

현실 다루기 저렴하고 단순한 파력발전

# 저렴하고 단순한 파력발전

| 스테판 니스트렘 | 진선 '지금여기' 번역위원 옮김 |

출렁이는 파도의 상하운동을  
단순하고 저렴한 장치를 통해  
회전운동으로 바꾸어 발전하는  
대체에너지 기술을 소개합니다(편집자 주).

**파**도는 끊임없이 위아래, 그리고 앞뒤로 움직인다. 간단한 기계장치인 웨이브 리퍼(Wave Reaper: 파도를 받아들이는 장치)는 비용을 많이 들이지 않고 파도의 움직임이 가지고 있는 이러한 장점을 활용하고 있다. 앞에서 말한 것처럼 파도는 위에서 아래로 움직이며 반면 대부분의 발전기는 하나의 축 주위로 회전한다. 그리고 파도의 크기가 상당히 많이 변하기 때문에 파력 에너지를 사용하려고 할 때, 많은 문제점이 나타나게 된다. 오늘날 파력 에너지 관련 기술은 비용이 많이 소요되므로 에너지를 만드는 다른 방식에 대해 경쟁력이 없었다. 그러나 웨이브 리퍼의 파력 에너지 기술은 북유럽과 영국에 황폐화를 초래하는 북해로부터 해안선을 보존하기 위해서도 역시 사용될 수 있을 만큼 가능성이 많다.

아래의 도표는 부표, 와이어, 그리고 일방향 베어링(자전거 페달에서 쓰이는 베어링과 같은 것으로 한쪽 방향으로만 돌아감)이 연결되

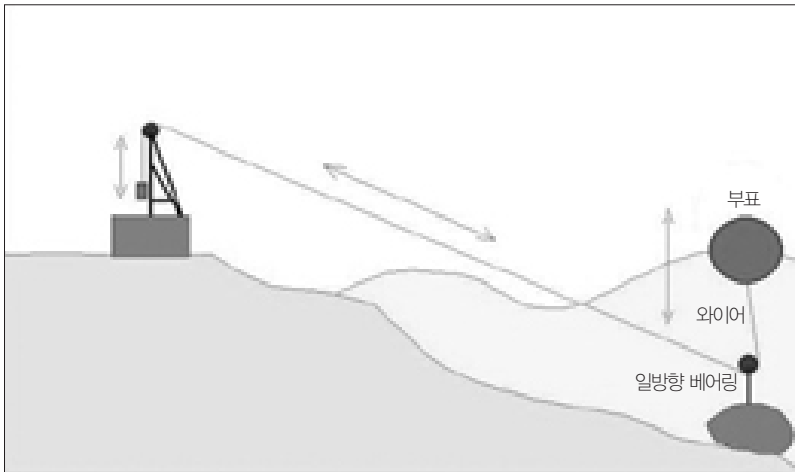


그림 1. 해안가의 웨이브 리퍼

어 있는 것을 간단하게 그림으로 나타낸 것이다. 모든 종류의 파력 에너지 관련 구조물에서 문제가 되는 것은 폭풍이 불 때나 거친 파도로 인해 최대 부력이 생길 때인데, 웨이브 리퍼는 안정적인 외관을 갖도록 설계되어 있으며 그렇게 함으로써 장비에 손상이 발생하는 것을 피할 수 있다. 그 이유는 부표의 그 힘이 강할 때는 통들이 물 표면 아래에 가라앉아 있을 것이기 때문이다. 이 때문에 웨이브 리퍼는 어떠한 기후에서도 작업이 가능해지지만, 플랜트에서 최대한 비용 대비 이윤을 얻기 위해서, 웨이브 리퍼는 항상 발생하는 중간 정도의 파도를 활용하도록 만들어질 것이다.

또 다른 요소는 물과 발전기에 관한 것인데, 거의 모든 기술이 그렇듯이, 고비용의 디자인과 재료를 사용하지 않고서는 염분이 있는 바닷물을 사용할 때 문제점이 발생한다. 장비 내부에 물이 스며들 수 있고 그렇게 되면 전기 회로가 망가지게 되는 것이다. 따라서 부식으로부터 피할 수 있도록 해야 하며, 바다 속에서 물이 스며들고 부식되며 압력을 받는 것에 대비해야 한다. 또한 수심이 있는 특별한 환경으로 인해서 잠수부들이 반드시 필요하게 되고 또 값나가는 장비들도 필요하기 때문에 파력 에너지의 비용이 매우 높아지게 되었던 것이다.

