

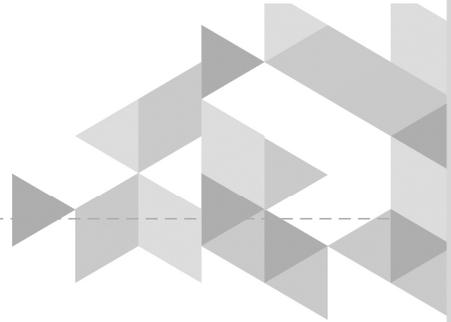
# 표지면지

표지와 동일하게 흑백으로 들어갑니다.

## 덴마크 재생에너지 현황과 출력조절에 대한 보상정책의 변화과정



# CONTENTS



덴마크 재생에너지 현황과 출력조절에 대한 보상정책의 변화과정

## ●● 인사말

서삼석 국회 기후위기특별위원회 위원장 .....	i
임이자 국회 기후위기특별위원회 국민의힘 간사 .....	iii
위성곤 국회 기후위기특별위원회 더불어민주당 간사 .....	v

## ●● 발제

### • 덴마크 재생에너지 현황

틸다 헬스틴 Tilde Hellsten 국장 (덴마크에너지청 국제협력센터) .....	1
---	---

### • 덴마크에서 재생에너지 발전량이 증가하며 전력시스템 및 출력제어 보상 등의 정책은 어떻게 변화했는가?

클라우스 윈터 Klaus Winter 부사장 (에네르기넷 시스템운영부) .....	15
---	----

## ●● 좌장

전영환 교수 (홍익대학교 전자전기공학부)

## ●● 토론

홍종호 교수 (서울대학교 환경대학원) .....	23
이유수 본부장 (에너지경제연구원 탄소중립연구본부) .....	27
정승혜 과장 (산업부 전력계통혁신과) .....	33



## 인사말



서삼석 국회의원

안녕하십니까. 국회 기후위기 특별위원회 위원장 서삼석입니다.

덴마크 재생에너지 현황과 출력조절에 대한 보상정책의 변화과정 정책토론회를 함께 마련해주신 국회 기후위기특별위원회 위원님, 주한 덴마크대사관, 에너지전환포럼을 비롯한 모든 참석자 여러분께 감사 인사를 드립니다.

최근 기후위기가 심화함에 따라 탄소중립과 재생에너지 확대에 대한 사회적 관심이 날로 커지고 있습니다. 정부는 지난 2020년 10월 ‘2050 탄소 중립’을 선언한데 이어, 지난 3월 시행된 「탄소중립기본법」에 따라 부문·연도별 감축 목표를 마련했습니다.

국내의 온실가스 배출량의 87%가 에너지 소비과정에서 발생하고 있는 만큼 탄소중립 실현을 위해 재생에너지로의 전환과 확대는 필수불가결한 과제입니다.

그러나 우리나라의 재생에너지 비중은 현재 8%에도 미치지 못합니다. OECD 국가 중 최하위 수준입니다.

에너지 효율과 신재생에너지의 선두주자인 덴마크의 경우 전체 발전비중 중 재생에너지 비중은 약 70%에 달합니다. 그리고 2030년까지 발전부문에서 재생에너지 비중 100% 달성을 목표로 하고 있습니다.

이는 재생에너지의 특성을 고려한 주변국과의 그리드 연결망 구축, 그리고 계통운영자에 대한 명확한 책임부여가 있었기 때문입니다. 또한 유연한 전원이 들어 올 수 있도록 전력시스템 등을 구축하여 출력제어로 손실되는 에너지를 최소화하기 위한 노력이 있었기 때문입니다.

오늘 토론회는 덴마크의 재생에너지 현황과 재생에너지 발전량 증가에 따른 전력시스템 및 출력 제어보상 등의 정책이 어떻게 변화했는지 살펴보기 위해 마련되었습니다. 오늘 토론회를 통해 덴마크의 사례를 바탕으로 우리나라의 효율적인 전력망 운영방안을 마련하는 계기가 되기를 기대합니다. 저 또한 기후위기특별위원회의 위원장으로서 탄소중립과 재생에너지 확대라는 시대적 과제 달성을 위해 이 자리에 함께 해주신 모든 분들과 함께 최선을 다하겠습니다. 감사합니다.

2023년 5월 26일

국회의원 **서삼석**  
(국회 기후위기특별위원회 위원장)

# 인사말



임이자 국회의원

여러분, 반갑습니다.

국회 기후위기특별위원회 국민의힘 간사 임이자 국회의원입니다.

‘국회 기후위기특별위원회’가 ‘주한덴마크대사관’ 및 ‘에너지전환포럼’과 공동으로 주최하는 ‘덴마크 재생에너지 현황과 출력조절에 대한 보상정책의 변화과정’ 토론회를 개최할 수 있게 되어 매우 뜻깊게 생각합니다.

방한해주신 틸다 헬스틴 덴마크에너지청 국장님, 클라우스 윈터 에네르기넷 부사장님과, 함께 자리를 빛내주시는 서삼석 기후특위 위원장님을 비롯한 위성곤 간사님, 특위 위원 여러분과 전영환 교수(홍익대 전자전기공학부), 홍종호 교수(서울대 환경대학원), 이유수 박사(에너지경제연구원), 정승혜 과장(산업부 전력계통혁신과) 등 고견을 들려주실 전문가 여러분께도 깊은 감사의 인사를 드립니다.

현재 2030 NDC 달성과 2050 탄소중립 실현, 그리고 에너지 안보 측면에서 국내 에너지의 자급자족의 필요성이 증대되고 있는 실정입니다.

또한 EU를 포함한 전세계가 재생에너지 산업에서는 뒤처질 수 없다는 판단 아래 태양광과 풍력 등 재생에너지 산업을 집중적으로 육성하고 비중도 확대하고 있는 상황입니다. 우리나라의 재생에너지 발전은 초기 단계에 있으나 국제적인 약속과 제약에 따라 재생에너지 확대는 가야할 길임이 분명합니다.

오늘 토론회에서는 재생에너지 선진국인 덴마크의 재생에너지 생산 및 출력 등 전력 관리 시스템의 전반을 살펴보고 재생에너지 전력망 안정성을 유지하기 위한 방안을 논의할 것입니다. 이 교훈을 귀중한 지침으로 삼아 국내 에너지정책 실행을 고려한 지속 가능한 재생에너지 정책을 마련할 수 있기를 기대합니다. 오늘 토론회에서 나온 고견들이 향후 국내 재생에너지 발전의 이정표가 될 것이라고 확신합니다.

저 또한 국회 기후특위 여당 간사로서 오늘 도출된 여러 의견을 모아 미래를 위한 에너지 정책 수립에 필요한 지원을 하도록 하겠습니다. 감사합니다.

2023년 5월 26일

국회의원 임 이 자

(국회 기후위기특별위원회 국민의힘 간사)

# 인사말



위성곤 국회의원

안녕하십니까?

국회 기후위기특별위원회 더불어민주당 간사를 맡고 있는 제주 서귀포시 국회의원 위성곤입니다.

국회 기후위기특별위원회와 덴마크대사관, 에너지전환포럼과 함께 <덴마크의 재생에너지 발전량에 따른 출력제어 보상정책 변화 토론회>를 개최하게 되어 매우 뜻깊게 생각합니다.

대한민국과 덴마크 양국 간 녹색성장 협력 강화를 위해 최일선에서 힘써주고 계신 스벤 올링 주한 덴마크 대사님, 덴마크 재생에너지 정책을 소개해주시기 위해 국회를 찾아주신 틸다 헬스틴 덴마크에너지청 국제협력센터 국장님과 글라우스 윈터 덴마크 에네르기넷 시스템운영부 부사장님 반갑고, 환영합니다!

바쁘신 와중에도 토론회의 좌장을 맡아주신 홍익대학교 전자전기공학부 전영환 교수님과 토론자로 참여해주신 서울대학교 환경대학원 홍종호 교수님, 에너지경제연구원 이유수 박사님, 산업통상자원부 정승혜 과장님께서도 깊이 감사드립니다.

덴마크는 잘 알다시피 지난 30년간 친환경 에너지 전환을 가장 선도적으로 진행해온 신재생에너지 선진국입니다.

덴마크도 1995년까지만 하더라도 화석연료 에너지 비중이 96%에 달했습니다. 그러나 신재생 에너지로 에너지전환 정책을 꾸준히 실행한 결과 2020년 기준 재생에너지 발전비중이 81.6%에 달하는 신재생에너지 강국이 되었습니다.

덴마크는 2050년에는 화석연료를 사용하지 않겠다는 국가 비전하에 신재생에너지 관련 투자와 개발에 집중하며 신재생에너지 퍼스트 무버(first-mover)의 입지를 공고히 하고 있습니다.

이런 덴마크의 사례는 대한민국 에너지전환 정책에 많은 시사점을 줍니다.

제 지역구인 제주도는 예로부터 바람이 많은 섬으로 풍력발전을 포함한 신재생에너지 발전비율이 2022년 평균 19.1%로 대한민국의 가장 선두에 서 있습니다.

그러나 전력 수요 대비 공급 초과를 이유로 제주도에서 재생에너지의 발전을 차단하는 출력제어 명령이 내려진 빈도가 지난해만 132회에 달합니다. 화력을 통해 이뤄지는 필수운전 발전과 육지에서 오는 전력을 먼저 고려하는 경직된 운영방식이 잦은 출력제어의 원인으로 지목되고 있습니다.

