

고려사이버대학교 기말고사 리포트

# 거제 연안 해상풍력발전단지 구축

2020년 12월

고려사이버대학교

전기전자공학과

202031346 류 광 현

## 리포트 목차

1. 서론	
1.1 연구배경 및 목적 .....	4
2. 국내 신재생에너지 현황	
2.1 국내 신재생에너지 현황과 목표 .....	5
2.2 거제의 신재생에너지 현황과 목표 .....	7
3. 풍력발전	
3.1 풍력발전의 개요 .....	8
3.2 풍력발전이 환경에 미치는 영향 .....	10
3.3 풍력발전의 경제적 영향 .....	14
4. 거제 풍력발전의 사업타당성 .....	17
5. 결론 .....	20
참고자료(논문 등) .....	22

## 리포트 요약문

우리나라 및 세계 각국의 정부들은 친환경에너지의 보급을 해마다 늘려가고 있다. 특히, 파리기후협약으로 인하여 과도한 화석연료 의존도를 줄이기 위한 노력이 계속되고 있다. 우리나라는 정부의 “재생에너지 3020” 정책으로 2030년까지 친환경에너지 비율을 전체에너지의 20%까지 공급하기 위해 노력하고 있다.

이러한 과정속에서 거제 지역의 신재생에너지 보급률은 높지 않으며, 이와 관련한 목표 또한 불분명한 가운데있다.

지리적인 조건을 검토하였을 때, 일조량 및 풍속이 타지역과 비슷하거나 보다 높은 수준으로 나타났다. 친환경에너지 개발에 아주 적합한 조건을 가지고 있음에도 불구하고 거제지역은 일부 주택가에 태양광 발전기만 보급되어 있을 뿐 산업체 및 건물 등 에너지가 많이 필요한 곳에서는 대부분 화석연료 에너지를 사용하고 있다.

특히, 거제에서 풍력발전기의 설치는 전무한 상태인데, 이에 대해 사업타당성 조사를 하였다.

먼저 국립기상과학원의 기상자원지도를 참조하였을 때, 거제 남동부 해안지역의 풍속이 연 6~7m/s로 풍력발전하기에 아주 좋은 조건이었다. 하지만 내륙지방 및 가까운 연안은 한려해상국립공원으로 지정되어 있다. 따라서 이 부분은 많은 제약이 따를 것으로 예상되어 블루벨트를 벗어나는 지점인 육지에서 약 15~20km되는 지점에 해상풍력단지를 건설하는 것으로 설정하였다.

Retscreen을 이용하여 해당 위치에 연간 100,000kW 발전을 목표로 simulation하였을 때, 예상보다 낮은 경제성을 보여줬다. 이에 대한 원인으로는 먼저 Retscreen에서 보다 우리나라 현지 상황에 정확한 데이터를 보유하고 있지 않았기 때문이었다. 기상자원지도에서와 같은 지점에서 Retscreen에 나타난 풍속은 연평균 약 3m/s로 실제의 절반정도 수준이었다.

그리고 해상풍력단지의 특성상 초기 설치비용 및 O&M(Operation & Maintenance) 비용이 육상 풍력발전에 비해 약 2.5배 높았다. 해상에 설치되는 풍력의 경우 해수에 부식되기 쉬우며, 이에 따라 고성능 및 특수재질의 자재가 필요하다. 또한 문제 발생시 항상 배를 이용하여 접근해야 하며 관련 전문 인력이 부족하기 때문에 비용이 높다.

또한 Retscreen에서 풍력터빈의 하부구조물 및 해저케이블에 대한 비용을 찾을 수 없었는데, 이를 고려하였을 때 보다 더 많은 비용이 투입될 것으로 예상된다.

그럼에도 거제지역은 친환경에너지 비중이 타지역에 비해 월등히 낮기 때문에 관련된 경험축적이 필요하고, 관련 설비들이 단계적으로 실증되어야한다. 따라서 해상풍력발전단지 건설 시 정부 및 지자체의 많은 지원이 동반되어야 한다.

# 1. 서 론

## 1.1 연구배경 및 목적

급격한 산업발달로 인한 기후변화는 여러 환경문제를 야기시키며 인간의 생존을 위협하고 있다. 교토의정서 채택, 파리기후협약 등 세계는 온실가스를 줄이기 위해 노력하고 있으며, 과도한 화석연료 의존도를 줄이기 위한 대체에너지 개발 또한 진행중이다. 특히 신재생에너지에 대한 관심은 계속해서 증가하고 있으며, 최근 정부의 그린뉴딜 정책에 따라 관련 사업체들이 주목을 받고 있다.

이 중 풍력은 현재 가장 각광받는 자원으로 무공해, 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 거의 없는 청정에너지로서 각광을 받고 있다.

본인이 거주하고 있는 경남 거제에는 주변에 산과 바다 그리고 부속 도서 등 천혜의 자연환경으로 둘러싸여져 있으나, 신재생에너지 발전의 비율은 0에 가까울 정도로 관련 정책이나 계획이 전무한 상태다.

특히, 거제에는 대우조선해양과 삼성중공업을 비롯한 중공업계열의 업체들이 즐비하다. 많은 산업용 전기를 필요로 하지만 모든 전력은 기존의 발전소에서 충당하고 있는 현실이다.

이번 기회로 Retscreen을 이용하여 여러 가지 신재생발전방식을 simulation 구동해보았는데, 특이한 점은 유독 풍력발전의 사업타당성이 낮게 나왔다. 이러한 점에 의구심을 품게 되었고 풍력발전의 성장방안에 대해 알아보았다.

