

해저드리터러시
융합교육연구소

해저드리터러시 교육 프로그램

해저드 리터러시
융합 교육 연구소

변인을 바꾸면 결과가 달라진다! NetLogo로 분석하는 풍력발전 시스템



1. 수업 프로그램 설명

본 프로그램은 시뮬레이션을 활용하여 풍력발전 시스템에서 변인과 결과의 관계를 탐색하고, 이를 바탕으로 에너지 전환과 관련된 문제를 분석하도록 구성한 교육 프로그램이다. 학생들은 먼저 간단한 생태 시뮬레이션을 통해 시뮬레이션이 현실의 일부 특징과 규칙을 단순화하여 나타내는 도구임을 이해하고, 변인을 조작할 때 결과가 어떻게 달라지는지, 변인마다 결과에 미치는 영향력이 다름을 인식한다. 이어서 NetLogo 기반 풍력발전 시뮬레이션을 활용하여 풍속, 날개 길이, 풍력발전기의 개수, 설치 위치와 같은 변인이 전력 생산에 미치는 영향을 분석한다. 또한 시뮬레이션 결과와 현실의 차이를 비교하고, 설치 위치에 따라 발전량뿐 아니라 환경적·사회적 영향도 함께 고려해야 함을 탐색한다. 이를 통해 학생들은 풍력발전과 에너지 전환이 단순히 기술적 문제가 아니라, 여러 조건과 요소의 상호작용 속에서 결과가 달라지는 복합적인 시스템임을 이해하게 된다.

수업 대상	초등학교 6학년	교육 방법	강의, 컴퓨터 기반 활동, 토론
운영 장소	컴퓨터 또는 태블릿 사용이 가능한 교육실 (NetLogo 프로그램 사전 설치)	수업 시간	총 80분 (40분 × 2차시)
준비물	조별 혹은 개별 컴퓨터		

2. 교육 프로그램 목표(해저드리터러시 연계)

① 시뮬레이션의 의미를 이해하고, 풍력발전 시스템에서의 변인을 찾을 수 있다.

② 풍속, 날개 길이, 풍력발전기의 개수, 설치 위치와 같은 변인이 전력 생산에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통해 분석할 수 있다.

③ 시뮬레이션에서 생산된 재생에너지와 에너지 소비량을 비교하고, 에너지 전환 정책의 타당성을 검토할 수 있다.

목표	지식·이해		사고·기능					가치·태도			심리·정서			행동·실천		
	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
목표①	O			O												
목표②	O		O		O											
목표③		O			O		O									

3. 핵심 개념

· 시뮬레이션을 통한 시스템의 단순화와 표현

· 풍속, 날개 길이, 발전기 개수, 설치 위치와 발전량의 관계

· 변인 조작에 따른 전력 생산량의 차이와 변인별 영향력의 차이

· 재생에너지 생산량과 에너지 소비량 비교를 통한 에너지 전환 분석

4. 프로그램 전개

활동의 전개	
도입	·현실의 일부 특징과 규칙을 단순화하여 표현하는 도구로서 시뮬레이션 인식 ·NetLogo 화면에서 조절 가능한 요소 확인을 통한 변인의 개념 파악
전개1	·NetLogo 기반 물고기 시뮬레이션 실행을 통한 시간에 따른 개체 수와 먹이 변화 관찰 ·변인 조작에 따라 결과가 달라지는 양상 확인 ·변인마다 결과에 미치는 영향의 크기와 방식 탐색
전개2	·NetLogo 기반 풍력발전 시뮬레이션에서 풍속, 날개 길이,개수,위치와 같은 주요 변인 파악 ·변인 조작에 따른 현재 전력량과 총 발전량의 차이 분석 ·풍력발전 시스템에서 변인과 결과 사이의 관계 해석
전개3	·시뮬레이션 결과와 현실의 풍력발전 상황 비교 ·설치 위치 및 개수에 따라 달라질 수 있는 발전량, 환경적 영향, 사회적 영향 검토 ·생산된 재생에너지와 에너지 소비량 비교를 통한 에너지 전환 정책의 타당성 검토
정리	·에너지 전환 정책의 타당성에 대한 토의 및 판단 정리