오늘 이 자리에서 풍력발전 비중이 전체 발전량의 절반가량을 차지하는 덴마크의 ‘재생에너지 전력망 통합’ 노하우가 많이 소개되고, 대한민국 에너지전환 정책에 많은 참고가 되길 기대합니다.

다시 한번 참석해주신 모든 분들께 감사드리며, 대한민국이 신재생에너지 강국으로 나아갈 수 있도록 지혜를 모아주시기를 당부드립니다.

감사합니다!

2023년 5월 26일

국회의원 위 성 곤

(국회 기후위기특별위원회 더불어민주당 간사)



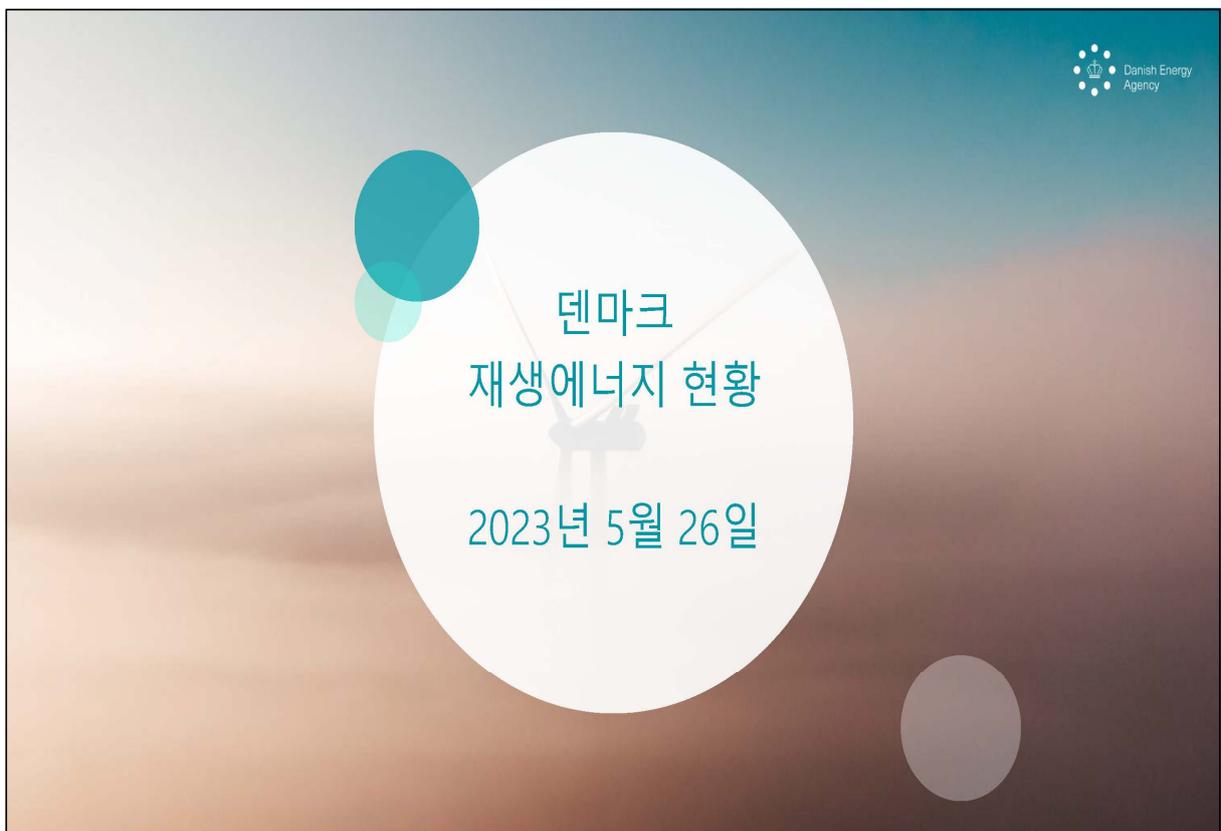
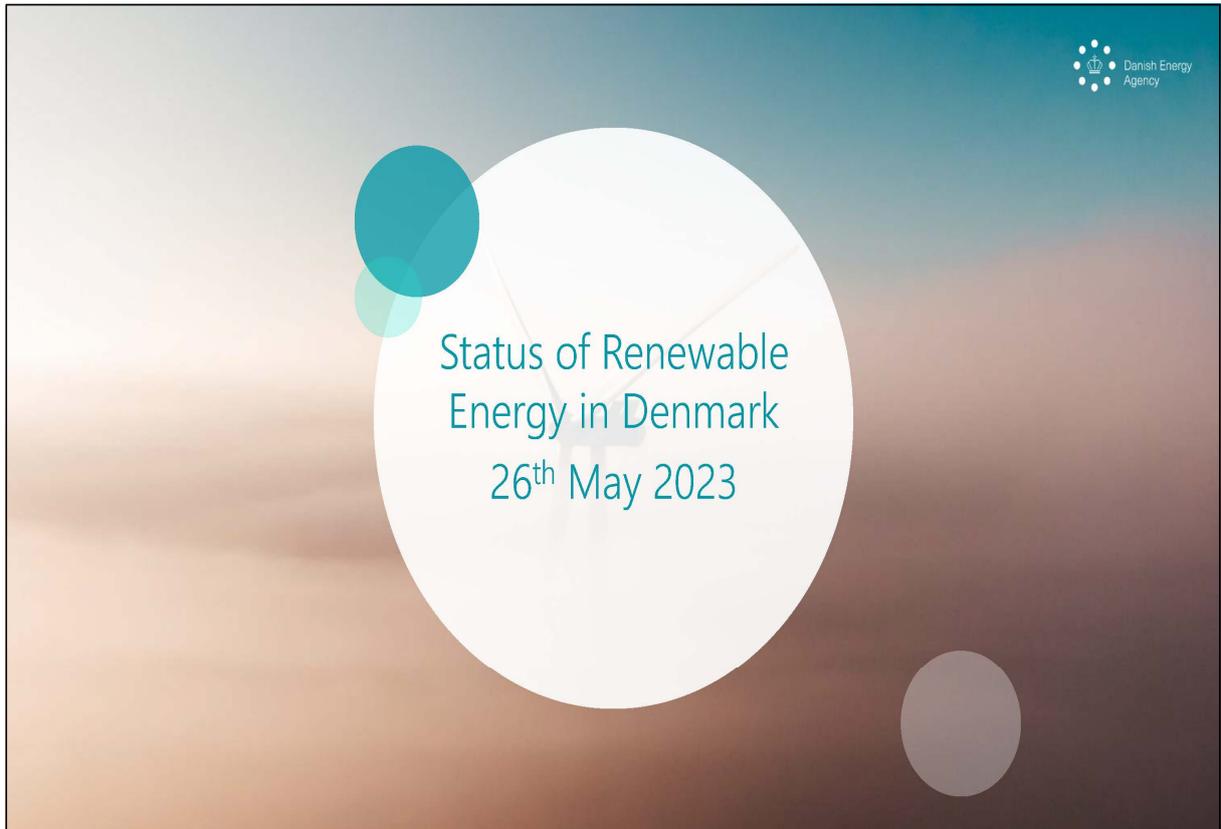
발제 1