이에 직접 신재생에너지 발전 프로젝트를 가상으로 구현해봄으로써 어떻게 하면 거제에서의 신재생에너지가 효율적으로 운영될 수 있을지 한번 알아본다.

## 2. 국내 신재생에너지 현황

### 2.1 국내 신재생에너지 목표와 현황

2019년 기준 신재생에너지 발전량은 57,457GWh로 전년대비 8.99% 증가한 수치이다. 이는 총발전량 대비 9.77%에 해당되는 비중이며, 이중 재생에너지 54,138GWh(9.21%), 신에너지 3,318GWh(0.56%)로 이루어져 있다. 에너지원별 발전량 비중·증감률 및 기여도는 아래 <표1>과 같다.

□ 원별 비중·증감률 및 기여도

(단위 : MWh)

구분	2018		2019p		전년대비 증감		
	발전량	비중%	발전량	비중%	발전량	증감률%	기여도%
총 발전량	593,638,916	100.00	588,095,999	100.00	△5,542,917	△0.93	-
신재생에너지	52,718,258	8.88	57,456,635	9.77	4,738,378	8.99	100.00
재생에너지	49,251,304	8.30	54,138,302	9.21	4,886,998	9.92	103.14
신에너지	3,466,954	0.58	3,318,333	0.56	△148,620	△4.29	△3.14
태양광	9,208,099	1.55	13,108,645	2.23	3,900,546	42.4	82.3
풍력	2,464,879	0.41	2,679,177	0.45	214,298	8.7	4.5
수력	3,374,375	0.57	2,791,076	0.47	△583,299	△17.3	△12.3
해양	485,353	0.08	474,321	0.08	△11,032	△2.3	△0.2
바이오	9,363,229	1.58	10,415,632	1.77	1,052,404	11.2	22.2
폐기물	24,355,370	4.10	24,669,451	4.19	314,081	1.3	6.6
연료전지	1,764,948	0.29	2,287,061	0.39	522,113	29.6	11.0
I.G.C.C	1,702,006	0.28	1,031,272	0.17	△670,734	△39.4	△14.2

주) 국내 총발전량은 사업자+상용자가+신·재생자가용 합계임

<표1. 2019년도 에너지원별 발전량 비중·증감률 및 기여도>

현재 정부는 산업통상자원부 주도하에 “재생에너지3020”을 진행중에 있다. 2030년까지 재생에너지 발전량의 비중을 20%까지 끌어올리겠다는 목표이다.

기존의 재생에너지는 폐기물과 바이오를 중심으로 이루어져 있으나, 점차

태양광과 풍력 등의 청정에너지 보급을 확대하고, 지역주민과 일반 국민들이 참여하도록 유도하는 것이 가장 큰 추진과제라 할 수 있다.

그리고 이는 주민수용성과 환경성을 고려하여 대규모 프로젝트를 단계적으로 추진하게 되는데, 1단계는 2018년부터 2022년까지 5.0GW를 공급하는 것을 목표로 한다. 2단계는 2023년부터 2030년까지 총 23.8GW를 수상태양광과 육상 및 해상풍력 대규모 계획 단지 조성을 통해 공급하는 것이 목표다.

또한 정부는 재생에너지 보급을 획기적으로 확대하기 위해 청정에너지 산업을 집중적으로 육성하고, 4차산업과 융합한 IoE 기반의 에너지 신사업을 발굴하고 확산하는 것에도 중점을 두고 있다.

특히, 정부는 2030년 완공을 목표로 서남해안에 대규모 해상풍력단지 건설에 대한 로드맵을 수립하였다.(<그림1> 참조) 단계별 계획 중 1단계 124MW규모의 실증단지가 완공되어 운영중에 있으며, 2030년까지 12GW 규모로 확대하여 세계 5대 해상풍력 강국으로 도약하는 것을 목표로 하고 있다. 서해안은 적절한 풍속에 얕은 수심을 가지고 있어 타지역보다 단지 조성이 용이하다.



<그림1. 산업통상자원부>

이러한 정부의 뉴딜정책과 전세계적인 추세에 따라 풍력발전에 대한 관심과 투자가 급속도로 늘어나고 있다. 더불어 신안해상풍력단지의 경우 장기간 실행에 이어지지 못하였는데 최근 다시 한번 탄력받아 추진중에 있다. 이가 완성되면 세계 최대 규모의 해상풍력 단지가 완성된다. 신안해상풍력단지는 총 8.2GW 규모, 1000기의 발전기가 설치될 예정이며 2030년 완공을 목표로 하고 있다.

(발전·일자리 ‘일석이조’ ... 세계최대규모 신안 해상풍력단지 ‘가속도’, 2020.12.01 - <http://www.munhwa.com/news/view.html?no=2020120101032727104001>)

뿐만 아니라 해외기업들도 우리나라에 공격적인 투자를 준비중에 있다. 최근 덴마크의 오스테드社는 인천 연안에 1.6GW 규모의 해상풍력단지를 조성하겠다고 밝혔다. 오스테드社는 한국 기업과의 상생을 강조하며 많은 경험이 우리 정부의 그린뉴딜 정책에 빠른 목표치를 달성하게 할 것을 강조하였다.

(오스테드 “인천 해상풍력에 8兆 투자 1.6GW 단지 조성할것”, 2020.11.24 - <https://www.fnnews.com/news/202011241808273040>)

향후 에너지 가격 인상 및 기후변화대응 노력이 강화될수록 재생에너지, 특히 해상풍력에 대한 관심이 증가할 것이다. 2020년 이후에는 해상풍력 설비용량이 더 확대될 가능성이 높다. 중국 정부는 2050년까지 약 1,000GW의 육상 및 해상풍력 설치를 목표로 하는 로드맵을 발표하였다.

