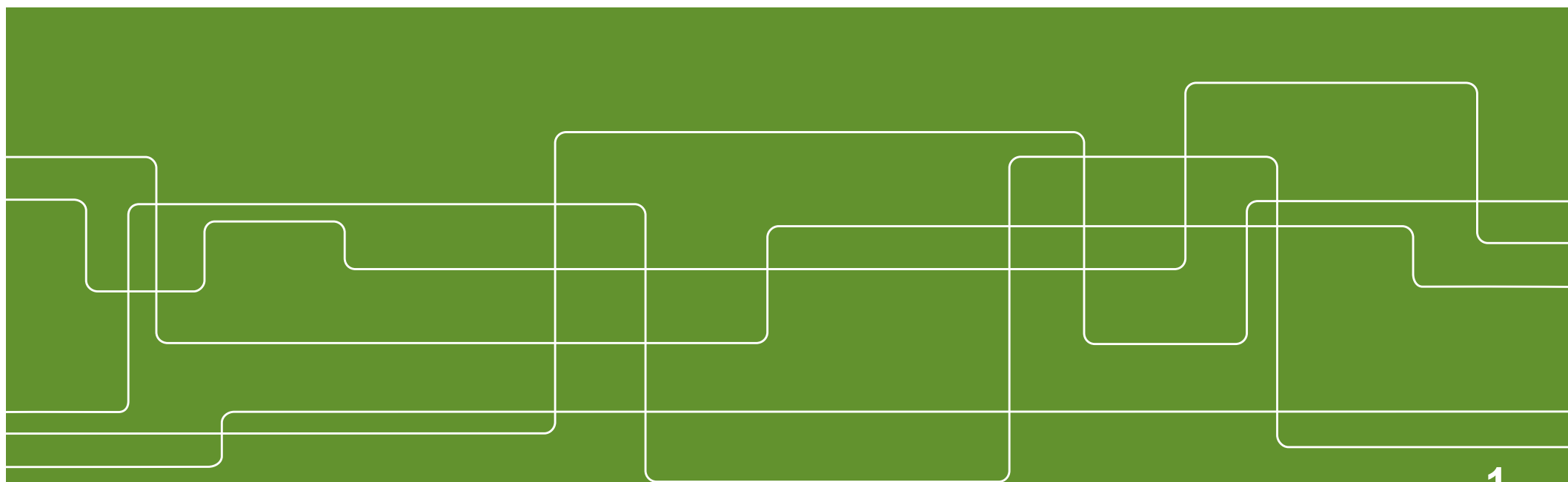




# Föreläsning, 11 maj, 2026

## Hur skulle ett svenskt kraftsystem utan kärnkraft kunna fungera?

Lennart Söder – LSOD@kth.se  
Professor emeritus - elkraftsystem, KTH





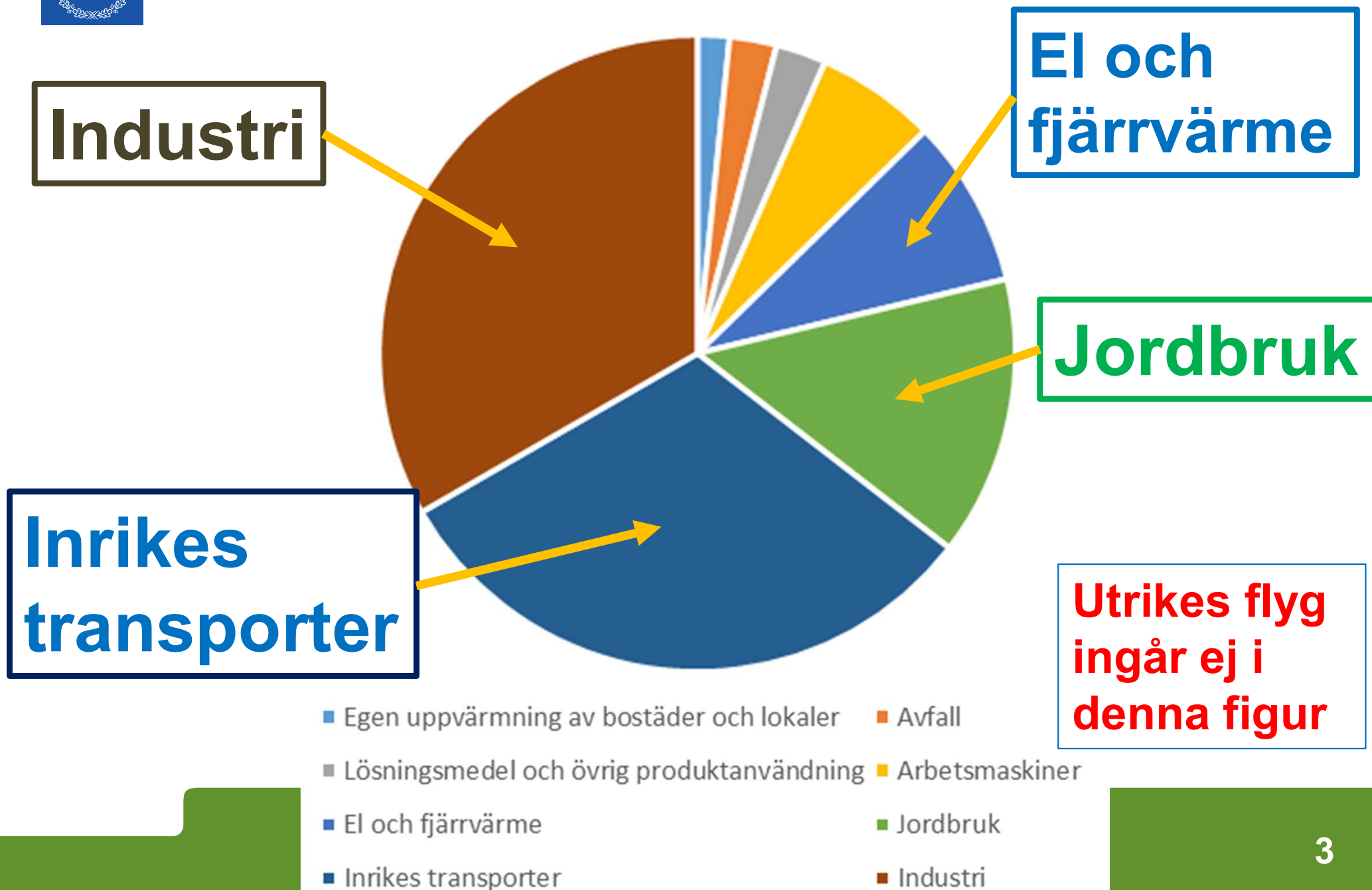
# Föreläsning, 11 maj, 2026

## Klimatet

Lennart Söder – LSOD@kth.se  
Professor emeritus - elkraftsystem, KTH



# Svenska utsläpp koldioxid - 2023





# Svenska utsläpp koldioxid - 2023

## Nya lösningar

**Industri**

Vätgas från el

**El och fjärrvärme**

Bränn inte plast

**Jordbruk**

Ändrad djurhållning mm

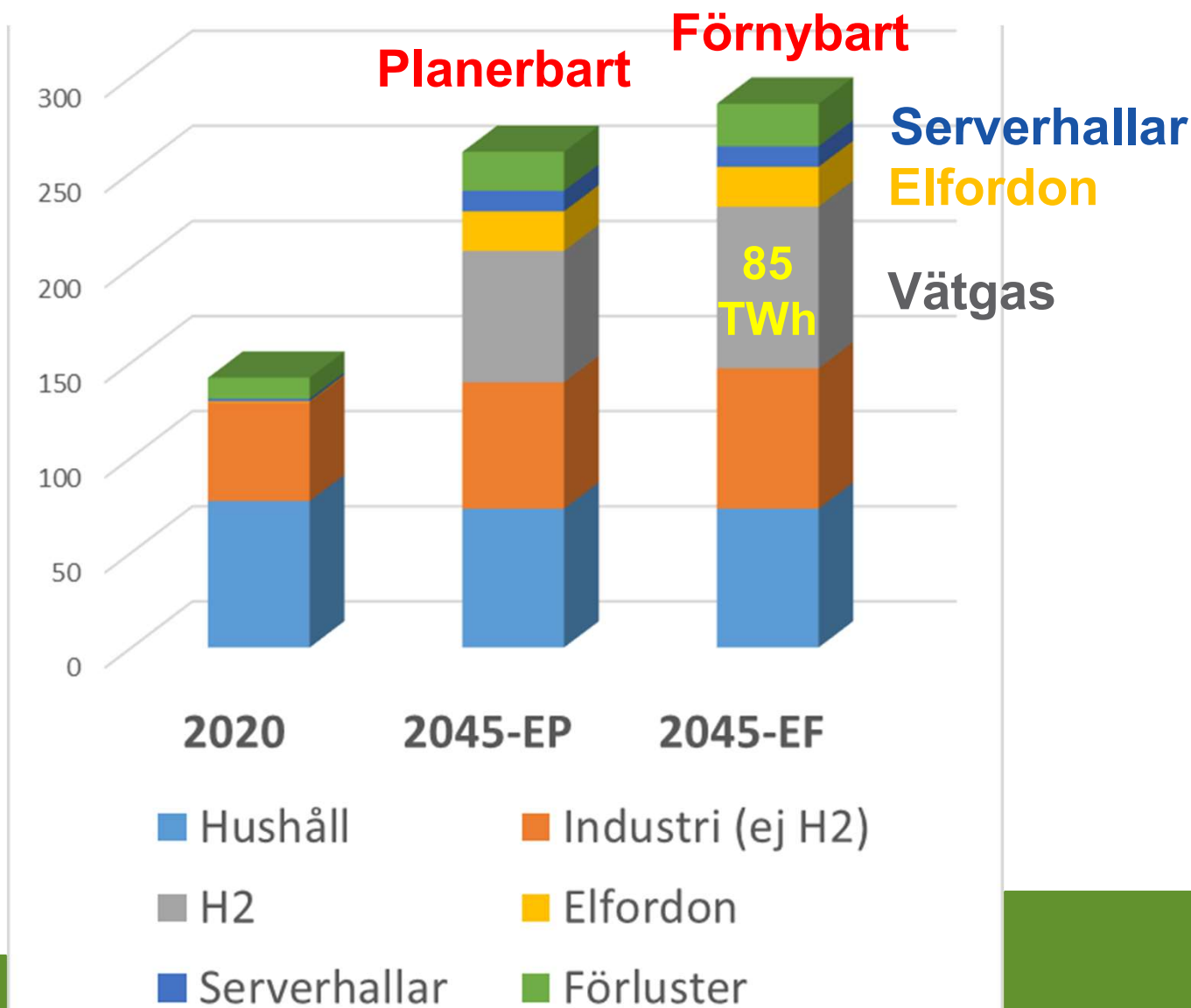
**Inrikes transporter**

**Elfordon**

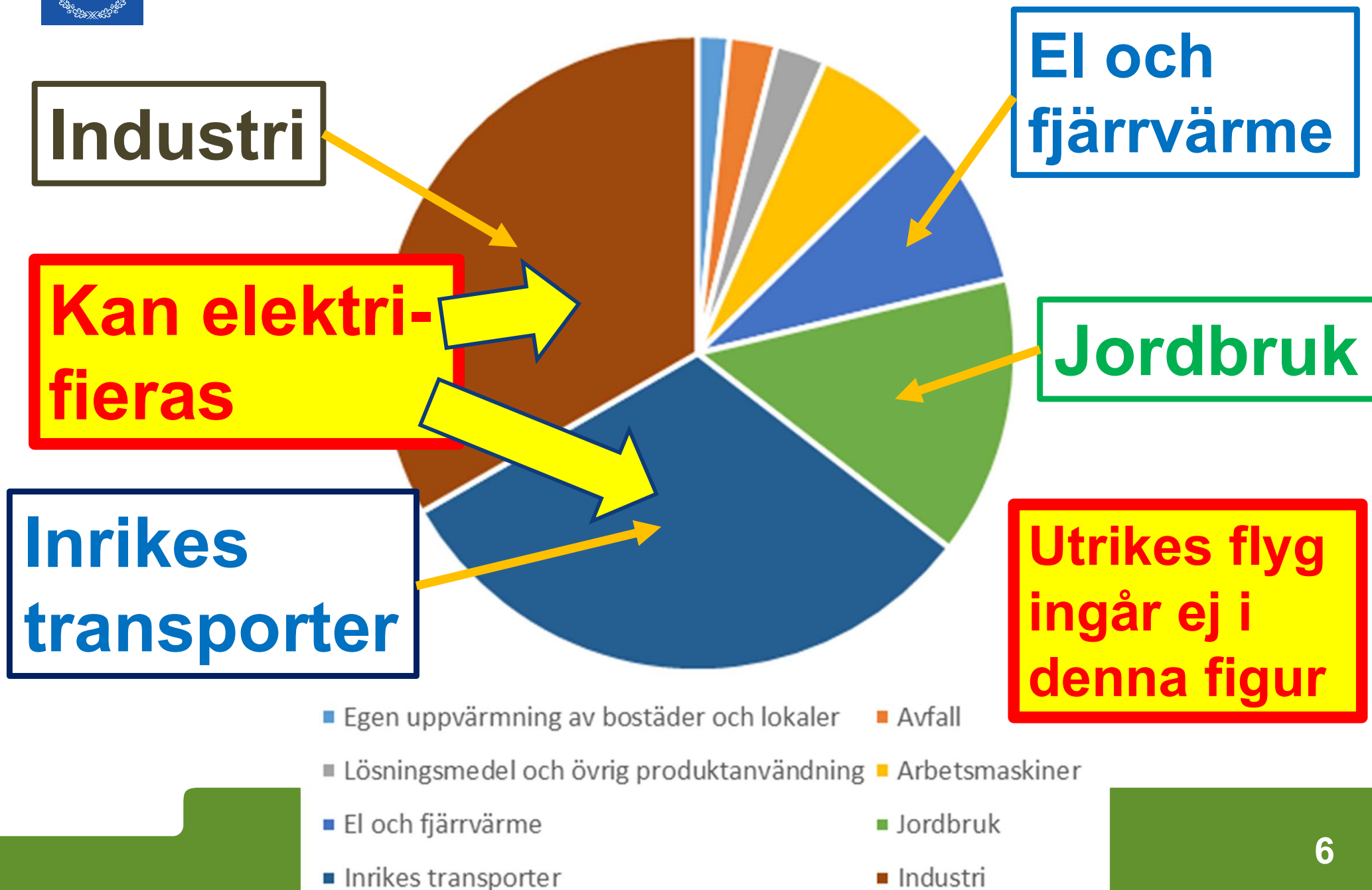
- Egen uppvärmning av bostäder och lokaler
- Avfall
- Lösningsmedel och övrig produktanvändning
- Arbetsmaskiner
- El och fjärrvärme
- Jordbruk
- Inrikes transporter
- Industri

# Två scenarier för framtiden: Elektrifiering

Antagen fossilfri konsumtion 2045

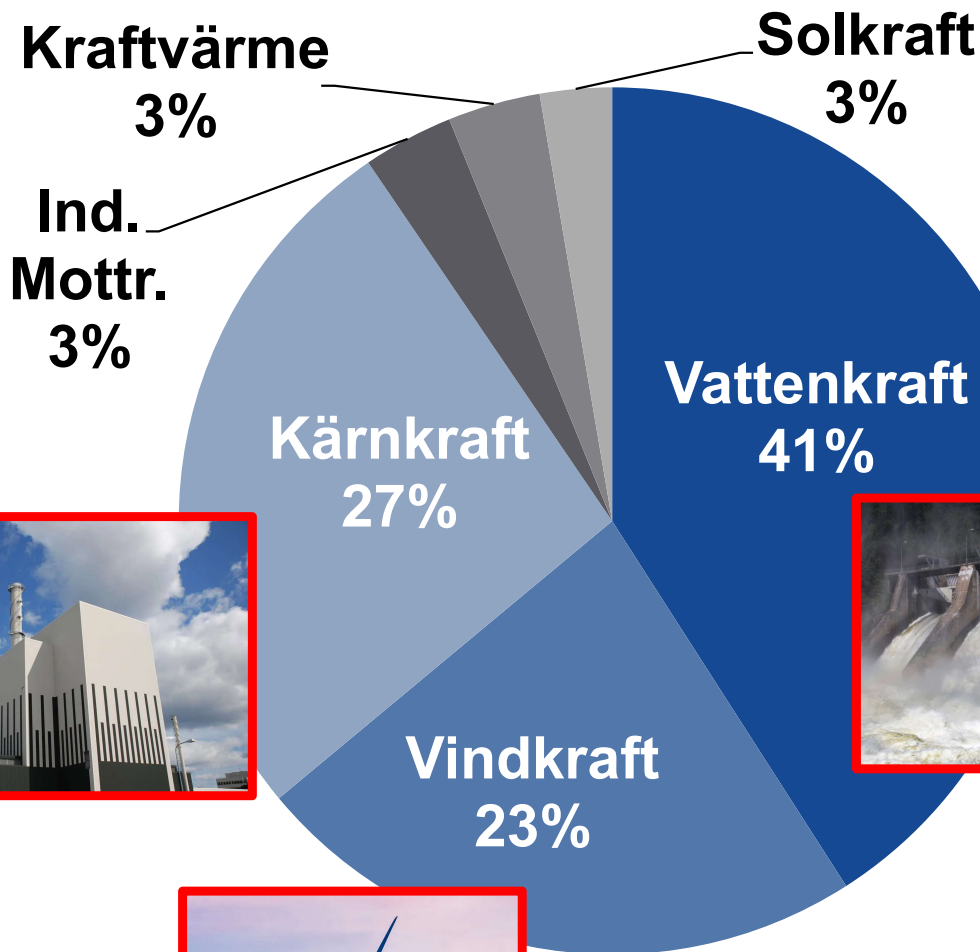


# Svenska utsläpp koldioxid - 2023

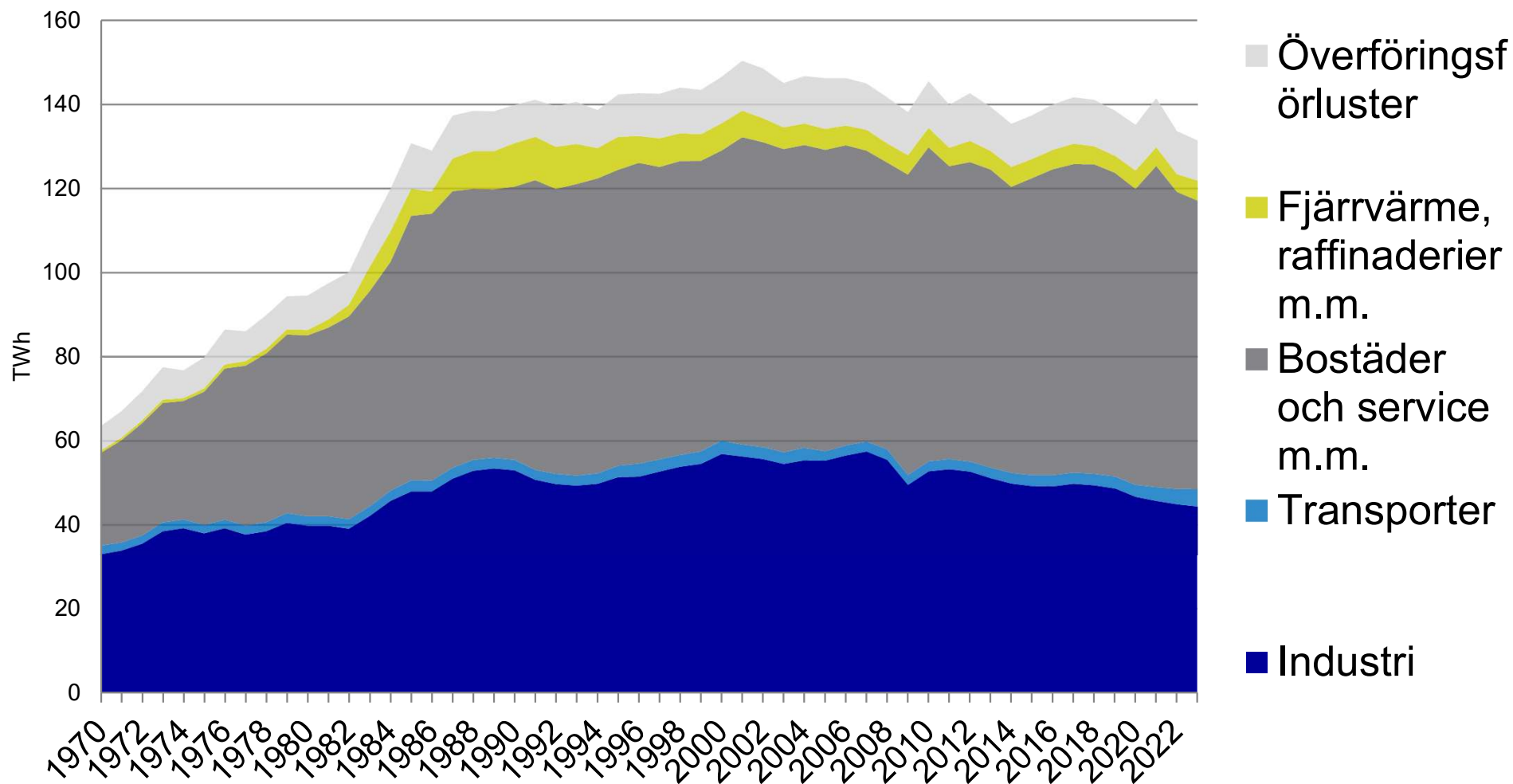


# Svensk elproduktion år 2025

## Totalt: 168 TWh, export: 33 TWh



# Svensk elanvändning: 1970 - 2023

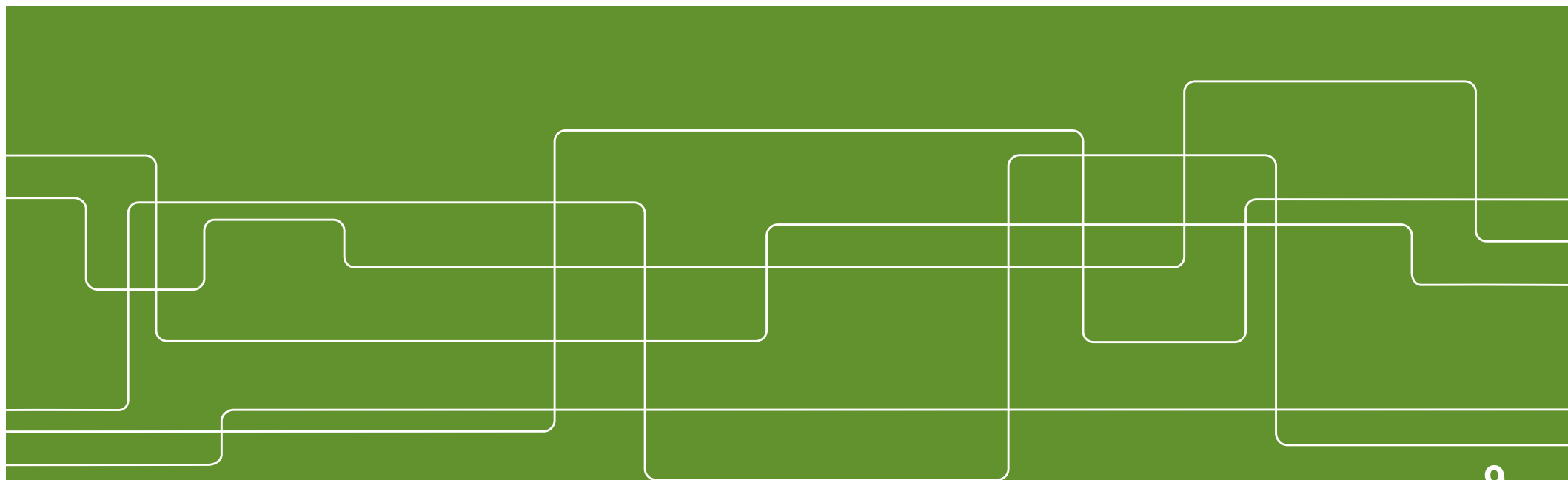




**Föreläsning, 11 maj, 2026**

# **Dagens svenska elförsörjning**

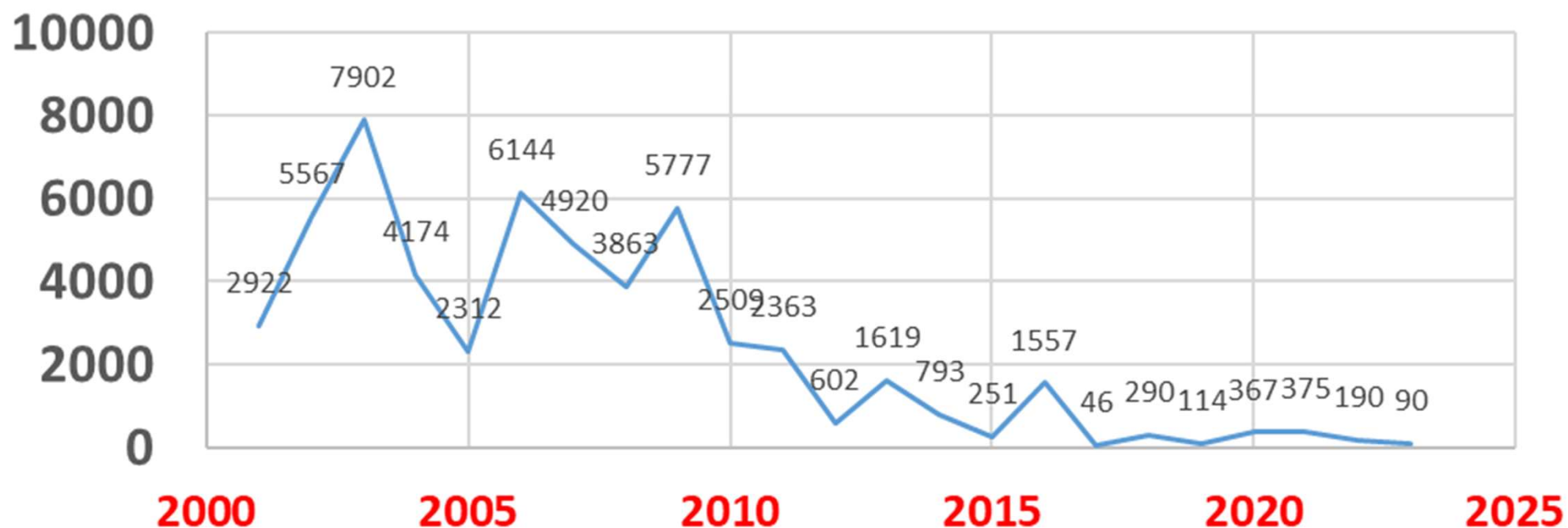
Lennart Söder – LSOD@kth.se  
Professor emeritus - elkraftsystem, KTH



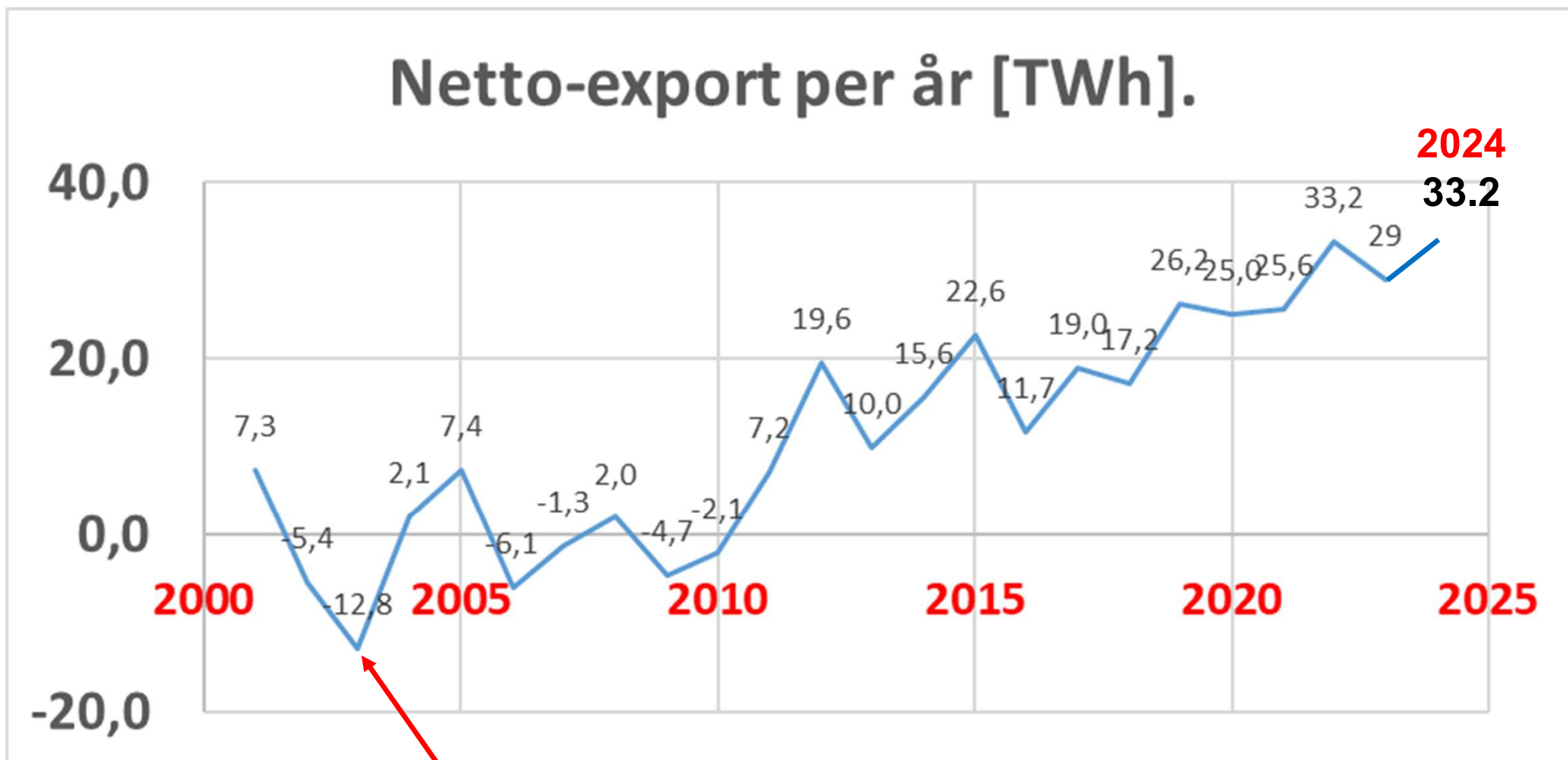
# Antalet netto-import-timmar per år

## 2023: 90 timmar (=1%)

### Antal timmar per år med import.



# Sveriges netto-export 2021-2024



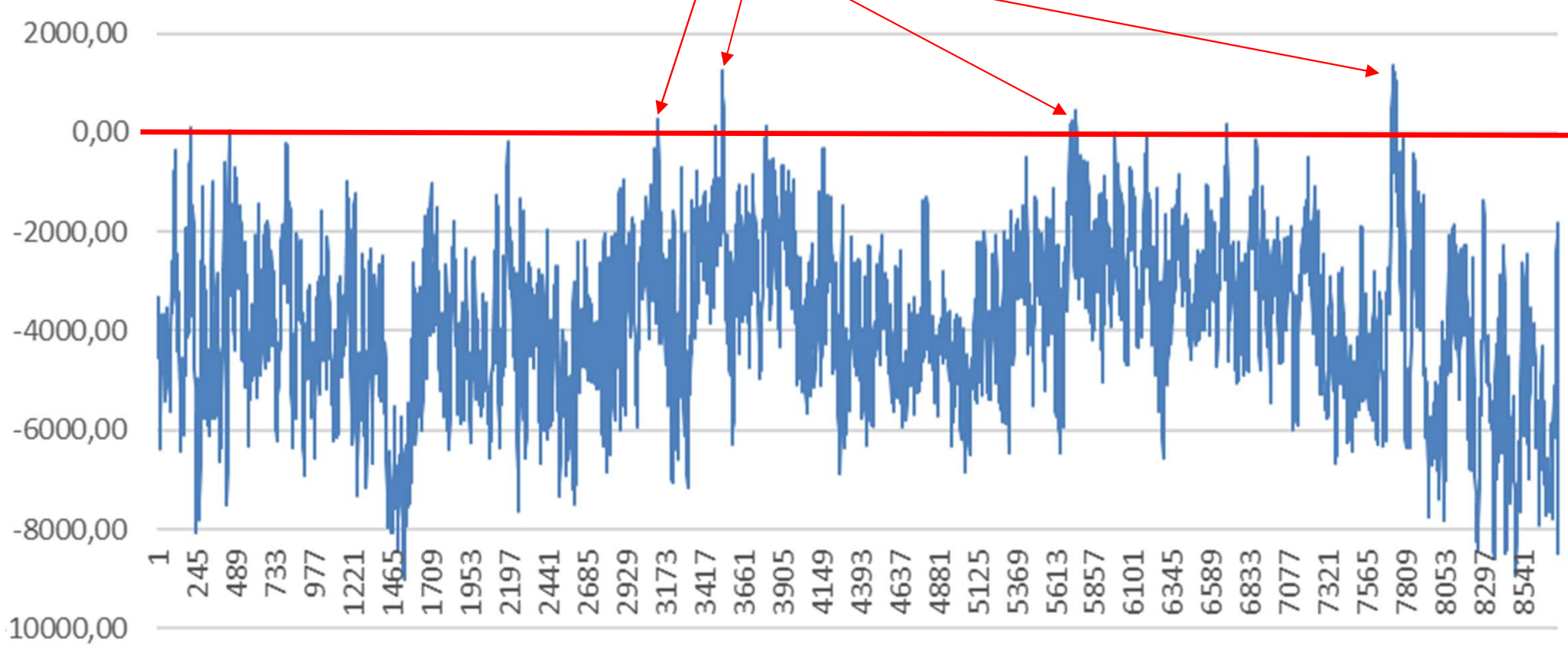
**2003: Import om 12.8 TWh**



# 2025: Elimport till Sverige under 50 timmar dvs under 1% av årets timmar

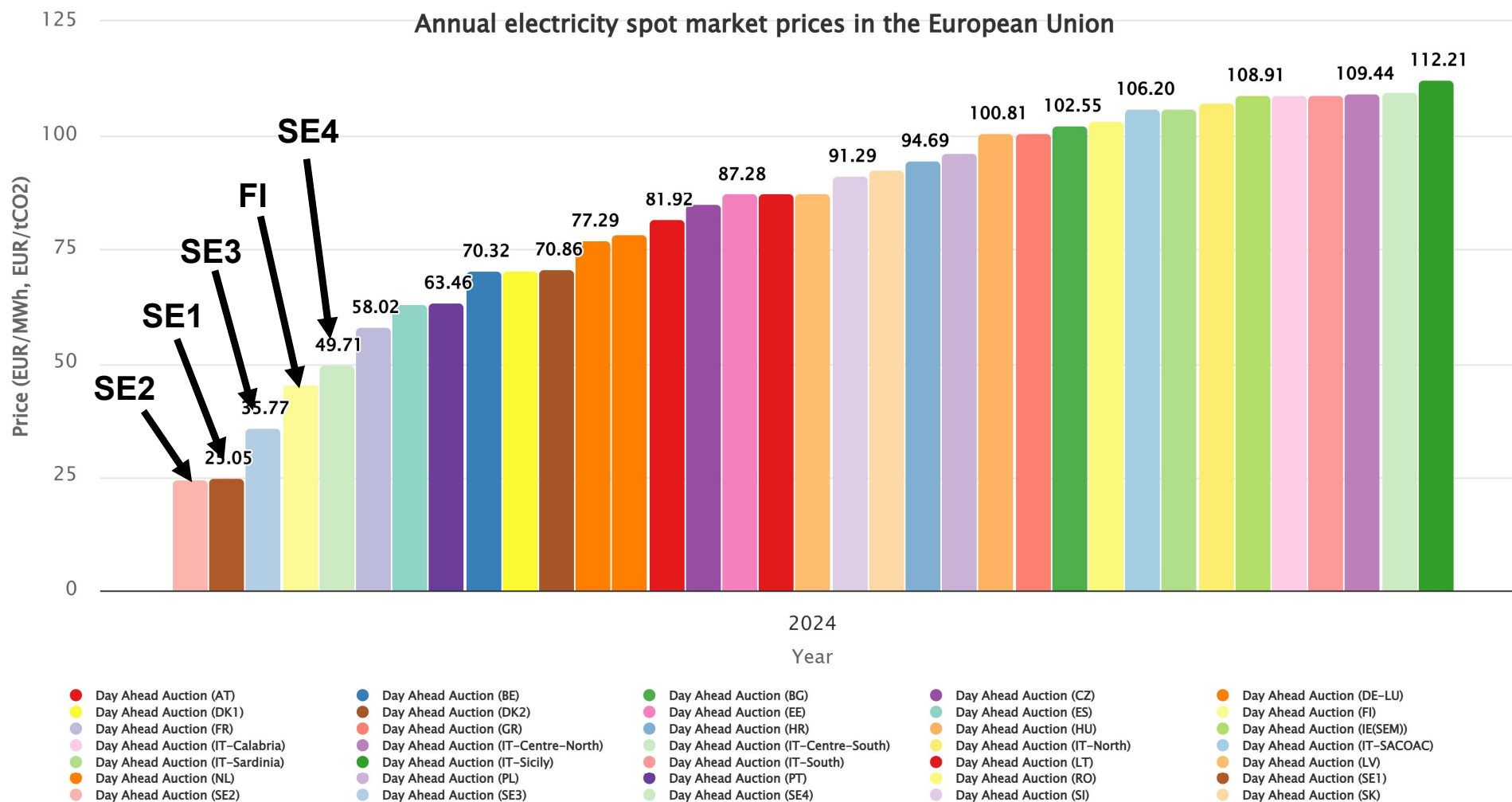
MWh/h

Elimport per timme



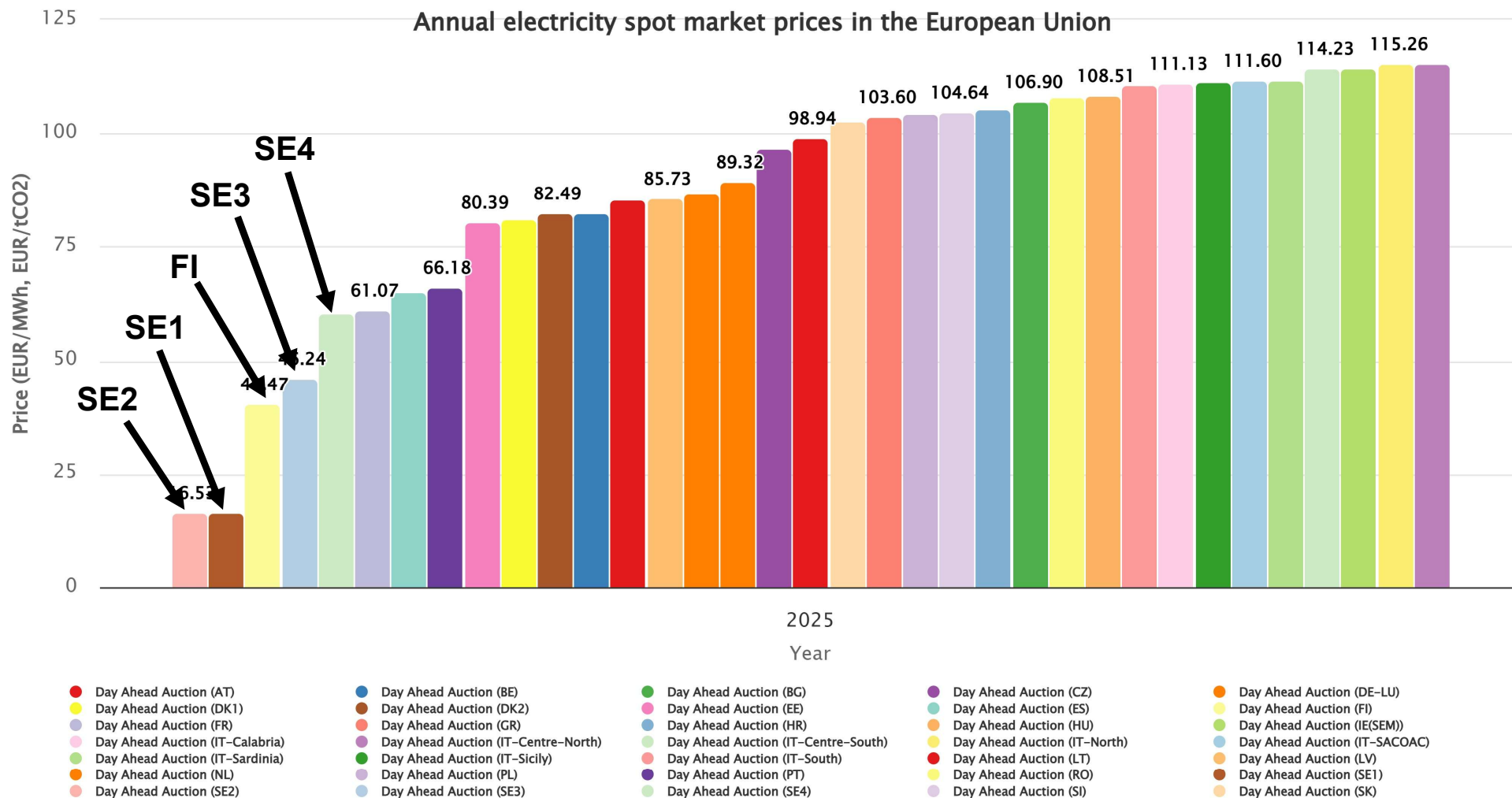


# Sverige hade lägst elpris i EU - 2024



Energy-Charts.info; Data Source: ENTSO-E; Last Update: 12/24/2025, 7:17 AM GMT+1

# Sverige hade lägst elpris i EU - 2025



Energy-Charts.info; Data Source: ENTSO-E; Last Update: 02/20/2026, 10:12 AM GMT+1



Föreläsning, 11 maj, 2026

# Möjligt tillkommande elbehov?

Lennart Söder – LSOD@kth.se  
Professor emeritus - elkraftsystem, KTH



# Konstgödsel – NPK -1

- Nyheter har kablats ut om livsmedelsbrist pga att man inte får ut konstgödsel (Kväve-N, Fosfor-P, Kalium-K) genom **Hormuzsundet**
- **Kvävet** är det som är utmaningen för klimatet:
  - **Framställning av vätgas** (Ångreformerering)  
Naturgas blandas med vattenånga under högt tryck och temperatur. Metanet ( $\text{CH}_4$ ) i naturgasen reagerar och bildar vätgas ( $\text{H}_2$ ) och koldioxid ( $\text{CO}_2$ ).
  - **Haber-Bosch-processen** (**Ammoniak**)  
Vätgasen från naturgasen reagerar med kväve ( $\text{N}_2$ ) från luften. Under extremt högt tryck och värme, och med hjälp av en katalysator, bildas ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Ammoniak är grundstenen för allt **kvävegödsel**.



## Konstgödsel – NPK -2

- Det uppskattas att ungefär **30 procent** av den globala produktionen av kvävegödselmedel kommer från Golfregionen i Mellanöstern.
- Kvävegödsel **tillverkas av naturgas**, och på grund av den stora tillgången på billig gas har länder som Qatar, Saudiarabien och Förenade Arabemiraten byggt upp en massiv produktion. Iran är också en stor producent och uppskattas vara den största ureaexportören i Golfregionen.