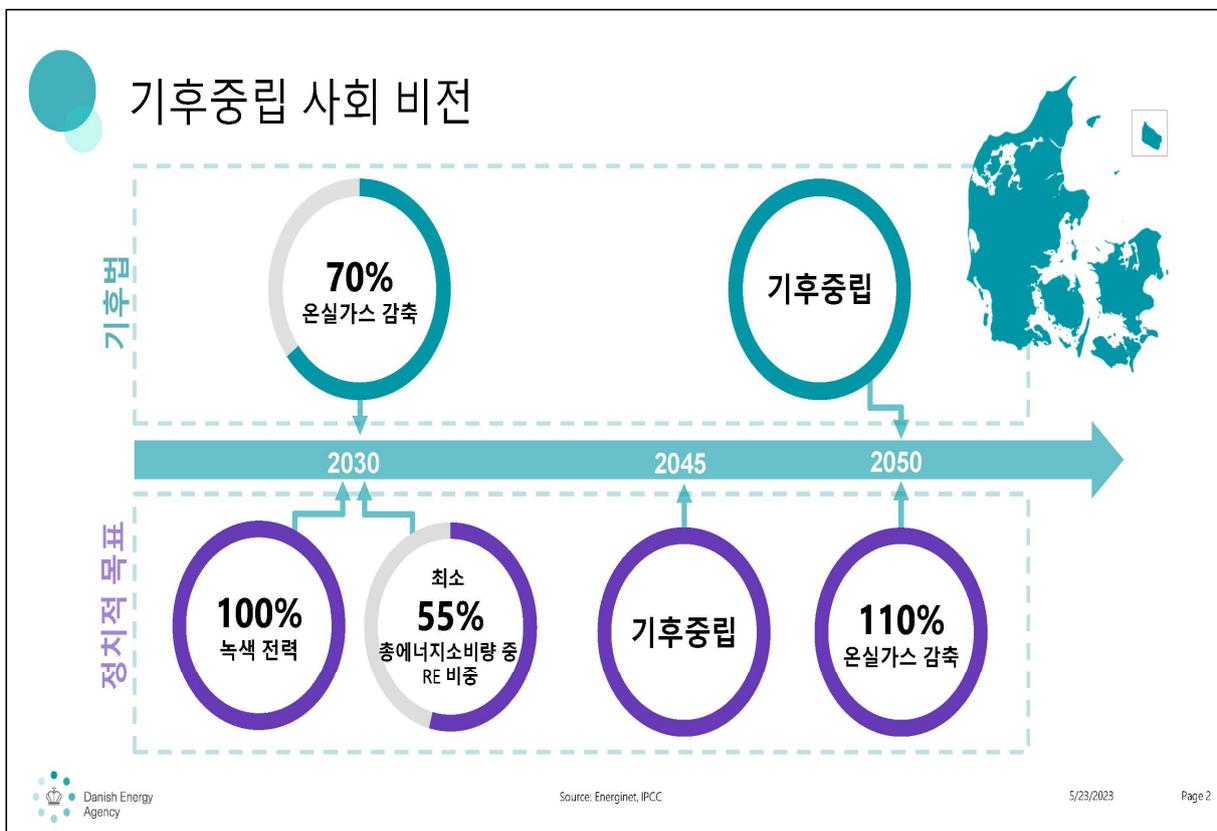
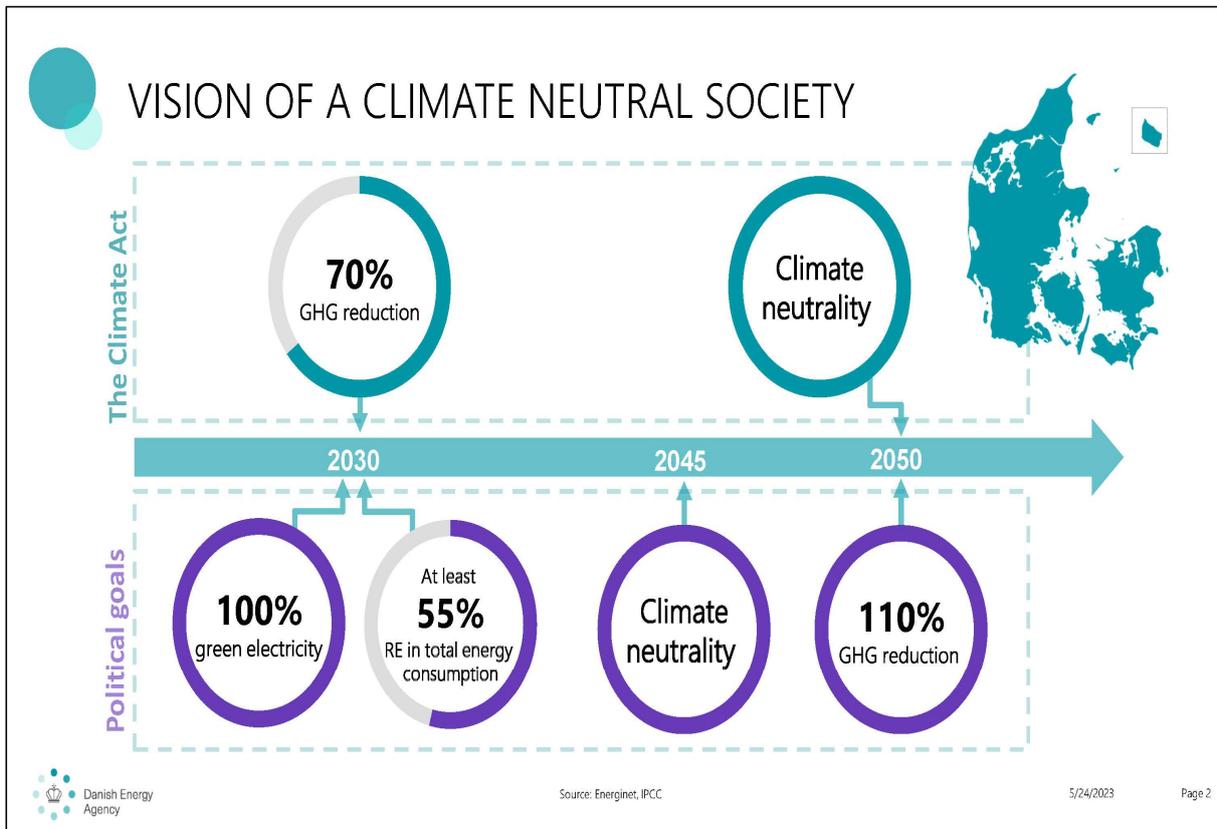
# 덴마크 재생에너지 현황

틸다 헬스텐 Tilde Hellsten 국장  
(덴마크에너지청 국제협력센터)











## ONSHORE RENEWABLE ENERGY TARGETS

### Latest Energy Agreement, 25<sup>th</sup> June 2022

- Quadrupling of the of onshore wind and solar PV by 2030
- The Danish state will designate larger areas for "Energy Parks" onshore as a supplement to the planning for renewables executed by the municipalities
- The Danish State will start screening for 10-15 locations onshore for more renewables
- Strong local acceptance from residents and municipalities is critical for the expansion of four times more renewables onshore



## 육상 재생에너지 목표

### 최신 '에너지 합의문' 주요 내용 (2022년 6월 25일 덴마크 의회 채택)

- 2030년까지 육상풍력 및 태양광 발전량 4배 확대
- 지자체의 재생에너지 확대 계획 보완을 위해 중앙정부 차원에서 대규모 육상 '에너지 파크(Energy Parks)' 지정
- 재생에너지 보급 확대를 위해 중앙정부에서 10~15개 육상 발전 부지에 대한 심사 개시
- 육상 재생에너지 4배 확대 목표 달성을 위해서는 주민과 지자체의 수용성 확보가 아주 중요

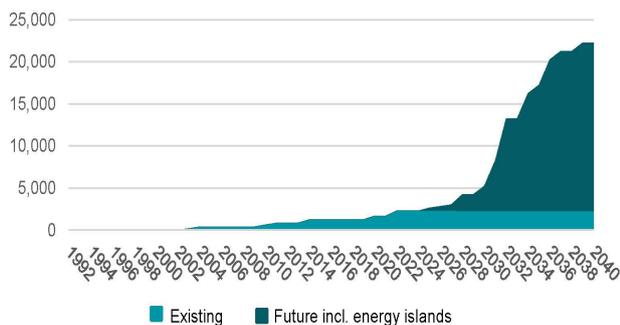


## DEVELOPMENT OF OFFSHORE WIND IN DENMARK

- **1991:** First Danish offshore wind farm Vindeby (5 MW)
- **2023:** ~ 2.3 GW offshore capacity
- **2030:** ~ 9 GW installed capacity
- **2050:** ~ 35 GW installed capacity

Tender out 9 GW to be constructed by 2030.

Total capacity of offshore wind (MW) in Denmark

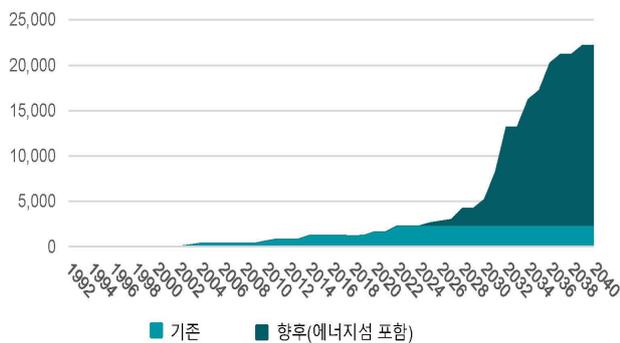


## 덴마크의 해상 풍력 발전

- **1991:** 최초의 덴마크 해상풍력 단지 '빈데비' 건설 (5 MW)
- **2023:** ~ 2.3 GW 해상 용량
- **2030:** ~ 9 GW 설치 용량
- **2050:** ~ 35 GW 설치 용량

2030년까지 9GW 신규 해상풍력 건설 입찰 계획

덴마크 총 해상풍력 발전용량(MW)



## OVERPLANTING OF OFFSHORE WIND

### Maritime Spatial Planning

Screening the Danish waters for suitable sites for offshore wind to be tendered.

### Overplanting

- Higher capacity in each area with more/larger turbines.  
Downside: creates wake effects.
- Permission to install a higher capacity within an area than what can be connected to the grid in the first place. Excess power can be used for PtX via a direct line rather than through the grid.



