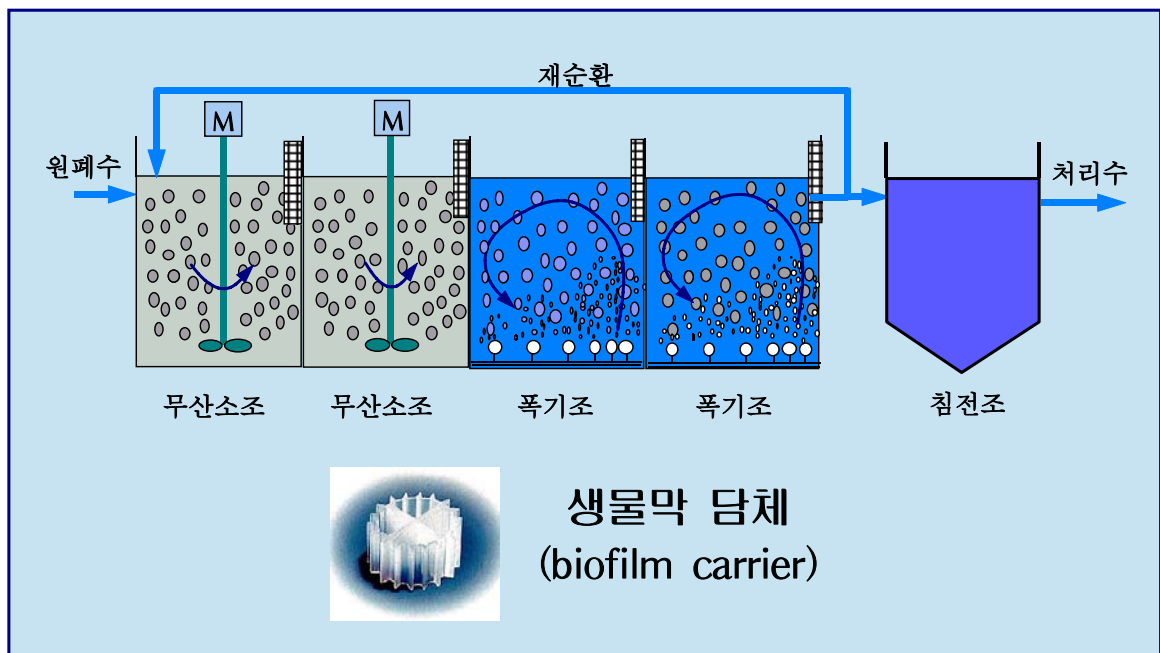


유동상 생물막 반응기 공정을
(Moving Bed Biofilm Reactor Process)
이용한 유기물 제거기술



(주)태진엔지니어링

목 차

1. 서문

2. 유동상 생물막 담체공정(Moving Bed Biofilm Reactor)의 원리와 특성
 - 2.1 생물막법 처리공정 (Biofilm Process)
 - 2.2 MBBR 담체의 특징
 - 2.3 유동상 생물막 담체공정(Moving Bed Biofilm Reactor)의 장점
 - 2.4 다른 공정과의 비교

3. MBBR 시스템을 이용한 대표적인 프로젝트 실적
 - 3.1 덴마크 Ringsted 프로젝트
 - 3.2 영국 Braintree 하수종말 처리장 프로젝트
 - 3.3 Spheroactor™ (구형 반응조)

4. MBBR 시스템 공사실적

1. 서 문

우리나라 오·폐수 처리장의 대부분은 전통적인 생물학적 처리기술인 활성슬러지법을 기본으로 이루어졌으나 나쁜 환경 또는 운전 미숙으로 인해 sludge bulking 및 rising 현상이 빈번히 발생하여 침전성을 저하시키고, 미생물의 농도를 높이기 어렵고 폭기조의 용량이 커지므로 부지면적이 커지고, 큰 부하변동에 대처하기 어렵고, 운전관리가 어려운 등 여러 가지 문제점을 안고 온 것이 사실이다.

