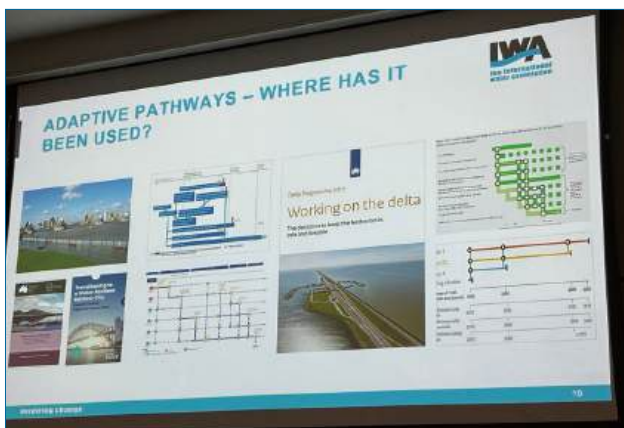
우리는 기후변화를 경험하고 있으며 직접 목격하고 있다. 1년에 여러 번 1000년마다 발생할 만한 사건들이 일어나고 있다. 위험이 증가하고 있다는 것이다.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 발표한 infographic이다.

온실가스를 줄인다고 하더라도 기후 변화와 물 순환에 영향을 줄 수 있는 다양한 위험이 존재한다는 것을 보여주고 있다. 이는 탄소 중립을 달성하더라도 위험이 존재할 수 있음을 의미한다.

가장 큰 도전 중 하나는 미래 기후 뿐 아니라 인구, 경제, 사회에 있을 불확실성을 처리하는 것이다. adaptive delta planning이라는 새로운 계획이 필요하다. 이는 유연성을 극대화하고, 선택의 폭을 넓히며, 특정 경로에 고착되는 것을 피하려는 것입니다.

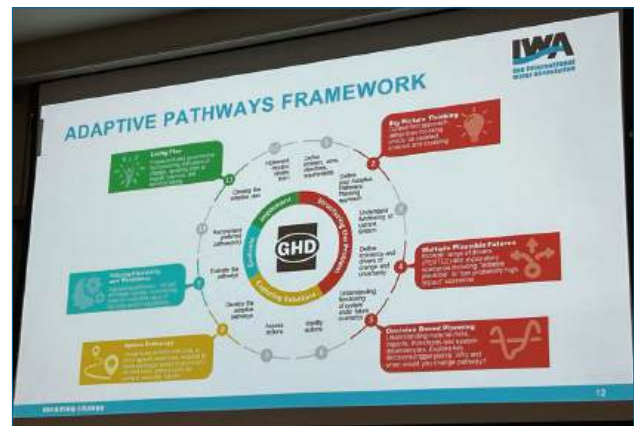
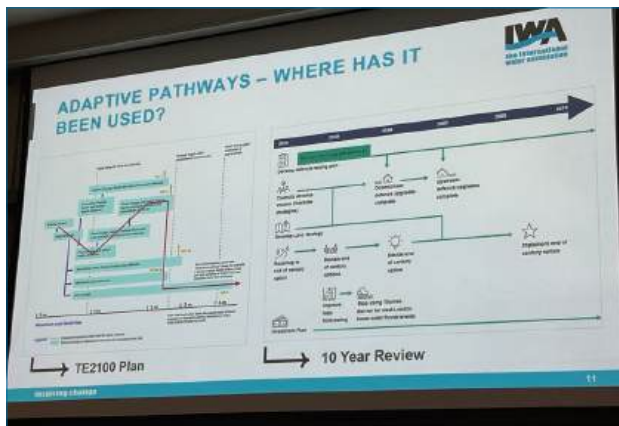
기후 변화 뿐 아니라 경제의 미래, 기술 변화 등 모든 것이 불확실하다. 우리는 이러한 불확실성 하에서 계획을 세우고 있는 것이다.



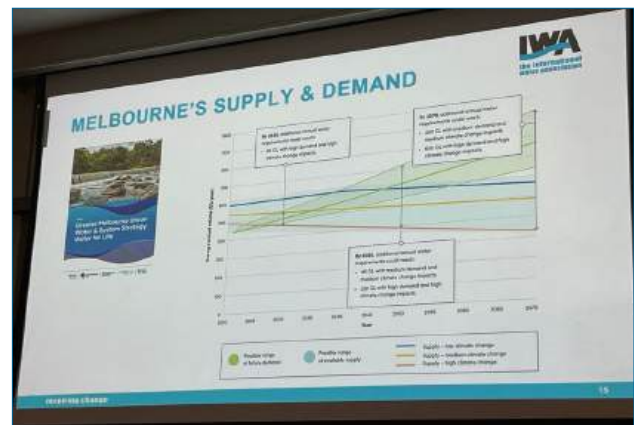
네덜란드는 새로운 방식의 계획을 원했고 adaptive delta planning과 dynamic adaptive Policy Pathways를 진행했다. 위 계획을 포괄하는 단어인 적응 경로(adaptive pathways)를 사용하고 있다.

이러한 접근법은 네덜란드의 국가 물 공급 프로그램과 홍수 관리 프로그램, 그리고 템즈강 하구의 홍수 관리 계획(Tam Estuary 2100 Flood management Plan)에서 사용되었습니다. 최근에는 호주를 비롯한 여러 나라에서 물 부문 계획, 하수도 계획 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 이제 계획 및 전략적 계획에서 중요한 도구로 자리 잡고 있습니다.

템즈강 사례는 100년 동안의 해일 홍수에 대한 전략을 세우고, 매우 극단적인 해수면 상승에 대비하는 방법을 보여주는 예이다. 이 접근법의 좋은 점은 이미 10년 넘게 사용되었고, 5년마다 소규모 검토, 10년마다 대규모 검토를 통해 꾸준히 업데이트 되었다는 것이다. 따라서 관리 방법과 실행 문제에 대해 배울 수 있는 좋은 사례입니다.

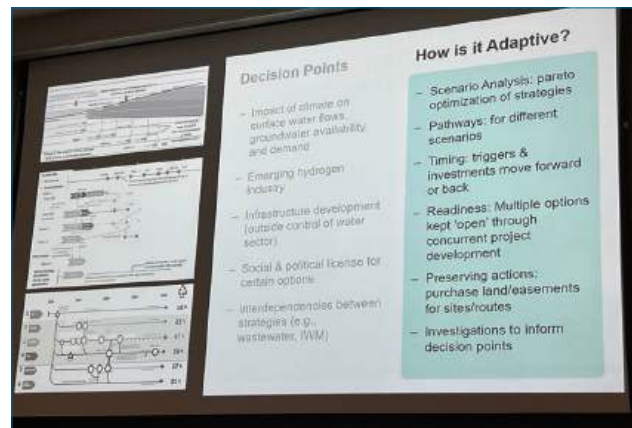
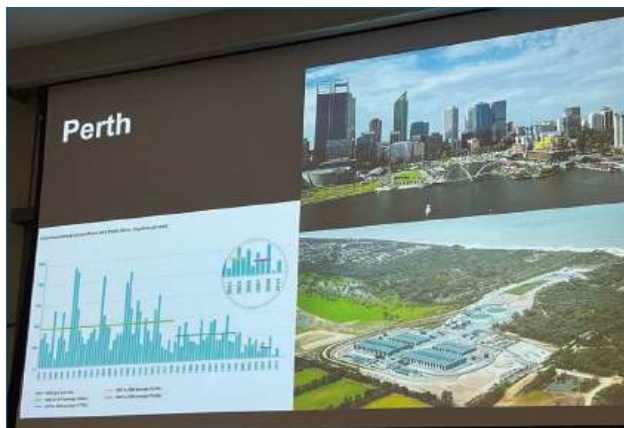


이 접근법을 사용할 때 우리가 사용하는 구조화된 프레임워크가 있다. 이 프레임워크는 맥락을 먼저 고려하는 접근법을 중요하게 여겨 사나 리오 분석이나 기술적인 작업에 깊이 들어가기 전에, 먼저 큰 그림을 그리며 시스템적인 관점을 고려하는 것이 중요하다. 불확실성을 수용하고, 그에 따라 의사 결정을 하고 계획을 세우는 것이 핵심이다. 따라서 living planning을 만들어야 한다. 상황이 변할 수 있으므로 계획도 유연하게 대응하기 때문이다.



멜버른은 약 500만 명의 인구를 가진 대도시로, 향후 50년 내에 인구가 최대 1000만 명으로 증가할 것으로 예상되고 있다. 멜버른은 대규모의 수원지와 급수, 최소한의 처리 과정을 거친 수돗물 공급을 통해 물을 공급했다. 그러나 극심한 가뭄을 경험하면서 물 공급원을 다양화할 필요가 생겼고 세계 최대 규모 중 하나였던 해수 담수화 공장이 발전했다. 또한, 비음용 재활용수, 우수 집수, 물 절약 등 다양한 조치를 취하고 있다.

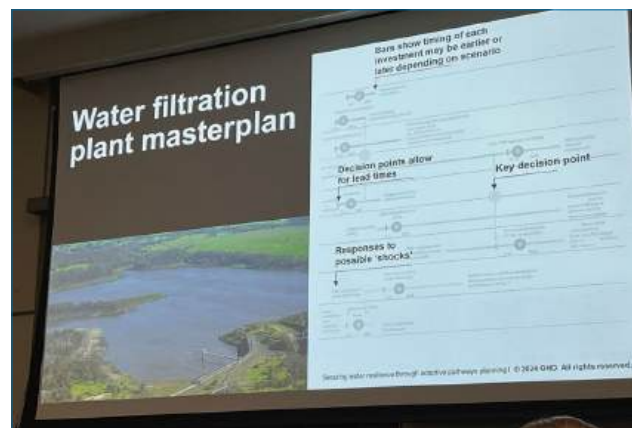
그러나 멜버른이 빠르게 성장하고 있으며, 이로 인해 많은 물이 필요해질 것이다. 이로 인해 새로운 물 산업 전략이 필요하다. 물 수요는 급증하고 있으나, 공급은 기후 변화로 인해 감소하고 있다. 어떤 시나리오를 선택하느냐에 따라, 큰 프로젝트를 즉시 시작해야 할 수도 있고, 30~40년 동안 안정적으로 물을 공급받을 수 있을 수도 있다.



이제 많은 도시에서 위험 기반 접근 방식으로 전환하는 작업이 진행되고 있다. 각 도시마다 상황이 다르며, 큰 저류 시설이 없는 도시도 있다. 이러한 과정을 통해 모든 것이 변화하고 있고, 전략과 의사 결정 프레임워크가 목적에 부합하는지 재평가해야 하고. 이러한 과정을 통해 각 도시에 맞는 전략을 세울 수 있도록 중요한 역할을 하고 있다.

퍼스(Perth)도 좋은 예시이다. 퍼스는 이미 시스템을 변환한 상태이다. 퍼스는 이미 주요 프로젝트를 구축하고 기후 변화에 대응한 전략을 수립한 상태이다. 또한, 기후 변화가 물 공급에 미치는 영향, 수소 산업 및 인프라 개발에 따른 새로운 수요 등을 고려하고 있다. 퍼스는 다양한 시나리오 분석을 통해 전략적 결정을 내리고 있으며, 주요 프로젝트를 동시에 개발하여 선택의 폭을 넓혔다.

시스템 계획 수준에서도 이러한 접근법을 적용하고 있습니다. 예를 들어 멜버른 지역의 물 여과 공장 master plan에서는 개별 투자 시점을 고려하고 있으며, 이러한 과정을 통해 주요 결정 시점을 정하였다.



IWA WWCE 2024



글로벌
물 기업 인터뷰

DHI

1. DHI 기업 소개

DHI A/S는 물을 사용하고, 관리하고, 물과 함께 사는 새로운 방법을 혁신하고, 물과 관련된 생태계를 보호하는 글로벌 디지털 지원 전문 회사이다.

MIKE라는 수자원 모델링 및 시뮬레이션을 혁신하는 최고의 소프트웨어 솔루션을 가지고 있다. 직관적인 인터페이스와 원활한 통합을 통해 지하수 및 파이프 시스템에서 강과 해안 지역에 이르기까지 다양한 수자원 환경에서 복잡한 과제를 해결할 수 있다.

2. 사전 질문지

사전 질문지를 8.10에 DHI의 Patrick Delaney(pad@dhigroup.com)에게 회신 받음

Q1. DHI에서는 물 모델링과 시뮬레이션으로 전환시켜주는 프리미엄 소프트웨어 솔루션인 MIKE가 있습니다. 이 MIKE가 EPA와 SWMM에 비해서 가지는 특별한 장점이 있을까요?

A1. MIKE+는 1D 도시 수계망 및 강과 2D 지상 유출을 위한 그래픽 모델링 환경입니다. 이는 EPANET을 사용한 물 분배망 모델링, SWMM 또는 DHI의 MIKE 1D 계산 엔진을 사용한 유역 수문학 및 위성 및 우수 하수 수리 모델링, SWMM 또는 DHI의 MIKE 1D 계산 엔진을 사용한 유역 수문학 및 강 수리 모델링, 하수도 및 강과 동적으로 통합된 2D 지상 유출을 지원합니다. MIKE+는 GIS 데이터, 실시간 데이터 검증, 대량 편집, 기능이 풍부한 매핑, 프로파일 및 시계열 플로팅, 시나리오 관리자, 버전 관리자 및 모델을 구성하고 결과를 분석하기 위한 여러 다른 생산성 도구를 통합하기 위한 포괄적인 GIS 환경을 제공합니다.

Q2. FELLOW 라는 최첨단 지하수 모델링과 시뮬레이션 소프트웨어에서는 지하수의 지속가능한 사용을 위해 필요한 다양한 요인을 어떻게 관리하고 있나요?

A2. FEFLOW를 사용하면 복잡한 지질에서 포화 및 불포화 구역 모두에서 지하수 흐름을 모델링하고 펌핑 우물을 고급으로 표현할 수 있습니다. 지하수의 지속 가능한 사용과 관련된 문제의 경우 FEFLOW는 일반적으로 과거 수위와 물 펌핑 속도를 기반으로 대수층의 최근 과거 조건 모델을 개발하는 데 사용됩니다. 모델이 과거 조건을 정확하게 표현하면 미래의 예상 펌핑 속도와 침투 강우 및 눈 녹은 물로 인한 예상 재충전을 기반으로 대수층의 미래 수위를 예측하는 데 사용할 수 있습니다. 수위가 감소하는 경우 이는 물 추출 속도가 지속 가능하지 않음을 나타냅니다. 이 경우 한 우물에서 펌핑을 줄이고 다른 위치에 다른 우물을 추가할 수 있지만 섬이 매우 작기 때

문에 실행 가능한 옵션은 아닙니다. 이와 같은 작은 섬에서 해결해야 하는 또 다른 문제는 해수 침투입니다. 물을 너무 많이 펌핑하고 지하수위를 너무 많이 낮추면 염수가 대수층으로 끌려들어가서 대수층이 회복되어 바닷물을 밀어낼 때까지 잠시 동안 물 공급원이 망가집니다. 한 가지 해결책은 침투 분지를 만들어 강우 유출수를 포집하고 물을 대수층으로 주입하고, 재산 소유자가 강우량을 배수망으로 유도하는 대신 침투할 수 있는 곳으로 최대한 유도하도록 장려하는 것입니다(이렇게 하는 것의 부정적인 측면은 지역적 홍수의 가능성이 더 크다는 것입니다).

Q3. 한국의 섬인 제주도에서는 지하수를 상수도 공급원과 식수로 사용합니다. 하지만 관망 노후와 누출로 인하여 유수율이 52%밖에 되지 않습니다. 제주도의 지하수 생성률은 약 40%로 높은 편이지만 그럼에도 불구하고 최근 가뭄 등의 기후변화 등으로 지하수 함양률이 낮아지고 지하수위도 낮아지고 있습니다. 이러한 문제를 해결하기 위한 조언 혹은 DHI만의 특별한 솔루션이 있을까요?

A3. 글쎄요, 누수된 수도망은 결코 좋은 일이 아니지만, 밝은 면을 보면, 누수된 물은 원래 있던 땅으로 다시 돌아가기 때문에 반드시 없어지는 것은 아닙니다. 안타깝게도, 대부분의 수도망은 해안선에 가까워서 누수된 물이 펌핑 우물로 쉽게 회수되지 않습니다. 이전 요점에서 재충전 감소를 완화하기 위한 제안을 제공했습니다. FEFLOW와 같은 모델을 사용하여 이와 같은 솔루션의 효능을 평가할 수 있습니다.

Q4. 기후 변화와 같은 외부 변수에 대응하여 지하수 자원 관리를 어떻게 조정할 수 있는지 설명해 주실 수 있나요?

A4. 작은 섬에 살고 지하수가 수원이라면 총 물 공급량은 본질적으로 매년 침투하는 강우량으로 제한됩니다. 포장도로와 폭우 배수망이 더 많으면 대수층을 재충전하기 위해 침투할 수 있는 강우량이 줄어듭니다. 기후 변화로 총 강우량이 감소하거나 강우량은 동일하지만 강도가 매우 높으면 침투와 지하수 재충전이 줄어듭니다. 가능한 한 많은 강우량을 포집하고 저장하려고 하는 것 외에는 할 수 있는 일이 많지 않습니다. 적절한 위치가 있다면 표면 저수지를 건설하는 것을 고려해야 할 수도 있습니다.

Q5. 제주도 해양수산연구원에 따르면 중국 남부지방 집중호우로 인해 양쯔강 하구에서 바다로 흘러 나가는 담수의 양이 늘고 있어 해류나 바람에 의해 염도가 낮은 '저염분수'가 제주 연안에 도달할 가능성이 있다고 밝혔습니다. 저염분수는 염분농도가 26psu 이하인 상태를 말하며, 이는 제주 바다의 평균 염분농도인 30~31psu보다 낮습니다. 이러한 저염분수가 고수온과 함께 유입되면 전복, 소라 같은 생물이 폐사할 수 있습니다. 실제로 2016년에도 비슷한 상황으로 인해 제주 서부 바다에서 해양 생물이 대량 폐사한 바가 있습니다. DHI의 MIKE MINE 혹은 FELLOW와 같은 프로그램이 이러한 외부 오염원에 대해 어떻게 대처하고 있나요? 지하수 오염을 예방하고 해결하기 위해 DHI의 솔루션이 제공하는 구체적인 기능에 대해 알려주세요.

A5. 흥미로운 문제입니다. 이 시나리오는 DHI의 MIKE 3 소프트웨어를 사용하여 쉽게 모델링할 수 있으며, 양쯔강에서 황해로 유입되는 담수 부하를 연중 다른 시기에 평가하여 언제 발생할 수 있는지 확인할 수 있습니다(예: 부하율, 기간, 연중 어느 시기).

Q6. 제주도에서는 낮은 유수율을 높이기 위해서 수압을 낮게 조정하였습니다. 강한 수압에 수도관 누수 등이 우려되기 때문입니다. 이에 많은 주민들이 불편해하고 있습니다. 이러한 불편이 발생하지 않도록 유수율을 높이면서도 적정 수압을 유지하게 하는 DHI의 솔루션이 있을까요?

A6. 우리는 많은 고객을 위해 이런 종류의 문제를 다루었습니다. 물 네트워크와 분배 시스템에 대한 자세한 내용을 알지 못하면 해결책이 무엇인지 말하기 어렵지만, 섬 주변에 다른 압력 구역을 설정하는 것, 그리고 하루 동안 압력을 변화시켜 가장 필요할 때와 덜 필요할 때에 맞추어 압력을 제공하는 방법으로 해결할 수 있습니다.

3. 인터뷰 정보

Date : 2024.08.13. 09:45AM-10:05AM

Interviewer : Hyuntae-Kim / e-mail : ht0621k@uos.ac.kr

Interviewee : Michael Yu, PhD

Senior Specialist, Water Supply and Urban Drainage / e-mail : zhyu@dhigoup.com

4. 인터뷰 내용

- Q1.** MIKE+가 GIS 및 다양한 수자원 네트워크 모델과의 통합을 제공하는데, DHI는 MIKE+가 다른 모델링 소프트웨어에 비해 최신 기술과 변화하는 환경 조건에 적응할 수 있도록 어떻게 보장하나요?
- A1.** MIKE+가 최신 기술에 적응하도록 보장하기 위해, 우리는 최신 기술을 사용하여 이를 개발했습니다. 우리 제품 소유자가 이전 플랫폼을 대체하기 위해 이 플랫폼을 시작했으며, 더 현대적인 접근 방식을 목표로 하고 있습니다. 우리는 최신 소프트웨어 개발 기술을 통합하고 있으며, AI 및 머신러닝을 시스템에 통합하고 있습니다. 예를 들어, 현재는 버튼을 클릭하여 모델을 설정할 수 있지만, 미래에는 자연어 명령을 통해 GPT를 사용하여 모델 설정, 매개 변수 변경 및 시뮬레이션 실행과 같은 작업을 자동화할 수 있을 것입니다. 이렇게 해서 MIKE+는 새로운 기술을 채택하고 엔지니어의 작업을 더 쉽게 만들어줌으로써 다른 모델링 소프트웨어와 보조를 맞춥니다.
- Q2.** 어제 저는 토론토 Wet Weather Flow Master Plan – an overview of its evolution 이라는 IWA 테크니컬 투어 4를 다녀왔습니다. 그중에서 lakefront hydrodynamic and water quality simulation model이 DHI의 MIKE 3D라는 것을 알게 되었습니다. DHI의 MIKE 3D 모델이 우수 및 CSO 제어 전략의 개발과 평가를 어떻게 지원하나요?
- A2.** 저는 그 특정 프로젝트에 직접 참여하지는 않았지만, MIKE 3D는 호수 및 기타 수체에서 수리학 및 수질을 시뮬레이션할 수 있는 우리의 주요 모델링 플랫폼 중 하나입니다. CSO와 같은 경우, 과도한 하수와 빗물이 호수로 넘쳐 흐를 때, MIKE 3D는 오염 물질의 확산, 그 방향 및 농도를 모델링하는 데 도움을 줍니다. 이는 호수가 종종 식수를 제공하기 때문에 매우 중요한데, 우리는 수질이 안전하게 유지되는지 확인해야 합니다. MIKE 3D는 호수를 여러 층으로 나누어 수평 및 수직 모델링을 가능하게 하며, 따라서 "3D"라는 명칭이 붙었습니다. 이러한 기능은 CSO에서 나오는 오염 물질이 수체에 미치는 영향을 이해하고 수질을 보호하기 위한 전략을 개발하는 데 필수적입니다.
- Q3.** DHI의 홈페이지에서 프로젝트, 솔루션, 기술에 대한 많은 정보를 알 수 있었습니다. 대부분은 MIKE라는 물 모델링 소프트웨어에 대한 정보였습니다. 하지만 실제적으로 기온, 탁도, 누출 등을 감지하는 스마트 센서와 같은 실물 장비에 대한 정보는 확인할 수 없었습니다. DHI의 물 모델링 소프트웨어는 DHI사의 고유한 실물 장비를 이용하나요 아니면 다른 회사의 장비를 사용하나요? 다른 회사와 맺고 있는 파트너십이 있다면 알려줄 수 있나요?
- A3.** 우리는 자체 하드웨어를 생산하지 않습니다. 우리의 초점은 주로 모델링 플랫폼 및 디지털 솔루션을 제공하는 데 있습니다. 하드웨어는 다른 회사와 협력하여 제공되며, 예를 들어, 우리는 유럽에서 ABB와 파트너십을 맺고 있으며, 그들은 센서와 하드웨어를 제공하고, 우리는 모델링 및 데이터 분석을 담당합니다. 우리의 역할은 디지털 측면에 더 중점을 두고 있으며, 이러한 파트너의 하드웨어가 제공하는 데이터를 분석하는 것입니다.

- Q4.** 제주도는 1847제곱 킬로미터가 되고 약 70만명이 사는 한국의 꽤 큰 섬입니다. 제주도에서 이용되는 수자원 중 96%는 지하수일만큼 지하수에 먹는 물과 상수도를 모두 의존하고 있습니다. 이러한 지하수가 기후변화로 인하여 지하수 함양률이 큰 폭으로 낮아지고 물 사용인구가 증가하면서 내년부터 물부족현상이 심화될 예정이라고 합니다. 생활용수와 농업용수를 통합하는 통합 물관리 체계를 통해 이러한 문제를 해결할 예정이라고 하는데 DHI가 이러한 통합 물관리 체계에 도움을 줄 수 있나요?
- A4.** 물론입니다, DHI는 이 부분에서 도움을 드릴 수 있습니다. 우리의 모델링 소프트웨어는 지하수, 수문학 및 수도 시스템을 포함한 전체 물 순환을 다루고 있습니다. 지하수 관리, 수문학적 프로세스 모델링 또는 식수 배분에 이르기까지, 우리의 도구는 이러한 자원의 통합 관리를 지원할 수 있습니다. 또한 지표수와 지하수 모델을 결합할 수 있는 능력을 갖추고 있어, 물 자원을 종합적으로 관리할 수 있습니다.
- Q5.** 저는 이번 IWA WWCE 2024를 다녀오고 나서 제주도의 우수율과 지하수 관리 개선을 주제로 개인 보고서를 쓰려고 합니다. 이 프로젝트를 완성시키기 위해 조언 한 말씀 부탁드립니다 될까요? DHI가 우수율 개선 혹은 지하수 관리에 줄 수 있는 도움 혹은 보고서를 작성하는 데에 필요한 자세 혹은 방향성에 대해 말해주셔도 좋습니다.
- A5.** 지하수 관리에서 중요한 점은 지하수의 재충전과 추출률 간의 균형을 맞추는 것입니다. 이를 위해 현재 지하수 사용 현황을 철저히 파악하고, 모니터링 데이터를 기반으로 모델링을 진행해야 합니다. 인구가 70만명이 넘어가는 큰 규모의 섬이고 앞으로도 인구가 증가할 예정이라면 급수인구를 추정하고 지하수가 그것을 공급하고 유지할 능력이 있는지를 살펴봐야 합니다. 만약 그렇지 않다면 지하수가 아닌 다른 물의 원천을 찾는 것도 고려해볼 수 있습니다. 그런 다음 이 모델을 사용하여 다양한 시나리오를 시뮬레이션하여 자원을 지속 가능하게 관리하는 방법을 이해할 수 있습니다.

Comcore

1. Comcore 기업 소개

Comcore는 물 공급 산업의 최전선에 있으며, 지속 가능한 물 측정 솔루션을 선도하고 있습니다. Comcore는 초음파 물 측정기를 초석으로 물 공급 기업에 종합적인 소프트웨어 및 하드웨어 솔루션을 제공하여 스마트 물 관리를 가능하게 합니다.

Comcore의 접근 방식은 산업 전문성에 기반을 두고 있으며, 고급 방법론과 AI 알고리즘을 활용하여 혁신적인 솔루션을 제공합니다. 지능형 생산, 파이프라인 네트워크 최적화, 간소화된 비즈니스 운영, 향상된 고객 서비스에 집중함으로써 Comcore는 고객이 지속 가능한 물 관리 관행을 달성할 수 있도록 지원합니다. Comcore는 전략적 제품 믹스와 맞춤형 솔루션을 통해 고객이 생산과 투입 간의 최적의 균형을 실현하고, 효율성을 높이고, 물 공급망 전체에서 공급원에서 수도꼭지까지 디지털 변혁을 촉진하도록 지원합니다.

2. 인터뷰 정보

Date : 2024.08.14. 15:40PM-16:00PM

Interviewer : Hyuntae-Kim / e-mail : ht0621k@uos.ac.kr

(1) Jack Yang, Product Marketing Director / e-mail : jack.yang@comcore.com.sg

(2) Thomas Nge, General Manager/ Senior VP of Business Development /e-mail : thomas.nge@comcore.com.sg

3. 인터뷰 내용

Q1. Ultrasonic Water Meter DN50-DN300과 같은 초음파 수량계가 실시간 물 소비 데이터를 어떻게 수집하고 분석하여, 물 소비 추적 및 예측의 정확성을 높이는지 구체적으로 설명해 주실 수 있습니까?