## 해상풍력 오버플랜팅(OVERPLANTING)

### 해양공간계획 (MSP)

덴마크 해역내 추후 해상풍력 입찰에 적합한 부지 검토

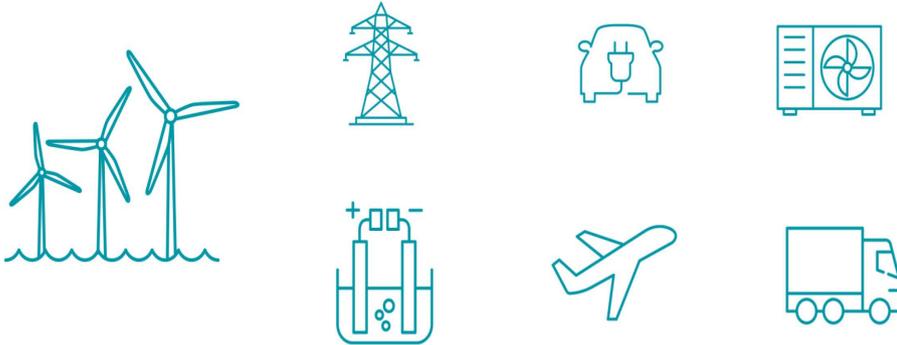
### 오버플랜팅 (Overplanting)

- 대형/다수 터빈을 설치하여 각 지역별 발전용량 확대
- 단점: 후류 효과 (wake effect)
- 애초에 그리드 연결 가능치를 초과하는 용량을 설치할 수 있게끔 허용
- 잉여 전력은 그리드를 통하지 않고 별도 라인을 통해 PtX로 사용 가능



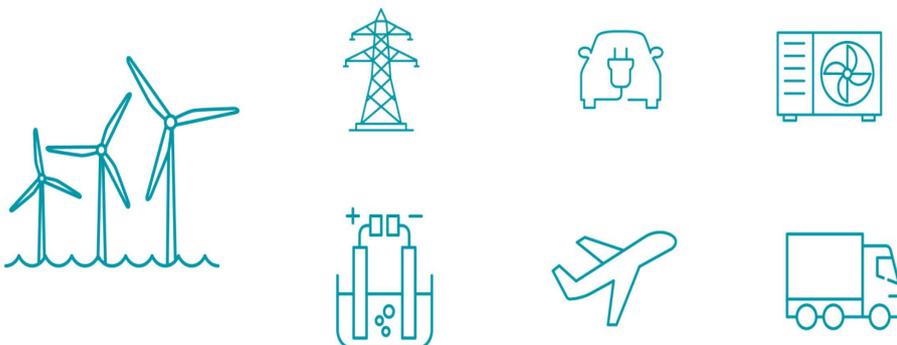
## Power-to-X and Offshore Wind

Power generated by offshore wind can be used for PtX and hereby contribute to the green transition of heavy transport and air traffic.



## Power-to-X 및 해상풍력

해상 풍력으로 생산된 전력을 PtX로 사용하여 대형 화물 운송 및 항공 교통 부문의 친환경 녹색 전환에 기여 가능



## CO-EXISTENCE

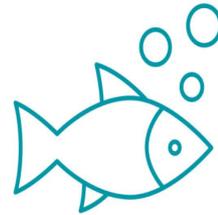
Existing procedures still valid when overplanting

Before tender:

Strategic Environmental Assessment (SEA)

Before establishment of the wind farm:

- The concession winner must carry out Environmental Impact Assessment and have it approved.
- Dialogue with the fishermen as part of screening of the seabed for suitable sites for offshore wind.
- The concession winner must pay compensation to the fishermen.



## 상생

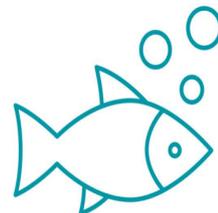
오버플랜팅 도입 후에도 기존 절차 유효

입찰 전:

전략환경평가 (SEA)

풍력 단지 조성 이전:

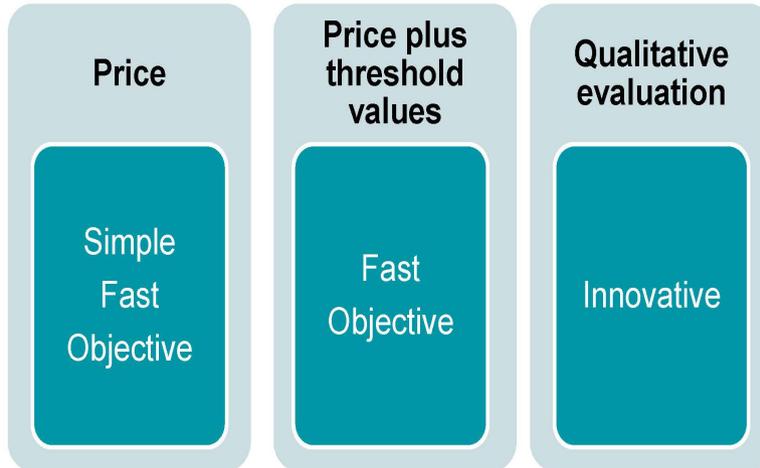
- 입찰 낙찰자가 환경영향평가(EIA) 실시 및 통과를 받아야 할 의무를 가짐
- 해상 풍력발전에 적합한 해저 부지 심사의 일환으로 어민과의 대화
- 입찰 낙찰자가 어민에게 보상금 지급의 의무를 가짐





## TENDER EVALUATION CRITERIA

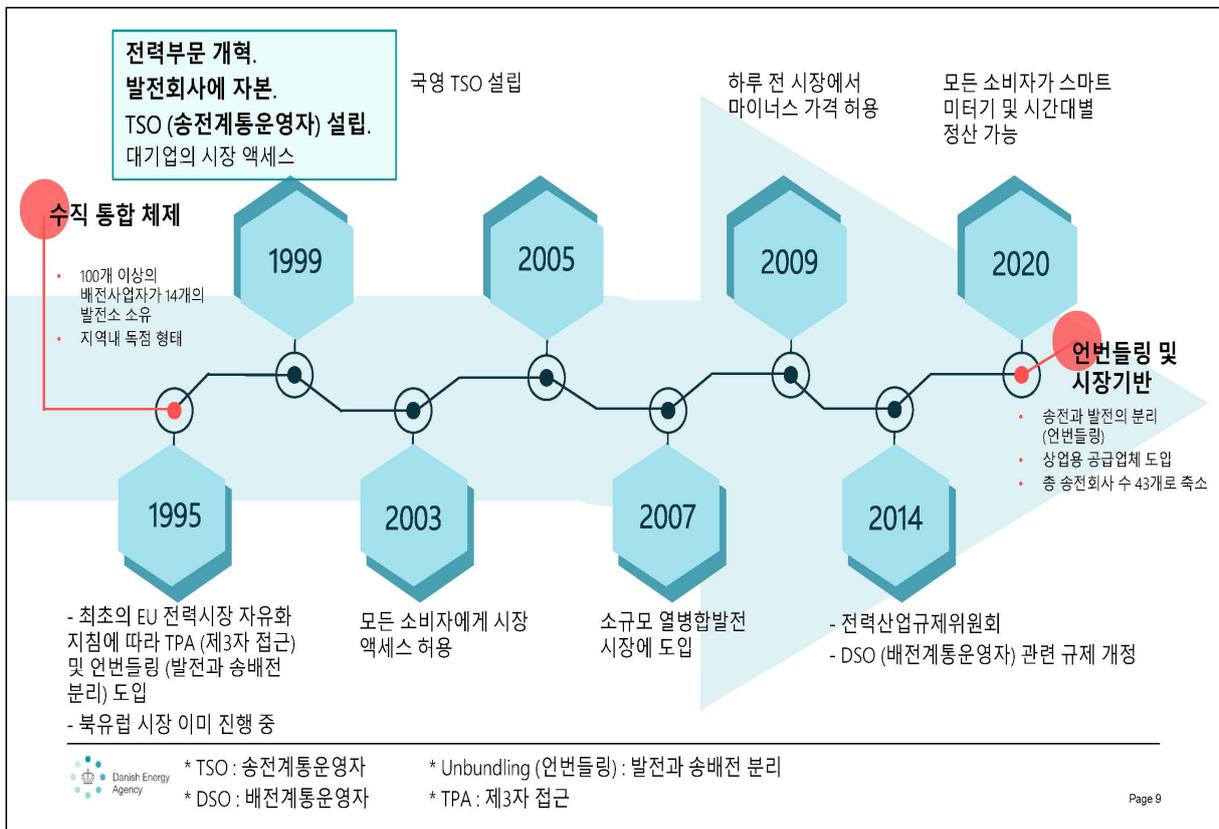
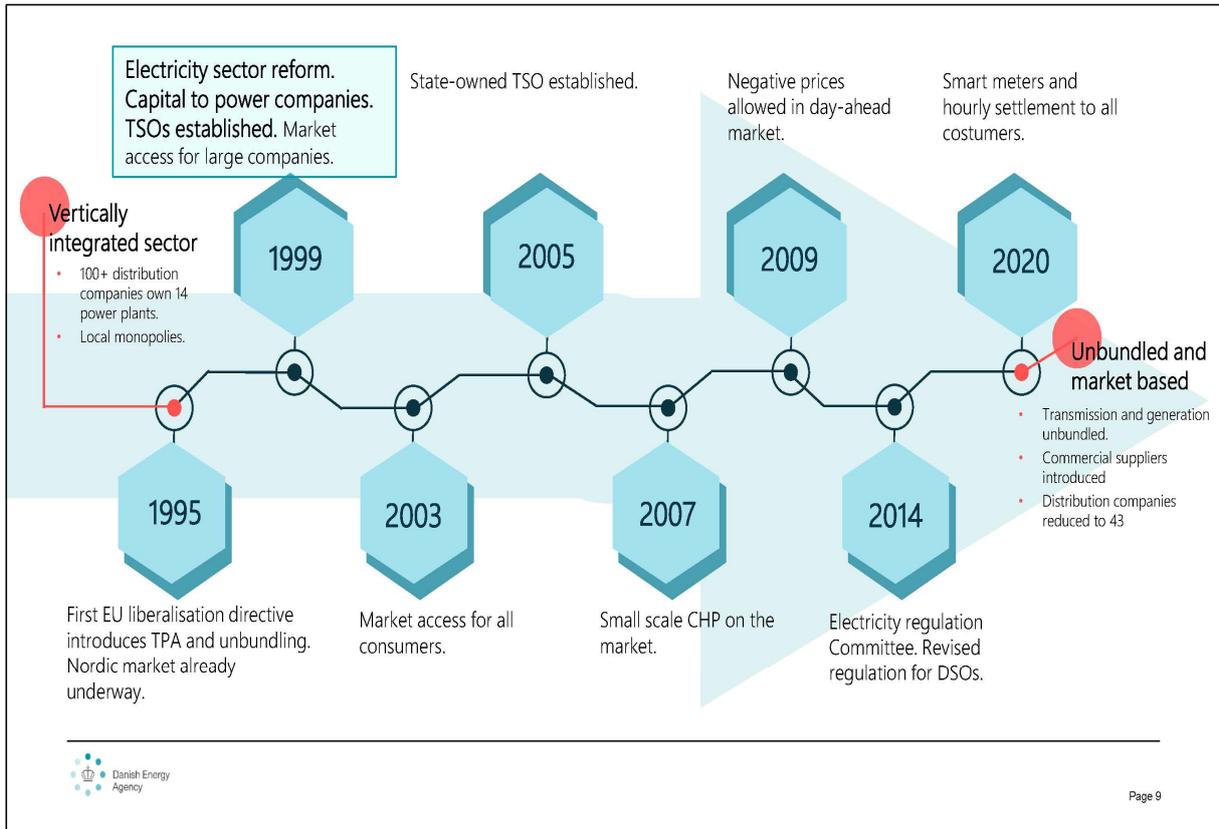
Different approaches