달리 말하자면 수중 기술은 비용이 적지 않게 든다. 비용이 높아서 소비자들에게 더욱 생산비가 높은 에너지를 공급하게 되기 때문에 이러한 문제점을 해결해야 하는 것이다. 우리는 발전 비용이 높아지는 것을 바라지 않기 때문에 그러한 문제를 해결하기 위하여 파력 에너지 발전 개념을 보다 쉽게 바꿀 필요가 있다. 의외로 해법은 간단하다. 와이어, 플라스틱 원통, 일방향 베어링, 도르래, 축, 플리이휠 그리고 발전기와 같은 기본 소재를 사용하면 된다.

그런 것들이 주요한 구성물이며 지금까지 세상에서 가장 비용이 저

렴한 파력 에너지 기술을 만들 수 있는 것이다. 이런 부속품은 선택 여하에 따라서 나무나 자전거의 부품으로 만들 수도 있다. 값비싼 금속과 금속 공작기기를 쉽게 구할 수 없는 나라에서는 이런 것들이 매우 훌륭한 소재가 될 수 있다. 배선을 제외한 웨이브 리퍼 발전기 부속품은 나무, 플라스틱 또는 보다 값이 나가는 금속으로 만들 수 있다.

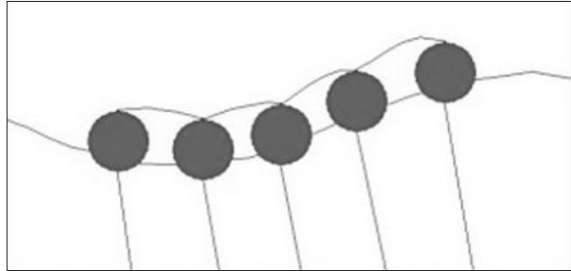


그림 2 웨이브 리퍼:  
파도 속 플라스틱 원통

우리는 플라스틱 통을 여러 개 사용해서 부표로 사용할 것인데 가격이 저렴하며, 통의 재료인 PVC가 짠 바닷물에 영향을 받지 않는다는 점을 고려한 것이다. 이러한 원통들은 가까운 바닷가 또는 좀 더 먼 곳의 깊은 바다 속에 배치될 것인데, 특정 파력 플랜트에서 필요로 하는 에너지의 양에 따라서 위치가 결정될 것이다. 원통들은 또한 해안의 침식 문제도 해결할 수 있도록 도움을 줄 것이다. 그 사례로 영국을 들 수 있다.

웨이브 리퍼에 특수 알루미늄 파이프를 사용하면 잠수부와 배가 필요없다. 여러 파이프를 사용하여 먼 바다까지 연결시킨다. 해안선으로부터 300미터 떨어진 곳까지 연결하는 것이 가능하다고 생각하는 데 그렇게 하면 더욱 깊은 곳까지 다다를 수 있으며 그곳에서도 역시 파도는 더욱 커진다. 부유 컨테이너는 파이프에 부력을 공급하게 되

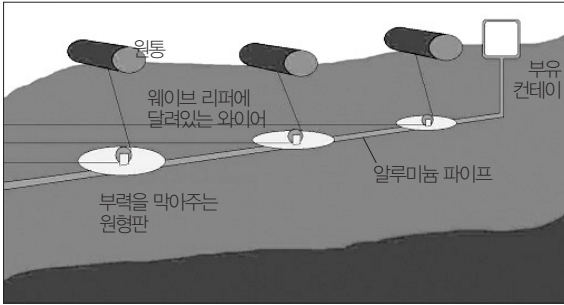


그림 3. 전력 전송 와이어, 그리고 부력을 제어하는 알루미늄 파이프

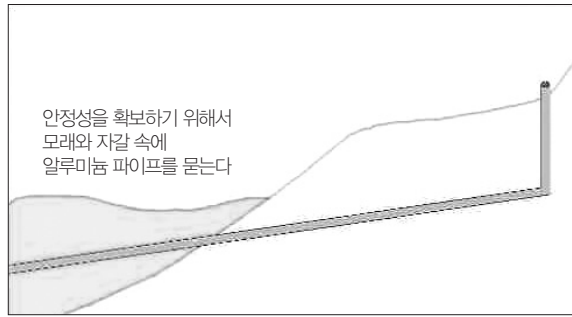
고, 해안가 웨이브 리퍼 발전기에서 전력을 생산하도록 하는 원통들 바로 아래에 원형판이 놓이게 되는데 그 역할은 원통들이 파이프에 가하는 부력을 제지하는 것이다.