### Men:

- Företaget **Fertiberia** hade tidigare ett "letter of intent" för en konstgödselabrik i Luleå där **vätet** skulle komma från elektrolysörer som drivs med **fossilfri el** från elnätet (**600 MW**).
- **Luleå (12 nov, 2024):** "Spanska Fertiberia planerade att investera 20 miljarder kronor i en ny konstgödselabrik i Luleå. Produktionen av fossilfri konstgödsel skulle enligt de ursprungliga planerna starta 2026, **men nu skjuts projektet fram** utan något planerat startår", skriver Dagens Industri.
- Företaget behövde 4-5 terawattimmar el, vilket är lika mycket som LKAB behöver till sitt järnsvampverk i Gällivare

# Fartygsbränsle – E-metanol -1

## Liquid Wind + Öhrsteds + Stena Line

- Tidigare fanns planer på att bygga en fabrik för fossil-fritt fartygsbränsle i Örnsköldsvik
- E-metanol tillverkas av **vätgas (H<sub>2</sub>)** från elektrolysörer + **koldioxid (CO<sub>2</sub>)** från biobränsle-förbränning → **(CH<sub>3</sub>OH)**
- Liquid Wind planerade att under 2024 ha sin första produktionsanläggning, FlagshipONE, på plats i Örnsköldsvik.
- **Stena Germanica** är världens första passagerarfärja som drivs med metanol som huvudbränsle.
- Projektet har en ny fas (Energinyheter 10 maj, 2026)





# Om ”nyindustrialisering”

- Konstgödsel
- Datorcentraler
- Fartygsbränsle
- Flygbränsle
- Etc.



# Om ”nyindustrialisering”

- Konstgödsel
- Datorcentraler
- Fartygsbränsle
- Flygbränsle
- Etc.

## **Men:**

- **Då måste vår el vara billigare än andras.**



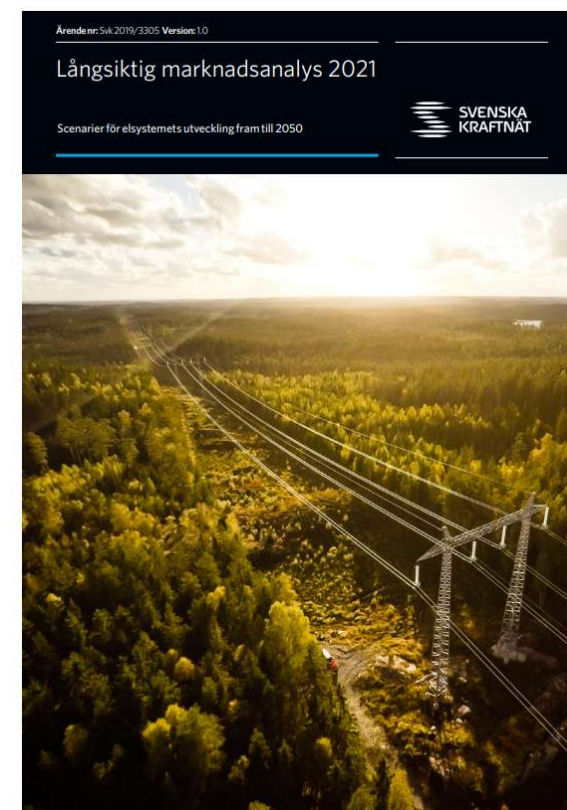
# Dagsläge och framtiden i Sverige: Om konsumtion och produktion

# Scenarier för Sverige för 2050

## Publicerad 2021-05-21

### Alla scenarier för 2045

Namn	Konsumtion [TWh]	Vätgas [TWh]	Vindkraft [TWh]	Export [TWh]
<u>2020</u>	134	-	27 – 20%	22
Småskaligt förnybart	174	11	82 – 47%	6
Färdplaner mixat	188	16	117 – 62%	21
Elektrifiering planerbart	266	69	124 – 47%	2
Elektrifiering förnybart	<u>286</u>	85	211 – 74%	2



Tysk vindkraft 2025: 130 TWh ≈ Sveriges yta + 8 ggr mer tätbefolkat

Tysk solkraft 2025: 90 TWh



## Tidö – avtalet (2022)

Det energipolitiska målet ändras från 100 procent ”förnybart” till 100 procent ”fossilfritt”. Teknikneutraliteten återställs, där inget hållbart kraftslag diskrimineras i målformuleringen.

Ändringar genomförs återspeglade i samtliga relevanta regelverk och myndighetsinstruktioner där nuvarande mål återges. Till det energipolitiska målet fogas också ett tydligt leveranssäkerhetsmål för elförsörjningen där systemoperatören, idag Svenska kraftnät, pekas ut som ansvarig för måluppfyllelsen på lång och kort sikt.

**Planeringen för ökad elanvändning bör utgå från ett nu prognosticerat elbehov på minst 300 terawattimmar 2045.**





# Scenarier för Sverige för 2045

## Publicerad 2024-01-26

### Alla scenarier för 2045

Namn	Konsumtion [TWh]	Vätgas [TWh]	Vindkraft [TWh]	Export [TWh]
<u>2023</u>	129	-	33 – 26 %	28.5
Småskaligt förnybart	204	14	137 – 67%	29
Färdplaner mixat	251	60	103 – 41%	9
Elektrifiering planerbart	344	103	120 – 35%	-13
Elektrifiering förnybart	<u>347</u>	103	237 – 68%	-5



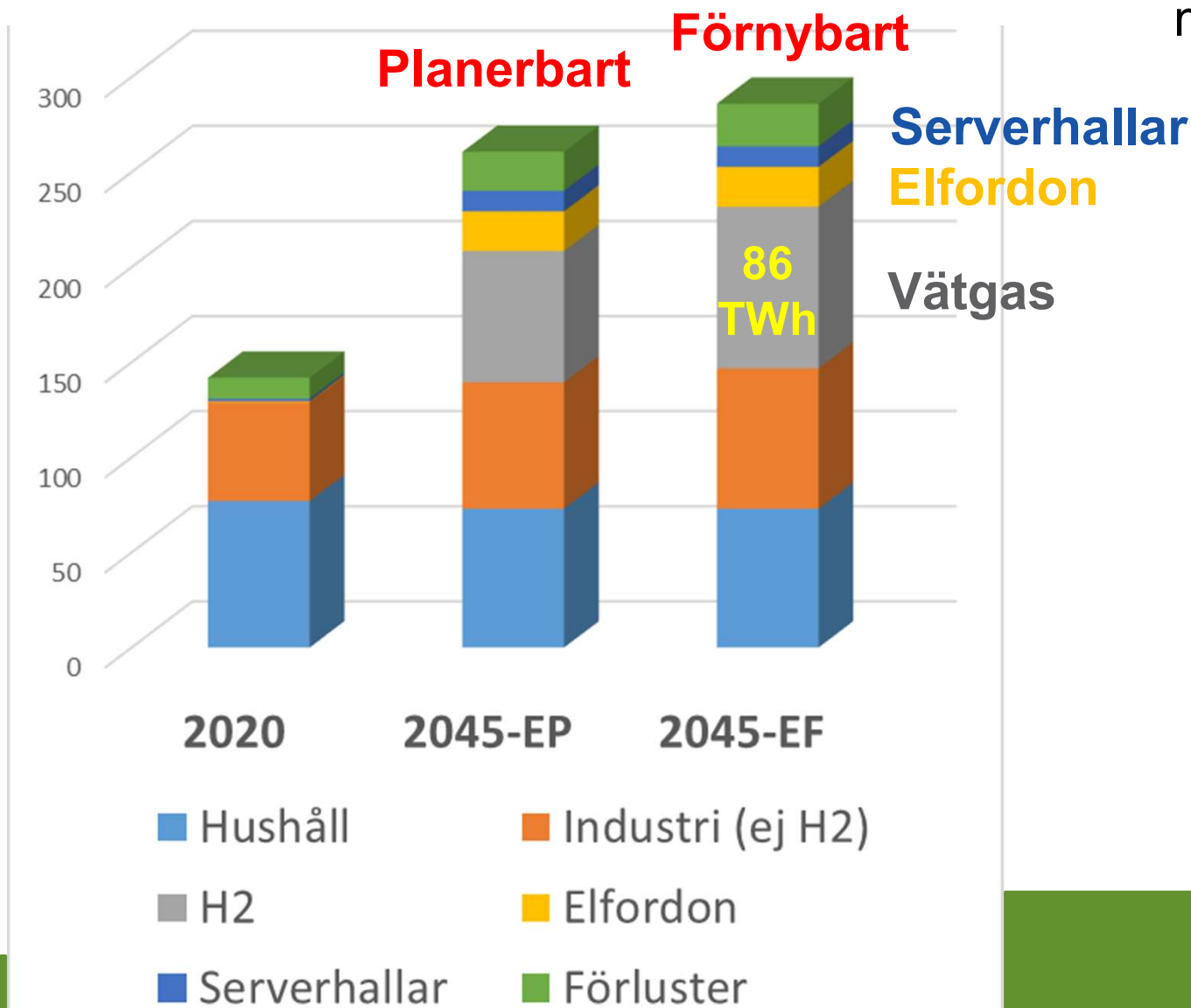
Tysk vindkraft 2025: 130 TWh ≈ Sveriges yta + 8 ggr mer tätbefolkat

Tysk solkraft 2025: 90 TWh

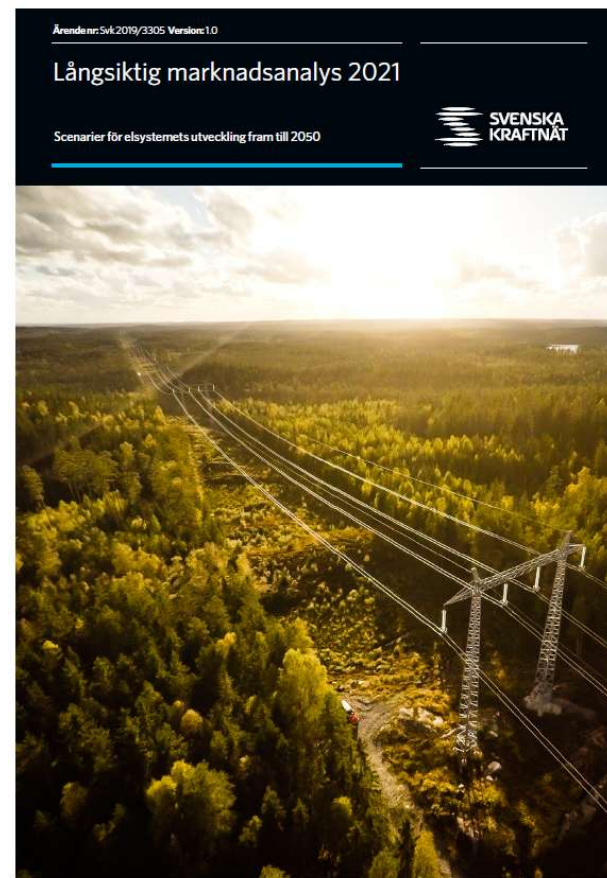
<https://energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=en&c=DE&stacking=single&interval=year&year=2023&source=public>

# Två scenarier för framtiden (2045): Elektrifiering

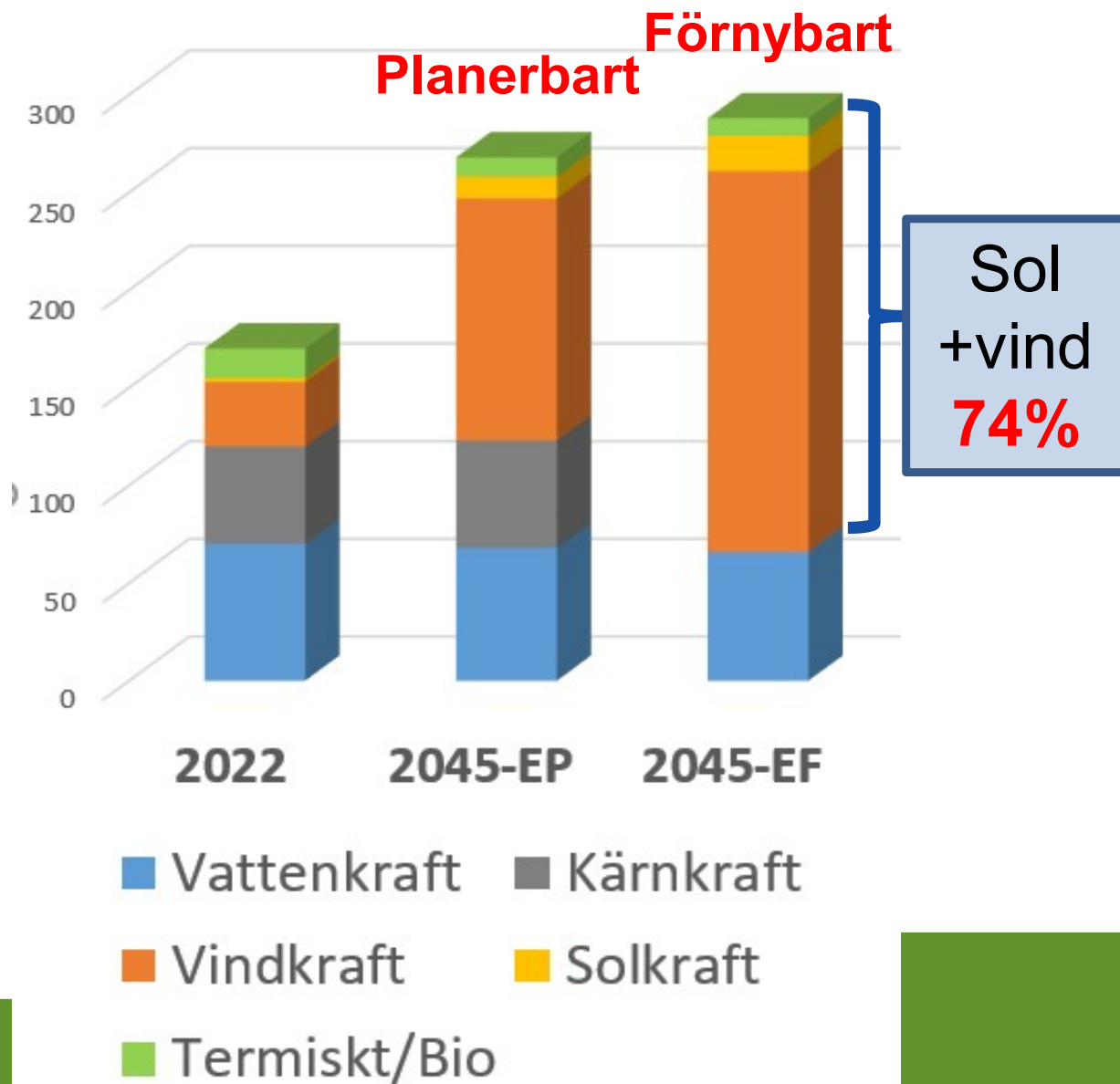
## Antagen konsumtion



”Långsiktig marknadsanalys”, maj 2021



## Produktion resultat/antaganden



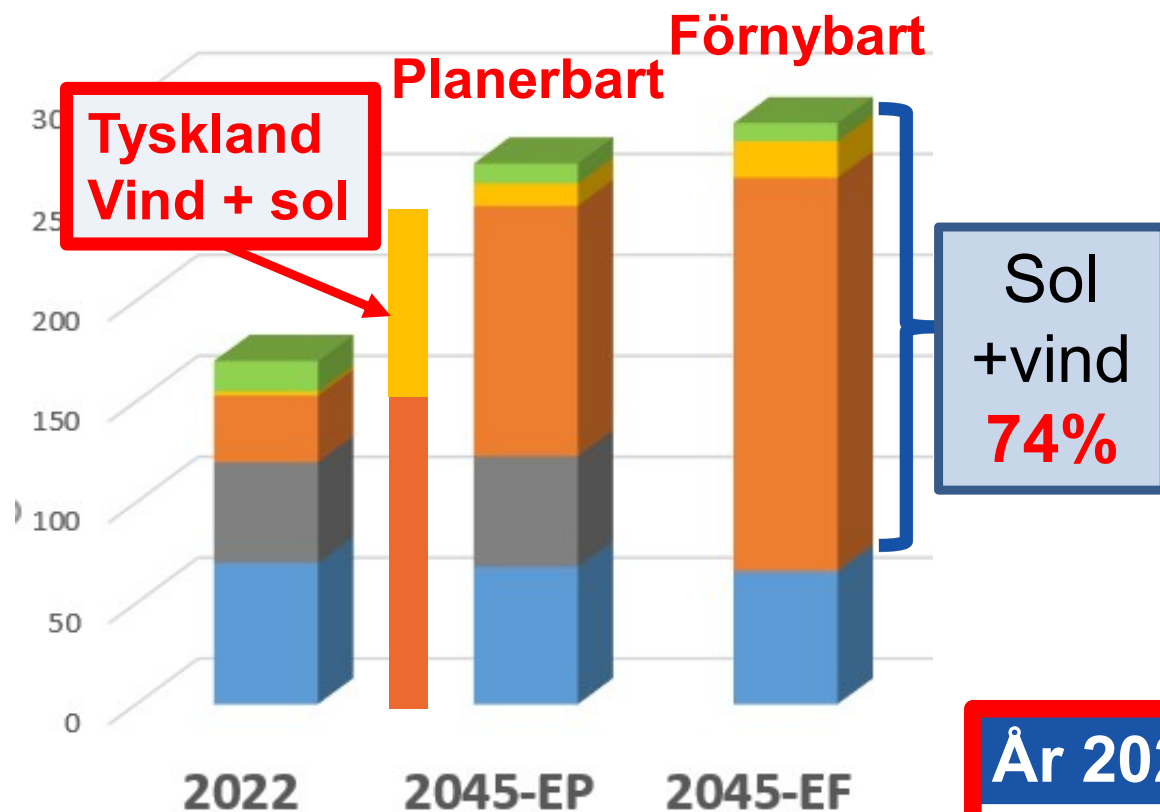
”Långsiktig marknadsanalys”, maj 2021



# Två scenarier för framtiden (2045): Elektrifiering

## Produktion resultat/antaganden

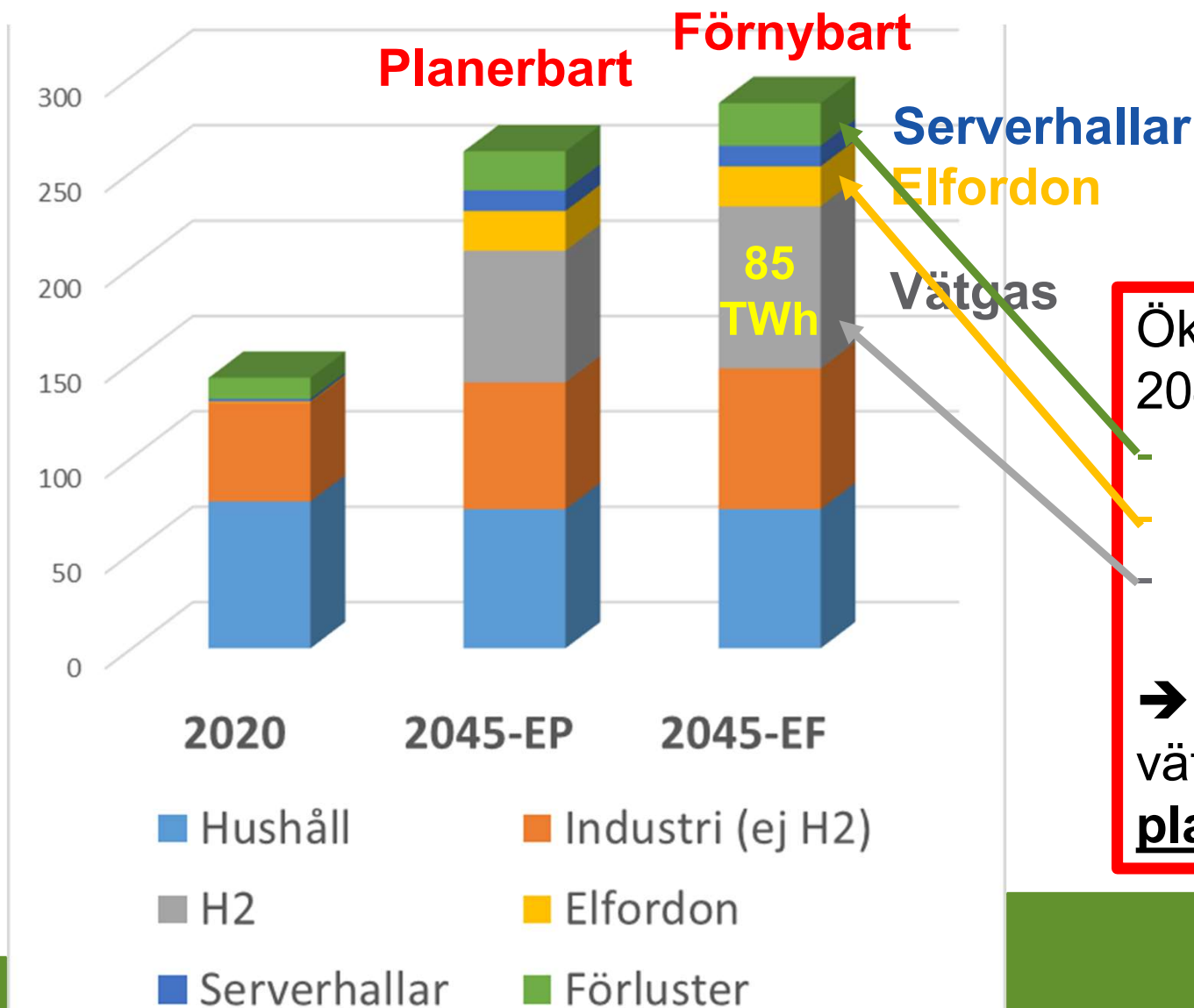
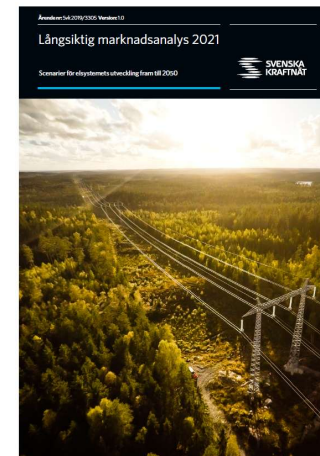
”Långsiktig marknadsanalys”, maj 2021



År 2025	Sverige	Tyskland
Vindkraft	40 TWh	133 TWh
Solkraft	4 TWh	90 TWh

- Vattenkraft
- Kärnkraft
- Vindkraft
- Solkraft
- Termiskt/Bio

## Antagen konsumtion



Ökad elförbrukning 2020-2045-EF: 144 TWh

- Del av förluster
- 21 TWh: fordon
- 85 TWh: vätgas

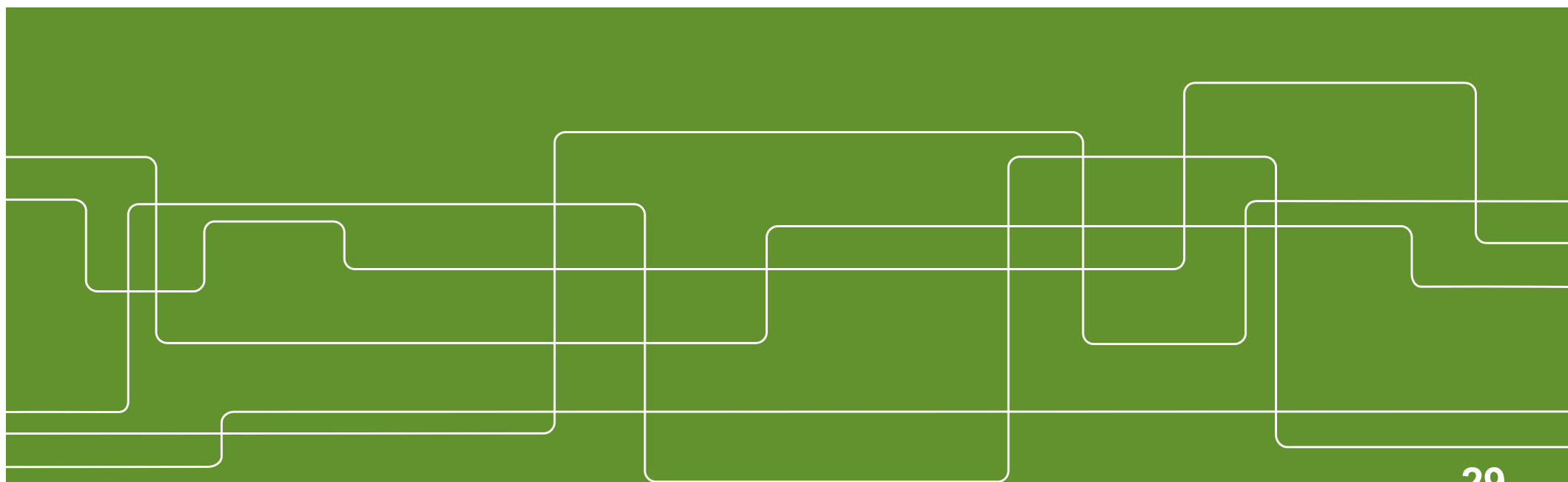
→ 79% av ökningen är vätgas eller elfordon, dvs planerbart



# Föreläsning, 11 maj, 2026

## Utmaningar för framtidens kraftsystem med mycket vind/sol

Lennart Söder – LSOD@kth.se  
Professor emeritus - elkraftsystem, KTH





# Utmaningar för framtiden: 100% förnybart

1. "Svängmassa" = "Rotationsenergi"
2. "Vi måste ha tillräckligt med effekt"
3. "Dunkelflaute"
4. "Stabilitet"
5. "Elpriser"
6. "Volatila elpriser"



# Utmaningar för framtiden: 100% förnybart

1. "Svängmassa" = "Rotationsenergi" – **OK finns billig teknik**
2. "Vi måste ha tillräckligt med effekt"
3. "Dunkelflaute"
4. "Stabilitet"
5. "Elpriser"
6. "Volatila elpriser"



# Utmaningar för framtiden: 100% förnybart

1. "Svängmassa" = "Rotationsenergi" – **OK finns billig teknik**
2. "Vi måste ha tillräckligt med effekt" – **flex., import, gasturb.**
3. "Dunkelflaute"
4. "Stabilitet"
5. "Elpriser"
6. "Volatila elpriser"



# Utmaningar för framtiden: 100% förnybart

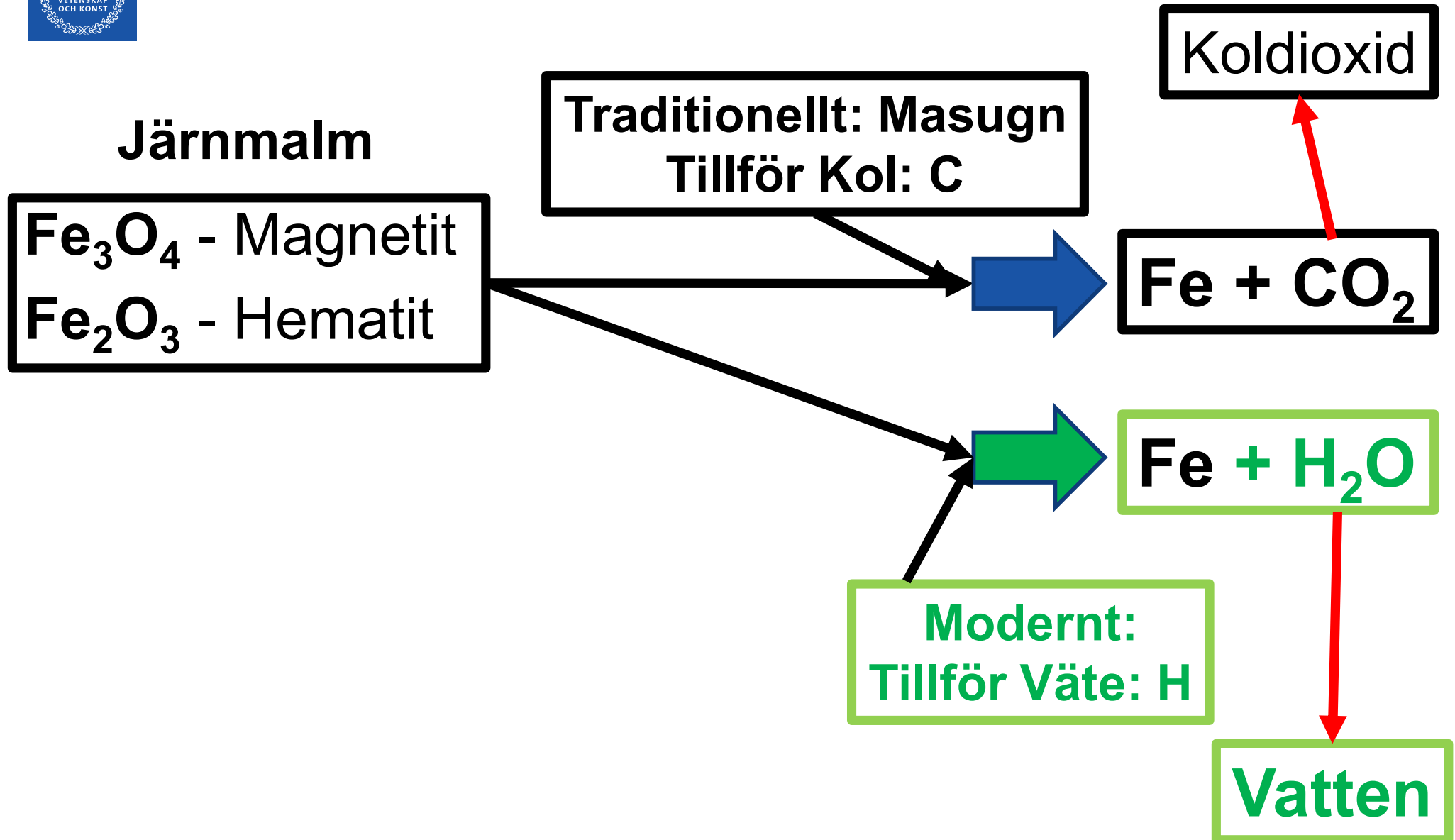
1. "Svängmassa" = "Rotationsenergi" – **OK finns billig teknik**
2. "Vi måste ha tillräckligt med effekt" – **flex., import, gasturb.**
3. "Dunkelflaute" – **Med mycket sol/vind: vätgaslager**
4. "Stabilitet"
5. "Elpriser"
6. "Volatila elpriser"



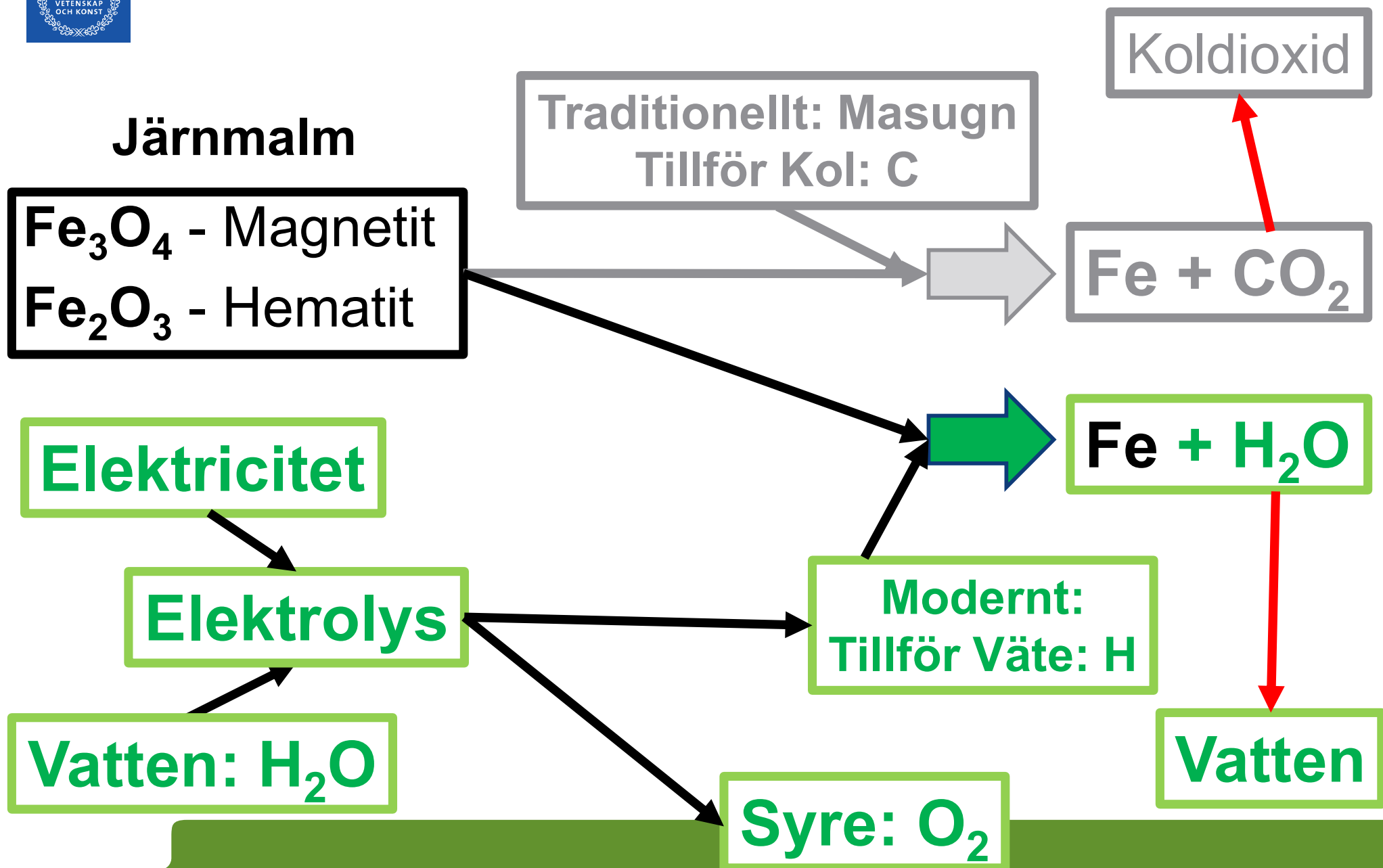
# Om järn-stål-framställning - 1



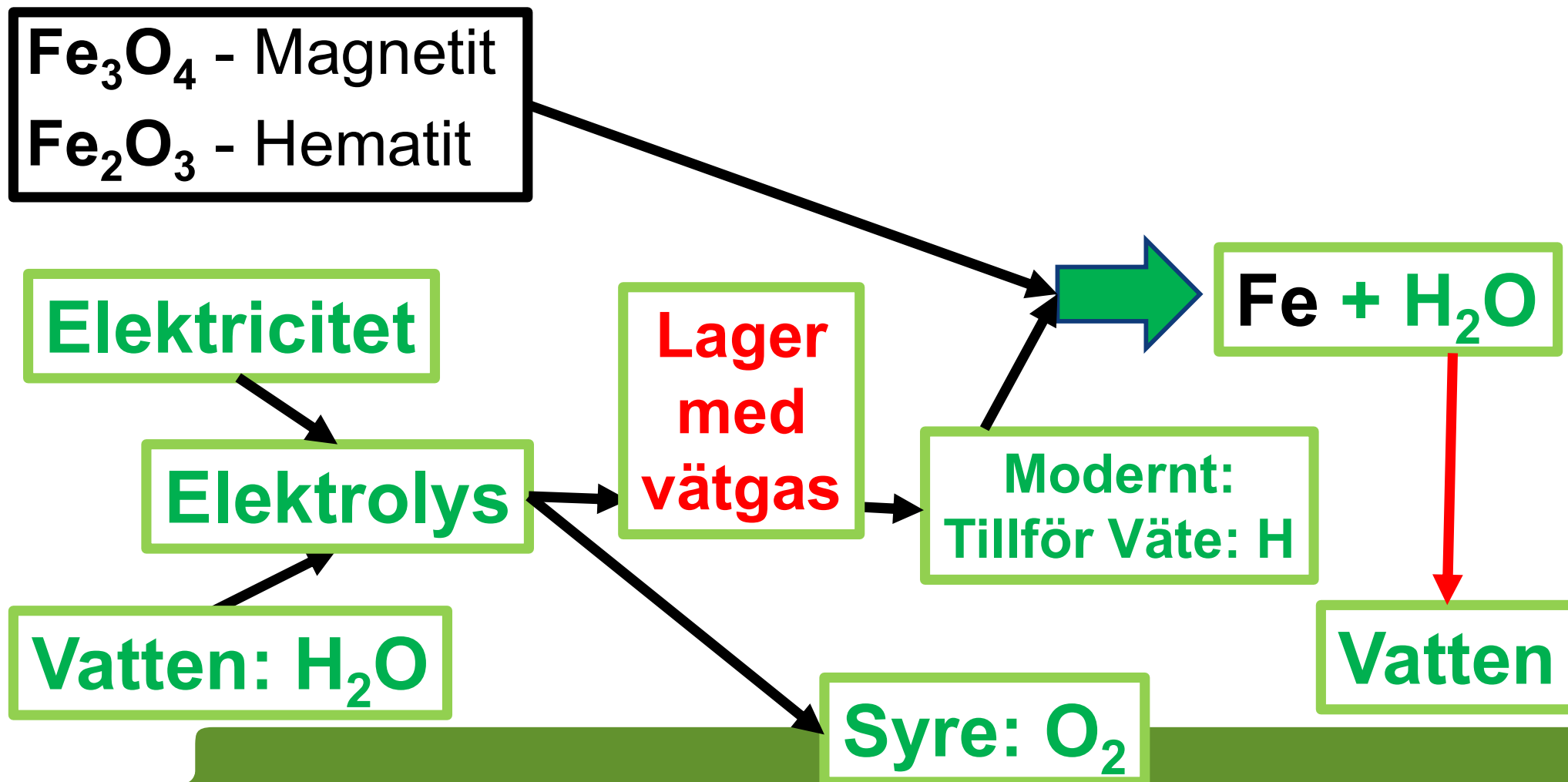
# Om järn-stål-framställning - 2



# Om järn-stål-framställning - 3



## Järnmalm





# Utmaningar för framtiden: 100% förnybart

1. "Svängmassa" = "Rotationsenergi" – **OK finns billig teknik**
2. "Vi måste ha tillräckligt med effekt" – **flex., import, gasturb.**
3. "Dunkelflaute" – **Med mycket sol/vind: vätgaslager**
4. "Stabilitet" – **Styrning / IT / vätgas / batterier / ny teknik**
5. "Elpriser
6. "Volatila elpriser"



# Utmaningar för framtiden: 100% förnybart

1. "Svängmassa" = "Rotationsenergi" – **OK finns billig teknik**
2. "Vi måste ha tillräckligt med effekt" – **flex., import, gasturb.**
3. "Dunkelflaute" – **Med mycket sol/vind: vätgaslager**
4. "Stabilitet" – **Styrning / IT / vätgas / batterier / ny teknik**
5. "Elpriser" – **Kommer fortsatt styras av elhandel och volym**
6. "Volatila elpriser"



# Utmaningar för framtiden: 100% förnybart

1. "Svängmassa" = "Rotationsenergi" – **OK finns billig teknik**
2. "Vi måste ha tillräckligt med effekt" – **flex., import, gasturb.**
3. "Dunkelflaute" – **Med mycket sol/vind: vätgaslager**
4. "Stabilitet" – **Styrning / IT / vätgas / batterier / ny teknik**
5. "Elpriser" – **Kommer fortsatt styras av elhandel och volym**
6. "Volatila elpriser" – **Ja, men volatila elpriser är faktiskt bättre än "stabila" då man kan anpassa sig**



# Föreläsning, 11 maj, 2026

## Hur kan vi ordna en fossilfri framtid?

Lennart Söder – LSOD@kth.se  
Professor emeritus - elkraftsystem, KTH



Läget globalt, historiskt, idag och  
närmaste åren gällande fossilfri  
**EL - produktion**

