

# 지하수 개선 처리장의 고정식 막형 생물학적 반응기에서 VOC 제거 호기성 박테리아 수 10,000배 증가와 탄화 수소들 극적으로 감소

## 문제점

미국 메사추세츠주 Eastham 도서관은 주차장 조성을 위하여 인근의 부동산을 구매 했습니다. 구 건물 등을 헐고 토지를 정리할 때, 기존 빌딩의 지하실 안에 연료유 탱크가 알 수 없는 여러 해 동안 새서, 기름이 지하로 스며들었던 것으로 발견되었습니다. 그 빌딩은 Cape Cod(메사추세츠주의 동쪽 끝 반도)에서의 통상과 같이 모래 위에 지어졌고, 누출된 기름은 여러 해에 걸쳐 대수층까지 도달하여 지하수를 오염시켰습니다. Cape Cod에서는 지하수가 그 지방 물 공급의 원천이었으므로, Eastham시에 의하여 이 지하수 개선 Project에는 높은 우선순위가 주어졌습니다.

두 단계의 해결책이 여기에 기술되어 있습니다.

1. 용존 산소로 물을 포화시키기 위하여 Venturi식 공기 주입기 사용
2. 박테리아가 서식할 극히 큰, 이상적인 표면을 제공하기 위하여 HD Q-PAC®을 추가 설치

## 해결책 - 1부

그 도시는 지하수 개선 프로젝트들에 많은 경험을 가진 Bennett & O'Reiny사를 Engineering 회사로 채용하였습니다. 그 회사의 기술자가 생물학적 오염 제거의 해결책을 고안해 내기 위하여 Venturi식 공기 주입 공급사와 협의 했습니다. 생물학적 해결책의 주된 문제점은 그 지하수의 용존 산소의 농도가 통상 2ppm이하라는 사실이었습니다.

Venturi식 공기 주입 공급사의 특허 등록 된 산소 이송 시스템이 이 문제를 해결합니다. 그 Venturi식 공기 주입기는 물 속의 용존 산소를 10ppm까지 증가시킵니다. 이 높아진 산소 농도가 미생물 활동도의 높아진 수준을 지원합니다. 그 높아진 박테리아의 활동 수준은 탄소 성분을 함유한 기름을 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 변환시킵니다.

그 Venturi식 공기 주입기는 크지 않습니다. 그래서, 상시 순환 처리 시스템이 크게 장애가 되지 않는 옥외 건물에 내장될 수 있게 합니다. 내장되어 있는 처리 시스템은 일반 Utility 건물 같이 보입니다. (그림 1).

어떻게 그 Venturi식 공기 주입기가 역할을 하는지 말미에 있는 부록 1을 보십시오.



그림 1 : 그 시스템의 건물

## 해결책 - 2부

그 물 안에서 시초의 탄화수소 파괴는 유망하였으나, 탄화수소의 제거 효율은 미생물 활동도의 수준을 증가시킴으로서 더 이상 개선될 수 있는 것으로 결정되었습니다. 이 목표를 달성하기 위하여 사용되는 공통적인 방법은 플라스틱제 매체(또는 충전 담체)를 물에 추가 설치하는 것입니다.

그 충전 담체들은 미생물들에게 그 위에 서식할 추가적인 표면을 제공함으로써, 미생물의 성장을 지원합니다.

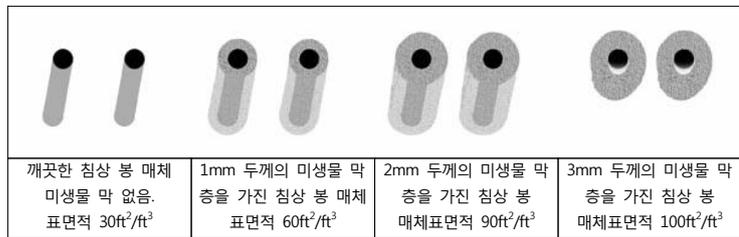
사용된 담체는 Lantec사가 공급한 HD Q-PAC<sup>®</sup>이었습니다. 이 담체는 미생물이 많은 침상 봉들의 원형 표면들과 극히 큰 표면적(미생물 미 서식 시, 132 ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup>) 위에서의 서식을 지원하도록 만들어졌습니다. 원형의 매체는 실제의 미생물 서식 표면은 그 매체 자체 표면이 제공하는 것보다 얼마만큼은 더 크게 될 것이라는 것을 보장합니다. 추가하여, 원형의 매체는 다른 여러 가지의 주요 장점들을 제공합니다.



1. 미생물 서식의 실효 면적은 그 매체의 정격 표면적보다 클 것이 확실합니다.
2. 매체가 자정 능력이 있습니다.
3. 미생물은 성장함에 따라 그 매체로부터 탈리되면서, 물은 유용한 박테리아로 종균 됩니다.
4. 매체 위에 잔류하는 미생물의 서식처는 최대량의 영양제들(연료유의 탄화수소들)이 소모될 수 있도록 활성화된 성장 상태를 유지합니다.

이러한 점들을 아래에 그림으로 표시합니다.

그림 2. 하나의 원형 표면에서 미생물 성장 진행



4ft<sup>3</sup>의 HD Q-PAC<sup>®</sup>이 2003년 2월 1일 지하 탱크에 충전 설치되었습니다. 개당 여러 층으로 분리 설치 하였을 때, 이 양이 그 물의 전면이 담체로 덮였음을 확신할 수 있을 만큼 충분한 그 담체의 양이었습니다. 대부분의 그렇게 충전된 폴리프로필렌제 HD Q-PAC<sup>®</sup>은 비중이 0.91이므로 물의 표면 바로 아래 떠 있었습니다.