이러한 문제를 극복하기 위해 우리나라에서는 지난 10여년에 걸쳐 다양한 형태의 고도 처리기술을 시험하고 또한 실행해 왔다. 이들 대부분의 방법이 수질오염 측정의 기본적인 항목인 BOD나 SS등의 처리에 있어서 기존의 활성슬러지법 보다는 나은 성능을 보이기도 하였으나 또한 새로운 여러 가지 문제점을 나타내었고 특히 고도처리시설의 본래 목적이라고 할 수 있는 질소·인의 처리에 있어서는 상당히 미흡하였던 것이 사실이다.

이러한 문제를 해결할 수 있는 최선의 방법으로 세계적 처리시스템인 Kaldnes Moving Bed Biofilm Reactor를 들 수 있겠다. 이 유동상 생물막 담체공정 (MBBR공정)은 기존의 활성슬러지 공법과 생물막 공법의 장점만을 결합하여 개발된 기술로 표면적이 크고 미생물 부착 및 공기투과가 쉬운 구조의 작은 담체(Carrier Element)에 생물막을 형성시켜 반응기 내부로 공기를 직접 주입하거나 기계적 또는 수리학적 교반 수단을 통해 생물막 담체를 반응기내에서 부상, 교반시키는 방법으로 유기물 및 영양염류 등을 처리하는 방식으로 미생물을 고농도로 유지할 수 있어 반응기 부피를 작게 할뿐 아니라 고정상에서 일어나는 막힘 현상이 없고 활성슬러지공법에서 일어나는 슬러지 팽화현상이 없는 특징을 가지고 있다. 또한 처리 설비의 신설없이 기존의 시스템을 충분히 이용할 수 있어 높은 경제성을 지니고, 부지 문제 해결을 이룰 수 있을 뿐 아니라 유기물 및 영양염류(질소·인) 처리 면에서 모두 뛰어난 효율을 나타낸다.

MBBR 프로세스는 또한 담체의 재료 및 생산 방법이 매우 경제적이고 그 처리효율이 매우 안정되어 소규모 처리시설로부터 대규모 처리시설까지 해외 여러 선진국에 설치되었거나 설치 중에 있고 또한 그 뛰어난 우수성이 지난 10여년간 수많은 각종 플랜트에서(16개국 108개 플랜트: 70개의 하수처리 플랜트 + 38개 산업폐수처리 플랜트) 입증되었다. 대표적으로 1994년 동계 올림픽 도시인 NORWAY Lillehammer는 올림픽 경기가 개최되는 시기와 비 시즌간에 오수량 및 농도의 변화가 심해 고민하였으나 MBBR 프로세스의 선택으로 간단한 개·보수공사를 통해 성공적으로 하수를 처리하는 등 많은 사례가 있다.

이 MBBR 프로세스는 노르웨이 KMT사로부터 도입된 기술이지만 이 기술의 핵심이라고 할 수 있는 담체의 국산화를 이루어 현재 국내에서 생산하고 있어 저렴한 가격에 담체를 생산할 수 있고 기술 이전과 다수의 실증 파일럿 테스트를 통해 현 국내 오·폐수 처리장의 실정에 맞게 개발된 상태이다. 이와 같이 해외선진업체의 기술을 습득하여 국산화 시킨 후 이를 더욱 개발, 발전시켜 이를 국내 오·폐수 처리장에 적용시켜 기존의 불확실한 성능의 국내 시스템 및 단순 수입에 의존한 고가의 외국시스템의 적용으로 인한 경제적, 환경적 손실을 피하고자 도입, 개발되었다.

이 신기술 소개서에서는 MBBR시스템의 일반적 원리와 특징, 실제 설치 사례분석, 특허 사항 및 대표적인 실적 등을 언급하였고 각 처리장의 조건 및 폐수의 특성에 따라 플랜트의 설계조건이 변화하므로 실제 처리 플랜트에 대한 설계는 각 해당 경우에 맞게 조정될 수 있다.

2. 유동상 생물막 담체공정(Moving Bed Biofilm Reactor)의 원리와 특성

2.1 생물막법 처리공정 (Biofilm Process)

생물막법이란 활성슬러지법에서 플록의 역할을 하는, 담체의 표면에 형성된 생물막 (biofilm)과 폐수를 접촉시켜서 폐수중의 오염물질을 제거하는 프로세스이다. 최근에 국내에 광범위하게 적용되던 활성슬러지법이 생물막공법으로 교체되는 경향을 보이는 데 이것에 대한 주요한 이유는 다음과 같다.