5. 재해·재난 이해를 위한 이론적 배경과 활동 사례

에너지 관련 문제는 여러 조건이 함께 작용하면서 결과가 달라지는 경우가 많기 때문에, 변인과 결과의 관계를 직접 탐색해 보는 학습이 효과적일 수 있다. 특히 복잡한 시스템은 눈에 보이지 않는 과정과 시간에 따른 변화를 포함하므로, 이를 이해하기 위해서는 컴퓨터 시뮬레이션과 같은 도구가 유용할 수 있다. NetLogo는 자연현상과 사회현상을 시뮬레이션할 수 있는 대표적인 에이전트 기반 모델링 도구로, 학습자가 다양한 요소를 직접 조작하고 그 결과를 확인할 수 있다는 점에서 교육적으로 활용 가능성이 크다.

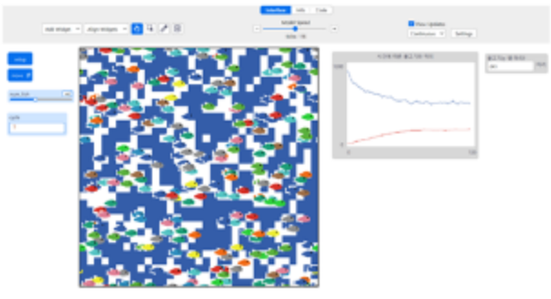


그림 1. NetLogo 기반 물고기의 개체수 변화 시뮬레이션

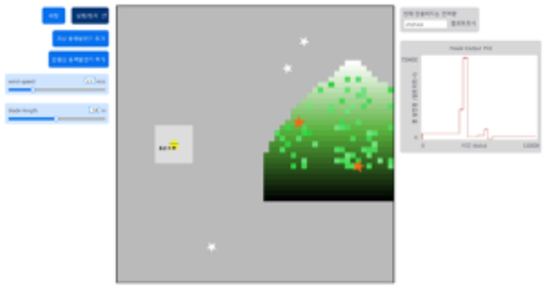


그림 2. NetLogo 기반 풍력발전 시뮬레이션

이에 본 프로그램은 먼저 물고기 시뮬레이션(그림 1)을 통해 시뮬레이션이 현실의 일부 특징과 규칙을 단순화하여 표현한 모형임을 이해하게 하고, 어떤 숫자와 조건을 바꾸면 결과가 달라지는지 탐색하도록 설계하였다. 이후 풍력발전 시뮬레이션(그림 2)에서는 풍속, 날개 길이, 풍력발전기의 개수, 설치 위치와 같은 변인을 조작하며 전력 생산량의 변화를 분석하고, 생산된 재생에너지와 에너지 소비량을 비교하면서 에너지 전환 정책의 타당성을 검토하도록 하였다. 이러한 흐름은 학생들이 단순히 결과를 확인하는 데 그치지 않고, 어떤 변인이 더 크게 작용하는지, 그리고 시뮬레이션 결과를 현실 문제와 어떻게 연결해 해석할 수 있는지를 생각하도록 돕는다.