## 2.2 거제의 신재생에너지 목표와 현황

현재 거제시에서는 타지역과 비교하였을 때 가정용 태양광발전만 조금

보급되었을 뿐, 산업단지나 상권 등에 공급될 만한 규모의 신재생에너지 발전은 전무한 상황이다.

거제시청에 에너지담당 부서가 있으나 조선경제과에 부속되어있는 것으로 미루어봐서 큰 역할을 하는 것으로 보이지는 않는다.

최근에서야 신재생에너지 프로젝트에 대한 수요조사와 투자설명회를 진행하였으며, 공사 시행 여부 및 일정 등은 확인할 수가 없었다. 또한 일부 자료등을 요청하였으나 한달째 소식이 없는 상태다.

### 3. 풍력발전

#### 3.1 풍력발전 개요

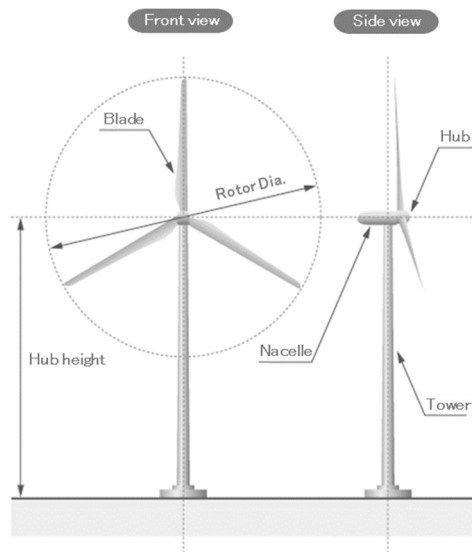
##### 3.1.1 풍력발전기의 구성

풍력발전은 자연의 바람(운동에너지)으로 풍차를 돌려서 기어, 기구 등(기계적 에너지)을 이용하여 발전기를 회전시켜 발전하는 방식이다.

풍력발전을 위해서는 풍력발전기가 필요하며, 크게 타워와 블레이드 및 나셀, 허브로 구성된다.(<그림2> 참조)

블레이드는 바람이 가진 에너지를 기계적인 회전에너지로 변환하며, 나셀은 기계적인 에너지를 전기에너지로 변환한다. 허브는 블레이드와 나셀을 연결하며, 타워는 풍력발전기를 지지하는 역할을 한다.





<그림2. 풍력발전기의 구조>

### 3.1.2 육상풍력의 장단점

큰 규모의 설비이지만 발전단지 면적의 1%정도만 사용되며, 나머지는 목축이나 농업등의 다른 용도로 활용가능하단 점이 매력적이다. 또한 4m/s이상의 바람이 부는 지역에 발전단지 건설이 가능하며, 일정속도 운전을 위해 날개 기울기 제어 또는 타 발전원이 필요하다.

풍력 발전이 앞으로도 주요 재생가능 에너지원이 될 것으로 전망하는 배경에는 풍력이 기술적 잠재성도 높으며, 재생가능 에너지원 중에서 상대적으로 저렴하며, 비재생 에너지의 비용과 비교해서 경쟁력을 확보하기 때문이다. 물론 현재까지는 화석연료 에너지의 발전비용이 비싸지만, 앞으로 계속해서 신재생에너지의 발전 단가가 낮아질 것으로 예상되고 있다.

[참고: “한국재생에너지 발전비용, 내년부터 석탄보다 싸진다.” 한겨레

[http://www.hani.co.kr/arti/science/science\\_general/971987.html](http://www.hani.co.kr/arti/science/science_general/971987.html)]

### 3.1.3 해상풍력의 장단점

육상 풍력 발전기가 공간 활용의 한계성, 민원 및 소음 문제, 자원 활용의 어려움 등 산업 발전에 한계성을 드러내면서 새로운 공간을 모색하게 되었고, 육지에 비해 강하고 안정된 바람이 발생하는 해상으로 풍력발전단지 건설 계획이 세워지고 있다.

육상에 비해 해상이 가진 장점으로는 풍부한 해상자원 보유, 대단위 풍력 단지 조성의 용이함, 높은 풍황자원, 낮은 난류 강도, 소음 문제 해결, 대형 풍력 발전기의 설치 및 운반 그리고 철거의 용이하, 설치 단지 취득, 그리고 전파 장애 등 환경문제의 미약함 등이 있다. 더불어 타 발전과의 혼합발전이 가능해져 발전 효율도 높아질 수 있어 해상풍력 산업은 더욱 빠른 성장세를 보이고 있다. 그러나 해상에서는 작업 여건이 불리하여 작업일수가 극히 제한될 수 있으므로 과대한 설치비용의 문제점을 가지고 있다. 또한 고가의 높은 유지 보수비용과 육상에 비해 작업 공간의 한계성, 접근의 어려움 등은 극복해야할 문제이다. 해상 풍력발전단지 건설비용은 터빈 설치 외 차지하는 비용이 크며, 고가의 투자비용과 관리비용은 극복해야할 문제로서 제기되지만 대규모 풍력단지를 조성함으로써 이러한 경제성 문제도 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

## 3.2 풍력발전이 환경에 미치는 영향

### 3.2.1 육상풍력발전과 환경

육상에서 풍력발전의 가장 큰 문제점은 소음과 진동, 경관훼손 등으로 볼 수 있다. 풍력발전단지의 입지 특성상 바람의 세기가 중요하기 때문에 높은 지대에

건설되는 경우가 많다. 하지만 이러한 지역은 인간의 간섭이 적은 지역으로 생태계 보존가치가 높은 지역이 많다. 때문에 해당 지역에 풍력발전기나 진입도로가 건설될 경우 생태파괴가 심각하게 훼손된다.