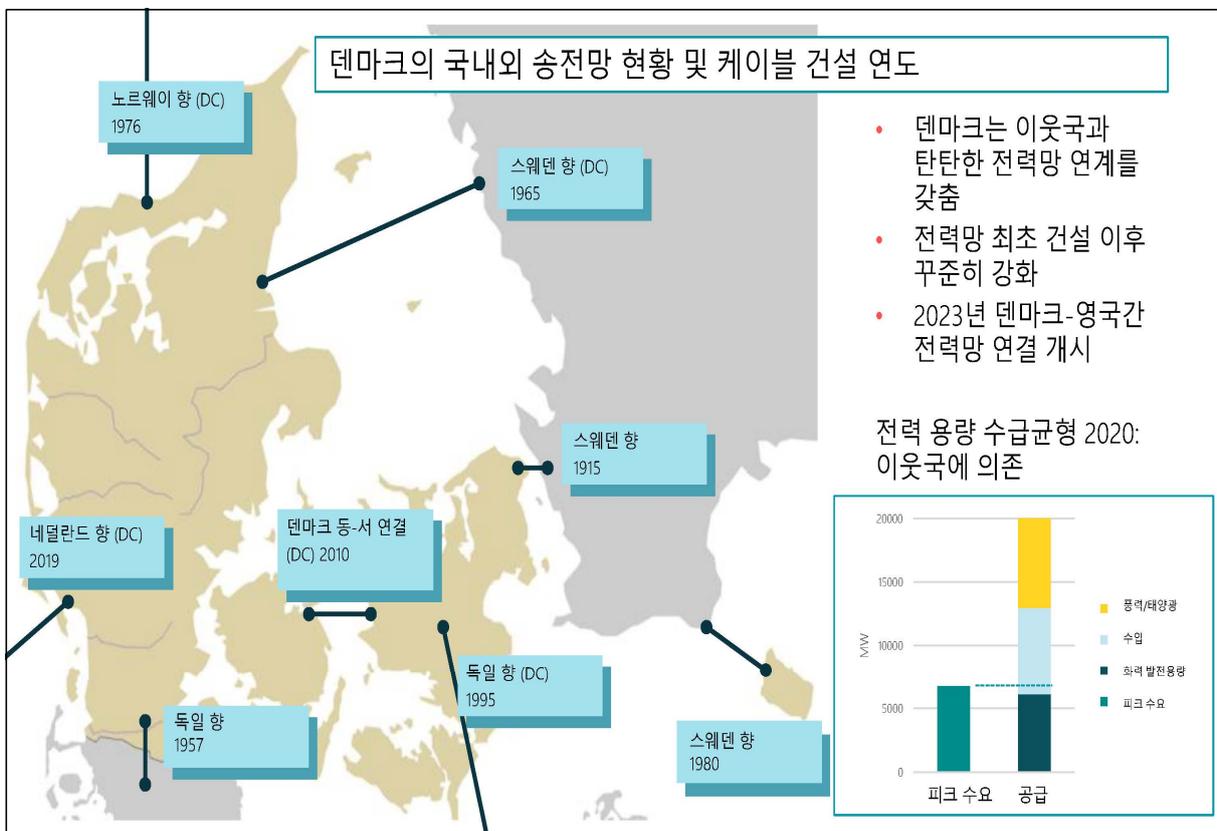
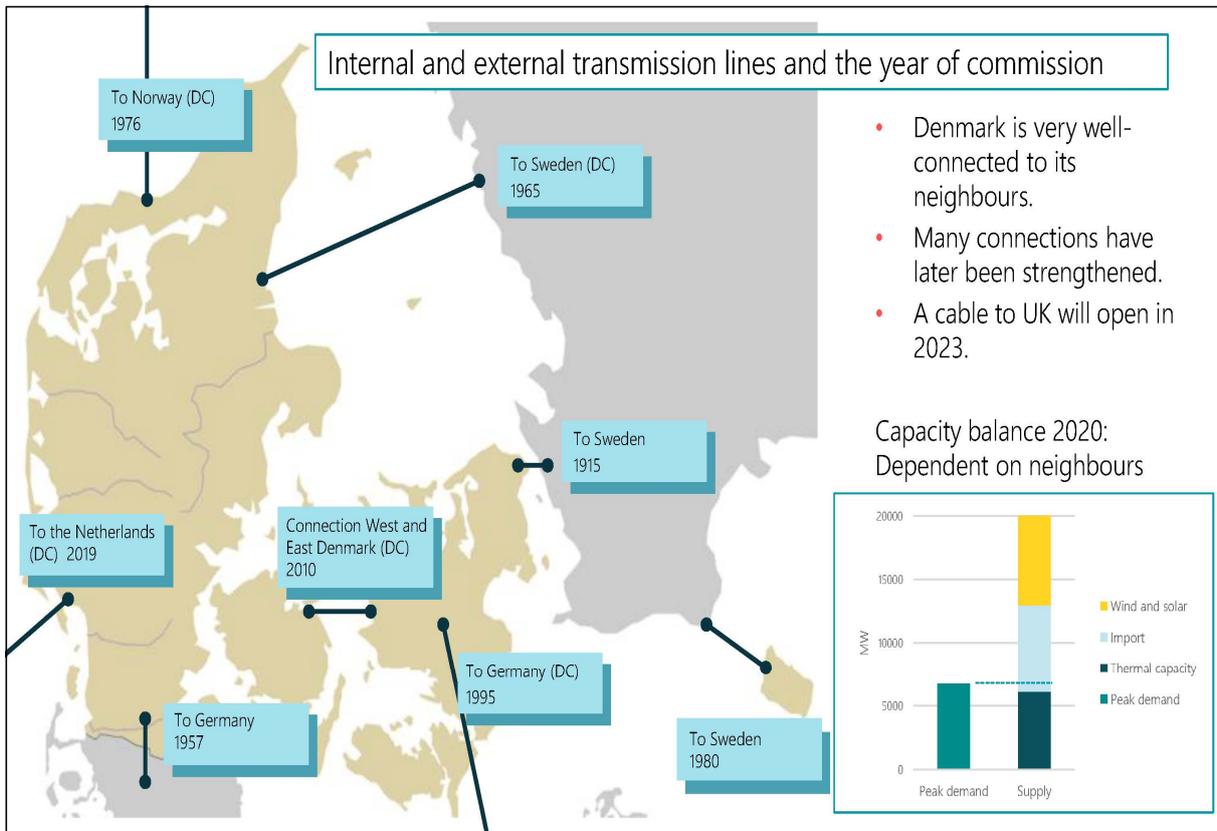