파이프는 수중 5미터 가까이 일정한 지점에 남아있게 된다. 이렇게 설계를 하면 웨이브 리퍼 플랜트는 단지 해안에서만 작동할 수 있기 때문에, 파력 발전의 경우 일반적으로 소요되는 잠수부나 배가 필요하지 않게 된다.

이렇게 되면 시설비용이 낮아지게 되고 플랜트를 가동시키기 위한 교육훈련도 많이 필요 없어지며 잠수를 하지 않아도 된다. 잠수와 관련된 부분은 파력 발전기를 운용하는 데에 있어서 가장 비용이 많이 드는 부분이다. 도르래의 와이어와 원통에 문제가 발생하면 손쉽게 파이프를 해변으로 끌어올릴 수 있고 수선을 하거나 교체할 수 있다.

원통 사이에는 2미터의 거리를 유지하도록 하고 “전력 전송 와이어”를 통해서 본토에 있는 웨이브 리퍼 발전기와 연결시킨다. 원통들 사이도 보다 가는 와이어로 연결해두는데, 그렇게 해두면 전선이 끊어지더라도 원통이 바다에서 표류하지 않게 되며 또한 바다의 파도가 거세질 때 통들이 서로 부딪쳐서 부서질 수 있는 가능성도 배재할 수 있게 된다.

그림 4. 비용을 저렴하게  
 들고 장치를 만들기  
 위해서 알루미늄  
 파이프를 자갈과 모래  
 속에 묻는다.



부력 역시 이 장치에 전력 투입을 최대한 전달할 수 있게 하는데, 크고 빠르게 파도가 칠 때, 원통들은 허용된 범위 이상으로 더 많이 떠오르지 않으며, 이 장치가 웨이브 리퍼 플랜트를 만들 때 정한 범위 내에서 유지될 수 있도록 해준다.

이번 실험을 위해서 우리는 가격이 저렴한 재료만을 사용했는데, 그 이유는 생산비를 낮추고, 전 세계 어느 곳에서나 이러한 타입의 파력발전 장치를 만드는 것이 가능하다는 것을 보여주며, 자동차 부품



그림 5. 웨이브 리퍼 미터 당 파력에 의한 전력 산출량을 킬로와트로 환산하면, 전환 후 약 30% 가량의 에너지를 얻을 수 있음.

등과 같이 수입에 의존하지 않고 그 지역에서 구할 수 있는 재료를 사용할 수 있다는 것 또한 보여주고 싶었기 때문이다. 이 밖의 재료들 역시 사용될 수 있으며 그와 마찬가지로 다양한 방식으로 장치를 설계할 수도 있다. 간단할수록 좋다는 말이 있는 것처럼 몇몇 부분들과 베어링은 설비 단가를 낮출 수 있도록 해주며 수리 또한 가능하도록 해준다.

와이어는 끝에 있는 체인에 연결되어 있고 축에 설치되어 있는 일방향 베어링(축이 한쪽 방향으로만 도는 베어링)에 부착되어 있는 플라이휠에 작용을 한다. 이렇게 되면 와이어에서 끌어당기는 힘이 회전 운동으로 전환되고 가격이 비싸지 않은 발전기에 적합하게 된다.

이런 경우 와이어는 4mm의 강철선을 사용해야 하고, 최대 약 300kg 정도의 견인력을 보여준다. 오늘날 팔레트(화물을 얹는 발판)에서 포장하는 데에 흔히 사용되는 PVC밴드와 같은 플라스틱 소재도 사용될 수 있는데, 이런 종류의 PVC밴드는 매우 강하며 가볍고 비용면에서 효율적이다, 물론 태양으로부터 나오는 자외선은 장기적으로는

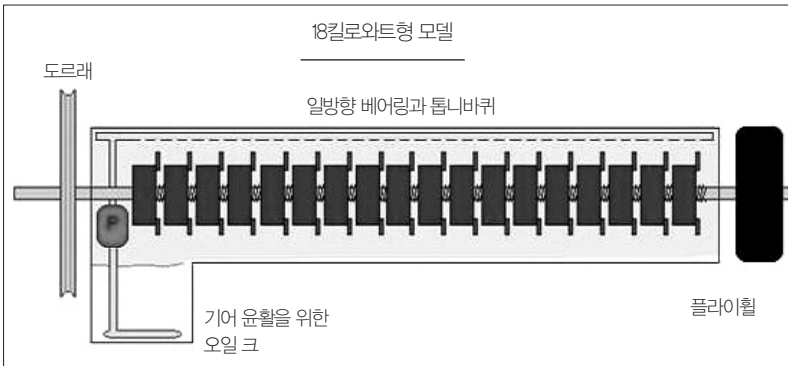


그림 6. 웨이브 리퍼 정면 개념도

영향을 미치겠지만 수중에 잠겨있는 부분은 어느 정도 자외선으로부터 보호된다고 할 수 있다.