6. 지도상 유의점

시뮬레이션 결과를 현실의 정답처럼 받아들이지 않도록 하고, 시뮬레이션이 현실의 일부 특징과 규칙을 단순화한 모형이라는 점을 충분히 이해시키는 것이 중요하다. 변인을 탐색하는 과정에서는 여러 조건을 한꺼번에 바꾸기보다 변인통제 후 하나의 변인만 조작하여 결과를 비교하도록 안내하여야 하며, 학생들이 단순히 결과값의 증감만 확인하는 데 그치지 않고 "왜 이 변인이 더 크게 작용했을까?", "같은 조건이라도 설치 위치가 달라지면 왜 다른 결과가 나타날까?"와 같은 질문을 통해 관계를 해석하도록 지도할 필요가 있다. 또한 NetLogo 활동에서는 학생들이 코드를 자유롭게 수정하는 과정에서 오류가 발생할 수 있으므로, 수정 가능한 범위를 사전에 명확히 안내하여야 한다. 활동 후반부에는 시뮬레이션 결과를 실제 풍력발전 문제와 연결하여, 발전량뿐 아니라 설치 위치에 따른 환경적·사회적 영향과 유지관리 문제까지 함께 고려하도록 함으로써, 학생들이 시뮬레이션을 바탕으로 현실 문제를 근거 있게 판단하는 경험을 할 수 있도록 지도하여야 한다.

7. 참고문헌

- 김종성. (2022. 4. 7.). ⑧ 해상풍력발전의 득과 실. 현대해양.
- 김진영, 박홍준, & 전영국. (2011). PBL 기반의 NetLogo를 이용한 교육용 콘텐츠 저작이 예비중등교사의 창의성에 미치는 효과. 공학교육연구, 14(4), 31–40.
- 양경익. (2025. 8. 26.). 제주 기후 위기 '현실화' … "2030년 탄소 53% 감축 목표". 제민일보 / 제주탄소중립지원센터 보도자료.
- 임서영. (2025. 2. 6.). 국 곳곳 고장난 채 방치된 풍력발전기… "수리비가 더 나와". KBS 뉴스.
- McWhirter, N. D., & Shealy, T. (2018). Teaching decision-making for sustainable infrastructure: A wind energy case study module. International Journal of Sustainability in Higher Education, 19(5), 893–911.
- Rates, C. A., Mulvey, B. K., & Feldon, D. F. (2016). Promoting conceptual change for complex systems understanding: Outcomes of an agent-based participatory simulation. Journal of Science Education and Technology, 25(4), 610–627.

2차시: 변인을 바꾸면 결과가 달라진다!

주제	NetLogo로 분석하는 풍력발전 시스템
무엇을 배울까요?	①시뮬레이션의 의미를 이해하고, 풍력발전 시스템에서의 변인을 찾을 수 있다. ②풍속, 날개 길이, 풍력발전기의 개수, 설치 위치와 같은 변인이 전력 생산에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통해 분석할 수 있다. ③시뮬레이션에서 생산된 재생에너지와 에너지 소비량을 비교하고, 에너지 전환 정책의 타당성을 검토할 수 있다.

1 시뮬레이션과 친해지기

- '시뮬레이션'하면 떠오르는 단어를 적어봅시다.

- 물고기 시뮬레이션의 규칙을 다시 읽어보고, 코드에서 바꿀 수 있는 숫자 혹은 단어에 동그라미 표시해봅시다.

1) 헤엄치면 에너지를 1만큼 잃고, 먹이를 먹으면 에너지를 2만큼 얻어요.

2) 에너지는 15보다 크면 아기 물고기 한 마리가 탄생해요.

3) 바닷속 먹이는 시간이 지나면 회복되어서 다시 생겨나요.