- ① 단위체적당 미생물량을 상당히 높일 수 있다. 그 결과로 반응조 체적이 적다.
- ② 생물막공법의 반응조는 유입수량, 농도 및 성분의 큰 변동을 견딜 수 있어 활성슬러지법보다 부하변동에 더 안정적이고 강한 시스템이 된다.
- ③ 반응조로부터 나오는 슬러지 농도가 훨씬 더 적으므로 생물막공법에서 생물학적 처리공정의 고장의 결과가 활성슬러지법에서와 같이 극단적이지 않다.

생물막법으로는 반응조의 운영방식으로 구분하면 처음에 살수여상법, 회전원판법, 침수여상법 등의 고정상 생물막공법이 개발되었고 이후 고정상 미생물막법의 단점을 보완하기 위해 유동상 생물막공법이 개발되었다. 담체의 재료로 구분하여 보면 초기에는 모래, 자갈, 쇄석, 등의 천연재료를 주로 이용하다가 점차 세라믹, 플라스틱, 발포고무, 활성탄 및 다공성 고분자 발포제 등의 비표면적이 크고 미생물 부착성이 뛰어난 합성물질을 이용한 다양한 재료 및 구조의 담체가 개발되고 있다. (표 1.) 생물막법의 적용은 처음 유기물 제거 공정으로부터 점차 질소 및 인등의 영양염류 제거 등으로 그 범위가 확대되고 있으며 여러 가지 방법이 개발되고 있다.

표 1. 생물막법 담체 및 공정의 변화

항 목	담 체	공 정
과 거	모래, 자갈, 쇄석, 조개껍데기 등의 천연재료를 표면적이 큰 물질	살수여상법, 회전원판법, 침수여상법 등 고정상 생물막 공법
현 재	플라스틱, 세라믹, 발포고무, 다공성고분자 발포제 등 가공된 형태의 물질로 재료나 그 구조면에서 천연재료보다 매우 큰 표면적과 미생물 부착능력을 지님	모래, 플라스틱, 활성탄, 스폰지, 발포고무 등 물과 비슷한 비중의 담체를 부유시켜 유동상을 유지하게 해서 폐수와 반응시키는 유동상 생물막 반응기 공정

2.2 MBBR 담체의 특성

세계 여러 나라에서 특허를 받은 KMT MBBR공법의 핵심인 생물막 담체(biofilm carrier)는 다음과 같은 사항을 고려하여 개발되고 발전되었고 전체적인 특징은 표2에 요약되어졌다.

- 기존의 정입방체 형태의 발포고무를 재료로 하는 담체는 물에서 너무 잘 부유해서 반응조의 물 표면에 떠 있고 그래서 미생물과 오염물질과의 접촉이 잘 이루어지지 않았다. 물 속에서 부유하면서 유동하기 위해서는 물과 흡사한 비중의 재료를 사용하여야 하므로 물보다 약간 작은 비중($0.92\sim 0.96\text{kg/dm}^3$)의 Polyethylene이 선택되었고 또한 적당한 내곡성을 주어 다른 담체 및 반응조와의 마찰을 최소화 하여 담체외부의 미생물막을 보호하는 한편 담체의 마모를 최소화 해 담체가 영구적인 수명을 지니는 특징이 있다.
- 천연 모래를 담체로 사용하는 하는 시스템은 미생물막의 부착을 위한 비 표면적이 크기 때문에 반응조의 단위체적당 매우 많은 미생물을 얻을 수 있었다. 그러나 이 시스템의 단점은 매우 큰 비 표면적으로 인해 야기되는 단위체적당 유기물질의 부하가 매우 클 때의 결과이다. 결과적으로 호기성 시스템은 미생물에 의해 사용되어지는 산소를 대체하기 위한 단위체적당 충분한 산소공급을 할 수 없게 된다. 실제적으로 또 다른 문제는 모래 알갱이가 너무 작기 때문에($0.4\sim 0.6\text{mm}$) 모래 알갱이로부터 미생물막을 분리하는 문제였다. 이러한 문제를 고려하여 그림1a. 에 보이는 이 담체는 길이가 약 7mm, 지름이 10mm의 적절한 크기로 결정되었다.
- 단위 부피당 큰 표면적을 가지고 공기의 공급 및 물과 오염물질의 접촉을 원활하게 하고 또한 너무 많은 내부 격벽을 설치해 막힘 현상이 일어나는 것을 방지하기 위해 원통형 내부에 십자형태, 외부에는 길이방향의 핀을 가진 구조로 만들어 물에서 담체가 순환할 때 미생물 배양 및 보호를 위한 최적의 조건을 제공한다. 이 담체는 미생물이 부착될 수 있는 약 $500\text{ m}^2/\text{m}^3$ 의 표면적을 가지고 있다. 미생물 성장은 주로 담체 내부에서 이루어 지므로 실질적인 표면적은 약 $350\text{ m}^2/\text{m}^3$ 정도 이다. 다공성 발포고무나 활성탄의 경우 MBBR공법의 담체보다 훨씬 더 큰 표면적을 지니지만 담체의 내부공극에서