A1. 초음파 수량계는 음파를 방출하고 이 음파가 물을 통해 이동하는 데 걸리는 시간을 측정하는 방식으로 작동합니다. 파이프 안에서 음속은 물의 흐름 속도에 따라 변하며, 이 원리를 이용해 계량기는 유량을 매우 정확하게 계산할 수 있습니다. 기계식 계량기와 달리 초음파 계량기에는 움직이는 부품이 없기 때문에 내구성이 뛰어나며 시간이 지나도 마모될 가능성이 적습니다. 이러한 내구성은 전통적

인 계량기가 어려움을 겪는 저유량 조건에서도 일관된 정확성을 제공합니다. 이 계량기는 데이터를 지속적으로 수집하며, 일반적으로 무선 또는 유선 네트워크를 통해 중앙 데이터 시스템에 연결되기 때문에 이 정보는 실시간으로 분석될 수 있습니다. 이를 통해 물 소비 패턴을 정확하게 추적할 수 있어, 유틸리티 회사는 수요를 더 정확하게 예측하고 자원을 효율적으로 관리할 수 있습니다. 또한, 이 계량기는 갑작스러운 유량 변화와 같은 이상 징후를 감지하여 누수를 나타낼 수 있으므로, 수도 공급의 신뢰성과 사용 데이터의 정확성을 향상시킵니다.

- Q2.** 컴코어의 스마트 미터링 장비가 다른 회사에 비해 가지는 특별한 장점과 앞으로 더 나은 디지털 물관리를 위해 나아갈 스마트 미터링 장비의 기술 개발 방향과 비전에 대해서 알려줄 수 있나요?
- A2.** 컴코어의 스마트 미터링 장비는 인공지능(AI) 및 기계 학습과 같은 첨단 기술의 통합에 중점을 두고 설계되어 경쟁업체와 차별화됩니다. 이러한 시스템의 주요 장점 중 하나는 데이터를 수집할 뿐만 아니라 이를 분석하여 실질적인 통찰을 제공할 수 있다는 점입니다. 예를 들어, AI를 활용한 컴코어의 계량기는 누수, 비정상적인 물 사용, 또는 시스템 비효율성 등 잠재적인 문제를 나타내는 패턴을 조기에 식별할 수 있습니다. 이러한 예측 능력은 문제가 이미 심각한 손상이나 손실을 초래하기 전에 유틸리티가 문제를 능동적으로 해결할 수 있도록 해줍니다. 또한, 컴코어는 다양한 출처에서 데이터를 통합할 수 있는 더욱 정교한 분석 도구를 개발하여, 날씨 패턴, 인구통계 정보, 인프라 상태 등을 포함한 보다 종합적인 물 사용 및 수요의 모습을 제공할 계획입니다. 이러한 접근법은 더 나은 물 관리에 기여할 뿐만 아니라 낭비를 줄이고 물 분배 시스템의 효율성을 향상시켜 지속 가능성을 향한 더 큰 목표를 지원합니다. 컴코어는 더 이상 제조 회사가 아닙니다. 우리의 센서와 장비를 통하여 솔루션을 제공해주는 것에 초점을 맞출 것입니다.
- Q3.** 센서 배치 최적화 전략에 대해 자세히 설명해 주실 수 있나요? 최소한의 센서를 사용하여 어떻게 정확한 누수 위치를 탐지할 수 있는지, 그리고 이 과정에서 발생하는 도전 과제는 무엇인지 알고 싶습니다.
- A3.** 컴코어의 스마트 미터링 장비는 인공지능(AI) 및 기계 학습과 같은 첨단 기술의 통합에 중점을 두고 설계되어 경쟁업체와 차별화됩니다. 이러한 시스템의 주요 장점 중 하나는 데이터를 수집할 뿐만 아니라 이를 분석하여 실질적인 통찰을 제공할 수 있다는 점입니다. 예를 들어, AI를 활용한 컴코어의 계량기는 누수, 비정상적인 물 사용, 또는 시스템 비효율성 등 잠재적인 문제를 나타내는 패턴을 조기에 식별할 수 있습니다. 이러한 예측 능력은 문제가 이미 심각한 손상이나 손실을 초래하기 전에 유틸리티가 문제를 능동적으로 해결할 수 있도록 해줍니다. 또한, 컴코어는 다양한 출처에서 데이터를 통합할 수 있는 더욱 정교한 분석 도구를 개발하여, 날씨 패턴, 인구통계 정보, 인프라 상태 등을 포함한 보다 종합적인 물 사용 및 수요의 모습을 제공할 계획입니다. 이러한 접근법은 더 나은 물 관리에 기여할 뿐만 아니라 낭비를 줄이고 물 분배 시스템의 효율성을 향상시켜 지속 가능성을 향한 더 큰 목표를 지원합니다.
- Q4.** 물 누출에는 매우 짧은 시간 내에 갑자기 변화하는 것이 특징인 파열 사건뿐이 아니라 작은 누출에서 큰 누출로 점진적으로 커가는 점진적 누출이 있습니다. 이 중에서 점진적 누출을 컴코어의 스마트 미터링 기술이 어떻게 대처하고 있는지 설명해주실 수 있나요?
- A4.** 컴코어의 스마트 미터링 기술은 갑작스러운 누출과 점진적인 누출 모두를 효과적으로 감지하고 대응하도록 설계되었습니다. 점진적 누출의 경우, 이는 작은 물방울에서 시작하여 시간이 지남에 따라 상당한 손실로 이어질 수 있으며, 시스템은 15분마다와 같은 짧은 간격으로 물 흐름을 모니터링하도록 프로그래밍되어 있습니다. 이러한 빈번한 모니터링은 시스템이 느린 누출을 나타낼 수 있는 작은 점진적 유량 변화를 감지할 수 있게 합니다. 데이터를 장기간 분석함으로써 시스템은 물 사용의 정상적인 변동과 누출의 특징인 소비 증가를 구분할 수 있습니다. 잠재적인 누출이 확인되면 시스템은 유틸리티 운영자에게 경고를 보내어, 누출이 더 큰 문제로 발전하기 전에 이를 조사하고 수리할 수 있는 조치를 취할 수 있습니다. 이러한 능동적인 접근 방식은 물 손실을 최소화하고 물 배급 네트워크에 대한 장기적인 영향을 줄이는 데 도움이 됩니다. 또한 시스템은 네트워크의 중요한 영역에서 누출 감지를 우선시하도록 구성할 수 있어, 인프라의 가장 취약한 부분이 가장 많은 관심을 받도록 합니다.

Q5. 스마트 미터링 시스템에서 데이터 보안 및 개인정보 보호를 보장하기 위한 방법은 무엇인가요?

A5. 스마트 미터링 시스템에서 수집된 데이터의 민감한 특성을 고려할 때, 데이터 보안 및 개인정보 보호는 컴코어의 최우선 과제입니다. 이러한 정보를 보호하기 위해 컴코어는 여러 계층의 보안 프로토콜을 사용합니다. 먼저, 스마트 미터에서 중앙 시스템으로 전송되는 모든 데이터는 고급 암호화 표준(AES)을 사용해 암호화됩니다. 이를 통해 전송 중 데이터가 가로채더라도, 허가되지 않은 당사자가 이를 읽을 수 없도록 합니다. 또한, 컴코어의 서버에 저장된 데이터는 견고한 방화벽과 침입 탐지 시스템으로 보호되며, 이는 허가되지 않은 접근 시도를 감시합니다. 컴코어는 유럽의 일반 데이터 보호 규정(GDPR)과 같은 국제적인 데이터 보호 표준을 준수하며, 자사 시스템이 배포된 각 국가의 특정 규정을 준수하도록 보안 조치를 맞춤화합니다. 게다가, 데이터 접근은 엄격히 통제되며, 민감한 정보를 처리하는 모든 인원에게는 다중 요소 인증이 요구됩니다. 정기적인 보안 감사 및 취약성 평가가 실시되어 시스템의 잠재적 약점을 식별하고 해결합니다. 이러한 종합적인 조치는 컴코어의 스마트 미터링 시스템이 수집한 데이터가 항상 안전하고 비공개로 유지되도록 보장합니다.

Q6. AMI 시스템에서 수집된 데이터가 누수 및 비정상적 패턴을 감지하는 데 어떤 방식으로 사용되는지 설명해 주실 수 있나요?

A6. 고급 계량 인프라(AMI) 시스템에서 수집된 데이터는 누수 감지와 비정상적인 물 사용 패턴 식별에 중요한 역할을 합니다. 이 시스템은 물 소비 데이터를 세밀한 수준으로 지속적으로 모니터링하고 기록하며, 종종 몇 분 간격으로 사용량을 포착합니다. 그런 다음 이 데이터는 중앙 시스템으로 전송되어 AI 및 기계 학습 알고리즘을 사용해 분석됩니다. 이러한 알고리즘은 예상치 못한 시간대(예: 심야) 동안의 지속적인 사용량이나 정상적인 사용 패턴과 상관없는 소비 급증과 같은 데이터 내의 잠재적 누수를 나타낼 수 있는 패턴을 인식하도록 설계되었습니다. 또한, 시스템은 현재 데이터를 과거 사용량과 비교하여 문제가 있을 수 있음을 시사하는 이탈을 감지합니다. 예를 들어, 가구의 물 소비량이 갑자기 두 배로 증가했지만 거주자 수나 활동량의 증가가 없다면, 시스템은 이를 비정상적으로 표시합니다. 이상 현상이 감지되면, 시스템은 유틸리티 제공업체에 이를 알릴 수 있으며, 유틸리티는 누수가 있는지 또는 다른 문제가 비정상적인 사용을 초래했는지 조사할 수 있습니다. 이러한 능동적인 접근 방식은 물 손실을 줄이는 데 도움을 줄 뿐만 아니라, 고객에게 잠재적인 문제를 조기에 경고하여 물 사용을 더 효율적으로 관리할 수 있도록 지원합니다.

Huber

Interviewee : Mark

Q1. ROK 2 수평 하수 스크린의 주요 원리는 무엇인가요?

A1. ROK 2 수평 하수 스크린은 폐수에서 이물질을 필터링하고 제거하는 장치입니다. 폐수는 perforated cylinder(구멍이 뚫린 실린더)로 들어가며, 물은 구멍을 통해 빠져나가고 이물질은 basket(바구니) 안에 남습니다. 바구니가 회전하면서 회전 상단에서 spray wash(스프레이 워시)가 이물질을 통로로 씻어내고, auger(오거, 나사 메커니즘)가 이물질을 운반합니다. 스크린 내부에 섬유, 플라스틱, 물티슈 등이 수집되고, 이물질이 축적될수록 추가적인 필터링이 이루어집니다. 스크린의 회전과 청소 과정은 water level(수위)에 의해 제어되며, 이물질이 너무 많이 쌓이면 스크린을 청소하여 head loss(수두 손실)을 줄이고 hydraulic efficiency(유압 효율)를 유지합니다.

ROK 2 수평 하수 스크린은 특히 폭우 시 하수 시스템 내에서 발생할 수 있는 오버플로우 문제를 효과적으로 해결하기 위해 설계된 장치이다. 이 스크린은 하수 처리 시스템에서 하수의 흐름이 발생할 때 고형물과 이물질을 걸러내는 역할을 한다. ROK 2 스크린은 하수 흐름의 아래쪽에 수평으로 설치되며, 하수는 스크린 트로프 내의 구멍이 뚫린 반원형 파이프를 통해 아래에서 위로 흐르게 된다. 이 과정에서 고형물은 스크린 표면에 남아 걸러지게 된다.

스크린 내부에는 브러시가 장착된 스크류가 회전하면서 스크린 표면에 남은 고형물을 자동으로 청소하고, 스크린 트로프 끝으로 밀어 내게 된다. 이 고형물들은 이후 하수도로 다시 보내지거나 별도의 펌프 시스템을 통해 제거되어 처리된다. ROK 2 스크린은 주로 정교한 필터링이 요구되는 상황에서 사용되며, 자동화된 청소 메커니즘을 통해 스크린이 막히지 않도록 유지된다.

이 시스템은 특히 환경 보호구역이나 자연 보호 지역에서의 사용에 적합하며, 폭우나 하수 오버플로우가 발생하는 동안에도 효율적으로 작동하여 고형물의 유입을 줄이고 하수 시스템의 효율성을 높이는 데 기여한다.

이 시스템의 장점으로서는 자동화된 청소 기능을 통해 스크린 표면의 고형물 축적을 방지하여 유지 관리 비용을 절감하고, 시스템의 신뢰성을 높일 수 있다는 점이 있다. 또한, 스크린을 통해 고형물을 효과적으로 제거하여 하수 처리 시스템의 과부하를 줄이고, 오버플로우로 인한 환경 오염을 예방할 수 있다. 마지막으로, 스크린의 자동 청소 기능 덕분에 유지 보수가 용이하며, 장기적으로 운영 비용을 절감할 수 있다는 장점이 있다.

Q2. 여과 및 고형물 제거 과정은 어떻게 이루어지나요?

A2. 여과 및 고형물 제거는 여러 방법으로 이루어집니다. 회전 디스크(rotating disc) 방식에서는 더러운 물이 천 재질(filter cloth)을 통과 하면서 이물질이 남고, 깨끗한 물은 중앙으로 흐릅니다. 공기 주입(air injection) 방식에서는 고형물에 공기 방울(air bubbles)을 붙여 떠오르게 한 후, 스크래퍼(scraper)로 제거합니다. 이러한 과정은 물의 품질을 개선하여 소독이 더 쉽게 이루어지도록 돕습니다.

여과 및 고형물 제거 과정은 여러 가지 방법을 통해 이루어지며, 그 중 대표적인 방법으로는 회전 디스크 방식과 공기 주입 방식을 들 수 있다. 회전 디스크 방식은 더러운 물이 천 재질의 필터를 통과하면서 고형물과 이물질을 걸러내는 방법으로, 필터를 통과한 깨끗한 물은 중앙으로 흐르게 된다. 이 과정에서 남아 있는 고형물은 필터에 의해 걸러지며, 필터에 축적된 이물질은 주기적으로 제거된다.

공기 주입 방식은 고형물에 공기 방울을 붙여 이물질을 떠오르게 한 후, 스크래퍼를 이용해 이물질을 제거하는 방식이다. 이 방법은 특히 미세한 고형물을 효과적으로 제거하는 데 유용하며, 물의 품질을 개선하는 데 큰 역할을 한다. 이러한 여과 및 고형물 제거 과정은 물의 품질을 높여 소독 과정이 더 효과적으로 이루어지도록 돕는다.

이와 같은 기술들은 우리나라의 하수 처리 기술과 비교했을 때, 유사한 목적을 가지고 있지만 기술적인 접근 방식에서 차이가 있다. 예를 들어, 한국의 하수 처리 시스템에서도 회전식 스크린을 활용해 고형물을 제거하는 방식이 널리 사용되고 있으며, 이는 HUBER의 ROK 시리즈와 유사한 원리를 적용하고 있다. 그러나 한국의 경우, 더 발전된 기술과 시스템 통합을 통해 하수 처리 효율성을 높이고 있으며, 이에 따라 유지관리의 효율성과 처리 용량의 안정성을 더욱 강화하고 있다.

Q3. 수처리에서 UV 소독의 중요성은 무엇인가요?

A3. UV 소독(UV disinfection)은 물 속의 박테리아를 자외선(UV light)에 노출시켜 비활성화하는 중요한 과정입니다. 물이 더 깨끗할수록 소독 과정이 더 효과적이며, 빛의 산란이 적어집니다. 소독은 주로 정수 과정의 마지막 단계에서 이루어지며, 깨끗한 물에서는 빛이 더 깊이 침투하여 박테리아를 비활성화합니다. 인터뷰어는 UV 소독에 대한 깊은 경험을 가지고 있으며, 과거 Trojan Technologies에서 21년 동안 UV 소독에 종사한 바 있습니다.

UV 소독은 화학 물질을 사용하지 않기 때문에 부작용이 없고, 병원체를 효과적으로 비활성화할 수 있는 기술이다. 이 기술은 특히 염소와 같은 화학적 소독제에 내성을 가진 미생물에도 효과적이다. 또한, UV 소독은 빠르게 작동하며, 지속적으로 모니터링할 필요가 없다는 점에서 효율적이다.

Trojan Technologies에서 사용한 UV 소독 시스템은 이러한 장점들을 최적화하여 고성능의 소독 과정을 제공한다. 이 시스템은 고강도 자외선 램프를 사용해 물 속의 병원체를 신속하게 비활성화하며, 램프의 배치를 최적화하여 에너지 소비를 최소화하면서도 최대의 효과를 발휘하도록 설계되었다. 특히, 이 기술은 다양한 수질 조건에서도 일관된 소독 효과를 제공할 수 있어, 안정적이고 신뢰할 수 있는 수처리 솔루션으로 인정받고 있다.

우리나라의 수처리 시스템에서도 UV 소독 기술이 점차 채택되고 있다. 특히, 수도권을 중심으로 대형 정수 시설에서 Trojan Technologies와 유사한 UV 소독 시스템이 도입되어 운영 중이다. 이러한 시스템들은 주로 염소를 사용하는 전통적인 소독 방식에 비해 환경에 미치는 영향이 적고, 물의 맛과 냄새에 영향을 미치지 않는다는 장점이 있다. 하지만 초기 설치 비용과 유지보수 비용이 다소 높다는 점에서 일부 제한이 있을 수 있다.

이러한 점들을 고려할 때, UV 소독은 현대적인 수처리 시스템에서 중요한 기술로 자리 잡고 있으며, 앞으로도 그 중요성은 더욱 커질 것으로 예상된다.



HUBER Belt Dryer BT는 하수 슬러지를 건조하여 폐기물로부터 가치를 창출하는 장치이다. 이 장치는 슬러지를 효율적으로 건조시키는 과정을 통해 에너지 비용을 절감하고 슬러지의 부피를 줄이며, 최종적으로는 연료나 비료로 재활용될 수 있는 건조된 과립 형태로 슬러지를 변환시킨다.

주요 특징

효율성 : HUBER Belt Dryer BT는 슬러지 건조를 위한 매우 효율적인 시스템을 제공한다. 이 시스템은 여러 열 교환기를 활용하여 열 효율성을 극대화하고, 슬러지의 수분을 효과적으로 제거한다. 이 과정에서 발생하는 폐열은 다시 재활용되어 에너지 사용을 최소화한다.

신뢰성 : 이 장치는 완전히 자동화된 방식으로 작동하여 최소한의 인력으로도 운영이 가능하다. 내구성이 뛰어난 재료로 제작되어 유지보수가 용이하며, 오랜 기간 동안 안정적인 성능을 제공한다.

편리성 : HUBER Belt Dryer BT는 설치와 운영이 용이하도록 설계되었다. 각종 센서와 모니터링 시스템이 통합되어 있어, 운영자가 실시간으로 장치의 상태를 확인하고 필요한 조치를 즉시 취할 수 있다.

지속 가능성 : 슬러지를 건조하는 과정에서 발생하는 폐열은 시스템 내에서 재사용되며, 건조된 슬러지는 연료나 비료로 활용될 수 있어 자원 낭비를 줄인다.

... in the most sustainable way ...

Consequent use of exhaust heat from processes, such as power generation from sewage gas or biogas, reduces operating costs and CO₂ emissions. Optimal heat recovery from the dryer (to heat buildings or digesters) also contributes to the sustainable protection of the environment.

The dry granulate produced by the dryer can be used both as fuel and fertilizer.

... in the most clever way ...

The HUBER Belt Dryer BT represents state-of-the-art technology of sewage sludge drying. Maximum energy efficiency, full automation and flexible use of exhaust heat guarantee low operating costs and easy system operation. The dryer can also easily be integrated into existing installations and process plants. Various components of peripheral plant equipment ensure maximum flexibility and can be selected to meet specific requirements.



Multi-line design of the HUBER Belt Dryer BT for large projects.

Sewage sludge is the „waste product“ that is generated on sewage treatment plants. Dry your sewage sludge to reduce disposal costs and use your „waste“ as a fuel or fertilizer resource!

The HUBER Belt Dryer BT makes waste a valuable resource ...

... in the most efficient way ...

The unique HUBER HELIX air flow system ensures that only the minimum required amount of drying air is blown through the dryer by the ventilators. In combination with the CFD-optimized dryer geometry, an extremely low electrical energy demand is achieved with this air flow system.

The closed process air circulation system with integrated condensation stage reduces the exhaust air volume flow to 5,000 m³/h maximum and contributes to keeping down operating costs.



... in the most reliable way ...

The HUBER Belt Dryer BT is designed for fully automatic 24/7 operation. All its core components are robust and „made in Germany“.

Integrated automatic belt cleaning and the HUBER extruder guarantee a reliable and failure-free dryer operation. High safety standards and low drying temperatures of 158 °F to 302 °F make the HUBER Belt Dryer BT so safe that all ATEX requirements are reliably met.



... in the most comfortable way ...

The electrical control system of the HUBER Belt Dryer BT responds fully automatically to external influences that could impair the complex drying process, eliminating the need for intervention by the operating staff.

The dryer can easily be cleaned and maintained by a single person.

Optional telemaintenance solutions are additionally available to enable system operators to monitor their drying plant from anywhere, or even control and operate it if required via an end device, such as PC, mobile phone or tablet PC.



작동 원리

슬러지 투입 : 탈수된 슬러지가 스크류 프레스 또는 다른 탈수 장치에서 나온 후, HUBER Belt Dryer BT로 투입된다.

벨트 이동 : 슬러지는 건조기 내부의 이동식 벨트 위에 얇은 층으로 분포된다. 이 벨트는 슬러지를 일정한 속도로 이동시키며 건조 과정을 진행한다.

열 공급 : 열 교환기를 통해 외부에서 제공된 열이 슬러지 위로 전달된다. 이 열은 슬러지의 수분을 증발시키며, 벨트를 따라 이동하는 동안 슬러지를 점차 건조시킨다.

배기 처리 : 슬러지에서 증발된 수분은 배기 시스템을 통해 제거된다. 이 과정에서 발생하는 폐열은 재활용되어 다시 건조 과정에 사용될 수 있다.

건조물 배출 : 완전히 건조된 슬러지는 벨트의 끝부분에서 배출되며, 이때 건조된 슬러지는 분말 또는 과립 형태로 변환된다. 이 건조된 슬러지는 연료 또는 비료로 활용될 수 있다.



요약

HUBER Belt Dryer BT는 하수 슬러지를 효율적으로 건조하여 폐기물의 부피를 줄이고, 에너지 소비를 최소화하는 동시에, 최종적으로 슬러지를 연료나 비료로 재활용할 수 있는 중요한 기술이다. 이 장치는 열 교환기를 통해 슬러지를 건조시키며, 완전 자동화된 시스템으로 운영 효율성을 극대화한다. 또한, 환경 지속 가능성을 고려한 설계로 자원 낭비를 최소화하는 데 기여한다.

Huber

인터뷰 일자(Date of interview)

2024.08.14.Wed

인터뷰 진행자(Interviewers)

얼스어스

인터뷰 대상자(interviewee)

David Tomowich

인터뷰 대상자 연락처(interviewee contact info)

david.tomowich@hhusa.net

Q1. 시간이 지남에 따라 제품의 수명 주기에 관한 비용을 기존 냉난방 시스템과 비교하면 어떤 편인가요?

A1. 일반적으로 이 시스템이 매우 경쟁력 있습니다. 그렇지 않으면 시장에서 경쟁할 수 없었을 겁니다. 그러니까 전기 난방이나 보일러, 전기 보일러 시스템과 경쟁하고 있는 것입니다. 이는 사람들이 돈을 절약할 수 있는 기술을 선호하기 때문이며, 정확한 수치로 정해져 있는 것은 아니지만 보다 확실한 점은 이 기술을 통해 기존의 방법보다 비용을 절감할 수 있습니다.

Q2. 시스템의 균형이 불안정 할 때, 열분배가 고르지 못하고 특히 긴 파이프 구간에서의 압력손실로 인해 불균형이 발생할 수 있다고 알고 있습니다. 이 경우 모든 사용자에게 동등한 에너지 배분이 어려울 것 같은데 이에 대한 해결책이 있나요?

A2. 휴버에서는 장비를 만들고 장비를 공급받은 업체가 분배 시스템을 설계합니다. 때문에 불균형이 발생하더라도 이를 해결하는 것은 협력 업체의 일이지 휴버에서 해결할 일은 아닌 것 같네요. 다만 모든 사람이 동등한 에너지 공급을 원할 거라 생각되지 않기에 그저 원하는 만큼 충분한 양의 에너지가 제공되는지가 중요할 것 같습니다.

Q3. 가정에 열회수 시스템을 적용하게 된다면, 별도의 공사가 필요한가요? 또는 간단하게 설치가 가능한가요? 소형 플랜트가 마련되어져 있는지도 궁금합니다.

A3. 아파트나 집에 폐수 회수 시스템을 설치할 계획이라면, 짧은 대답은 '예'입니다. 플랜트는 사이즈별로 마련되어져 있으며 공사는 복잡하지 않습니다.

Q4. 건물에서 배출되는 폐수에는 차가운 폐수도 포함되어 있는데, 이로 인한 시스템의 에너지 감소는 문제가 되지 않나요?

A4. 그러니까, 열을 두 매체 사이에서 전달하려고 할 때, 튜브 안에 셀을 넣어서 폐수에서 다른 매체로 열을 전달하려고 할 때 말이죠. 만약 큰 델타, 그러니까 원하는 것과 사용할 수 있는 것 사이에 큰 차이가 있다면 그 두 점 사이의 잠재력이 매우 강하지만, 만약 그 차이가 작다면 잠재력은 그리 크지 않습니다.

또, 시스템의 에너지 잠재력을 감소에 관한 문제에 대해 줄 수 있는 가장 좋은 대답은 '상황에 따라 다르다'입니다. 예를 들어, 만약 섞인 폐수가 있고, 오늘 온도가 이렇고, 다음 날은 이렇고, 그 다음 날은 또 이렇다면, 네, 다른 결과를 얻게 될 것입니다. 왜냐하면 추출하려는 것의 온도가 높은 경우, 어떤 날은 정말 잘 작동할 것이고, 그렇지 않은 다른 날은 기대하는 만큼의 결과를 내지 못할 수도 있기 때문입니다. 만약 일관된 폐수가 있다면, 예를 들어 토론토에서는 연중 평균 17도 정도로 유지되고 그 온도에서 크게 변하지 않습니다. 따라서 성능에도 큰 차이가 나지 않습니다. 하지만 만약 온도차가 심한 지역이라면 어쩔수 없이 성능에 차이가 발생하게 됩니다.

Q5. 휴버에서는 주로 12~20℃ 정도의 온도인 폐수를 사용한다고 하던데, 이 온도만으로도 충분할까요?

A5. 캐나다에서는 12도에서 20도 사이의 운영 범위를 가지고 있습니다. 캐나다에서는 전력 소비 비용을 줄이기 위해 해당 온도에서 에너지를 추출합니다. 이 기계는 그것을 매우 잘 수행합니다. 휴버의 기계를 이용하여 현재 토론토 웨스턴 병원에서 에너지가 생산되고 있습니다. 제가 알기로는 그곳에 10킬로와트의 난방 잠재력이 있고, 9킬로와트의 냉방 잠재력이 있습니다. 따라서 겨울에는 난방을 하고, 여름에는 냉방을 하려고 하겠죠. 이 기계는 두 가지 작업을 모두 수행할 수 있습니다. 그렇게 때문에 열에너지 잠재력을 사용해 난방과 냉방을 할 수 있습니다.