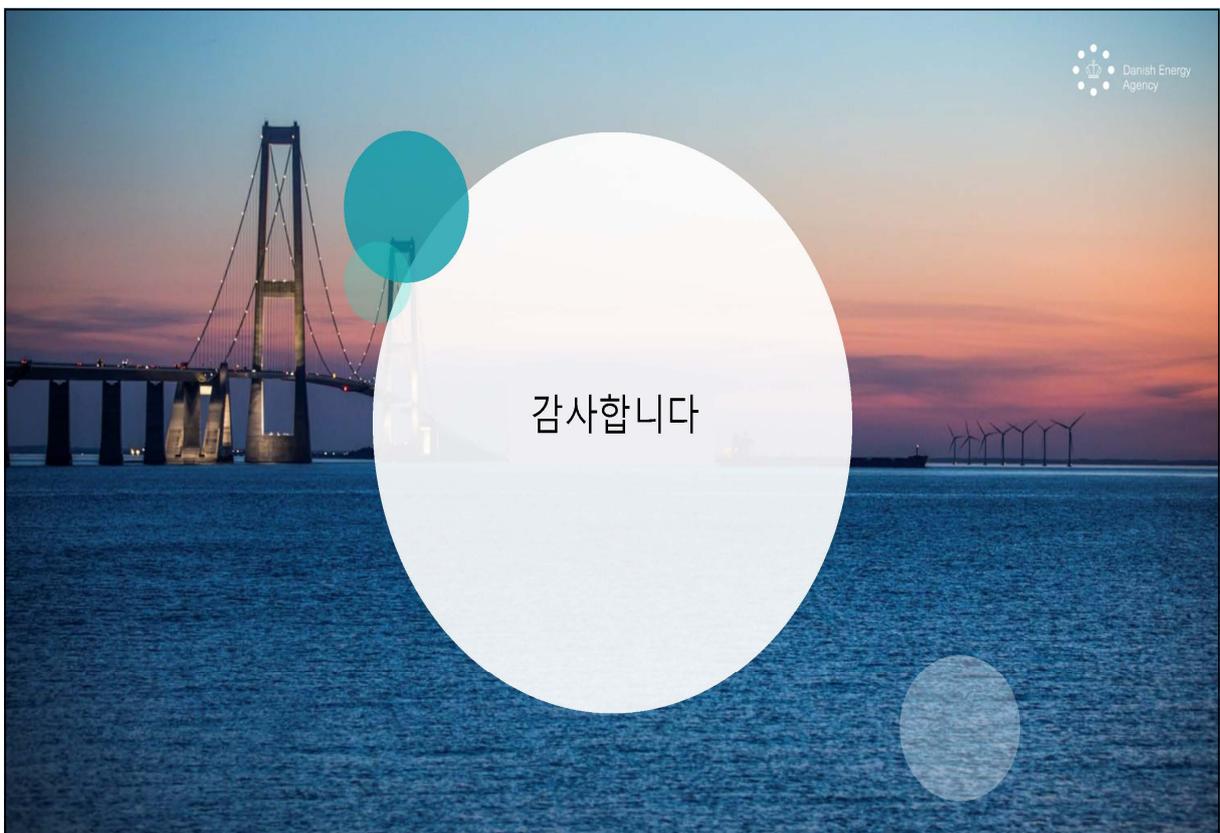
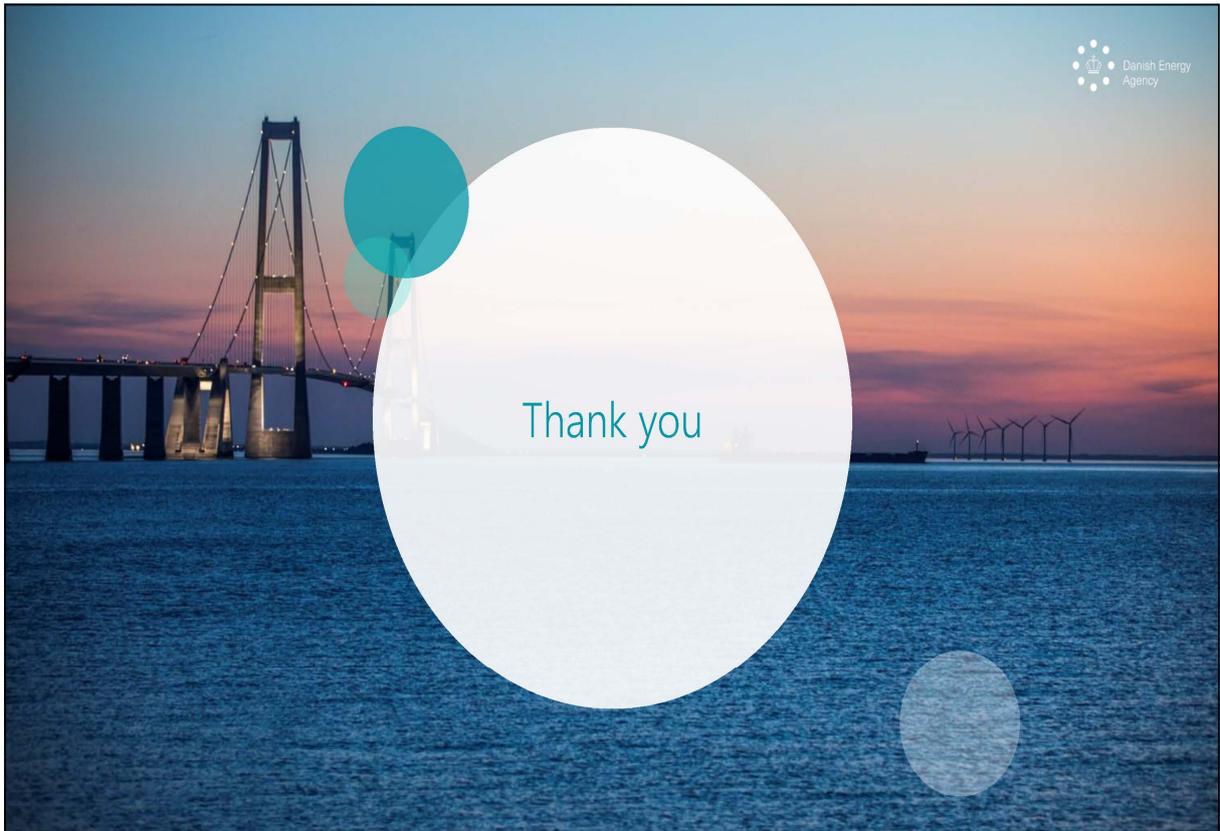
## 입찰 평가 기준

다양한 접근법













## 발제 2

# 덴마크에서 재생에너지 발전량이 증가하며 전력시스템 및 출력제어 보상 등의 정책은 어떻게 변화했는가?

클라우스 윈터 Klaus Winter 부사장  
(에네르기넷 시스템운영부)





# CURTAILMENT – THE DANISH CASE

May 2023

*Klaus Winther, Vice President, System Operation, Energinet*



VISION  
GREEN ENERGY FOR A  
BETTER WORLD



# 출력조절 – 덴마크 사례

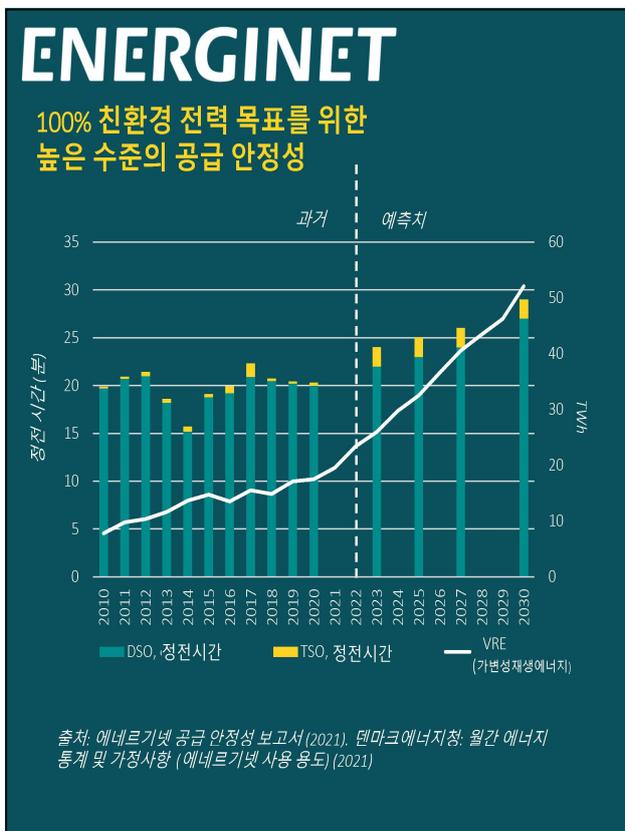
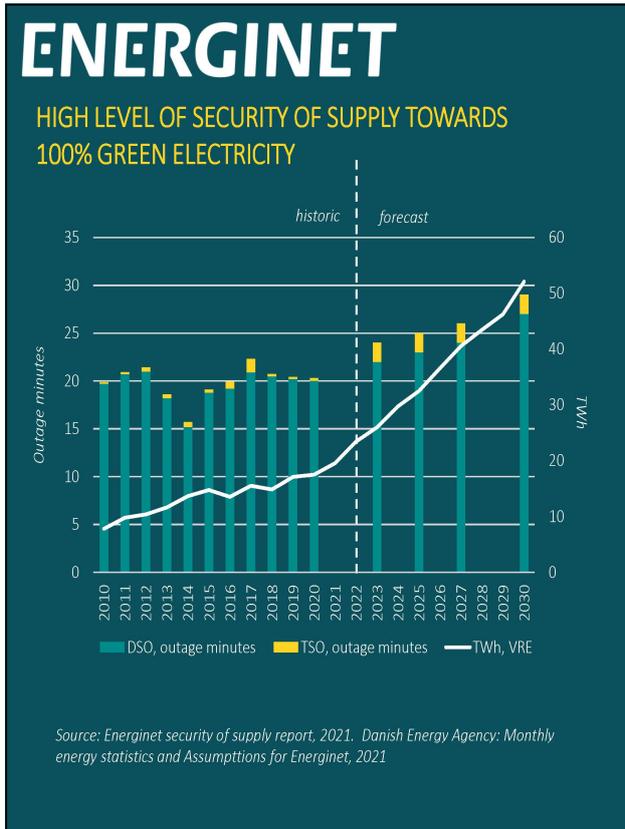
2023년 5월