플라이휠 역시 축에 설치되어 부유하고 있는 원통에 의해 만들어지는 관성력을 모으고 저장한다. 플라이휠로 인해서 축의 회전도 보다 부드러워진다. 그렇게 되면 도르래에 의해서 작동되는 발전기는 정확한 회전수(rpm)를 만들어낸다. 그다지 심각하지 않은 고장인 경우 도르래가 아래로 돌아가는 경우가 없도록 계획되어 있다. 그런 경우가 생긴다면 정전류 발전기(constant current generators) 또는 특수 전자 장치가 사용되지 않았기 때문이다.

와이어가 발전기를 설치한 장소(generator housing)까지 다다르게 되는 지점에서 하나의 체인이 와이어에 설치되고 그 와이어가 톱니바퀴를 움직인다. 그리고 일방향 베어링은 파도가 원통을 들어올릴 때 체인을 끌어당기도록 하지만 도르래가 마음대로 뒤로 회전할 수 있도록 해준다. 파도의 높이가 다시 낮아지게 되면 매우 작은 추가 체인에 연결되어서 와이어를 느슨하게 만든다. 플라이휠이 하나 장착되고

도르래는 고르게 발전기를 움직인다.

일방향 베어링에는 도르래와 와이어가 사용되고, 보다 하중이 나갈 때에는 체인과 톱니바퀴도

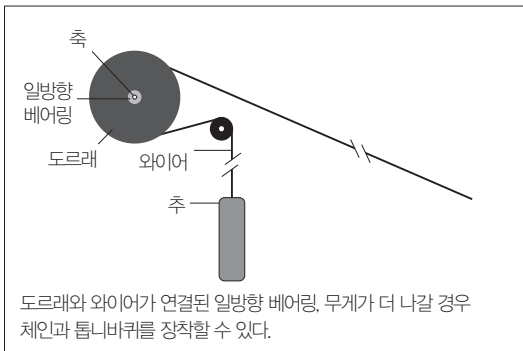


그림 7. 웨이브 리퍼 개념도 특징

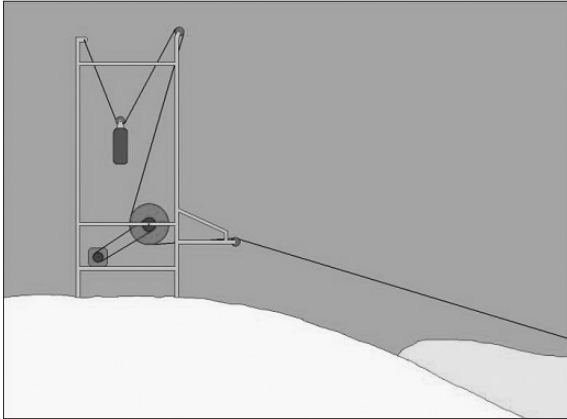


그림 8-1.  
원형 설계 제안

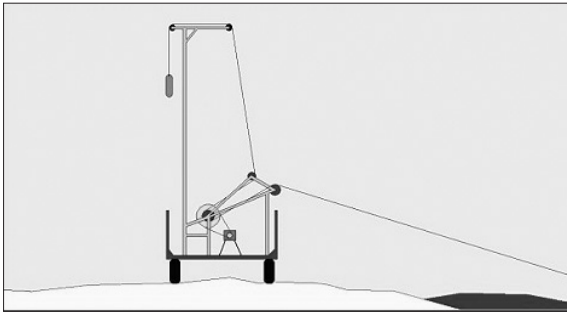


그림 8-2.

추가할 수 있다. 일방향 베어링은 자전거 등에서 볼 수 있으며 한 방향으로 자유롭게 회전하지만 역 방향으로서는 회전하지 않고 동력을 붙잡아서 변환시킨다. 이와 같은 일방향 베어링이 웨이브 리퍼에 사용되는데 그 구조를 단순화하고 비용효과를 가져온다. 파도가 위아래로 움직이는 상하운동이 회전운동으로 바뀌게 되고 발전기에는 가장 적합한 형태로 된다.

