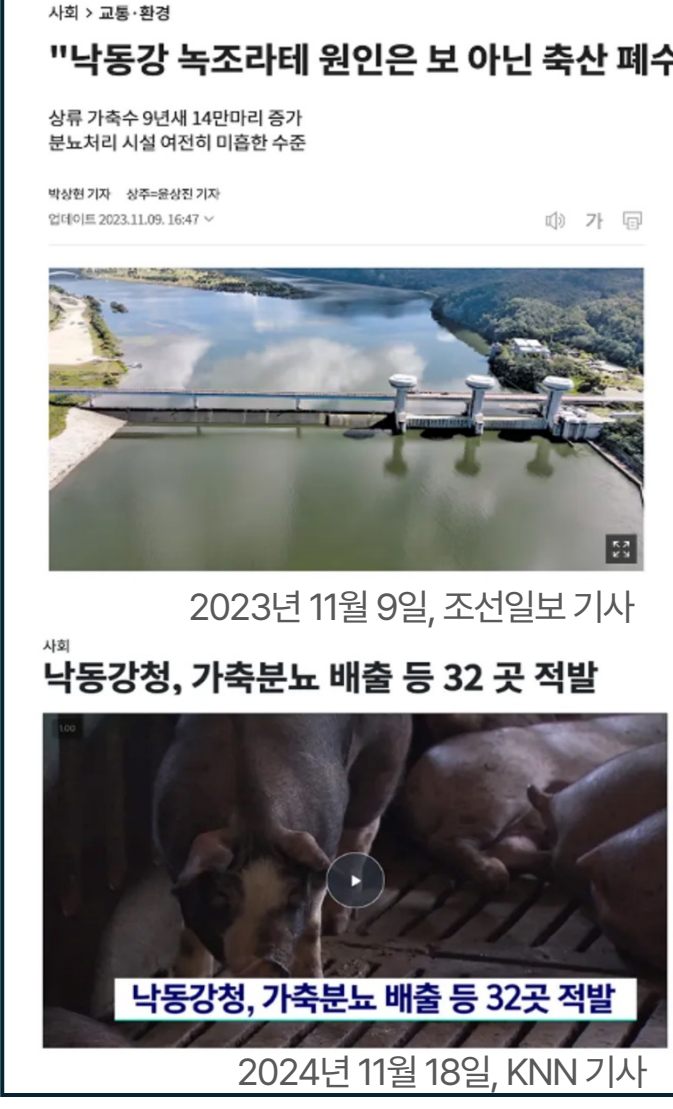


Introduction

1. 축산 시설의 비점오염 관리 필요성

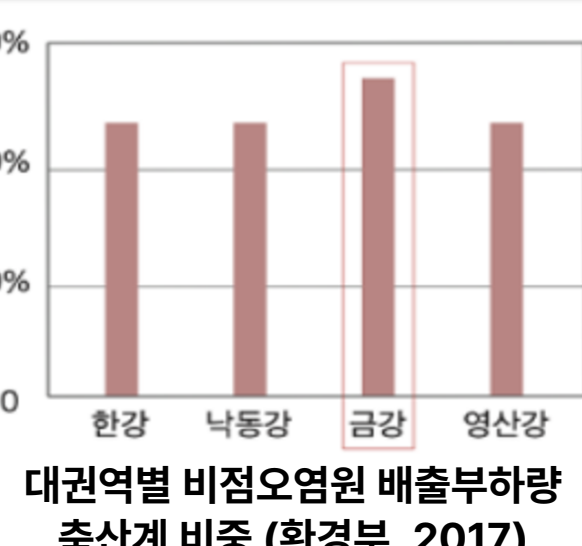
<축산 폐수 유출로 인한 환경 이슈>



1 일반 우수에 비해 오염부하가 높아 녹조 등 수질오염의 원인

- 가축분뇨 유래 우수는 일반 우수에 비해 오염부하가 높은 고농도 물질
- 가축분뇨 퇴비가 야외에 방치되는 등 부적절하게 보관될 경우 발생된 영양물질(질소, 인 등)이 빗물과 함께 하천에 유입되어 녹조 등 수질오염의 원인이 될 수 있음