Q6. 시간이 지남에 따라 제품의 수명 주기에 관한 비용을 기존 냉난방 시스템과 비교하면 어떤 편인가요?

A6. 일반적으로 이 시스템이 매우 경쟁력 있습니다. 그렇지 않으면 시장에서 경쟁할 수 없었을 겁니다. 그러니까 전기 난방이나 보일러, 전기 보일러 시스템과 경쟁하고 있는 것입니다. 이는 사람들이 돈을 절약할 수 있는 기술을 선호하기 때문이며, 정확한 수치로 정해져 있는 것은 아니지만 보다 확실한 점은 이 기술을 통해 기존의 방법보다 비용을 절감할 수 있습니다.

NOVENTA

Interviewee : Erica Lee

Q1. Noventa에서 Huber의 Therm Win기술을 활용하여 Wet System을 적용하는 과정에서 필요한 특정 환경 조건이 있는가요?

A1. 네, 특정 환경 조건이 중요합니다. 예를 들어, 지역적인 특성에 따라 하수관의 크기나 깊이가 중요하며, Trunk Sewer가 깊게 설치된 경우에 시스템 적용이 유리할 수 있습니다. 그러나 작은 하수관은 깊이 않기 때문에 큰 Sewer를 선택하는 것이 중요합니다. Noventa가 Toronto에서의 프로젝트에서 어려움을 겪었던 이유 중 하나도 하수관의 위치와 깊이, 그리고 지하 Utility Line 때문이었습니다.

Noventa의 WET™ 시스템과 HUBER의 ThermWin® 기술을 효과적으로 적용하기 위해서는 특정 환경 조건이 매우 중요하다. 예를 들어, 하수관의 크기와 깊이는 시스템 성능에 직결되는 요소이다. Trunk Sewer가 깊게 설치된 경우, 열 회수 효율이 높아지므로 시스템 적용에 유리하다. 반면, 작은 하수관은 깊이가 얕아 열 회수에 한계가 있을 수 있다. 이러한 이유로 Noventa는 Toronto 프로젝트에서 하수관의 위치와 깊이, 그리고 지하 Utility Line의 복잡한 구조 때문에 시스템 적용에 어려움을 겪었다.

우리나라의 경우, 대도시 지역에서는 하수관이 깊고 규모가 커 Noventa의 WET™ 시스템과 HUBER의 ThermWin® 기술을 적용하는 데 유리할 수 있다. 특히, 서울과 같은 도시에서는 지하 인프라가 잘 구축되어 있어 열 회수 시스템을 효과적으로 운영할 수 있는 가능성이 높다. 하지만, 소규모 도시나 농촌 지역에서는 하수관의 규모와 깊이가 작아 시스템 적용이 어려울 수 있으며, 이러한 점을 고려하여 지역 맞춤형 솔루션이 필요하다.

따라서, Noventa와 HUBER의 기술을 한국에 적용하기 위해서는 도시별 하수관의 특성과 지하 인프라의 복잡성을 사전에 철저히 분석하고, 이에 맞는 최적화된 시스템 설계가 필요하다. 이를 통해 무탄소 열에너지 회수 시스템의 효율성을 극대화할 수 있을 것이다.

Q2. Noventa에서 대형 시설 위주로 Wet System을 적용하는 이유는 무엇인가요?

A2. 대형 시설을 선택하는 이유는 에너지 수요가 일정하기 때문입니다. 병원이나 대학교와 같은 대형 시설은 에너지 소비가 꾸준하며, Heating 및 Cooling이 지속적으로 필요합니다. 또한, 이런 대형 시설 근처에 이미 하수관이 설치되어 있으면 공사 비용이 절감됩니다. Noventa는 대규모 프로젝트에 중점을 두고 있으며, 큰 Trunk Sewer와 대형 시설을 연결하여 시스템을 적용하는 방식으로 접근하고 있습니다. 따라서 우리는 대학교, 병원 등 공공시설의 목적을 가진 대형시설을 대상으로 프로젝트를 주로 실시합니다.

대형 시설을 중심으로 Wet System을 적용하는 데는 몇 가지 이유가 있다. 첫째로, 대형 시설은 에너지 수요가 일정하고 지속적이기 때문에 에너지 회수 시스템의 효율성이 극대화된다. 예를 들어, 병원이나 대학교와 같은 시설에서는 난방(Heating) 및 냉방(Cooling) 수요가 계절에 따라 변동하지 않고 안정적으로 유지된다. 이는 에너지 회수 시스템이 꾸준히 작동할 수 있는 환경을 제공하며, 에너지 절약 효과를 극대화하는 데 기여한다.

둘째로, 이러한 대형 시설 근처에 이미 설치된 대형 하수관(Trunk Sewer)이 존재할 경우, 새로운 하수관을 설치하는 데 필요한 공사 비용을 크게 절감할 수 있다. 이미 구축된 인프라를 활용함으로써 비용 절감뿐만 아니라, 프로젝트 시행 과정에서 발생할 수 있는 환경적 영향을 최소화할 수 있다. 이는 프로젝트의 경제적, 환경적 효율성을 동시에 높이는 데 중요한 요소이다.

셋째로, 우리나라의 경우 대형 공공시설이 상대적으로 밀집되어 있는 도심 지역에 많은 대형 하수관이 존재한다. 이러한 인프라를 활용하여 에너지 회수 시스템을 적용할 수 있는 기회가 충분하다. 예를 들어, 서울과 같은 대도시에서는 대학병원, 대학교, 정부 청사와 같은 대형 공공시설이 집중되어 있으며, 이들 시설은 에너지 수요가 높고 지속적이기 때문에 에너지 회수 시스템을 적용하기에 매우 적합하다.

결론적으로, Noventa의 전략은 대형 시설에 Wet System을 적용함으로써 에너지 회수의 효율성을 극대화하고, 이미 구축된 인프라를 활용하여 비용을 절감하며, 환경적 영향을 최소화하는 것이다. 이러한 접근 방식은 우리나라의 대형 공공시설에도 적용할 수 있는 매우 유망한 모델이다.

Q3. Noventa의 Wet System이 자동 청소 시스템을 통해 효율성을 높인다고 이해했는데, 실제 기술을 적용했을 때 사람이 관리해야 하는 부분은 없는건지 궁금합니다.

A3. Noventa의 시스템은 매우 효율적입니다. 스크린 사이즈가 6mm이며, 하수의 고형물은 스크린에서 걸러지고 다시 하수로 반환됩니다. Heat Exchanger 내부의 파이프 표면에 이물질이 쌓이지 않도록 자동 청소 시스템이 적용되어 있어, 별다른 손이 가지 않습니다. 이 자동 청소 시스템은 모터가 파이프 표면을 왔다 갔다 하며 링을 통해 청소하는 방식입니다. 이 시스템 덕분에 열교환기 내부가 항상 깨끗하게 유지되며, 별다른 문제 없이 5년에서 10년 동안 작동할 수 있습니다.

Noventa의 Wet System은 자동 청소 시스템을 통해 유지관리의 편리성을 극대화한 기술이다. 이 시스템의 핵심은 Heat Exchanger(열교환기) 내부에 설치된 파이프 표면을 자동으로 청소하는 장치이다. 일반적으로 하수 처리 과정에서 발생하는 문제 중 하나는 고형물이 파이프 표면에 쌓여 열 교환 효율을 저하시킨다는 점이다. 그러나 Noventa의 시스템은 이러한 문제를 자동화된 청소 메커니즘을 통해 해결하고 있다.

자동 청소 시스템은 모터에 의해 작동되며, 청소 링이 파이프 표면을 반복적으로 이동하면서 표면에 쌓인 이물질을 제거한다. 이 과정은 별도의 인력이 필요 없이 자동으로 진행되므로, 시스템 가동 중에도 효율성이 유지된다. 결과적으로, 열교환기는 지속적으로 최적의 상태에서 작동할 수 있으며, 파울링(Fouling) 현상으로 인한 성능 저하를 방지할 수 있다.

이 자동화된 청소 시스템 덕분에 열교환기의 유지보수 주기가 크게 늘어나며, 통상적으로 5년에서 10년 동안 별다른 문제 없이 안정적인 운영이 가능하다. 이는 관리 비용을 절감하는 동시에, 시스템 가동 중단 없이 지속적인 에너지 회수가 가능하다는 점에서 매우 큰 이점이다.

또한, 이러한 자동 청소 시스템은 하수 속 고형물이 스크린에서 걸러진 후 다시 하수로 반환되는 과정과 연계되어 작동한다. 스크린의 크기가 6mm로 설계되어 있어, 고형물이 열교환기 내부로 유입되는 것을 차단함으로써 열교환기의 성능을 장기간 유지할 수 있도록 돕는다. 따라서, Noventa의 Wet System은 최소한의 인력 개입으로 최대한의 효율성을 유지할 수 있는 혁신적인 기술이라 할 수 있다.

우리나라의 경우, 공공 하수처리 시설에서의 유지보수 비용과 인력 배치 문제는 항상 중요한 과제이다. Noventa의 이러한 자동화된 시스템은 국내 공공시설에 적용될 경우, 유지보수 비용 절감과 인력 배치의 효율성을 크게 개선할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 공공 시설의 운영 효율을 높이고, 지속 가능한 환경 관리를 실현하는 데 기여할 수 있다.

Q4. 공사 비용이 많이 들고 초기 투자 비용이 필요한데, 이런 자금은 어떻게 조달하나요?

A4. 캐나다에서는 Canada Infrastructure Bank으로부터 저금리 대출을 받아 프로젝트를 시작할 수 있습니다. 또한, 영국에 기반을 둔 투자 회사 Angkala로부터 투자금을 조달하기도 합니다. Noventa는 이러한 자금을 활용하여 공사 및 시스템 설치를 진행하며, 클라이언트는 Heating 및 Cooling 비용을 Noventa에 지불하는 방식으로 운영됩니다.

Noventa는 프로젝트 초기 단계에서 발생하는 높은 공사 비용과 시스템 설치 비용을 효율적으로 관리하기 위해 다양한 자금 조달 방식을 활용하고 있다. 특히, 대규모 초기 투자가 필요한 경우, 캐나다의 Canada Infrastructure Bank(CIB)와 같은 공공 금융 기관으로부터 저금리 대출을 받는 것이 중요한 자금 조달 방법이다. CIB는 인프라 프로젝트를 지원하기 위해 저리의 대출을 제공하는 기관으로, Noventa는 이를 통해 초기 자본을 확보하고 프로젝트를 추진할 수 있다.

또한, Noventa는 영국에 본사를 둔 투자 회사인 Angkala와 같은 민간 투자자들로부터도 자금을 조달하고 있다. Angkala는 지속 가능한 에너지 솔루션에 대한 투자를 적극적으로 추진하는 기업으로, Noventa의 Wet System과 같은 친환경 기술에 대해 높은 관심을 가지고 있다. 이를 통해 Noventa는 필요한 자금을 안정적으로 확보할 수 있으며, 프로젝트의 재정적 기반을 더욱 강화할 수 있다.

Noventa의 비즈니스 모델은 이러한 자금 조달 후, 시스템을 설치하고 가동한 다음 클라이언트에게 Heating(난방) 및 Cooling(냉방) 서비스를 제공하는 방식으로 운영된다. 클라이언트는 기존의 에너지 비용보다 저렴한 비용으로 난방 및 냉방 서비스를 이용할 수 있으며, 이는 장기적으로 Noventa와 클라이언트 모두에게 경제적 이점을 제공한다. 클라이언트는 초기 투자 비용 없이 에너지 비용 절감 혜택을 누릴 수 있고, Noventa는 제공한 서비스에 대한 수익을 통해 대출 상환 및 추가 투자를 이어갈 수 있다.

이러한 자금 조달 전략은 Noventa가 대규모 프로젝트를 안정적으로 추진하는 데 중요한 역할을 한다. 또한, 정부와 민간 자금을 효과적으로 조달하여 공공시설 및 대형 시설에 Wet System을 적용함으로써 지속 가능한 에너지 솔루션을 확산시킬 수 있다. 국내에서도 이러한 자금 조달 모델을 참고하여, 공공 인프라 프로젝트나 친환경 에너지 솔루션 도입에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Q5. 시스템 적용 시 Wet System 설치에 어려움이 있었던 이유는 무엇인가요?

A5. Wet System을 설치할 때, 특정 도시의 지반 조건이나 하수관의 크기가 중요한 요소입니다. 예를 들어, 도시의 지반이 단단한 돌로 이루어져 있다면 굴착이 어려울 수 있습니다. Noventa는 이런 요소들을 고려하여 프로젝트를 진행하며, 필요 시 전문 엔지니어 업체를 불러 지반 검사와 디자인을 진행합니다.

Wet System을 설치하는 과정에서 겪는 어려움은 단순히 기술적인 요소에만 국한되지 않는다. 지반 조건, 하수관의 크기, 설치 현장의 접근성 등 다양한 환경적 요인이 복합적으로 작용하기 때문에 이러한 요인들을 사전에 철저히 검토하고 대비하는 것이 중요하다.

첫째로, 도시의 지반 조건은 Wet System 설치에 있어서 가장 중요한 변수 중 하나이다. 예를 들어, 도시 지반이 주로 단단한 암반으로 이루어져 있는 경우, 굴착 작업이 매우 까다로워질 수 있다. 이러한 상황에서는 일반적인 굴착 장비로는 충분하지 않으며, 추가적인 장비와 인력이 필요하다. 이로 인해 공사 기간이 길어지고, 비용이 증가할 가능성이 크다. Noventa는 이러한 리스크를 최소화하기 위해 프로젝트 초기 단계에서 전문 엔지니어링 업체를 통해 지반 검사를 실시하며, 지반 조건에 따른 최적의 설치 방법을 설계한다. 이를 통해 예상치 못한 지연이나 비용 초과를 방지할 수 있다.

둘째로, 하수관의 크기와 위치도 Wet System 설치에 큰 영향을 미친다. 설치 대상 지역의 하수관이 작거나 깊지 않은 경우, 시스템을 설치하는 데 필요한 공간이 충분하지 않을 수 있다. 반면, 하수관이 너무 깊게 설치되어 있는 경우에도 접근성이 떨어져 공사에 어려움이 생길 수 있다. Noventa는 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 크기의 하수관에 맞는 맞춤형 시스템을 설계하며, 필요시 기존 하수관을 개조하거나 새로운 관을 설치하는 작업을 병행한다.

셋째로, 설치 현장의 접근성 문제도 중요한 고려사항이다. 대도시 중심부나 교통이 복잡한 지역에서는 대형 장비를 동원하는 것이 쉽지 않다. 또한, 공사로 인한 교통 체증이나 주민 불편을 최소화하기 위해 야간 공사나 주말 공사를 선택해야 하는 경우도 있다. Noventa는 이러한 경우에도 최대한 효율적으로 자원을 배치하고, 현장 상황에 맞는 유연한 공사 일정을 수립하여 문제를 해결한다.

마지막으로, 프로젝트의 성공적인 수행을 위해서는 지역 정부 및 관련 기관과의 협력도 필수적이다. 공사 허가, 환경 규제 준수, 주민 소통 등 다양한 행정적 절차가 필요하며, 이를 원활히 진행하기 위해서는 관련 기관과의 긴밀한 협력이 필수적이다. Noventa는 이러한 과정에서도 적극적으로 소통하며, 모든 이해 관계자가 프로젝트의 필요성과 이점을 충분히 이해하고 협력할 수 있도록 노력하고 있다.

결론적으로, Wet System 설치 과정에서 발생할 수 있는 다양한 어려움을 사전에 철저히 분석하고, 이에 대한 대비책을 마련하는 것이 성공적인 프로젝트 수행의 열쇠이다. Noventa는 이러한 노력을 통해 각 프로젝트를 안정적으로 완수하며, 지속 가능한 에너지 솔루션을 제공하는 데 중점을 두고 있다. 국내에서도 이와 유사한 방식으로 프로젝트를 계획하고 진행함으로써, 예상치 못한 문제를 최소화하고, 성공적인 결과를 도출할 수 있을 것이다.





Heating and cooling with wastewater

Recovery of thermal energy from municipal and industrial wastewater

More information, downloads, and current news



www.huber-technology.com

Heating and cooling with wastewater

Right below the ground is a hidden and untapped source of energy: domestic, municipal wastewater with a high temperature throughout the whole year. Temperatures of $> 68^{\circ}\text{F}$ are possible in particular at the point of discharge into the sewer network. Therefore and as wastewater is an energy source that is available at any time, it is an ideal energy source for heating and cooling buildings or industrial processes. All wastewater flows end up in the sewage treatment plants, from which enormous amounts of energy can also be extracted and reused for other purposes.

The HUBER Heat Exchanger RoWin has especially been developed to make available the enormous energy potentials hidden in wastewater or other difficult media.

Due to its low temperature of approximately 68°F during summer wastewater is also an ideal heat sink. Cooling of buildings and processes can frequently be achieved with the "free cooling" principle, i.e. without the use of a heat pump. This saves an additional energy consumer and provides for maximum efficiency and cost-effectiveness of plants.

High coefficients of performance can be achieved with commercial heat pumps combined with the supply temperature provided by a panel heating, such as a floor heating ($\leq 104^{\circ}\text{F}$) or concrete core activation ($\leq 86^{\circ}\text{F}$). The required electrical power thus only amounts to approx. 20 – 25 % of the total power. This saves valuable primary energy.

① Sewer

② Wastewater shaft with HUBER screen and delivery pump

③ HUBER Heat Exchanger RoWin

④ Heat pump



HUBER ThermWin system for the recovery of energy from wastewater.

HUBER Technology의 하수 에너지를 활용한 난방 및 냉방 시스템에 대해 소개하고 있다. 특히 하수에서 열 에너지를 회수하여 도시와 산업에서 재활용할 수 있는 방법을 설명하고 있으며, 이는 에너지 효율성을 극대화하고 환경에 미치는 영향을 최소화하는 데 중점을 두고 있다.

이 시스템은 하수관에서 열 에너지를 회수하여 이를 난방 및 냉방 시스템에 활용하는 과정을 보여준다. 하수는 먼저 스크린을 통해 고형물을 제거한 후, 열교환기를 거쳐 열을 회수하고, 남은 물은 다시 하수도로 반환된다. 이 과정에서 회수된 열은 히트펌프를 통해 에너지로 변환되어, 건물의 난방 및 냉방에 사용된다.

HUBER의 주요 기술들인 ThermWin 시스템, RoWin 열교환기, 그리고 ROTAMAT® RoK4 펌핑 스테이션 스크린에 대해 설명하고 있다. 이 기술들은 모두 하수에서 열을 회수하여 난방 및 냉방에 활용하는 데 중점을 두고 있다. ThermWin 시스템은 열 회수 과정을 자동화하여 높은 효율성을 자랑하며, RoWin 열교환기는 다양한 설치 조건에 맞게 설계되어 있다. ROTAMAT® RoK4 스크린은 하수에서 고형물을 효과적으로 제거하여, 열교환기의 효율을 극대화할 수 있도록 돕는다.

HUBER ThermWin system

The utilization of energy from wastewater is accomplished with the HUBER ThermWin system. In the first step, a portion of the raw sewage flows via an intake structure from the sewer into the HUBER Pumping Stations Screen ROTAMAT® RoK4 that retains coarse solids. The solids retained by the screen are transported vertically upwards and returned to the sewer system. The screened wastewater is lifted by a pump installed in the inlet structure and flows by gravity through the RoWin heat exchanger installed above ground. This creates continuously stable hydraulic conditions and ensures a controlled heat transfer. In the HUBER RoWin Heat Exchanger the heat energy is transferred to a cooling medium (normally water) which transports the energy to a heat pump. This in turn transports the energy to a heat pump. The cooled wastewater flows back to the sewer taking along the screenings, separated by the HUBER Pumping Stations Screen ROTAMAT® RoK4.

HUBER Pumping Stations Screen ROTAMAT® RoK4

The HUBER Pumping Stations Screen ROTAMAT® RoK4 installed in the intake structure ensures optimal retention of the solids contained in the raw sewage due to its two-dimensional perforated plate design. The vertical installation of the screen requires only a minimum of space. The retained solids are transported fully automatically and returned to the sewer, generating a closed cycle of solids circulation. The screened wastewater in the pump station contains the usable energy potential. This is fed directly to the HUBER Heat Exchanger RoWin.



Wastewater pre-screening in the intake structure with a HUBER Pumping Stations Screen ROTAMAT® RoK4.

HUBER Heat Exchanger RoWin

The innovative HUBER Heat Exchanger RoWin consists of a welded stainless steel construction in which horizontal pipe modules are arranged in parallel. The pipe modules are made of stainless steel to achieve maximum heat transfer efficiency. The heat exchanger is especially designed for wastewater as heat source and for difficult-to-process media. Only coarse pre-screening of the raw sewage is required. It is also possible to use non-polluted wastewater, for example from surface water or the outlet of sewage treatment plants.

Due to the specific chemical-biological properties of wastewater in particular, a biofilm is developed over time on the heat transfer surfaces that significantly impairs heat transfer. An innovative system for preventive, fully automatic cleaning of the heat transfer surfaces is therefore applied to effectively and completely prevent the loss of heat transfer capacity and ensure the maximum capacity is permanently maintained.

Sediments and solids settling on the tank floor are removed by a screw conveyor and returned to the sewer along with the cooled wastewater.



Horizontal wastewater 2x RoWin BCB Therm, extraction capacity 540 kW (wastewater) 900 kW (cooling)

Cases studies



Hotels and apartments



Swimming pools



Hospitals



Breweries



Wastewater treatment plants



Public institutions

Huber Technology Inc.
1109 Ashby Parkway, Denver, NC 28037 USA

HUBER의 기술이 적용된 다양한 사례들을 소개하고 있다. 여기에는 호텔과 아파트, 수영장, 병원, 양조장, 하수 처리장, 그리고 공공기관과 같은 다양한 유형의 시설들이 포함되어 있다. 각 사례는 HUBER의 에너지 회수 기술이 어떻게 각기 다른 환경에서 에너지 효율성을 극대화하고 운영 비용을 절감할 수 있는지를 보여준다.

NOVENTA



인터뷰 일자(Date of interview) : 2024.08.14.Wed

인터뷰 진행자(Interviewers) : 엘스어스

인터뷰 대상자(interviewee) : Erica Lee

인터뷰 대상자 연락처(interviewee contact info) : elee@noventaenergy.com

Q1. 한국분이신데, 어쩌다 입사하게 되셨나요?

A1. 원래는 캘거리에서 에너지 관련 분야에서 종사하고 있었습니다. 이직을 위해 알아보던 도중 당시에는 스타트업 기업이었던 노벤타에 지원하게 되었고, 입사하게 되었습니다. 사실 노벤타는 저희 회사 사장님이 ENWAVE라는 꽤 큰 회사에 다니시다가 소규모 인원으로 시작하게 되었습니다. 이후 캐나다 은행의 지원과 영국의 private investigator를 받아 사업을 확장하게 되어 현재의 노벤타가 되었습니다.

Q2. 회수된 하수에서 에너지를 추출하는 방식을 이용하는 것으로 하는데, 추출 방식이 어떻게 되나요?

A2. 추출 방법은 두가지가 있습니다. 하나는 하수에 직접 연결하는 방식이고 나머지 하나는 빌딩 자체에서 나오는 폐수에서 열을 추출하는 방식입니다. 두번째 방식의 경우 하수구가 너무 작거나, 거리가 멀거나, 지하철 또는 무언가 방해되는 요소가 있어서 하수구에 연결이 불가능 할 때 사용되는 방법입니다.

Q3. 한국에서는 지하철을 많이 이용하기에 지하철이나, 건물 밀집도가 높은 지역에 적용한다면 좋을 것 같습니다. 하지만 이미 완성된 건물이나 시스템에 설치 하는 것이 쉽지 않을 것으로 생각되는데 가능할까요?

A3. Wetwell의 위치만 잘 잡으면 상관없습니다. 생각보다 훨씬 적은 면적이 Wetwell 설치에 필요하며 그 외의 것은 파이핑만 남기 때문에 문제가 되지 않습니다. 저희의 Toronto Western Hospital에서 시행되는 프로젝트를 살펴보면 알 수 있습니다. 해당 장소에도 지하철은 아니지만 트램이 지나다니고 있으며 매우 많은 전기선들이 위치하지만 프로젝트는 순조롭게 진행되었습니다. 유틸리티 설치가 굳이 한 장소에 고정되는 것이 아니라 추후 이동도 가능하기에 괜찮습니다.

Q4. 하나의 Wetwell로 여러개의 에너지 스테이션을 설치하는 것이 가능한가요? 가능하다면 대학 캠퍼스 건물 등에 적용하면 좋을 것 같다는 생각이 듭니다.

A4. 매우 좋은 질문입니다. 이걸 저희 회사가 희망하고 있는 바입니다. 하나의 Wetwell에 한 건물만 연결하는 것이 아니라 중앙 플랜트 설치를 통해 다양한 건물이 연결된다면 부분적으로 가열 및 냉각이 자유롭게 가능하다는 큰 장점이 있습니다. 때문에 이는 앞으로 우리가 하고자 하는 목표입니다.

Q5. 노벤탐의 기술과 비슷한 예로 Geoexchange 기술이 있는데, 이와 비교하였을 때 어떤 방법으로 폐수에서 열회수를 하는 것이 더 경제적인가요?

A5. Geoexchange 기술을 적용하기 위해서는 굴착을 위한 넓은 공간이 필요합니다. 현재 상용화된 방법이 Geoexchange이기 때문에 많은 고객들이 노벤탐의 기술과 비교를 하기도 합니다. Geoexchange의 경우 input과 output 에너지의 밸런스가 맞아야 유지가 되기 때문에 밸런스가 깨진다면 별도의 기기 설치를 설치하여 이를 해결해야 한다는 단점이 있습니다. 때문에 추가 비용이 발생할 가능성이 있습니다. 하지만 하수를 이용한 노벤탐의 기술의 경우 하수는 인구에 따라 일정한 양이 항상 발생하기 때문에 안정성이 보장되어 있습니다. 사실 '어느 것이 특별히 우수하다'라고 말씀드리긴 어렵지만, 에너지의 출처가 어디인가에 따라 다릅니다. 다만 Geoexchange와 노벤탐의 기술중에 고민이 된다면, 하이브리드로 필요한만큼 추후 조정이 가능한 노벤탐의 기술을 보다 추천드립니다. Geoexchange는 초기 굴착과 실제 시공에 필요한 굴착의 규모에 차이가 발생할 수 있지만, 저희 회사의 경우 상황에 따라 조절이 가능하기에 공사 규모및 비용을 줄일 수 있습니다.

Q6. 사업 규모에 따른 소요기간을 책정하는 방법이 따로 있나요?

A6. 앞서 말했듯 하수도에 직접적으로 연결할 수 없어 건물 내에서 자체적으로 시스템을 실행할 경우 굉장히 빠르게 시공이 가능합니다. 건물 내의 파이핑이 어떻게 되어있는지에 따라서만 다르고 추가적인 공사가 필요 없기 때문에 소요기간은 오래 걸리지 않습니다. 큰 프로젝트의 경우 1년반에서 최대 2년이 소요됩니다. 규모가 굉장히 크다고 해도 공사 과정중에 특별히 문제가 없다면 빠르게 가능합니다.

Q8. 특별한 문제라면 사람으로부터 받는 민원을 말씀하시는 건가요? 민원의 경우 어떤 방법으로 해결하시는지 궁금합니다.