그리고 풍력발전기의 특성상 조류에 미치는 영향이 클 것으로 예상되며, 회전하는 날개와 새가 충돌하는 데에 가장 큰 원인이 된다. 특히 철새의 경우 계절에 따라 이동하는 특성을 가지고 있기 때문에 이 부분을 고려하여 입지를 선정해야 할 것이다.

풍력발전기를 설치하기 위해서는 발전기 부지, 운영 시설, 변전소 건설에 필요한 면적뿐만 아니라 공사 장비 진입을 위한 진입로, 크레인 부지, 안전 및 시야 확보 등을 위한 추가면적이 필요하며, 이러한 면적은 건설부지의 지형에 따라 다르다. 풍력발전단지 부지 이외에 전력계통연계를 위한 송전선로 개설은 추가적인 산림훼손을 야기한다.

### 3.2.2 해상풍력발전과 환경

이에 따른 지역주민의 민원 제기가 늘어나자, 최근에는 육상에서 풍력발전을 하던 많은 국가에서 해상풍력에 관심을 갖게 되었다.

해상풍력은 설치 방법에 따라 환경에 미치는 영향이 조금 다른데 부유식의 경우 해저에 고정하지 않지만, 대부분 해저에 시설물을 설치하거나 파일을 받아 시설물을 고정한다. 또는 무거운 추를 바닥에 내려놓는 중력식의 경우 저지대의 가벼운 토양은 제거하고 대신 자갈을 채워 넣게 된다. 중력식의 경우 말뚝식보다 두꺼운 기둥을 필요하기 때문에 더 넓은 면적의 해저면을 교란할 수밖에 없다.

시설물이 들어서면서 말뚝이 설치되는 지점이나 풍력발전에서 나온 전기를 육상으로 인입하는 해저전력선을 놓게 되는 저질에 살고 있던 생물들은 서식처를 잃게 된다. 또한 공사시에 발생하는 부유물질이나 토사는 간접적으로 주변 해역의 생물들에 영향을 미친다.

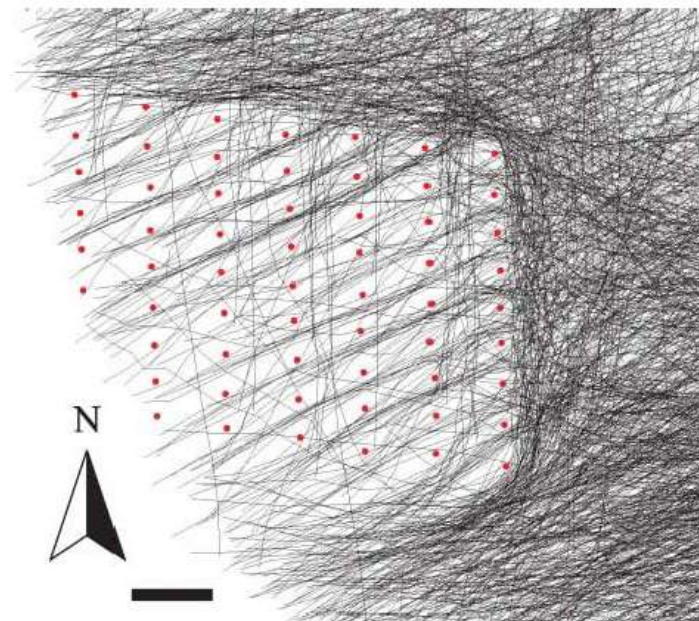
공사에 투입되는 건설장비나 말뚝 등의 시공과정에서 소음과 진동 문제 역시 고려할 필요가 있다. 유영이 가능한 생물들은 회피하여 영향권에서 사라지지만, 이동능력이 제한되는 생물들의 경우 더 큰 영향을 받을 수 있다.

풍력발전단지의 건설이 완료되고 운영단계에 들어서면 또 다른 문제와 마주하게 된다. 첫번째로 전력계통에 인입하는 전력선에서 발생하는 전자기장과 열에 의한 영향이다. 전자기장의 세기는 전력선의 형태나 용량에 따라 달라질 수는 있지만 전력선 주변에 전자기장이 형성된다. 스웨덴에서 독일을 잇는 발틱 고압전력선의 경우 600MW의 용량에 1,330A가 흐르는데 전력선 주변 6m에 흐르는 자기장은 지구자기장의 크기에 맞먹는 수준이라고 한다. 이 때문에 해저 전력선 바로 상단의 해수면을 지나는 선박의 운항에도 영향을 줄 정도이다.

다음으로는 화학물질에 대한 문제로, 시설물의 부식을 보호하기 위해 표면에 독성 페인트를 사용한다든지, 윤활유, 연료, 냉각제 등이 누출되어 바다로 유입되는 경우 생물학적인 영향을 줄 수 있다. 화학물질의 누출 가능성은 실제 예측하기 어렵고 대응하기도 어렵다. 따라서 독성이 없거나 생물학적으로 분해가 가능한 물질을 활용할 필요가 있다.

육상풍력발전과 마찬가지로 조류와의 충돌 역시 고려해야할 사안이다. 일반적으로 해상풍력 발전기에 들어가는 터빈은 육상풍력보다 더 높게 설치되고 날개도

더 크기 때문에 날개 끝에서의 회전속도도 더 빠르고 이에 따른 와류 현상도 더 강력하다. 물론 많은 수의 새들이 풍력단지 안으로 이동하지는 않지만,(<그림3> 참조) 우리나라의 경우 다양한 철새들의 안식처들이 있기 때문에 이들의 이동경로에 위치하진 않는지 검토해볼 필요가 있다.