2 수계에서 높은 배출부하량을 차지하는 가축분뇨 유래 비점오염



- 환경부의 제3차 강우유출 비점오염원관리 종합대책에 의하면, 금강은 비점오염원 배출부하량의 축산계 비중이 50% 이상으로 전국 대관역 중 최고, 한강·낙동강·영산강도 모두 40% 이상.
- 가축분뇨 유래 비점오염 저감의 체계적 대책 마련을 통한 하천 수질 보호와 지속가능한 수자원 관리가 필요

2. 가축분뇨 비점오염 관리 체계의 사각지대에 포함된 소규모 농가



- * 전국 136개 지방자치단체를 대상으로 실시한 축사 실태조사 (국민권익위원회, 2018)
- 신고·허가 대상이 아닌 경우가 많아 관리가 어려움
- 대부분 개방형, 노후화되어 있으며 분뇨 야적과 청소 불량 문제가 존재
- * 김연재, 이상업, 2009
- 가축분뇨의 발생량이 소량이지만 영세하고 관리 인력의 기술 수준이 낮아 환경오염에 대한 기여도가 상대적으로 높음

3. 개발 과제 및 목적

소규모 축산시설을 대상으로 비점오염 저감을 위한 초기유출수 처리 설비 개발

Facility design

설계 대상지 개요

- 설계 대상지는 면적 100 m² 규모의 사육구역으로 실제 사육두수는 15마리로 산정된 소규모 축산시설
- 사육 과정에서 발생하는 분뇨, 사료찌꺼기, 토양입자 등이 강우 시 빗물에 의해 유출되며, 이는 축산계 비점오염원 형태로 주변 환경으로 배출되는 특성을 가짐.

처리용량 및 설계 유량

- 강우 초기 고농도 유출구간만 선택적으로 처리하는 설비
- 설계 강우량을 5mm, 설계 대상 면적을 100 m²로 설정 → 단일 강우사상당 설계 처리용량(WQv)은 0.5 m³의 초기우수

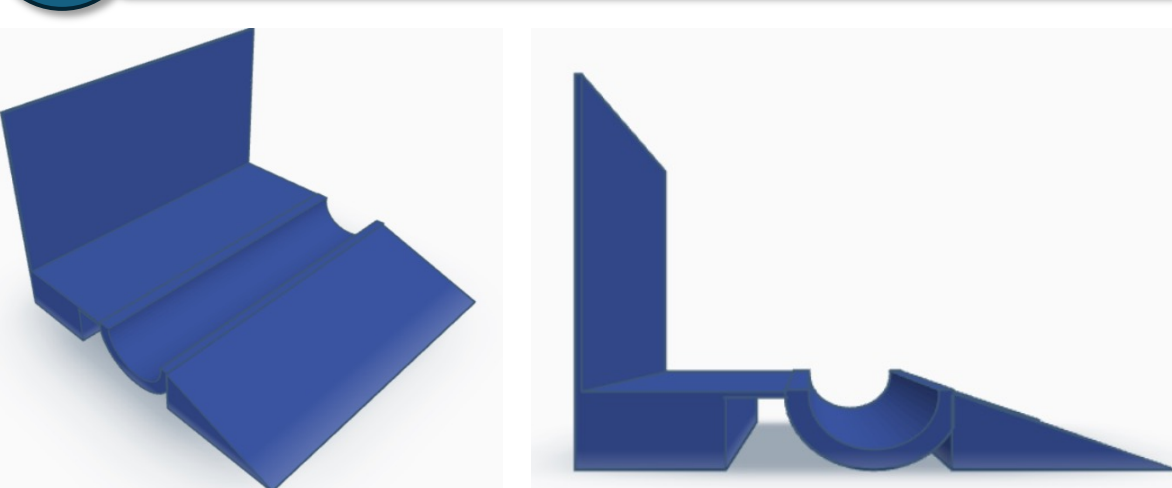
유입수 오염부하 특성

사육지 특성상 질소(T-N), 인(T-P), 부유물질(SS) 농도가 모두 높음
→ 도시지역, 농경지 등 다른 비점오염원에 비해 유기물 및 영양염류 오염도가 전반적으로 큰 비점오염원 특성을 보이는 대상지

항목	발생부하(kg/day)	유입부하(kg/day)
SS	16.7145	4.1786
T-N	1.413	0.7065
T-P	0.2955	0.0443