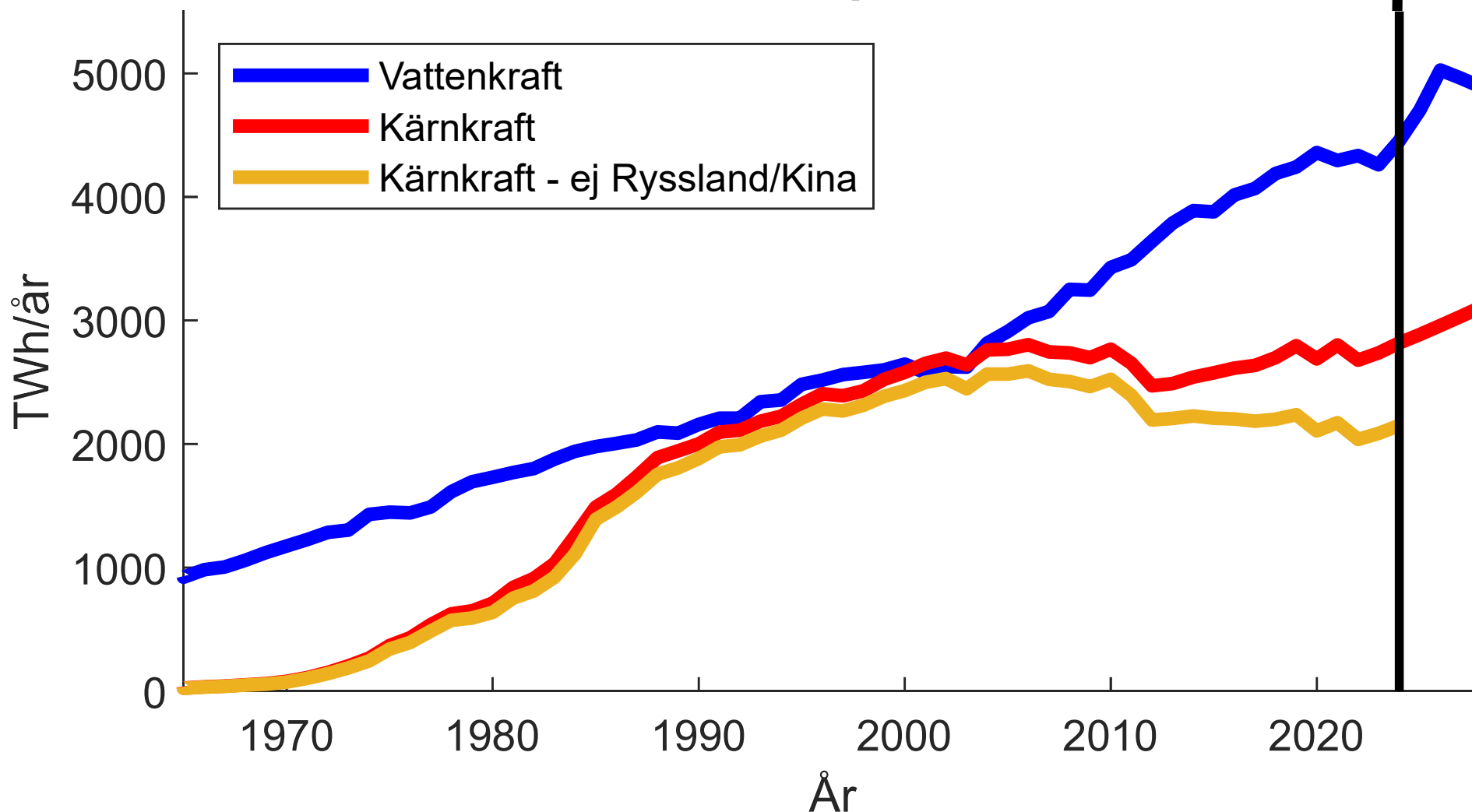


# Vattenkraft och kärnkraft

Data  
Till och  
med 2024

Prognos  
Från IEA  
från 2025

## Global fossilfri elproduktion



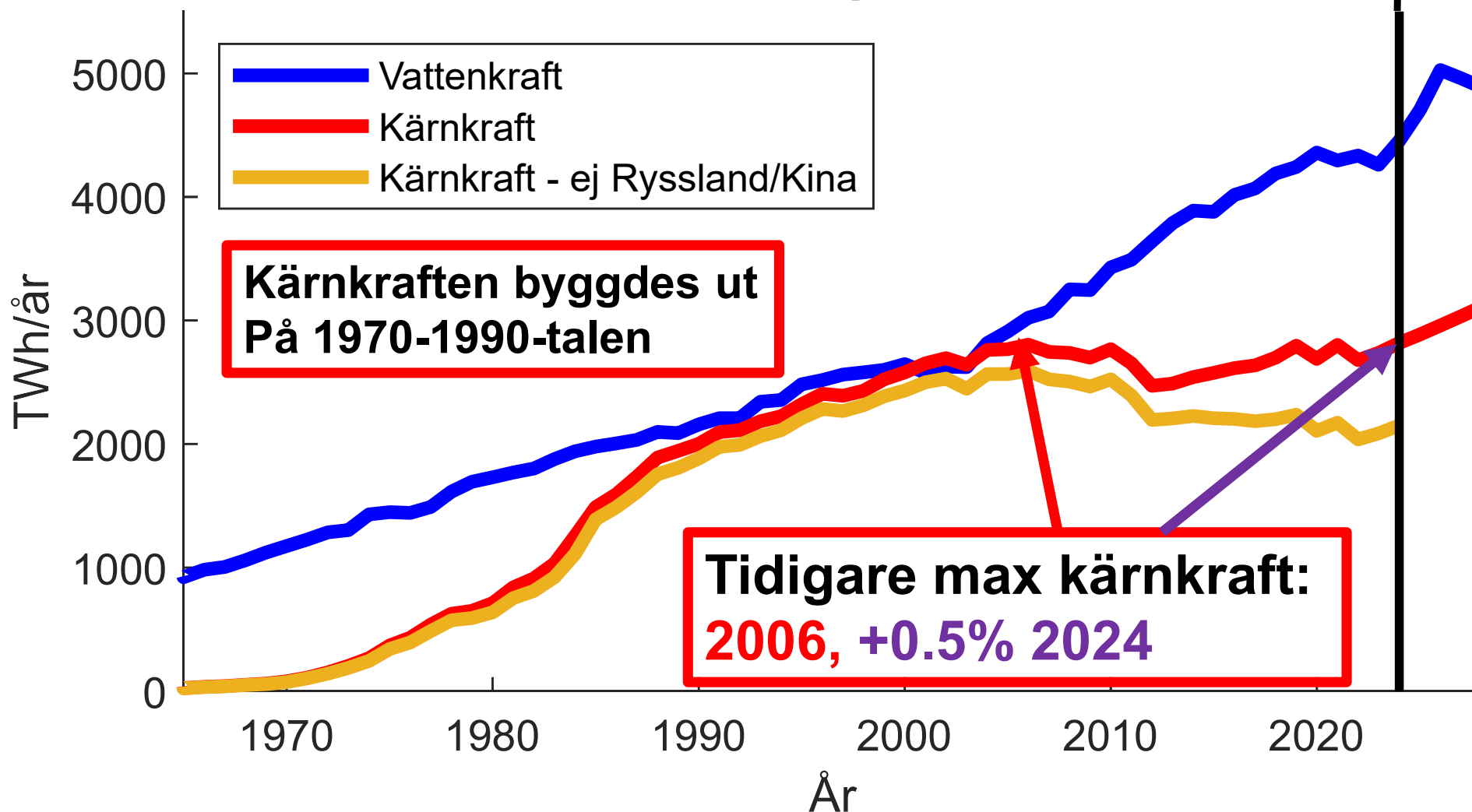


# Vattenkraft och kärnkraft

Data  
Till och  
med 2024

Prognos  
Från IEA  
från 2025

## Global fossilfri elproduktion



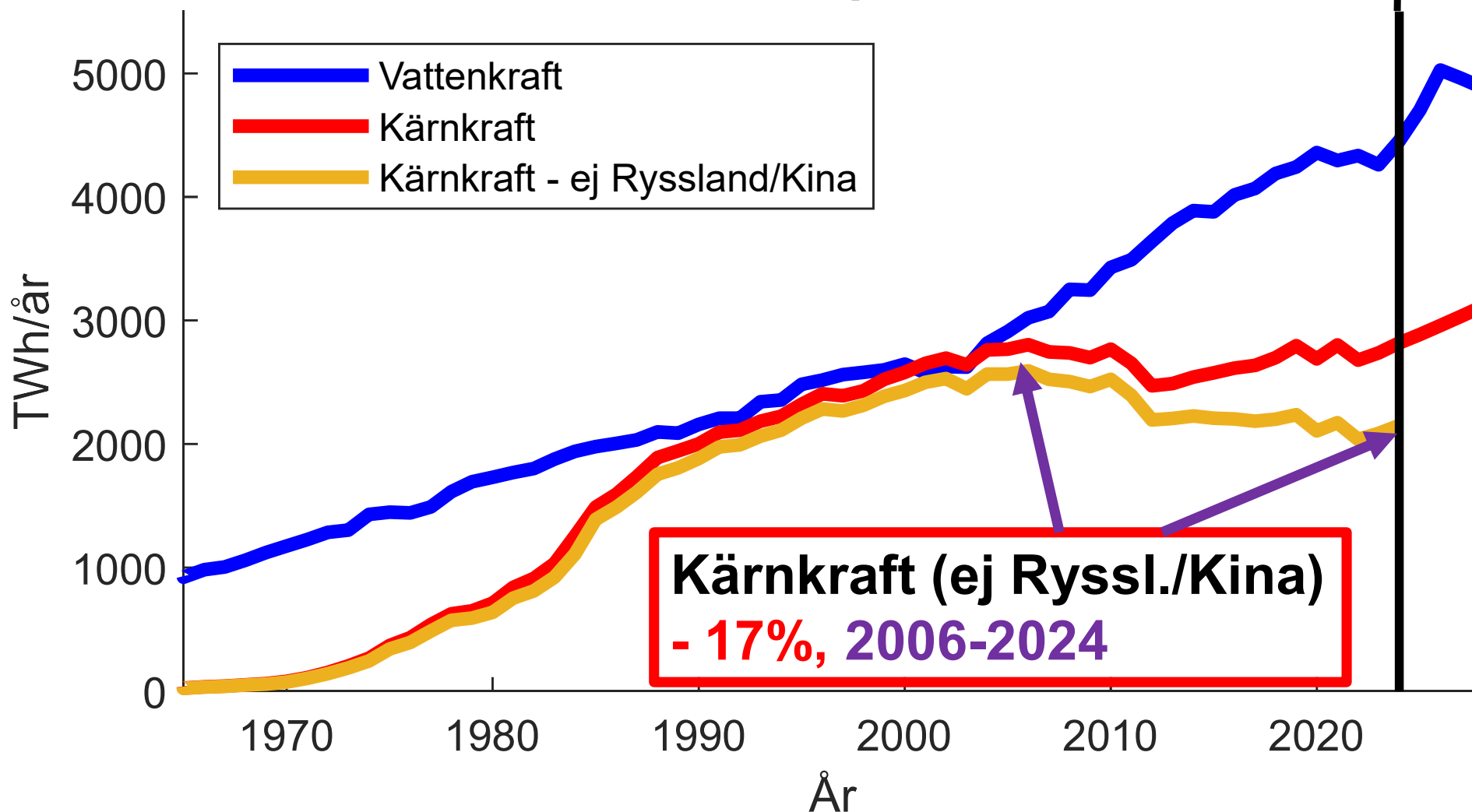


# Vattenkraft och kärnkraft

Data  
Till och  
med 2024

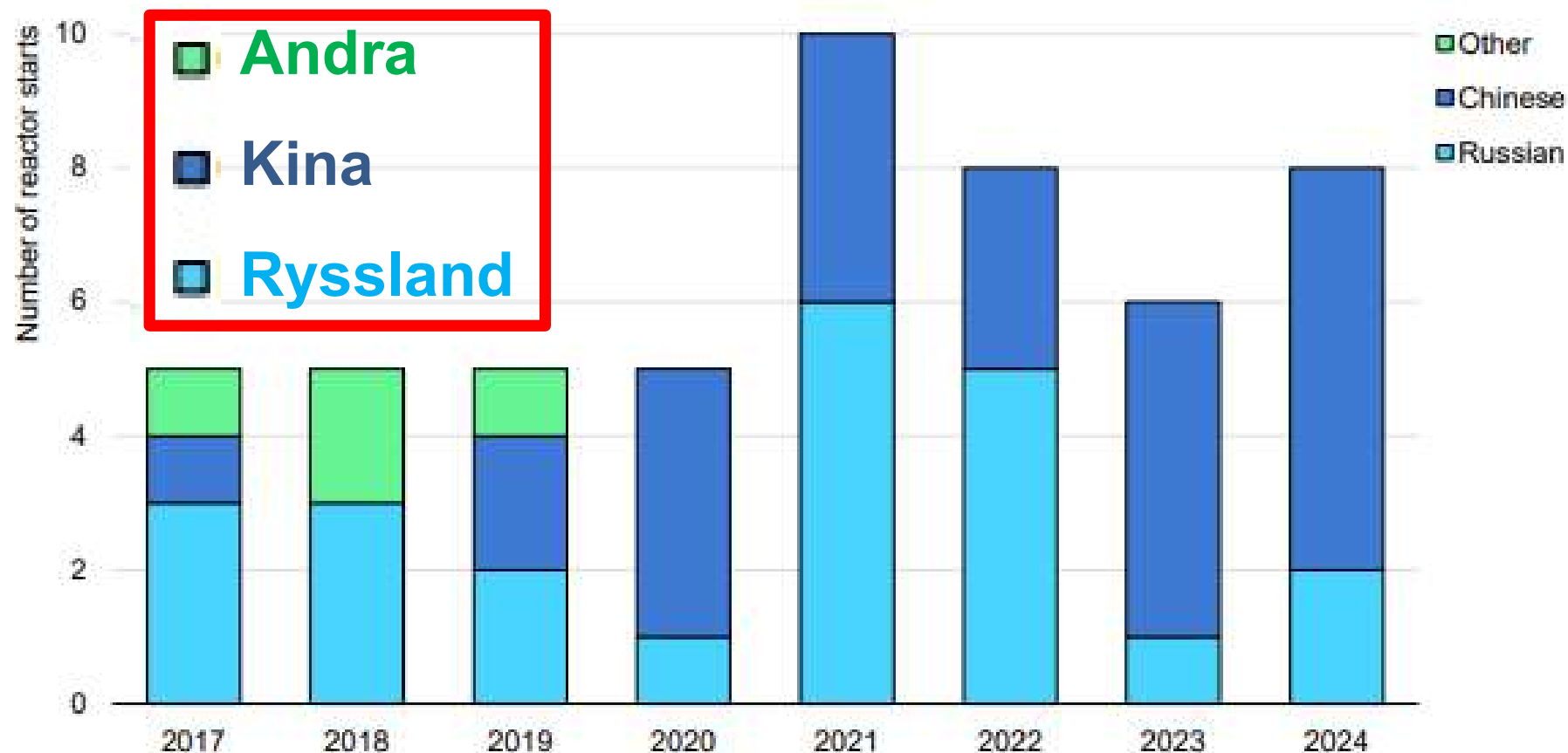
Prognos  
Från IEA  
från 2025

## Global fossilfri elproduktion



# Ny kärnkraft främst från Kina och Ryssland

Figure 1.4 Nuclear power plant construction starts by national origin of technology, 2017-2024

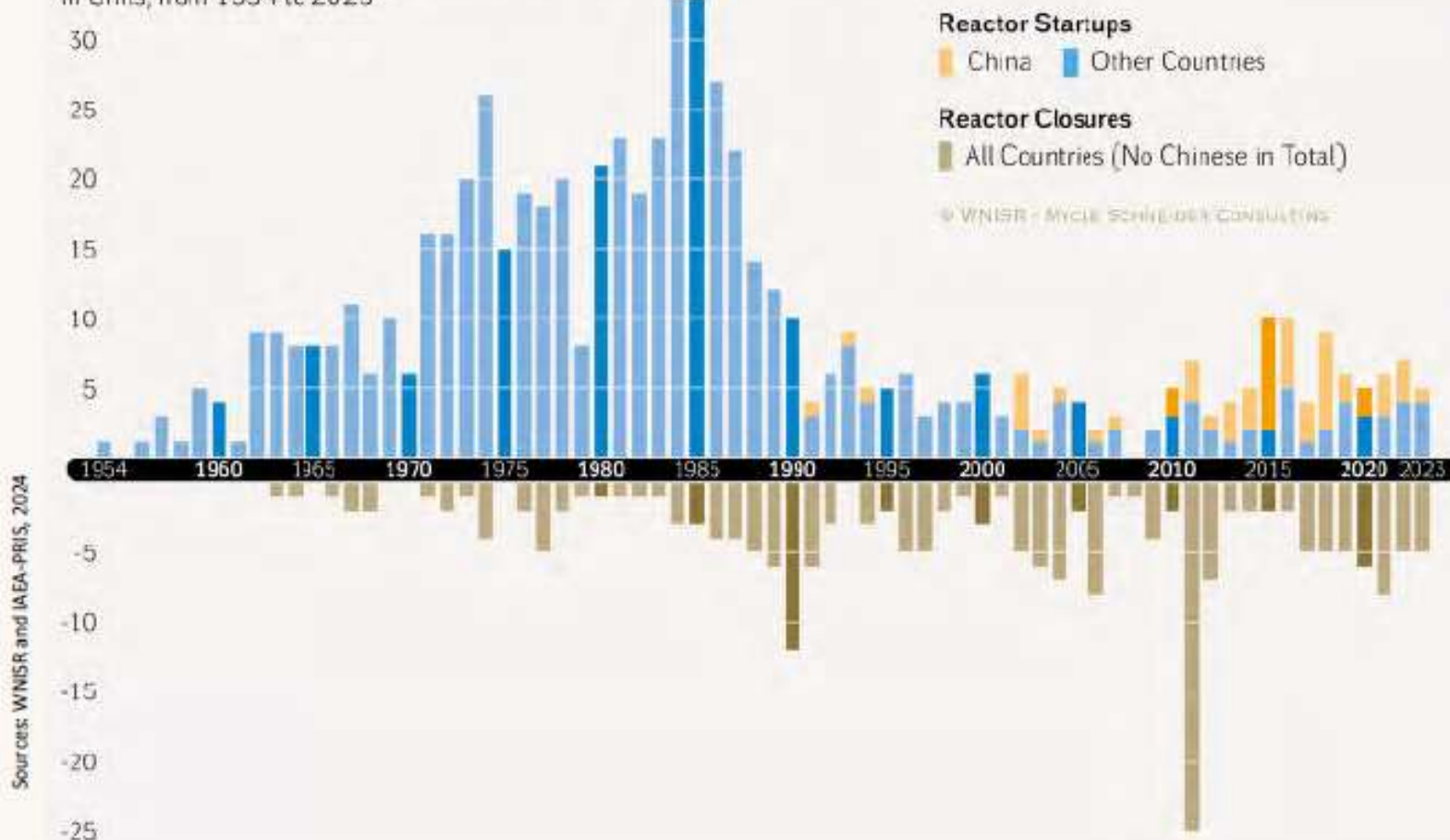


IEA, CC BY 4.0.

Source: IEA analysis based on IAEA PRIS database (Accessed 10 January 2025).

## Reactor Startups and Closures in the World

in Units, from 1954 to 2023



### 2004–2023

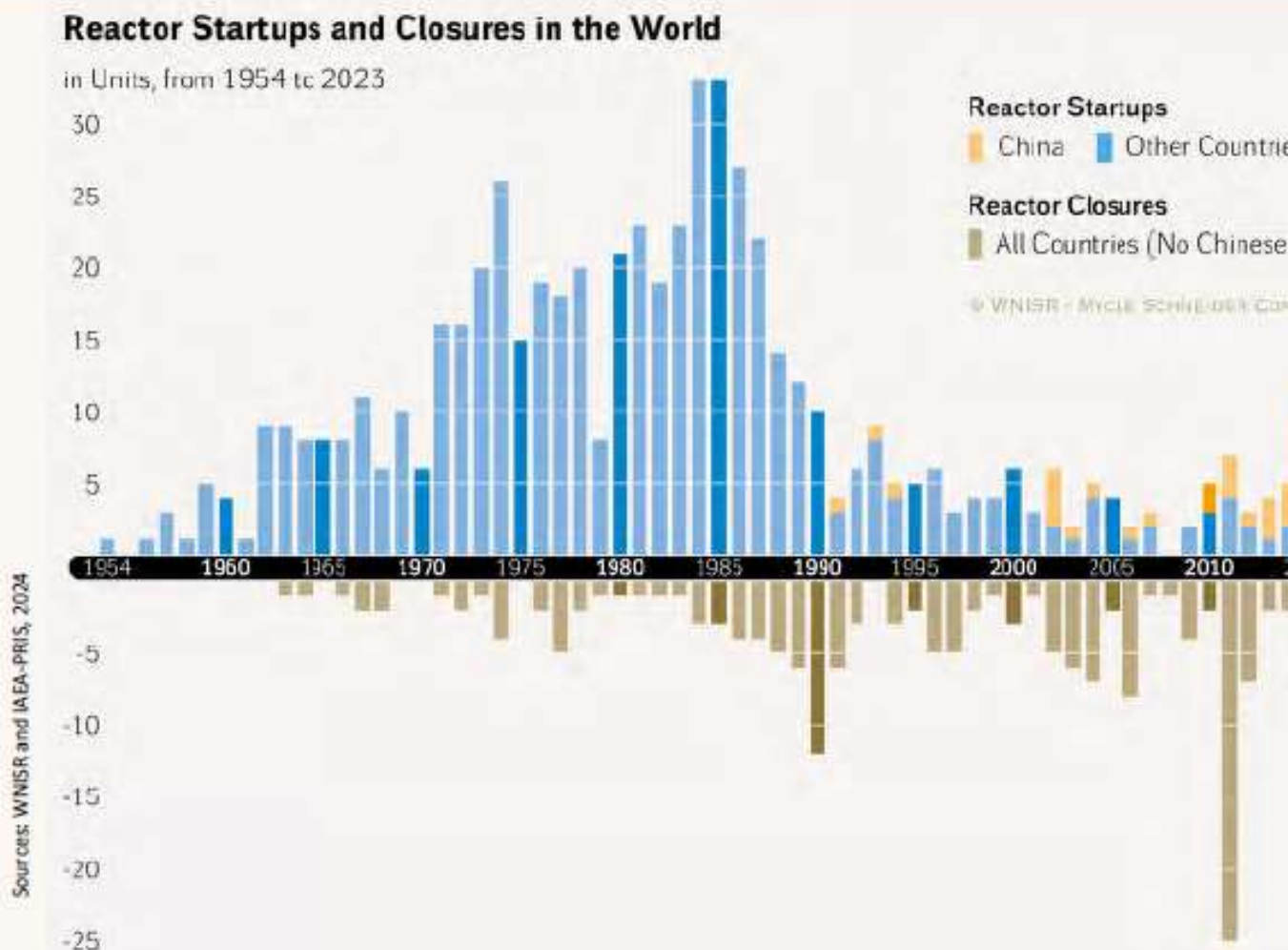
#### World

- 102 Startups
- 104 Closures

#### China

- 49 Startups
- No Closure

Sources: WNISR and IAEA-PRIS, 2024



**2004–2023**

*World*

- 102 Startups
- 104 Closures

*China*

- 49 Startups
- No Closure

# At COP28, Countries Launch Declaration to Triple Nuclear Energy Capacity by 2050, Recognizing the Key Role of Nuclear Energy in Reaching Net Zero

**December, 2023**

Endorsing countries include the United States, Armenia, Bulgaria, Canada, Croatia, Czech Republic, Finland, France, Ghana, Hungary, Jamaica, Japan, Republic of Korea, Moldova, Mongolia, Morocco, Netherlands, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia, **Sweden**, Ukraine, United Arab Emirates, and United Kingdom

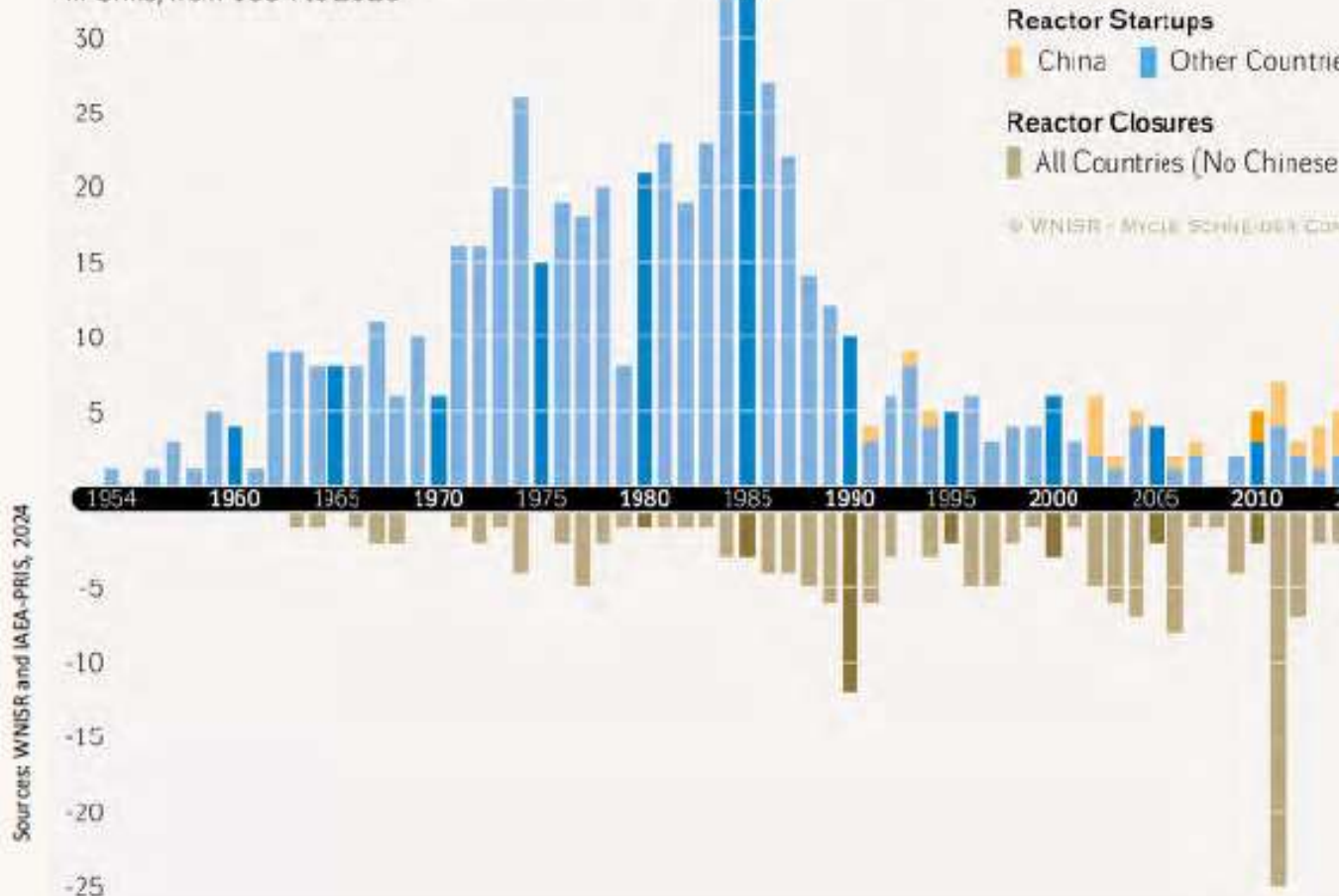
# Från ett föredrag av Mycle Schneider kommer till KTH 11 april

WNISR2023

GLOBAL OVERVIEW – Startups and Closures World and China

## Reactor Startups and Closures in the World

in Units, from 1954 to 2023



### 2004–2023

#### World

- 102 Startups
- 104 Closures

#### China

- 49 Startups
- No Closure

# Från ett föredrag av Mycle Schneider kommer till KTH 11 april

WNISR2023

GLOBAL OVERVIEW – Startups and Closures

China

## Reactor Startups and Closures

in Units, from 1954 to 2023

30

- 1) På 70-80-talen startades ca 15-20 reaktorer/år
- 2) Efter 2010 snarare under 5 per år, utanför Kina
- 3) Det var 70-80-talen som ledde till den mängd kärnkraft vi har idag.
- 4) Hur ska man "3-dubbla" denna och samtidigt ersätta de gamla reaktorerna?

2004–2023

*World*

- 102 Startups
- 104 Closures

*China*

- 49 Startups
- No Closure

Sources: WNISR and IAEA-PRIS, 2024

-5  
-10  
-15  
-20  
-25

2010 2015 2020 2023

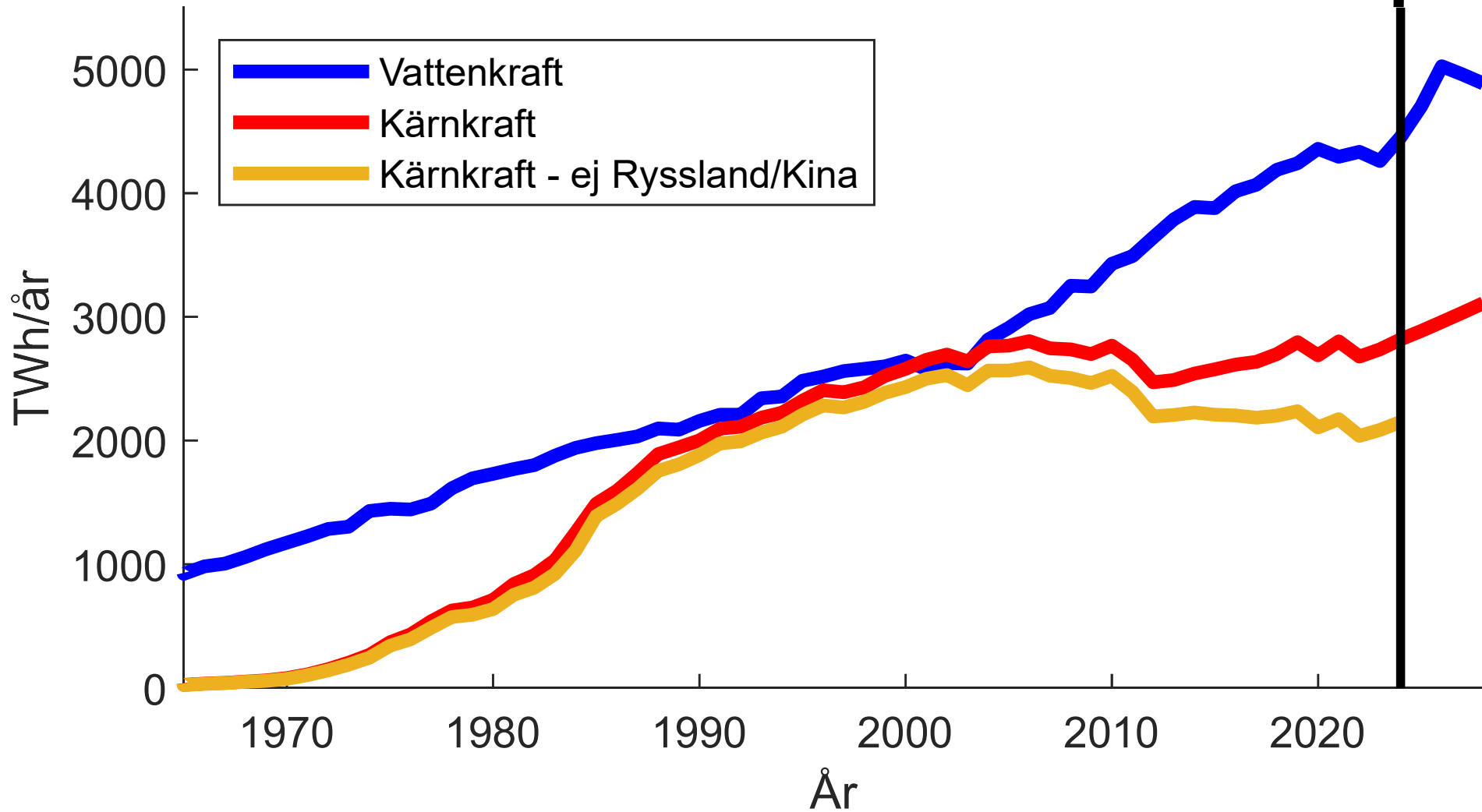


# Vattenkraft och kärnkraft

Data  
Till och  
med 2024

Prognos  
Från IEA  
från 2025

## Global fossilfri elproduktion



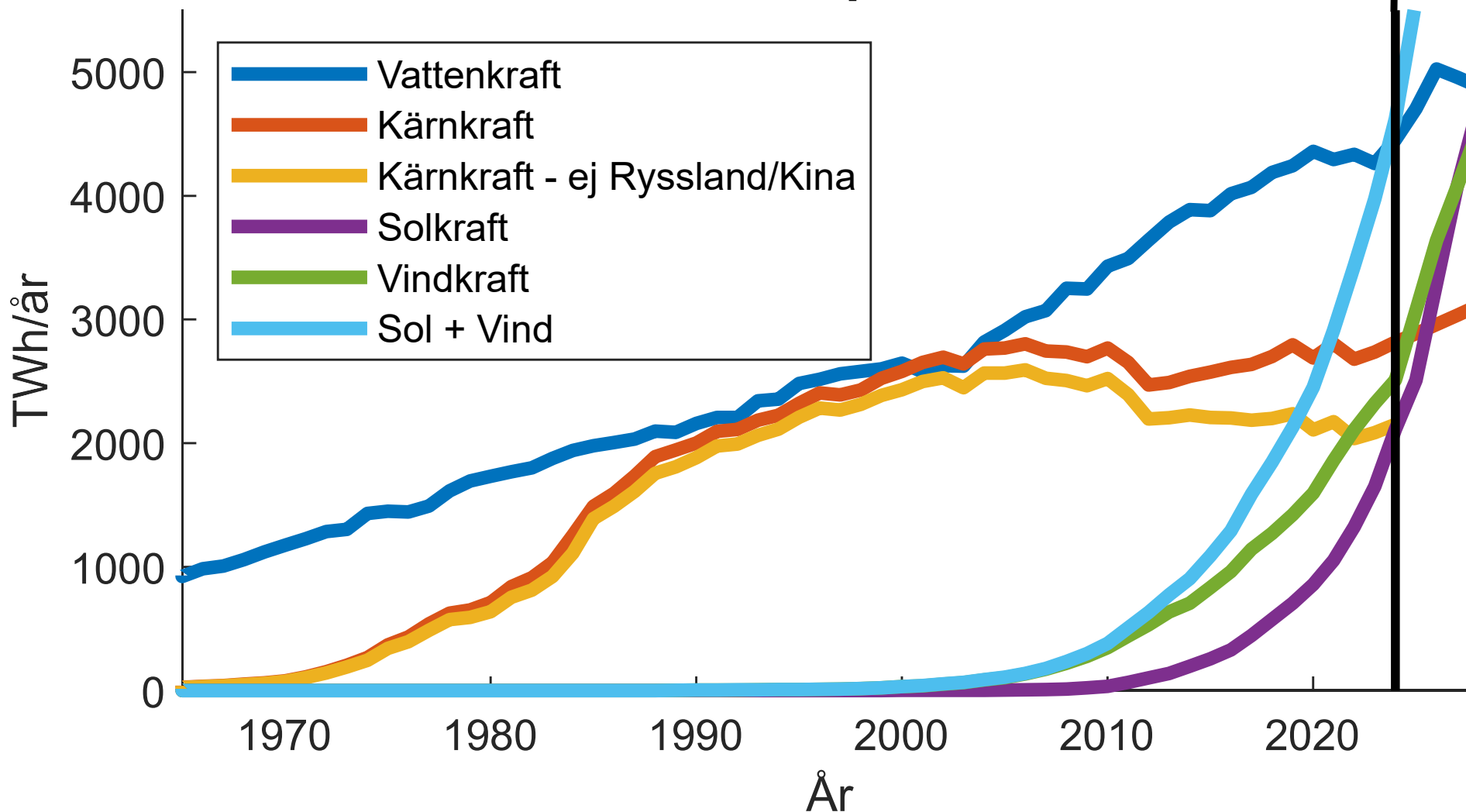


# Vattenkraft och kärnkraft

Data  
Till och  
med 2024

Prognos  
Från IEA  
från 2025

## Global fossilfri elproduktion



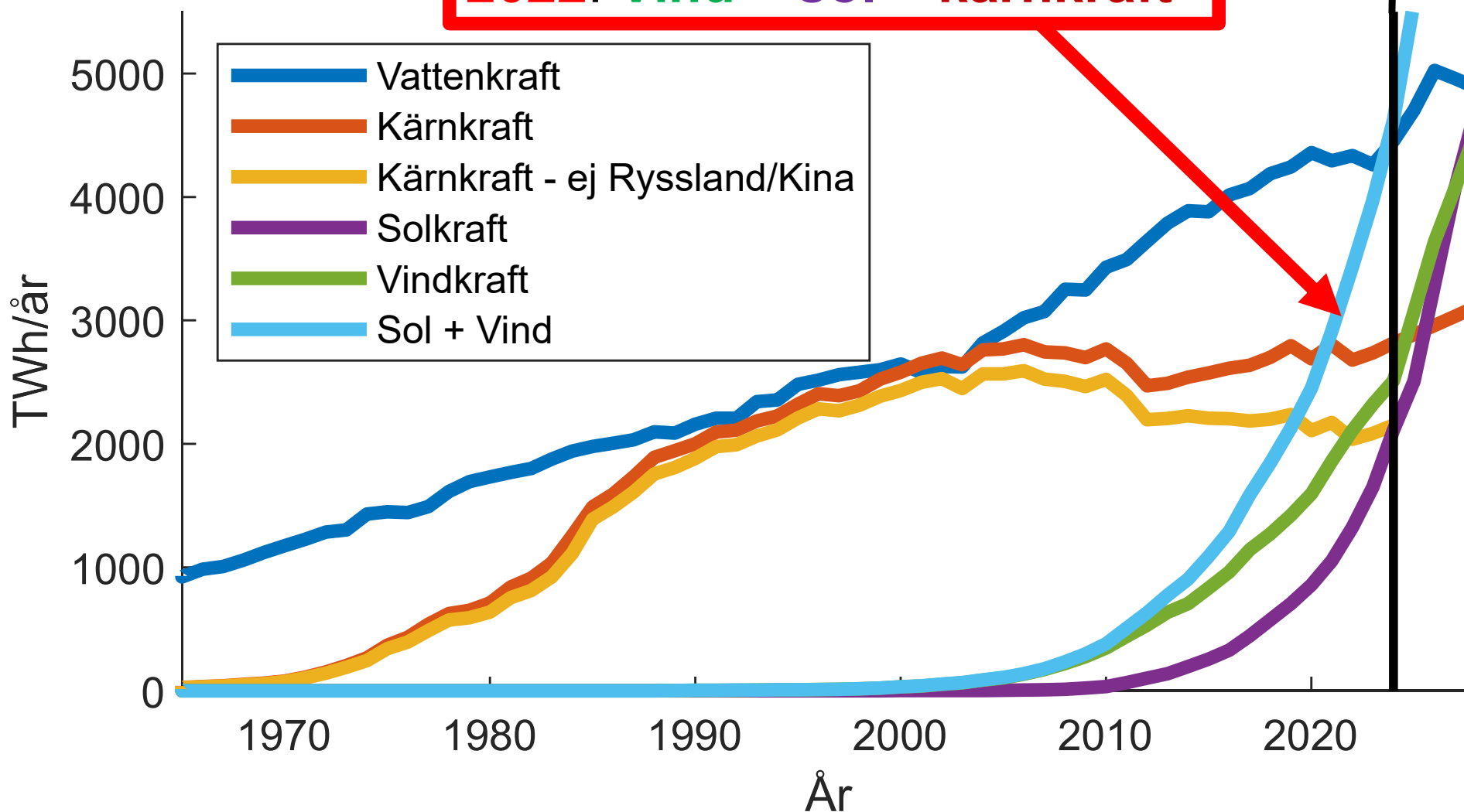


# Vattenkraft och kärnkraft

Data  
Till och  
med 2024

Prognos  
Från IEA  
från 2025

**G 2022: Vind + sol > kärnkraft**

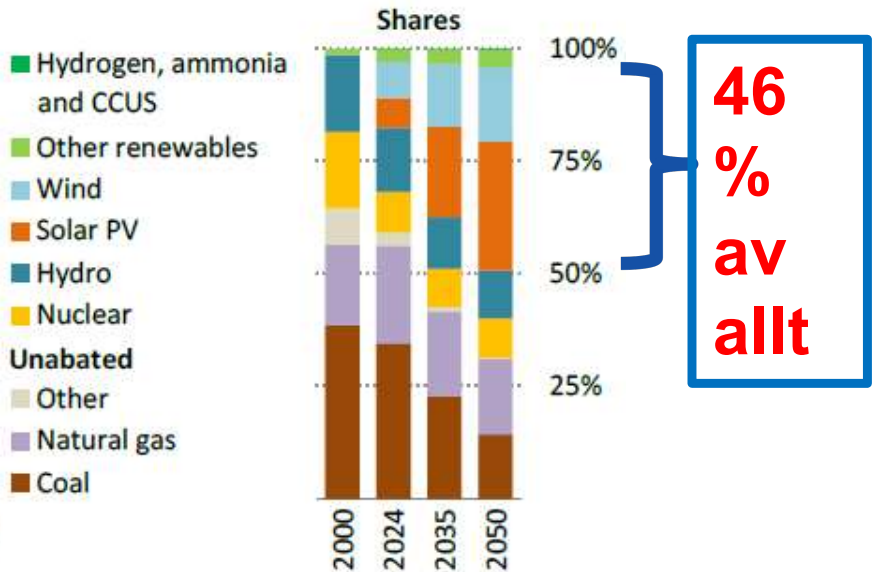
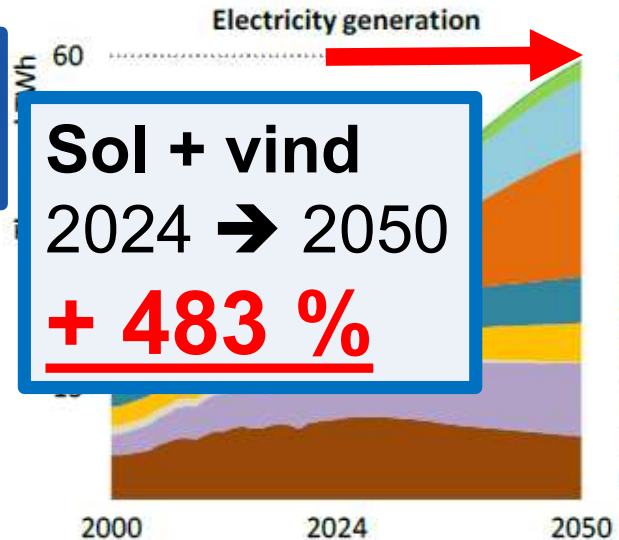




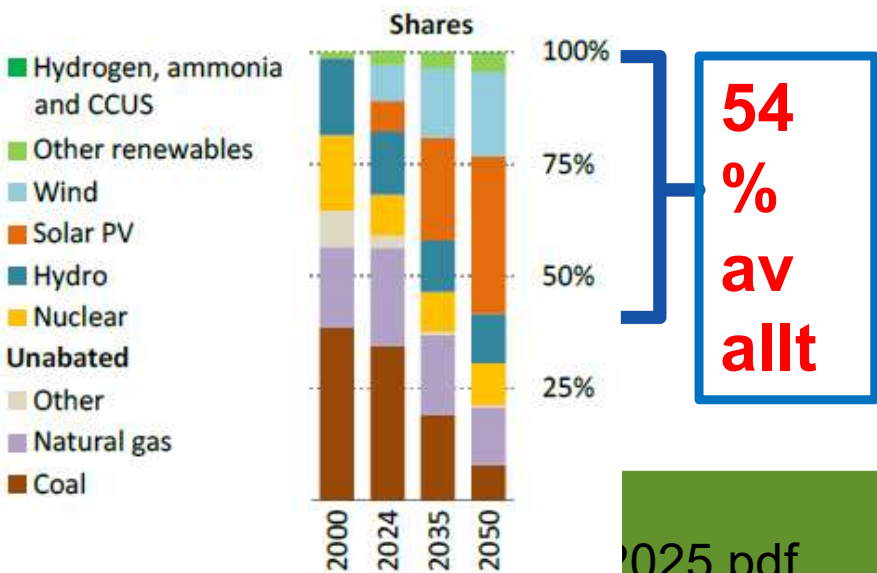
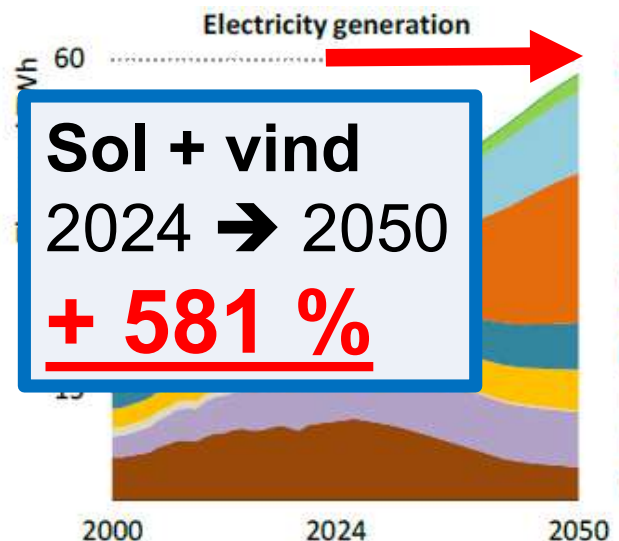
# Uppskattning av mängden **sol/vind** år **2050** från IEA – World Energy Outlook

**november**  
**2025**

**Current Policies Scenario**  
sid 140



**Stated Policies Scenario**  
sid 198



<https://i...af5ac38>

2025.pdf



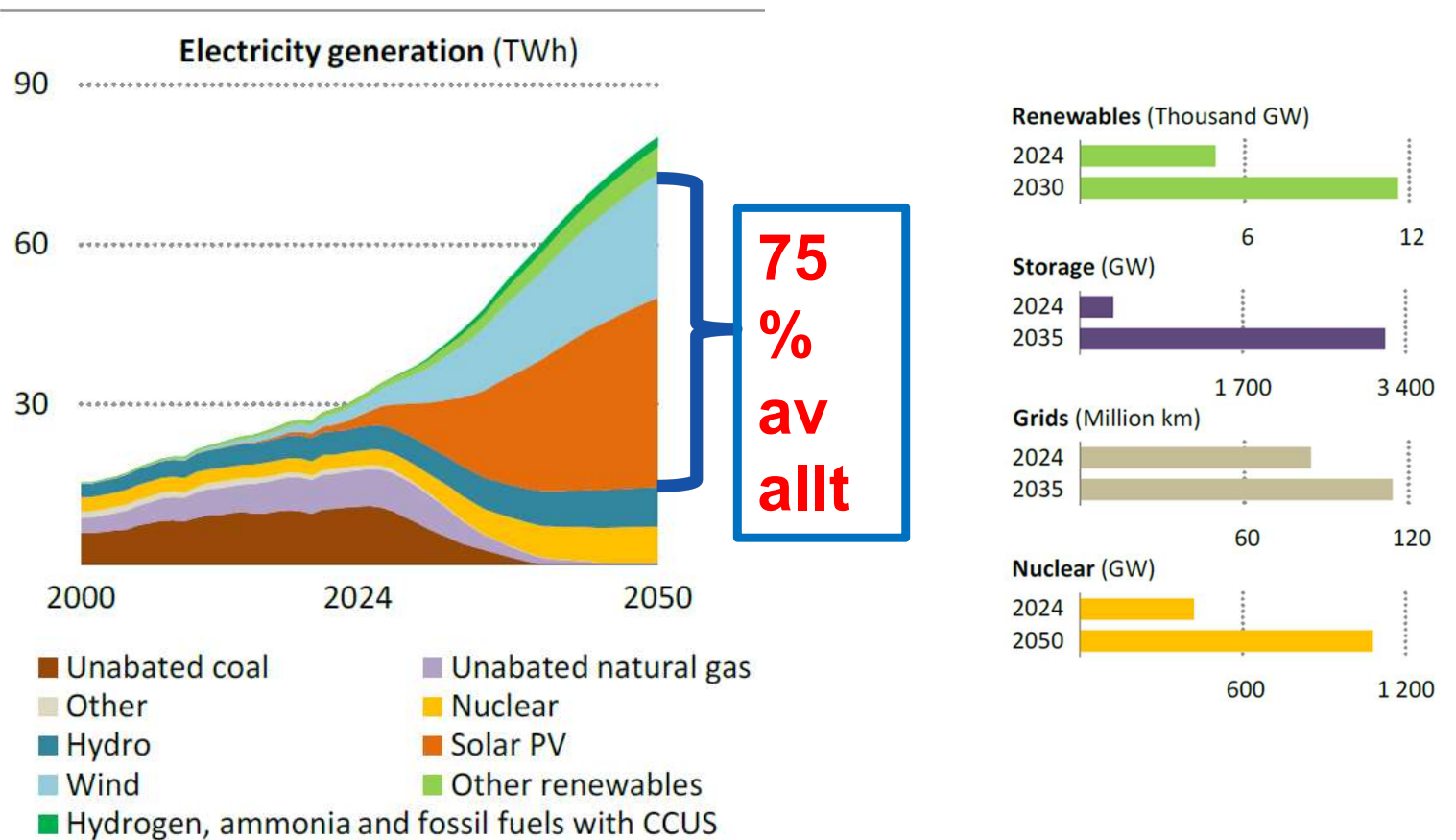
**november**  
**2025**

# Uppskattning av mängden **sol/vind** år **2050** från IEA – World Energy Outlook

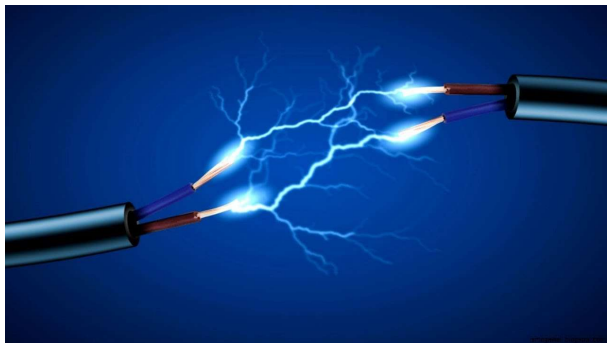
**Figure 7.13** ▶ Electricity generation and key pillars for the power sector in the NZE Scenario, 2000-2050