거의 528ft<sup>2</sup>의 총 표면적이 미생물 성장을 지원하기 위한 가용 면적이 되었습니다.

6주 후 그 물의 미생물 서식에 대하여 시험 관측 되었습니다.

이 시험의 결과는 :

HD Q-PAC<sup>®</sup> 충전 전 : Cm<sup>3</sup>당 10<sup>3</sup> 활성화된 미생물 세포  
 HD Q-PAC<sup>®</sup> 충전 후 : Cm<sup>3</sup>당 10<sup>7</sup> 활성화된 미생물 세포



그림 3. 미생물 막 발전

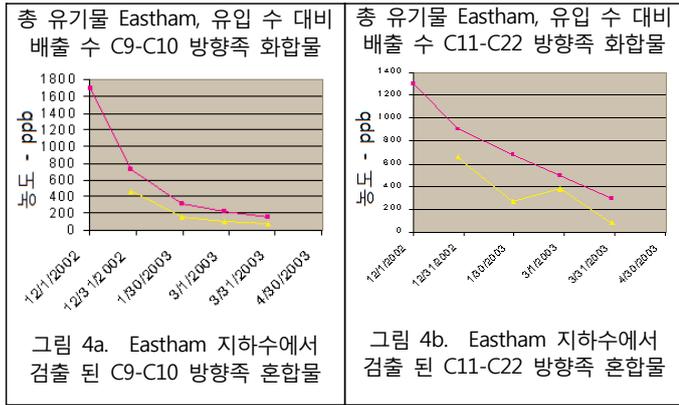
그러므로, HD Q-PAC<sup>®</sup>을 그 지하수에 충전함으로써 미생물의 활동도의 10,000배 증가가 성취되었습니다. 그림 3에 HD Q-PAC<sup>®</sup> 위에 잘 형성된 미생물 막을 보실 수 있습니다.

연료유 오염 감소

그림 4a와 4b에 그 지하수에서 유기물들의 감소를 표로 표시합니다.

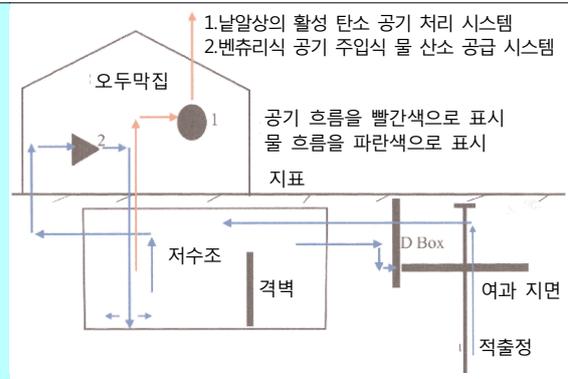
이 노력들은 다음의 결과에 도달하게 했습니다.

1. Eastham 대수층에 돌아 온 물은 주정부 명령의 배출 품질 기준들 이내입니다.
2. 3곳의 관측정에서 탄화수소에 오염된 증거는 없습니다.
3. 인근 토지에서 음용수를 제공하는 우물들은 이곳으로부터의 오염에서 안전한 것으로 판단됩니다.



부록 1. 벤츄리식 공기 주입기의 역할

이 개선 처리 해결책을 이곳에 설명합니다. 그 지하수층의 수위는 지표로부터 30ft 지하입니다. 적출정이 물을 지하 35ft로부터 양수합니다. 이 물이 개조된 폐수 정화조 내의 물 표면에 배수됩니다. 그 저수조내에 통상 저수되어 있는 물의 양은 800gallons입니다. 그 수온은 한 겨울에도 60°F입니다. 그 물의 pH는 전반적으로 유입수가 6.6, 배출수가 6.9입니다.



벤츄리식 공기 주입기를 통과하여 재순환되는 물은 상부 오두막 집에 있는 100gpm의 순환 펌프에 의해 저수조 내에서 양수됩니다. 이 펌프의 통상 가동 유량은 50gpm입니다. 이 물이 벤츄리식 공기 주입기를 통과하면서, 그 물 안의 용존 산소 수준이 2ppm 이하에서 7ppm 이상으로 증가 합니다. 산소가 공급된 물은 탱크내의 저수조 밑으로 돌려보냅니다. 이 물은 저수조의 밑으로 그 배수 관로의 밑에 있는 3/8"의 많은 구멍들을 통과하여 확산됩니다.

처리된 물은 15gpm으로 그 탱크로부터 제거되어, D Box와 적출정 위의 여과 지면을 통과하여 지하로 되돌려 보내집니다. 지하로의 배수부와 산소가 추가 주입된 물의 배수부 사이에 설치된 격벽(Baffle)이 있습니다. 저수조 내에서의 미생물 활동에 추가하여, 이 공정에서 휘발성 유기 화합물들의 일부가 물로부터 방출됩니다. 이러한 유기물들을 함유한 배기는 유기물 증기를 흡수하는 활성 탄소를 통과하며 잡힙니다. 이 공기는 그러고 나서, 오두막집에서 배기됩니다. 그 시스템의 공기 처리 부분이 그림에 나타나 있습니다.