*클라우드 윈터*  
*덴마크 에네르기넷, 시스템운영부 부사장*



VISION  
GREEN ENERGY FOR A  
BETTER WORLD





## CURTAILMENT OF WIND AND SOLAR

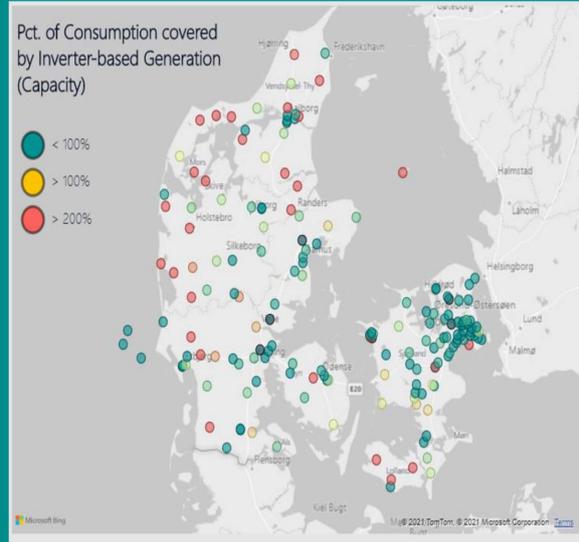
Forced curtailment of wind and solar: < 1% of VRE production

By law ENERGINET is today obliged to:

- Compensation of curtailment of connected production if unplanned grid congestions
- Connect new production in reasonable time – and compensation if connection not ready as agreed.
- Curtailment compensation is based on market price and forecasted production
- Technology neutral regulation based on EU network codes

ENERGINET actions to reduce curtailment and costs:

- Pro-active grid planning – also with distribution grid operators (DSO)
- Optimize utilisation of grid with digitization and forecasts
- Use of market based tools to curtail lowest cost units and reduce administrative costs



## 풍력 및 태양광발전 출력조절

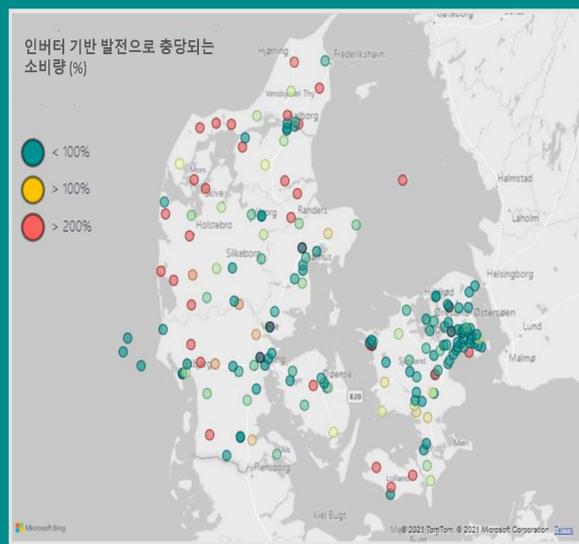
풍력/태양광 발전에 대한 강제 출력조절: 가변성재생에너지(VRE) 발전량의 1% 미만

에네르기넷의 법적 의무사항:

- 예기치 않은 계통혼잡 발생 시, 이미 연계된 발전기에 대한 출력조절 조치에 대한 보상 지급
- 합리적 시간안에 신규 발전기 계통 연계 의무, 합의대로 접속 완료되지 않을 시 보상 지급
- 시장가격 및 예상 발전량을 토대로 출력조절 보상 지급
- 'EU 전력망 강령 및 지침'에 기반한 기술중립적 규제

출력조절 축소 및 비용 절감을 위한 에네르기넷 조치:

- 선제적 전력 계획 – DSO(배전사업자) 참여
- 디지털화 및 예측을 통한 계통 활용 최적화
- 최저비용의 출력제어 선택 및 제반 행정비용 절감을 위해 시장 기반 툴 사용



### HISTORIC DEVELOPMENT

- Before 2008: Renewable electricity is prioritized production (EU regulation) and balanced by TSO. Full compensation if curtailed.
- 2008: new and existing wind and solar own balancing responsibility and introduction of negative electricity prices. VRE production voluntarily reduced, when negative prices are below premium (subsidy).
- 2010: As part of tender conditions, Anholt offshore wind park (400 MW) obliged to curtail without compensation if prices below zero. For existing offshore wind parks no restrictions.
- 2012: wind participate in energy balancing market with voluntary down regulation
- 201x: Cooperation with DSO (<110 kv) on grid congestion planning, as VRE build out in DSO area can also influence Transmission grid.
- 2020: first wind turbine installed without subsidies and incentive to stop production when electricity price below zero
- 2021: updated rules for compensation from curtailment for non-firm connected wind turbines and use of market based downregulation (cheapest unit from energy balancing market will be down regulated)
- 2021: Development of public capacity map with DSO to incentivize investment where, there is excess grid capacity (reduce future need for curtailment)
- 2022: geographical differences in connection costs and production tariffs to incentivize location with high demand and low VRE production

### CURRENT AND FUTURE ACTIONS TO REDUCE NEED FOR NEW GRID AND CURTAILMENT TO ACCELERATE AFFORDABLE GREEN TRANSITION

#### Construction Solutions:

- Direct lines – relevant for offshore wind and electrolyzers
- Pooling of projects to establish new substations
- Temporary masts and direct connection

#### Planning solutions

- Technology neutral grid planning – separate identification of needs with solutions
- Electricity price and solar/wind/storage/hydrogen optimized hybrid grid connections
- Market dialogue on expected new investments in solar and wind
- Digitilization of connection process for improved transparency

#### Market solutions:

- Tariff reform to give location signal and reflect on actual costs for connection
- Local flexibility markets for congestion handling
- Storage based on technology neutral market incentives

#### Operational solutions

- Forecast based dynamic line rating
- New digital tools in control center for improved real time information and forecasts

### 과거 조치

- 2008년 이전: 재생 전기는 전력거래 우선 급전 대상 (EU 규정). TSO가 밸런싱(수급균형) 담당. 출력조정 발생 시 100% 보상.
- 2008년: 풍력/태양광 신설분과 시설분을 대상으로 자체적 밸런싱 의무 부여 및 마이너스 전력가격 도입. 이에 따라 마이너스 가격이 프리미엄(보조금)보다 더 낮아질 경우, 자발적으로 VRE 생산 축소를 유도
- 2010년: 앤홀트 해상풍력단지(400MW) 입찰 조건의 일부로, 전력가격이 0 이하로 떨어질 경우, 보상없이 출력조정 의무. 기존 해상풍력단지에는 제한 없음.
- 2012년: 풍력발전사업자를 대상으로 자발적 출력 감발 및 에너지밸런싱시장 참여 도입
- 201x: DSO 지역내 VRE 구축이 송전계통에 영향을 줄 수 있기 때문에 DSO와의 협력하에 계통 혼합 계획 수립 (110kv 미만)
- 2020년: 보조금 없이 설치된 최초의 풍력 터빈. 전기가격이 0 이하로 떨어지면서 발전 가동 중단에 대한 인센티브 마련
- 2021년: 비확정 접속형 풍력 터빈에 대한 출력조정 보상 관련 규정 업데이트. 시장가격 기반 감발 시행에 대한 규정 업데이트 (에너지밸런싱시장에서 최저가 발전기에 대해 감발 실시).
- 2021년: 계통용량 과잉 지역으로 투자를 유도하기 위해 DSO와 함께 '자원 용량 지도' 개발. 이를 통해 향후 출력조절의 필요를 사전에 방지.
- 2022년: 연계비용과 전기요금에 대한 지리적 차이 인정함으로써 고수요/저VRE생산 지역에 인센티브 제공.

### 현행 및 향후 방안 (경제적 녹색전환을 위해 신규 계통 및 출력조정 최소화 방안)

#### 건설 차원의 해결방안

- 별도 다이렉트 라인 (계통 비연계) – 해상풍력 및 전해조 대상
- 신규 변전소 건설을 위해 다수 프로젝트 풀링(Pooling)
- 임시 계측기(mast) 및 다이렉트 결합

#### 계획수립 차원의 해결방안

- 기술중립적 계통 계획수립 – 솔루션에 대한 개별 요구사항 파악
- 전력가격 및 태양광/풍력/저장/수소에 최적화된 하이브리드 계통 연결
- 향후 태양광/풍력 신규 투자에 대한 시장참여자와의 긴밀한 대화
- 연계 과정의 디지털화를 통한 투명성 제고

#### 시장 차원의 해결방안

- 위치신호 제공 및 실제 연계비용을 반영한 요금제 개편
- 계통 혼합 해결을 위해 '지역 유연성 자원거래 시장(LFM)' 도입
- 기술중립적 시장 인센티브에 기반한 저장

#### 운영적 차원의 해결방안

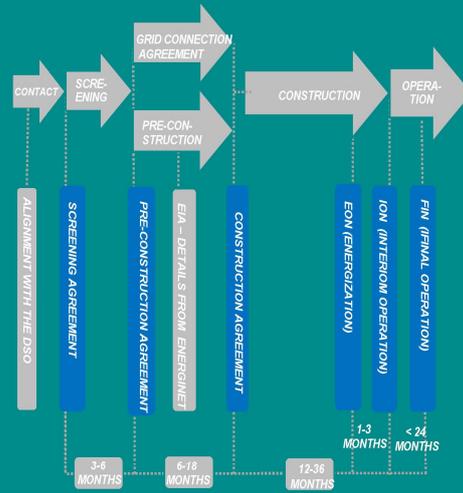
- 예측 기반 동적송전용량(DLR)
- 관제센터내 새로운 디지털 도구 사용을 통한 실시간 정보 및 예측 개선

## COMPENSATION FOR CURTAILMENT

	Connection agreement with full grid access*	Connection agreement with limitations in grid access**
Connection delayed	Compensation, spot price for expected production	Compensation, spot price for expected production
Planned outage	Compensation, spot price for expected production	No compensation
Non planned outage	Compensation, down regulation price for expected production***	No compensation

Less than 1% of wind production are curtailed annually due to grid congestions  
 \*in offshore wind tenders always full grid access. Not possible to choose limited grid access.  
 \*\*investor can choose limited grid access for faster connection and with risk of curtailment.  
 \*\*\*down regulation price is normally lower than spot price. From 2022 curtailment will be based on lowest costs bids in energy balancing market.