## 일방향 베어링을 사용할 때 이익이 되는 점

원통들은 무작위 패턴으로 위 아래로 점프한다; 그러나 이것이 발전기 축에는 고른 움직임을 가한다. 그리고 발전기 축의 플라이휠은 파도에 에너지가 실리자마자 그 동력을 와이어에 전달하고 그런 다음 축에 옮기게 된다. 플라이휠은 순간적으로 파도로부터 얻어지는 힘을 저장한다.

웨이브 리퍼는 설계가 그렇게 되어있기 때문에 늘 파도의 높이를 고려하여 스스로 조절을 하며 조수의 움직임과 변화하는 기후 패턴에 따라서 높아지거나 낮아지는 바닷물의 높이에는 조절이 필요하지 않다. 웨이브 리퍼™는 바다 속에서 최적의 높이에 맞도록 하기 위해서 늘 스스로 균형을 맞춘다.

사례 : 원통을 열개씩 열 줄로 배치한다. 플랜트의 크기는 가로 세로 20미터가 되고 전체 400 평방미터에 달하게 될 것이다. 그리고 원통들은 100개의 와이어로 연결될 것인데 그렇게 되면 기계적인 에너지가 발전기로 전달되게 된다. 이러한 타입의 플랜트는 시간당 100에서 500 킬로와트의 전기를 발생시킬 수 있는데 그렇게 되면 매달 6,500에서 25,000달러에 달하는 수익을 얻을 수 있는 데 반해서, 발

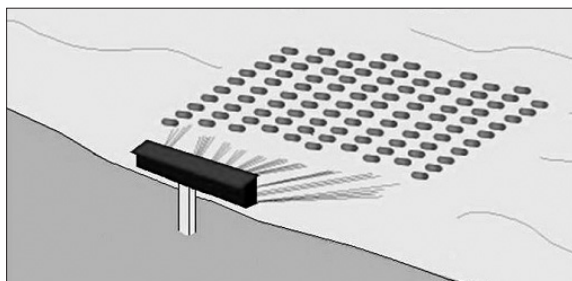


그림 9.  
1메가와트 플랜트에서  
500 킬로와트를 생산

전소를 건설하는 비용은 단 20,000 달러에 불과할 것으로 평가된다. 그렇게 되면 웨이브 리퍼는 여러 해가 걸리는 대신 단 몇 개월만에 이익을 얻을 수 있게 해준다!

정교한 장치나 점검이 많이 필요한 복잡한 기술은 필요하지 않다. 이 기술은 거의 무료로 제공되었기 때문에 이제 누구든 자신만의 발전기를 만들 수 있다.

친구와 적을 떠나서 이제 모든 이들에게 전 세계 에너지 분야에서 변화가 일어나고 있다는 사실을 알려야 할 때가 왔다. 석유 기반 경제는 더 이상 필요하지 않다는 것을 모두가 받아들이도록 하며, 보다 나은 세상을 건설하고 굶주린 자들을 배부르게 하며, 병든 자들을 고치고, 더 나아가 낡은 석유 기반 시대 기술로 인한 환경오염도 중지시키도록 하자.

다음은 오프쇼어 웨이브 리퍼 설계도이다, 그림에서 보는 것처럼 이제 발전기 세트에 단 하나의 축만을 사용할 수 있으며, 그렇게 함으로써 유일한 발전기에 많은 전력을 가져다 줄 수 있게 되었고, 규모가

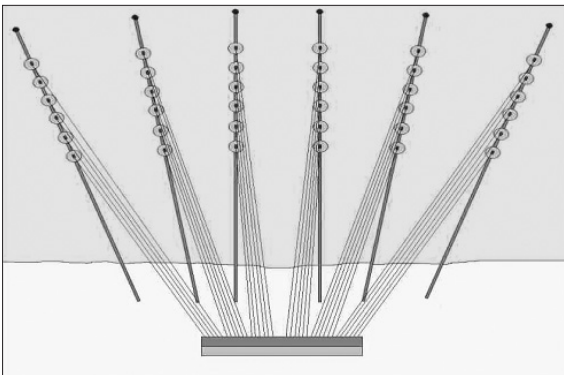


그림 10-1.  
오프쇼어 웨이브  
리퍼(Giga to Terra Watt  
Design)