**Net Zero  
Emission  
Scenario  
sid 331**

**Sol + vind  
2024 → 2050  
+ 1200 %**



<https://iea.blob.core.windows.net/assets/af5ac385-8fce-4cc7-8c73-107a3aade95e/WorldEnergyOutlook2025.pdf>

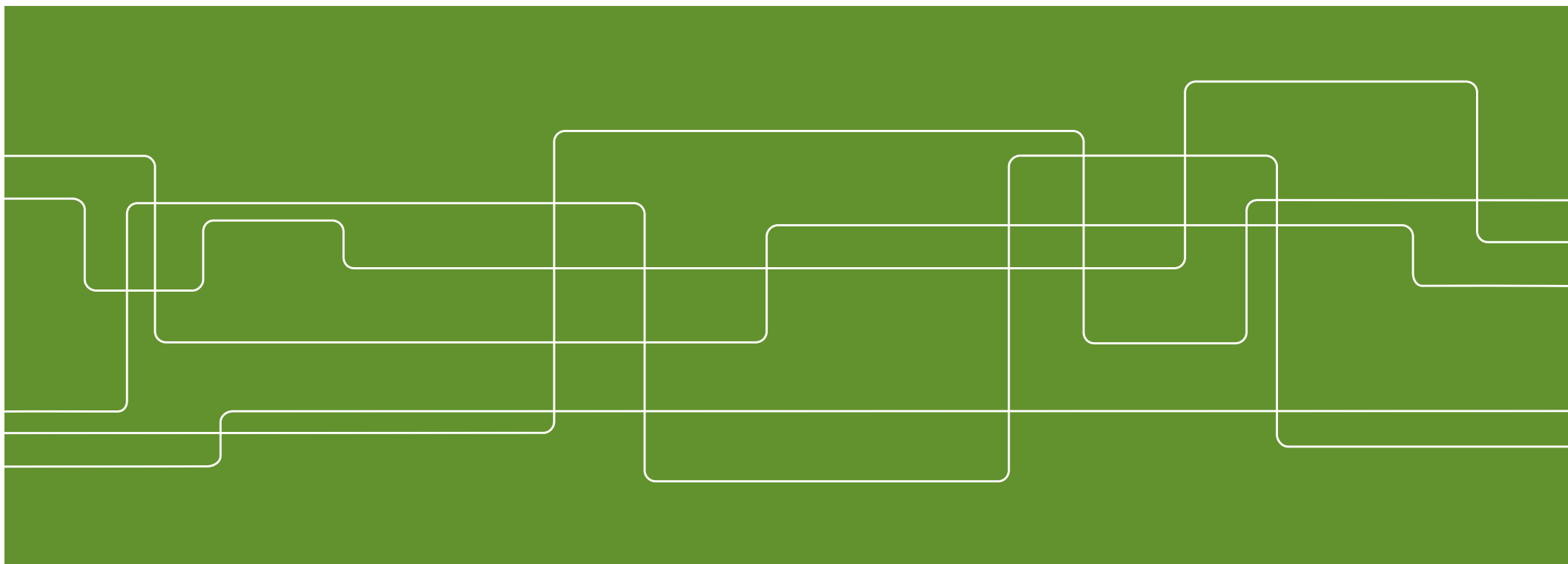


# Elektricitet

11 maj, 2026

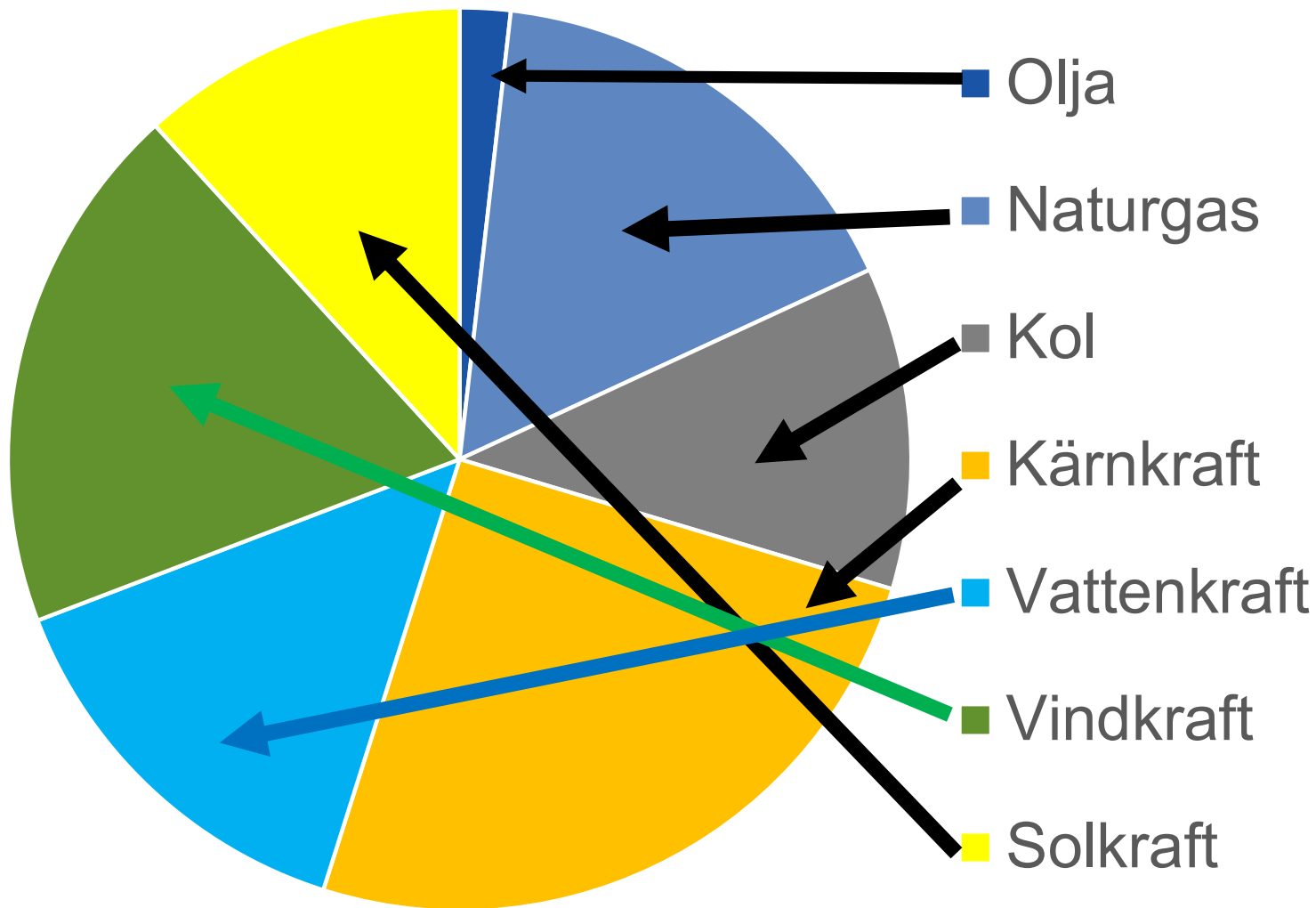
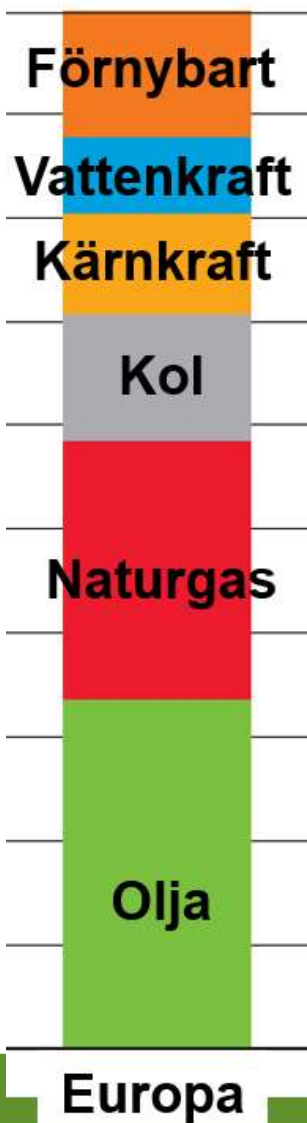


av Lennart Söder  
Professor Elkraftsystem, KTH

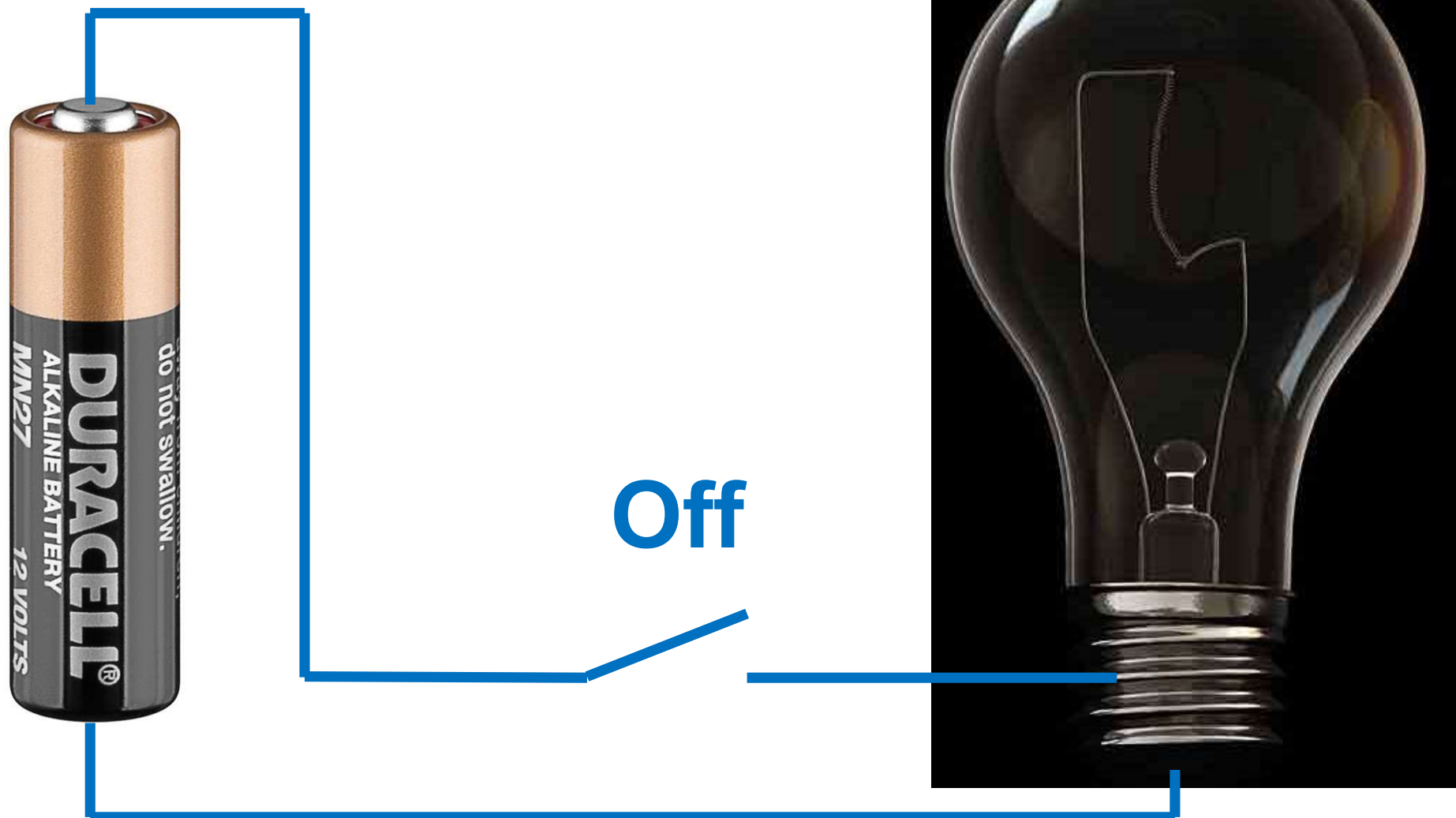


# Elproduktion inom EU - 2024

## Energi - 2021

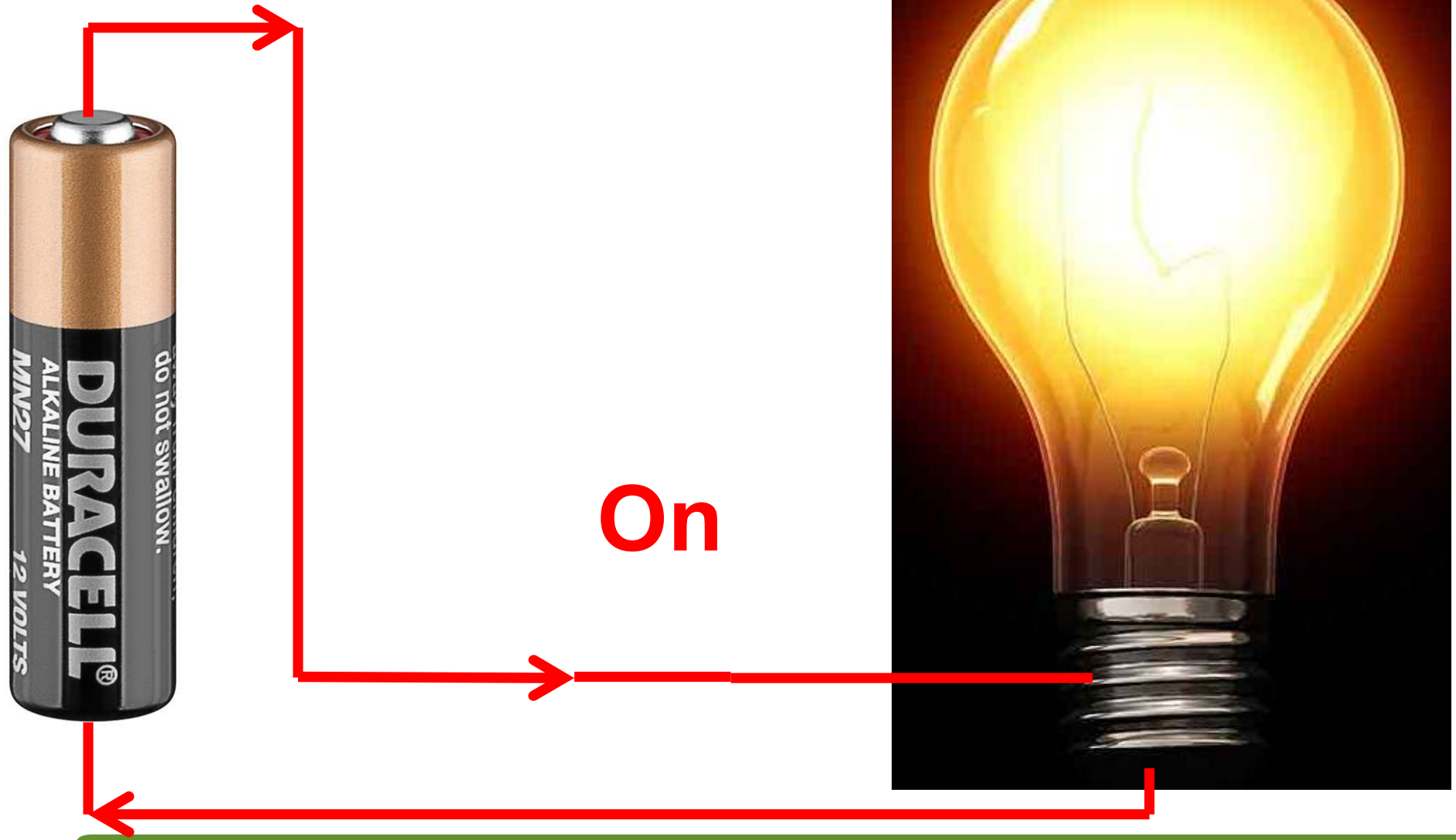


# Elektricitet färdas med ljushastigheten





# Elektricitet färdas med ljushastigheten





# Elektricitet färdas med ljushastigheten

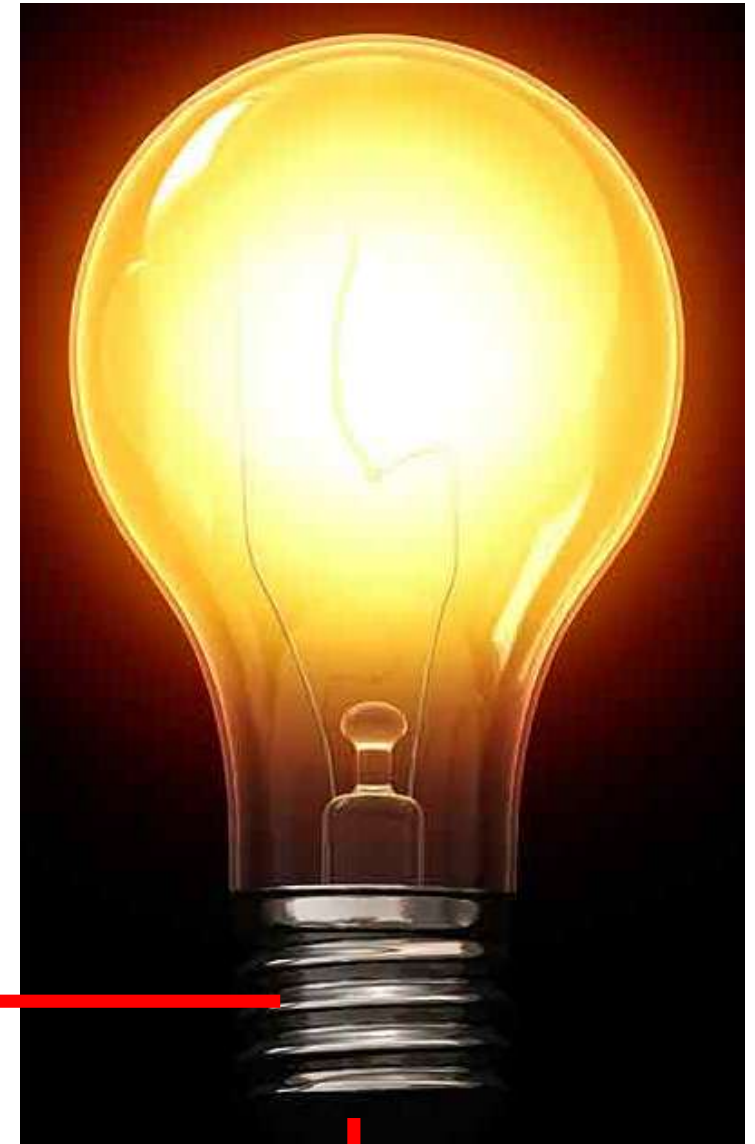
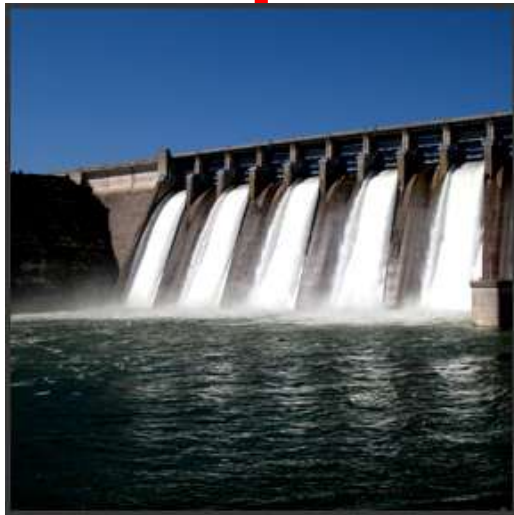


Off

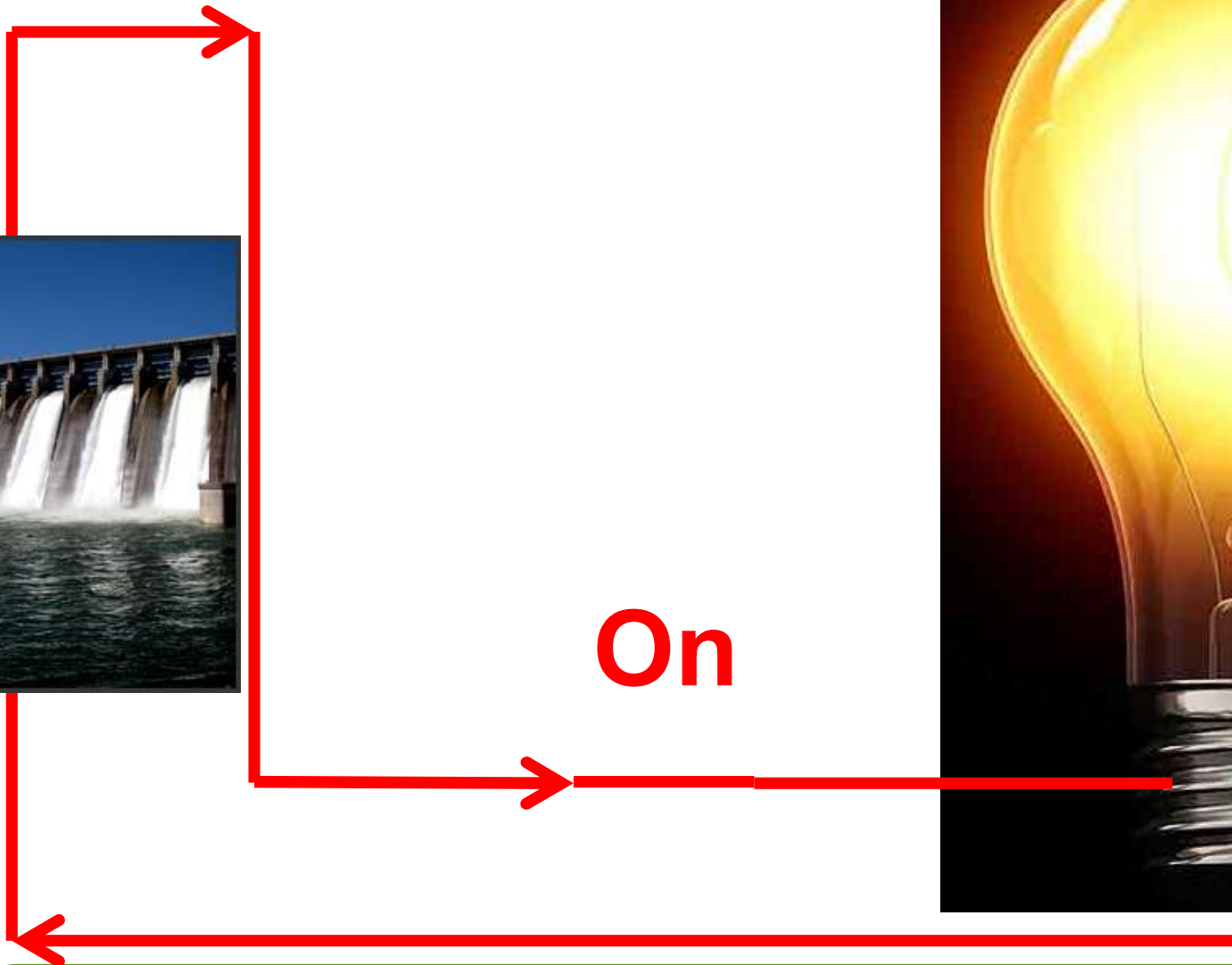




# Elektricitet färdas med ljushastigheten



**On**



# Elektricitet färdas med ljushastigheten



Under 1/100 sekund

- **Ljus** färdas 3000 km = Stockholm – Madrid
- **Ljud** färdas 3 m.

On



# Elektricitet färdas med ljushastigheten



Off





# Elektricitet färdas med ljushastigheten

Från norra Sverige



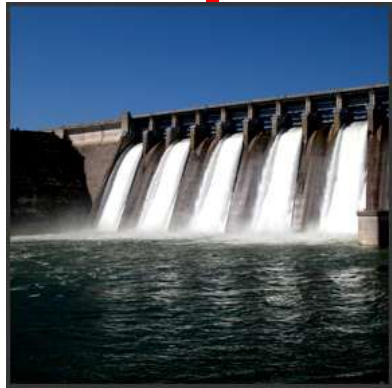
On



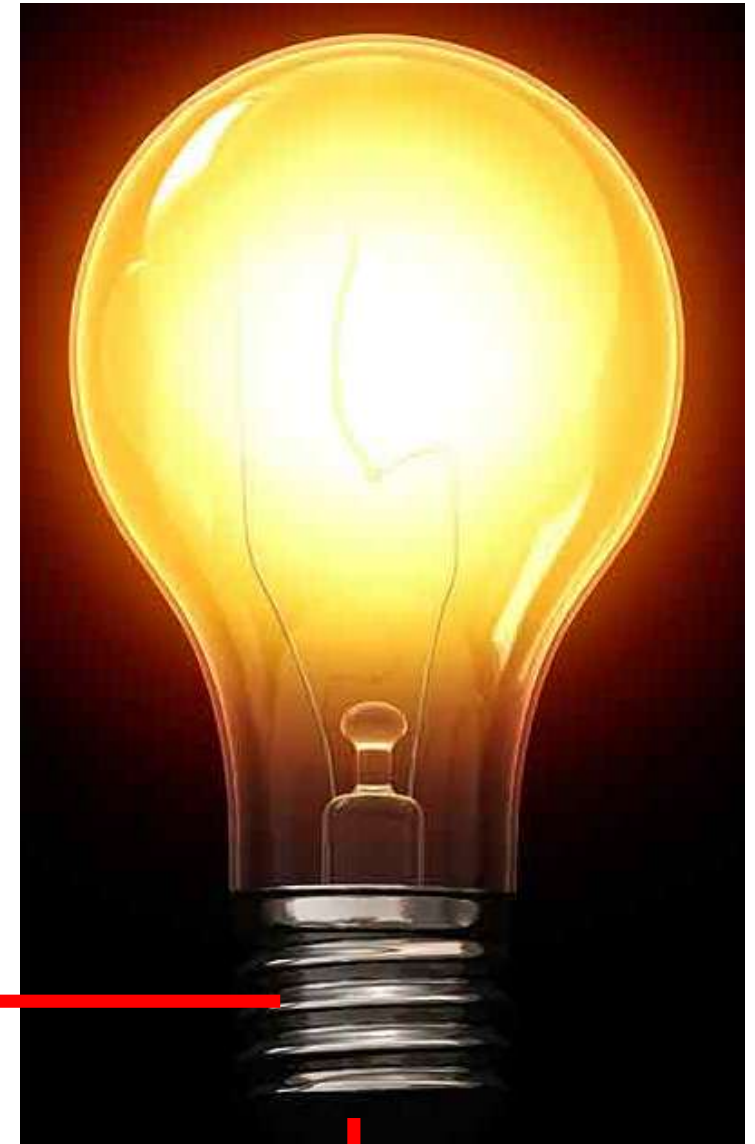


# Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller från Norge?



On

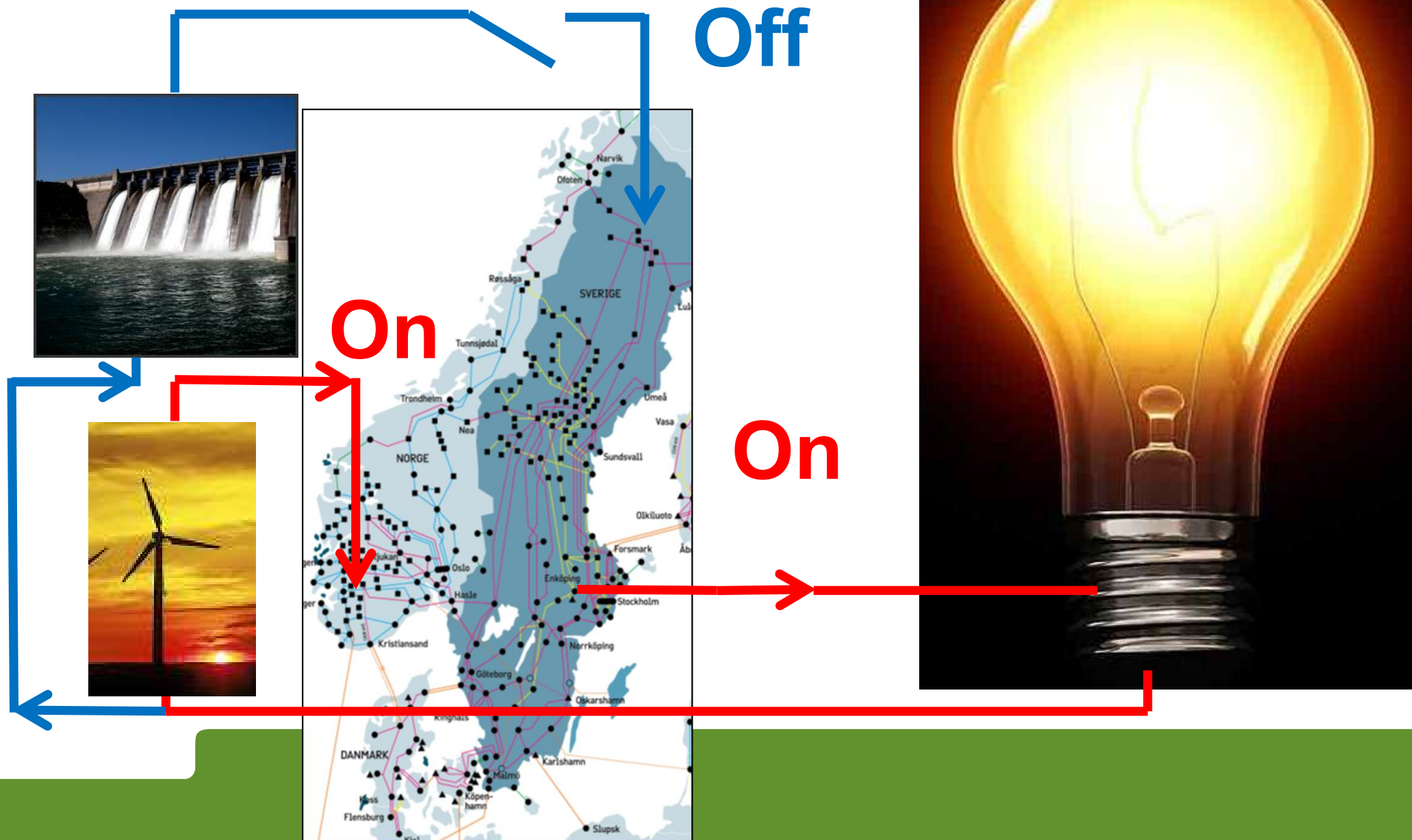






# Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller med vindkraft?





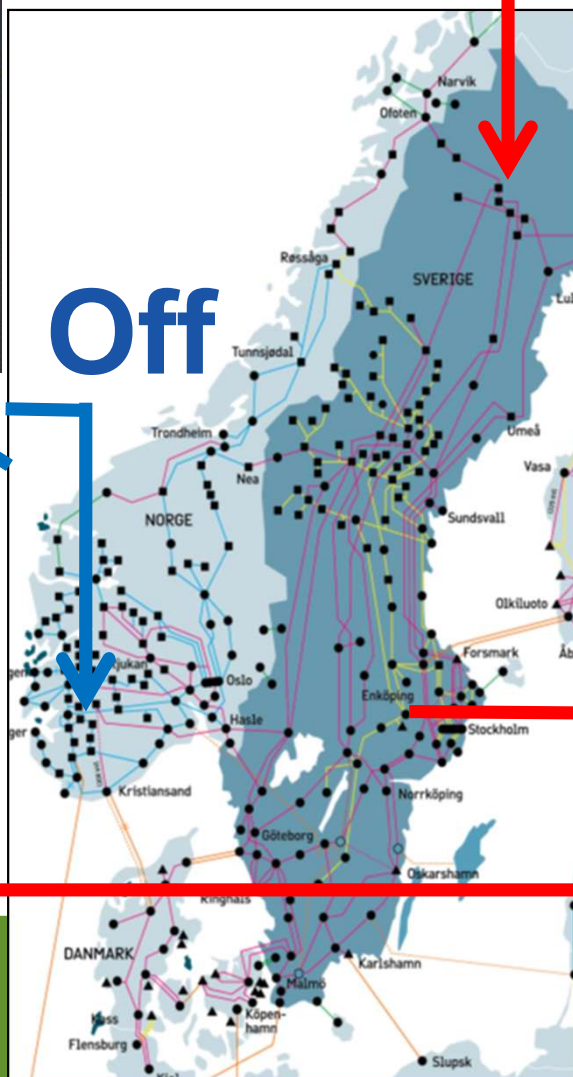
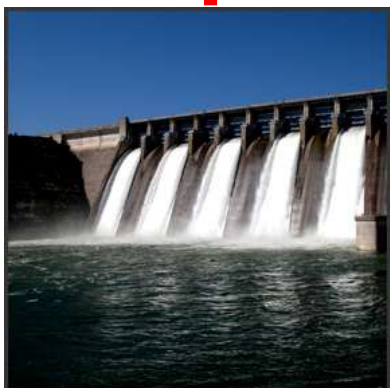
# Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller när det inte blåser?

On

On

Off





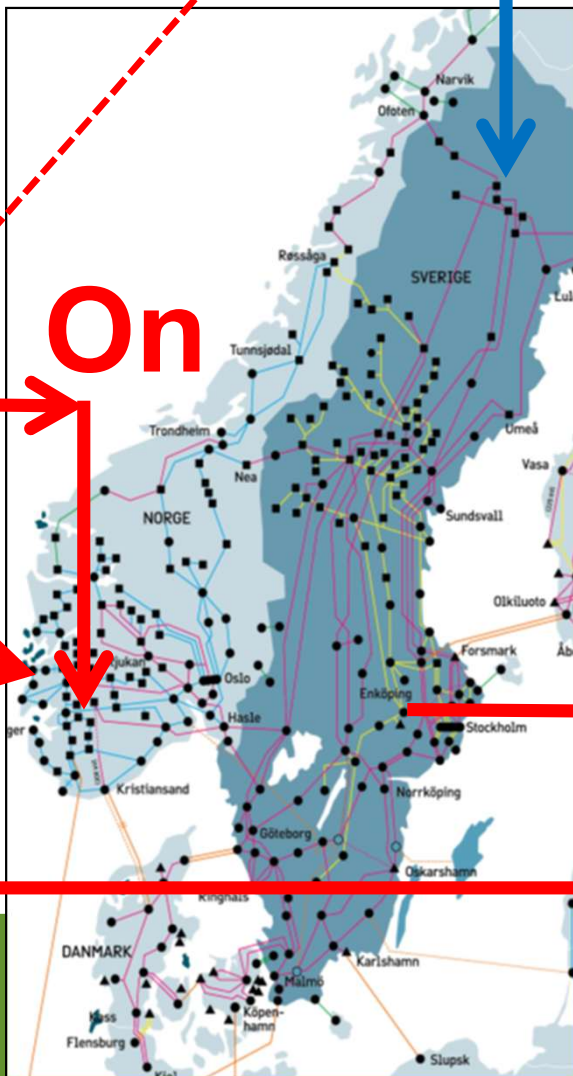
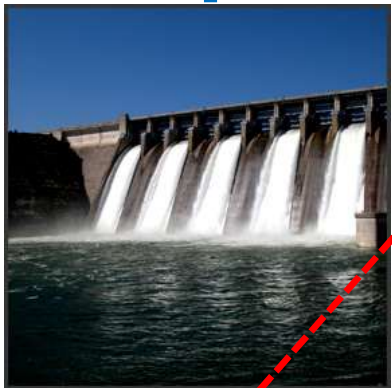
# Elektricitet färdas med ljushastigheten

**Antag import från UK**  
**North Sea Link 1400 MW**

**Off**

**On**

**On**

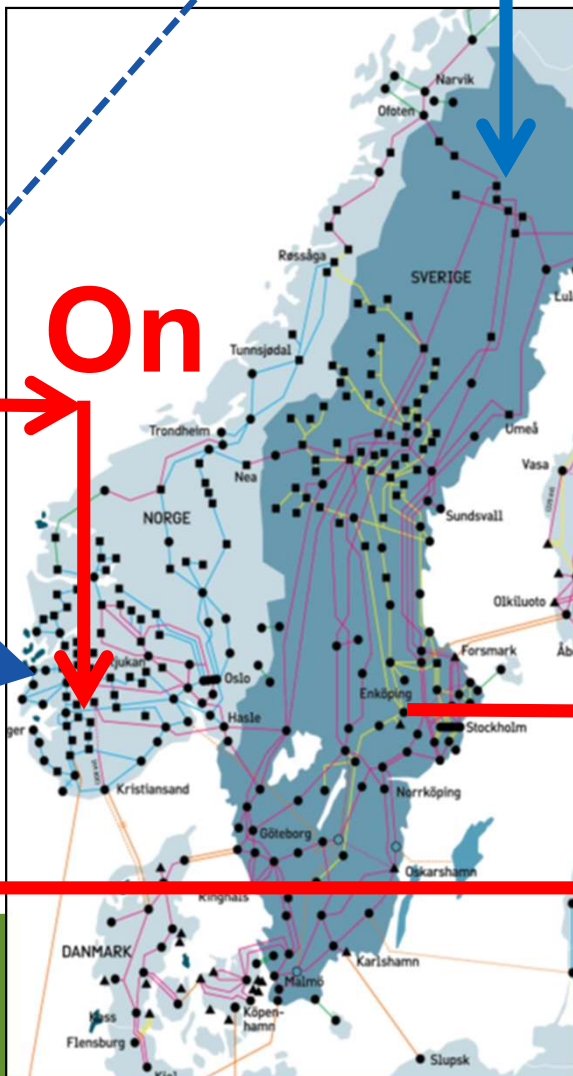
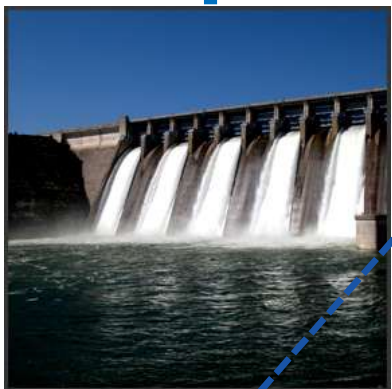




# Elektricitet färdas med ljushastigheten

Antag **plötsligt fel** på import från UK

Off



On

On



Off



# Elektricitet färdas med ljushastigheten

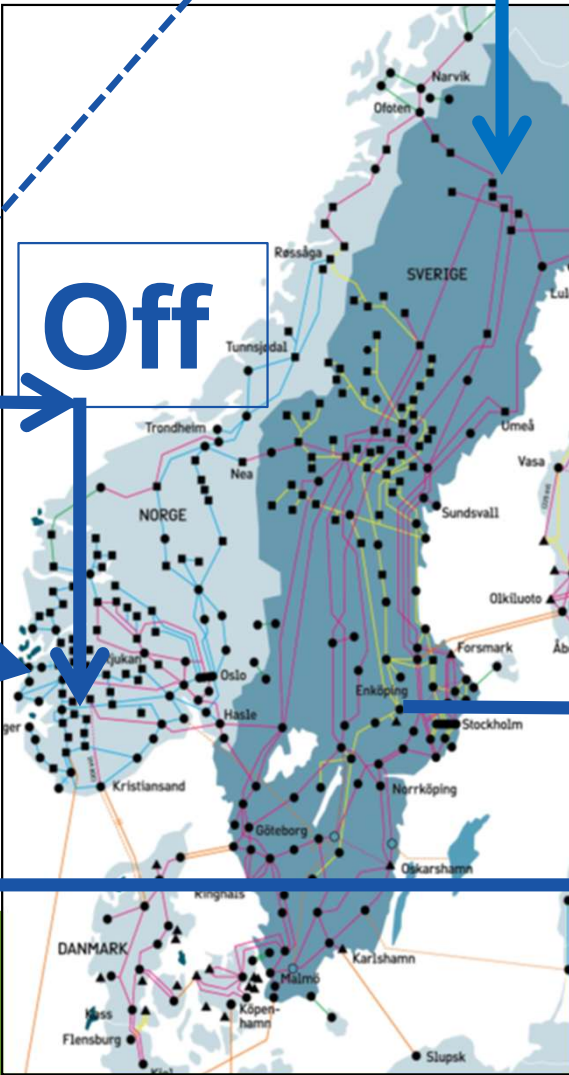
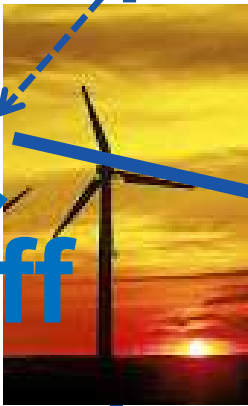
Antag **plötsligt fel** på import från UK

Off

Vi vill inte att detta ska hända

Off

Off



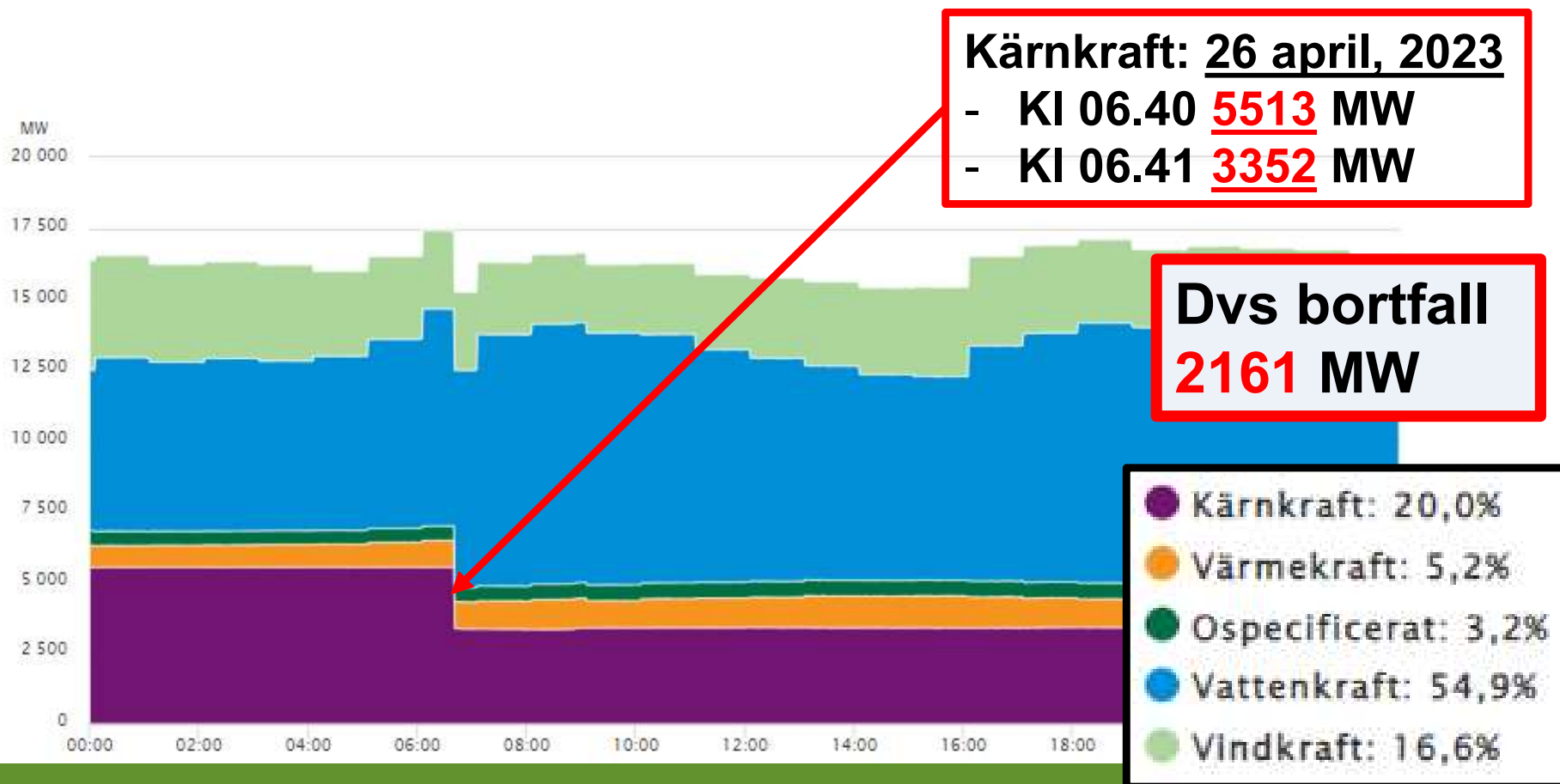
Off



# Forsmarks reaktorer bortkopplade efter strömavbrott

UPPDATERAD 27 APRIL 2023 PUBLICERAD 26 APRIL 2023

Forsmark 1 och 2 har tvingats stänga ned sin elproduktion på grund av en kortslutning hos Svenska kraftnät. Orsaken ska vara ett underhållsarbete som gick fel hos Svenska kraftnät.