A8. 일단은 사업을 시작할 때 얼마만큼 에너지를 추출하느냐에 따라서 City에 비용을 지불합니다. 이는 Energy Transform이라고 하는데, 공사 과정에는 City의 협조가 반드시 필요하기 때문에 지불해야만 합니다. 이는 정부의 발전으로 이어지기에 직접적인 혜택이 아니어도 대부분의 사람들이 긍정적으로 받아들이는 편입니다. 또한 토론토의 경우 원주민 대우가 중요한 편이기에 교육센터 설치를 통해 원주민 교육등을 시행하여 공사에 대한 민원을 줄이고자 노력하고 있습니다. 때로는 금전적인 보상을 행하기도 합니다.

Q9. Wetwell 설치를 통해 수익을 실현하기 위해서는 대략적으로 어느정도의 기간이 소요되나요?

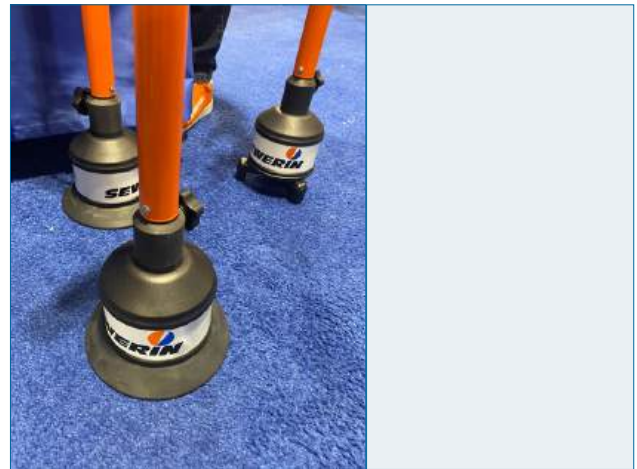
A9. 수익 실현의 경우 일정 기간이 지난 뒤에 수익이 책정되는 방식이 아닙니다. 공사에 소요되는 비용이 많기 때문에, 고객들이 30년동안 공사 비용을 나눠서 지불할 수 있도록 하고 있기 때문입니다. 때문에 규모에 따라 다르지만, '1년에 어느정도의 금액을 아낄수 있다'의 개념으로 수익에 대한 정보를 제공하고 있습니다.

Q10. 현재 휴버의 장비로 프로젝트를 진행하고 있는 것으로 아는데, 휴버와의 관계가 어떻게 되는지 알 수 있을까요?

A10. 휴버에서 독점권을 얻어 미국, 캐나다, 스코틀랜드에서 사업을 시행하고 있습니다. 때문에 저희가 사용하고 있는 휴버의 ThermWin 시스템을 만약 누군가가 구매하기 위해서는 저희 회사에 문의하여 구매해야만 합니다. 휴버의 ThermWin 시스템에는 총 두개의 장비가 있으며 그 장비는 다음과 같습니다.

SEWERIN | 4조

SEWERIN



AQUAPHON® A 200 – Professional – Flexible – Intelligent

Professional leak detection

When it comes to detecting leaks in water pipes by electronic means, the Aquaphon® A 200 is the most professional device. Thanks to its extremely high sensitivity and its unique, intelligent, and intelligent design, it is able to detect leaks in a wide range of pipe materials and diameters. The Aquaphon® A 200 is also suitable for use in the detection of leaks in the sewerage system.

The measurement principle

The Aquaphon® A 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The Aquaphon® A 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

Most reliable leak detection ever

The Aquaphon® A 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The Aquaphon® A 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

Intelligent system in practice

The Aquaphon® A 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The Aquaphon® A 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

SeCorr® C 200 – The Correlation Standard

The principle of correlation

Localizing a leak with a correlation device is a matter of time. The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

Reliably and accurately pinpoint leaks

The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

Automatic filters, results-oriented measurement display

The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

SeCorr® C 200 – The Correlation Standard

The radio transmitters

The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

The microphones

The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

The hydrophones

The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

The system case

The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method. The SeCorr® C 200 is a professional device for the detection of leaks in water pipes. It is based on the principle of the correlation method.

키워드 : acoustic leak detector, waterproof, correlation-based measurement

제품 : SECORR(correlation-based measurement), AQUAPHON(waterproof acoustic leak detector)

SECORR 200

기술 개요

- SECORR 200은 상관법을 이용하여 누수를 정밀하게 탐지할 수 있는 장비로, 파이프라인의 누수 위치를 정확히 찾는 데 사용된다.
- 이 장비는 파이프라인에 부착된 센서를 통해 누출음을 감지하고, 이 신호를 상관 분석하여 누수 위치를 계산한다.

특장점

- 고감도 센서 : SECORR 200에 탑재된 센서는 고감도의 마이크와 하이드로폰으로 구성되어 있어, 작은 누출음도 감지할 수 있다.
- 정밀한 상관 분석 : 이 장비는 파이프라인에서 발생하는 신호를 상관 분석하여 누수의 위치를 정밀하게 계산한다.
- 다양한 배관에 적용 가능 : 300mm 이상의 큰 배관뿐만 아니라 다양한 크기의 배관에도 적용할 수 있다.
- 사용의 편리성 : 휴대용 장비로서 현장에서 간편하게 설치하고 사용할 수 있어, 누수 탐지를 신속하게 수행할 수 있다.

AQUAPHON A200

기술 개요

- AQUAPHONA200은 지상에서 누출음을 감지할 수 있도록 설계된 청음식 누수탐지기이다.
- 주로 파이프라인이 매설된 지표면에서 누수음을 탐지하며, 뛰어난 방수 기능을 갖고 있다.

특장점

- 우수한 음질 : AQUAPHON A200은 고감도의 지상 마이크로폰을 사용하여 다양한 지형에서 누출음을 명확하게 감지할 수 있다. 이는 아스팔트, 콘크리트, 잔디밭 등 다양한 지형에서도 안정적인 측정을 가능하게 한다.
- 방수 기능 : 방수 설계가 되어 있어, 비가 오는 날이나 지면에 물이 고여 있는 상황에서도 장비가 손상되지 않고 정확한 측정을 수행할 수 있다.
- 휴대성과 편리성 : 장비가 컴팩트하게 설계되어 이동과 사용이 용이하며, 간단한 조작으로 현장에서 신속한 탐지가 가능하다.
- 다양한 환경에서의 활용 : 도로, 인도, 공원 등 다양한 환경에서 누수를 탐지할 수 있으며, 수리 및 유지보수 작업 시 필수적인 장비이다.
- 제한 사항 : 방수 기능은 우천 시 또는 물웅덩이에서의 사용을 목적으로 하며, 깊은 수심에서는 사용이 제한된다.

청음식 누수 탐지기와 AI 도입

전문가의 필요성

- 청음식 누수 탐지기는 파이프의 종류와 특성에 따라 소리가 다르므로, 이를 구별할 수 있는 전문적인 지식과 경험이 필요하다.

AI 도입 가능성

- AI 기술을 통해 누수음을 자동으로 분석하고 탐지하는 것이 가능할 수 있으나, 이를 위해서는 대량의 데이터가 필요하며, 고객의 데이터 공유가 필수적이다.
- 현재 AI 도입은 초기 단계에 있으며, 주로 경험이 부족한 사용자를 돕기 위한 교육 및 훈련 프로그램으로 활용되고 있다.

inCTRL



inCTRL
understand
manage
optimize

inCTRL's process experts provide tailored recommendations to improve efficiency and reduce costs by gaining insights from your data using intelligent digital platforms for your water, wastewater, and biogas treatment needs.

ADVANCED CONTROL
Customized control strategies for optimal performance

SOFT SENSORS
Predictive analytics to enhance operational efficiency

DATA QUALITY MANAGEMENT
Ensuring reliable data for informed decisions

DIGITAL TWINS
Virtual replicas for real-time simulation and analysis

FOR MORE INFORMATION, VISIT OUR WEBSITE: inctrl.com

FEEL FREE TO REACH OUT TO US DIRECTLY WITH ANY QUESTIONS OR REQUESTS: info@inctrl.com

inCTRL

EXPLORE OUR COMPREHENSIVE SOFTWARE SUITE DESIGNED TO ELEVATE YOUR EFFICIENCY AND RESULTS:

opsCTRL

inCTRL Facility™
Streamline the management of single or multiple plants, optimizing operations for maximum efficiency. Take control of your facility's performance with ease.

inCTRL Supplier™
For equipment suppliers, our robust fleet management software ensures you can track equipment from acquisition onward, adding value at every stage.

opsCTRL.com

- ASSET MANAGEMENT
- KNOWLEDGE CAPTURE + LIBRARY
- ALARM MANAGEMENT
- MAINTENANCE MANAGEMENT
- DATA MONITORING
- CONTROL + PERFORMANCE MONITORING

SIMBA®

SIMBA® is the world's leading platform for modeling and simulating water and biogas systems. As the worldwide opsCTRL, inCTRL, and SIMBA® to help clients optimize their processes. This tool offers insights into your plant's current and future states, enhancing operations and exploring new possibilities. New features include energy analysis, a 3D/2D hydraulics module library, and digital twin capabilities.

FOR MORE INFORMATION, VISIT OUR WEBSITE: inctrl.com

FEEL FREE TO REACH OUT TO US DIRECTLY WITH ANY QUESTIONS OR REQUESTS: info@inctrl.com

키워드 : soft sensor, ABAC-SRT, Digital platform, Digital twin

제품 : opsCTRL, SIMBA#

소프트 센서 (Soft Sensor)

장점

- 측정하기 어려운 매개변수들을 실시간으로 분석
- 실험실 측정 지연 없이 즉각적인 공정 결정 가능
- 측정 장치의 비용 및 유지보수 절감

적용사례

- 휘발성 지방산(VFA) 측정
- 공정의 실시간 조정 및 예측을 통한 최적화

디지털 트윈 (Digital Twin)

구성 요소

- 관찰 모델 : 플랜트의 현재 상태를 계산
- 예측 모델 : 다양한 시나리오를 계산하고 예측

적용 가능성

- 폐수 처리장 및 혐기성 소화조 플랜트
- 에너지 소모 최적화, 화학물질 투여 시스템 개선 등

사용 권장 사항

- 점진적인 확장 방식 적용 (중앙 처리, 사이드 스트림 처리 등)

ABAC-SRT 전략

기능

- 암모니아 값을 이용한 최적의 DO 설정점 예측
- 질소 유출 품질과 에너지 효율 최적화
- SRT와 결합하여 폐슬러지 펌핑 양 조절

특허 기술

- inCTRL 고유의 알고리즘 기반

OPS 제어 및 Simba 소프트웨어

OPS 제어

- 시설 모니터링, 알람, 유지보수 지원 운영 지능형 플랫폼
- 데이터 수집, 자산 상태 모니터링, 유지보수 계획 지원

Simba 소프트웨어

- 디지털 트윈 구축을 위한 모델링 소프트웨어
- 바이오리액터, 고정 필름 반응기, 소화조 등 제어 모델 제공
- 실시간 데이터 연동 및 운영 시나리오 예측

연구 및 맞춤형 솔루션 제공

주요 연구

- SBR에서 질소 처리 효율 향상 연구

솔루션 제공

- 고객 맞춤형 운영 전략 수립 및 모델링 도구 제공

MANTECH

Measuring both biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand (BOD/COD) in 10 minutes attracted many attendees to the booth as they were already familiar with the conventional yet more time-consuming and hazardous methods for BOD and COD analysis.

10-Minute BOD/COD Analyzer

The PeCOD® analyzer is a patented technology which uses a safe & green method meaning no hazardous reagents and special disposal required. The core of its technology occurs in its sensor in which the sample enters and undergoes an advanced oxidation process which oxidizes all the organics in the sample for the COD value. The oxidation power can be adjusted within the software to be less aggressive and provide a BOD value. Unlike optical surrogate methods available, the PeCOD® analyzer's method is empirical and not dependent on the water matrices.



Attendees were also interested in technology to monitor parameters in an online autonomous format and were astonished to hear about all the possible parameters which could be analyzed by our system. This includes parameters such as pH, alkalinity, conductivity, acidity, ammonia, hardness, turbidity, chlorophyll and more.

MANTECH's Online Analyzer

These online systems can be placed in the treatment plant to directly sample and analyze from the process line. Utilizing approved and chemistry-based methods already in use by our automated laboratory equipment enables our online systems to obtain empirical results rather than optical measurements. This makes the results more accurate and reliable to better inform water and wastewater treatment decisions.

Since our systems require minimal operator interaction, results and data can be communicated with Modbus TCP and SCADA. Recipients can also receive email notifications with results, actions required, etc.

주요 기술 : PeCOD® analyzer, online autonomous system

인터뷰 대상자 : Robert Menegotto, CEO of MANTECH

Q1. MANTECH의 휴대용 수질 측정기기는 다양한 환경 조건(예를 들어 극한의 온도, 습도, 물의 오염도)에서도 정확도와 신뢰도를 유지할 수 있도록 어떻게 설계되었나요? 또한, 이러한 성능을 보장하기 위해 MANTECH가 제품 개발 및 품질 관리에서 중요하게 여기는 요소는 무엇인가요?

A1. 먼저, MANTECH에서는 폐수 테스트를 목적으로 하는 수질 측정기기를 생산합니다. 폐수는 이미 더럽고 오염되어 있기 때문에 벤치탑이나 온라인형에 상관없이 더러운 샘플에 대한 테스트를 진행할 수 있습니다. 갑자기 유출 사고가 발생하더라도 이를 측정하고 이후에 청소를 추가적으로 진행할 수 있습니다.

극한의 온도 및 기후에 관련해서는 해당 기기는 실내에서 사용되는 측정기기이기 때문에 50℃까지 사용가능하며, 극한의 습도에서도 사용 가능하도록 설계되었습니다.

Q2. MANTECH의 자체 프로그램(예: TitrSip™ 및 PeCOD® 시스템)을 통해 수질 분석 데이터를 클라우드에 전송할 때, 어떤 특별한 보안 기술을 사용하여 데이터 전송의 안정성을 강화하나요? 특히, 자체 개발된 보안 알고리즘이 있다면, 그들이 표준 보안 방법과 어떻게 다른지 설명해주실 수 있나요?

A2. MANTECH은 보안에 관련하여 자체 소프트웨어 프로그램을 사용하고 있습니다. Oracle SQL 데이터베이스를 사용하며, 소프트웨어는 Windows 10,11에서 작성했습니다. 이를 통해, 측정기기를 통해 생성된 데이터는 Microsoft 시스템 내에서 안전하게 보호된다는 의미이며 IT 그룹이 MANTECH 위에 외부 보안을 구현할 수도 있습니다.

측정 데이터를 내보낼 때, MANTECH은 외부로부터의 접근을 허용하고 있지 않습니다. 데이터는 Modbus TCP를 통해서만 나갈 수 있으며, 이더넷만 사용할 수 있고 케이블 또는 무선으로 연결될 수 있습니다. 하지만 외부로부터의 접근은 허용되지 않으며, 단일 지점에서만 데이터를 내보낼 수 있습니다.

Q3. 데이터 간의 상호작용은 없는 건가요? 데이터만 전송되는 것이 맞을까요?

A3. 네, 우리 MANTECH은 데이터를 전송하며, IT 그룹이 외부 접근을 허용할 경우에는 원격 진단이 가능해지는 것입니다.

Q4. MANTECH가 수질 분석 기기의 미래 발전 방향을 어떻게 보고 있나요? 특히, 디지털 혁신과 데이터 분석 기술이 중요해지고 있는 상황에서, MANTECH은 어떤 방식으로 이러한 기술을 제품에 통합할 계획이 있는지 궁금합니다.

A4. MANTECH은 휴대용 수질 측정기기 기업으로써, 더 빠른 수질 테스트를 목표로 하고 있습니다. 실험실에서 사용하는 방법으로 가져오고 싶습니다. 더 적은 양의 시약을 사용하고, 더 빠르게 만들고, 기본적으로 친환경적으로 만들고자 합니다. 방법과 영향 모두 친환경적이고자 합니다.

결과를 더 빨리 얻고, 더 나은 결정을 내리며, 오염을 줄이는 방향으로 치료할 수 있도록 하는 것이 우리의 목표입니다. 데이터 보안과 디지털화에 관련해서는, 우리 MANTECH은 데이터를 디지털화시키기 보다는, 데이터를 신뢰할 수 있고 정확하게 제공하기 위한 데이터베이스 구축에 보다 집중하려 합니다.

현재 시장에서 분석기를 만드는 회사, 처리 기술 제공하는 회사, 디지털 혁신을 추구하려는 회사들이 있는 상황입니다. 모두가 디지털 혁신을 하고자 한다면, 시스템이 너무 많아져서 혼란스러워질 것입니다. 그렇기 때문에 디지털 측면에서 전문성을 가진 회사들이 데이터를 수집하는 것이 현명하다고 봅니다.

Q5. 환경공학부 학생으로서 수질 관리와 관련된 경력을 쌓기 위해 필요한 역량은 무엇이라고 생각하시나요? 특히, 디지털 기술의 발전에 따라 어떤 새로운 역량이 요구될 것으로 보시는지 궁금합니다.

A5. 현재 MANTECH에는 약 40명의 직원이 있고, 그 중 35명이 28세 이하입니다. 매우 젊은 회사로, 우리는 졸업생, 학부생이나 대학원생을 찾습니다. 배움에 대한 열린 마음과 의지가 있는 사람을 찾고 있습니다. 직원들 모두 대학교를 졸업했지만, 학습을 멈추지 않고 있습니다. 일을 시작하면 많은 것을 배우게 될 것이며, 그래서 저는 배울 수 있는 능력과 의지가 중요하다고 생각합니다.

솔직히, 위험을 감수할 수 있어야 합니다. 저는 젊은 직원들에게 “만약 내가 바빠서 당신이 해당 업무를 마무리하기 위해 나를 기다리고 있다면, 기다리지 말고 결정을 내리고, 나중에 이야기하자”라고 말합니다. 그 결정이 틀렸다고 해도 걱정하지 말고, 시도하며 배울 수 있는 기회를 가지라고 말해주고 싶습니다.

Skytem



주요기술 : 고해상도 전자기 방식

인터뷰

Q1. SkyTem의 고해상도 전자기 방식으로 수집된 데이터는 어떤 절차를 거쳐 분석되고, 이를 통해 어떤 정보를 얻을 수 있나요?

A1. SkyTEM의 데이터 수집 과정

우선 SkyTEM 전자기 방법은 헬리콥터에서 수행됩니다. 지표 아래를 스캔하며, 암석의 전기적 특성을 측정하고, 순수한 전기 신호인 dB/dt 신호를 데이터로 측정합니다.

데이터 분석 과정

이 데이터는 일부 자체 소프트웨어에서 처리되며, 또한 상용 소프트웨어 패키지에서도 처리됩니다.

그리고 이 데이터를 지질학적으로 유용하게 만들기 위해서, 우리는 인버전(inversion; 도치)을 수행합니다. 인버전은 고급 데이터 처리 방식으로, 필터링된 dB/dt 데이터를 수학적 역산 절차의 입력으로 사용하여 이 타인-도메인 전자기 데이터를 지표의 저항 깊이 모델로 변환합니다.

그 결과 우리는 다양한 저항 단위로 이루어진 지표의 층 구조를 얻을 수 있으며, 지질학적으로도 서로 다른 저항성을 가지게 됩니다.

예를 들어, 점토는 낮은 저항성을 가지며 전류를 잘 전달하며 하나의 유형의 층으로 나타나합니다. 반면에 건조한 모래는 상대적으로 높은 저항성을 가지며 전류를 잘 전달하지 않습니다.

따라서 이러한 데이터 처리 및 분석을 통해 지표의 3D 저항 모델을 구축할 수 있으며, 이것이 전형적인 SkyTEM 제품이 됩니다.

데이터 활용 방안

그리고 이 지질 모델은 지하수 매핑에 사용할 수 있습니다.

지하수 매핑뿐만 아니라 더 작은 시스템으로 지반 공학적 해결책을 제공하는 등의 표면 근처 세부 사항을 파악하는 데도 사용할 수 있습니다.

또한 광물 탐사에도 사용할 수 있는데, 이는 광물이 포함된 암석이 일반적으로 매우 높은 전도성을 가지기 때문입니다. 따라서 이러한 인버 결과에서 전도성이 좋은 단위로 나타나며, 이는 광물 탐사의 도달 가능한 목표로 간주될 수 있습니다.

Q2. SkyTem이 제공하는 데이터의 품질을 보장하기 위해 어떤 기준과 프로토콜을 따르고 있나요?

A2. 데이터 품질 보장을 위한 방안

저희는 자체 소프트웨어 시스템을 직접 개발했기 때문에 데이터에 대한 완전한 통제권을 가지고 있습니다.

또한 데이터의 연속성 및 품질을 확인하는 자체 소프트웨어 패키지를 보유하고 있으며, 예를 들어 데이터의 스펙트럼 분석을 통해 데이터에 어떤 종류의 노이즈 소스가 들어오는지 확인하고, 환경에서 예상되는 수준의 노이즈가 데이터에 있는지 확인합니다.

또한 외부에서 데이터로 들어오는 간섭의 종류를 감지할 수 있습니다.

따라서 이러한 프로토콜은 데이터를 유지하기 위해 따르게 됩니다.

Q3. SkyTEM의 AEM 데이터를 활용하여 대수층 재충전 지역을 식별하는 과정에서, 데이터 해석의 정확성을 높이기 위해 어떤 추가적인 데이터 소스나 분석 기법이 사용되나요?

A3. 데이터 해석을 위한 추가적인 정보

SkyTEM 데이터는 지구물리학적 모델을 제공합니다.

하지만 이는 여전히 저항 구조에 불과하며, 지질학은 복잡하기 때문에 저항값이 20인 단위를 매핑한 경우, 그것이 염분이 섞인 사암층일 수도 있고, 점토일 수도 있으며, 또는 다른 무엇일 수도 있습니다.

따라서 저항 모델을 완전히 지질학적으로 해석하기 위해서는 조사 지역 내에서 시추 작업이 필요합니다. 이 시추 작업을 통해 "이곳의 전도층이 실제로 점토층이었구나"라는 지표를 얻을 수 있습니다.

이제 SkyTEM 데이터를 통해 조사 지역 전반에서 해당 점토층을 추적할 수 있게 되며, 따라서 이 점토층이 전 구역에 걸쳐 있다고 봐야 합니다.

이와 같은 추가 정보가 필요하여 데이터가 단순한 지구물리학적 저항 모델이 아닌, 진정한 지질학적 모델로 해석될 수 있습니다.

이러한 방식으로 재충전 지역의 지질학적 단위를 식별할 수 있게 되는 것입니다.

Q4. SkyTEM의 홈페이지에서 머신러닝 데이터를 사용해 진행한 AI 프로젝트를 본 적 있습니다. 이에 대해 더 자세히 설명해주실 수 있나요?

A4. 데이터 노이즈를 해결하기 위한 AI 프로젝트 예시

네, 맞습니다. 그 AI 프로젝트에서는 저희 회사가 하드웨어 개발과 데이터 수집을 담당했으며, 프로젝트 파트너들이 실제로 AI와 머신러닝을 데이터에 적용했습니다.

저희 회사는 직접 AI를 사용하지 않았지만, 몇몇 컨설턴트나 고객들이 AI를 사용하고 있습니다. 그리고 AI 알고리즘을 프로그래밍하여 데이터를 더 잘 이해하려고 합니다.

예를 들어, 전자기 방법을 사용하는 경우, 전력선과 같은 인공 구조물이 있는 지역 근처를 비행하면 전자기 데이터에 노이즈가 발생할 수 있습니다. 그래서 AI의 한 가지 응용은 이러한 인공적인 노이즈 소스를 직접 식별하고, 데이터를 해석하기 전에 이를 제거하는 것입니다.

Q5. 해당 방법을 사용할 때, 이 기술들이 특히 유용한 특정 데이터 패턴이나 복잡한 변수 관계가 있나요?

A5. AI 프로젝트의 이점 2가지

네, 이와 관련해 유용한 점이 몇 가지 있습니다.

첫 번째로, 실제로 잘못된 데이터나 구조적으로 영향을 받은 데이터를 제거하는 것인데, 여기서 주의해야 할 점은 매우 강한 자연적인 전도체가 유사한 패턴을 만들어낼 수 있다는 것입니다. 이것이 어려운 부분 중 하나입니다.

또 다른 유용한 점은 이 방법이 매우 큰 데이터셋을 생성한다는 것입니다. 이러한 데이터셋을 검토하고 다른 종류의 데이터와 결합하는 과정에서 인간의 주관에 의존하지 않도록 하는 데에 머신 러닝 코드가 사용됩니다. 이를 통해 매년 더 일관된 데이터 해석을 얻을 수 있습니다.

Q6. 덴마크 국립 테스트 사이트(Danish National test Site)에서 진행된 SkyTEM 데이터의 품질을 보장하기 위한 보정 과정이 언급되었습니다. 이 보정 과정에 포함된 구체적인 절차가 무엇인지 궁금합니다. 지역에 따라 조정이 필요한가요?

A6. 보정 작업에 대한 설명

다른 지역에서는 특별히 보정할 필요가 없습니다.

보정 사이트에서 확인하는 것은 이 시스템이 여러 종류의 전자 장치, 송신기, 수신기 코드들을 포함한 복잡한 기술이라는 점입니다.

보정 작업이란, 시스템이 정확한 데이터를 제공할 수 있도록 조정하는 과정입니다. 예를 들어, 시스템이 측정한 데이터에 시간 지연이 있다면, 그 지연을 보정해 줍니다. 그렇게 한 번 보정이 완료되면, SkyTEM 시스템은 다른 지역에서 사용될 때도 동일한 정확성을 유지할 수 있습니다.

덴마크 국립 테스트 사이트에서 진행한 이유

덴마크 국립 테스트 사이트(Danish National test Site)는 다양한 지구물리학적 장비와 실제 지질 확인을 위한 시추 작업을 통해 잘 확립된 지질과 지구물리학적 파라미터를 가지고 있습니다. 따라서 SkyTEM 시스템이 그곳에서 정확하게 작동하는지를 확인할 수 있습니다.

우리가 보정 사이트에 가서 확인하는 것은, 시스템이 그 테스트 사이트에서 설명된 지구물리학적 지질 프로파일을 정확히 재현할 수 있다는 것입니다.

한번의 정확한 보정으로 동일한 성능 발휘

한 세트의 장비로 보정을 완료한 후, 그에 맞는 시간 이동과 보정 계수를 입력하면, 이 보정 계수를 사용하여 다른 장소로 시스템을 옮기더라도 모든 SkyTEM 시스템이 동일한 지질을 측정하고 동일한 해석을 제공할 수 있습니다.

따라서 이 시스템은 한 번의 보정만으로 충분하며, 비행하는 지질의 종류와는 상관없이 동일하게 작동합니다.

Q7. 환경공학을 전공하는 학생들에게 조언을 해주실 수 있나요?

A7. 다양한 경험

저희 회사에는 엔지니어, 지질학자, 지구물리학자, 환경공학자들이 있습니다. 따라서 여러분이 하고 있는 교육이 올바른 길임은 분명합니다. 그리고 공중 전자기 탐사(Airborne Electromagnetic Survey) 회사를 보면, 전 세계적으로 세 개 정도밖에 없죠. 따라서 실제로 회사에 들어가는 것은 상당히 제한적일 수 있습니다. 하지만 엔지니어링 또는 지구물리학 서비스를 통한 배경 지식을 갖추면 분명히 도움이 될 것입니다.

그리고 저희 회사는 공학 전공 학생들을 대상으로 인턴도 받습니다. 따라서 실질적인 경험을 쌓기 위해 현장에 나가보는 것이 도움이 될 것입니다.

그런 경험들이 여러분이 그 분야에서 더 나아가는 데 도움을 줄 것입니다.