## PROCES FOR GRID CONNECTION



## 출력조절 보상

	100% 그리드 이용* 조건의 연계 합의	제한적 그리드 이용** 조건의 연계 합의
연결 지연	보상 0 (예상 생산량에 대한 현물가)	보상 0 (예상 생산량에 대한 현물가)
계획정지	보상 0 (예상 생산량에 대한 현물가)	보상 X
비계획 정지	보상 0 (예상 생산량에 대한 감발금액) ***	보상 X

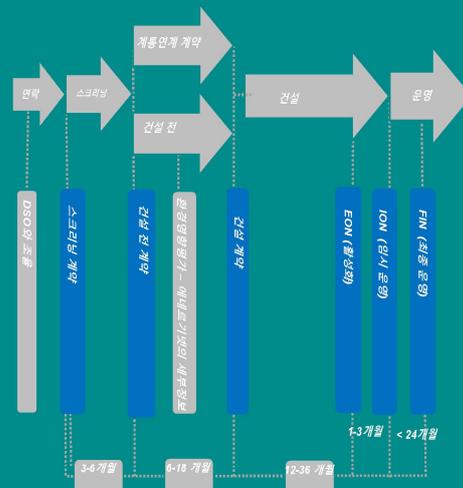
계통혼잡으로 인한 출력조절은 연간 전체풍력발전 생산량의 1% 미만

\*해상풍력 입찰의 경우, 항상 100% 그리드이용 (제한적 그리드이용 선택 옵션 없음)

\*\*투자자는 신속한 계통 연결을 위해 제한된 그리드 이용을 선택할 수 있으나, 이때 출력조절 리스크는 존재함.

\*\*\*감발 가격은 보통 현물 가격보다 낮음. 2022년부터 출력조절은 에너지 밸런스 시장에서 최저비용입찰을 기준으로 함.

## 계통연결 프로세스



## ENERGINET RECOMMENDATIONS TO REDUCE CURTAILMENT AND COSTS FOR FAIR VRE INTEGRATION

- **Transparency** in curtailment compensation and expected volume important for investors to develop projects and business case
- Optimize use of existing grid with **operational solutions** – incl. digitization for real-time operation
- Dialogue with **stakeholders** on location and connection solutions to reduce future need for curtailment
- Use of **market solutions** to reduce costs for curtailment and efficient administration
- Adapt tariff, grid planning and connection regulation to **reflect future energy system** needs and technology neutral solutions

## A BALANCING ACT



## 출력조절 축소, 비용 절감 및 형평성 제고를 위한 제언

- 출력조절 보상 및 예상 규모에 대한 **투명성** 확보: 투자자의 사업 개발 및 사업성 판단에 중요함
- **운영 솔루션** 도입을 통해 기존 계통 사용 최적화 (실시간 운영을 위한 디지털화 등)
- 향후 출력조절을 사전에 줄이기 위해 연계 위치 및 솔루션에 대해 충분한 **이해관계자**와의 대화
- 출력조절 비용 절감 및 관리 효율성 제고를 위해 **시장 솔루션** 사용
- **미래 에너지 시스템** 요구사항에 맞추어 요금, 계통계획, 연계 관련 규제 조정, 기술중립적 솔루션 도입

## 균형 잡기





## 토론 1

홍종호 교수  
(서울대학교 환경대학원)











## 토론 2

이유수 본부장  
(에너지경제연구원 탄소중립연구본부)





## 토론문 2

이유수 본부장 (에너지경제연구원 탄소중립연구본부)

### 〈재생에너지 보급〉

- 유럽의 전력계통망 연계는 전체 유럽대륙의 다양한 에너지 믹스와 재생에너지 발전설비의 확대에 유리하게 작용하고, 발전량의 조절도 용이하여 고립계통인 우리나라보다는 운영상에 이점이 있음.
  - 전반적으로 재생에너지 설비의 발전단가도 비교적 높은 유럽의 전기요금보다 낮은 수준으로 거래가 활발히 일어날 유인이 있음.
  - 전력망의 연계에 따른 인접국과의 활발한 거래뿐만 아니라 재생에너지의 잉여전력에 대한 처리도 다양한 활용 가능성을 바탕으로 추진되고 있음.
- 우리나라는 소규모 태양광 위주로 보급, 대형화 및 발전단가 하락 노력 필요
  - 우리나라는 재생에너지를 위한 부지선정과 지가 문제, 설비이용률의 상대적 저조, 주민 수용성 문제, 공사기간 지연 등으로 재생에너지 확대에 걸림돌이 되고 있으며, 특히 전기요금보다 높은 재생에너지 발전단가도 다른 선진국들에 비해서 높음.
  - 점진적으로 발전단가 하락이 이루어지고 있으나 태양광 발전설비의 80% 이상이 중소규모 태양광 위주로 보급되는 것도 발전단가 하락 지연의 한가지 원인이 되고 있음.
  - 발전단가 하락을 위해서는 대규모 발전단지 개발을 위한 프로젝트 위주로 사업이 필요하고, 대규모 해상풍력의 경우 계획입지제도 등을 통해 개발과정을 효율화하여 계획대로 이행될 수 있도록 추진 필요
  - 재생에너지 발전설비 증가와 함께 기존 전력계통의 운영과는 다른 방식으로 운영이 불가피하고, 전력 도매시장 운영방식과 가격결정 메커니즘의 변화, 보상체계 등을 정비할 필요가 있음.
  - 재생에너지 발전에 따른 잉여전력은 수요개발, 에너지저장장치 활용 또는 타 에너지원으로 전환 활용 등이 필요하지만 경제성 등이 여의치 않아 활성화되기에는 시간이 걸릴 것으로 보임.

## 〈재생에너지 출력조절에 대한 보상〉

### ○ 외국의 재생에너지 출력제한에 대한 보상기준

- 재생에너지의 출력제한의 원인에 따라 보상이 달라지는데, 주로 망계약, 수급불균형, 비상상황 등인데, 원칙적으로 망계약의 경우 비자발적 출력제한에 대해 시장가격으로 보상하고, 수급불균형의 경우는 보상하지 않음.
- 수급불균형의 경우 과잉공급으로 인해 도매시장에서 마이너스 가격이 형성되므로 재생에너지 사업자가 자발적 의사에 의한 전력 공급 및 중단을 결정할 수 있으므로 보상이 필요치 않음.
- 그리고 망의 효율적 운영을 위해 어느 정도 수준으로 출력제한을 허용할 것인가에 대한 합의를 통해서 시행하는데, 연간 출력제한량을 3%, 5%등 기준을 정하여 출력제한을 하고 있음.

### ○ 우리나라의 경우 출력조절에 대한 보상기준 마련 필요

- 우리나라는 2021년 기준으로 태양광 및 풍력발전 등 변동성 재생에너지의 비중이 5% 미만으로 높지 않지만 설비의 지역적 편중으로 인해 출력제한이 불가피하게 증가하고 있음.
- 우리나라의 재생에너지 출력제한은 주로 전력수급불균형에서 기인하고 있지만 전력 도매시장 가격이 이를 반영하지 못하고 있으며, 송전망 건설이 지연됨에 따라 향후 망계약으로 인한 출력제한도 점진적으로 증가할 가능성이 큼.
- 재생에너지 판매 시 SMP + REC로 보상되기 때문에 수급불균형에 의한 출력제한이라도 기회비용 차원에서 보상이 필요하지만 설비의 형평성 차원에서 고려 필요
- 전력계통에서 재생에너지를 수용하기 위해서 전통 발전설비의 최소출력기준을 완화하거나 여의치 않으면 기동 및 정지가 빈번해질 수 있는 상황이 발생하여 전통적 발전설비도 보상 관련 기준 마련 시 고려할 필요
- 즉, 사업자의 자발적 의사가 아닌 비자발적 출력제한의 경우 전체 발전설비를 어떤 방식으로 운영하고 보상하는지에 대한 명확한 기준 설정이 마련되어야 할 것임.
- 금년 하반기에 제주도의 전력 도매시장 개편으로 가격의 유연성을 반영하여 재생에너지 사업자의 도매시장 입찰과 초과공급 시 마이너스 가격의 적용을 고려하고 있지만, 사업자의 수용성을 고려하여 정교하게 설계할 필요가 있음.







### 토론 3

정승혜 과장  
(산업부 전력계통혁신과)