# Elektricitet färdas med ljushastigheten

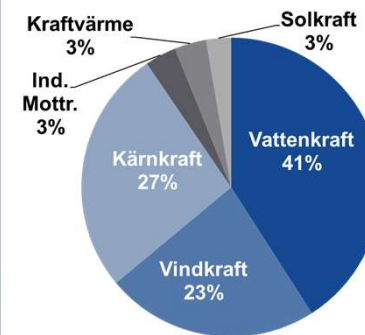
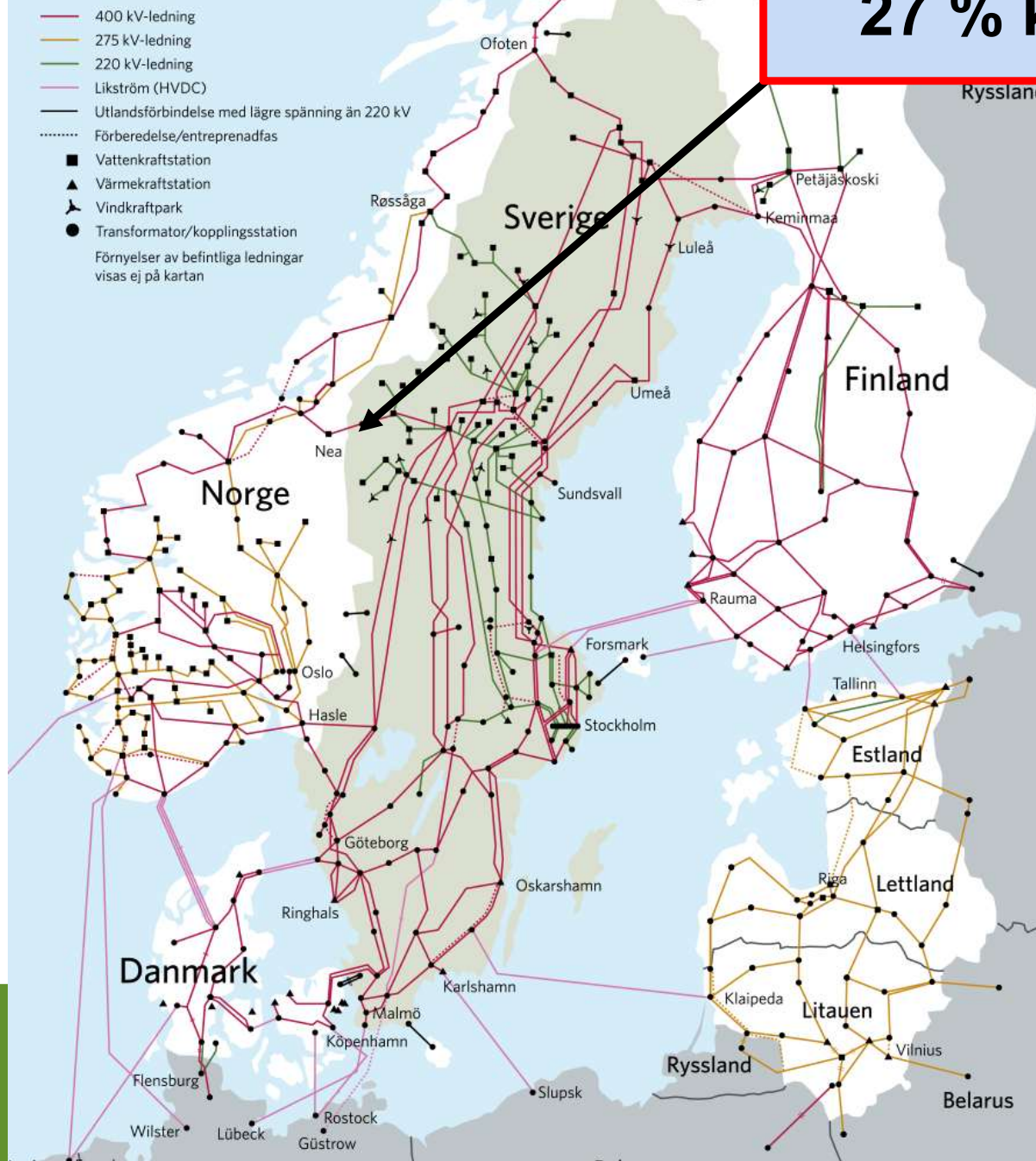
## Sammanfattning:

- **"EI" är ett momentant transport-system (med vissa förluster)**
- **"EI" är INTE en "energikälla"**
- **"Elkonsumtion" måste därmed, för varje sekund, mötas med "Elproduktion"**
- **Elnät gör att men inte måste ha lokal elproduktion**



# Om "nationell el"

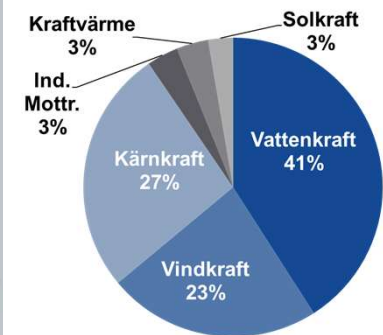
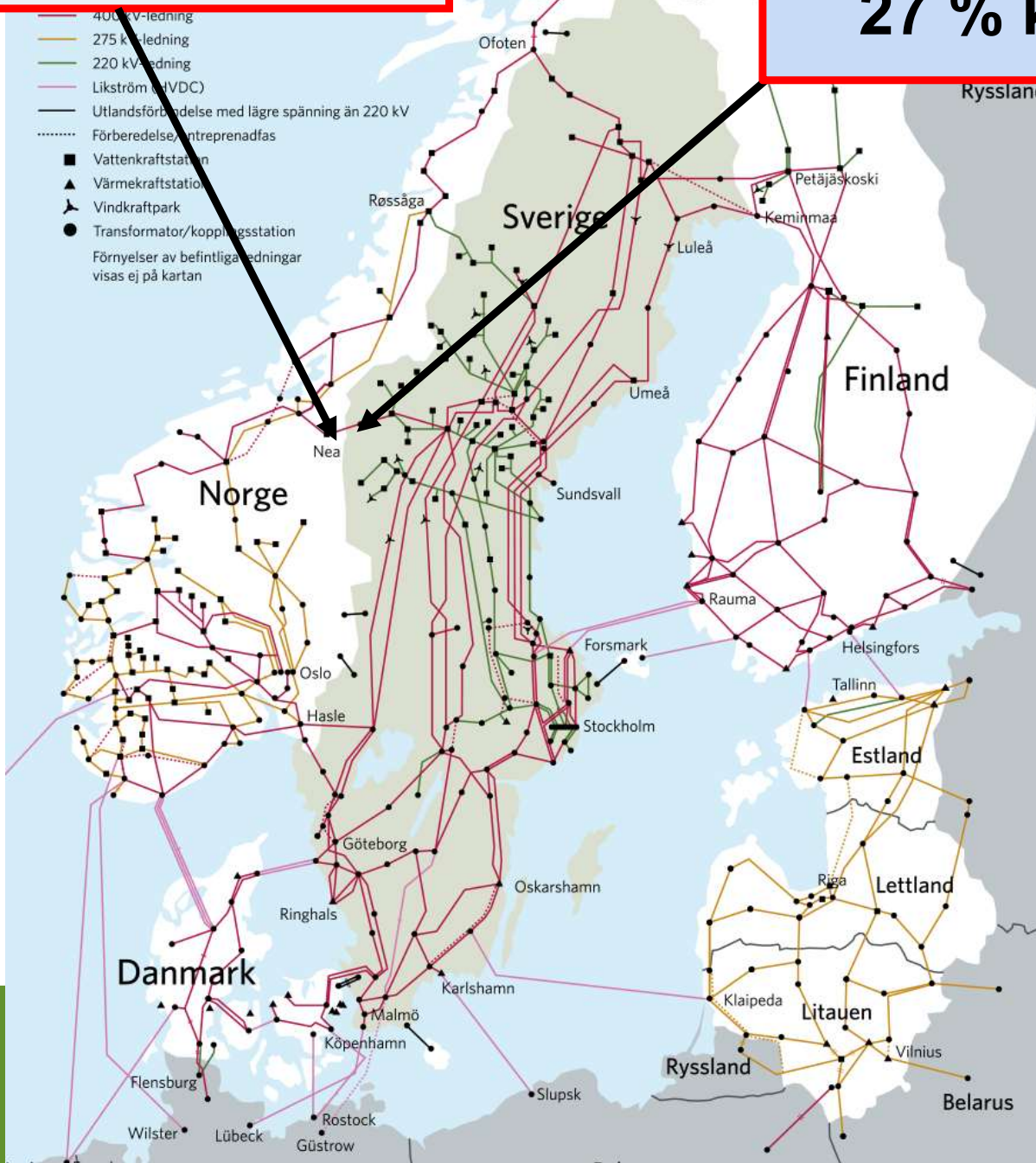
## I Sverige har vi 27 % kärnkraft





I **Norge** har de  
0 % kärnkraft

Om "nationell el"  
I **Sverige** har vi  
27 % kärnkraft

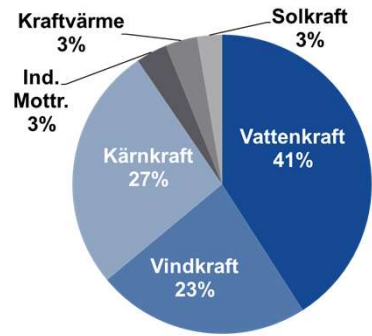


I **Norge** har de  
0 % kärnkraft

Om "nationell el"  
I **Sverige** har vi  
27 % kärnkraft



Får vi alltså olika el  
från samma ledning?



# Var kommer elen från till elbilen ?

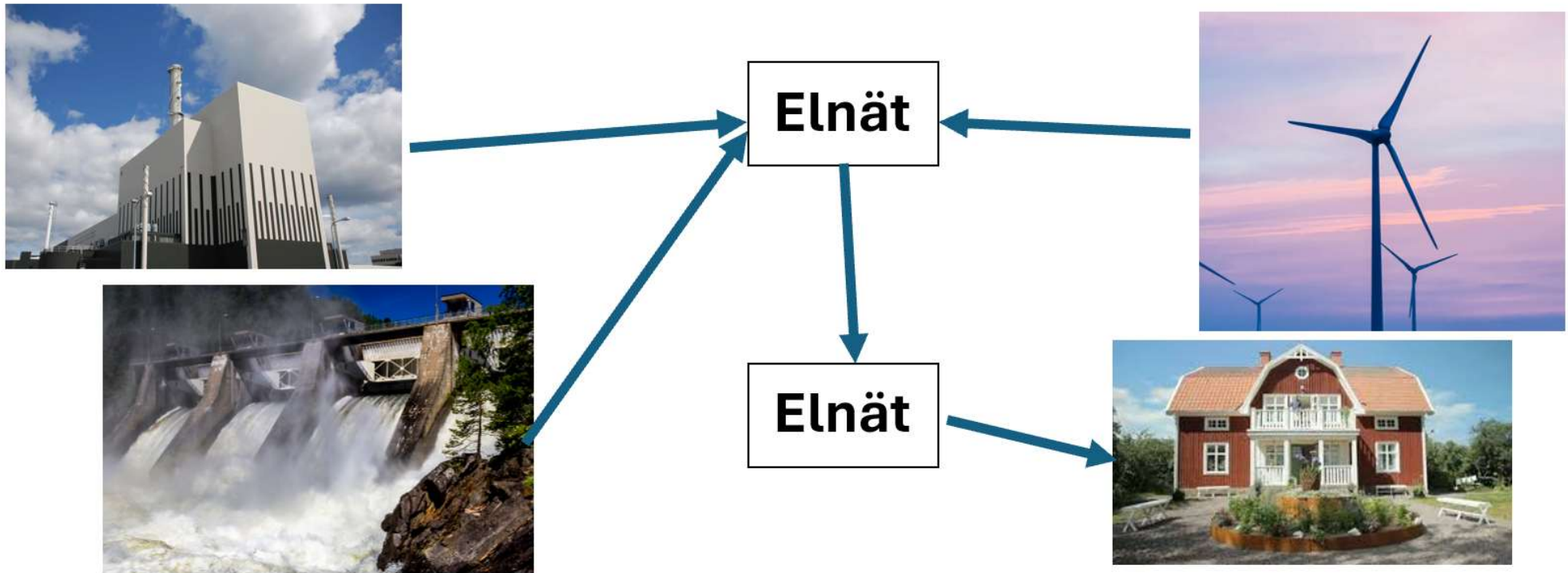


# Var kommer elen från till elbilen ?

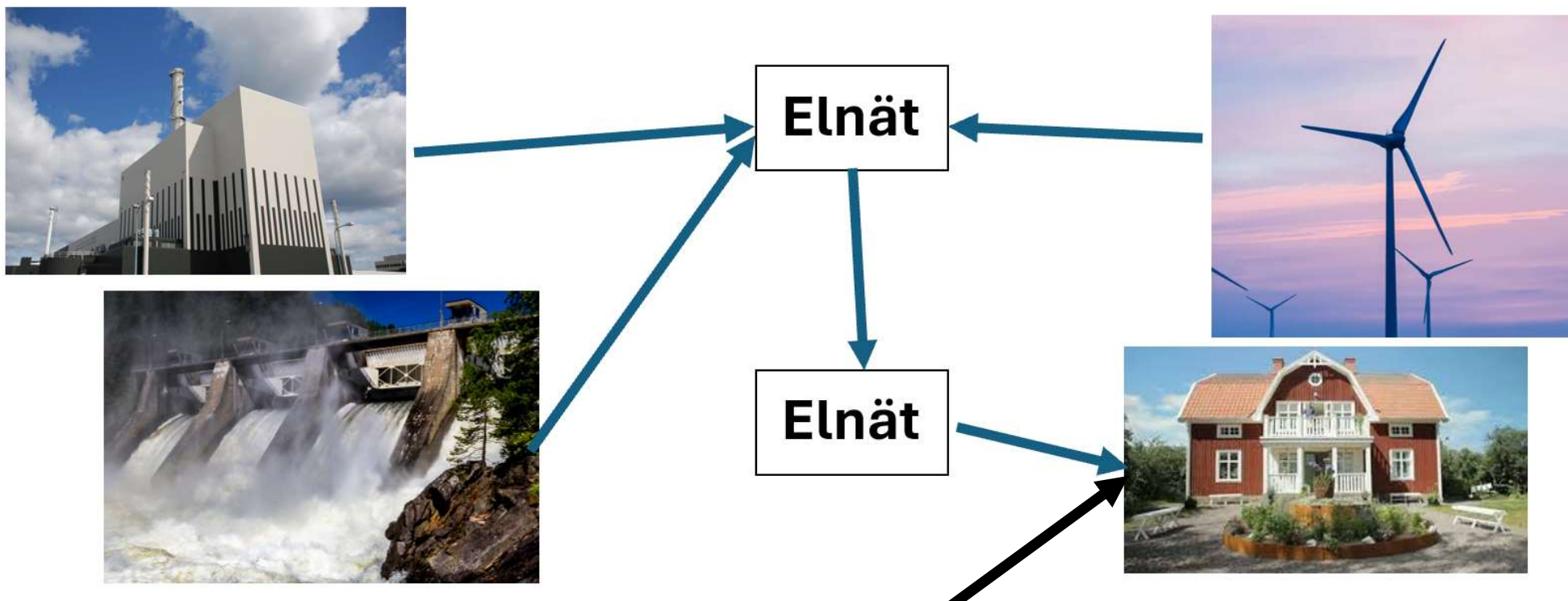


**Svar: Från ett kraftverk**

# Utmaningar för kraftsystemet



# Utmaningar för kraftsystemet



**Syfte med kraftsystemet:**

- **Konsumenterna behöver effekt**
- **Konsumenter behöver spänning**

# Utmaningar för elmarknaden

**Betala producenter  
och elnäts-ägare**



**Elnät**

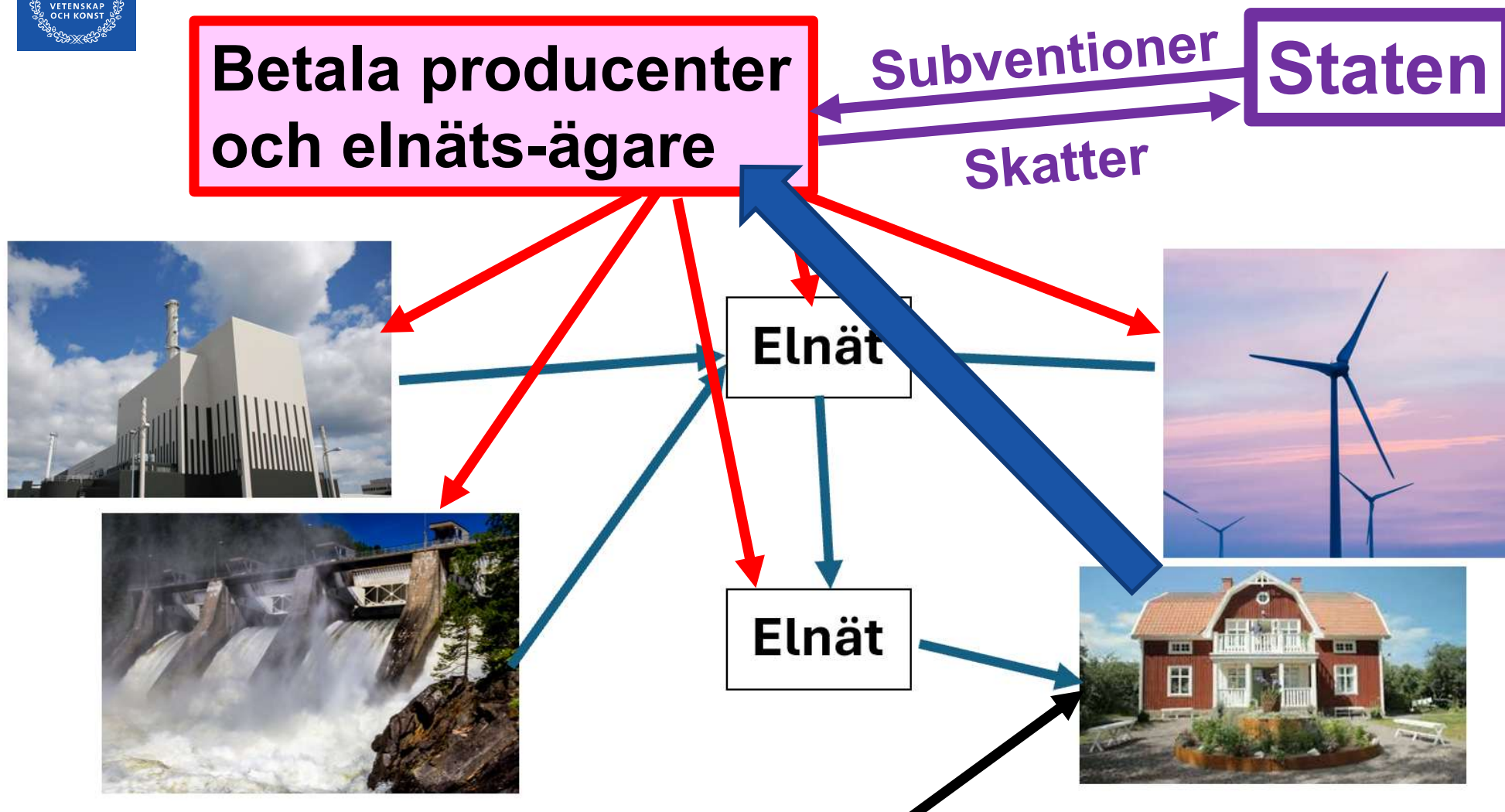
**Elnät**



**Syfte med kraftsystemet:**

- **Konsumenterna behöver effekt**
- **Konsumenter behöver spänning**

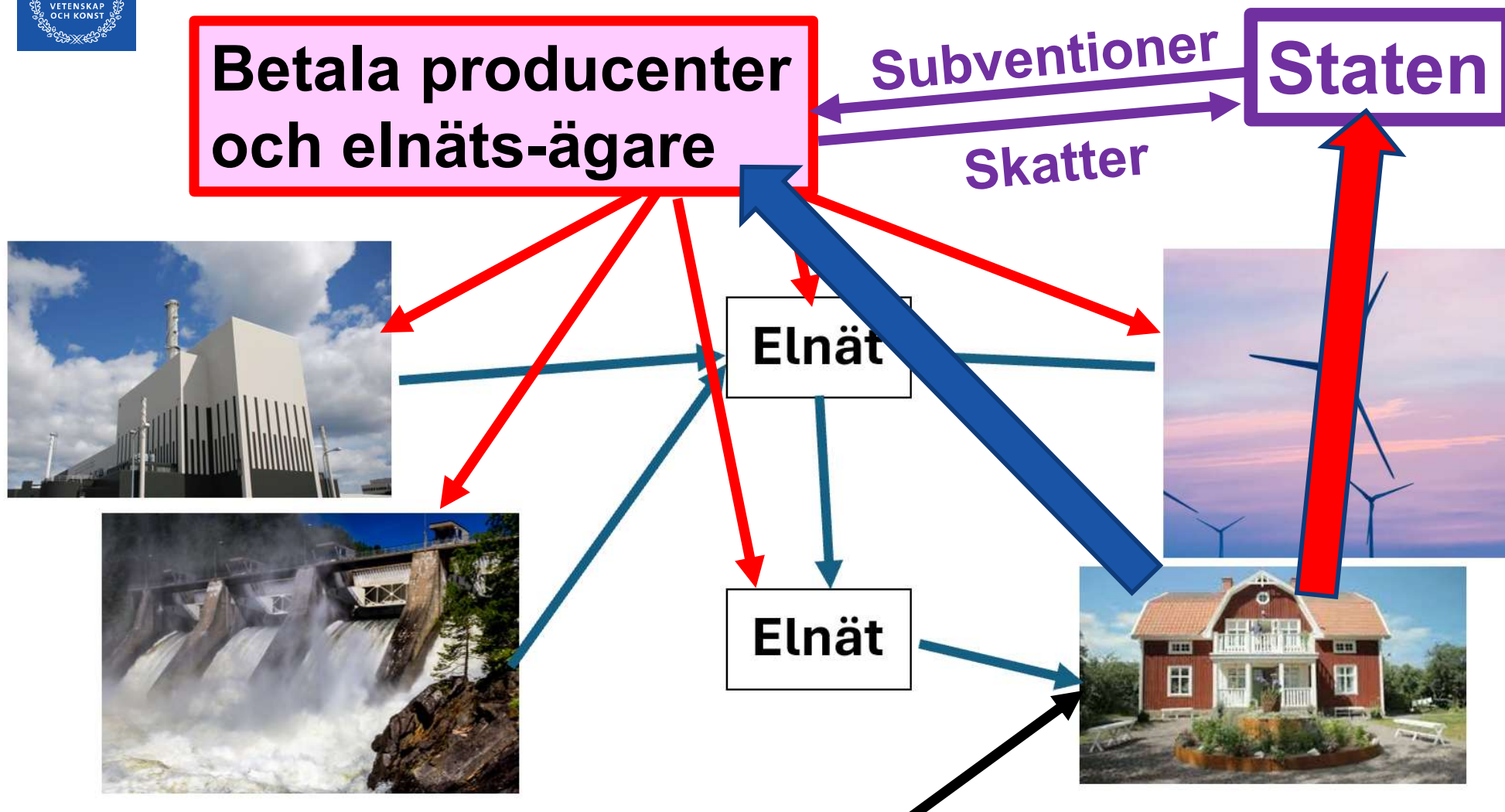
# Utmaningar för elmarknaden



**Syfte med kraftsystemet:**

- **Konsumenterna behöver effekt**
- **Konsumenter behöver spänning**

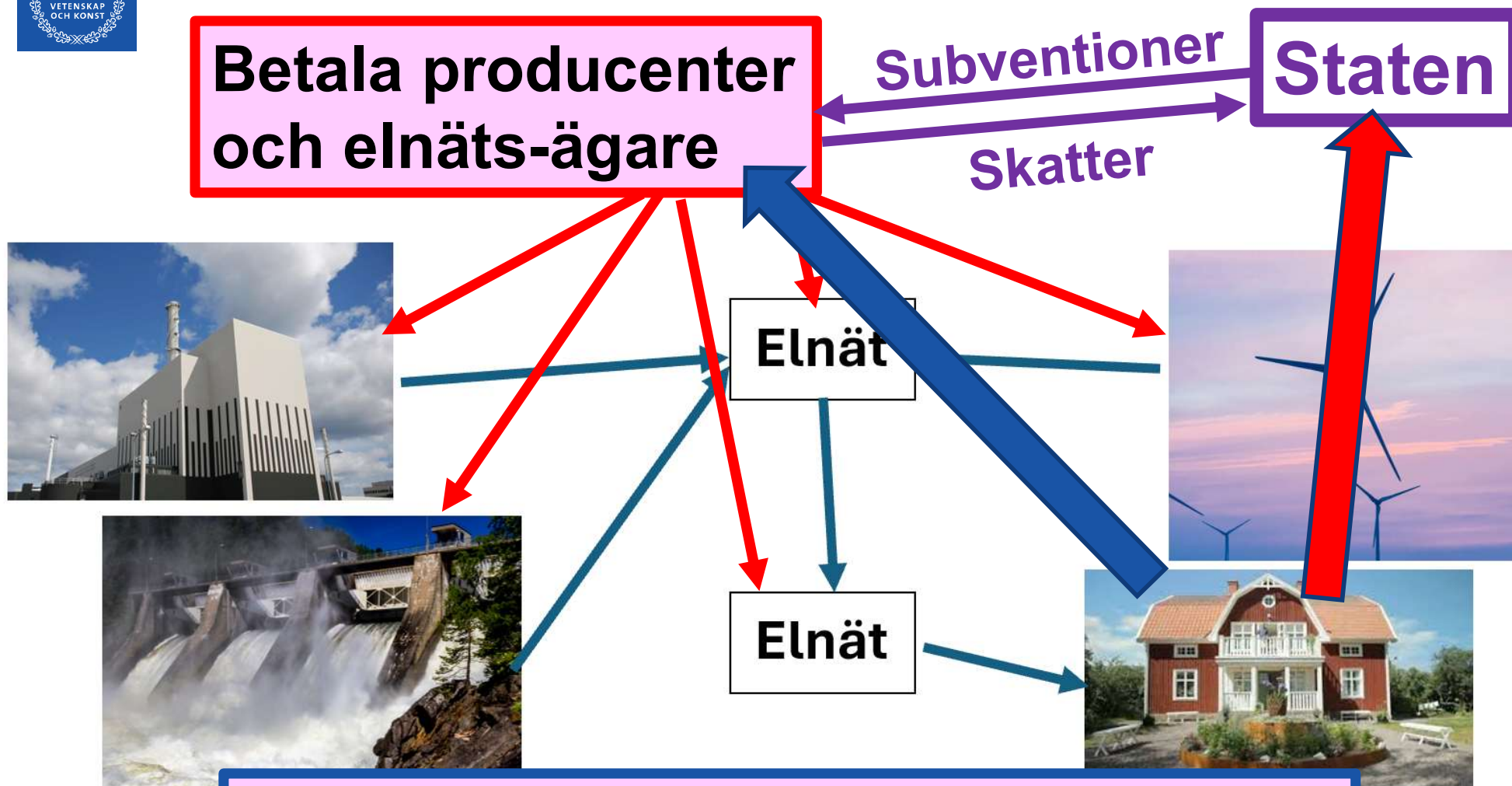
# Utmaningar för elmarknaden



**Syfte med kraftsystemet:**

- Konsumenterna behöver effekt
- Konsumenter behöver spänning

# Utmaningar för elmarknaden



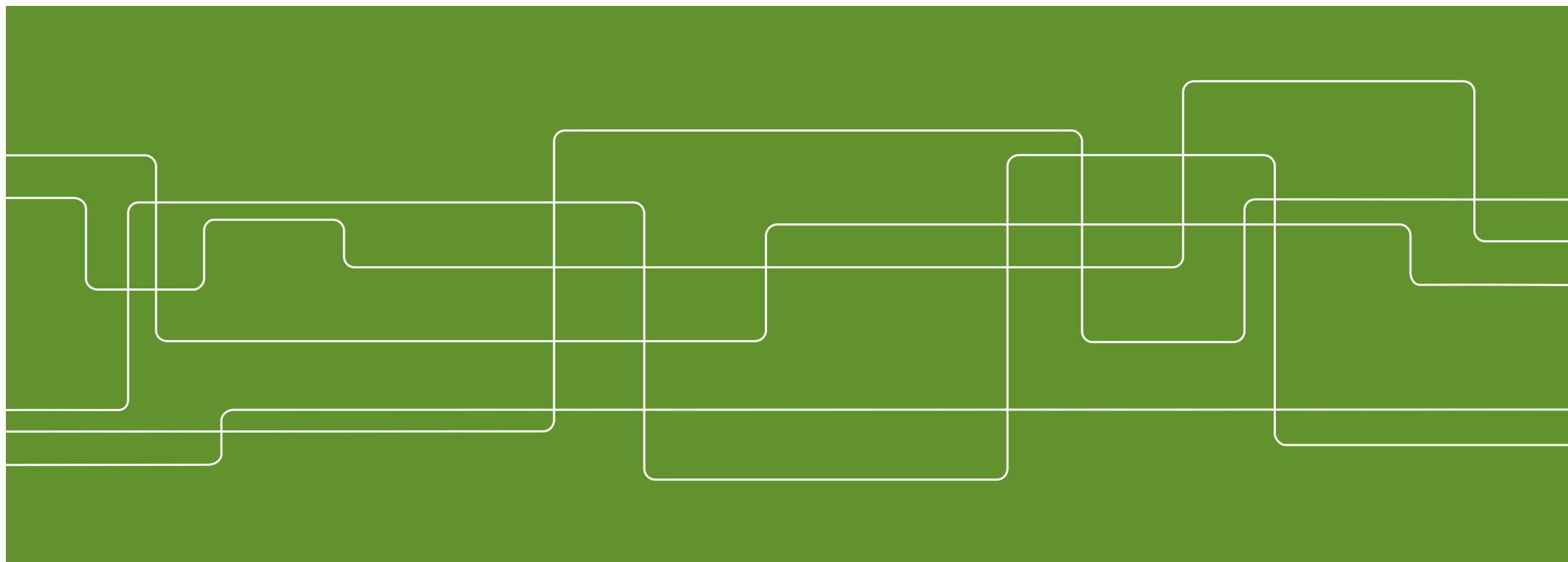
Mål/metod med en **avreglerad elmarknad**:

- Effektiv användning av resurser
- Gynna konkurrens vid driften
- Gynna konkurrens vid utbyggnad



# Sveriges elförsörjning i framtiden

**Om ny  
kärnkraft**





# Vattenfall om Småskaliga Modulära Reaktorer 21 augusti, 2025

VATTENFALL 

**Om ny  
kärnkraft**

**Vattenfall går vidare med  
kärnkraftsleverantörerna  
GE Vernova och Rolls-  
Royce SMR och bjuder in  
till presseminarium**



# Intervju i Rapport (Anna Borg – Vattenfalls VD): 21 augusti, 2025

**Om ny  
kärnkraft**



**”Vi arbetar för att ha en första reaktor i drift ungefär 2035”**



# Intervju i Rapport (Anna Borg – Vattenfalls VD): 21 augusti, 2025

Dagens svenska kärnkraft:

- **6900 MW**: Elproduktion 2024: **48.7 TWh**

**Om ny  
kärnkraft**



**”Vi arbetar för att ha en första reaktor i drift ungefär 2035”**

# Intervju i Rapport (Anna Borg – Vattenfalls VD): 21 augusti, 2025

## Dagens svenska kärnkraft:

- **6900 MW**: Elproduktion 2024: **48.7 TWh**

**Om ny  
kärnkraft**

## Vattenfall diskuterar 2 teknologier:

- **GE Vernova**: 5 SMR: á 300 MW → ca **2.1 TWh/år, st**
- **Rolls Royce**: 3 SMR: 470 MW → ca **3.3 TWh/år, st**
- 3 TWh/år = **1.8%** av svensk elproduktion 2024.



**”Vi arbetar för att ha en första reaktor i drift ungefär 2035”**



# I Kanada har man beställt den SMR som Vattenfall diskuterar



Friday, 23 May 2025

## Canada's first SMR project: How is CAD20.9 billion cost calculated?

**Om ny kärnkraft**

“The Province of Ontario on 8 May announced its final investment decision to give the green light to Ontario Power Generation (OPG) for construction of what is expected to be the first operating commercial small modular reactor (SMR) in any G7 country. **The plan is to eventually have four of GE Vernova Hitachi Nuclear Energy's BWRX-300 SMRs at the site.**”

“**The total cost of the four-SMR** project is CAD20.9 billion. That's USD15.1 billion, GBP11.2 billion or **EUR13.3 billion.**”

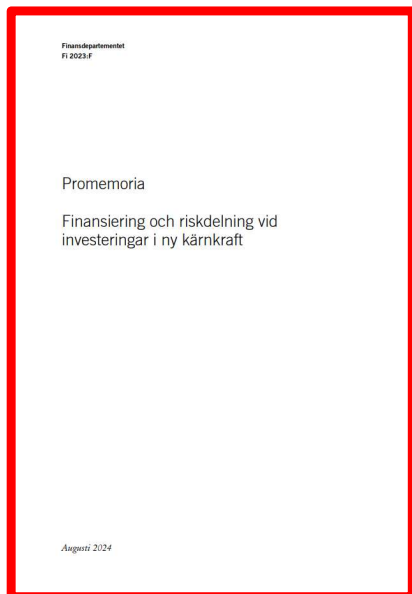
<https://www.world-nuclear-news.org/articles/what-is-the-budget-for-canadas-first-smr-project>



# I Kanada har man beställt den SMR som Vattenfall diskuterar

**Om ny kärnkraft**

**Regeringens kärnkraftsutredare:** Ny kärnkraft antas kosta **80 Mkr/MW** → total kostnad om **109.8 öre/kWh**, varav själva driften: (bränsle, avfall mm) står för 23% (25.3 öre/kWh)



År	Elpris – Stockholm (SE3)
2021	67 öre/kWh
2022	138 öre/kWh
2023	59 öre/kWh
2024	41 öre/kWh
2025	49 öre/kWh

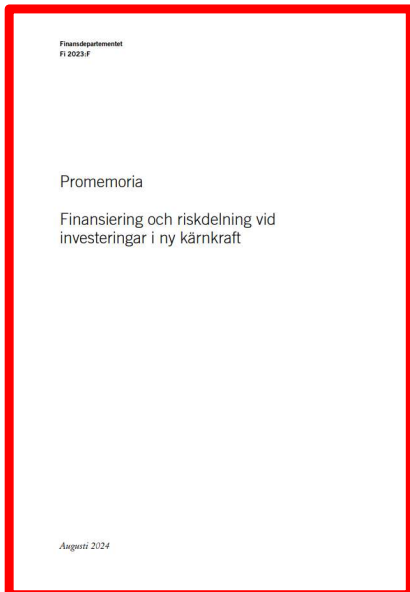
**“The total cost of the four-SMR** project is CAD20.9 billion. That's USD15.1 billion, GBP11.2 billion or **EUR13.3 billion.**”

<https://www.world-nuclear-news.org/articles/what-is-the-budget-for-canadas-first-smr-project>



# I Kanada har man beställt den SMR som Vattenfall diskuterar

**Om ny kärnkraft**



**Regeringens kärnkraftsutredare:** Ny kärnkraft antas kosta **80 Mkr/MW** → total kostnad om **109.8 öre/kWh**, varav själva driften: (bränsle, avfall mm) står för 23% (25.3 öre/kWh)

År	Elpris – Stockholm (SE3)
2021	67 öre/kWh
2022	138 öre/kWh
2023	59 öre/kWh
2024	41 öre/kWh
2025	49 öre/kWh

**Kostnader från Kanada-SMR:** Ny kärnkraft antas kosta 13.3 Miljarder Euro för 1200 MW → (11 kr/Euro) 146,3 miljarder kr → **122 Mkr/MW** → total kostnad

**154 öre/kWh**

“The total cost of the four-SMR project is CAD20.9 billion. That's USD15.1 billion, GBP11.2 billion or **EUR13.3 billion.**”



# Angående kostnader för kärnavfall för nya reaktorer.

## TEKNIK NOTISER



SILVIA SJÖBERG/STYR11

Anna Borg, vd för Vattenfall.

### **Vattenfall: Ny kärnkraft kan bli för dyr**

**KÄRNKRAFT.** Vattenfall varnar för att planerna på ny kärnkraft kan äventyras om bolaget tvingas ta en för stor del av kostnaderna för ett utökat slutförvar av använt kärnbränsle.

Enligt vd Anna Borg måste varje projekt bära sin proportionella andel.

– Det måste finnas en lösning för slutförvaret av använt kärnbränsle där vårt projekt bara behöver bära sin andel, sa hon till TT i samband med delårsrapporten i förra veckan.

Förhandlingar med staten pågår om finansieringen av nya reaktorer vid Ringhals.

NY TEKNIK



# Angående kostnader för kärnavfall för nya reaktorer.

**Vattenfall: Ny kärnkraft kan bli för dyr**  
**KÄRNKRAFT.** Vattenfall varnar för att planerna på ny kärnkraft kan äventyras om bolaget tvingas ta en för stor del av kostnaderna för ett utökat slutförvar av använt kärnbränsle.

Enligt vd Anna Borg måste varje projekt bära sin proportionella andel.

– Det måste finnas en lösning för slutförvaret av använt kärnbränsle där vårt projekt bara behöver bära sin andel, sa hon till TT i samband med delårsrapporten i förra veckan.

Förhandlingar med staten pågår om finansieringen av nya reaktorer vid Ringhals.

TEKNIK  
NOTISER



SINNA SJÖBERG/TT/250711

Anna Borg, vd för Vattenfall.

## **Vattenfall: Ny kärnkraft kan bli för dyr**

**KÄRNKRAFT.** Vattenfall varnar för att planerna på ny kärnkraft kan äventyras om bolaget tvingas ta en för stor del av kostnaderna för ett utökat slutförvar av använt kärnbränsle.

Enligt vd Anna Borg måste varje projekt bära sin proportionella andel.

– Det måste finnas en lösning för slutförvaret av använt kärnbränsle där vårt projekt bara behöver bära sin andel, sa hon till TT i samband med delårsrapporten i förra veckan.

Förhandlingar med staten pågår om finansieringen av nya reaktorer vid Ringhals.

NY TEKNIK

VALET 2026 • KARNKRAFTSDEBATTEN

# Mångmiljardsatsning för att lagra kärnavfall i 124 år

Av Marcus Lindén

Publicerad: 17 apr.

Regeringen avsätter 183 miljarder i vårbudgeten för att lagra radioaktivt avfall, rapporterar SVT Nyheter. Klumpsumman innebär att staten tar den framtida risken för avfallskostnaden, så att företagen inte behöver bära den bördan. De avsatta pengarna ska sedan betalas ut mellan 2035 och 2159, enligt planen.

- Vi tror detta är bästa sättet att säkra att det byggs ny kärnkraft i Sverige, säger finansmarknadsminister Niklas Wykman (M).

Centerledaren Elisabeth Thand Ringqvist tycker satsningen är ”helt orimlig” och anser att företag som vill satsa precis som i dag bör stå för kostnaden och risken.

# 183 miljarder för att lagra kärnavfall i 24 år

Av Marcus Lindén

Publicerad: 17 apr.

Regeringen avsätter **183 miljarder** i vårbudgeten för att lagra radioaktivt avfall, rapporterar SVT Nyheter. Klumpsumman innebär att staten tar den framtida risken för avfallskostnaden, så att företagen inte behöver bära den bördan. De avsatta pengarna ska sedan **betalas ut mellan 2035 och 2159**, enligt planen.

- Vi tror detta är bästa sättet att säkra att det byggs ny kärnkraft i Sverige, säger finansmarknadsminister Niklas Wykman (M).

Centerledaren Elisabeth Thand Ringqvist tycker satsningen är "helt orimlig" och anser att företag som vill satsa precis som i dag bör stå för kostnaden och risken.

**betalas ut mellan 2035 och 2159**



**Lita inte alltid på rubrik-sättarna !**



**Lita inte alltid på rubrik-sättarna !**

# DAGENS NYHETER.

TISDAG 11 NOVEMBER 2025

## Ny jättesatsning på kärnkraften

**Nyheter.** En rad tunga företag, bland annat Stora Enso, Saab och Alfa Laval, går in som delägare i ett projektbolag som har skapats för bygga fler reaktorer vid det befintliga kärnkraftverket i Ringhals.

– Ett jättestort steg, säger Vattenfalls vd Anna Borg. **Sidan 10**



**Lita inte alltid på rubrik-sättarna !**

# DAGENS NYHETER.

TISDAG 11 NOVEMBER 2025

## Ny jättesatsning på kärnkraften

**Nyheter.** En rad tunga företag, bland annat Stora Enso, Saab och Alfa Laval, går in som delägare i ett projektbolag som har skapats för bygga fler reaktorer vid det befintliga kärnkraftverket i Ringhals.