자료: Desholm & Kahlert, 2005

<그림3. 네덜란드 니스테드 풍력단지 주변 새떼 이동경로. Desholm & Kahlert, 2005>

소음과 진동문제 역시 육상과 동일하게 발생한다. 비록 주변에 사람이 사는 상황은 아니어서 직접적인 민원의 소지는 크지 않다고 볼 수 있지만 주변에 서식하거나 지나쳐가는 생물에게는 위협요인이 된다. 발전시설에서 발생하는 소음은 대기중에 전달되기도 하고 수직구조물을 따라 바닷속으로 전달되기도 한다. 어류들의 감각기관은 매우 발달하여 있어 짧게는 400m에서 길게는 25km 밖에서도 이를 감지할 수 있다고 한다.

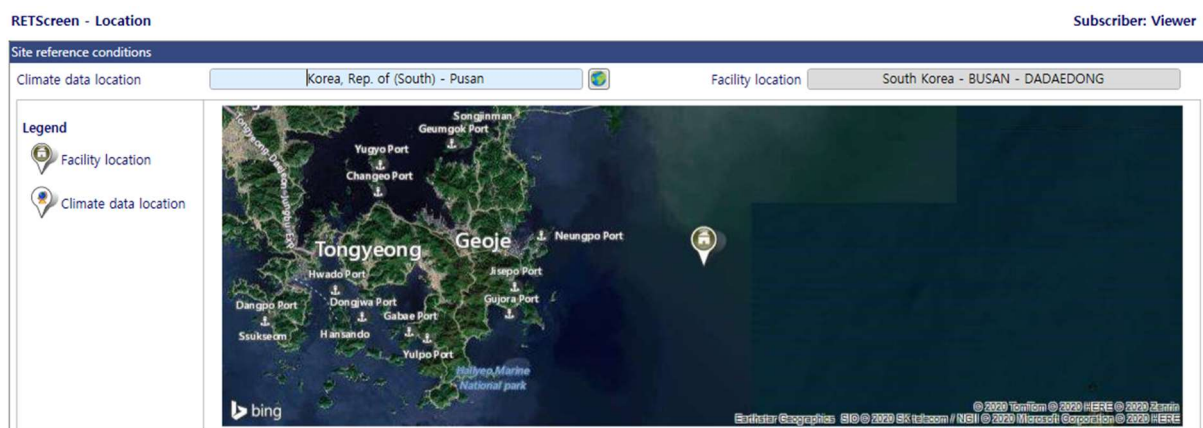
이외에도 레이도 교란, 경관훼손 등의 문제점이 있다. 하지만 풍력단지 건설로

인하여 해초와 다양한 어종들의 안식처를 제공하고 있다. 물론 풍력단지 내 어업 활동이 금지되면서 개체수가 증가하는 현상이라고도 볼 수도 있다.

### 3.3 풍력발전의 경제적 영향

모든 프로젝트는 경제성으로 사업의 타당성을 입증하는 것이 우선이다. 실제로 한국석유공사에서 추진하고 있는 부유식 해상풍력발전사업과 남동발전이 추진 중인 신안해상풍력사업은 경제성분석이 매우 낮게 나와 사업 타당성에 대한 의구심을 갖는 등 많은 걸림돌이 있을 것으로 예상된다. (참고: “‘경제성 반토막’ 해상풍력 개발에 53조 쏟아부어”, 에너지뉴스, 2020.10.08, <http://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=73088>)

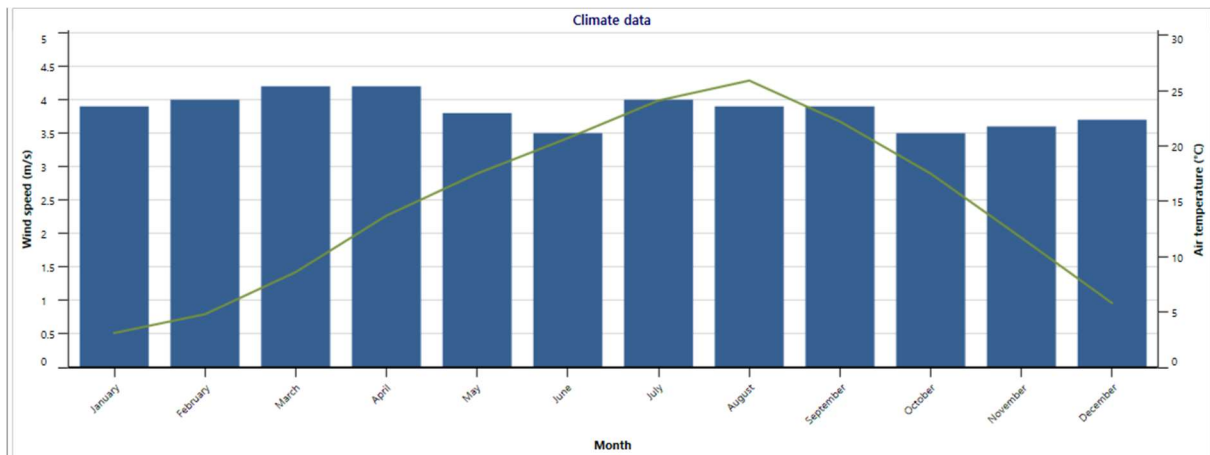
Retscreen의 해상풍력(Wind turbine – offshore)을 선택했을때 유독 수지타산이 낮게 나왔다.