Grundfos



기술명 : Pump Gate

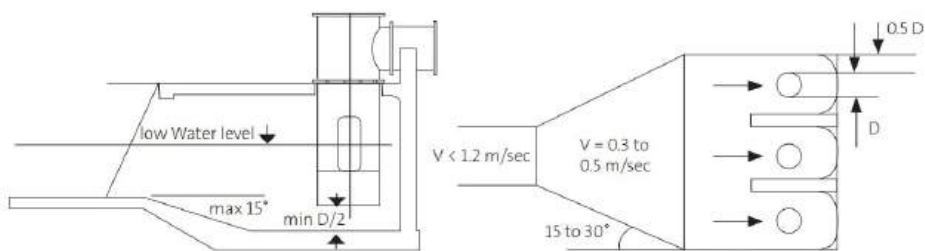
인터뷰 주제 : 홍수 관리 및 배수 시스템

Pump Gate와 Flood Management

Q. 당사의 Pump Gate와 Flood Management에 대해 간단한 설명 부탁드립니다.

A. Pump Gate 시스템은 기본적으로 수문과 펌프가 결합된 형태입니다. 이 시스템은 두 가지 주요 구성 요소로 나눌 수 있습니다.

먼저 Pump는 물을 흡입한 뒤 배출하기 위해 쓰입니다. 홍수 관리를 위해서는 높은 유량과 낮은 수두를 견딜 수 있는 펌프를 주로 사용합니다. 유량과 수두는 펌프 선택에 있어 가장 중요한 요소입니다. 일반적으로 낮은 수두에는 프로펠러 펌프를, 중간 정도의 수두에는 혼합 흐름 펌프를 사용합니다. 다음으로 Gate라고 부르는 수문은 물의 흐름을 제어하는 역할을 하며, 강수량에 따라 열리거나 닫힙니다.



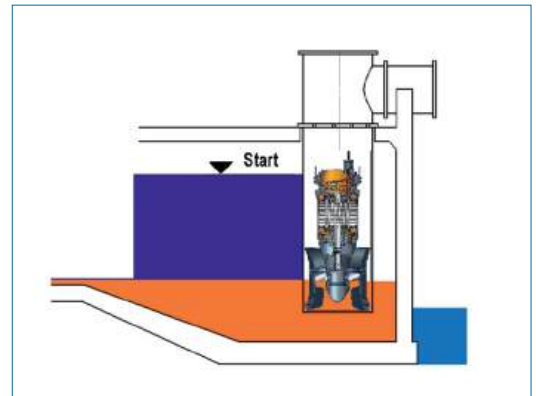
비가 내리면 먼저 수문이 열려 해당 시스템에 우수가 유입되고, 이후 수문을 거친 물이 펌프 구역으로 들어가면 펌프는 연결된 하천으로 물을 배수합니다. 이 시스템은 비가 내리는 속도와 양에 따라 자동으로 조절됩니다.

홍수 처리? vs 홍수 예방?

Q. 홍수가 발생했을 때 관리를 해주는 것인지, 홍수를 예방해주는 것인지도 궁금합니다.

A. Flood Management 시스템은 홍수가 발생할 때 이미 발생한 물의 배수를 관리하는 데 중점을 둡니다. 즉, 수문을 열고 펌프를 작동시켜 홍수의 영향을 줄이는 역할인 것입니다.

홍수를 예방하는 측면(Flood Prevention)에서는, 이러한 시스템에 평상시에는 물이 모이지 않도록 하여 토지의 홍수 위험을 줄이는 데 도움을 줍니다. 이는 특히 고위험 지역에서 유용합니다.



하나의 Pump Gate에 여러 펌프가 사용되는 경우

Q. 하나의 Pump Gate에 하나의 펌프가 사용되는 것인지 여러 개의 펌프가 사용되는 것인지 궁금합니다.

A. 하나의 Pump Gate에는 여러 개의 펌프를 사용할 수 있습니다. 이는 시스템의 신뢰성과 유량을 증가시키기 위한 방법입니다. 여러 개의 펌프를 사용할 때는 지속적인 에너지 최적화를 위해 최대 6개의 펌프를 병렬로 작동하게끔 하나의 그룹에 넣습니다. 예를 들어, 큰 유량을 처리해야 하는 경우, 최대 6개의 펌프를 병렬로 연결하여 충분한 배수 용량을 확보합니다.

디지털 기술

Q. 디지털케넥팅의 기술로 어떤 요소를 볼 수 있는 것인지, 실시간 제어가 가능한지 궁금합니다.

A. Grundfos의 홍수 관리 시스템에는 두 가지의 디지털 기술이 사용됩니다. 원격 모니터링과 제어가 가능한 Grundfos Connect와 모바일 펌프 제어 및 펌프 선택을 위한 Grundfos Go를 사용하고 있습니다.

Grundfos Connect는 흐름 속도, 압력, 에너지 소비량과 같은 데이터를 24시간 원격으로 모니터링할 수 있습니다. 사용자는 실시간으로 시스템 상태를 확인하고, 설정을 조정하며, 문제를 조기에 발견할 수 있습니다. 제어와 관련해서는 원격으로 펌프의 작동을 제어할 수 있으며, 자동화된 경고 시스템을 통해 문제가 발생하기 전에 예방 조치를 취할 수 있도록 하고 있습니다. 이전의 시스템은 알람만 받고 어떤 문제인지 모르니 어려움이 있었습니다. 아무튼, Connect는 원격 모니터링과 제어가 가능해 운영 비용 절감에 도움이 됩니다. 그리고 문제가 발생했을 때 신속한 조치가 가능해 가동 중지 시간도 최소화 할 수 있습니다.

Grundfos Go는 Connect와 비슷하지만 조금 다릅니다. 펌프 제어에만 집중한 플랫폼입니다. Go는 휴대폰에서 펌프의 작동 지점, 전력 소비, 속도 및 온도를 실시간으로 모니터링 할 수 있습니다. 즉, 펌프의 모든 부분을 완벽하게 제어할 수 있습니다. Connect와 같이 알람도 받을 수 있고, 간단한 변경도 가능합니다.

Pump Gate 제작 과정에서 어려웠던 점

일반적인 기상 조건과 홍수 조건을 모두 고려하는 것이 어려웠습니다. 극심한 홍수 상황에서는 훨씬 더 높은 유량을 처리할 수 있어야 합니다. 그렇다고 홍수 상황에만 맞추면 일반적인 상황에 작동하지 않을 수 있습니다. 그래서 이를 극복하기 위해 두 개의 챔버로 나눈 Pump Gate를 제작했습니다. 하나는 일반적인 상황에서 사용하는 것이고, 하나는 최대 유량 상황에서 사용하는 것입니다. 일반적인 상황에서는 상대적으로 작은 펌프를 사용하고, 홍수 발생 시 두번째 챔버를 사용합니다.



Pump Gate의 적용 사례 및 효과

인도네시아와 인도에 적용한 사례가 있습니다. 인도네시아에서는 포글라라는 지역의 기존 수로에 수문과 축류 펌프를 결합한 솔루션을 제공했습니다. 3개의 수문과 6개의 펌프를 설치하여 상당했던 수위 차를 감당할 수 있게 되었습니다. 인도에서는 뭄바이라는 저지대 지역에 솔루션을 제공했습니다. 수문과 축류 펌프 8개를 제공하여 포괄적인 홍수 조절이 가능해졌습니다.

홍수 예방의 가장 중요한 요소

통합 관리가 가장 중요하다고 생각합니다. 홍수 예방에는 물리적 구조물뿐만 아니라, 강우 예측 시스템, 배수 계획, 지역 사회의 경각심 고취 등 종합적인 접근이 필요합니다. 이것과 더불어 정기적인 유지보수는 시스템의 유지에 필수적이라 할 수 있습니다.

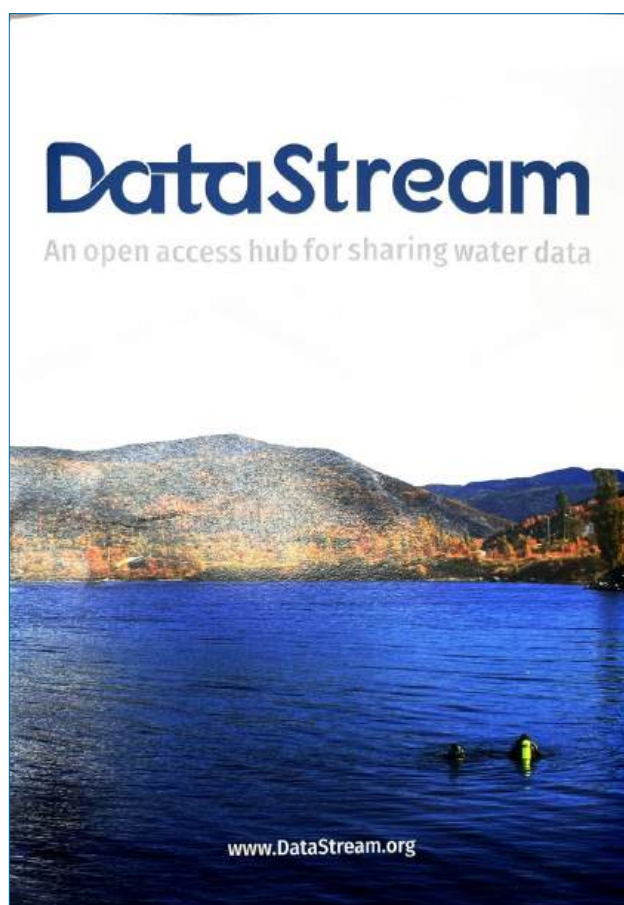
그리고 신뢰성을 높이는 것도 중요합니다. 홍수 관리를 위한 기술이라고 해서 홍수 상황에만 사용하기보다는 일반적인 상황에서도 사용하면 효율적일 것입니다. 어떤 것이든 효율성과 재정적인 부분은 중요하기 때문입니다.

인터뷰 느낀 점

최대 6개의 펌프를 사용할 수 있고, 상황에 따라 조합할 수 있다는 점을 한국에도 잘 적용한다면 좋을 것 같다. 두 가지 플랫폼을 통해 실시간 모니터링 및 제어가 가능하다는 점이 인상적이다. 두 요소를 잘 조합한다면 급작스러운 장마철 침수를 예방함에 있어 많은 도움이 될 것 같다.

Datastream

1) 기업 소개



Canada's leading open access platform for sharing information about freshwater health.

DataStream is an open access website for sharing water quality data. It provides a place for water monitors and researchers to share their data and increase the reach and impact of their work.

Our mission is to promote knowledge sharing and collaboration, so our waters remain healthy for generations to come.



DataStream은 수질 데이터를 공유하기 위한 오픈 액세스 플랫폼을 운영하는 캐나다의 비영리 단체로 캐나다 전역에서 환경 모니터링을 지원하고, 사용자가 수질 데이터에 쉽게 접근하고 공유할 수 있도록 도움을 준다.

커뮤니티, 정부, 연구자들이 모은 water data를 모아 오픈 플랫폼을 통해 공유, 이는 freshwater health에 대한 보호와 이해가 향상될 수 있음. 총 5개의 구역에서 진행되고 있으며, Lake Erie, Lake ontario가 포함되어 있는 Great Lake는 4번째 구역에서 모니터링 되고 있다.

신뢰할 수 있는 물 데이터를 공유할 수 있는 오픈 액세스 공간을 제공함으로써 캐나다의 지역사회가 담수 자원을 보호할 수 있도록 지원하며, 공동 물관리의 혁신을 이끌어냈다. 이는 과학 지식을 발전시키고 더 나아가 우리가 의존하는 유역을 건강을 보호하기 위한 정책, 조치 등으로 이어질 수 있다는 것이다.

2) 인터뷰 내용

데이터 수집 및 처리 방법

Q1 샘플링 사이트들은 많은데, 측정된 횟수는 매우 적다. 부표로 측정된 것이면 주기적으로 측정됐을텐데, 이 데이터들은 어떤 방식으로 얻은 것이고 왜 그러한 방법을 썼는가?

A1 수질 데이터의 측정 방식은 주로 직접 현장에 가서 보트를 타거나 강 shoreline 부분에서 측정하는 방식으로 이루어진다. 따라서 연속 데이터가 아닌 이산적인 데이터가 많은 것이다.

Q2 환경 데이터는 대체로 빅데이터인데 측정하지 않는 경우는 주로 어떠한 방식으로 데이터를 얻는가?

A2 DataStream은 OpenAPI를 제공하는 회사이기 때문에 연계되어 있는 전문가들이 주로 가는 경우가 있지만, 주로 각 지역에 있는 과학자 그룹들이 측정한 데이터 혹은 기관에서 측정한 데이터를 받아서 사용한다.

Q3 데이터를 제공할 때 raw data로 제공하는가 아니면 직접 처리해서 제공하는가? 처리를 한다면 어디까지 해서 제공하는가?

A3 지역 전문가 그룹, 각 기관에서 측정한 데이터를 가공하지 않고 그대로 제공하고 있다고 함. 환경 데이터를 제공하고 있지만 이를 다루거나 하지는 않다고 함.

Q4 Lake Erie에서 chlorophyll-a 데이터를 살펴봤는데 전부 in-situ data인 것 같다. 위성 데이터를 사용하지 않는 이유가 있나?

A4 DataStream에서 다루는 데이터는 전부 in-situ만을 사용하고 있으며, satellite 데이터를 사용하고 있지 않은 이유는 전문가들의 의견이기 때문에 본인은 모른다고 함.

Q5 NASA, NOAA와 같이 캐나다의 수질 데이터를 제공하는 곳은 많다. 캐나다 조직의 데이터만 사용하는 이유가 있나?

A5 NASA, NOAA 등에서 제공하는 데이터를 사용하고 있지는 않고, 다른 기관들이 있을 수 있지만 본인은 Seagull에서 데이터를 제공받고 있는 것만 알고 있다고 함.



DataStream helps communities protect freshwater resources

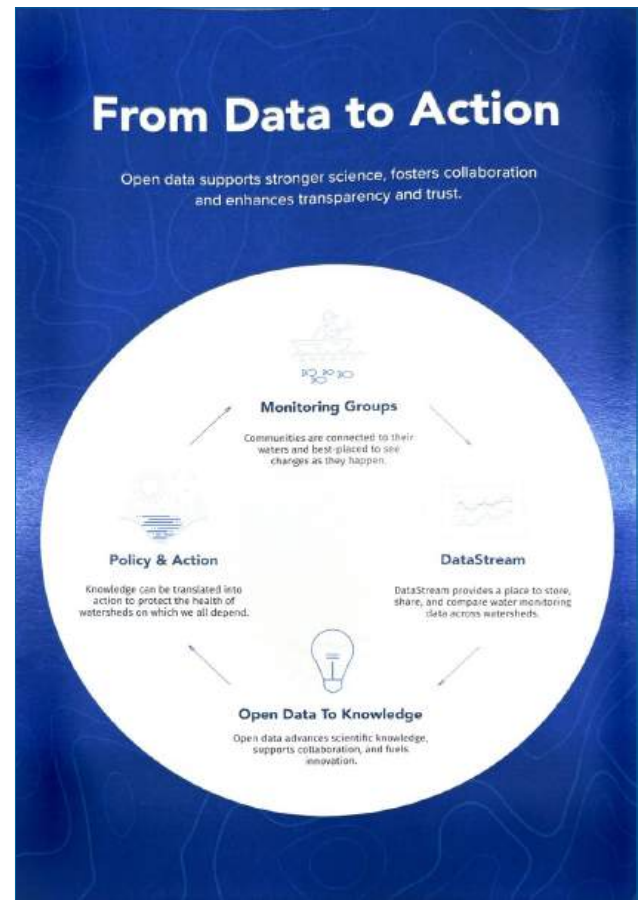


By providing a trusted, open-access space to share water data, DataStream is transforming collaborative water stewardship in Canada.

DataStream was piloted in the Mackenzie River Basin in 2016 through a unique collaboration between The Gordon Foundation and the Government of the Northwest Territories, DataStream's founding partners.

The success of Mackenzie DataStream allowed the model to be expanded to Atlantic Canada in partnership with Atlantic Water Network, to the Lake Winnipeg Basin in partnership with the Lake Winnipeg Foundation, the Great Lakes and Saint Lawrence basin, and now, the Pacific region.

Today, DataStream is a registered Canadian charity. It is used by a growing network of more than 280 data contributors.



Q6 우리는 주로 데이터를 얻을 때 직접 다운받거나 크롤링 방법을 사용하는데, 추천해줄 다른 방법이 있는가?

A6 DataStream에 전문가들이 있지만 Exhibition에 온 사람들은 홍보 담당자들이기 때문에 상세한 답변을 제공할 수 없다고 함.

현장 정보 관련 질문

Q1 Satellite을 이용해서 Lake Erie의 Chlorophyll-a 농도를 분석해보았는데, In-situ로 측정해보면 실제로도 Western 뿐만 아니라 Shoreline과 나이아가라 강 유역에도 Chlorophyll-a가 높게 측정되고 있나?

A1 DataStream에 전문가들이 있지만 Exhibition에 온 사람들은 홍보 담당자들이기 때문에 상세한 답변을 제공할 수 없다고 함.

Q2 Chlorophyll-a가 Cyanobacteria를 대표한다고 할 수 없다고 알고 있는데, 실제 측정하게 되면 Cyanobacteria가 적은 데도 Chlorophyll이 높게 측정되는 경우가 많은가?

A2 DataStream에 전문가들이 있지만 Exhibition에 온 사람들은 홍보 담당자들이기 때문에 상세한 답변을 제공할 수 없다고 함.

ADS

Case Studies



Giant Goose Ranch Canton, IL

Infiltrator IM-Series Tanks
EZflow by Infiltrator
Aquawork by Infiltrator IPC Control Panels
Giant Goose Ranch in Fulton County, Illinois, covers 800 acres with over 50 lakes and a newly upgraded campground. Due to challenging conditions, NSF350 water recycling systems were installed in Infiltrator IM-Series Tanks, with effluent dispersed through EZflow fields. This setup addressed wastewater issues efficiently while cutting installation costs.



Big Bend Airport Red Deer County, Alberta, Canada

Infiltrator IM-1060 Septic Tanks
Aquawork Remediation
Aquawork IPC Panel
Infiltrator Quick4 Low Profile Chambers
The private septic system for a three-bedroom dwelling and airport terminal, designed by MAP Services, includes a septic tank and treatment mound system capable of handling peak flows of 800 imperial gallons per day. The system addresses seasonal flow variations and maintains site aesthetics with features like timed dosing and dual-zone infiltration mounds. Ongoing monitoring ensures effective wastewater treatment and provides data for future designs.



Section Wastewater Treatment System Section, AL

ECOPOD® Advanced Wastewater Treatment and Drip Disposal System
A new wastewater treatment system was needed due to outdated local septic systems. An ECOPOD Advanced Wastewater Treatment Unit was chosen for its efficiency, simplicity, and odor-free operation, capable of handling 30,000 gallons per day with minimal maintenance. The system includes flow equalization and primary tanks, UV disinfection, and a drip disposal system, requiring periodic inspections and maintenance for optimal performance.



Blodgett Landing Community WWTP Newbury, NH

50,000 gallon per day (GPD)
Enviro-Septic® Treatment System
The Blodgett Landing Community Treatment Plant in Newbury, NH, needed an affordable, eco-friendly upgrade due to rising nitrogen levels. Infiltrator Water Technologies recommended an Enviro-Septic system, which is compact, low-maintenance, and works well in cold climates. This system effectively removes up to 99 percent of contaminants, preserving the town's natural beauty.

ADS Water Management Solutions Provider

Advanced Drainage Systems is a leading provider of innovative water management solutions in the stormwater and on-site septic wastewater industries, providing superior drainage solutions for use in the construction and agriculture marketplace.



Ticker: WMS
Since 2014



50 Years
Providing solutions



\$3.07 Billion
2023 Revenue



1st
in Corrugated Plastic Pipe



10+ billion
Feet of ADS pipe in service
around the world today



350+
Total Number of Product
Solutions



500+ million
Pounds of plastic recycled
annually by ADS



4,500+
Solutions Providers



I-85 & I-385 Interchange
Greenville, SC
41,000' of 12" 48" N-12

기업 소개

독자적인 배수 시스템을 활용하여 건설/농업 등 다양한 분야의 물 관련 배수 시스템 솔루션을 제공하며, 특히 빗물 및 폐수의 현장 정화 산업 분야에서 물 관리 제품을 통한 솔루션을 제공하는 기업이다.

ADS-제품 활용 사례

Section wastewater treatment system

아랍 AL지역에서 최소한의 유지, 보수 관리와 하루 30000 갤런 이상의 폐수를 UV(자외선)를 통한 소독 가능.

Giant Goose Ranch

일리노이 주 근방의 50개의 강 및 800 에이커 규모의 폐수 처리 시설의 비용 절감 효과

Blodgett Landing Community WWTP

미국 Newbury 지역에서 총 질소를 낮추기 위한 친환경적이며 99% 질소 제거가 가능한 필터 사용.

Big Bend Airport

캐나다 알버타 지역의 공항 터미널의 폐수 처리. 시간별/구역별 모니터링을 통한 효과적인 데이터 제공

ADS – 빗물 관련 제품

- 빗물 집수 : Nyloplast, Duraslot
- 빗물 수송 : N-12, HP STORM, Single wall, Geosynthetics
- 빗물 저장 : Stromtech, N-12, HP STORM
- 빗물 처리(정화) : Water quality, Inlet filter



ADS – 폐수 처리 & 지하수 충전 관련 제품

- 폐수 집수 : Septic Tanks, Portable Water tanks.
- 폐수 처리(정화) : ECOPOD, Whitewater, Advanced Enviro-Septic(AES), ENVIRO-AIRE Package Treatment Plant
- 처리 폐수 분산 : EZflow, Quick5 Chambers, Quick4 Chamber, Arc Chambers, ECODRIP



BayFilter™ Stormwater Treatment System

The BayFilter is a state of the art stormwater filter designed to effectively remove pollutants such as total suspended solids (TSS), phosphorus, metals, nitrogen, trash and hydrocarbons. The compound spiral media configuration allows for a large filter surface area in a compact footprint.



ADS – 집중 탐구 : 빗물 처리 시설 BayFilter

- BayFilter : 콘크리트 저장소 내부에 배치된 카트리지를 활용하여 물을 처리하는 기술
- 카트리지란 내부 장치를 통해 물을 정화하는 기술이 포함되어 있는 빗물의 일시 저장소를 의미하며, 설치 장소에 따라 개수가 달라진다.
- 오염된 물이 저장소로 유입되어 카트리지를 통해 흐르게 되며, 침전물은 바닥에 가라앉게 되고, 위쪽으로는 깨끗한 물이 빠져나오게 된다. 사이펀(압력 차를 이용해 액체 등을 흡입/배출하는 장치)을 통해 흐름을 유지하여 퇴적물을 제거한다.
- 카트리지 내부에는 필터링에 사용되는 모래, 물 유입 및 침전에 유리하도록 설계되었으며 각 카트리지는 초당 2.48L의 물을 처리할 수 있다. 이를 통해 건물이나 시설 별 처리가 필요한 빗물의 유량을 계산하여 카트리지의 개수를 산정할 수 있다.
- 디자인은 크기에 따라 다양하며, 입구와 출구 사이의 높이 차가 있는 곳이 유리하다. 효과적인 처리를 위해 카트리지 하단의 침전물을 주기적으로 제거하는 작업과 카트리지의 교체가 필요하며, 카트리지의 여과 효율을 감소시킬 수 있는 생물막 형성을 방지하기 위해 주기적인 관리가 필요하다.

ADS



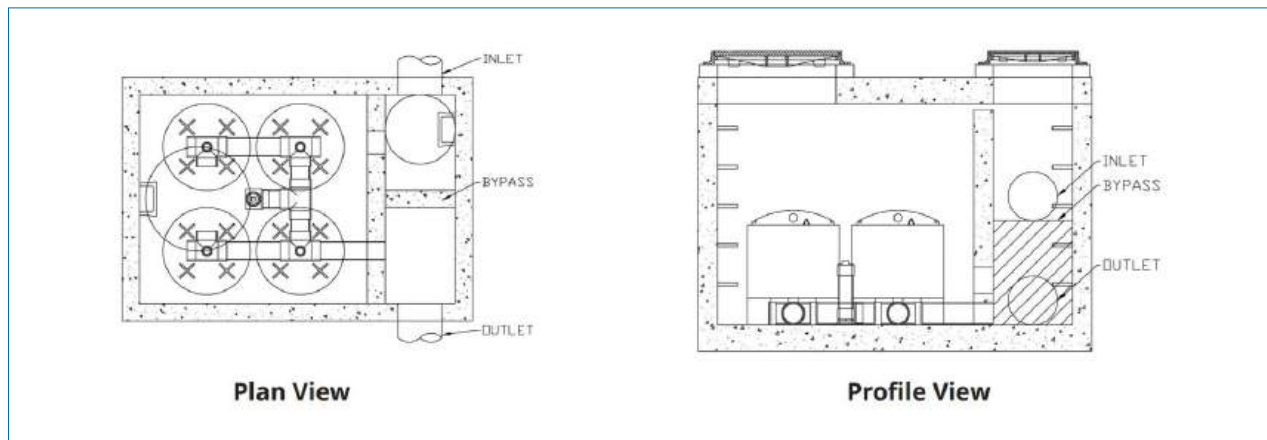
기술명 : BayFilter & StromTech

인터뷰 주제 : 우수여과기술 및 우수수집기술

1. BayFilter (우수여과기술)

BayFilter 시스템의 개요에 대한 답변

BayFilter는 주로 비가 내린 후에 물속의 오염물질을 제거하는 시스템으로, 주로 유입수의 침전물과 오염물질을 필터링하는 역할을 합니다. BayFilter는 주로 콘크리트 저장소(펌프실) 안에 설치된 여러 개의 카트리지로 구성됩니다. 각 카트리는 물속의 침전물과 오염물질을 여과하는 역할을 합니다.



시스템 구조와 작동 원리에 대한 답변

카트리지 구조

BayFilter의 주요 구성 요소는 카트리지입니다. 각 카트리지는 물속의 침전물과 오염물질을 필터링합니다. 카트리는 콘크리트 저장소 안에 배치되며, 물이 카트리의 상단을 통해 유입되어 필터링 과정을 거친 후, 하단으로 흐릅니다.

물의 흐름과 세척

1) BayFilter 카트리지 충전 및 공기 방출

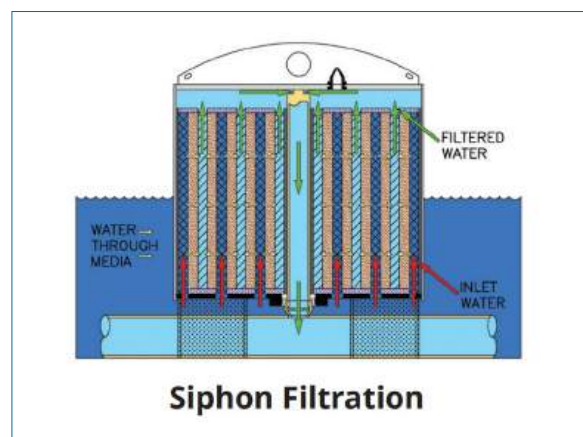
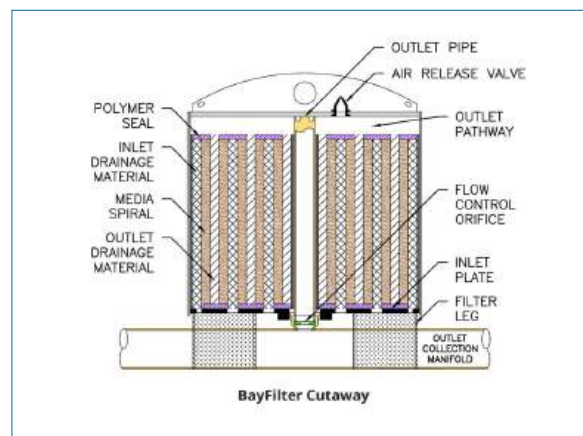
시스템에 빗물 흐름이 유입되면 BayFilter 카트리가 충전됩니다. 빗물은 바닥의 유입판을 통해 카트리로 들어오고, 이 과정에서 나선형의 필터에 의해 공기가 제거됩니다. 사이펀의 적절한 기능을 위해서는 공기 제거가 매우 중요합니다.