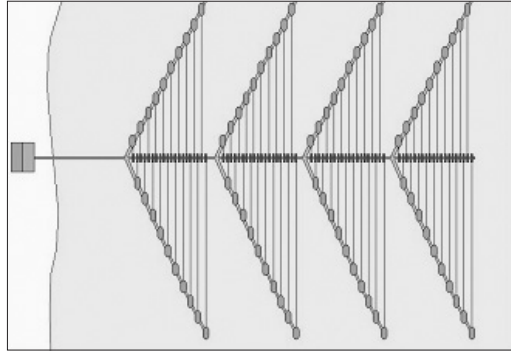


그림 10-2 위에서 본 모습

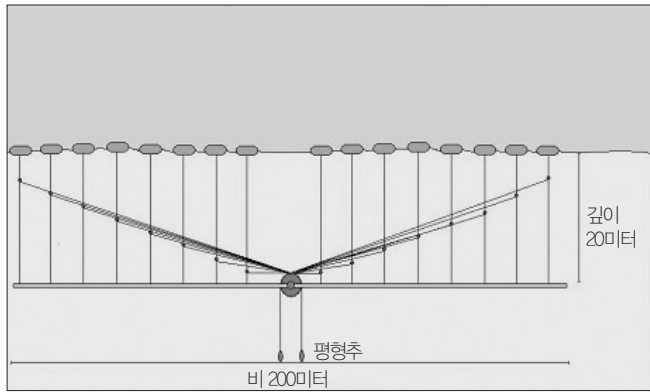


그림 11.  
정면에서  
본 모습

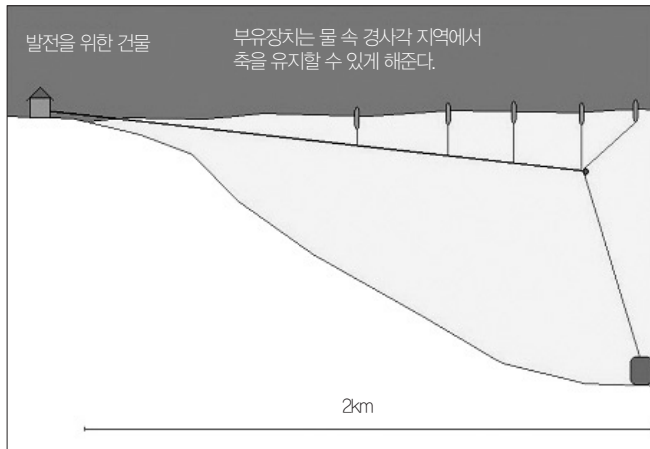


그림 12.  
경사각 지역을  
측면에서 본  
모습

상당히 커질 수 있다.

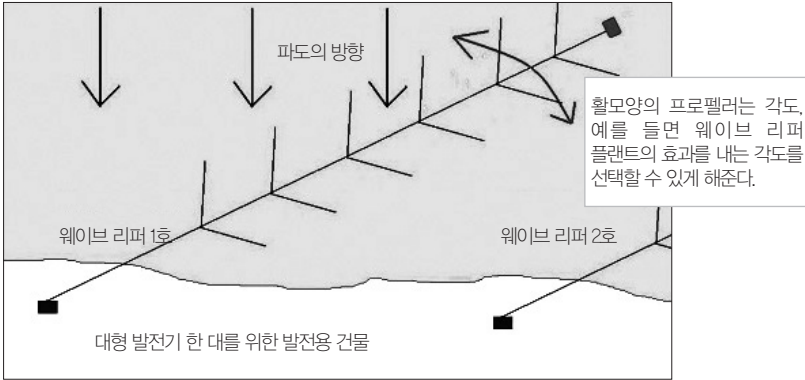


그림 13.

이렇게 설계를 하면 전력 생산을 쉽게 선택할 수 있게 해 준다.

발명가 팀으로부터 감사의 말을 전합니다. 🌀

- 이 글은 저자의 허락을 얻고 wavepartner.eu에서 발췌하였습니다.
- 이 글은 미내사의 허락없이 무단전재나 배포를 할 수 없습니다.

저자 | 스테판 니스트렘(Stefan Nystrom) |

역자 | 진선 | 대학에서 불어불문학 전공/ 유럽에서 몇년 살았으며 철학과 미술사를 전공함.  
통역대학원 졸업. 역서 ; 창해 ABC 문고 <베르메르>