– Ett jättestort steg, säger Vattenfalls vd Anna Borg. Sidan 10

Satsningen = **140 miljoner kronor**

Med kostnader från Kanada → Vattenfalls 5 SMR kostar **183 miljarder kronor** →

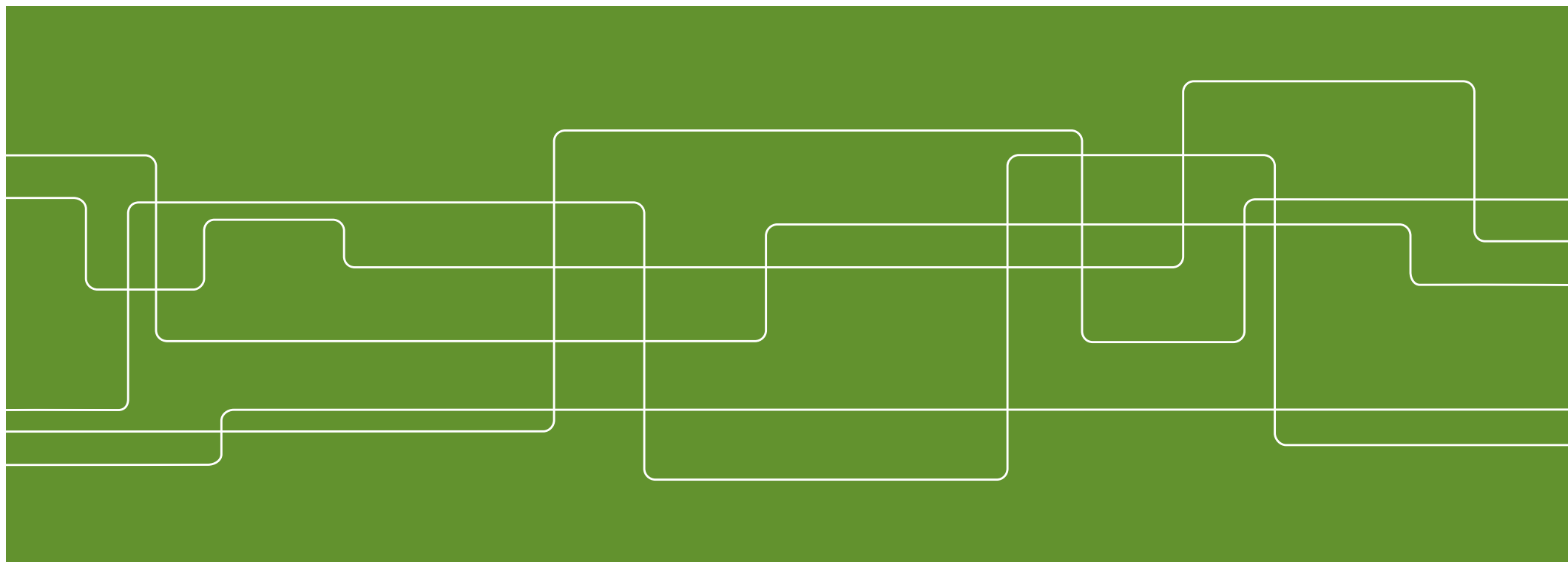
**140 miljoner = 0.2 %**



# Om lager

**3 mars, 2025**

av Lennart Söder  
Professor Elkraftsystem, KTH

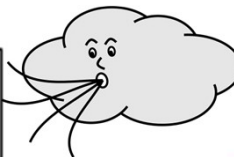


# Om lager (planerbarhet)



2) Bränsle Lager-1:  
T.ex. kol, vatten  
reservoar, avfall

1) Primär källa:  
Bränsle, inflöde,  
vind etc



3) Elektrisk generering

4) Elektrisk transmission  
och distribution

5) Elektrisk konsumtion

6) Lager-3  
T ex. vatten, gas,  
kemikalier  
(batterier),  
vätgas.

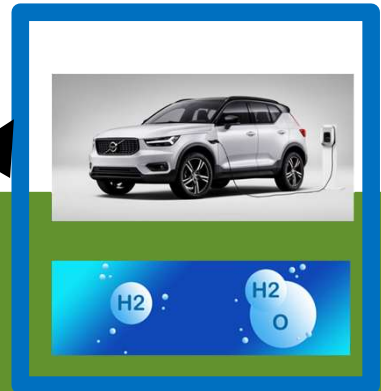


7) Lager-2:  
T ex värme

8) Användning: värme

9) Användning: ljus

10) Användning:  
Elbilar eller industri  
produkter: Lager-4



A

B

C

F

D

E

G

I

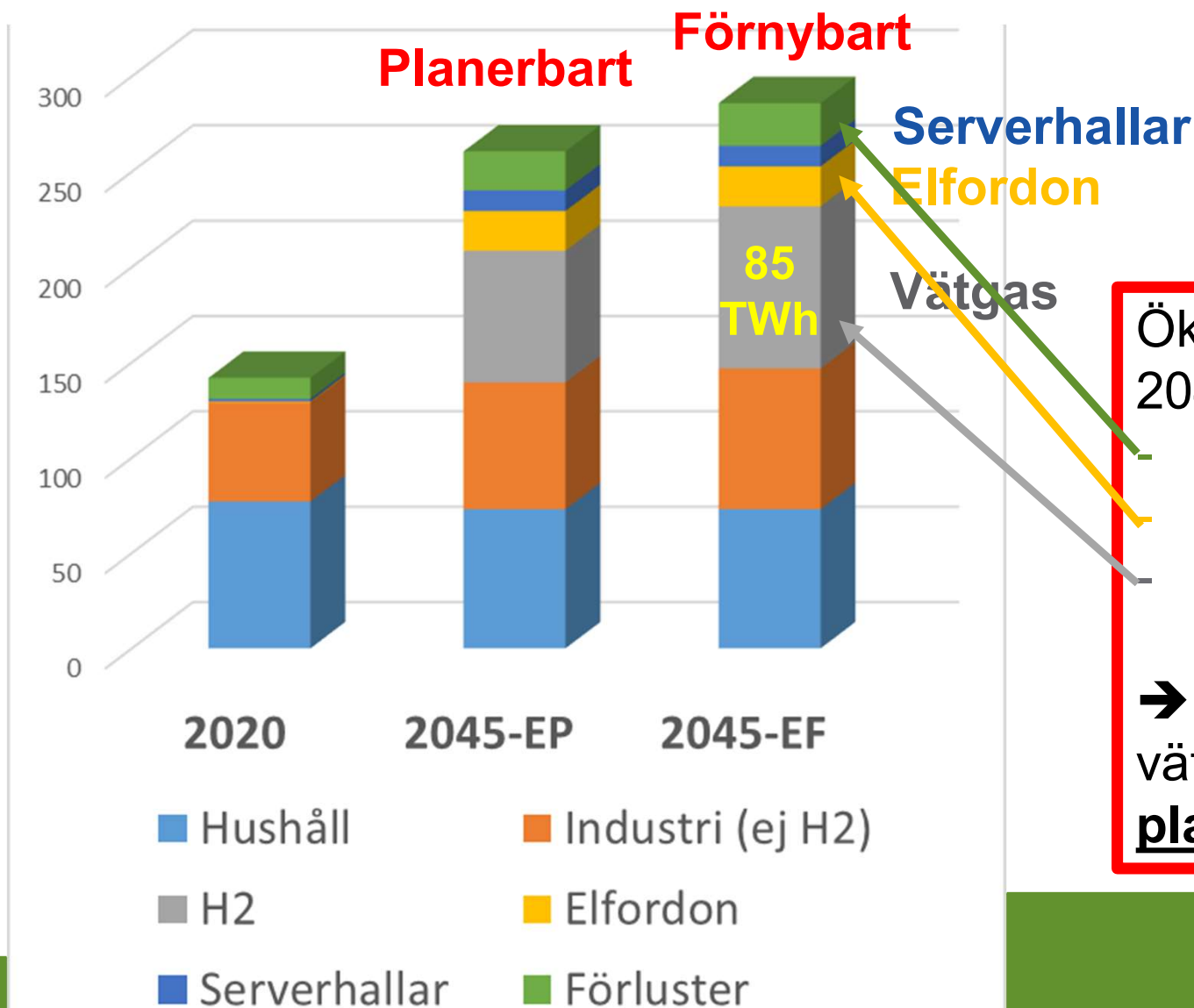
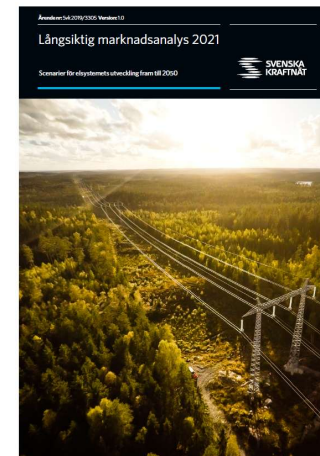
K

J

H

# Två scenarier för framtiden: Elektrifiering

## Antagen konsumtion



Ökad elförbrukning 2020-2045-EF: 144 TWh

- Del av förluster
- 21 TWh: fordon
- 85 TWh: vätgas

→ 79% av ökningen är vätgas eller elfordon, dvs planerbart

## HYBRIT – Elsystemintegration och flexibilitet

Tobias Rehnholm



A joint venture between SSAB, LKAB and Vattenfall

2020-12-11

1

Klimatet.

## ”Med ny satsning kan LKAB producera fossilfritt järn”

LKAB ska ställa om tillverkningen av järnmalmspellet och ersätta den med en vätgasbaserad process. Med en satsning på uppåt 400 miljarder kronor kan det vara den största svenska industriinvesteringen någonsin. För att detta ska vara möjligt krävs ett nytt och bättre samspel mellan näringsliv och politik, skriver Jan Moström, LKAB, och Svante Axelsson, Fossilfritt Sverige.

**DN DEBATT**  
202123

Med en ny vätgasbaserad teknik ska ståtliga gruv- och mineralkoncernen LKAB övergå från att producera järnmalmspellet till att producera koldioxidfritt järnsvamp. Det kommer att bli den största industrisatsningen i modern tid och kommer fullt genomförd att kapa koldioxidutsläppen hos företags kunder världen över med 35 miljarder ton varje år, vilket motsvarar två tredjedelar av Sveriges territoriella utsläpp av växthusgas, samtidigt som det skapar tusentals nya jobb. Fossilfritt Sverige vill nu röja undan hinder för denna och andra stora industriälsärbetargar som kan befästa Sveriges roll som en permanent världsställning för fossilfritt järn.

Inom ramen för regeringsstött järnsvampprojekt i Sverige har 22 branscher tagit fram årliga planer som visar hur de kan bli fossilfria eller klimatneutrala samtidigt som de stärker sin konkurrenskraft. Utifrån dessa vill Fossilfritt Sverige nu lyfta fram och röja undan hinder för flera kommande industriprojekt som kan göra störst klimatnytt globalt samtidigt som de kan bidra till fler arbetstillfällen och ökad välfärd i Sverige.

De mest omfattande exemplen hittills är utvecklingsprojektet Hybrit, där SSAB, LKAB och Vattenfall samarbetar runt en process där stål kan reduceras ur järnmalm med hjälp av väte i stället för kol, och Norcem och Scaevola i Europa som stötar batterifabrik med fokus på hållbarhet och återvinning. Nämnas kan också Preem som efter att ha backat ur en investering i utbyggnad av den fossila kapaciteten nu planerar att bygga upp raffinaderier för biobränsel.

Det industriprojekt vi nu presenterar är av en ännu större skala. LKAB:s nya beslutade strategi kan vara den största svenska investeringsstrategin någonsin med årliga investeringar på mellan 30-20 miljarder kronor under 20 år. Planen är grundad på en affärsplanmässig bedömning av den framtida marknaden. Genom att erbjuda koldioxidfria produkter kan LKAB mer än dubbelt omsättningen fram till år 2045. Samtidigt som bolaget kan förse världsmarknaden med det koldioxidfria järn som är nödvändigt när världsekonomin ställer om och morgondagens bilar, flygplan, vindkraftverk, elbilar och industrimaskiner ska produceras. LKAB:s egen verksamhet orsakar i



LKAB samarbetar med företag som SSAB, Vattenfall, Sandvik, AB, Combitech, Epiroc och en rad andra industriledare för att ta fram den teknik som ska möjliggöra omställningen av fossilfria och autonoma gruvor, skriver artikelöförfattarna. Foto: TT

dag 4 procent av industrins samlade utsläpp i Sverige. Men LKAB är del av en global industri där värdekedjan från gruva till industriellt utsläpp gör järn- och stålindustrin till den bransch som orsakar störst utsläpp av koldioxid. En industri som globalt står för en dryg fjärdedel av industrins utsläpp och för 7 procent av världens samlade koldioxidutsläpp.

När LKAB nu inleder den största omställningen i bolagets 130-åriga historia innebär det att den egna tekniken och processerna för järn- och ståltillverkning förändras i grunden och ger ett par tre tusen nya jobb om året i Kiruna och Gällivare under den 20-åriga byggprocessen.

Ett tekniskt utmanande är att ny teknik bidrar till att förändra värdekedjan för järn- och ståltillverkning globalt. Hela koncernens tillverkning av järnmalmspellet ska ställas om och ersättas av en vätgasbaserad process likt den som utvecklas inom Hybrit. Resultatet blir en koldioxidfritt järnsvamp. När denna exporteras bidrar LKAB till att minska utsläppen hos sina kunder i svensk och internationell stålindustri med 35 000 000 ton årligen. Det motsvarar två tredjedelar av Sveriges samlade territoriella utsläpp av koldioxid eller tre gånger så mycket som utsläppen från alla personbilar i landet.

Sverige blir alltså inte bara det första landet i världen som kan producera

bas- och tillverkningsindustri som har format och bidragit till det moderna välfärdsländets framväxt. I dag samarbetar LKAB med företag som SSAB, Vattenfall, Sandvik, AB, Combitech, Epiroc och en rad andra industriledare för att ta fram den teknik som ska möjliggöra omställningen av fossilfria och autonoma gruvor.

Förutom stora investeringar och teknologisk utveckling krävs även ett nytt och bättre samspel mellan näringsliv, politik och andra goda krafter om det gemensamma målet. Listan på frågor som måste lösas är lång, men några av huvudpunkterna är:

**1 Effektiva, rättssäkra och snabba tillståndprocesser** så att nya och nödvändiga, klimatfaktiva, investeringar blir möjliga och inte skjuts långt in i framtiden. Tillståndprocesserna borde kunna förkortas till mer än hälften om alla berörda parter, inklusive industrin själv, effektiviserar sina delar i processen.

**2 Satsning på forskning och utveckling och innovationsstödd till basindustrin** med tydligt fokus på fossilfritt teknikutveckling och vätegas.

**3 Större energifrågan.** Koldioxidfritt järnsvamp kommer att kräva extrema mängder grön el och tillgång till biotekniskt tillverkningskraftiga vätegasproduktion. Fullt utbyggd vätegasproduktion kräver den nya tekniken för koldioxidfritt järnsvamp el motsvarande en tredjedel av dagens samlade svenska produktion.

och är anpassat till en tid där förändringar har skett stegvis och långsamt. Trots att både väte, resurser och teknik finns på plats är risken överhängande att stora och viktiga förändringar fastnar i långa och krångliga prövningsprocesser där regler och lagar inte stämmer mellan lokala och globala effekter. För att lyckas med dessa stora och långsiktiga omställningar krävs en bred samsyn i riksdagen och bland samhällets olika aktörer. Den svenska traditionen av bred samverkan ger utmärkt förutsättning för att utveckla världens första fossilfria välfärdsländ.

Fossilfritt stål utgör också det första landet som kan exportera fossilfritt järn till hela världen. Den omställning LKAB och andra industrier nu inleder är en konsekvens av det samlade innovatorstryck som uppstår när världen ska ställa om för att begejstra klimatförändringarna. De krafterna skapar behov av ny teknik, innovation och ofta även stora investeringar som måste vara lönsamma över tid.

Dagens behov av djupgående strukturovandringar hämtar kraft ur en lång tradition av samspel mellan

### Följ DN Debatt i DN-appen

- Vill du få en sammanfattning i din telefon när nya artiklar publiceras på DN Debatt?
- Gå då in i DN:s mobilapp, välj Konto när du höjer och under rubriken INSTÄLLNINGAR trycker du på Pushnotiser där du markerar Aktivera pushnotiser och kryssar för DN Debatt.

Fullt utbyggd kräver den nya tekniken för koldioxidfritt järnsvamp el motsvarande en tredjedel av dagens samlade svenska produktion.

vätegasproduktion. Fullt utbyggd kräver den nya tekniken för koldioxidfritt järnsvamp el motsvarande en tredjedel av dagens samlade svenska produktion.

och är anpassat till en tid där förändringar har skett stegvis och långsamt. Trots att både väte, resurser och teknik finns på plats är risken överhängande att stora och viktiga förändringar fastnar i långa och krångliga prövningsprocesser där regler och lagar inte stämmer mellan lokala och globala effekter.

För att lyckas med dessa stora och långsiktiga omställningar krävs en bred samsyn i riksdagen och bland samhällets olika aktörer. Den svenska traditionen av bred samverkan ger utmärkt förutsättning för att utveckla världens första fossilfria välfärdsländ.

Fossilfritt stål utgör också det första landet som kan exportera fossilfritt järn till hela världen. Den omställning LKAB och andra industrier nu inleder är en konsekvens av det samlade innovatorstryck som uppstår när världen ska ställa om för att begejstra klimatförändringarna. De krafterna skapar behov av ny teknik, innovation och ofta även stora investeringar som måste vara lönsamma över tid.

Jan Moström, vd och koncernchef LKAB  
Svante Axelsson, Fossilfritt Sverige



# Om järn-stål-framställning - 1

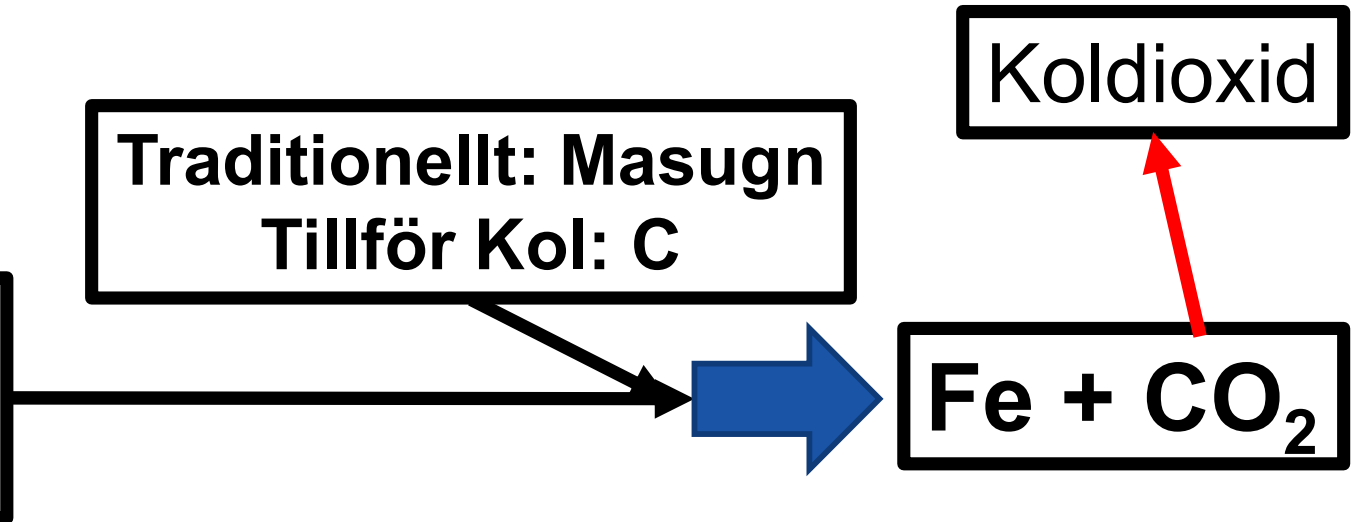
Järnmalm

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  - Magnetit  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - Hematit

Traditionellt: Masugn  
Tillför Kol: C

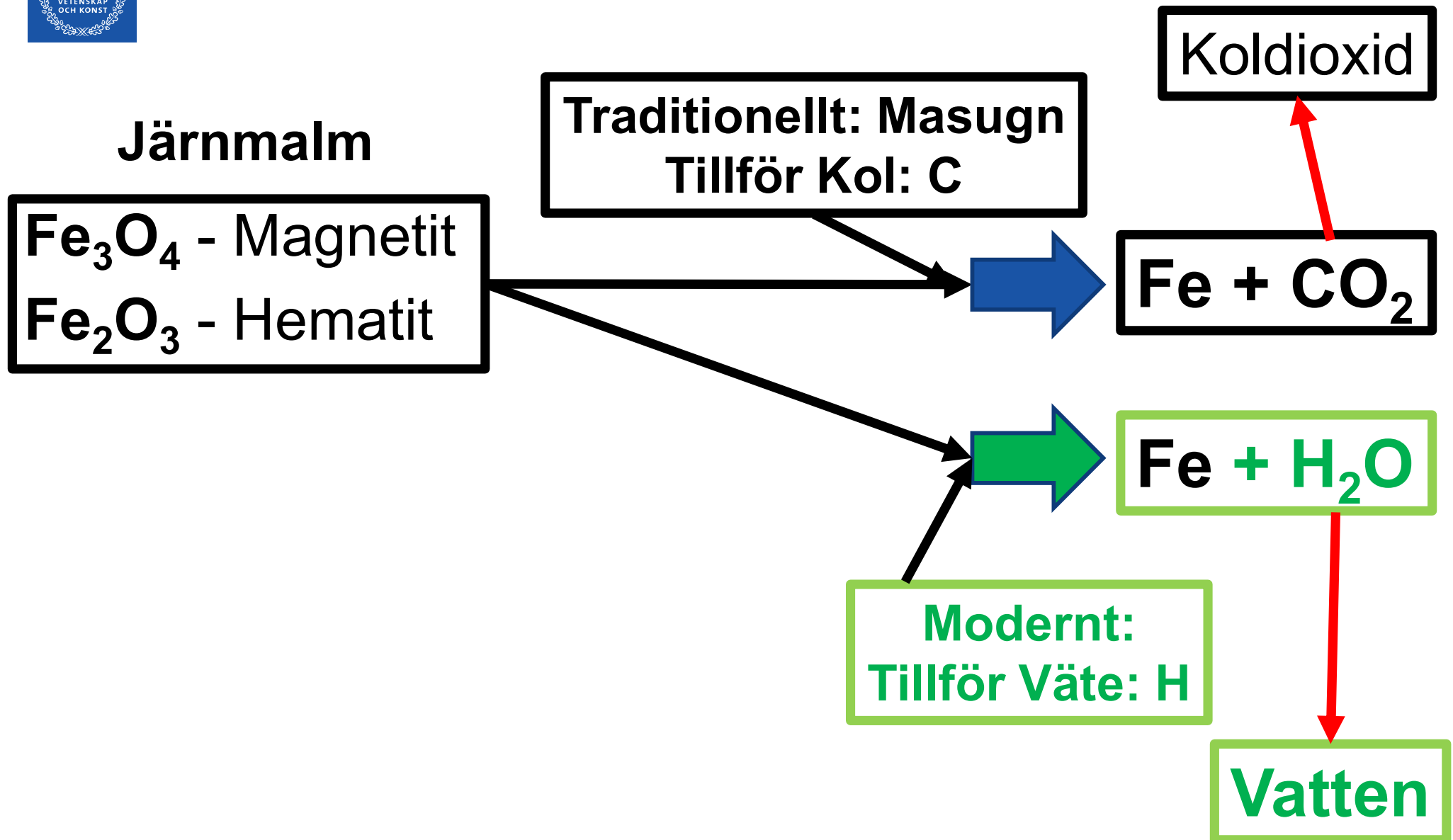
Koldioxid

$\text{Fe} + \text{CO}_2$



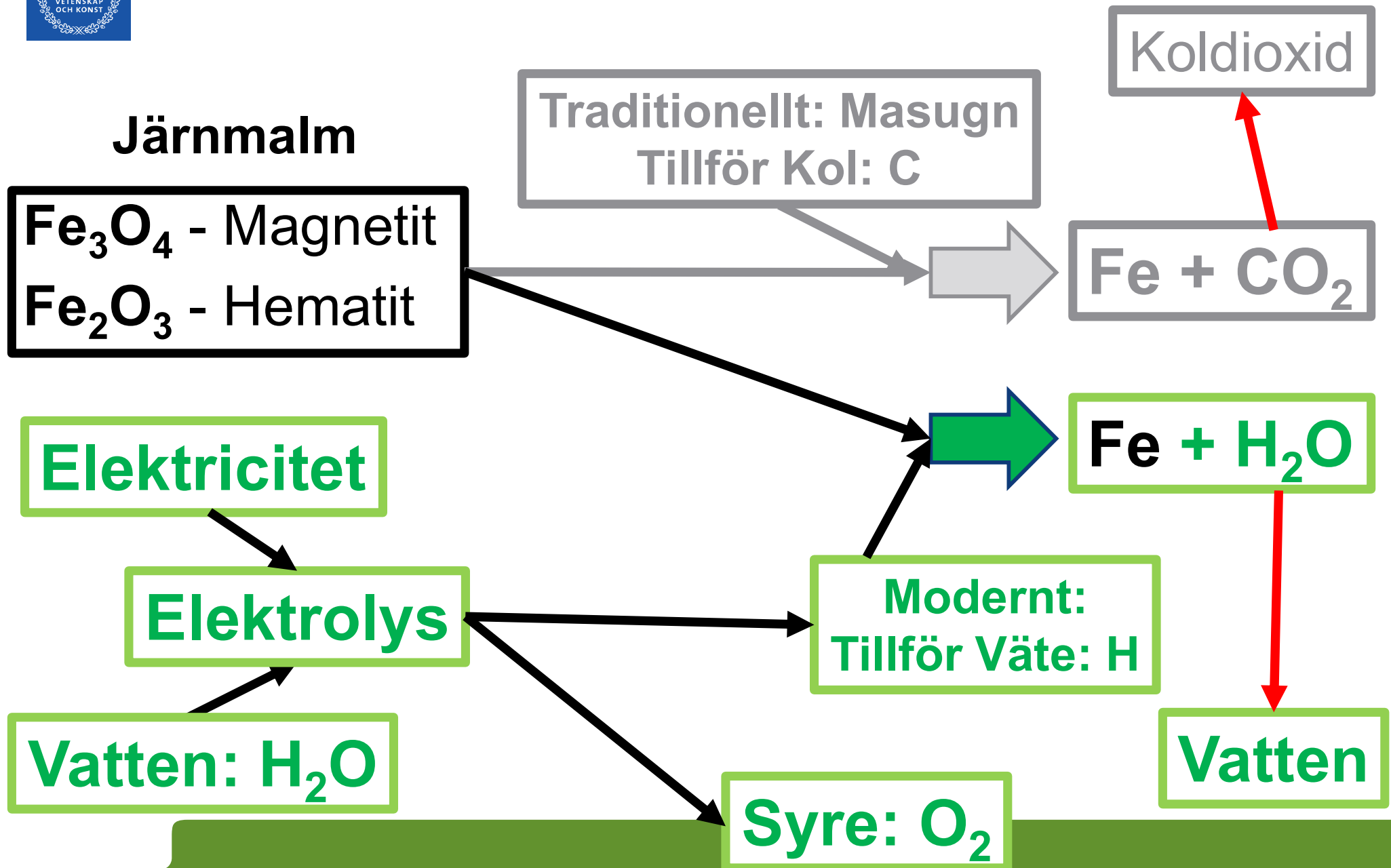


# Om järn-stål-framställning - 2

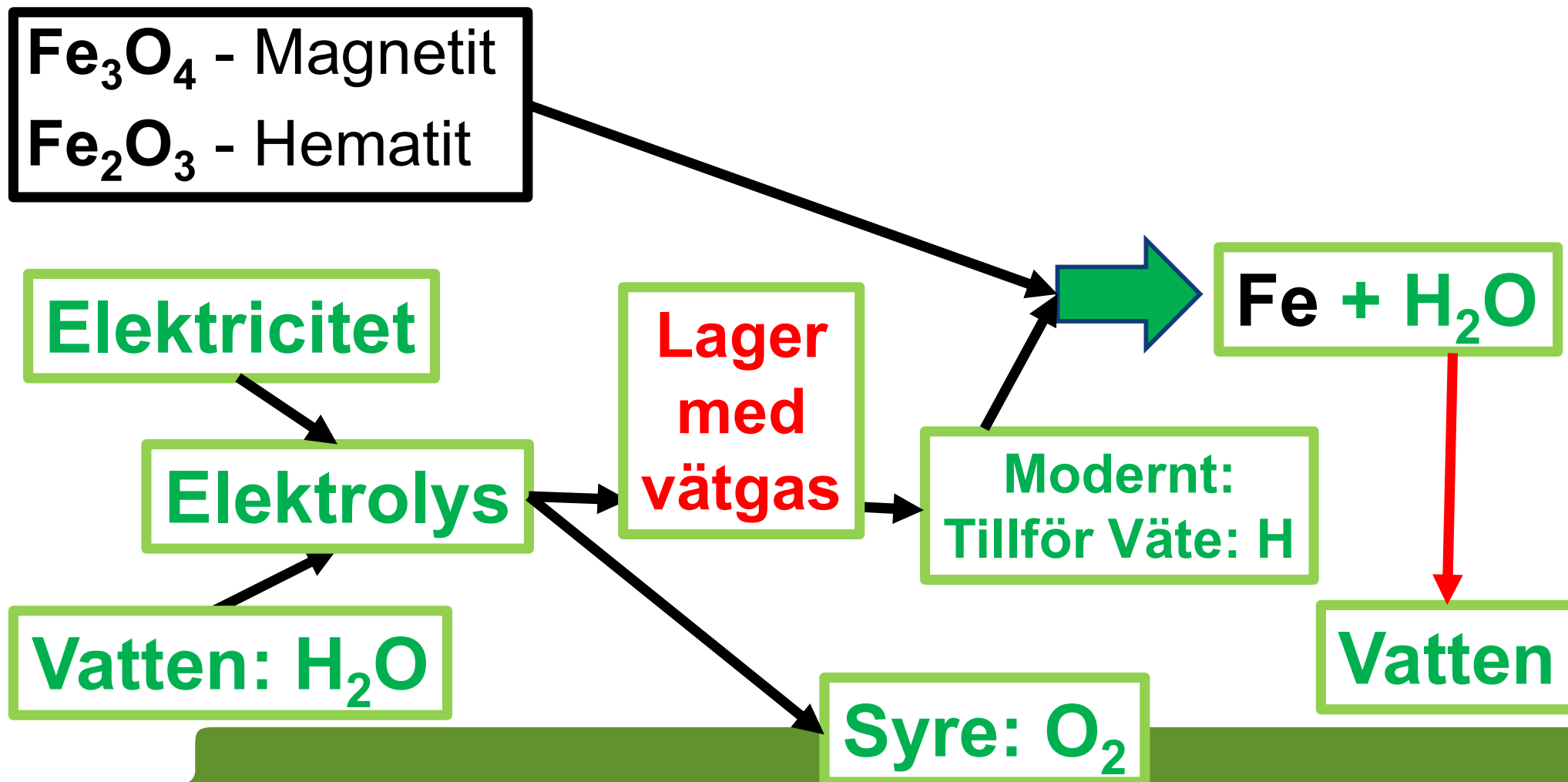




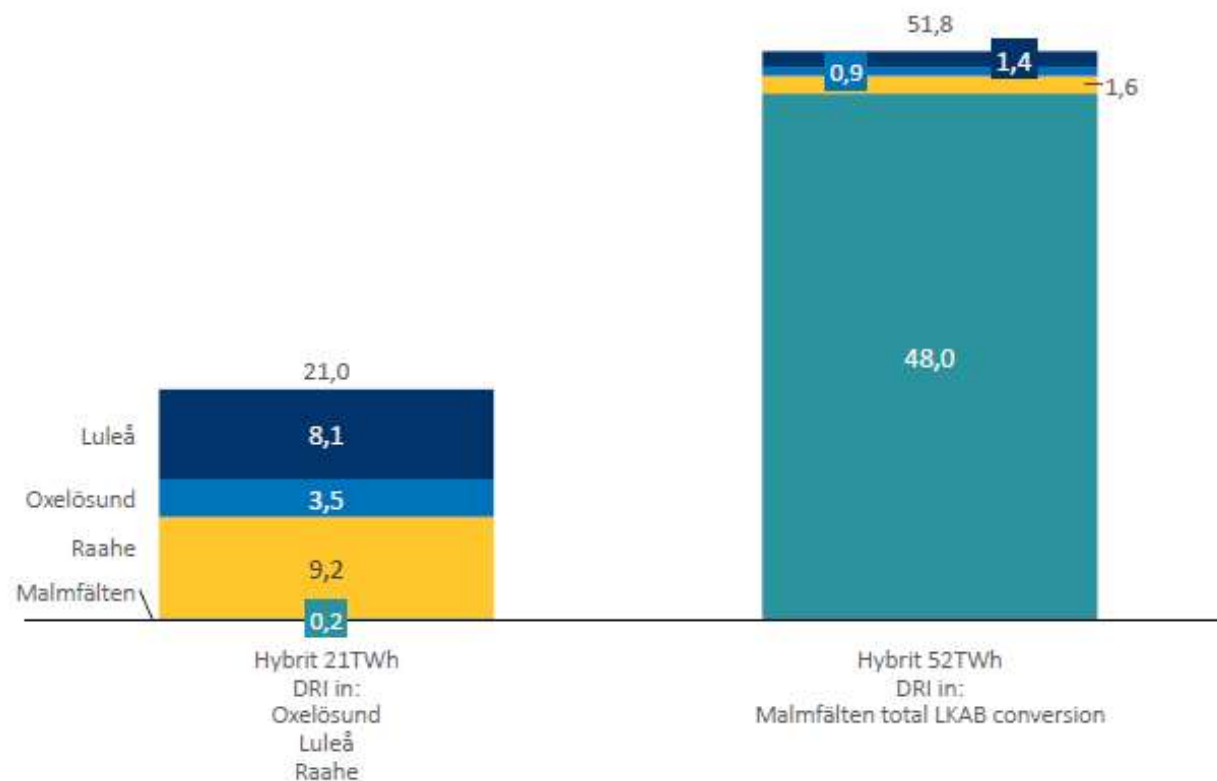
# Om järn-stål-framställning - 3



## Järnmalm



## Scenarieanalys med marknadsåterkoppling



### Flexibilitetsantaganden

#### Hybrit 21TWh

- 180% elektrolyserkapacitet
- 7 dagars vätgaslager

#### Hybrit 52TWh

- 180% elektrolyserkapacitet
- 14 dagars vätgaslager

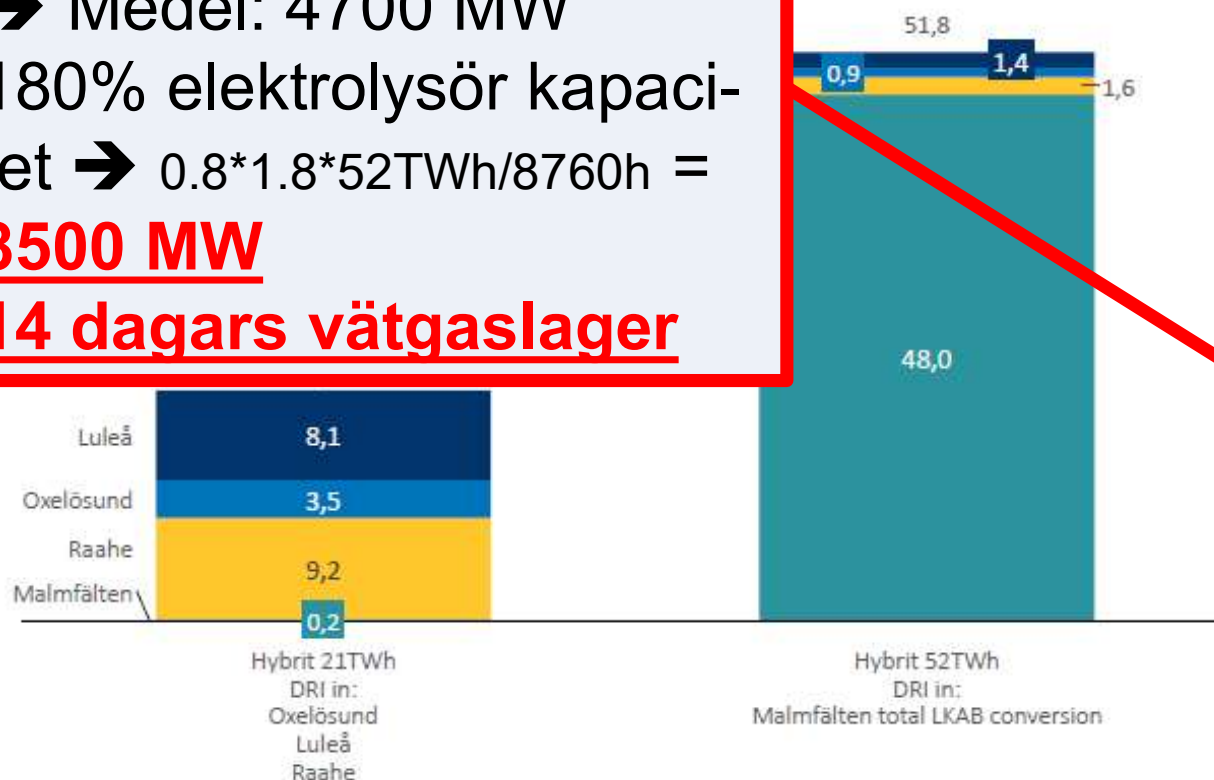
Elkonsumtion är kompenserad med 100% vind

# Från Vattenfall – 2020-12-11

## Hybrit 52 TWh

- Antag 80% för vätgas
- → Medel: 4700 MW
- 180% elektrolysör kapacitet →  $0.8 \cdot 1.8 \cdot 52 \text{ TWh} / 8760 \text{ h} =$   
**8500 MW**
- **14 dagars vätgaslager**

## Marknadsåterkoppling



### Flexibilitetsantaganden

#### Hybrit 21TWh

- 180% elektrolysörkapacitet
- 7 dagars vätgaslager

#### Hybrit 52TWh

- 180% elektrolysörkapacitet
- 14 dagars vätgaslager

Elkonsumtion är kompenserad med 100% vind

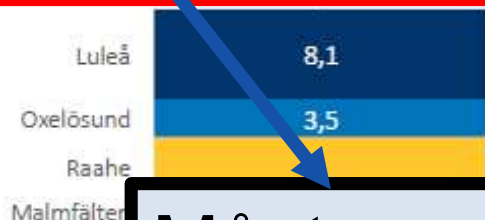
# Från Vattenfall

Hybrit 52 TWh

- Antag 80% för vätgas
- → Medel: 4700 MW
- 180% elektrolysör kapacitet →  $0.8 \cdot 1.8 \cdot 52 \text{TWh} / 8760 \text{h} =$

**8500 MW**

- **14 dagars vätgaslager**



Måste spridas till flera platser



taganden  
 elektrolysörkapacitet  
 ätgaslager  
 elektrolysörkapacitet  
 vätgaslager  
 är kompenserad

# LKAB slår ett slag för vindkraften – vill se snabb utbyggnad

1:25 min  [Min sida](#)  [Dela](#)

Publicerat onsdag 15 februari kl 10.39

- Trots högre kostnader och lägre priser på järnmalm gjorde LKAB en jättevinst under 2022 - med ett rörelseresultat på 21 miljarder kronor.
- Samtidigt skriver LKAB i ett pressmeddelande att man nu ser en ökad risk att energiomställningen som pågår bromsas upp om elutbudet inte byggs ut i snabbare takt.
- "När vi som samhälle säger nej till utbyggd vindkraft så säger vi också nej till lägre elpriser och till omställningen" säger Niklas Johansson, direktör för kommunikation och klimat LKAB.

P4 Norrbotten

[p4norbotten@sverigesradio.se](mailto:p4norbotten@sverigesradio.se)

# Vissa (**tidigare planerade**) vätgasprojekt och företag i Sverige

Boden  
Fertiberia  
E-**ammoniak**

Luleå mm  
Hybrit  
Stål/järn **Vätgas**

Göteborg+Finland  
Wärtsilä  
Kraftverk-**metanol**

Örnsköldsvik  
E-**metanol**

Göteborg  
Liquid Wind  
**E-metanol**

Finspång  
Siemens Energy  
Kraftverk  
**ammoniak**

Göteborg  
Stena Line  
**metanol**



# Exempel på batterier och företag i Sverige



## Exempel på batterier och företag i Sverige

Det finns för närvarande, januari 2026, drygt 1200 MW batterier anslutna till elnätet i Sverige





# Exempel på batterier och företag i Sverige

22 september 2022

## Ingrid etablerar Sveriges största batterilager

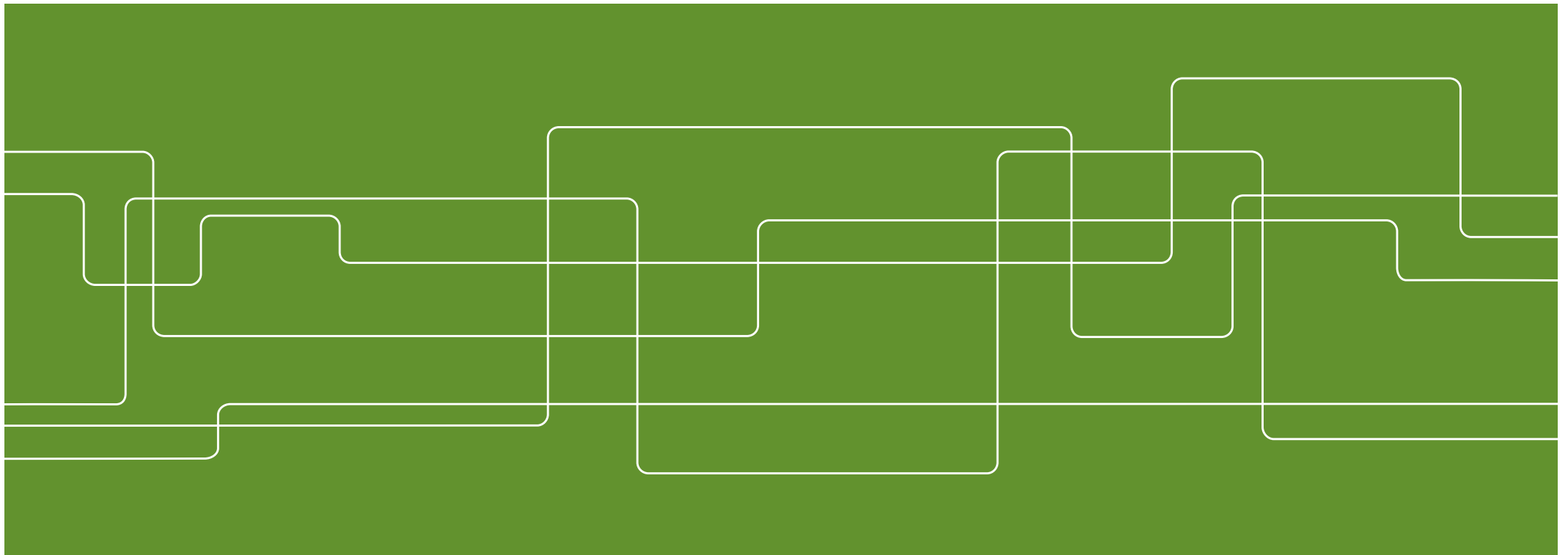
**Ingrid Capacity etablerar Sveriges största batterilager i Karlshamn på 70 megawatt mot E.ONs regionnät. En effekt som kan jämföras med vad en medelstor stad med 100 000 invånare förbrukar när den har sitt största effektbehov. Batterilagringssiten kommer bli Sveriges största.**

Energilagring med batterier är helt avgörande för att möta behovet av ett elektrifierat samhälle där fossilfria energikällor, såsom vind och -solenergi ska utgöra större del av energimixen. Med ett batterilager av den här storleken underlättas även Svenska kraftnäts behov av att skapa balans i de nationella stamnäten. Elnäten stabiliseras genom att lagra energi i batterier vid låga effektuttag och sedan skjuta till energi vid effekttoppar, lokalt, regionalt och nationellt.