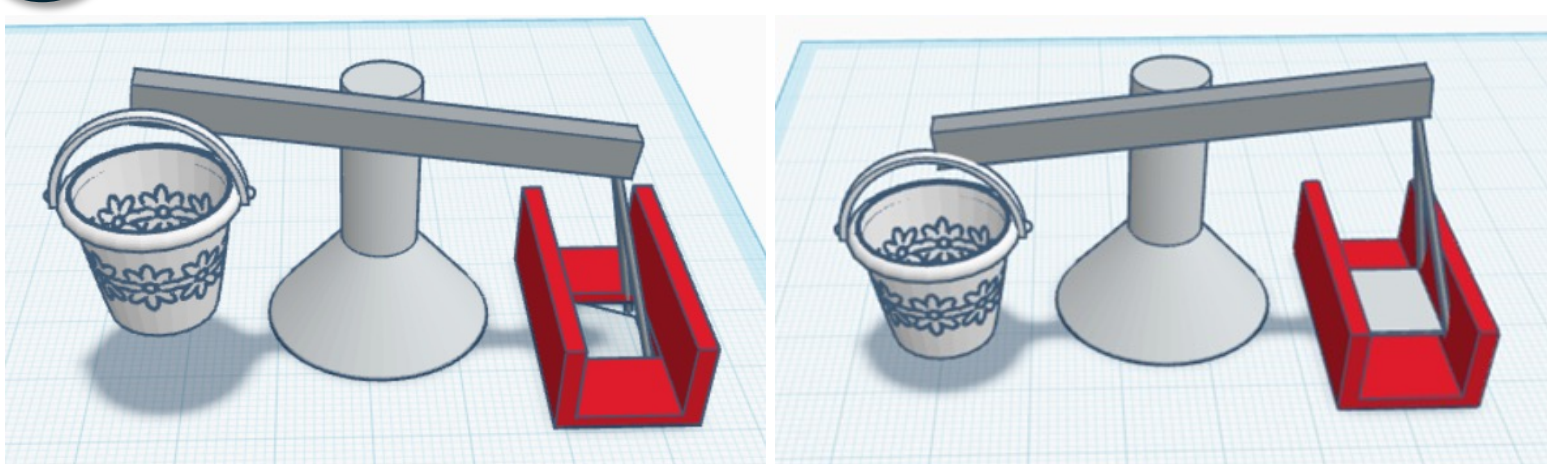
유입부

1 집수 장치



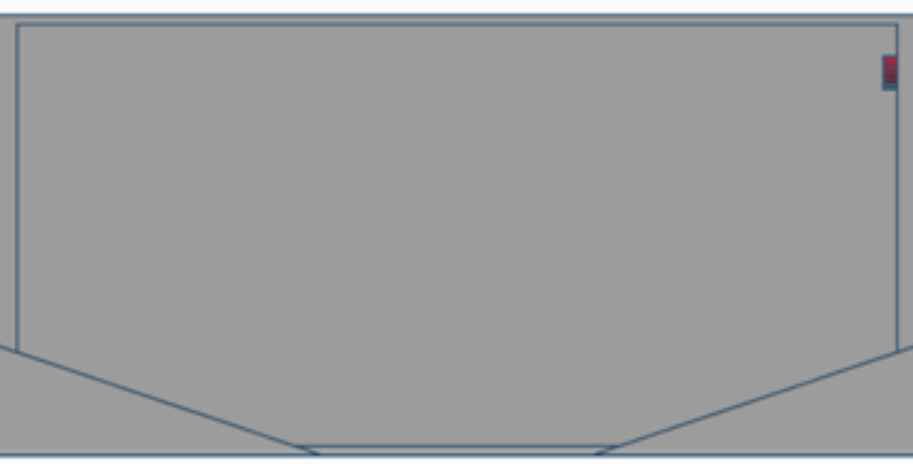
- 이동식 도랑형 차수판: 차수판 내부의 간수로를 통해 처리 시설로 유입수를 이송, 이동식 판으로 공사기간과 비용절감
- 지붕 우수 바이패스: 지붕 면 유출수는 오염도가 낮아, 처리 부하를 줄이기 위해 바이패스관으로 직접 연결

2 초기우수 분리기



- 무전원, 중량 변화 기반의 수동식 장치.
- 초기 강우는 덮개가 열린 상태에서 처리 시설로 유입
- 기준량을 초과하면 덮개가 자동으로 닫혀 우수는 개수로를 따라 자연 배수