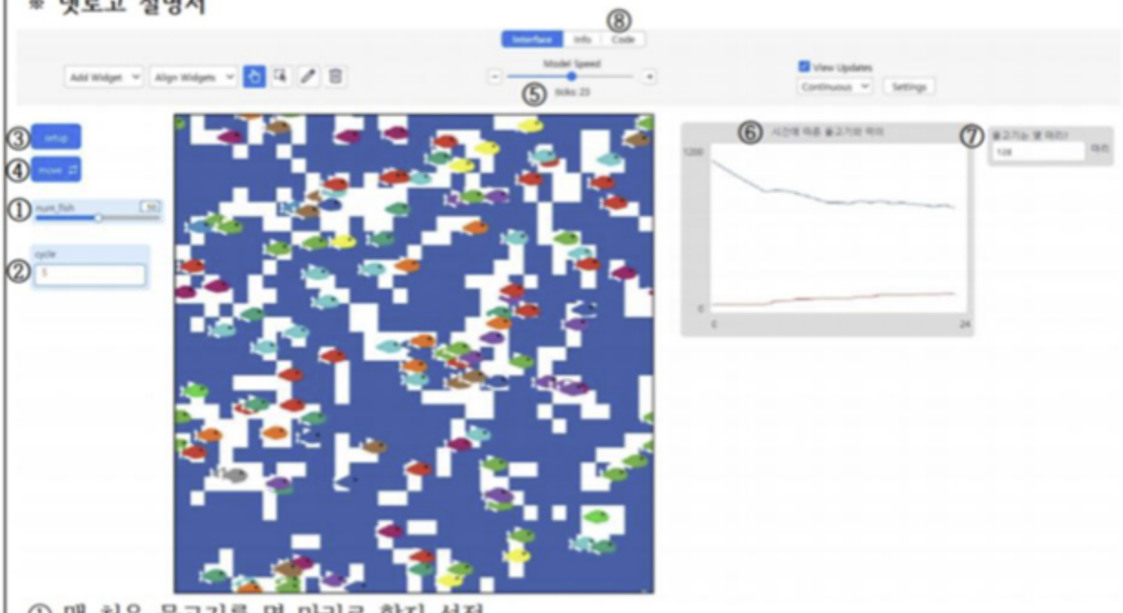
- 빈칸을 숫자로 채워서 코드를 완성해봅시다.

```
turtles-own [energy]
patches-own [day]

to setup
clear-all
crt num_fish [
set energy 10
]
ask patches [
set pcolor blue
set day 0
]
ask turtles [
setxy random-xcor random-ycor
set shape "fish"
set size 2
]
reset-ticks
end

to move
ask turtles[
rt random 90
lt random 90
fd 1
set energy energy - ___ 잃는 에너지

if energy <= 0 [ die ]
if pcolor = blue [
set pcolor white
set energy energy + ___ 얻는 에너지
]
if energy > ___ [
hatch 1 [set energy 10]
set energy energy - 10
]
]

ask patches [
if pcolor = white [
if day = cycle [
set pcolor blue
set day 0
]
set day day + 1
]
]
if count turtles = 0 [stop]
wait 0.05
tick
end
```

번식하기 위해 필요한 에너지

2 NetLogo 활동 1: 물고기 시뮬레이션

※ 넷로고 설명서



① 맨 처음 물고기를 몇 마리로 할지 설정
② 먹이가 회복되는 데에 걸리는 시간을 설정
③ 바닷속 나타나게 하기
④ 시뮬레이션 실행 / 정지
⑤ 시간(ticks)이 얼마나 흘렀는지
⑥ 시간에 따른 물고기 수(빨강)와 먹이칸의 개수(파랑) 변화 그래프
⑦ 현재 물고기가 몇 마리인지
⑧ 코드를 수정하고 싶을 때 클릭

- 시뮬레이션 결과를 기록해봅시다.

처음 물고기 수 (①)	시간 (ticks) (⑤)	현재 물고기 수 (⑦)	먹이 회복 시간 (②)

- 아래 질문에 대해 생각해보고, 발표해봅시다.

1) 그래프(⑥)를 보면, 물고기 수와 먹이 수는 어떻게 변하나요?