2) positive head 여과

필터로 유입된 물은 inlet-flow conduit-spiral(빨간색 화살표)을 거쳐 위로 이동합니다. 처리되지 않은 물은 engineered media를 통해 수평으로 흐르고, 처리된 물은 engineered media를 빠져나온 뒤 outlet-flow conduit-spiral(연두색 화살표)을 거쳐 위쪽으로 흐릅니다. 최종적으로 여과된 물은 상부의 배출구를 통해 시스템을 빠져 나갑니다.

3) negative head(사이펀) 여과

빗물의 수위가 카트리의 최소 작동 수위보다 낮아졌을 때 작동합니다. 사이펀을 사용하는 동안 빗물의 수위는 점차 낮아집니다.



4) 사이펀 브레이크와 유체역학적 역세척

유입구 아래로 수위가 낮아지면 공기가 필터로 들어가 사이펀이 중단됩니다. 사이펀이 중단되면 모든 물이 필터를 통해 역류하는 중력에 의한 역세척이 발생합니다. 역세척은 필터에 포획된 입자를 제거하고 공극률을 재설정하는 효과가 있습니다. 제거된 입자는 카트리지의 하단에 축적되고, 수동적으로 제거합니다.

카트리지의 처리 용량

예를 들어, 하나의 카트리는 초당 2.84 리터의 물을 처리할 수 있습니다. 따라서 초당 20 리터의 물을 처리하려면 약 7개의 카트리가 필요합니다. 카트리는 약 14개월에서 2년 주기로 교체해야 하며, 이는 물의 흐름과 침전물의 양에 따라 달라질 수 있습니다.

카트리지 내부 구조

카트리지 내부에는 모래가 포함되어 있으며, 이는 물속의 오염물질을 여과하는 데 사용됩니다. 카트리의 물리적 구조와 처리 속도는 설계 시 고려해야 할 중요한 요소입니다.

추가적인 기술적 세부사항에 대한 답변

미디어의 물리적 손상

작은 크기의 미디어 입자는 물리적인 충격이나 마찰에 의해 쉽게 손상될 수 있습니다. 이로 인해 필터의 수명이 짧아질 수 있으며, 더 자주 교체해야 할 필요가 있습니다. 필터가 역세척될 때 작은 입자들이 물리적 손상 없이 유지되도록 설계되어야 하며, 이는 필터의 효율성을 보장합니다.

침전물과 미디어의 상호작용

필터의 하단에는 침전물이 쌓이며, 필터가 역세척될 때 이러한 침전물들이 제거됩니다. 이 과정에서 필터의 작은 미디어가 손상되지 않도록 설계가 중요합니다.

여과 효율과 유지보수

BayFilter 시스템은 일반적으로 비가 많이 오는 지역에서 사용하는데, 적은 비만 처리하기 위해 설계된 카트리지 구조를 가지고 있습니다. 유지보수 주기는 설계 시 고려하여, 카트리의 수명을 극대화하고 정기적으로 교체할 수 있는 계획이 필요합니다.

작은 미디어의 위험성에 대한 질문

- 작은 미디어를 가지고 있으면 여과 과정에서 물리적 충격과 마찰에 의해 손상될 위험성이 있는데, 필터의 내구성이나 수명이 다해 더 자주 바꾸어야 하는 문제점에는 어떻게 대응하고 있나요?
- 침전물의 처리와 미디어의 보호가 있기 때문에, 결국 필터에 소량+바닥에 다량 오염물질이 쌓이고, 그 이후에 사람이 수동으로 치우기 때문에 미디어가 작아서 많이 마모되거나 하는 것은 아닙니다.
- 필터가 역세척될 때, 미디어는 침전물과 접촉합니다. 필터의 하단에 침전물이 쌓이며, 역세척 과정에서 이 침전물들이 제거됩니다.

실제 필터 내부의 카트리리지 변경 고려사항

작은 미디어가 손상되지 않도록 하려면, 필터 설계 시 미디어의 내구성뿐만 아니라 침전물의 효과적인 제거 방법도 고려해야 합니다. 필터의 하단에 침전물이 쌓이는 것과 관련하여, 이는 필터의 사용과 유지 보수 주기에 영향을 미칠 수 있습니다. 일정 높이 이상 쌓이면 엔지니어가 그것을 확인하고 카트리지를 교체하는 시스템이기 때문에 미디어가 손상된다거나 해서 교체를 진행한다는 개념보다는 오염물질이 많이 쌓였을 때, 필터를 교체한다고 보아야 합니다.

미디어의 수명 관리

교체 주기

필터 시스템은 정기적인 유지보수가 필요하며, 미디어의 손상이나 성능 저하를 예방하기 위해 교체 주기를 설정하는 것이 중요합니다. 카트리지의 교체 주기는 일반적으로 약 14개월에서 2년 사이로, 물의 흐름과 침전물의 양에 따라 달라집니다. 침전물이 카트리지의 하단에 많이 쌓이게 되면 교체 주기가 빨라질 수 있습니다. 이는 필터의 효율성과 수명을 유지하는 데 중요합니다.

압력에 대한 우려

- Q1. 작은 미디어 입자는 압력 때문에 높은 압력 강하를 경험할 수 있습니다. 이로 인해 필터의 유량이 감소할 수 있습니다. 이에 대한 대책은 뭔가요?
- A1. 엔지니어는 작은 미디어가 물리적 손상 없이 작동하도록 설계되어 있으며, 필터의 역세척(backwash) 과정에서 이를 해결할 수 있다고 설명합니다. 미디어는 역세척 과정에서 침전물과 상호작용하지만, 설계에 따라 미디어 자체가 손상되지 않고 수명이 유지됩니다. 필터 하단에 침전물이 쌓일 수 있지만, 이는 정기적인 유지보수를 통해 관리됩니다.

2. StormTech (우수수집기술)

기술 소개 영상

<https://youtu.be/hi0hTbOEIWs?si=e2QiQtqObjaZKnR2>

StormTech의 개요

StormTech는 여러개의 챔버로 이루어져 있으며, 일반적으로 주차장이나 도로 아래 설치하여 수자원 보호와 동시에 토지 절약이 가능합니다. StormTech의 목표는 홍수 예방과 우수한 효과적인 관리입니다.

StormTech는 기존의 대형 금속 파이프를 대신할 수 있으며, 매우 경쟁력 있는 가격으로 콘크리트 급의 강도를 가지고 있습니다. 타원형 아치 설계는 하중을 주변으로 전달하는데 효과적입니다. 챔버의 크기는 8개로 나누어지므로 현장 조건에 따라 저장량, 설치 면적 등을 고려하여 선택할 수 있습니다.

StormTech의 기본 개념

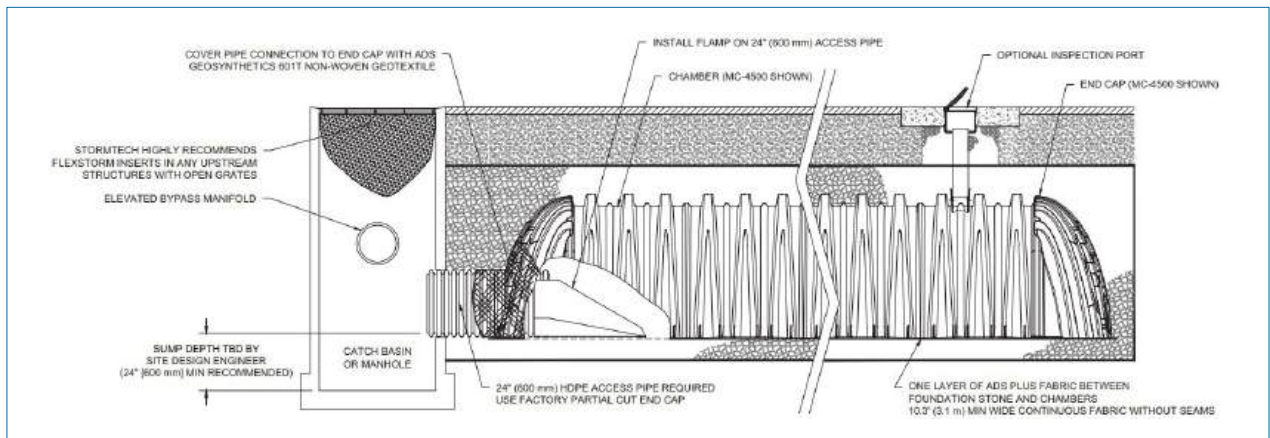
1. 목표

강우로 발생하는 우수를 효과적으로 수집하고 저장하여 홍수를 예방하고, 이후 처리하여 하수 시스템으로 방출하는 시스템입니다.

2. 구성 요소

- 챔버 : 한 시스템에는 여러 개의 챔버가 배치됩니다. 각 챔버는 물의 흐름을 조절하고 침전물을 수집하는 역할을 합니다.
- 돌 : 챔버 주변과 위쪽에는 추가적인 돌이 배치됩니다. 이 돌은 물의 흐름을 확산시키고, 침전물이 자연스럽게 분리될 수 있도록 합니다.
- 필터(Isolator Row Plus) : 챔버의 바닥부에 위치하며, 침전물 수집이 잘 이루어지도록 돕습니다.

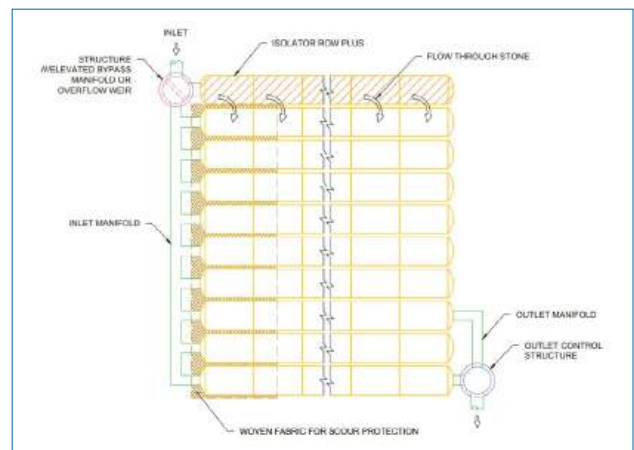
3. 작동 원리



- 우수 유입 : 비가 내리면, 우수는 맨홀과 빗물받이를 통해 StormTech로 유입됩니다. 유입되는 물은 큰 입자가 제거된 상태로 챔버에 들어갑니다.
- 저장 : 우수는 챔버 내부에 잠시 저장되며, 이 과정에서 침전물이 바닥으로 가라앉습니다. 챔버의 구조는 물의 흐름을 느리게 하고, 침전물이 효과적으로 분리되도록 설계됩니다. 여러개의 챔버를 설치할 경우, Inlet과 가까운 챔버부터 물이 저장되며, 물의 흐름은 점차 Outlet에 가까운 챔버로 이동합니다.
- 배출 : 저장되었던 물은 하수 시스템이나 자연 수로 등 이어진 통로로 배출됩니다.

4. 설계 고려 사항

- 용량 계산 : StormTech의 용량은 지역의 강우량과 예상되는 우수량을 기반으로 계산됩니다. 이를 통해 충분한 저장 용량과 처리 능력을 확보합니다. 필요한 우수 저장량에 따라 챔버의 크기와 개수를 선택하여 연속적으로 배치합니다.





- 정기 점검 : 스톰 탱크는 정기적인 점검과 청소가 필요합니다. 침전물이 챔버 바닥에 쌓이거나 필터가 막히면, 성능이 저하될 수 있습니다.
- 교체 주기 : 필터는 주기적으로 교체해야 하며, 시스템의 전반적인 유지보수는 전문가에 의해 수행됩니다.
- StormTech Design Tool : 설계 시 ADS만의 독자적인 StormTech Design Tool을 이용할 수 있습니다. 해당 툴을 통해 StormTech의 다양한 옵션에 대한 시각적 이해를 제공하며 설계 방향을 제시하고 잠재적 비용을 평가할 수 있습니다.

5. 기술적 매커니즘

- 침전물 분리 : 물이 StormTech에 유입될 때, 속도가 느려지면서 침전물이 바닥으로 가라앉습니다. 이 과정은 자연적인 침전과 물리적 분리를 통해 이루어집니다.
- 돌의 역할 : 챔버 주변에 배치된 돌은 물의 흐름을 확산시키고, 침전물이 효과적으로 분리될 수 있도록 돕습니다.

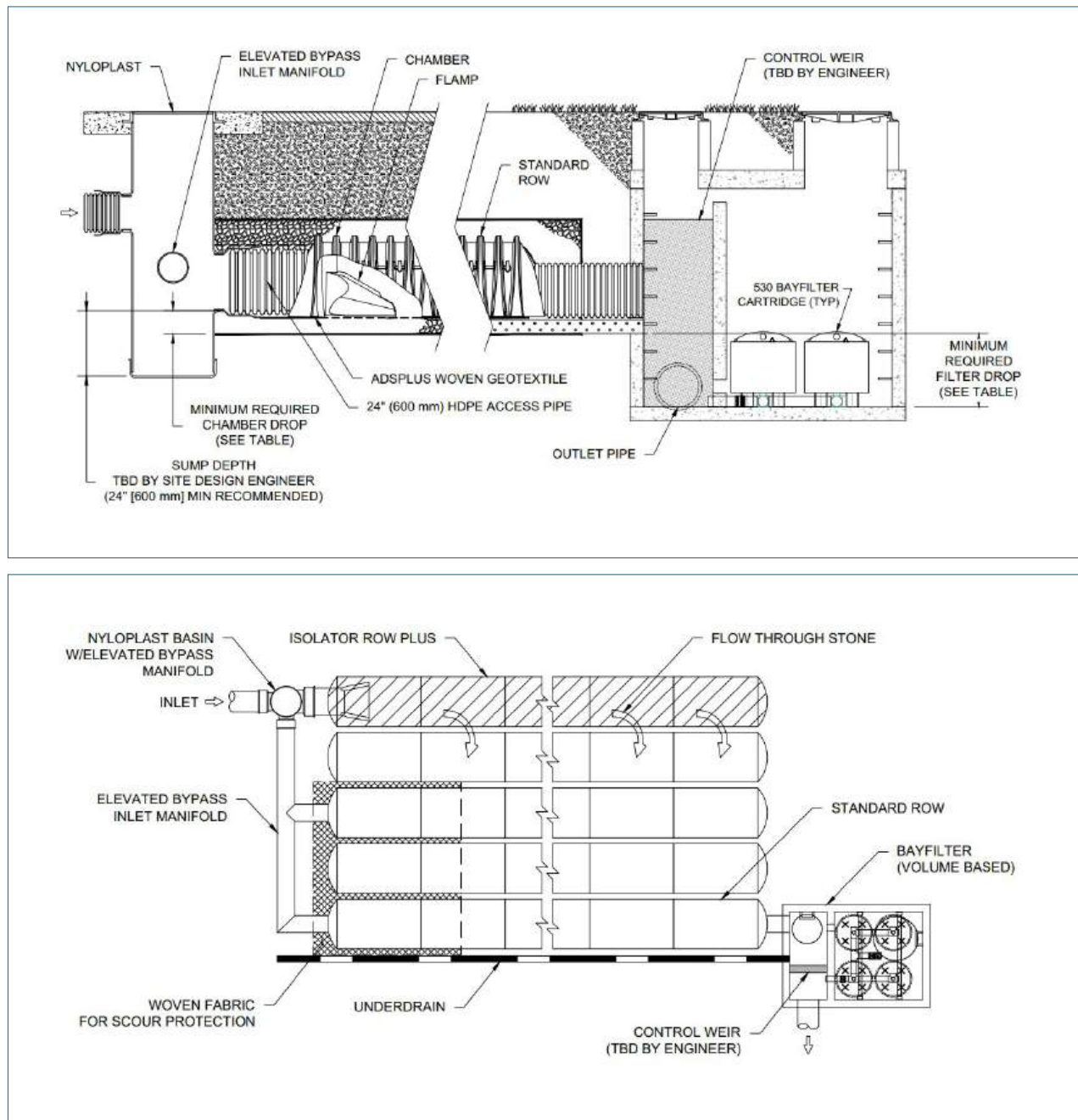
한국의 장마철 침수도 감당할 수 있는지에 대한 답변

스톰테크는 여러 크기의 챔버가 있고, 조건에 따라 엔지니어가 설계하므로 얼마든지 가능합니다. 해당 지역의 조건에 따라 어떤 크기의 챔버를, 몇개를 사용할 것인지 적절히 설계한다면 충분히 감당할 수 있습니다.

3. StormTech + BayFilter

우수처리시스템

우수수집기술과 우수여과기술을 결합하여 우수처리시스템을 만들 수 있습니다. 빗물받이/맨홀-StormTech-BayFilter의 경로로 빗물이 수집되어 여과된다면 재이용까지 가능해 수자원으로의 역할도 가능합니다.



인터뷰 느낀 점

한국의 강수량을 바탕으로 ADS의 두 기술을 사용하여 우수처리시스템을 적절히 설계한다면, 장마철 침수를 해결할 수 있을 것으로 보인다. StormTech의 경우 상단부를 주차장이나 도로로 이용할 수 있으니 토지비용이 많이 드는 서울시에도 어느 정도 도입이 가능할 것으로 생각된다. 또한, BayFilter를 함께 사용하면 여과까지 가능하니 물의 재이용을 통한 수자원의 확보도 가능할 것으로 생각된다.

BUREAU OF SEWERAGE, TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT

(도쿄 하수도청)

기술명 : CSO 방지를 위한 하수도 시스템 & 호우 대처를 위한 하수도 긴급 플랜

인터뷰 주제 : 도쿄의 홍수 방지 시스템

1. CSO 방지를 위한 하수도 시스템

기술 시연 영상

<https://www.notion.so/BUREAU-OF-SEWERAGE-TOKYO-METROPOLITAN-GOVERNMENT-72d73d356b5345eb9c033d01fad0d469?pvs=4#f7b96e29fb884e8f99858a60fbd0f168>

(1) 기존의 하수도 시스템 : CSO 발생

<https://www.notion.so/BUREAU-OF-SEWERAGE-TOKYO-METROPOLITAN-GOVERNMENT-72d73d356b5345eb9c033d01fad0d469?pvs=4#745d4847461140169430e074857a785d>

(2) 새로운 하수도 시스템 : CSO 방지

도쿄 하수도 시스템의 개요

도쿄의 하수도는 한국과 비슷하게 합류식 하수도와 분류식 하수도로 이루어져 있습니다. 합류식 하수도는 일정 기준 이상의 강수량이 발생했을 때, 하수도 월류수가 발생합니다. 하수도 월류수를 방지하기 위해서는 분류식 하수도를 사용하는 게 좋는데, 분류식은 합류식에 비해 상대적으로 늦게 도입되었기 때문에 여전히 합류식이 사용되는 경우가 많습니다.

합류식 하수도에서 발생할 수 있는 CSO(합류식 하수도 월류수)는 아무런 처리를 거치지 않은 자연의 상태로 하천에 방류되기 때문에 환경 오염을 초래할 가능성이 있습니다. 비가 내리는 과정에서 오염물질이 섞여 들어온 뒤 하천에 방류되면 수자원에 악영향을 미칩니다.

도쿄 하수도청은 이를 해결하기 위하여 간단한 장치를 바탕으로 CSO를 방지하는 새로운 하수도 시스템을 고안하였습니다. 이 시스템은 강우 및 폭우 시, 오염물질이 포함된 CSO가 하천 및 수자원으로 유입되는 것을 방지합니다.

차수판의 도입을 통한 CSO 방지

기존의 합류식 하수도에 차수판(두번째 영상에서 가로로 긴 노란색 판)을 설치하여 직접적이고 물리적인 방법으로 CSO를 방지할 수 있습

니다. 보통의 경우 폭우가 발생하면 오염물질을 휩쓸고 빗물이 범람하여 수자원의 오염을 일으킬 수 있습니다. 그런데 이렇게 단순한 차수판을 추가하면 하수도의 높이가 높아져 빗물이 범람할 가능성이 낮아집니다.

하수처리장으로의 신속한 이동을 통한 CSO 방지

차수판 설치 후, 오염물질 필터링 장치(첫번째 영상에서 세로로 긴 노란색 판)까지 설치한다면 더욱 확실하게 CSO를 방지할 수 있습니다. 차수판은 CSO를 방지하는 역할을 하지만 오염물질이 하수처리장으로 유입되는 과정에는 도움을 주지 않습니다. 하수도에 유량이 많아지면 오염물질의 이동이 느려지는데, 이는 하수처리장으로의 유입에도 영향을 주어 조치가 필요합니다.

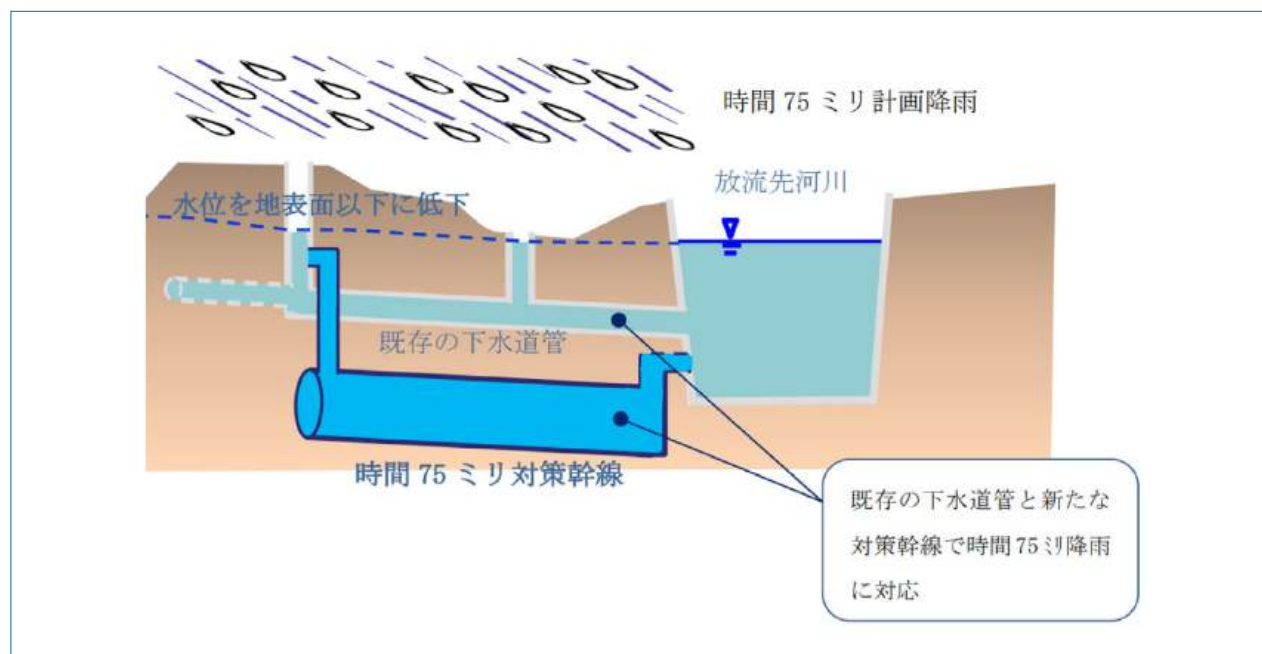
따라서 도쿄 하수도청에서는 간단한 오염물질 필터링 장치를 고안하여 하수도 말단에 설치했습니다. 우리가 고안한 필터링 장치는 하수도 말단의 유속을 빠르게 만듭니다. 빨라진 유속은 오염물질의 이동 또한 빠르게 만들어 하수처리장으로의 유입이 신속하고 원활하게 이루어지도록 돕습니다.

2. 호우 대처를 위한 하수도 긴급 플랜

시간당 강수량에 따른 세가지 대처 방안 마련

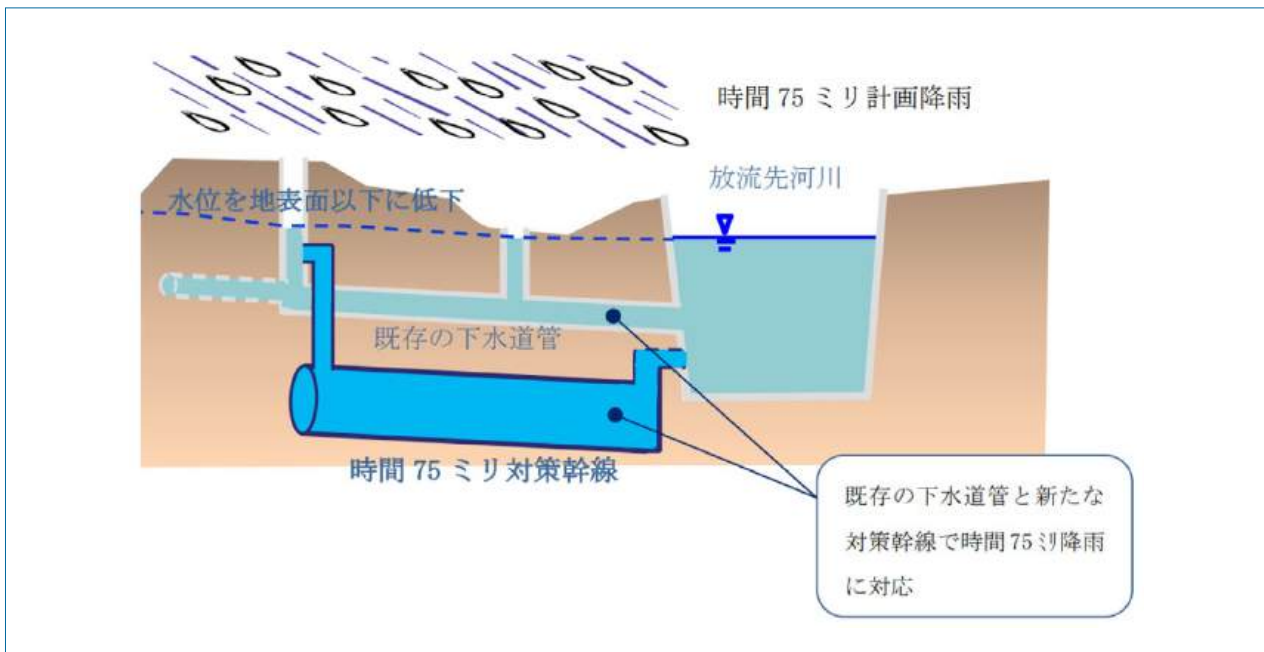
75mm/hr를 대처할 수 있는 간선의 추가

기존의 하수도에 75mm/hr 강수량에 대처할 수 있는 간선을 추가로 설치하여 빗물 유입량을 증가시킴으로써 침수 피해를 방지할 수 있습니다. 빗물은 기존의 하수도와 새로 설치한 간선으로 나누어져 신속히 유입됩니다.



50mm/hr를 대처할 수 있는 간선의 추가

기존의 하수도에 50mm/hr 강수량에 대처할 수 있는 간선을 추가로 설치하여 빗물 유입량을 증가시킴으로써 침수 피해를 방지할 수 있습니다. 빗물은 기존의 하수도와 새로 설치한 간선으로 나누어져 신속히 유입됩니다.