미생물이 자라는 것이 아니라 단지 외부표면에서만 미생물이 성장으로 실제 유효 표면적은 본 공법의 담체보다 적다. 이것은 외부표면의 미생물막이 내부 공간으로의 물과 유기물질의 접근을 방해한다는 것을 의미한다.

- 담체를 선정하는데 가장 중요한 요소중 하나는 경제성과 제조의 용이함이다. MBBR 담체는 길이 방향으로 분리벽을 갖는 인발 성형되는 튜브조각이다. 이런 담체가 특별히 좋은 이유는 다른 가능한 방법(예를 들어 각각의 담체가 개별적으로 제작되어야 하는 주조(die-casting)) 보다 만들기가 쉬워 경제적이기 때문이다. 인발 성형을 위해서 튜브는 연속적으로 인발되면서 적당한 조각으로 잘린다. 모든 분리벽은 튜브의 길이 방향이며 튜브가 잘리는 곳에 관계없이 단면은 항상 같다.



미생물 부착전 생물막 담체



미생물 부착후 생물막 담체

그림 1. MBBR 생물막 담체 (Biofilm Carrier Elements)

표 2. 담체의 특성

구 분	재 료	밀도 (g/cm ³)	규격(mm)	표면적(m ² /m ³)
담체 (carrier element)	Polyethylene	0.92~0.96	지름: 10 높이: 7	500

2.3 유동상 생물막 담체공정(Moving Bed Biofilm Reactor)의 장점

◇ 설치 면적이 적다.

- 폭기조내 미생물 농도를 높게 유지할 수 있어 처리 속도가 매우 빨라 (매우 짧은 체류시간) compact한 시설로 설계할 수 있기 때문에 투자비 (건설비용/용지비용) 가 적음. 기존 활성슬러지 공법 대비 50%이하로 폭기조 용량 줄일 수 있음. 또한 침전성이 좋게 플러크가 형성되므로 침전조 용량을 줄일 수 있음.

◇ 부하변동에 대한 대응성이 강함.

- 유입수량, 농도 및 성분의 큰 변동을 견딜 수 있다. 유기물질의 농도, pH, 온도 및 독성물질의 급격한 변동으로 인한 미생물의 감소는 24시간 이내에 정상으로 복귀되어 정상적인 처리가 가능함. (활성슬러지법의 경우는 정상시스템으로 복귀되는데 1~2주 가량의 시간이 소요됨.)

◇ 질소 및 인 제거에 탁월한 효능 (질소 10mg/l 이하, 인 1mg/l 이하)

- 폭기조 체류 2~3시간으로 질소·인을 효율적으로 제거.
- 특히 5~10℃의 저온에서도 탁월한 성능 발휘
- 증설없이 기존 처리 시설을 이용 질소, 인 제거

◇ 슬러지 발생량이 적음

- 미생물 보존량이 높아 자기소화량이 많고 잉여오니를 줄일수 있음.

◇ 폭기조의 막힘과 침전조의 슬러지 팽화현상이 없음

- 유동상이므로 고정 생물막공법과는 달리 막힘의 염려가 없고 생물막공법이므로 활성슬러지공법의 단점인 슬러지 팽화현상이 없음.

◇ 시설 운전관리 용이 및 안정성 높음

- 활성슬러지 공법과는 달리 반송 슬러지가 없어서 운전 관리가 용이하고 침전조에서 슬러지 농도가 낮아 만약 슬러지의 유실이 있을 경우에도 타 공법보다 안정함.