침전조



설계 목표
유입되는 SS를 안전하게 저장 및 농축 및 충분한 슬러지 저장용량 확보

- 규모 및 구조
- 평면 3.0m x 3.0m(총 9.0m²)규모로 약 10.8m³의 대용량 체적 확보
 - 하부는 고품질 중력 침강 효율을 높이기 위해 수평 대비 약 60°의 경사를 가진 호퍼를 설계하여 사면 경사를 부여

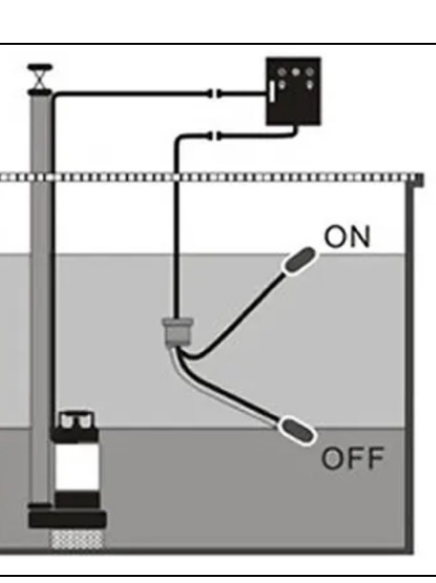
운전 개념

- 상시 만수위를 유지하는 대형 완전혼화형 침전조
- 강우 시 유입된 초기우수수는 기존 저장수와 혼합
- 고품질은 중력 침전되고 상대적으로 맑은 상등수가 후속 펌프로 배출.

유지관리

슬러지 저장 용량을 고려하여 연 1~2회 주기로 분뇨 수거차를 이용한 침전물 제거

펌프조



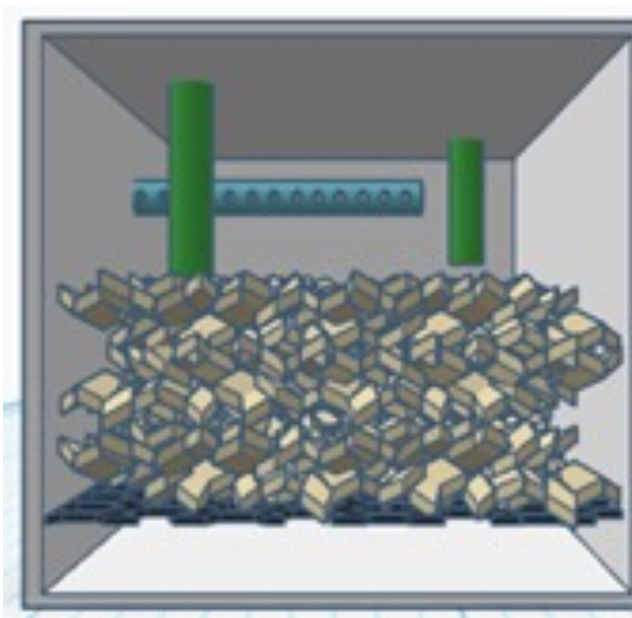
설계 목표
침전조에서 일시적으로 모인 처리된 상등수를 살수여상조 상부로 균일하게 이송 및 공급

- 주요 구성
- Sump Pump, Float Switch: 수위 변화에 따라 펌프의 작동과 정지를 자동으로 제어하는 수위 기반 자동제어 시스템
 - 체크밸브: 펌프 정지 시 물 역류 방지

작동 원리

수위 상승 → 플로트 스위치 ON → 펌프 작동 및 이송 → 수위 하강 → 플로트 스위치 OFF → 펌프 정지

살수여상 질산화조



설계 목표

침전조와 펌프조를 거친 상등수를 호기성으로 처리하여 암모니아성 질소를 질산성 질소로 전환

규모 및 구조

- 평면 1.9m x 2.0m 총 3.8m², 여재 높이 약 0.7m를 적용하여 2.66m³의 실 여재 부피
- 여재는 고공극 구조형 PP/PVC 모듈 사용하여 안정적인 질산화 및 유기물 전처리에 집중
- 공기 공급은 굴뚝 효과를 이용한 완전 자연 통풍 방식으로 설계