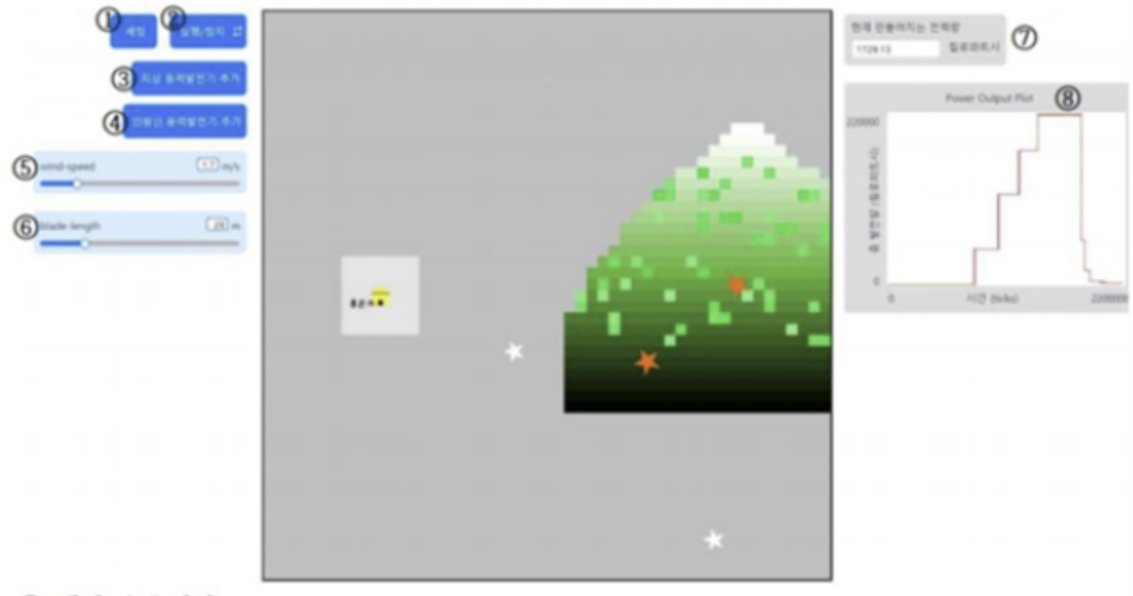
2) 시간이 더 많이 흐른다면, 어떤 일이 생길까요?

3) 물고기 수(⑦)가 증가 / 감소하려면 어떤 변인을 어떻게 바꿔주어야 할까요?

3 NetLogo 활동 2: 풍력발전 시뮬레이션

- 풍력발전 시스템을 시뮬레이션으로 만든다면, 어떤 변인이 있는지 찾아 써봅시다.

- 시뮬레이션을 조작해봅시다.



① 세팅 / 초기화
② 실행 / 정지
③ 도시(지상)에 풍력발전기 설치
④ 인왕산에 풍력발전기 설치
⑤ 풍속 조절 (0m/s ~ 10m/s)
⑥ 날개(블레이드) 길이 조절 (10m ~ 100m)
⑦ 현재 만들어지는 전력량
⑧ 시간에 따른 총 발전량

◎ 시뮬레이션과 현실 상황을 비교했을 때 다른 점은 무엇일까?

- 빈칸을 채워서 시뮬레이션의 규칙을 완성해봅시다.

1) 풍속이 _____ 풍력발전기 한 대가 만드는 전력은 많아져요.

2) 날개의 길이가 _____ 풍력발전기 한 대가 만드는 전력은 많아져요.

3) 풍력발전기의 개수가 _____ 만드는 전력은 더 많아져요.

4) 고도가 _____ 곳에 설치하면 만드는 전력은 더 많아져요.

4 우리 동네에서 풍력발전을 한다면?

- '우리 동네에 풍력발전기를 설치'하는 문제에 대해 친구와 함께 토의해봅시다.

1) 어디에 설치하면 좋을까? (https://youtu.be/1rxkrRO62wc?si=GZAAWq5XwptIcw87)

2) 우리 동네의 실제 평균 풍속 데이터를 조사하고, 시뮬레이션으로 생산되는 전력량을 알아보자. (https://data.kma.go.kr/climate/RankState/selectRankStatisticsDivisionList.do)

3) 1년간 우리나라/우리 자치구/우리 집은 어느 정도의 전력을 사용할까? 시뮬레이션에서 보았던 전력량과 비교하여 생각해보자.

4) 풍력발전기로 인해 영향을 받는 "이해관계자"들은 어떤 생각을 가지게 될까?

→ 이해관계자의 예시: 지역 주민, 관광업자, 동물 보호단체, 풍력발전 건설업자 등..