◇ 경제성 있는 담체

- 담체 재료가 저가이고 생산방식이 다량생산에 적합하기 때문에 경제성 있음

◇ 시스템의 유연성이 큼

- 유량과 유기물 부하가 증가되는 경우에 처리용량을 늘이는 것이 용이함.
- 폭기조 용량의 증설없이 담체 충진을 증가와 산기시설 확충으로 손쉽게 해결.

◇ 시스템 고장시 처리가 간편

- 반응조내의 시설 고장 등으로 시설보수가 필요한 경우 쉽게 처리가 가능. 예를 들어 만약 반응조내 폭기 장치가 막히게 되면 담체를 펌핑함으로서 외부로 퍼낼 수 있음. 유사하게, 공정을 재 가동할 때에도 반응조 안으로 쉽게 펌핑할 수 있음.

◇ 전 세계적으로 실적이 많음

- 세계 16개국 108개 플랜트 (70개의 하수처리 플랜트 + 38개 산업폐수처리 플랜트)에 성능에서 그 뛰어난 성능이 입증되었음.

◇ 반 영구적 접촉재

- 다른 생물막 공법에 사용되는 접촉재는 유동상의 경우 벽면과 담체간의 마찰로 마모가 발생하므로 2~3년 사용 후에는 일정 부분을 교환해야 하고, 고정상 생물막 공법에서는 접촉 여재가 자주 막힘으로 막역세를 하는 동안 일부가 배출되고 마모되어 보충/교환해 주어야 하지만 MBBR 시스템의 경우는 담체가 소프트 플라스틱으로 되어있어 마찰로 인한 마모가 거의 없고 또한 역세를 시키지 않음으로 이로 인한 유실도 없어 그 수명이 반 영구적이라 할 수 있음.

2.4 다른 공정과의 비교

구 분	MBBR 공법	일반 고정 생물막 공법	활성슬러지 공법
담체 방식 및 유무	유동상	없음	없음
설치 면적	적음	보통	큼
유량 및 부하변동	강함	강함	약함
저 온	강함	보통	약함
유기물 용적부하 (kg BOD/m ³ /d)	2.0 ~ 12.0	0.5 ~ 8	0.5 ~ 2
MLSS (mg/ℓ)	6,000 ~ 20,000	6,000 ~ 20,000	2,000 ~ 6,000
BOD 제거율 (%)	90 ~ 95 %	90 ~ 95 %	80 ~ 95 %
TKN (%)	85 ~ 95 %	60 ~ 80 %	40 ~ 70 %
폭기조 체류시간 (HRT)	1 ~ 3 시간	3 ~ 6 시간	5 ~ 10 시간
시설투자비	1	2	1.5
접촉제 가격	저가	고가	-
악 취	적음	보통	많음
슬러지발생량	적음	적음	많음
유지관리비	저렴	저렴	비쌈
증설공사 용이성	매우 용이	보통	보통
반응조 막힘	없음	자주 있음	없음
접촉제 세척	필요없음	필요	필요없음
슬러지 반송	필요없음	필요없음	필요

3. MBBR 시스템을 이용한 대표적인 프로젝트 실적

3.1 덴마크 Ringsted 프로젝트



덴마크 Ringsted에 위치한 150,000상당의 하수처리장은 덴마크 최대의 도축장에서의 산업폐수와 도시하수를 함께 처리한다. 공사는 turn-key 방식이었고 완공년도는 1993년이 었다. 생물학적 질소와 인의 제거를 위해 설계되어진 이 프로세스는 혐기, 전-탈질화과 질산화과정으로 되어 있다. 연속적인 물과 슬러지의 순환이 고도 영양염류처리를 가능케 한다. 반송 슬러지는 혐기조에 유입되기 전에 탈질화 된다. 2차처리에서의 모든 원형조는 미리 주조된 콘크리트 유니트로 되어 있다.