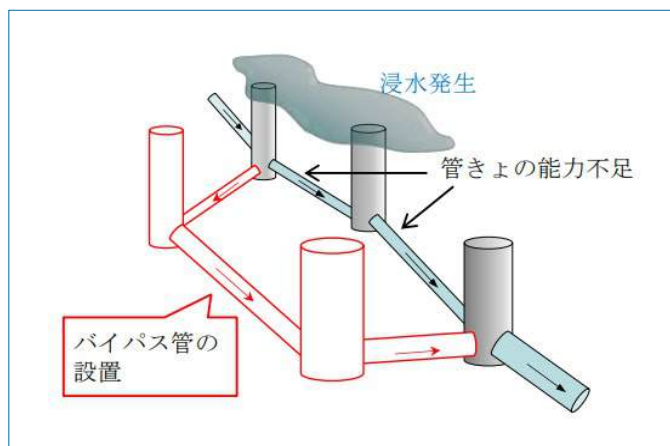


3. 소규모 시설의 추가

기존의 하수관(회색)에 소규모 바이패스관(빨간색)을 설치하여 빗물의 유하 능력을 향상시킬 수 있습니다. 빗물의 유하 능력이 향상되면 하수관으로의 우수 유입이 더 빠르게 진행됩니다.

- 바이패스(bypass)관 : 유체를 통과시킬 때 주관에서 측관을 통하게 하는 파이프. 우회 배관.

빗물 받이의 면적을 확대하여 빗물 유입량을 증가시킬 수 있습니다. 빗물 유입량이 증가하면 빗물 받이의 효율을 높일 수 있습니다.



인터뷰 느낀 점

도쿄시 산하 기관이라 그런지 기존의 하수도를 최대한 사용한다는 점이 인상깊었다. 새로운 기술로의 교체가 아닌 추가적인 기술 도입으로 방안을 마련하여, 타 기업에 비해 현실적인 방법으로 느껴졌다. 타 기업의 기술과 비교해볼 때, 한국 하수도에 차수판과 필터링 장치, 간선 등을 추가하는 것은 비용적으로나 기술적으로나 충분히 가능할 것으로 보인다. 특히 차수판과 필터링 장치는 단순한 장치라는 점에서 비용적으로 유리할 것이다.

SKYJUICE



SKYJUICE – 기업 소개

수익을 내지 않고 활동하는 비영리 단체이자 비정부 기구(NGO)이며, 국가 기관, 기업, 여러 단체들과 협업하여 지속 가능한 물 솔루션 및 제품을 제공. 막 여과 장치를 활용한 수처리 제품이 대표적이다.

SKYJUICE – 핵심 기술

- 핵심 기술 : 여과/소독을 위한 Ultrafiltration(UF) membrane (한외 여과) 장치. 막 분리 모델은 장치 내부에 위치하고 있으며, 디자인 등은 최적의 구조로 설계된다.
- 시스템 작동 구조 : 중력을 통해 장치 내부로 이동한 물은 다공성 중공사형 섬유를 통해 처리되며, 0.04 MICRON 크기 이상의 오염 물질이 제거된다. 장치에는 10,000개 이상의 섬유가 내장되어 있다

SAFE WATER FOR EVERY CHILD

WORLD CLASS WATER TREATMENT TECHNOLOGY

- Low cost, lightweight and portable
- Sustainable safe drinking water for 500 to 1,000 people
- Gravity feed operation - No power or chemicals required for filtration process
- Ultrafiltration patented process lasts up to 10 years or more without changing filter
- Simple setup and easy operation no technical skills required
- High volume min of 10,000 litres per day
- Suitable for most non-brackish water
- Removes turbidity and pathogens including bacteria & viruses – meets World Health Organisation standards
- Over 6500 units operating in over 72 countries



The perfect solution for making safe drinking water !

Simply connect the Squirt to an overhead bucket for an endless supply of safe clean water.



300+ L/day EASY CLEAN SMALL & LIGHT

Filters up to **99.9999%** of key contaminants



SKYJUCIE – 분리막 관련 제품(대형)

- 적은 비용, 가벼운 무게, 이동하기 용이하다는 장점이 있다.
- 500~1000명 규모의 사람들에게 깨끗한 물을 공급할 수 있다.
- 전력이 필요 없다.
- 설치, 유지관리, 보수 등이 용이하다.

SKYJUCIE – 분리막 관련 제품(소형)

- 빗물이나 사용한 물, 폐수 등을 막 분리, 여과를 통해 정화한다.
- 하루에 300+a L의 물을 정화 가능하다.
- 설치 및 이동, 장치 작동에 매우 간편하고 용이하다.



SKYJUICE – 집중 탐구 : 한외 여과 필터

- 경제성을 높인 간이 정수 시스템 : 상대적으로 빈곤한 개발 도상국, 전쟁 및 재난 피해 지역을 대상으로 한 한외 여과 필터
- 여과를 위한 멤브레인을 사용하기 때문에 전처리 과정이 필요하지 않으며, 하루에 약 15,000L의 깨끗한 물을 생산이 가능하다. 모든 병원체, 박테리아, 바이러스를 제거할 수 있다.
- 장치 비용은 200\$로, 저렴한 편에 속한다. 비용 중 가장 많은 부분을 차지하는 멤브레인은 수명이 8~10년 정도로, 장기적으로 사용이 가능하며, 기존 장비에 비해 매우 저렴한 경제성을 보유하고 있다.
- 호주에서 제작되었으며, 운영 비용, 유지 보수 비용, 추가적인 에너지 및 화학 물질이 필요하지 않다는 장점이 있다. 단순성과 사용 편의성을 고려하여 설계되었기 때문에, 열악한 환경에 처해있는 곳에서 유용하게 사용 가능하다.
- 중력을 이용하여 작동하고, 사용 환경에 따라 그 크기가 다양하다는 특성을 가지고 있다. 가장 작은 기구의 경우 소량의 물(약 140~150L)을 여과하는 데 적합하며 주기적인 교체가 가능한 1~2년 수명의 멤브레인을 사용한다.

Thinktanks



thintanks NORTH
THE RAINWATER TANK THAT FITS ALMOST ANYWHERE

Why collect rainwater?

1. Reduce your water bill
2. Reduce flooding after heavy rain
3. Environmentally friendly

thintanksnorth.com
contact@thintanksnorth.com

Benefits of ThinTanks

- ✓ Manufactured from high quality food grade UV stabilised polyethylene (No BPA).
- ✓ Made of solid, one piece construction for maximum strength.
- ✓ Polyethylene tanks do not rust or corrode.
- ✓ Connect multiple tanks to increase storage capacity.
- ✓ Designed to suit any location, can be positioned alongside a fence/ house wall or free-standing.
- ✓ Can be transformed into a unique vertical garden with ThinPots.
- ✓ Available in 12 COLOURBOND colours as standard

Beige
Birch Grey
Heritage Green
Heritage Red
Merino
Mist Green
Monument
Mountain Blue
Evergreen

thintanks – 기업 소개

빗물을 수집하는 탱크를 비롯한 다양한 빗물 저류 탱크 등을 설계하는 기업. 수도세를 줄이고, 폭우 후 홍수 피해를 경감시키는 친환경적인 빗물 저장 시설을 만드는 데 목적이 있다.

thintanks – 핵심 기술

- 저류 탱크는 일체형으로 제작되어 쉽게 제작이 가능하며, 폴리에틸렌을 주 원료로 사용하여 부식이나 녹이 스는 것을 방지한다.
- 일체형으로 제작된 탱크를 여러 개 이어 대규모 저장 시설도 제작이 가능하다.
- 설치 환경이 다양하여, 집 근처 마당이나 울타리 등 다양한 조건에서 설치가 가능하다. 사용되는 폴리에틸렌은 식품 기준에서 소독을 거치기 때문에 오염에 매우 강하다.

ThinTanks

500L ThinTank



132 US Gallons
Length: 1200mm
Height: 47.2in
Width: 400mm
Weight: 50kg (empty)
110lbs

1000L ThinTank



264 US Gallons
Length: 2400mm
Height: 94.5in
Width: 250mm
Weight: 95kg (empty)
210lbs

2000L ThinTank



528 US Gallons
Length: 2400mm
Height: 197mm
Width: 470mm
Weight: 135kg (empty)
297lbs

3000L ThinTank



792 US Gallons
Length: 2980mm
Height: 117.3in
Width: 580mm
Weight: 175kg (empty)
386lbs

4000L ThinTank



1056 US Gallons
Length: 2980mm
Height: 117.3in
Width: 710mm
Weight: 200kg (empty)
441lbs

4000L ThinTank

Silver Winner in Sustainable Living/Residential Sustainable Design at the 2020 International Design Awards in Los Angeles, California



ThinPots

ThinPots are specially designed to hang on the front of your ThinTank to create a unique Vertical Garden System.

Suitable for 500L, 1000L, 2000L, 3000L, and 4000L.

Available in Surf Mix, Marine, Slate Grey and Monument



Our ThinTanks are the thinnest & strongest available water tanks in the industry. Designed to be positioned anywhere.



Included with every ThinTank

- Ball Valve
- Brass Outlet
- Overflow Flange
- Inlet Strainer

Optional accessories and brackets (available at extra cost)

- Tap
- Pump Cover
- Water Pump
- Connection Kit
- Wall Bracket (500L, 2000L, 3000L, and 4000L)
- Floor End Bracket (500L, 2000L, 3000L, and 4000L)
- Joiner Bracket (500L, 2000L, 3000L, and 4000L)

WARRANTY ThinTanks warrants its tanks by its data warranty for 5 years from the original date of purchase. This warranty covers the original purchaser only and is not transferable. ThinTanks will repair or replace at its discretion the tank affected by a defect or fault caused by the manufacturing process or materials. Fitting or colour change, damage caused by accidents or misuse, do it yourself repairs or incorrect installation, and any subsequent costs including freight of replacement tanks are not covered by this warranty.

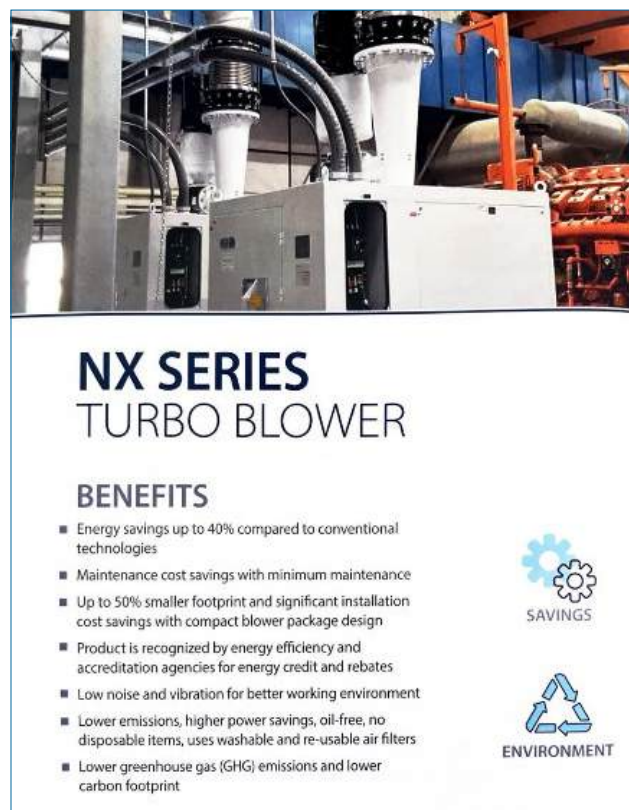
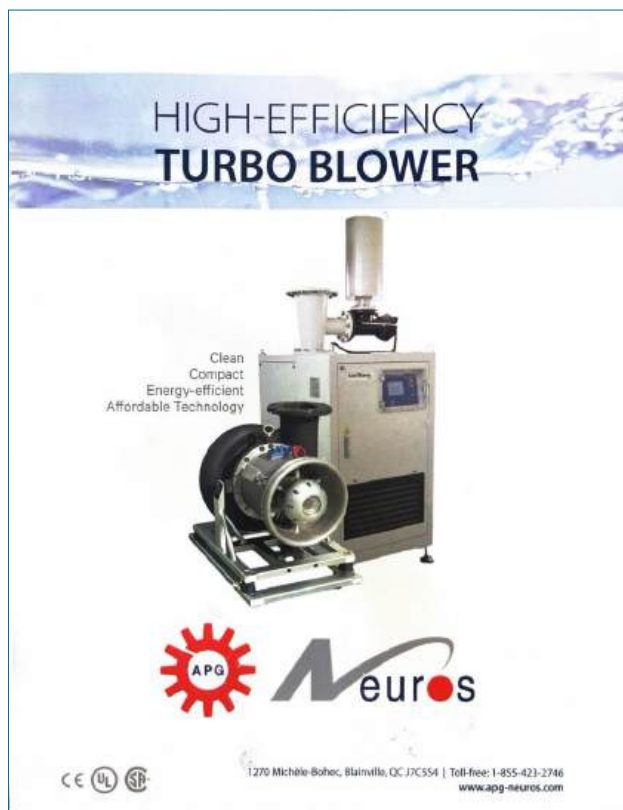
thintanks – 빗물 저장 장치

- 500L, 1000L, 2000L, 3000L, 4000L 저장 장치가 기본 옵션이다.
- 높이, 너비, 무게, 길이, 저장할 수 있는 유량 등의 수치 정보가 자세하다.
- Thinpots 장치의 경우 벽 등에 부착하여 빗물을 집수하는 장치이며, 용량은 빗물 저장 장치와 동일한 옵션이다.

thintanks – 기타 장치

- 앞서 설명한 thintanks를 연결하는 밸브, 이음새 연결 장치, 월류수 방지 장치, 여과 장치 등이 포함되어 있다.
- 이외에도 저장 장치 오염 방지를 위한 덮개, 벽에 탱크를 고정하는 Bracket, 유량 측정 펌프 등이 있다.

Neuros

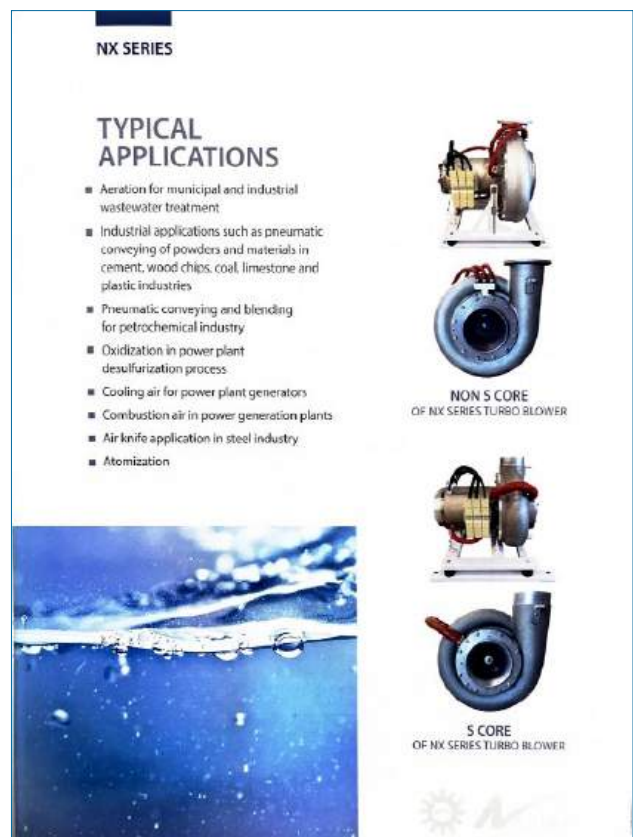
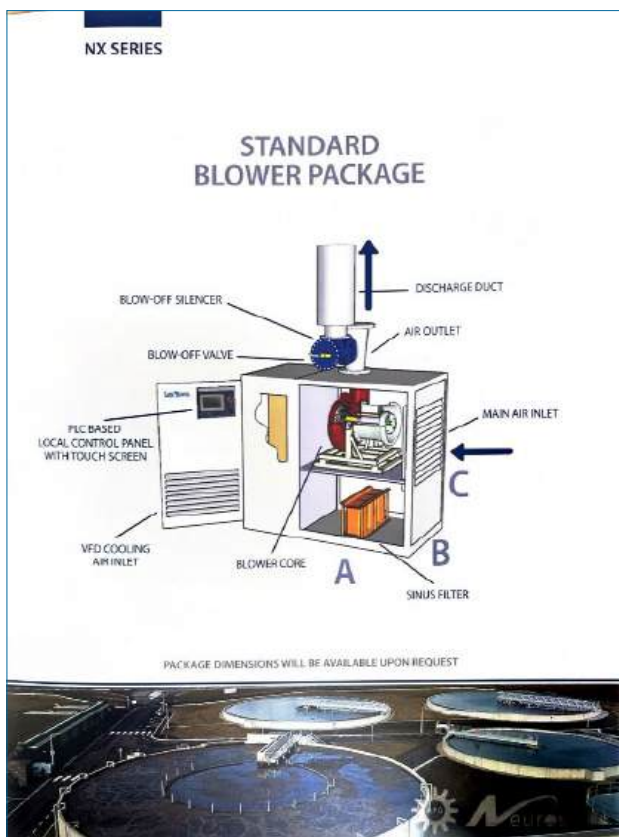


Neuros - 기업 소개

Neural(신경)+System(시스템)이 결합된 뜻으로, 고성능, 고효율 터빈 설계 및 저공해 모터, 터보 등을 개발하여 친환경적 분야에 사용하는 데 기술 목적이 있다.

Neuros - 핵심 기술

- 원심력/축류/방사형 압축기 & 터빈 기술과 영구 자석, 고속, 고정밀 펌프, 터보, 터빈 기술 등이 있다.
- 기존 기술에 비해 에너지가 최대 40% 절약 가능하며, 최소한의 유지 비용을 통해 경제성이 확보된다.
- 소음과 진동이 적게 발생하며, 세척, 재사용이 가능한 소재를 이용한다.
- 온실가스(GHG)와 탄소 발자국을 경감시킬 수 있다.



Neuros – 표준 장치 구성

- C 구역(Main air inlet)을 통해 공기가 유입된다.
- A 구역과 B 구역 사이에 있는 필터 거친 후공기는 A구역 상단의 BLOWER CORE로 유입된다.
- 상단의 BLOW-OFF 장치를 통해 적은 소음으로 방출된다.
- 공기 냉각 장치 및 흡입량 모니터링 장치도 있다.

Neuros – 적용 분야

- 폐수 처리에서 aeration(폭기)에 사용되며, 발전소의 탈황 과정에서 산화 장치에 사용된다.
- 산업 과정에서 공기를 통한 다양한 입자 운반 기술에 사용된다.
- 연소 시 냉각 장치, 입자 원자화 단위 분해 시 사용된다.

Tokyo Water

Maintenance Work



- Raw Water Conservation Forest and Reservoir**
 We manage the water conservation forest (about 24,000ha) and reservoir, which are owned by Tokyo Metropolitan Government, to maintain its function appropriately.
- Operation and Maintenance for WTP and Water Quality Control**
 We conduct WTP operation, water quality control, and O/M work for related equipment in 24/7.

Tokyo Waterworks Data
 Population: 13.6 million
 Daily average distribution amount: 4.21 million m3

Waterworks technology

To support safe and stable water supply in Tokyo with comprehensive water related technology from resources to the tap.



Pipeline construction work



- Survey, design and integration**
 To research the state of pipe laying and other utility's pipe such as gas, sewer, electricity due to construction plan.
- Tokyo Waterworks Data
 Total pipe length is 27,000 Km, (around 2/3 of the earth)
- Construction Management**
 We supervise water pipe installation work in terms of safety, quality and proper schedule based on the plan and design.
- Tokyo Waterworks Data
 Replacement to DCP is conducted to 99.9%

Pipe Maintenance Work



- Survey /diagnosis, leak survey and prevention**
 We conduct survey and diagnostic work for water related equipment such as valves. All of our staff are experts.
- Tokyo Waterworks Data
 Leakage rate in Tokyo 3.5% 2021



Tokyo water – 기관 소개

일본의 물 관리를 담당하는 대표 기관으로, 우리나라의 k-water와 비슷한 국가 기관이다. 송수 설비의 모니터링을 통한 유지 관리, 건설 설계, 유수, 누수 관리 등 다양한 업무를 진행한다.

Tokyo water – 핵심 기술

- 송수관, 하수관 등 다양한 관로에 대해서 유수, 누수를 감지하는 장치이다.
- 관로 설비에 따라 같은 원리를 적용한 기기의 형태가 다양하며, 쉽게 측정이 가능하다.
- 유수, 누수 현상의 유무는 파악할 수 있지만, 유수나 누수 정도를 파악하기는 어렵다.

Gretario

IMPROVING YOUR WATER QUALITY

Many factors influence water quality in a tank. Fluctuating pH levels, temperature change, disinfectants reacting with organics, or water age, the end result can be devastating. Public complaints, negative PR, fines from governing bodies, or most importantly, health and safety risks. Proactively managing the quality of your water can help avoid all these issues.

Gretario is improving water quality in reservoirs and water systems across CANADA by partnering with IXOM Watercare. We offer solutions for potable and waste water applications, by offering trusted names like GridBee™ and SolarBee™ as well as others from the IXOM lineup.

Combined with 35+ years of experience providing water storage across Canada, our team can solve real-world problems for real-world people.

We can help YOU too.

MIXING FOR ANY RESERVOIR OR TANK STYLE
GREATARIO offers solutions for a variety of tank and reservoir styles including in-ground and above-ground concrete, CET, welded steel and bolted steel.

For more information call (866) 299-3009 or visit us online at gretario.com/greatwater

WATER QUALITY APPLICATIONS

POTABLE WATER	WASTEWATER	LAKES & RAW	INDUSTRIAL
• THM & VOC Removal • Chlorine Mixing • Stagnation • Tank Stratification • Ice Mitigation	• Wet Well Mixing • Activated Sludge • Odour Control • Clearwell Mixing • Basins and Lagoon Mixing	• Cyanobacteria Control • Odour Control • Vegetation Management	• Cooling Ponds • Stormwater Ponds • Solids Suspensions • Odour Control • Blue-Green Algae (Cyanobacteria)






★ FREE TRIAL ★

DID YOU KNOW?
Gretario offers a FREE TRIAL program on its GridBee™ GS and AP500 mixers with a performance guarantee. These mixers also include a 5 year, NO QUESTIONS warranty. Contact our Team to take Advantage of these offers.

Gretario – 기업 소개

캐나다의 수처리 기업으로, 다양한 종류의 물을 정화하여 여러 용도로 사용하는 것이 주 목적이다. 수질 개선 분야에서 특징을 가지고 있다. 또한 저류 탱크 제작 분야에서도 특징을 가지고 있다.

Gretario – 수질 개선 핵심 기술

- 음용수의 경우 THM(소독부산물), VOC(휘발성 유기 화합물) 제거, 염소 혼합, 정체를 통한 제거가 특징이다.
- 폐수의 경우 습식 혼합, 슬러지 활성화, 악취 저감, 분지 및 석호로 처리 방류 등의 특징이 있다.
- 호소, 강, 산업 측면에서 박테리아 제거, 악취 저감, 초목 관리, 빗물 관리, 남조류, 부유물 제거 등이 있다.

When you invest in a **GREATARIO** glass-fused-to-steel tank, you select a product that requires the lowest maintenance of any tank available today.

However, even with the highest quality of glass-fused-to-steel coatings, it is recommended that periodic inspections and tank care service be performed as a good preventive maintenance policy. Exterior and interior inspections, along with cathodic protection testing are good precautionary measures to keep your tank in proper operating condition.

GREATARIO USES THE LATEST INSPECTION AND REPAIR TECHNOLOGY





Steel Bolted Tanks



Welded Steel Tanks



Concrete Reservoirs
In & Above Ground

OUR PROFESSIONALS SERVICE MOST TANK TYPES

EXTEND THE LIFE OF YOUR TANK



TANK REHAB
Before | After



SEDIMENT REMOVAL
Before | After

**NEW
ONLINE SEDIMENT
REMOVAL**

INSPECTION & MAINTENANCE

We are pleased to offer inspection and maintenance services for not only glass-fused-to-steel bolted tanks, but also for welded steel tanks, and concrete reservoirs.

- Appurtenances Repair/Replacement
- NACE CERTIFIED:
 - Cathodic Protection Testing
 - Coating Inspections
- Cosmetic Rehabilitation
- Mixing System Service
- Tank Cleaning
- Tank Inspections
 - Remote Operated Vehicle (ROV)
 - 4K 60P DRONE



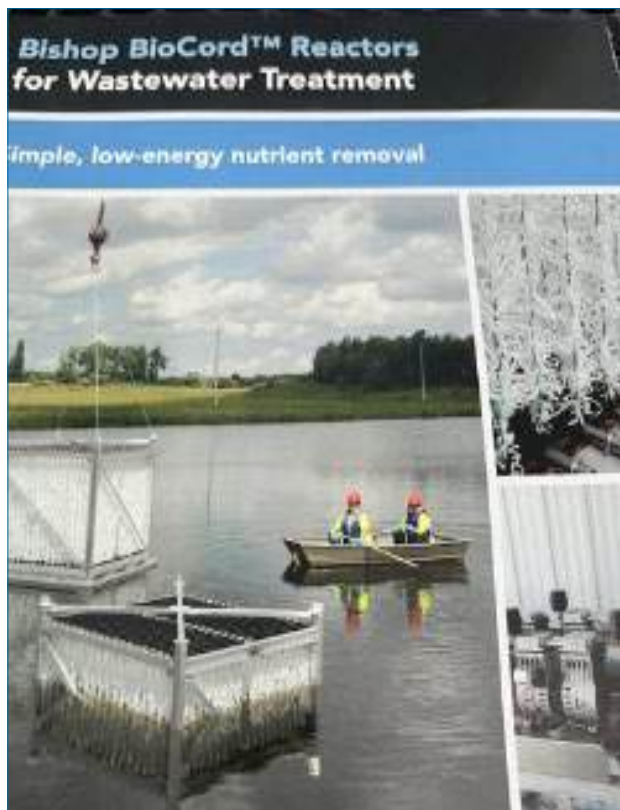
Greatario – 저장탱크 핵심 기술

- 소재에 따라 Steel Bolted Tanks, Welded Steel Tanks, Concrete Reservoirs(In & Above the ground)의 3가지가 있다.
- Tank의 특성상 부식, 녹이 스는 것으로 인한 보수가 필요한데, Tank 보수나 침전물 제거 등의 업무를 통해 반영구적인 재사용이 가능하다.

Greatario – 기타 기술

- 수처리에 사용되는 약품이나 오염물질의 응고를 막기 위한 혼합(Mixing) 기술이 있다.
- Tank를 다른 위치로 이전시키는 기술이 있다.
- Tank의 내구성 측정을 위한 Ultrasonic(초음파), NDT(비파괴검사) 등이 있다.

Bishop Water



Bishop water – 기업 소개

캐나다의 수처리 기업으로, 생물막을 이용한 간단하고 저에너지 소비로 영양 염류의 효과적인 제거를 주 업무로 진행하는 기업이다.

Bishop water – 핵심 기술 : BioCord

- 나무로 된 구조물에 섬유로 구성된 여러 가닥의 끈을 매단 구조이다.
- 석호나 호소, 활성 슬러지 처리 전 과정 등 다양한 범위에서 사용이 가능하다.
- 수처리 대상에 잠기게 배치한 후, 특정 미생물이 배양된 섬유 구조 표면의 생물막 형성을 통해 주요 수자원의 영양 염류를 제거 가능하다.



Bishop BioCord™ Reactors: Cost-effective, customized to your unique needs

BioCord™ Reactors provide a simple, low-energy, fixed-film biological treatment process to dramatically increase the capacity and performance of wastewater lagoons and conventional activated sludge systems.