<https://ingridcapacity.se/ingrid-etablerar-sveriges-storsta-batterilager/>

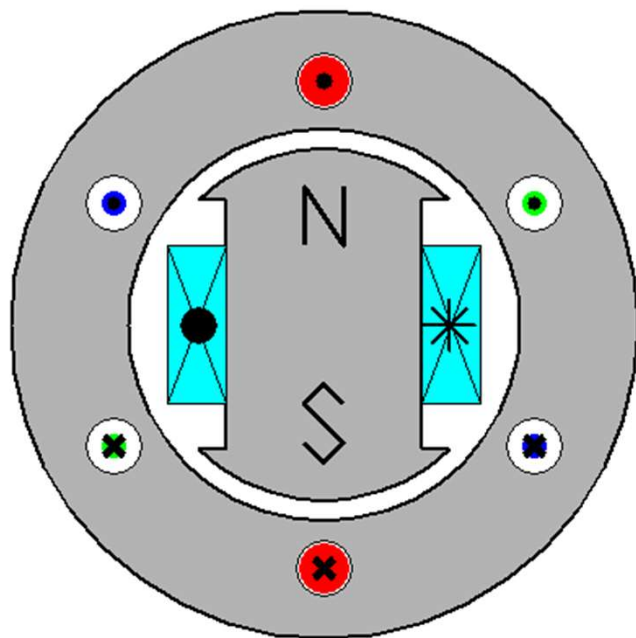


# Varför är "rotations-energi" så omdiskuterat?



# Roterande magnetiskt fält i en generator.

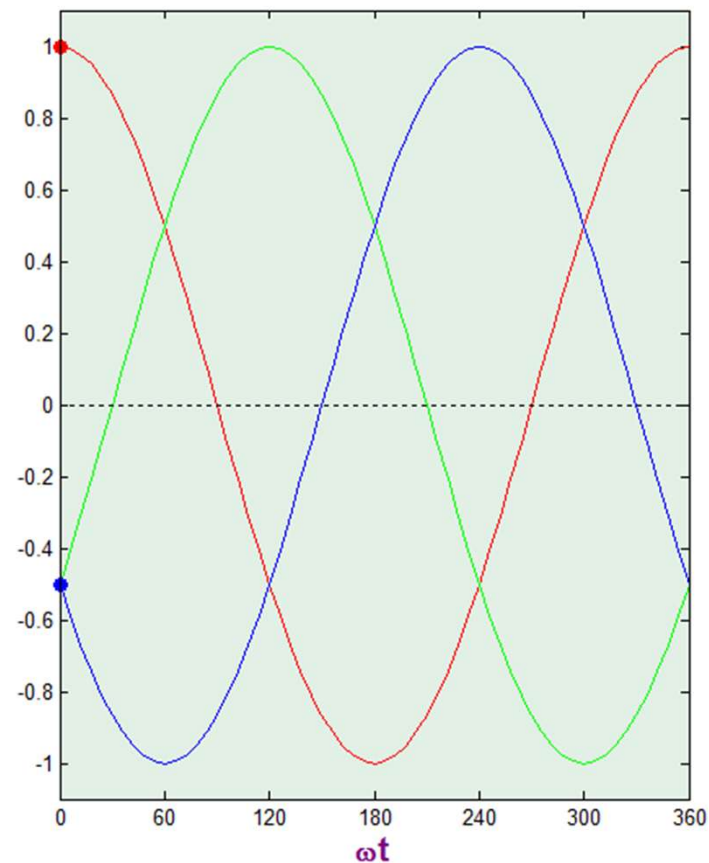
→ Skapar en **sinus-spänning**



Phase A

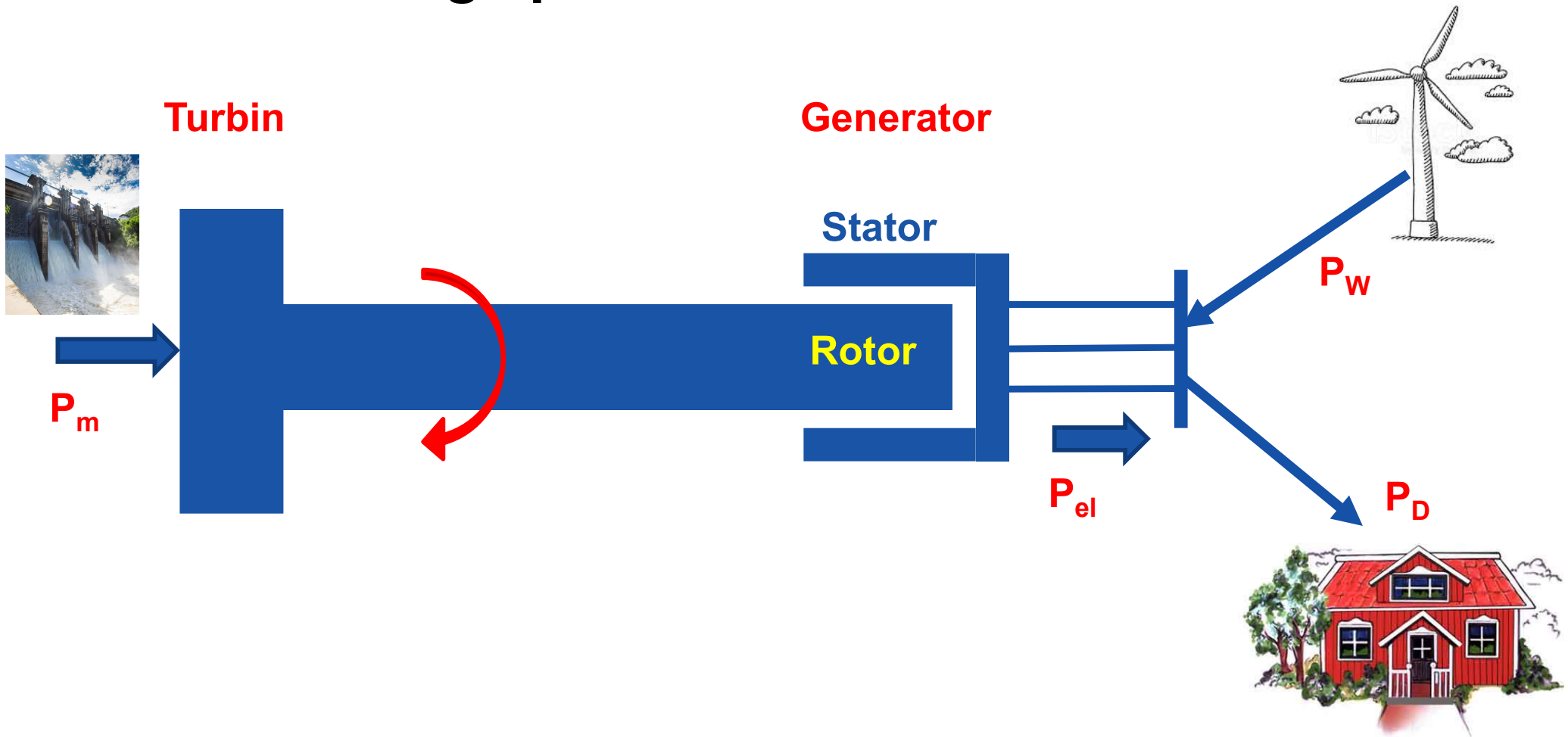
Phase B

Phase C

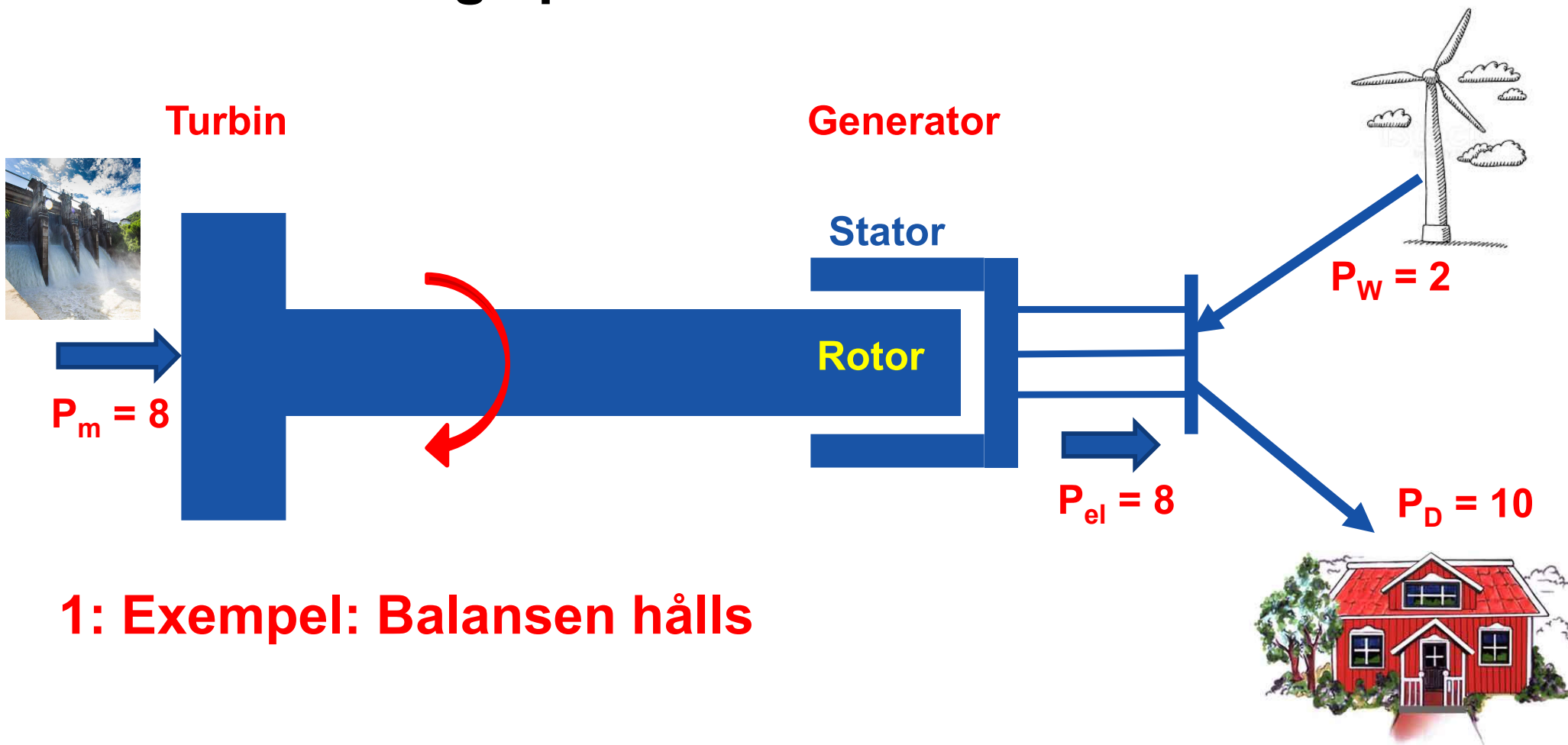


Roterande magnetiskt fält inducerar  
electromotive forces (E) i stator-lindningar  
(Faraday's induktionslag → generering → Maxwell-Faraday's lag)

# Frekvensreglering= hur man balanserar en ändring i produktion/konsumtion - 1

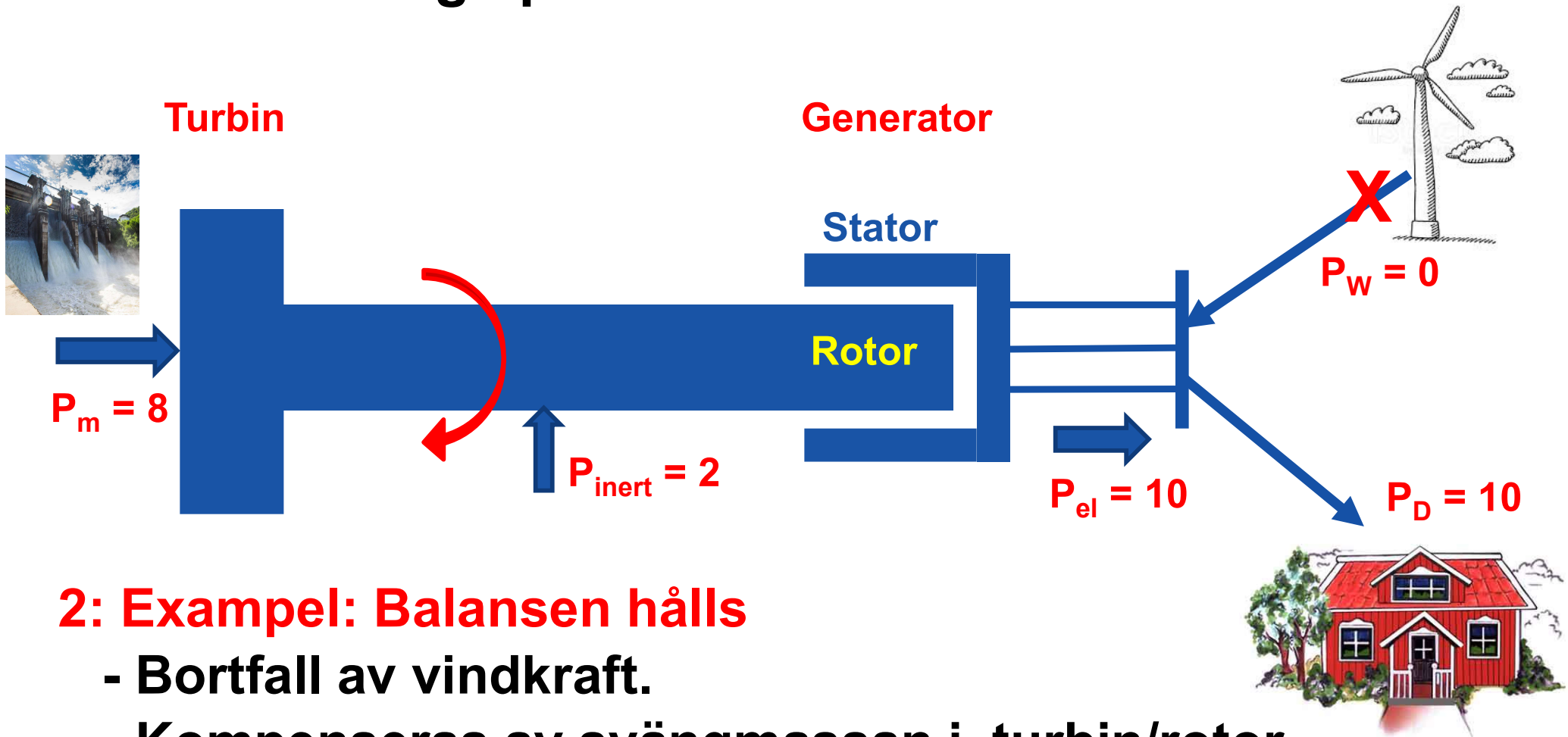


# Frekvensreglering= hur man balanserar en ändring i produktion/konsumtion - 2



**1: Exempel: Balansen hålls**

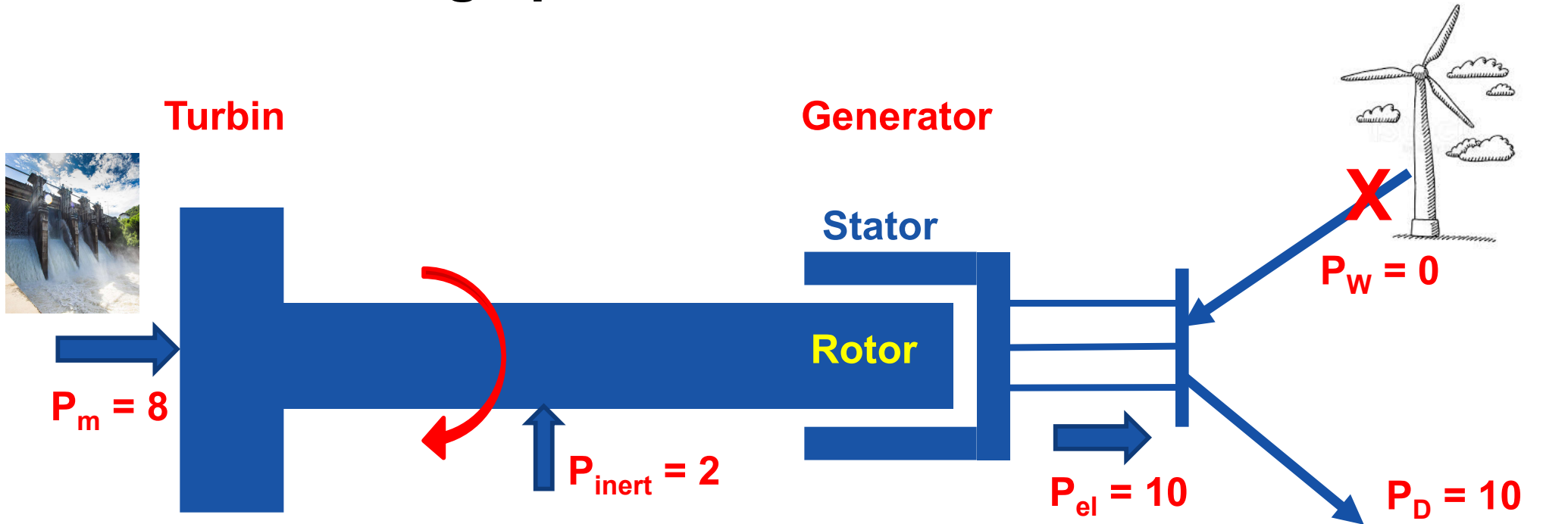
# Frekvensreglering= hur man balanserar en ändring i produktion/konsumtion - 3



## 2: Exempel: Balansen hålls

- Bortfall av vindkraft.
- Kompenseras av svängmassan i turbin/rotor

# Frekvensreglering= hur man balanserar en ändring i produktion/konsumtion - 4



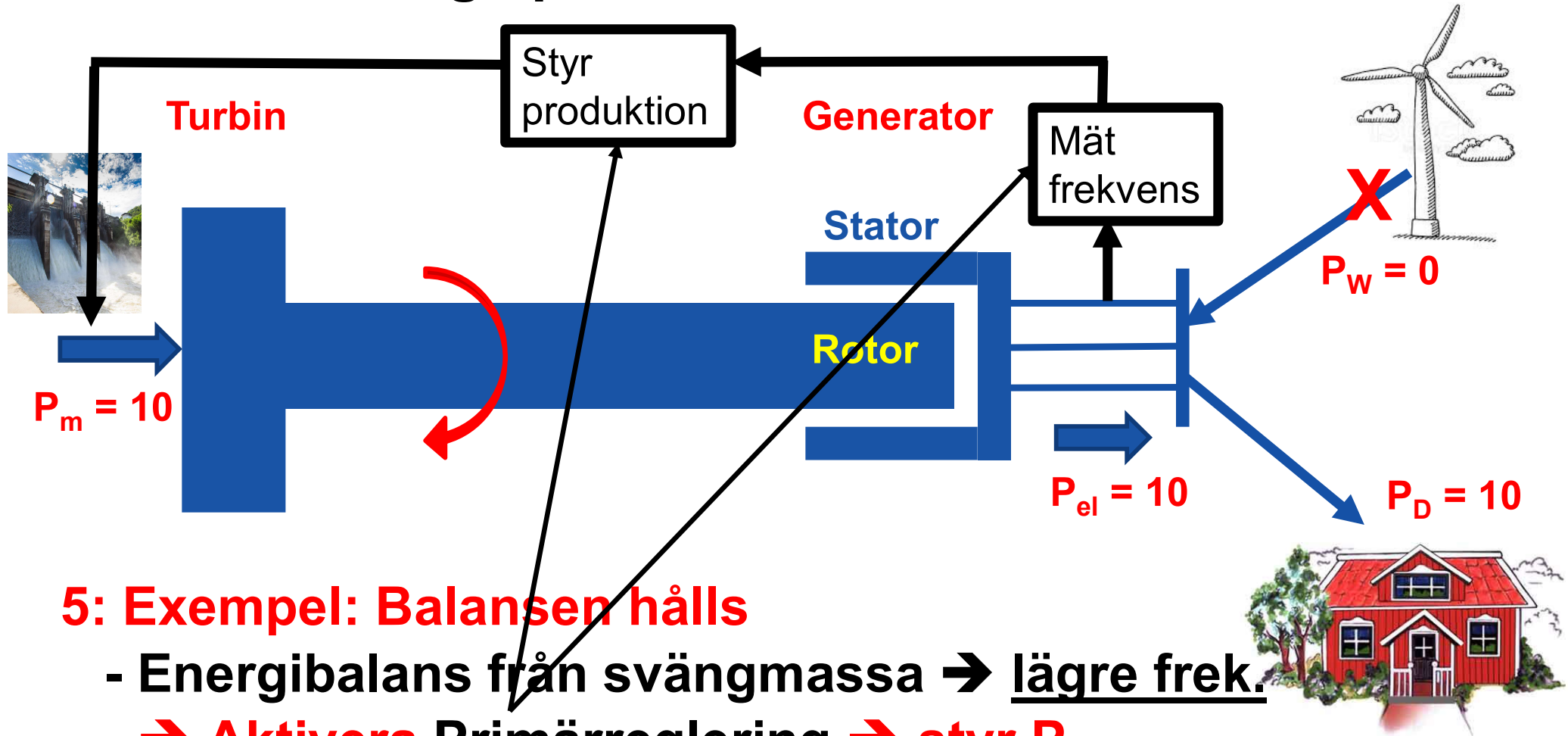
## 3: Exempel: Balansen hålls

- Energibidrag från svängmassa
- **Konsekvens**: Lägre hastighet → lägre frekvens





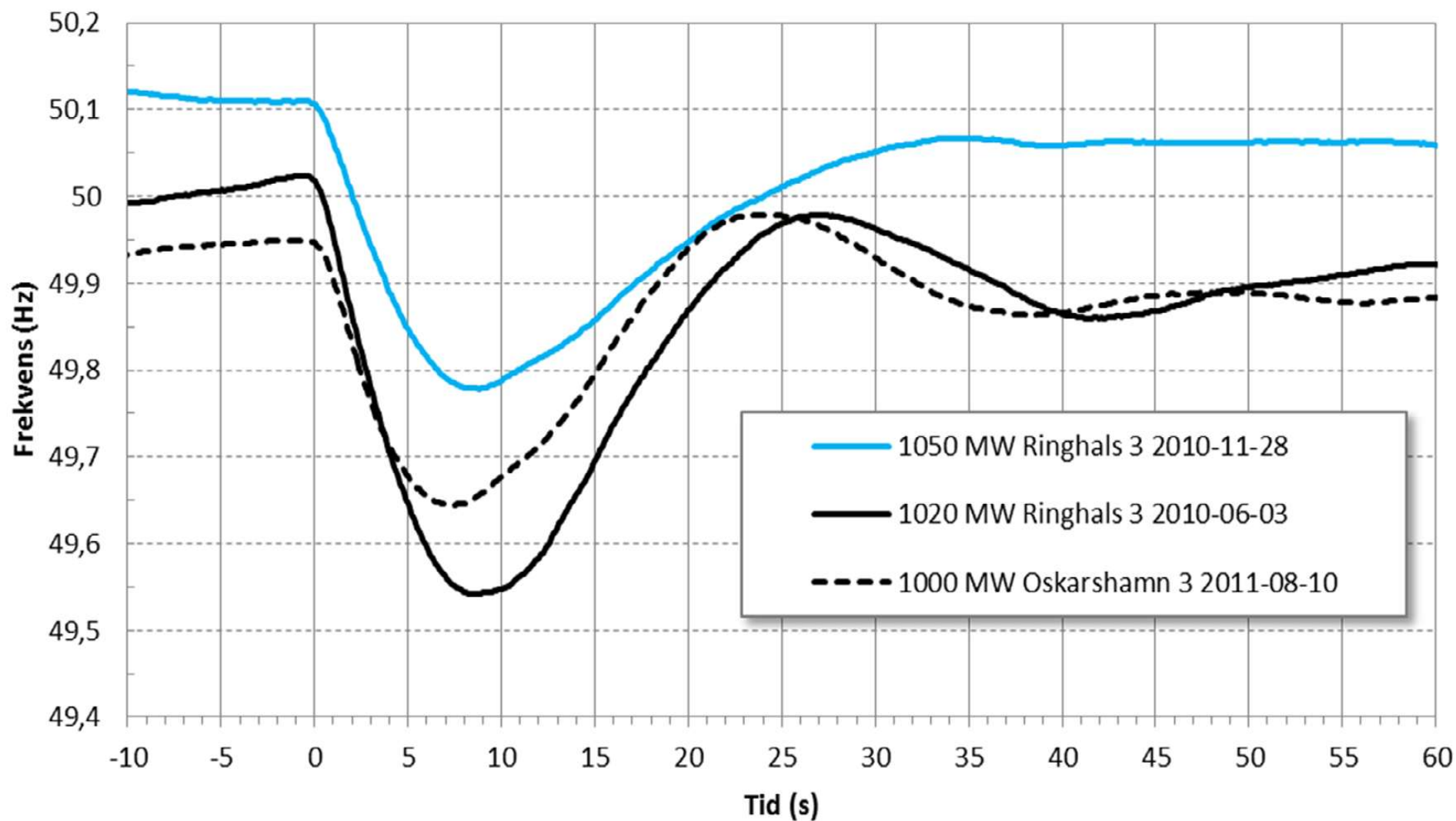
# Frekvensreglering= hur man balanserar en ändring i produktion/konsumtion - 6



## 5: Exempel: Balansen hålls

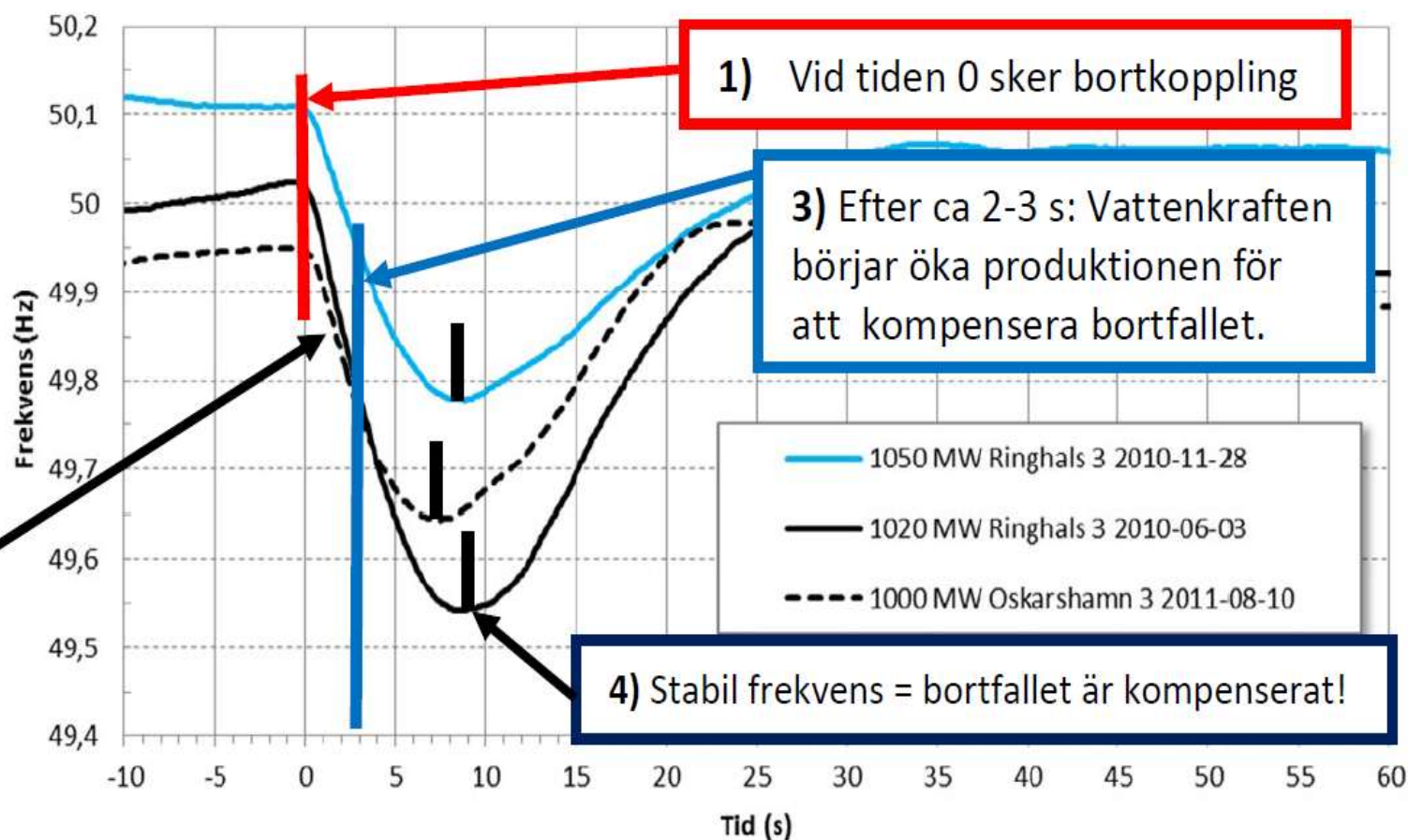
- Energibalans från svängmassa → lägre frek.
- → Aktivera Primärreglering → styr  $P_m$

# Frekvensfall efter 3 verkliga bortfall i Sverige



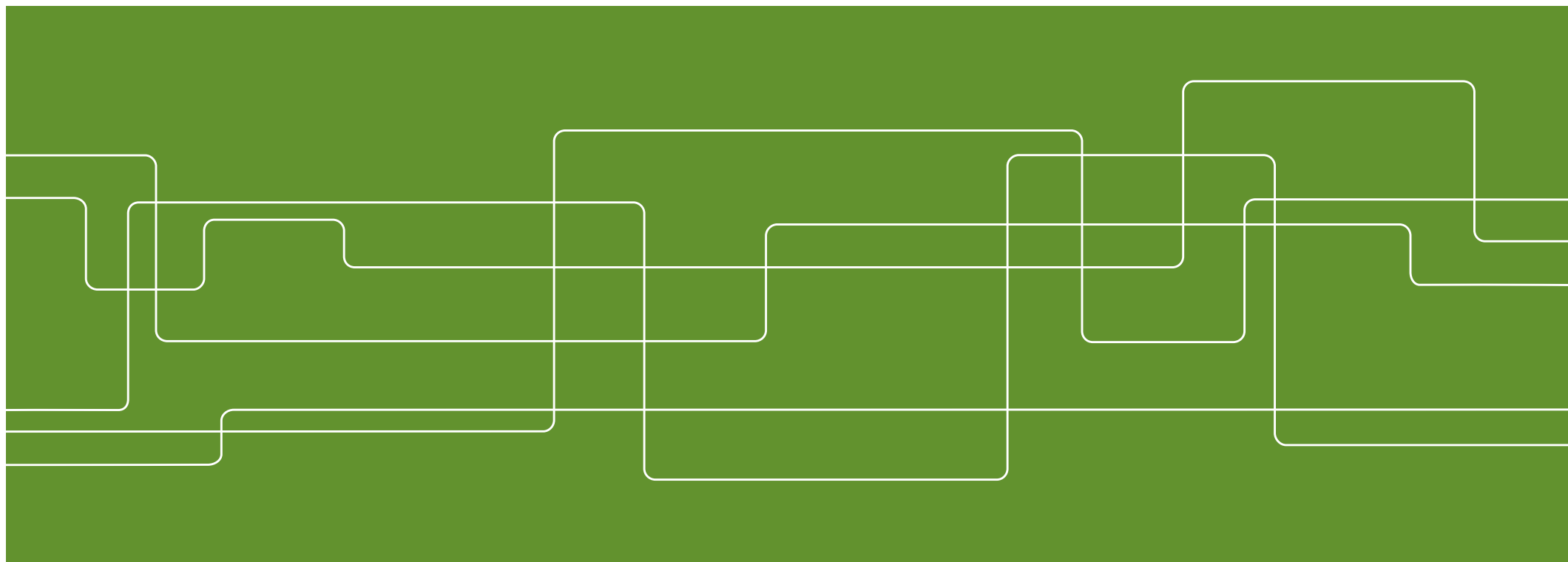
# Om utmaningar med svängmassa: 3 verkliga svenska historiska bortfall

2) Momentan  
kompensation  
kommer från energi  
från roterande  
komponenter. Då  
minskar deras  
rotations-hastighet  
och frekvensen i  
elnätet dalar





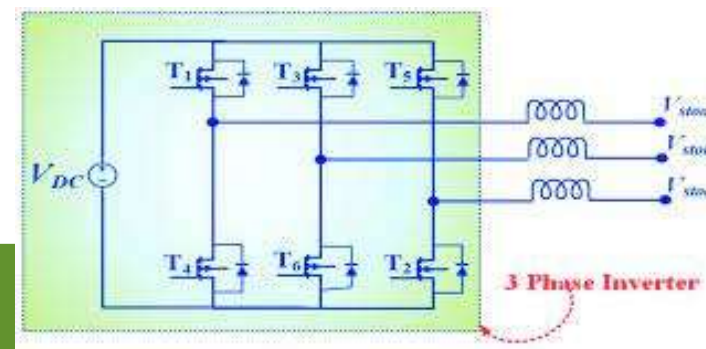
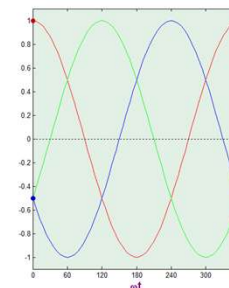
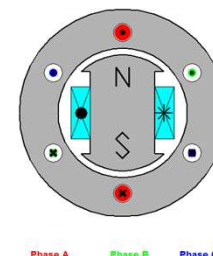
# Om att hålla den ”momentana balansen” – Nu och i framtiden



# Möjligheter att hålla "momentan balans":

"**Momentan balans**" innebär att exakt när man slår på en strömbrytare så levereras el till förbrukningen.

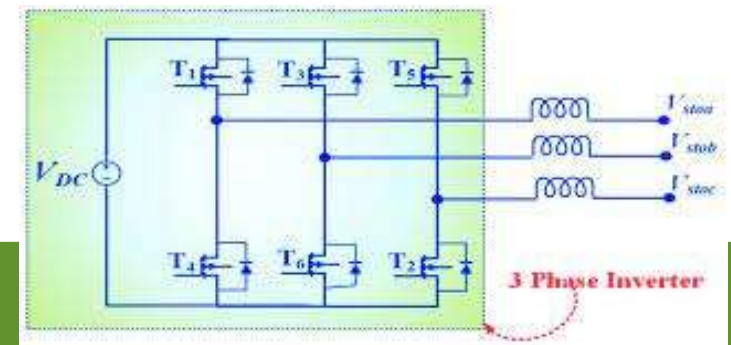
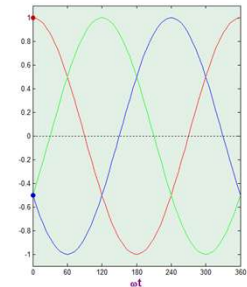
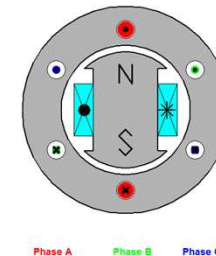
- a) En metod är **likström** med ett **batteri**/spännings-källa
- b) I **växelströms**-system är det vanliga synkrongeneratorer
- c) På gång i **växelströms**-system är **likströms**-källor och **växelriktare**



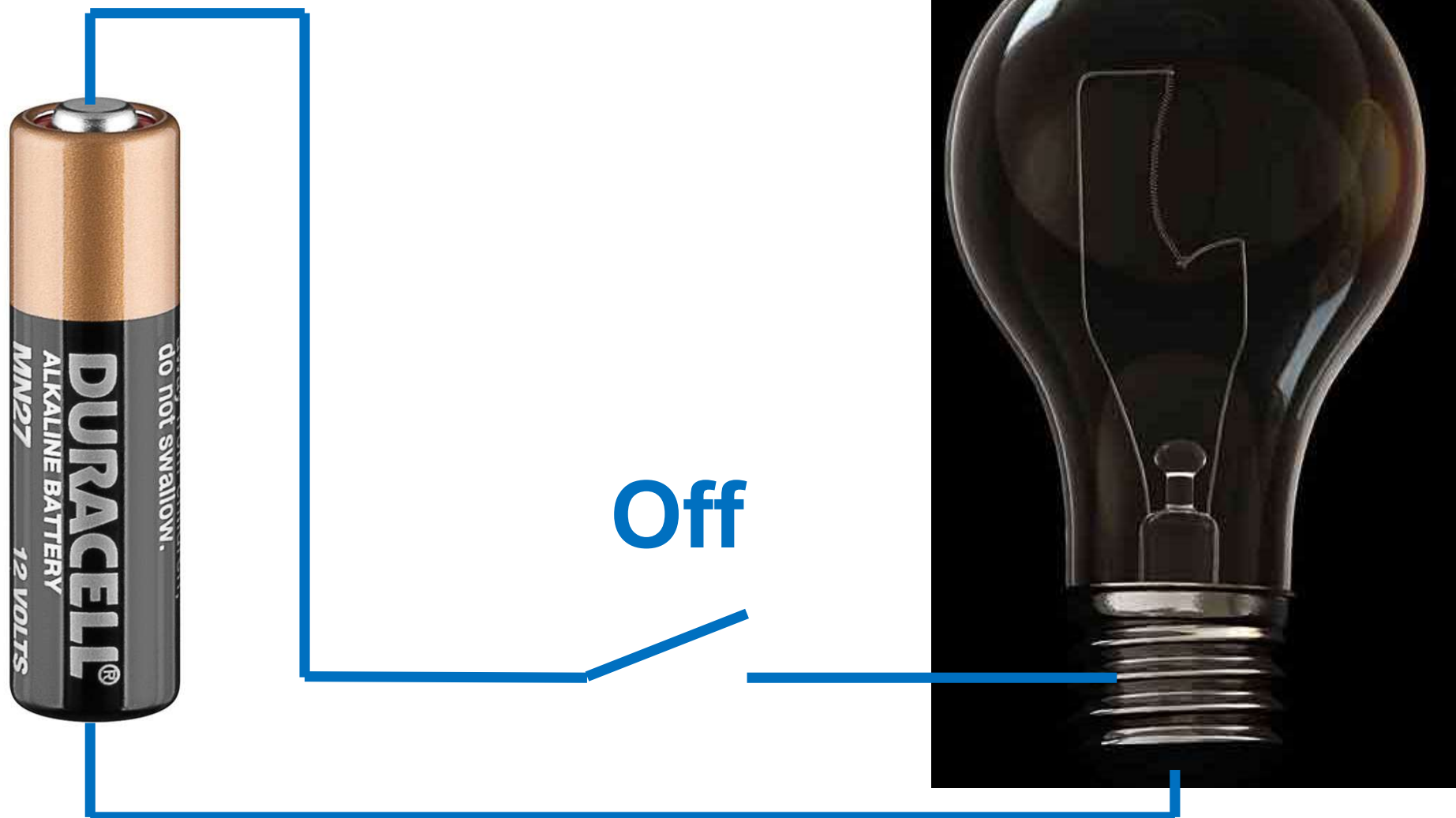
# Krav för att hålla "momentan balans":

"**Momentan balans**" innebär att exakt när man slår på en strömbrytare så levereras el till förbrukningen. Kraven är:

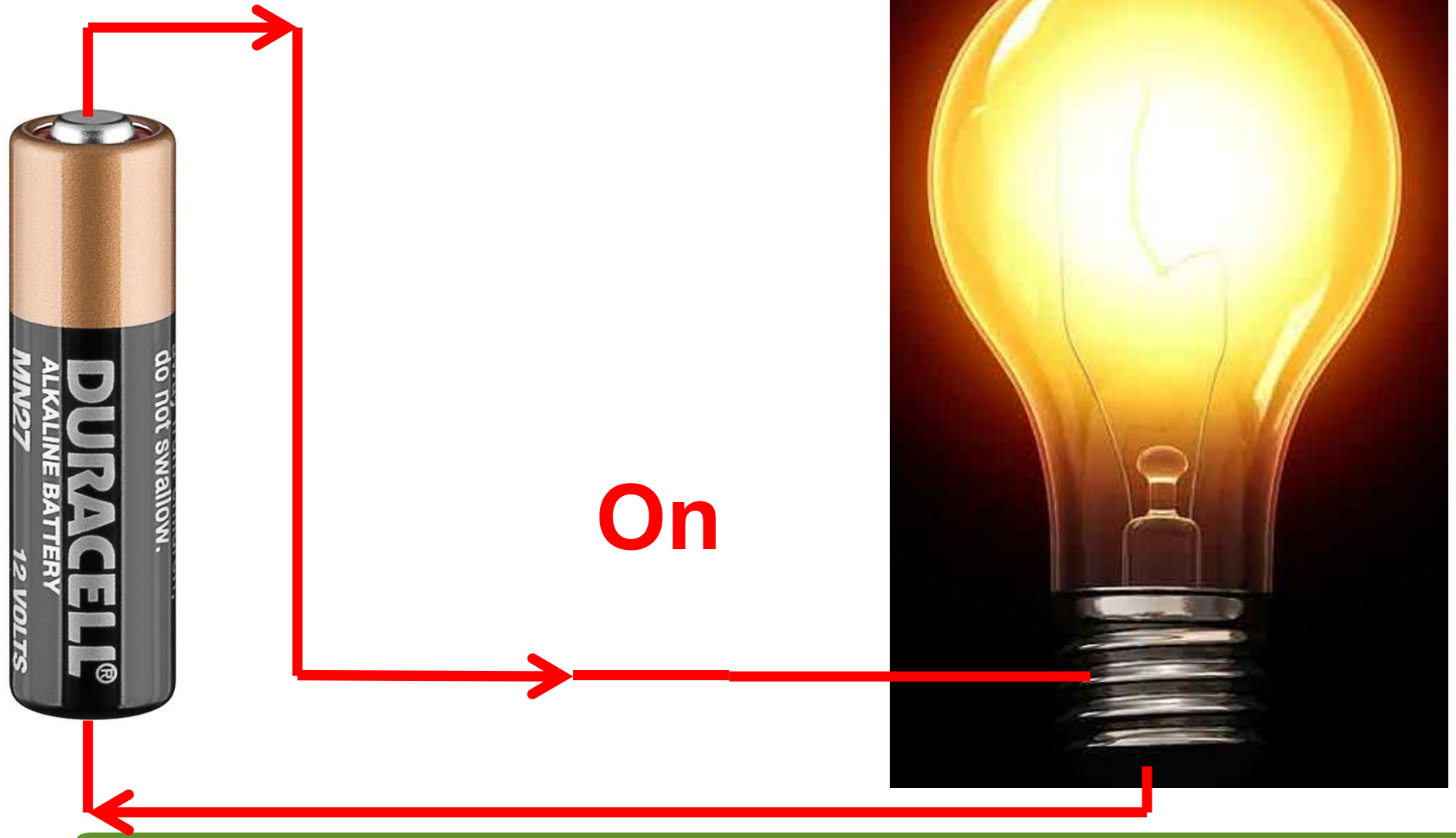
- I. **Momentan reaktion**
- II. **Energi-leverans**
- III. **Beakta begränsningar**



# a) momentan balans: **batteri**



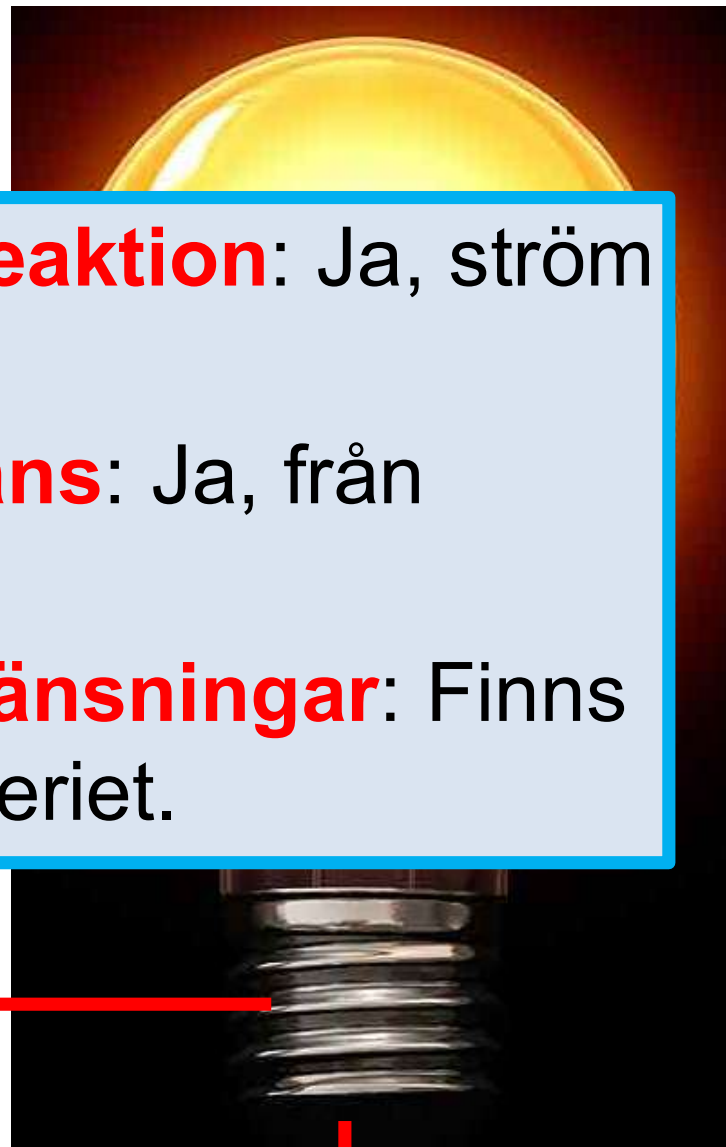
# a) momentan balans: **batteri**



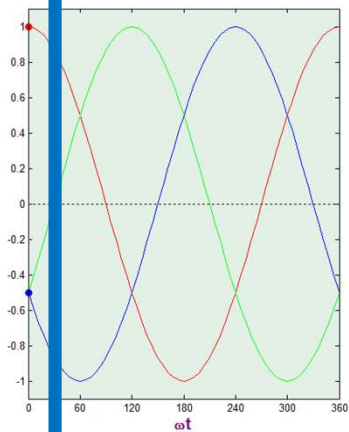
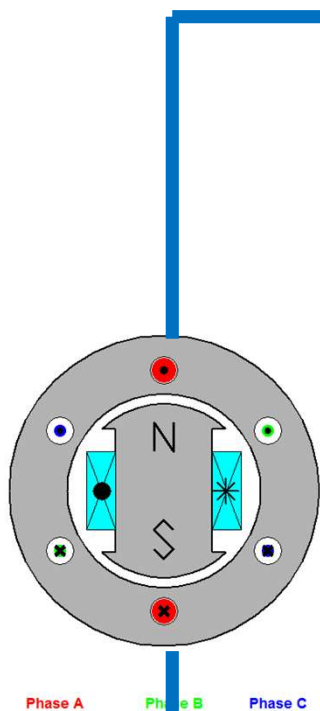
## a) momentan balans: **batteri**



- I. **Momentan reaktion:** Ja, ström från batteriet
- II. **Energileverans:** Ja, från batteriet
- III. **Beakta begränsningar:** Finns gränser i batteriet.