운전 원리

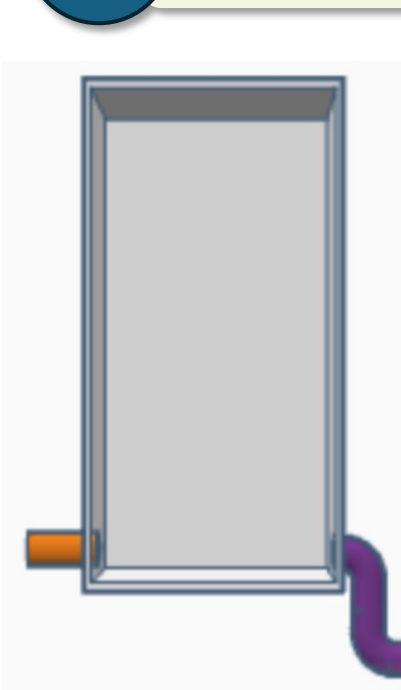
펌프조에서 압송된 물이 상부 분배부를 통해 여재 상면 전체에 다짐 분사 물이 여재 사이를 박막 흐름 형태로 흘러내리며 부착·증식된 바이오필름에 의해 질산화

공기 공급

언더드레인(하부 흡기 스택)과 상부 헤드스페이스(배기 스택)를 지상과 연결하여 공기 루프 형성

탈질조

1 밀폐 집수정



설계 목표

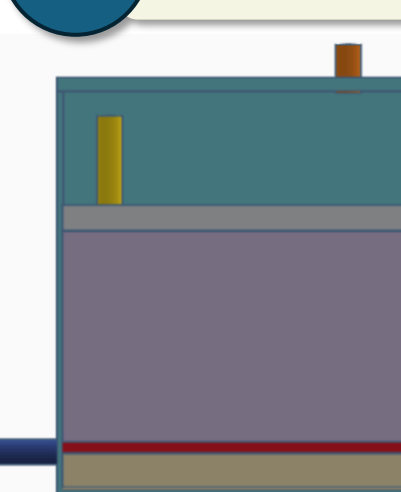
살수여상 질산화조 유출수의 높은 DO를 저감하여, 탈질조의 필수 요건인 무산소 조건 조성

구조

- 침수식 유입관: 유입수가 침수 상태를 유지하도록 하여 DO 상승 방지
- 기밀뚜껑: 외기 산소의 내부 유입 차단
- U-트랩: 일정 수심의 수봉을 유지해 탈질조에서 발생하는 가스의 역류 방지

설계 항목	수치
계획 유량 (Q)	0.25m ³ /h
체류시간 (HRT)	10분
집수정 면적	정방형 0.35m x 0.35m
유효용적	0.0417m ³

2 탈질조



설계 목표

황 및 석회석 기반의 독립영양탈질반응으로 NO₃⁻ 제거

구조

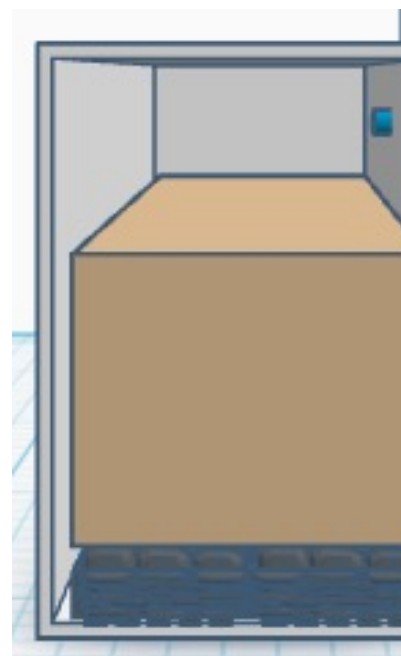
- 황 및 석회석 여재층: 황을 전자공여체로 독립영양탈질반응 발생, 석회석이 pH 저하 중화
- 기밀뚜껑 및 일방향 가스벤트: 내부 가스를 외부로 배출하고 외부 가스의 유입 방지
- 상단 침수형 집수라이저: 탈질조 유출부를 수면 아래에 유지해 외기 접촉 방지