<그림4. Retscreen에서 설정한 해상풍력단지 위치>

Air temperature °C	Relative humidity %	Precipitation mm	Daily solar radiation - horizontal kWh/m²/d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days 18 °C	Cooling degree-days 10 °C
3.1	45.4%	41.85	2.39	101.7	3.9	9.1	462	0
4.8	48.0%	55.16	3.02	101.5	4.0	9.2	370	0
8.6	56.3%	83.70	3.59	101.2	4.2	10.8	291	0
13.7	63.1%	111.30	4.50	100.9	4.2	13.6	129	111
17.5	70.4%	143.22	4.81	100.5	3.8	16.8	16	233
20.7	78.0%	194.10	4.42	100.2	3.5	20.5	0	321
24.1	84.5%	260.40	3.98	100.1	4.0	23.8	0	437
25.9	80.0%	221.96	4.22	100.3	3.9	25.9	0	493
22.2	74.5%	150.90	3.47	100.7	3.9	23.4	0	366
17.5	64.7%	61.38	3.31	101.2	3.5	19.4	16	233
11.7	57.4%	57.00	2.61	101.5	3.6	15.1	189	51
5.8	47.8%	33.79	2.28	101.7	3.7	11.2	378	0
14.7 Ground	64.3% Ground	1,414.76 NASA	3.55 Ground	101.0 NASA	3.8 Ground	16.6 NASA	1,850 Ground	2,244 Ground
				m	100	0		

<그림5. 해당 위치에서의 월 평균 풍속 데이터(타워 높이:100m) - Retscreen>



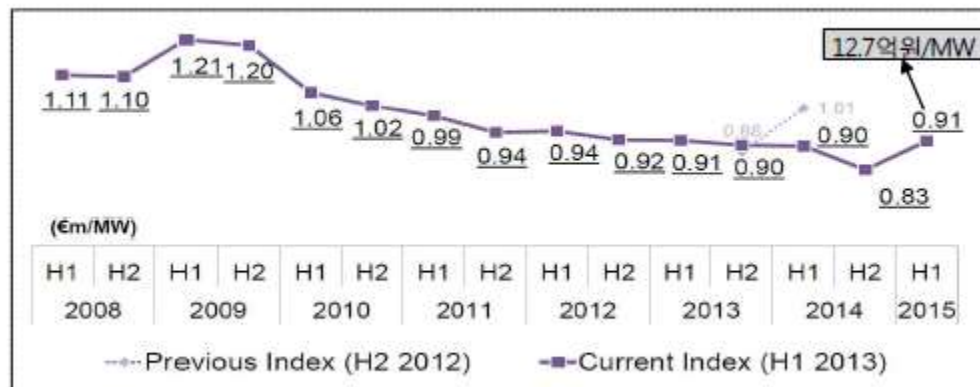
<그림6. 월 평균 풍속과 기온 그래프 - Retscreen>

이에 대한 가장 큰 원인으로는 우선 해상풍력발전이 가지고 있는 경제성 문제점이다.

여전히 해상풍력터빈의 단가가 높다는 것이다. 터빈은 해상풍력단지의 비용 중 가장 큰 비중을 차지하며, 다양한 구성요소로 이루어져 있다. 아래 그래프와 같이 2010년 이후 중국 업체들의 풍력발전 시장에 진출하면서 가격이 줄어드는 면을 볼 수 있으나(<그림7> 참조), 해수에 의한 부식을 대비하기 위한 육상과 다른 소재를

사용하고 O&M(Operation & Maintenance) 비용이 여전히 높기 때문이라고 판단된다.

□ 풍력터빈 가격 (납기일 기준, Wind Turbine Price Index : H2 2013)



※ 가격 구성 : 터빈, 타워, 운송 포함, 부가세 별도 / 중국 데이터 제외

<그림7. 풍력터빈 가격 추이>

풍력터빈의 설치비용 또한 육상과 비교하였을 때 약 2.5배 가량 차이가 발생하였다.

그리고 다음 챕터에서 언급할 내용이지만, Retscreen에 표현된 연평균 풍속이 국립기상과학원의 데이터와 큰 차이가 났고 세밀하지 않았다. 아무래도 해외에서 제작된 프로그램이다 보니 우리나라 지방의 자세한 연평균 풍속 데이터가 없었던 것 역시 경제성이 낮게 나온 요인이라 할 수 있겠다.

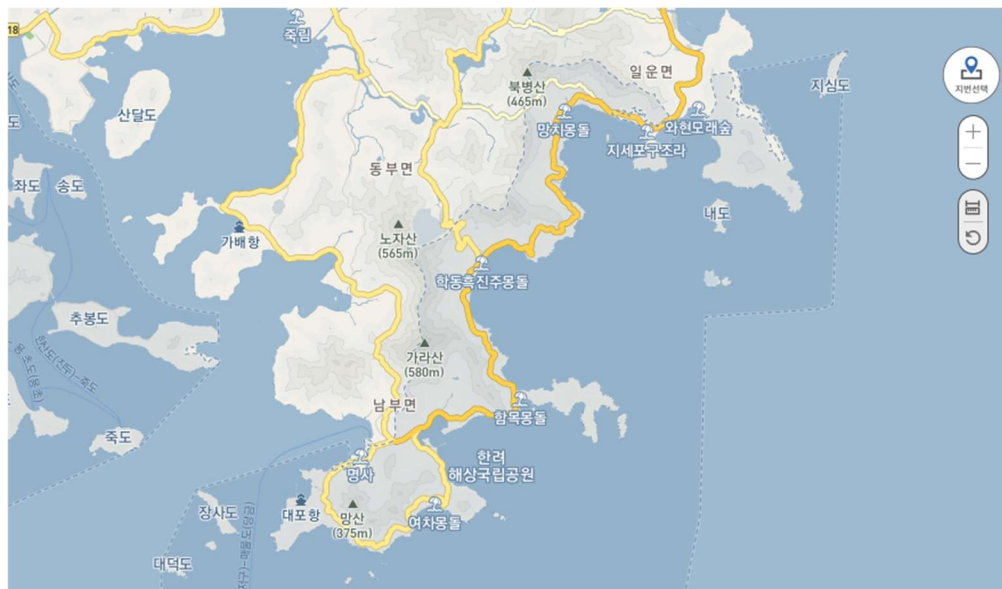
그리고 Retscreen에선 관련 내용을 찾을 수 없었지만, 해상풍력 터빈을 설치할 때 입지조건에 따라 비용의 차이를 발생시키는 요인들도 있는데, 수심과 해안과의 이격거리이다. 해상풍력은 육지에서 멀리 떨어진 해상에 대규모로 조성되기 때문에 터빈과 기초지지대의 재료비 및 설치비 비중이 높으며, 해상 접근성의 문제로 인해 보수 비용도 만만치 않다. 특히 수심변화에 따라