Loads (유입부하)

Population Equivalents:(Municipal)	48,500
(Industrial)	99,500
Dry weather:	22,500 m ³ /d
BOD (Kg/d):	8,884
T-N (Kg/d):	1,373
T-P (Kg/d):	301
SS (Kg/d):	6,638

Effluent Quality Guaranteed

BOD (mg/ℓ):	< 10
T-N (mg/ℓ):	< 8
T-P (mg/ℓ):	< 1
SS (mg/ℓ):	< 20

3.2 영국 Braintree 하수종말 처리장 프로젝트



MBBR 시스템으로서 질소제거를 위해 영국내 최초로 적용된 플랜트로 처리시설 면적은 매우 제한되어져 있고 총 질소제거를 위해 시설을 보수해야만 하는 상황이었다. 이러한 새로운 요구를 기존의 반응조를 7개의 각각의 조로 나누어 MBBR 프로세스를 적용시킴으로서 해결하였다. 이 보수공사는 새로운 1차 침전조와 MBBR프로세스를 설치하기 위해 기존의 스크린과 저장조등을 보수하는것등을 포함하였다.

플랜트와 인근주거시설과의 거리가 가깝기 때문에 공사의 영역에 악취제거설비도 포함되었다. 또한 본 공사는 슬러지 처리시스템을 개보수하는것을 포함하였기 때문에 새로운 중력식 농축기 및 두개의 슬러지 탱크를 설치해 필요하다면 농업용으로 이용할 수 있게 하였다. MBBR프로세스의 적용으로 기존의 처리시스템보다 많은 경제적 이득이 있었고 부지의 문제도 쉽게 해결하였다.

- 유입부하 : 6,800m³/일 (28,000 P.E.)
- 총질소 60% 제거 보증
- 플랜트는 세계의 흐름으로 이루어져 있고 각 7개의 조로 나누어져 있음.
- 첫번째 흐름 : Original Kaldnes Process
- 두번째 · 세번째 흐름 : 두번째 까지는 New Kaldnes Media 그이후는 Original Kaldnes Process
- MBBR 프로세스는 현재 플랜트의 부지 영역을 넘지 않고 시스템의 확장을 해결하였음.

3.3 Spheroactor™ (구형 반응조)



Spheroactor™는 Cambridge Wastewater Innovation Center (캠브리지 폐수처리 혁신센터)에 설치된 가장 최근의 실험적 처리 플랜트이다. 이것은 새로운 반응조 디자인과 콤팩트 한 MBBR 처리 프로세스를 결합시킨 시스템이다.

Spheroactor™는 단단하고 강한 구조를 확고히 하기 위해 12개의 pre-cast concrete segments (미리 틀에 넣어 굳힌 콘크리트)로 건설되어지고 그 다음에 플라스틱 막을 안벽에 붙였다. 이 시스템의 외부지름은 7.7 m이고 체적용량은 200m³이며 4,000명 상당의 처리시설 용량을 제공한다. Spheroactor™처리시설의 기초는 플라스틱 미디어의 폭기 부양(aerated suspension)으로 이루어진 Moving Bed Biological Reactor이다. 오수와 공기가 각각의 분할된 입구를 통해서 반응조로 유입된다. Spheroactor™ 내에서의 배분 및 혼합 시스템은 MBBR매체에 부착되어 자라는 정화 박테리아에 적합한 조건을 제공한다. 처리된 유출수와 사용 되어진 미생물은 상부의 유출구를 통해 Spheroactor™를 나가며 MBBR매체는 특수 설계된 체 뒤에서 계속 유지된다. 하수의 처리수로부터의 고형물질 분리는 compact Dissolved Air Flotation unit(DAF)로 해결된다. 다른 방법들 또한 현재 조사, 검토 되어지고 있다.

Spheroactor™의 성능에 대한 실제적 규모의 평가는 현재 진행 중이다.

만약 상기 프로젝트가 성공한다면 그 프로세스는 컴팩트한 처리기술에서의 KMT사의 세계적 능력의 일 부분이 될 것이다. 미래의 계획은 더 큰 Spheroactor™의 설계 와 건축공사의 대체 재료 조사를 포함한다.