설계 항목	수치
체류시간 (HRT)	4시간
탈질조 면적	1.25m x 1.5m
여재 높이	황-석회석 혼합층 0.9m + 상부 석회석층 0.1m

운전 원리

유입수가 상향류로 여재층을 통과하며 독립영양탈질반응으로 NO₃⁻를 N₂로 환원하고, 생성가스는 가스벤트로 배출

인흡착조



설계 목표

초기우수 내 용존 인(PO₄³⁻) 제거

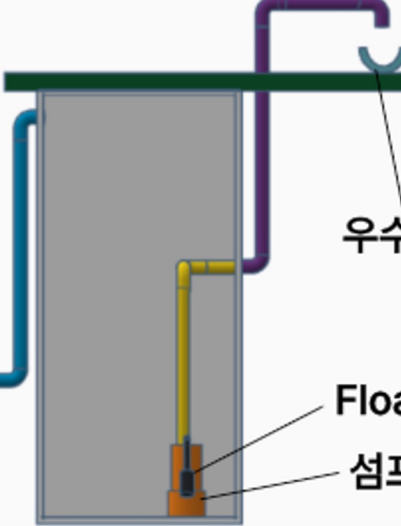
규모 및 구조

- 폭 3.0m, 길이 0.75m, 높이 1.1m의 탱크
- 하부 0.15m 높이의 자갈층, 0.55m 높이의 철 코팅 구사 여재층, 0.4m 높이의 상부 여유공간 구성
- 상부 폐쇄 문제를 방지하기 위한 상향류 고정층 여과 방식

운전 원리

- 철 코팅사로 정전기적 인력에 의한 흡착 및 화학적 흡착을 통해 인 제거
- 철 코팅사의 넓은 반응 표면적으로 높은 인 제거 효율

방류부



설계 목표

지하에 매설된 조에서 지상에서의 안정적인 방류

규모 및 구조

가로 0.8m, 세로 3m, 높이 1.9m의 직사각형 구조

운전 원리

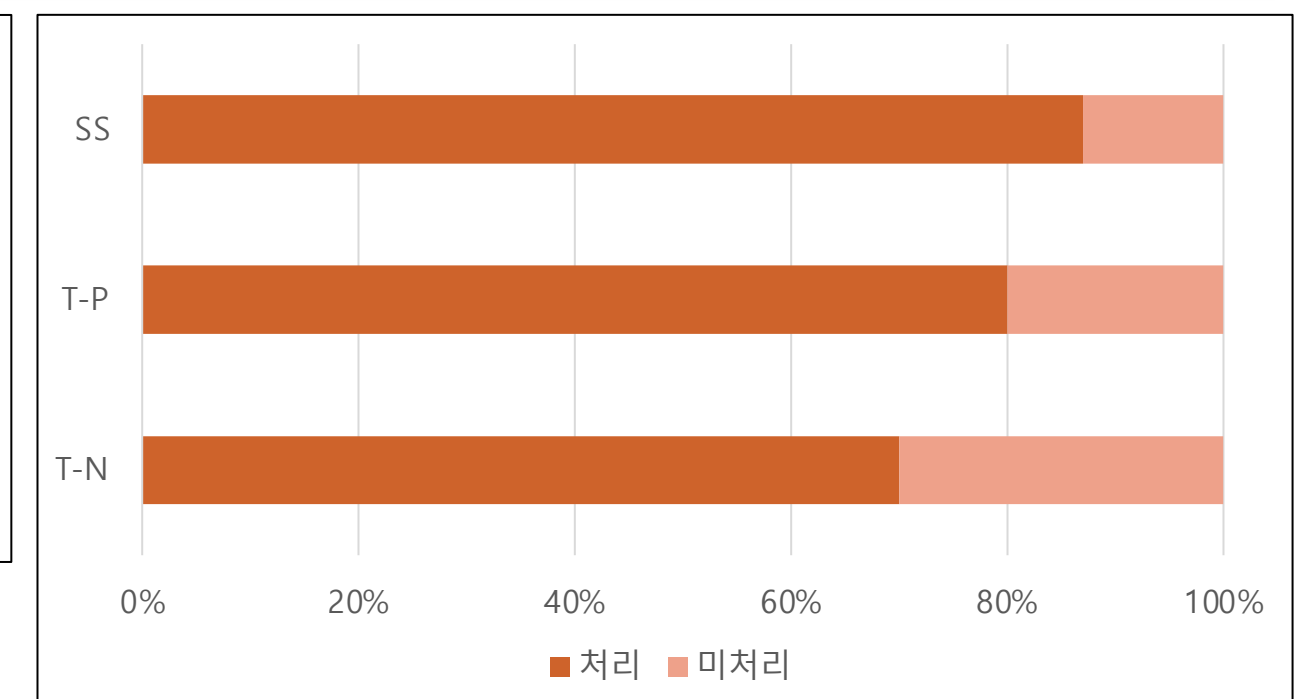
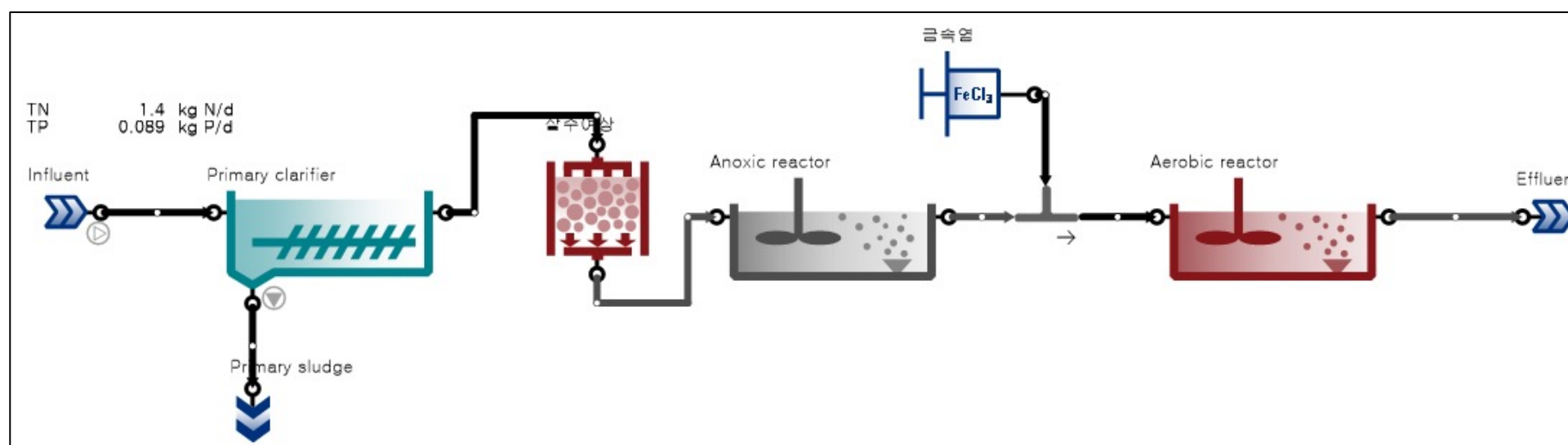
- 처리수 유입으로 0.43m³의 수위 확보 시 플로트 스위치가 자동으로 작동해 펌프가 가동되어 방류
- 일정량의 체류 용량을 확보하므로 예비 저류조로서 역할 가능