Modular BioCord Reactors are like condominiums for bacteria, incorporating a customizable design that rises up through the water column to suit virtually any treatment conditions and plant design.

The reactor frame supports densely arranged loops of polymer fibres that provide a massive surface area on which preferred, naturally occurring bacteria can thrive.

Integrated aeration grids powered by low-energy compressors

Each BioCord Reactor is equipped with a fine-bubble aeration system that provides the optimum level of oxygen transfer and mixing to

support bacterial growth and nutrient removal. The mixing and agitation also helps slough excess biofilm from the media to maintain the ideal colony size and composition.

Install, aerate, grow

BioCord Reactors are installed directly into an existing treatment system, which helps to dramatically reduce capital costs by avoiding expansion to the plant footprint or adding sidestream process tanks. Once installed, a BioCord Reactor system is self-regulating, uses very little electricity, and requires almost no operator oversight to achieve its performance targets.

These capital and operational benefits make BioCord Reactors the ideal solution to improve treatment capacity, accelerate nutrient removal and achieve regulatory compliance.

An optimized BioCord Reactor system is capable of achieving significant reductions in target nutrients and other constituents, including:

- Ammonia: 90% or greater;
- Total nitrogen: 50% or greater;
- BOD: 80% or greater



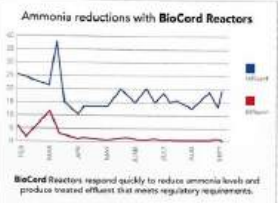
BioCord Reactors are ideal for increasing treatment capacity and improving nutrient removal in multiple applications:

- Municipal wastewater lagoons;
- High-strength wastewater treatment to reduce ammonia, phosphorus and suspended solids;
- Food processing;
- Agriculture;
- Mining.

The advantages of Bishop BioCord Reactors

Dynamic ammonia removal

Whether it's cold-weather, high strength, or more stringent regulations for ammonia treatment, BioCord Reactors can achieve up to 99 per cent ammonia removal, even when operating in temperatures as low as 1°C.



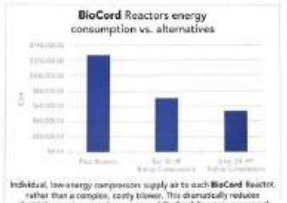
Trusted, resilient performance

BioCord Reactors are self-regulating systems that respond quickly to variable influent or upset conditions and can continue to meet treatment requirements without operator attention or process modifications. The multi-compressor design also simplifies maintenance since an individual unit can be shut down for service, while the others continue to operate and maintain system performance.

View our video case study of a full-scale BioCord Reactor project: bishopwater.ca/biocord-dundalk.

Low capital and operating costs

BioCord Reactor systems require no additional tanks or costly, energy-intensive blowers to operate, providing a significant savings in capital and operating costs – often about 50% less than an MBBR system designed to achieve the same ammonia target. Moreover, a BioCord Reactor system is self-regulating and self-cleaning, requiring virtually no operator oversight and maintenance.



Customizable design, performance and deployment

BioCord Reactors offer a flexible, modular design that can be customized to fit virtually any type of secondary treatment process and to handle anticipated flow and loading parameters. Capital costs can be kept low by installing only the required amount of BioCord Reactors to achieve performance requirements and can be easily expanded in planned phases as treatment needs increase.

Rapid capacity expansion

Treatment plant capacity can be expanded significantly to meet performance requirements and produce tertiary quality effluent. The BioCord Reactors and accompanying aeration system are designed and built in Ontario by Bishop Water and can be delivered to the site fully assembled. Installation is completed in just a few days, while the plant remains in operation.

Bishop water – BioCord 특징 #1

- BioCord는 간단하며, 에너지 소비가 적고 생물막을 통한 효과적이고 친환경적인 폐수 처리가 가능하다.
- 표면적인 큰 섬유 다발을 생물막 형성에 사용하여 효과를 극대화하였다.
- 한번 설치 후엔, 스스로 재생이 가능하여 유지 보수가 가능하며, 암모니아, 총 질소, BOD 제거 측면에서 뛰어나다.

Bishop water – BioCord 특징 #2

- 낮은 수온, 높은 압력, 다른 기타 환경 요인이 작용에도 불구하고 암모니아의 99% 제거가 가능하다(그래프 참조).
- 수처리 대상에 맞게 유연한 구조 변경이 가능하며, 변경 비용 또한 적다.
- 추가적인 저장 장치나 에너지 사용 장치가 필요하지 않으며, 스스로 재생, 자정 작용을 하기 때문에 매우 경제적이다.

Eco AI INNOVATES

Eco AI INNOVATES - 기업 소개

폐수 처리와 인공지능, 빅데이터를 결합하여 자율적인 폐수 처리 장치를 제작하는 기업 협의체이며, 폐수처리 기업과 인공지능, 빅데이터 기업의 협업으로 구성되어 있다.

Eco AI INNOVATES -핵심 기술

- 폐수 처리 등의 수처리 과정에서 인공지능과 빅데이터를 적용하여, 해당 상황에 맞는 처리 방법 및 방류를 진행하는 장치이다.
- 빅데이터와 인공지능을 활용하기 때문에 효율적이고, 비용 측면에서 오차가 낮다는 장점이 있다.
- 머신러닝 기반 알고리즘 AI 모델링을 통한 자동화 장치이기 때문에 대규모 제작이 힘들며, 고장 시 보수하기 힘들다는 단점이 있다.



Continental Carbon Group

Who We Are

Continental Carbon Group (CCG) is a turn-key solution provider for all your water and wastewater needs within the municipal, industrial, commercial and construction industry. We have the technology, resources and experience to design, manufacture and implement innovative water and wastewater solutions. Customers throughout North America tell us that Continental Carbon Group offers the most complete combination of products, service and experience in the water treatment industry. Our knowledgeable professionals and skilled crews share our corporate vision for a cleaner environment and maintaining the highest quality standards.

How can we help?

- Specialty Media to remove contaminants such as Petroleum Hydrocarbons (PHCs, FI-F4) BTEX, VOCs, PAHs, Cyanides and Metals
- Water and Wastewater Treatment System Design, Setup and Commissioning Services
- Groundwater Treatment/Remediation Projects
- Temporary/Permanent Filtration Systems for storm water management including Total Suspended Solids (TSS)
- Filtration, Removal, Disposal, Supply and Installation Services of all types of Filter Media
- Under-drain Tear-outs and Retrofits
- Filter Bed Top-Ups
- Water and Filter Sampling and Analysis
- On-Site Filter Audits and Pilot Testing
- Vessel Rentals or Sales for both Liquid and Vapour Phase - 250 to 5,000 lbs. vessels in stock (larger available upon request)
- Project Management
- Process Troubleshooting
- Emergency Services

The Know How

Continental Carbon Group specializes in providing the highest quality consulting support, equipment, media supply and contractor services. A leader in the industry, Continental Carbon Group has developed an excellent team with many years of experience. We have a well-deserved reputation for innovation, service and integrity. All filter media installations are performed in accordance with AWWA standards under Section B-100 and B-504 specifications. Continental Carbon Group brings together equipment, expertise and technical skills to ensure that your current and future projects are a success and on budget. CCG is the only solution for all your filtration needs.

Contact Continental Carbon Group at 800-443-7616
Email: info@continental-carbon.com
Website: www.continental-carbon.com

What is Granular Activated Carbon?

Granular Activated Carbon (GAC) filtration is most effective in removing organic contaminants from water. Organic substances are composed of two basic elements: Carbon and Hydrogen. Organic chemicals are often responsible for taste, odour, and colour problems, and GAC filtration can generally be used to improve aesthetically objectionable water. GAC filtration will also remove chlorine. The raw materials that Continental Carbon Group uses for GAC are carefully selected and then processed at temperatures of 200°C - 300°C to remove natural volatile components and residual moisture levels. This is the initial "carbonization" step. Next, the carbonized raw material is heated at extreme temperatures of 900°C - 1000°C and the resulting GAC is a powerful adsorbent. GAC is designated by size such as 6x10, 8x16, 12x30, or 20x50 for water/liquid applications and 4x6, 4x8 or 4x16 for air/vapour applications. A 20x50 GAC is made of particles that will pass through a U.S. Standard Mesh Size 420 sieve (0.84 mm, and generally 95% will not pass through). The American Water Works Association (AWWA-1993) uses the Mesh Size 450 sieve (0.257 mm) as the minimum GAC size. A teaspoon of GAC has surface area equivalent to that of a football field. This vast internal surface area is what gives GAC its unique ability to adsorb a wide range of compounds from both the gas and liquid phases.

Filter Media Services

Media Change-outs

We can provide all necessary labour and/or equipment for fast, clean and safe on-site change-out for virtually all types of media.

Media Supply

We can supply and deliver GAC, anthracite, sand, greensand, garnet and support gravel for all aspects of the filter system.

Media Disposal

We provide safe and timely disposal of any spent media.

Filter Audits

Our filter audits provide water treatment plants with a comprehensive on-site filter evaluation. Upon completion of audit, we provide a technical report with options and recommendations. Our recommendations can result in filter optimization for operators and owners.

Continental Carbon Group can *do it all* for you.

- We exceed all requirements established by AWWA for filter media installations.
- We have vast worldwide resources to support your needs.
- Our expertise saves you time, while significantly reducing your cost.
- We offer financing terms over the life of the GAC.
- Our business practices and procedures are professional, safe and efficient.

Continental Carbon Group

Continental Carbon Group – 기업 소개

북아메리카 지역의 폐수 처리 및 다양한 수처리 분야에서 GAC(입상 활성탄)을 활용한 수처리 분야를 주 업무로 진행한다.

Eco AI INNOVATES – 핵심 기술

- GAC(입상활성탄) 여과를 통해 유기오염물질을 제거할 수 있다.
- 탄소와 수소로 이루어진 유기오염물질과 염소 제거에 효과적이다.
- 다양한 종류의 GAC 입자를 용도에 맞게 여러 방법으로 제작 중이며, 맛, 냄새, 악취, 색도 등 다양한 문제를 해결할 수 있다.

MSF system.INC

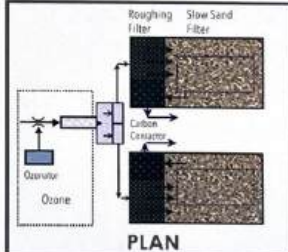
MS FILTER SYSTEMS INC.

safe, simple, sustainable water treatment for small communities

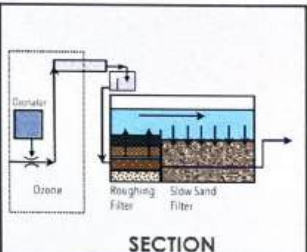
MS Filter Systems was founded in 2001 to address the shortcomings of conventional water treatment plants to meet the needs of small communities. We developed a system that builds on the proven science of slow sand filtration and created a solution to treat a wider range of raw water quality that is highly effective, easily manageable and designed specifically for the unique challenges of small and remote communities.

simply a better solution





PLAN



SECTION

Modified Slow Sand Filtration

- Enables treatment of poor-quality source water
- Pre-ozonation is a powerful disinfectant
- Effective for broad spectrum of pathogens, pharmaceuticals, endocrine disrupting compounds, & other nuisance compounds & contaminants
- Package plant with hydraulic cleaning
- Smallest carbon footprint of any treatment technology



MSF system.INC – 기업 소개

정수장이나 하수처리장 등 큰 규모의 수처리 이외에 소규모 수처리를 목적으로 하는 기업이다.
소규모, 원격 수처리 진행이 가장 큰 특징이다.

MSF system.INC – 핵심 기술

- 전 오존 처리, 완속 모래 여과를 사용하여 주로 수처리를 진행한다.
- 유압 세척을 통한 관리(역세척)가 주기적으로 이루어진다.
- 미량오염물질, 잔류의약품질, 내분비계 교란 물질, 다양한 화학물질, 오염물질이 제거 가능하다.
- 적은 탄소 발자국을 통한 환경친화적인 수처리 진행이 가능하다.

IWA WWCE 2024

디지털 물산업

혁신인재 양성사업

해외 네트워크

프로젝트 성과보고서



부록



학회장 앞(테크니컬투어 후)



학회장 내 플랜카드



토론토 대학



토론토 시청



토론토 구시청



항공샷



Lakefront Promenade Marina



나이아가라폭포



나이아가라폭포



나이아가라폭포



나이아가라폭포_교수님과 학생들



나이아가라폭포_교수님



The distillery District_유빈, 태은



The distillery District



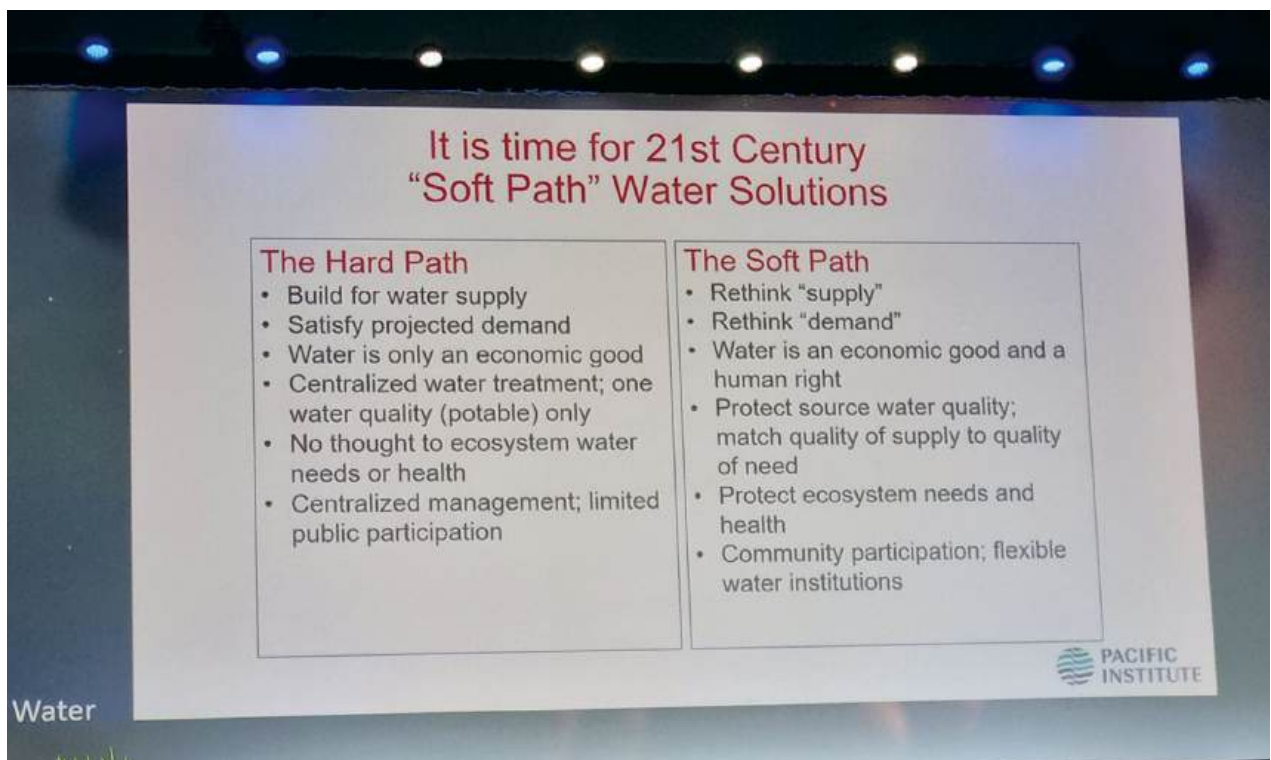
The distillery District



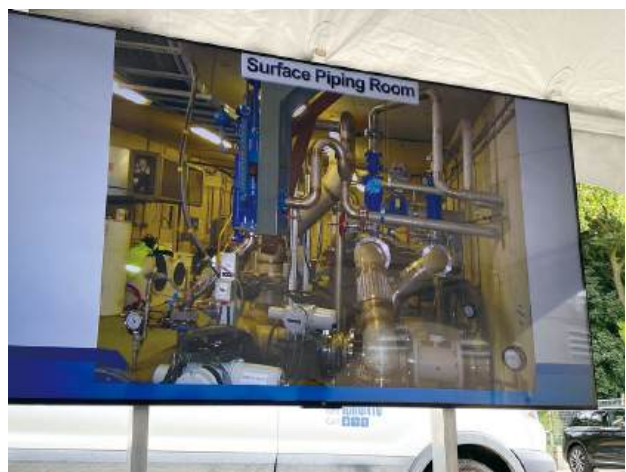
토론토 구시청



인천국제공항



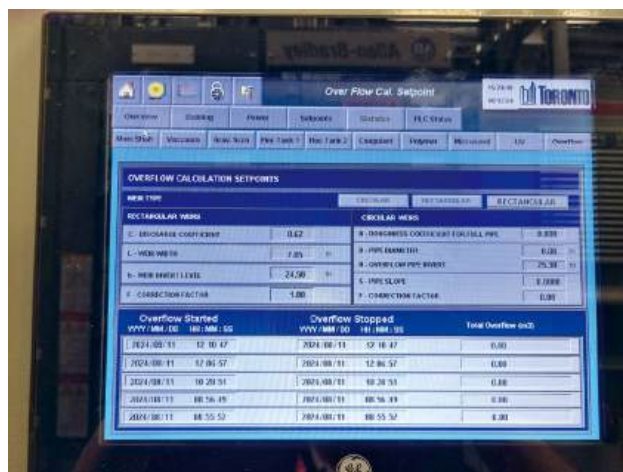
학회장_오프닝세레머니



테크니컬 투어_Western Beaches Storage System



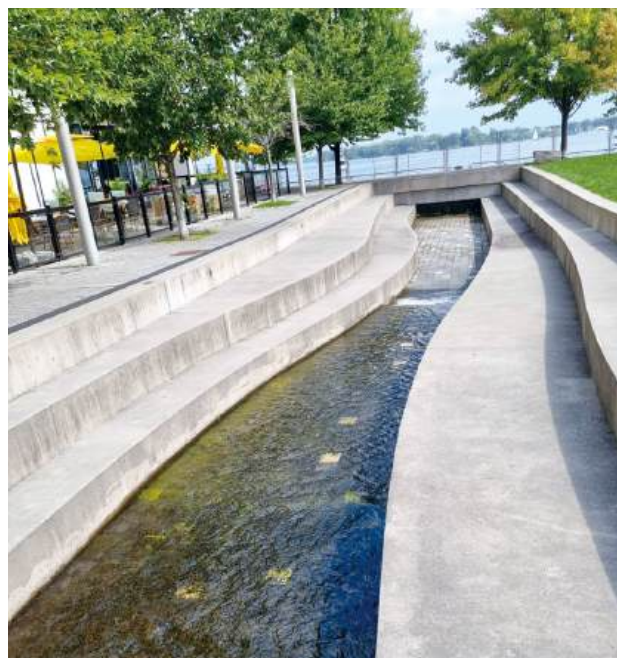
테크니컬 투어_Western Beaches Storage System



테크니컬 투어_Western Beaches Storage System



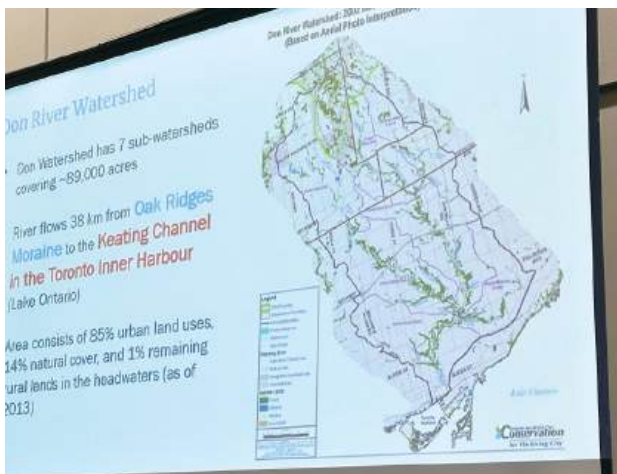
테크니컬 투어_Western Beaches Storage System



테크니컬 투어_쉐르본 커먼 빗물 재활용 시스템



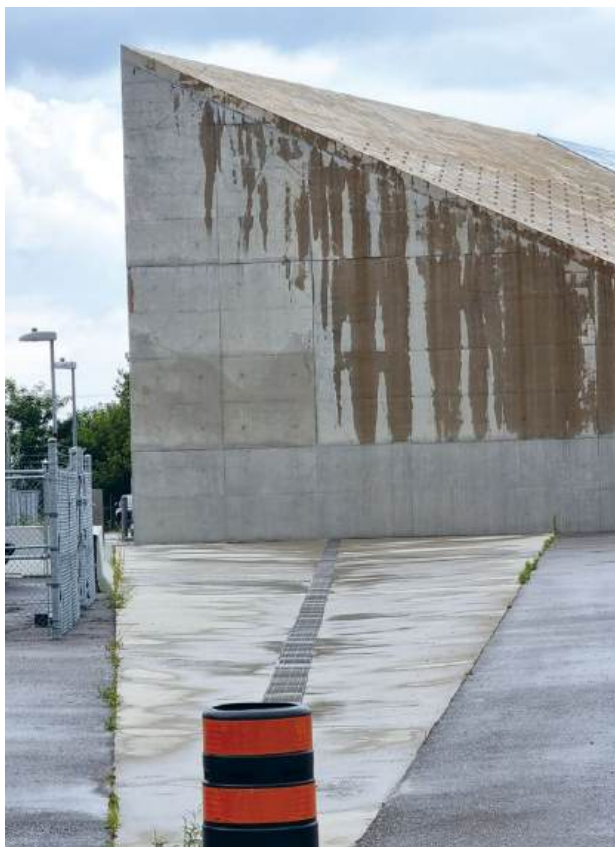
테크니컬 투어_쉐르본 커먼 빗물 재활용 시스템



테크니컬 투어_투어 전 Don River



테크니컬투어_Lower Don Storm water Treatment Facility



테크니컬투어_Lower Don Storm water Treatment Facility



Refereed Journal Paper Citation

• For Further Information

• Snodgrass, Dewey, D'Andrea, Bishop, Lei, (2018)
 "Forecasting receiving water response to alternative control levels for combined sewer overflows discharging to Toronto's Inner Harbour". J. Aquatic Ecosystem Health & Management, Vol 2, # 3, pp 245 to 254.

30

Addition: Ashbridges Bay Landform Project

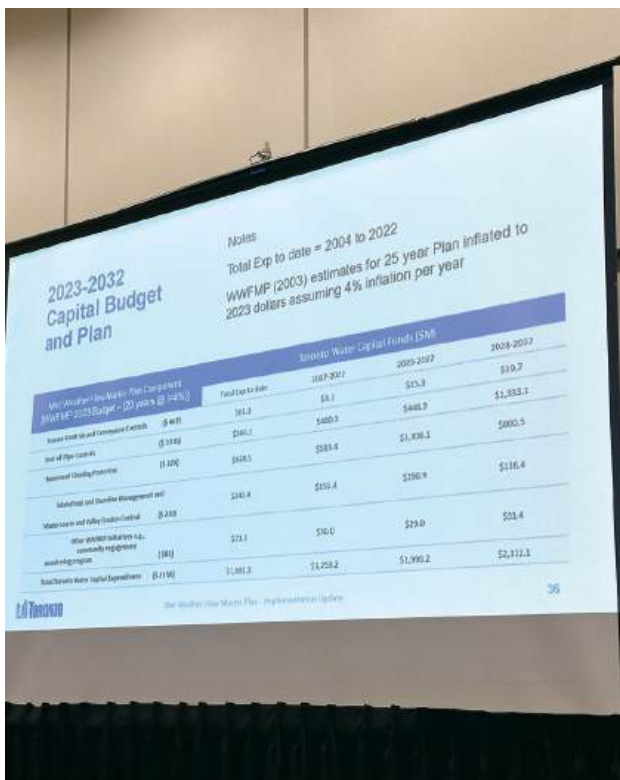
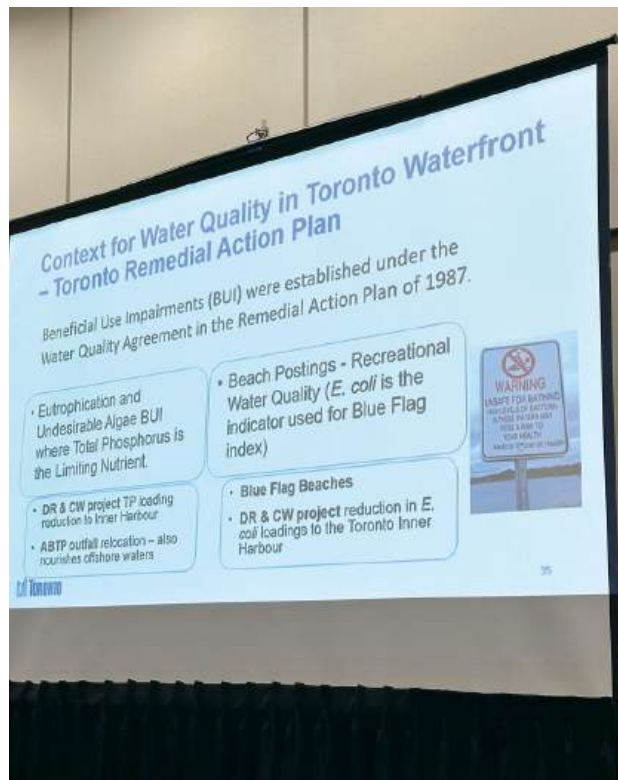
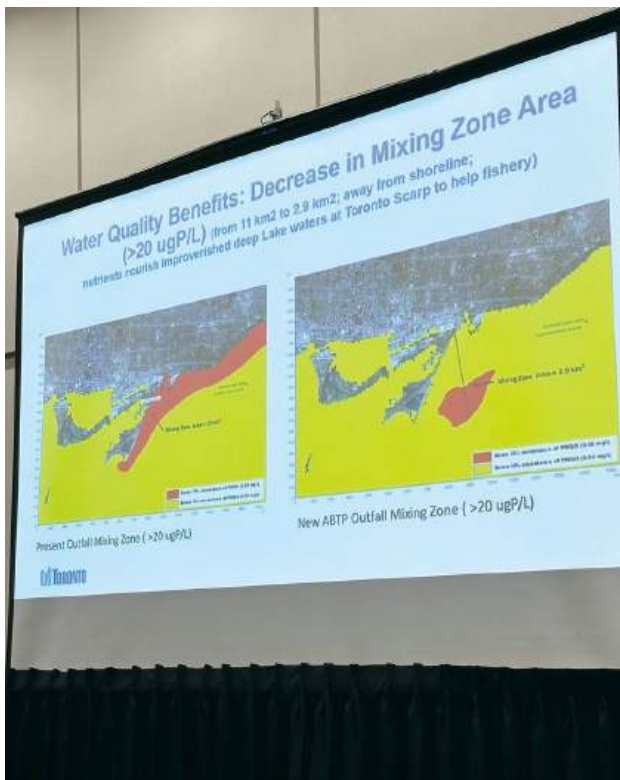
- Build landforms in the bay to provide erosion and sediment control.
- Landform will house a new treatment facility for CSOs intercepted by the tunnel system.

32

Addition: The ABTP Outfall. Its Concept

- There are 50 risers through which effluent will be released.
- Effluent will flow from the plant to the drop shaft, through the tunnel and up the risers before being released into Lake Ontario.

33





테크니컬투어_투어



테크니컬투어_투어

IWA WWCE 2024

**디지털 물산업
혁신인재 양성사업
해외 네트워크
프로젝트 성과보고서**



서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL

디지털 물산업 혁신인재사업단