4. MBBR 시스템 공사실적

(1) 하수처리플랜트

설치장소	완공년도	용량 (P.E.)	반응조 용량 (m³)	설치목적
Steinsholt(Norway)	1990	625	50	질소제거, 전-탈질화
Eidsfoss (Norway)	1992	500	52	BOD 제거, 1,000 P.E. max.
Harran (Norway)	1992	600	5	BOD 제거
Bekkelaget (Oslo)	1992~93	15,000	595	질소제거, 후-탈질화
Tana-Bru (Norway)	1993	1,750	99	호기성 반응조, BOD 제거
Karasjok (Norway)	1993	4,000	87	호기성 반응조, BOD 제거
Risby (Norway)	1993	70	5	BOD 제거
Lillehammer (Norway)	1994	70,000	3,840	질소제거, 전/후-탈질화
Vrigstad (Sweden)	1994	2,300	114	활성슬러지 플랜트 교체
Farstorp (Sweden)	1994	200	22	활성슬러지 플랜트 교체
Saleboda (Sweden)	1994	700	22	호기성 반응조, BOD 제거
Sandersten (Norway)	1994	350	19	BOD 제거
Siljan (Norway)	1995	2,200	110	BOD 제거
Medi Grong (Norway)	1995	1,700	100	BOD 제거
Dejtar (Hungary)	1995	3,000	206	질소제거, 전-탈질화
Bury St.Edmunds (UK)	1995	40,000	500	질소제거
Doddington (UK)	1995	4,000	300	BOD 제거
Munkedal (Sweden)	1995	7,000	230	BOD 제거
Holmestrand (Norway)	1996	15,000	-	COD 및 인제거
Deje (Sweden)	1996	4,200	100	BOD 제거 및 DAF 설치
Byrkjelo (Norway)	1996	2,850	33	BOD 제거
Anwick STW (UK)	1996	N/A	1,800	고정상 프로세스 교체
Dunwick (UK)	1996	250	20	BOD 제거 및 질소제거
Nordre Follo (Norway)	1997	40,000	3,700	질소제거, 전/후-탈질화
Skare, Odda (Norway)	1997	500	12	BOD 및 인 제거
Rdal, Odda (Norway)	1997	700	14	BOD 및 인 제거
Ra, Inder (Norway)	1997	7,500	179	BOD 제거

설치장소	완공년도	용량 (P.E.)	반응조 용량 (m³)	설치목적
Plaza Indonesia (Indonesia)	1997	1,800	170	BOD 제거
Bjuv (Sweden)	1997	16,000	171	질소 제거
Derby Pride (UK)	1997	N/A	545	BOD 제거
Colchester STW (UK)	1997	50,000	500	BOD 제거, 용량 증설
Spind (Norway)	1997	250	8	BOD 제거
Western Plant (New Zealand)	1997	11,000	350	BOD 제거
Klagshamn (Sweden)	1997	900	171	질소 제거
Laufker (Switzerland)	1997	10,000	835	질소 제거
Nettleham (UK)	1997	4,800	316	BOD 제거
Oker (Sweden)	1997	14,000	439	질소 제거 (후-탈질화)
Tuddenham (UK)	1997	1,000	37	질소 제거 (3차 질산화)
Skeppshult (Sweden)	1997	600	30	BOD 제거
Hallabro (Sweden)	1997	300	14	BOD 제거
Linneryd (Sweden)	1997	600	80	BOD 제거
Moa Point (New Zealand)	1998	200,000	2,760	BOD 제거
Gardermoen (Norway)	1998	50,000	5,790	질소제거 (전/후-탈질화)
Nykoing (Sweden)	1998	70,000	3,660	질소제거 (전-탈질화)
Braintree STW (UK)	1998	28,000	2,360	K2 담체를 이용한 업그레이드 (질소제거)
Corby STW (UK)	1998	240,000	4,000	BOD 제거를 위한 용량증설
Great Dunmow STW (UK)	1998	8,000	650	BOD 및 암모니아 제거
Velkua Kunta (Finland)	1998	100	12	BOD 제거
Bury St.Edmunds II(UK)	1998	17,000	1,000	질소 제거 (3차 질산화)
Pyewipe (UK)	1998	314,000	3,960	BOD 제거
Naprava (Slovenia)	1998	N/A	500	질소제거 테스트 플랜트
Penig (Germany)	1998	50	6	BOD 제거 (업그레이드)
Burgsvik (Sweden)	1998	2,000	45	BOD 제거
Strogno (Sweden)	1998	25,000	1,000	질소제거 (질산화+후-탈질화)
Noum (Sweden)	1998	500	25	BOD 제거