기초지지대의 비용이 크게 상승하는 것을 볼 수 있으며, 그만큼 해저케이블의 길이 또한 길어지기 때문에 적정한 거리와 수심을 고려해야 할 것이다.

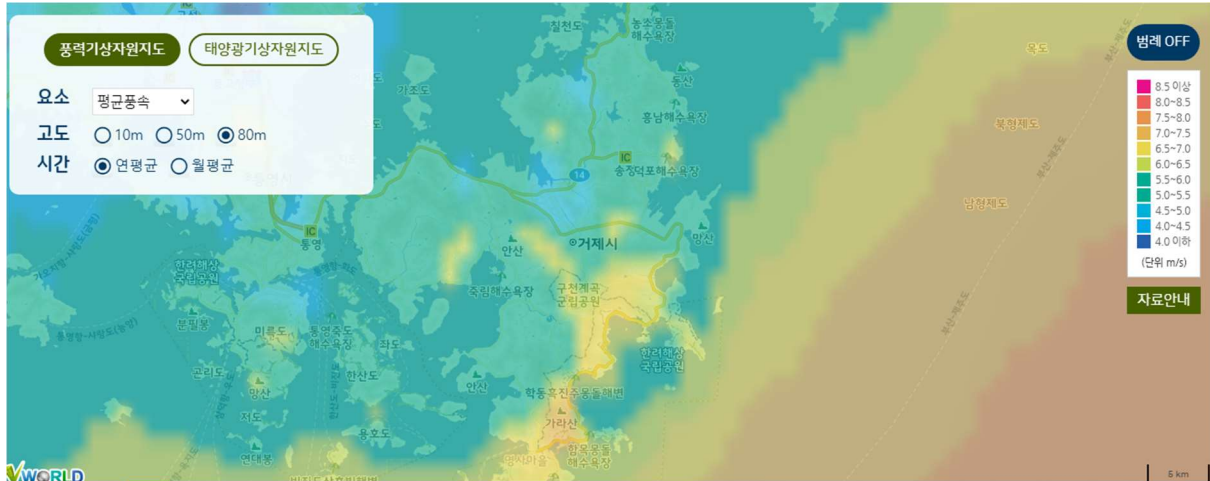
#### 4. 거제 풍력 발전의 사업타당성

앞서 언급한 바와 같이 거제는 좋은 자연환경을 가지고 있다. 산과 바다를 모두 끼고 있으며, 기상자원지도를 확인한 결과 풍속 또한 발전하는데 부족함이 없는 것으로 확인된다.



<그림8. 한려해양국립공원 지도>

특히 거제 남동부 연안을 따라 풍속이 7m/s이상으로 풍력발전하기에 아주 좋은 조건을 가지고 있는데, 이 중 내륙지역은 한려해양국립공원에 포함되는 곳 이어서 해상풍력단지를 조성하는데 많은 제약이 있을 것으로 예상된다.<그림8> 참조) 따라서 육지로부터 15~20km 지점에 해상풍력발전단지를 건설하는 것으로 설정하였다.



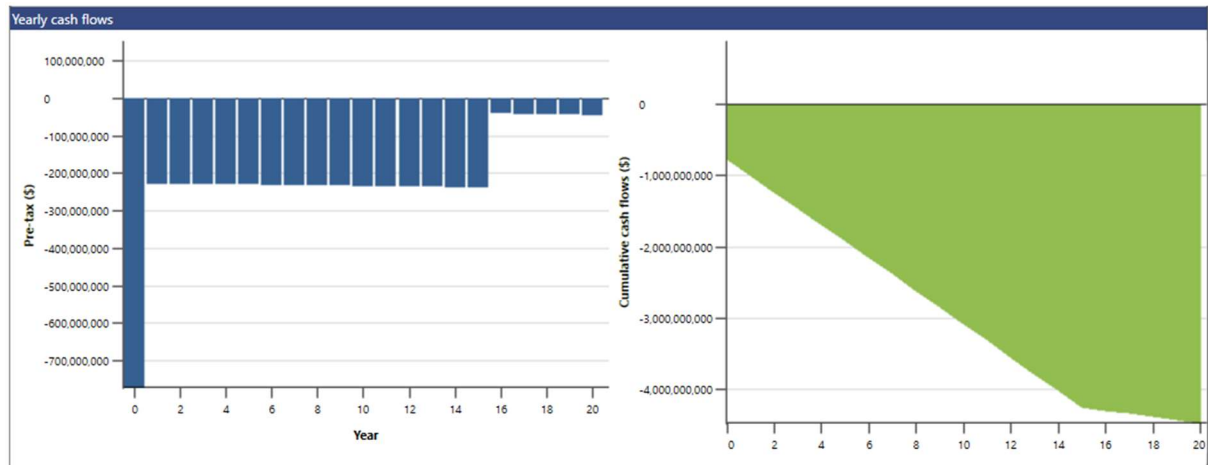
<그림9. 거제 지역 평균풍속 기상 지도 - 기상과학원 greenmap.go.kr>

Retscreen을 이용하여 simulation하였을 때 거제 지역의 풍속이 평균 3~4m/s로 나와 경제적인면에서 매우 낮은 결과를 보여주었다. 하지만 국립기상과학원에서 제공하는 자원기상도를 참조하였을 때, 거제 남동부 연안의 풍속이 6~7m/s 이상 되는 것으로 확인된다.(<그림9> 참조) 이는 Retscreen에서 거제를 입력했을 때 근처의 통영의 연평균 풍속을 보여주고 내륙과 해안의 구분없이 지역내 자세한 데이터가 없었기 때문이다.