Conclusion

설계 특징

본 설비는 소규모 축산시설의 부지 여건, 운영 부담, 오염 특성을 동시에 고려한 초기우수 집중처리·중력 유동·동력 최소화 구조로 전력 사용과 운전 조작을 최소화함. 개별 농가에서도 설치·운영이 가능한 맞춤형 비점오염저감 설비

처리 성능



- EQPS 모의를 통해 설계 공정의 예상 처리효율을 검토한 결과, 총질소(T-N) 약 70%, 총인(T-P) 약 80%, 부유물질(SS) 약 87%의 높은 제거효율을 나타낸 것으로 확인.
- 이는 교량·도로 등 일반 비점오염원과 구별되는 축산 초기우수의 고농도 T-N·T-P 특성에 대응하여, 오염부하를 집중적으로 저감할 수 있는 공정 조합의 타당성을 입증함.

경제성 및 기대효과

- 정수처리비 절감 등을 통해 추정된 연간 편익은 약 678,725~770,525원/년 수준으로 산정
- 설비 제작 및 설치에 필요한 초기투자비는 약 11,985,856원, 유지관리비는 약 75,000원/년으로 산정.
- 기존 정책을 토대로 제안한 보조금 정책을 반영하면, NPV ≈ -328,000원, B/C ratio ≈ 0.95, 회수기간 ≈ 8.4년, IRR ≈ 3.4% (할인율 4.5%보다 작음)으로 거의 손익분기 수준의 경제성을 보임.
- 그러나 부영양화 예방, 지하수·토양 오염 방지, 악취·수질 민원 감소 등 정량화가 어려운 편까지 고려할 경우, 설비의 실질적 가치와 파급효과는 더욱 클 것으로 판단

연구 의의

본 설비는 기존 범용·자연형 비점오염 저감시설에서 나아가, '축산시설'이라는 명확한 오염원과 오염 특성에 특화된 설계 모델을 제시. 향후 동종 소규모 축산시설에 적용 가능한 표준 모델로 확장하여, 지역 단위 축산 비점오염 관리체계 강화에 기여할 수 있음.