설치장소	완공년도	용량 (P.E.)	반응조 용량 (m³)	설치목적
Ljusdal (Sweden)	1998	12,500	56	BOD 제거
Sjounda (Sweden)	1998	375,000		탈질화
Shoreham (UK)	1999	N/A	115	Reject water 처리
Frya (Norway)	1999	9,000	176	BOD 제거
Tretten(Norway)	1999	4,300	108	BOD 제거
Fislisbach (Switzerland)	1999	9,900	1,063	질소 제거
Sernftal,Engi (Switzerland)	1999	3,000	202	회전원판법 플랜트 교체
Margretelund (Sweden)	1999	40,000	2,750	질소제거 질산화, 전/후-탈질화
Caboolture (Australia)	1999	40,000	200	질소제거, 후-탈질화
Colchester (UK)	1999	250,000	786	BOD 제거
Bekkelaget (Norway)	2001	220,000	1,325	질소제거

(2) 산업폐수 처리플랜트

설치장소	완공년도	용량 (P.E.)	반응조 용량 (m³)	설치목적
Oppland Chips (Norway)	1992	1,400 kg COD/d	210	감자가공 공장, BOD 제거
Sande Paper Mill (Norway)	1993	60,000kg COD/d	1,700	판지 공장, COD 제거
Stora Papyrus Grycksbo (Sweden)	1993	700 kg BOD7/d	135	제지 공장, BOD 제거
Meieriet Sor (Norway)	1993	210 kg BOD7/d	65	유제품 제조업 공장, BOD 제거
Gjovik Potetindustri (Norway)	1994	1,000 kg COD/d	134	감자가공 공장, BOD 제거
Lom & Skjak (Norway)	1994	250kg BOD7/d	100	유제품 제조업 공장, BOD 제거
Shoalhaven Mill (Australia)	1995	5,000 kg COD/d	576	제지 공장, COD 제거
SCA Hygiene Paper PlantMainz Korthheim, (Germany)	1995	8,900kg COD/d	380	제지 공장, COD 제거
Borgeskoegen (Norway)	1995	200kg COD/d	40	탱크 세척 공장 COD-removal
Alier (Spain)	1996	15,000kg COD/d	600	제지 공장 COD 제거 (활성슬러지 공법과 연결)
IVEX Packaging Corp.(USA)	1996	460kg BOD5 /d	166	제지 공장, BOD 제거
PRIOR (Elverum, Norway)	1997	840kg BOD7/d	150	닭 가공 공장 BOD 제거
Campari/Saceccav (Italy)	1997	228kg BOD5/d	120	Destillery 공장, BOD 제거
Werra Papier (Germany)	1997	565 kg BOD/d	130	제지공장, BOD 제거
Asahimatu Food (Japan)	1997	70kg BOD5/d	42	간장 증기공장, BOD 제거
Hoogoven (Kwidzyn, Polen)	1997	600 m³/hr		지하수 질산화

설치장소	완공년도	용량 (P.E.)	반응조 용량 (m³)	설치목적
Oltedal (Norway)	1997	325kg COD/d	129	직물 공장, COD 제거
Morinaga Co. Ltd. (Japan)	1998	158kg BOD/d	60	BOD 제거 혐기 처리 공정 개선
Nippon Light Metal Co(Japan)	1998	40 kg COD/d	117	활성슬러지 후단의 COD 제거
Exxon Chemicals (USA)	1998	13,600kg BOD5/d	2,000	BOD 제거
Norsk Hydro (Rafnes,Norway)	1998	230kg BOD7/d	85	BOD 제거
Phillips Petroleum (USA)	1998		900	BOD 제거
Maggi Kempthal (Switzerland)	1996 1998	150kgTN/d 1,000kg BOD5 /d	280 600	질소 및 BOD 제거 질산화 및 전-탈질화
Thurpapier, (Weinfelden Switzerland)	1998	4.760 kg COD/d	420	제지 공장, BOD 제거
Valley pride Park Norwalk, WI, USA	1998	1,337KG BOD5 /d	266	도축장, BOD 제거
Fiskeby Board	1998	10,000 kg COD/d	255	폐지 재활용 공장 COD 제거
Schofelder Papierfabrik (Germany)	1999	2.600 kg COD/d	270	제지 공장 COD 제거