또 앞서 알아본 바와 같이 초기 설치비용과 유지비용이 매우 컸다. 본 simulation에서는 Vestas의 V80-2.0MW Offshore 모델 50기를 설치하여 연간 100,000kW를 생산하는 것으로 설정하였는데, 설치비용이 5,100\$/kW로 육상풍력 발전의 2.5배가량 높았다. 또한 유지비용은 150\$/kW로 역시 육상발전보다 높은 비용이었다. 때문에 아래 그림과 같이 시간이 지날수록 cash flow가 시간이 지날수록 나빠지고 있다.

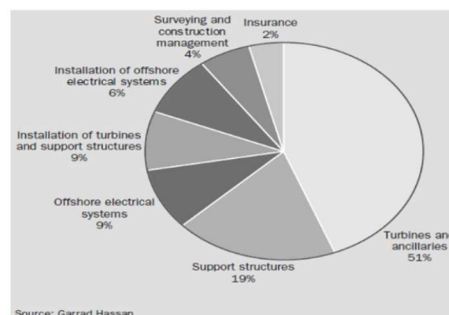
세금에 대한 부분은 복미 기준으로 설정된 것이라 국내 실증과는 차이가 있겠

지만, 사업초기 많은 세금이 부과되는 것은 비슷할 것으로 예상된다. 따라서 해상 풍력발전단지의 건설비용이 어느정도 안정되기까지는 정부 또는 지자체의 지원을 받아 설치하는 방안을 강구해야 할 것이다.



<그림10. Retscreen simulation 결과 - Finance section>

그리고 simulation에서 확인되지 않는 부분이 있는데, 하부구조물과 해저케이블 및 해상변전소 등에 대한 비용이다. 아래 <그림11>과 같이 해상풍력발전 단지를 건설하는데 가장 큰 비중을 차지하는 터빈을 제외하면, 하부구조물과 전력시스템들이 그 다음으로 많은 비용을 차지한다. 따라서 이러한 부분 역시 고려하여 비용산정이 필요하다.



자료: Gardner, Wind Energy - the facts, 2009

<그림11. 해상풍력단지의 자본비용 구조>

## 5. 결 론

앞서 살펴본 바와 같이 풍력발전은 가장 깨끗하고 안정적으로 전력을 공급할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 이 역시 환경훼손에 대한 문제를 가지고 있으며 계속해서 관심을 가져야 할 부분이다.

본 레포트에서는 거제 연안에 풍력발전단지를 건설하는 것을 simulation하였는데, 연평균 풍속이 6~7m/s가량 되는 거제 남동부해안에 설치하는 것이 가장 적합하였다. 지리적인 요건을 고려하였을 때 육지는 개발제한구역으로 정해져 있어 제외하고 해상풍력발전단지를 구성하는 것으로 하였다. 하지만 풍력발전단지의 경우 여전히 많은 비용이 소요되었으며, 특히 해상에 설치할 경우 하부지지대와 해저 케이블, 그리고 해상이라는 특수한 환경으로 인한 O&M, 인건비용 등이 많이 투입되었다.

그럼에도 불구하고 거제지역은 친환경에너지 비중이 타지역에 비해 월등히 낮기 때문에 관련된 경험축적이 필요하고, 관련 설비들이 단계적으로 실증되어야한다. 따라서 풍력발전단지 건설 비용이 어느정도 안정되기까지는 정부 및 지자체의 많은 지원이 필요할 것으로 예상된다.

정부의 그린뉴딜 정책과 재생에너지3020 정책, 파리기후협정, 교토의정서, 세계 각국의 친환경 에너지정책 추진 등 신재생에너지의 흐름은 이미 시작되었다. 지난 100여년간 급격한 산업의 발달로 인해 환경을 생각하지 못한 부분은 많이 아쉽지만, 지금부터라도 더 깨끗한 세상을 물려주기 위한 노력은 계속되어야 할 것이며 그 중심에 신재생에너지의 끝없는 개발이 있어야 할 것이다.

## 참고자료

- [1] 한국에너지공단, “2019년 신·재생에너지 보급통계(2020년 공표) 결과 요약”, 2020.11
- [2] 신철오 · 육근형, “해상풍력발전의 환경적 · 경제적 영향 분석”, p 29-50, 2011
- [3] 하정우, “국내 풍력 발전의 경제성 분석”, 2005
- [4] 민창기, “국내 해상풍력발전단지의 경제성 분석”, p 4-7, 2013
- [5] 오진경, “덴마크 해상풍력발전의 성공요인 분석”, 2018
- [6] 권영기, “신재생에너지 해상풍력 발전단지의 경제성분석”, 2017
- [7] 권영한 · 이상범, “풍력발전단지 환경평가 방안 연구”, 2011
- [8] 고동휘, “서해 해상풍력단지 개발을 위한 바람과 파랑 설계조건에 관한 연구”, 2013