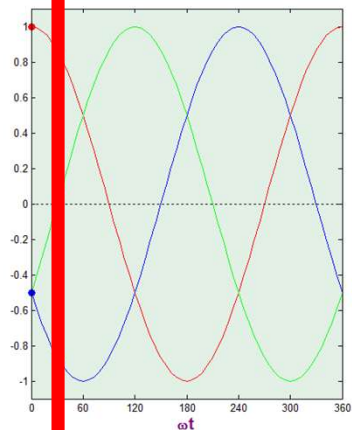
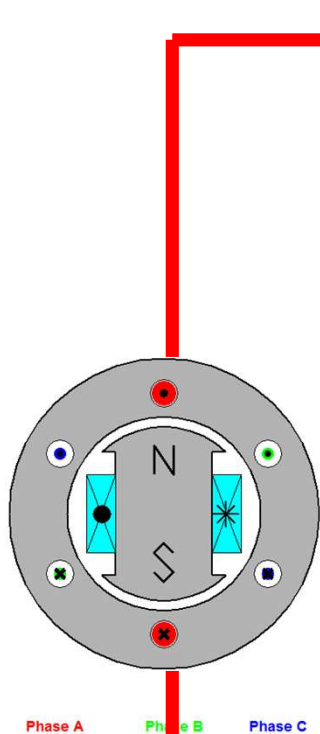
# b) momentan balans: **synkrogenerator**



Off



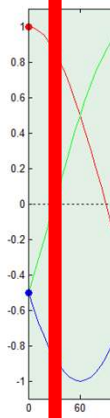
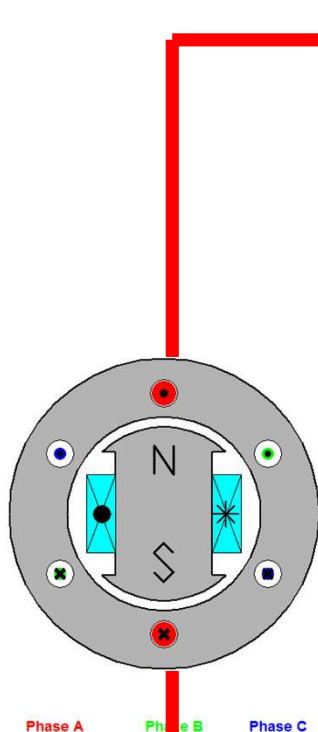
# b) momentan balans: **synkrogenerator**



**On**

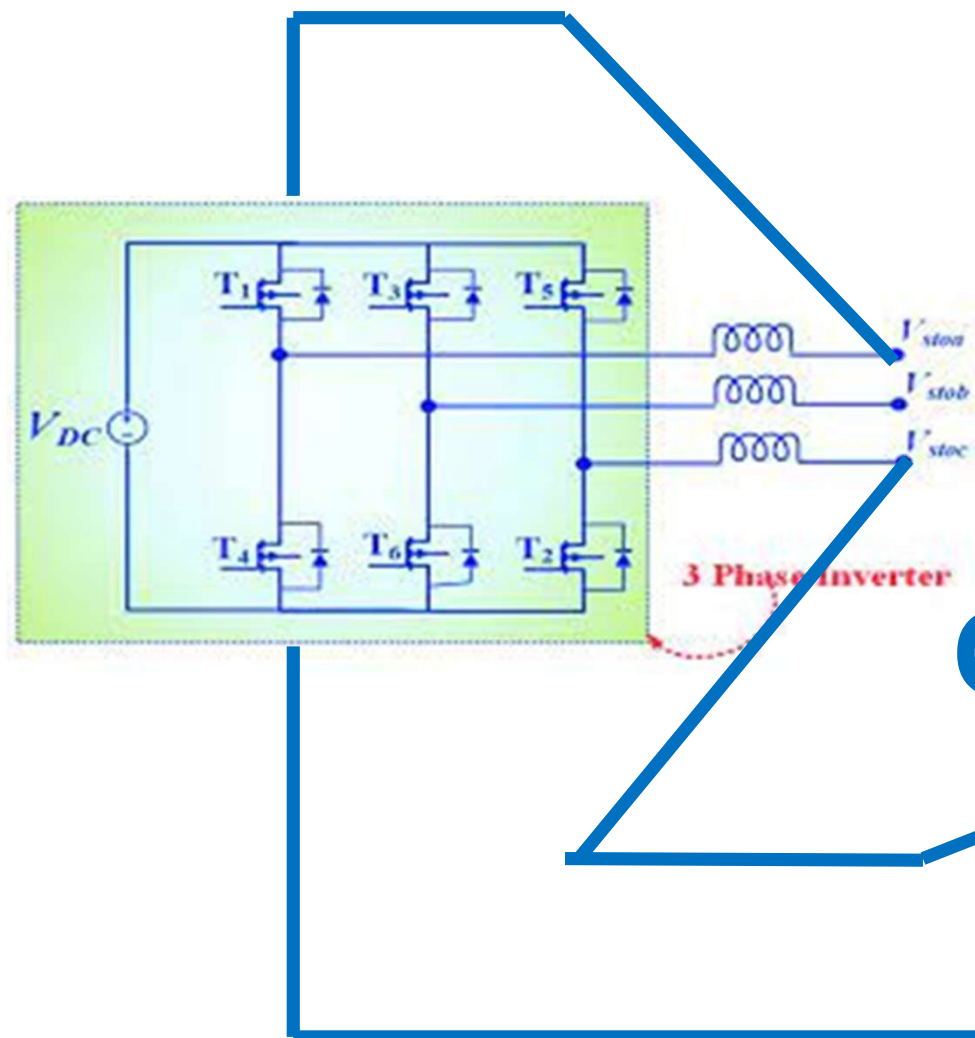


## b) momentan balans: **synkrogenerator**



- I. **Momentan reaktion:** Ja, ström från spännings-källan
- II. **Energileverans:** Ja, från svängmassan (ev. synk. komp.)
- III. **Beakta begränsningar:** Finns gränser men en synkronmaskin kan kortsiktigt lämna 3-5 ggr märkström

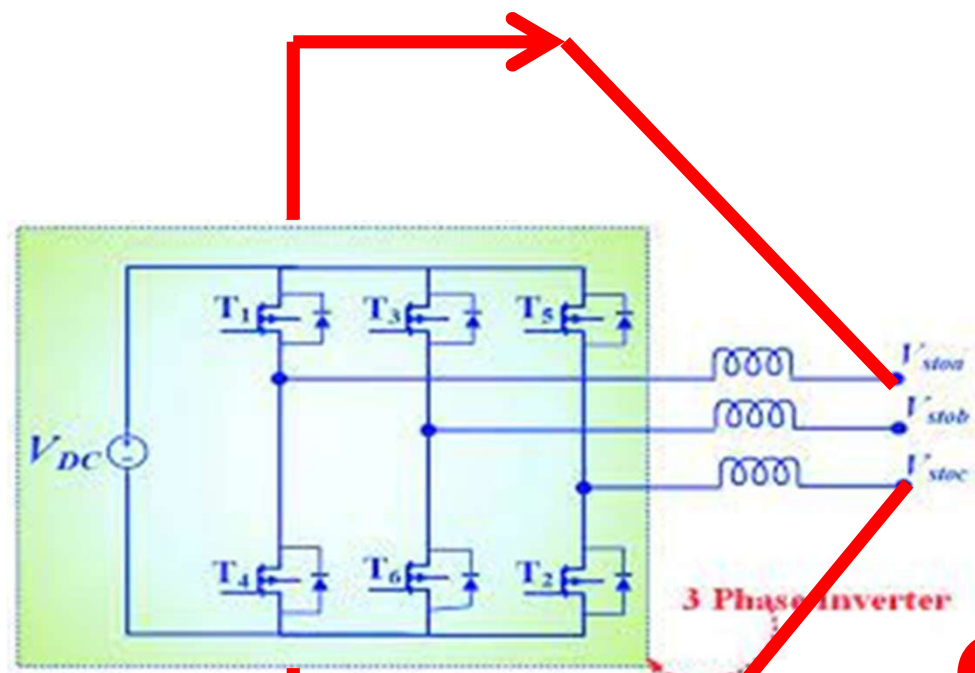
# c) momentan balans: DC + växelriktare (VSC)



Off



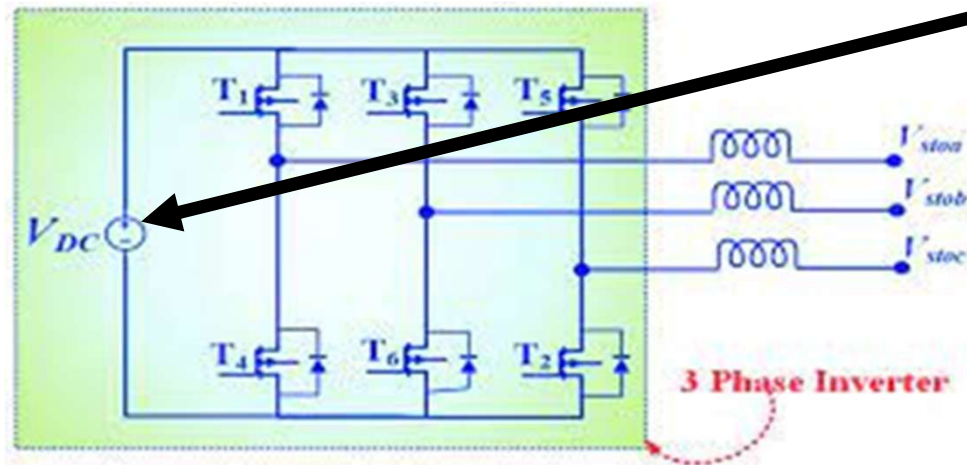
# c) momentan balans: DC + växelriktare (VSC)



On



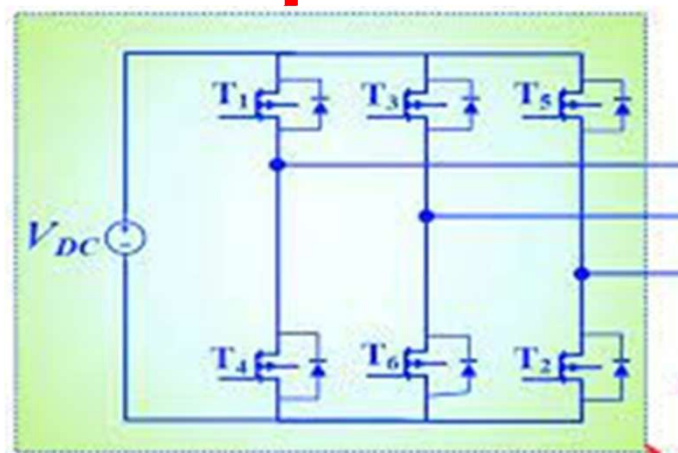
## c) momentan balans: **DC + växelriktare (VSC)**



### Olika källor till $V_{DC}$

- 1) Batteri
- 2) Vindkraftverk
- 3) HVDC-import
- 4) Solceller

## c) momentan balans: **DC + växelriktare (VSC)**



- I. **Momentan reaktion:** Ja, ström från spännings-källan
- II. **Energileverans:** Ja, från batteri / vindkraft etc
- III. **Beakta begränsningar:** Finns gränser för kraftelektroniken vilka är centrala och måste beaktas.



## ”System med 100% utan synkronmaskiner”

# Australian government seeks to deliver 4.2 GWh of battery energy storage

The Australian government has announced a \$117.5 million (AUD \$176 million) funding injection which it expects will unleash over \$2 billion of investment in advanced battery technology, delivering a step change in grid-forming capability.

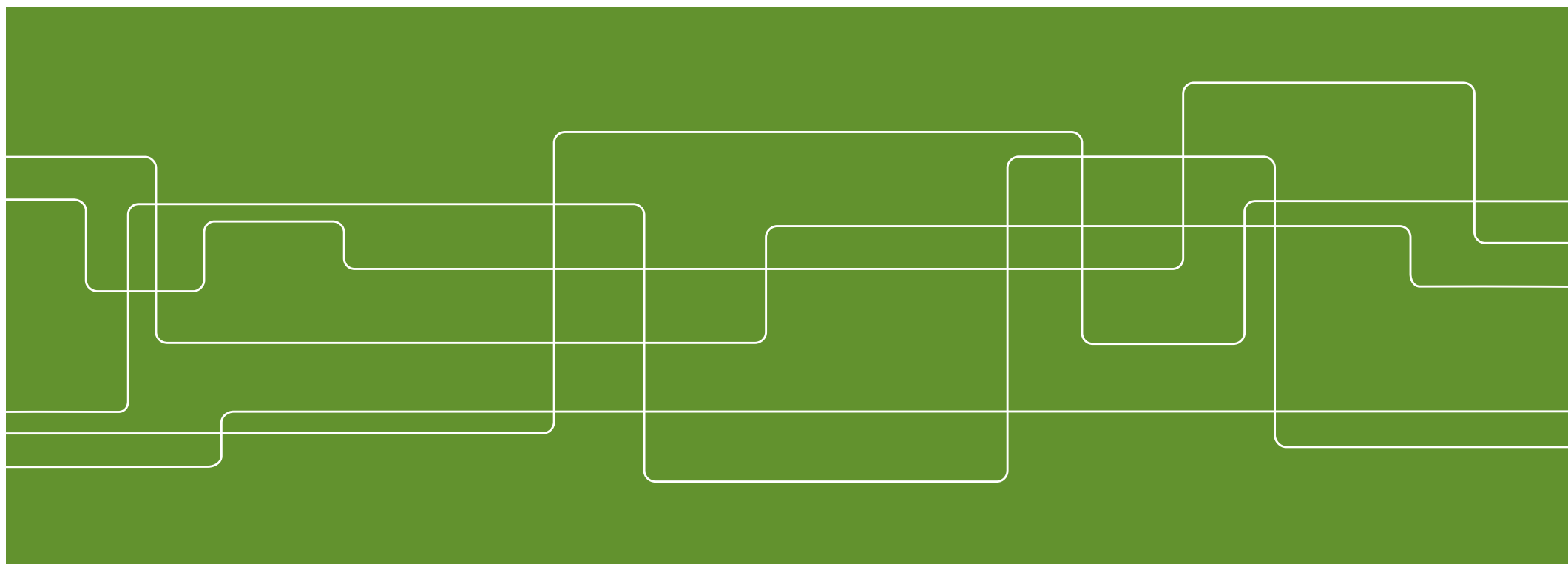
DECEMBER 19, 2022 **DAVID CARROLL**

“These next-generation grid-scale batteries will underpin this transition, with inverter technology that can maintain grid stability without the need for coal and gas generators. This pipeline of grid-forming projects will help move us closer to an electricity grid that can support 100% renewable energy in the NEM,”

<https://www.pv-magazine.com/2022/12/19/australian-government-seeks-to-deliver-4-2-gwh-of-battery-energy-storage/>



# Om att hålla den "momentana balansen" – Vid låg svängmassa





# Stödtjänster som upphandlas av Svenska Kraftnät. - 1

Det finns idag stödtjänster till Svenska Kraftnät enligt:

**FRR**: Snabb frekvensreserv

Automatisk stödtjänst som hanterar de inledningsvis snabba och djupa (transienta) frekvensförändringar som kan uppstå vid fel vid låg nivå av rotationsenergi i det nordiska kraftsystemet

**FCR-N**: Frekvenshållningsreserv normaldrift

Automatisk stödtjänst som stabiliserar frekvensen vid små förändringar i förbrukning eller produktion

**FCR-D upp**: Frekvenshållningsreserv störd drift uppreglering

Automatisk stödtjänst som stabiliserar frekvensen vid driftstörningar (uppreglering)

**FCR-D ner**: Frekvenshållningsreserv störd drift nedreglering

Automatisk stödtjänst som stabiliserar frekvensen vid driftstörning (nedreglering)

**aFRR**: automatisk Frekvensåterställningsreserv

Automatiskt aktiverad stödtjänst som återställer frekvensen till 50 Hz

**mFRR**: manuell Frekvensåterställningsreserv

Manuell stödtjänst som avlastar de automatiska stödtjänsterna och återställer frekvensen till 50 Hz



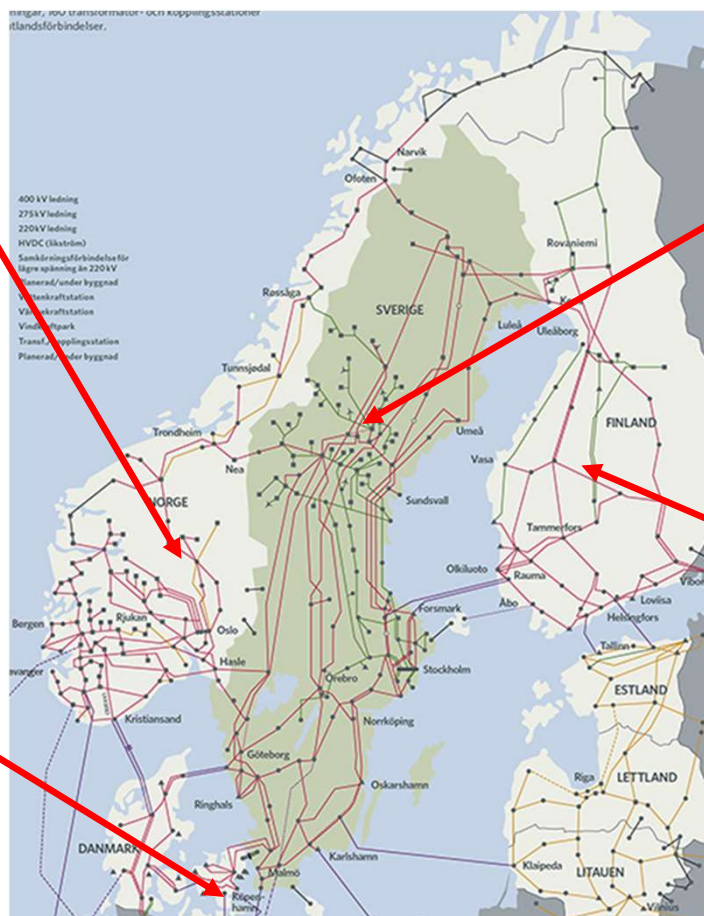
# Nordisk Snabb Frekvens-reserv (FFR): Sommar 2020

## Totalt 300 MW

Uppdelningen av FFR baseras på FCR-N/D med en korrektionsfaktor för bidraget till svängmassan samt storleken på felfallet I respektive land

**Norge**: 42%: Bud erhöjls från aluminium-smältverk, pump-kraftverk, och data centers med UPS.

**Öst-Danmark**: 14%: stora elpannor och andra typer av last-frånkoppling. Batterier och vindkraft kommer komma in på marknaden 2021.

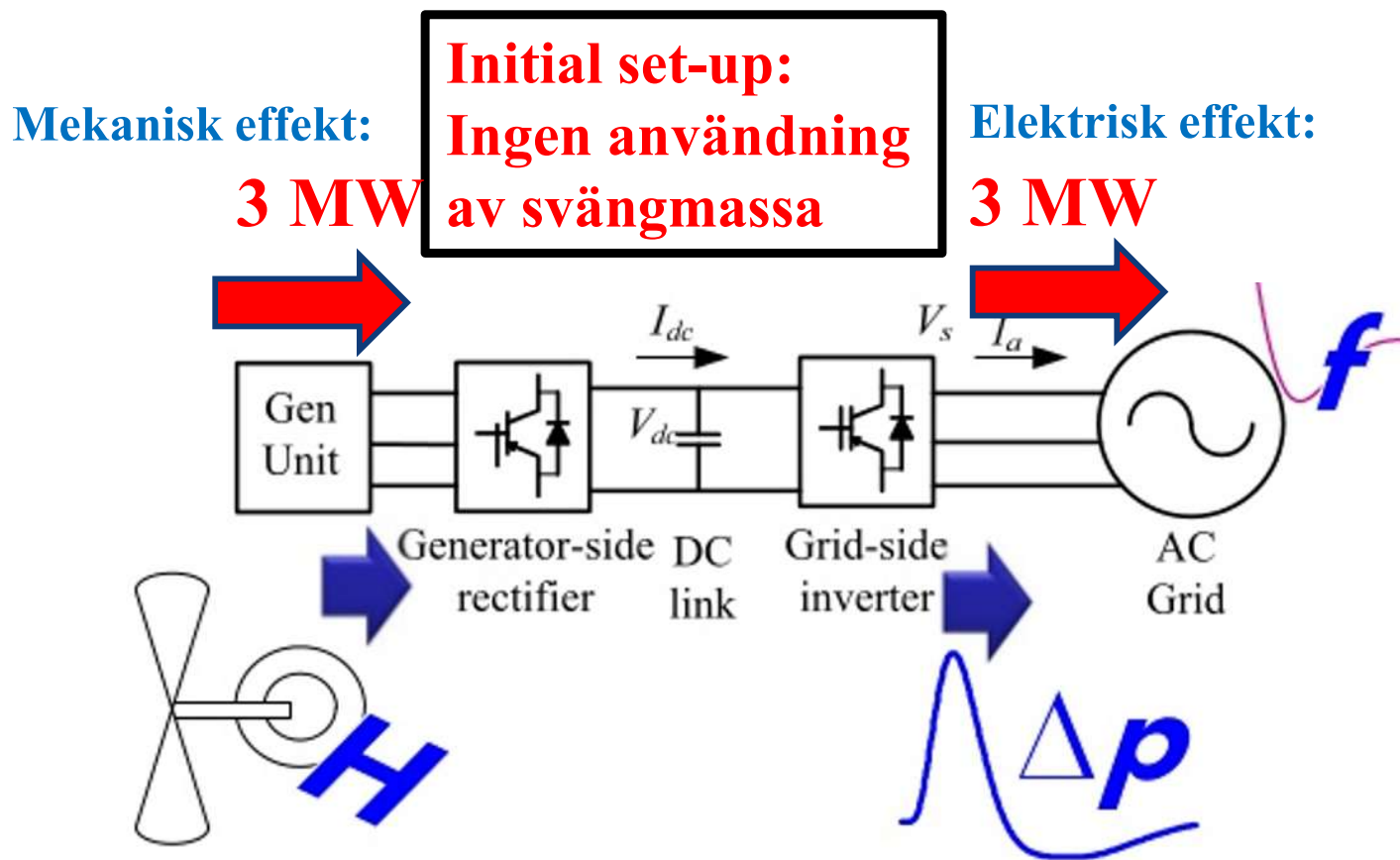


**Sverige**: 24%: 70.3 MW från batterier + elpannor.

**Finland**: 20%: stora industrier samt större växthus anslutna till 110 kV nät.

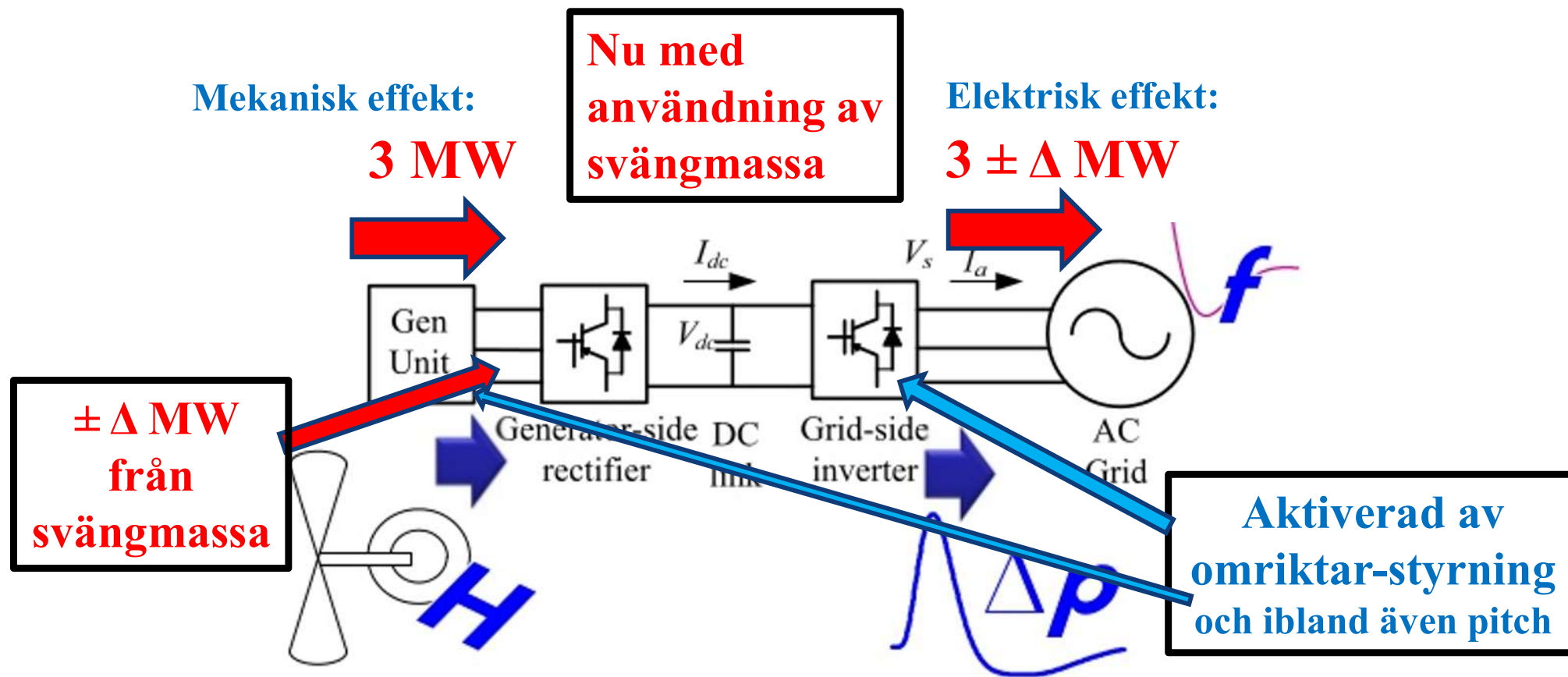
# Vindkraft: "syntetisk svängmassa" (= FFR) - 1

Syftet med "syntetisk svängmassa" är att initialt utnyttja svängmassa för de rörliga delarna i vindkraftverket.

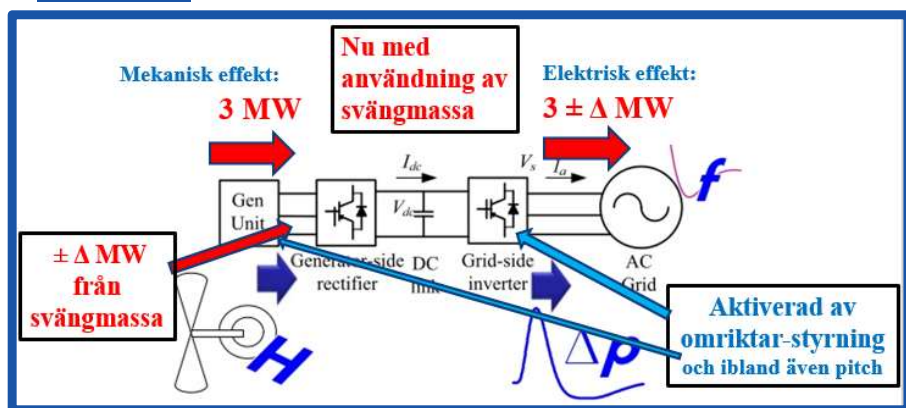


# Vindkraft: "syntetisk svängmassa" (= FFR) - 2

Syftet med "syntetisk svängmassa" är att initialt utnyttja svängmassa för de rörliga delarna i vindkraftverket.



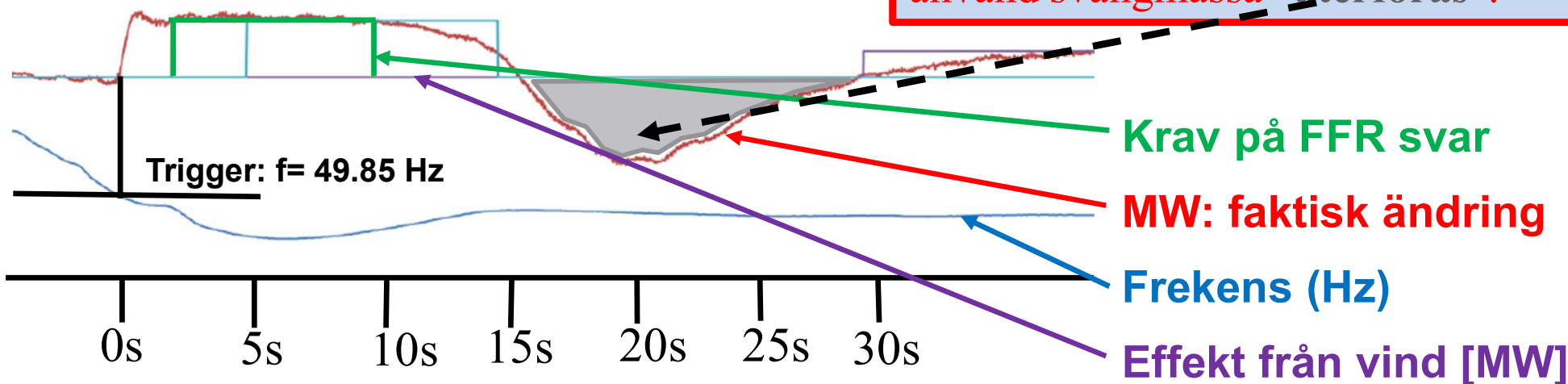
# Vindkraft: "syntetisk svängmassa" (= FFR) - 3



**Utmaning:** Hur ska omriktaren styras?

verklig test på Irland

**Exempel:** Inom en viss tid måste använd svängmassa "återföras".



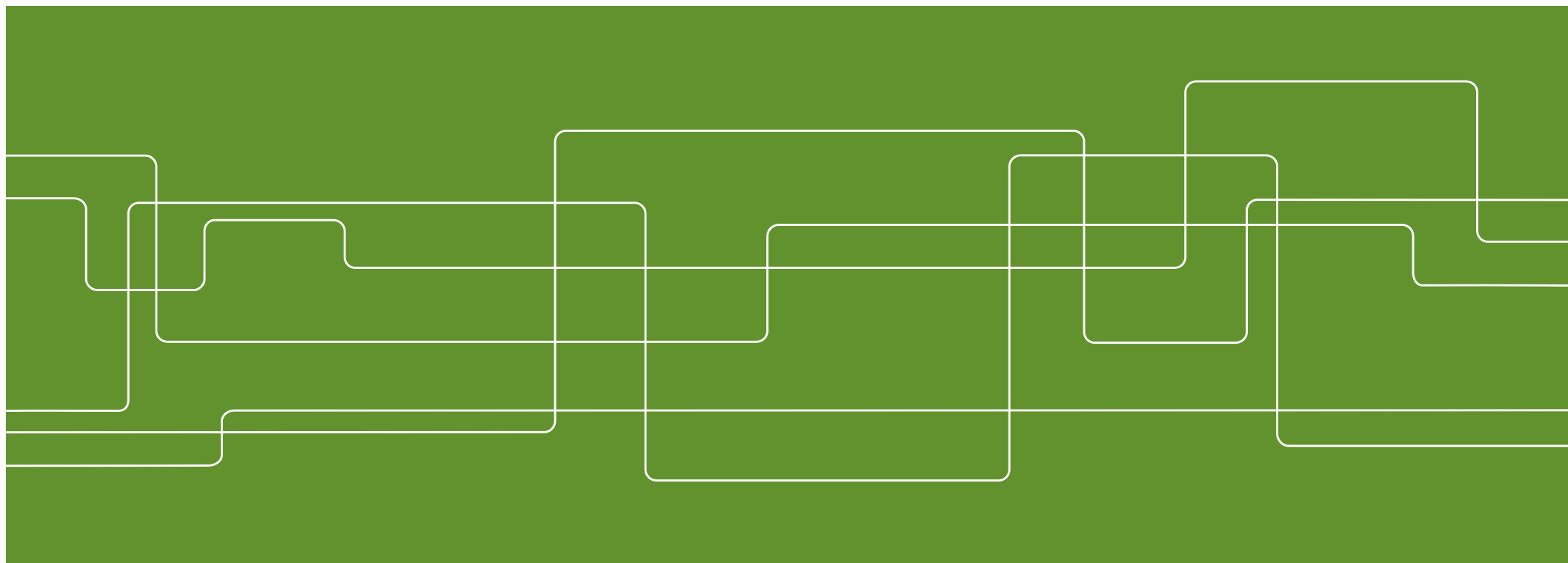


# Vad kostar ett kraftverk ?



**3 mars, 2023**

av Lennart Söder  
Professor Elkraftsystem, KTH





# Kostnad för ny kärnkraft Energiforsk - 2021

”Den finansiella kostnaden har beräknats för en byggtid på 5–8 år. Idag byggs reaktorer av de mest populära teknikfamiljerna (APR, VVER, CNP, CPR, OPR) på i snitt 5 år. Samtidigt har ett antal byggprojekt specifikt av typen EPR (totalt 2 reaktorer i drift, 4 under byggnation) och AP1000 (totalt 4 reaktorer i drift, 2 under byggnation) i Europa och USA blivit kraftigt försenade, med totala perioder på upp till 15–16 år mellan byggstart och driftstart.”



		Lågt	Medel	Högt
Produktionskostnad (LCOE)	öre/kWh	49	56	64
Fullasttimmar	MWh/MW/år	7 796	7 621	7 446
Ekonomisk livslängd	år	60	60	60
Kapitalkostnader	kr/kW	40 000	47 500	55 000
Drift- och underhållskostnader totalt	kr/MWh	175	178	180
Mindre reinvesteringar	kr/MWh	26	27	27
Stora moderniseringar	kr/MWh	11	11	11
Övrig drift- och underhållskostnad	kr/MWh	70	72	74
Bränslepris	kr/MWh	35	35	35
Avfallshantering och avveckling	kr/MWh	33	33	33
Kalkylränta (real)	%	6	6	6

Tabell 12. Sammanställning av de ekonomiska LCOE-parametrarna för kärnkraft.



# Kostnad för ny kärnkraft Energiforsk - 2021

”Den finansiella kostnaden har beräknats för en byggtid på 5–8 år. Idag byggs reaktorer av de mest populära teknikfamiljerna (APR, VVER, CNP, CPR, OPR) på i snitt 5 år. Samtidigt har ett antal byggprojekt specifikt av typen EPR (totalt 2 reaktorer i drift, 4 under byggnation) och AP1000 (totalt 4 reaktorer i drift, 2 under byggnation) i Europa och USA blivit kraftigt försenade, med totala perioder på upp till 15–16 år mellan byggstart och driftstart.”



		Lågt		
Produktionskostnad (LCOE)	öre/kWh	49		
Fullasttimmar	MWh/MW/år	7 796		
Ekonomisk livslängd	år	60	60	60
Kapitalkostnader	kr/kW	40 000	47 500	55 000
Drift- och underhållskostnader totalt	kr/MWh	175	178	180
Mindre reinvesteringar	kr/MWh	26	27	27
Stora moderniseringar	kr/MWh	11	11	11
Övrig drift- och underhållskostnad	kr/MWh	70	72	74
Bränslepris	kr/MWh	35	35	35
Avfallshantering och avveckling	kr/MWh	33	33	33
Kalkylränta (real)	%	6	6	6

**”i snitt”  
inte korrekt.**

Tabell 12. Sammanställning av de ekonomiska LCOE-parametrarna för kärnkraft.



# Vad kostar ny kärnkraft? Aktuella projekt i Europa

Projekt	Storlek [MW]	Byggstart	Planer. start	Nuvarande plan. start	Aktuell total kostnad	[SEK per kW],
Olkiluoto 3, Finland	1600	2005	2009	2022 → <b>17 år</b>	11 miljarder Euro	[10 SEK/Euro]: 68 750 kr/kW
Hinkley Point –C Storbri.	3260	2018	2023	2027 2028 → <b>10 år</b>	25-26 miljarder pund	[12,4 SEK/GBP]: 97 000 kr/kW
Flamanville 3 - EPR Frankr.	1650	2007	2012	”senare än 2022” → <b>&gt;15 år</b>	19.1 miljarder Euro	[10 SEK/Euro]: 115 800 kr/kW



## Ny kärnkraft i Storbritannien (2013)

### Billigaste bud genom upphandling



- *“The UK Government and EDF Group have reached commercial agreement on the key terms of a proposed investment contract for the Hinkley Point C nuclear power station in Somerset.(2013).”*
- *“The key terms include a “Strike Price” of £89.50 /MWh fully indexed to the Consumer Price Index.(around 0,10 Euro/kWh) for 35 years which will be increased with inflation”.*
- Dvs: Garanterat försäljningspris om (12.58 SEK/£) **1.13**  
**kr/kWh inflations-skyddat i 35 år**

<https://www.gov.uk/government/news/initial-agreement-reached-on-new-nuclear-power-station-at-hinkley>



## Tillgänglighet i Ringhals 1-2 2010-2019

Reaktor	MW	2010	2011	2012	2013	2014
R1	900	3.6	6	5.5	6.1	5.5
R2	900	5.6	1.7	3.6	6.3	4.3
2015	2016	2017	2018	2019	Medel	Energi-
					TWh/år	tillgängl.
5.8	6.5	4.8	6.6	6.7	5.71	<b>72.4 %</b>
0	0.7	6.4	6.7	5.1	4.04	<b>51.2 %</b>



## Historisk tillgänglighet i svenska kärnkraftverk: Data från IAEA - PRIS

Reaktor	Barsebäck-1	Barsebäck-2	Forsmark-1	Forsmark-2	Forsmark-3	Oskarshamn-1
"Load factor"	74.5 %	74.9 %	82.9%	80.9 %	84.2 %	61.2 %
Reaktor	Oskarshamn-2	Oskarshamns-3	Ringhals-1	Ringhals-2	Ringhals-3	Ringhals-4
"Load factor"	69.6 %	78.3 %	68.5 %	65.5 %	76.7 %	80.3 %



# Svensk kärnkraft. Driftkostnad

## Från årsrapporter: 2019-2021

<b>Forsmark [20], sidan 29</b>	<b>2021</b>	<b>2020</b>	<b>2019</b>
Netto-omsättning, tkr	6 310 632	5 766 474	5 688 534
Energiproduktion, GWh	25 465	22 711	25 289
<b>→ Driftkostnad: [kr/MWh]</b>	<b>247.8</b>	<b>253.9</b>	<b>224.9</b>
<b>Ringhals [21], sidan 29</b>			
Netto-omsättning, tkr	4 654 959	5 726 081	7 107 267
Energiproduktion, GWh	14 775	16 516	28 018
<b>→ Driftkostnad: [kr/MWh]</b>	<b>315.1</b>	<b>346.7</b>	<b>253.7</b>
<b>Oskarshamn [22] [23]</b>			
Elförsäljning till delägare, tkr	2470406	2617997	2826425
Energiproduktion, GWh [14]	10 989	7 989	10 976
<b>→ Driftkostnad: [kr/MWh]</b>	<b>224.8</b>	<b>327.7</b>	<b>257.5</b>



## Sammanställning: Energiforsk + dagsläget

Källa	Byggtid [år]	Investering [ tkr/kW ]	Tillgängligh. [%]	Driftkostnad [öre/kWh]
<b><u>Energiforsk</u></b>	5-8 år	40-55	85-89 %	17.5-18
Nya Europ. reaktorer	10-17 år	69-116		
Ringhals 1-2			51-72 %	
Alla svenska reaktorer			61-84 %	
6 nuv. reakt.				22-35

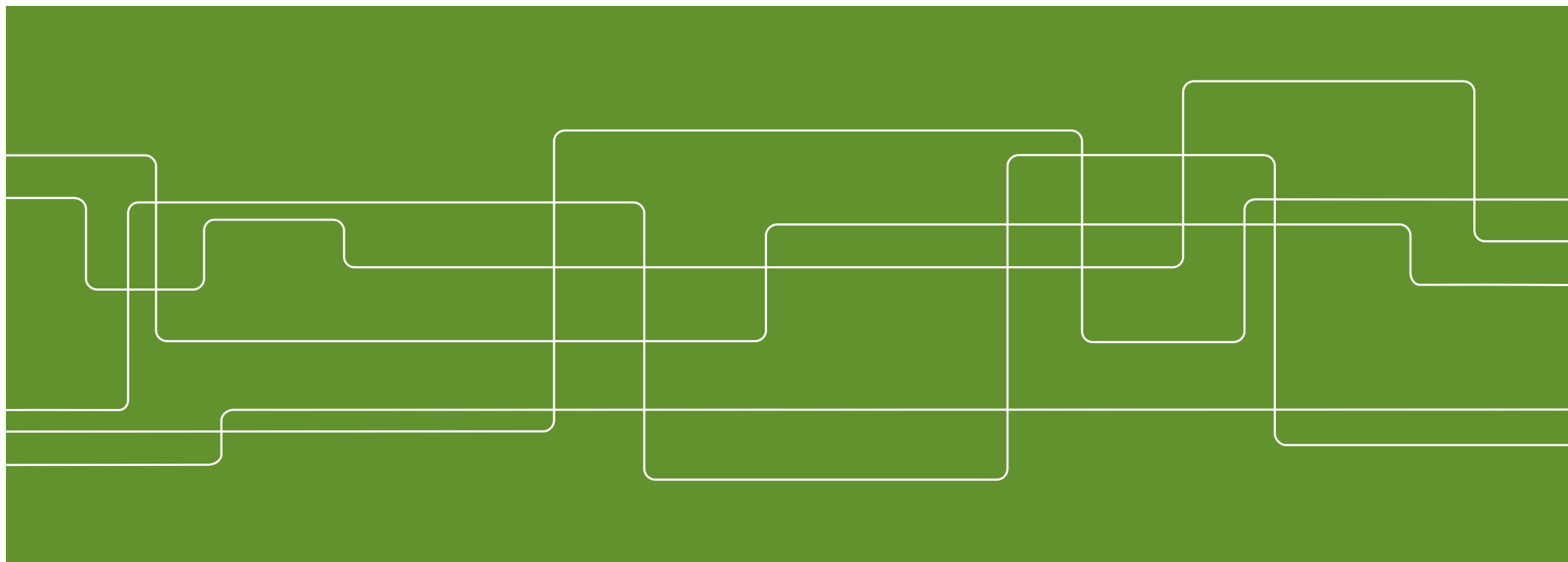


# Om SMR: Små modulära reaktorer det svenska exemplet

NY TEKNIK · 7 APRIL 2022 · NR 6

---

■ Framtidens kärnkraft



## Framtidens kärnkraft

6

NY TEKNIK · 7 APRIL 2022 · NR 6

### Framtidens kärnkraft

**Är små och serleproducerade blykylda reaktorer Sveriges framtida kärnkraft?** Snart ska en prototyp byggas. Ny Teknik har besökt korrosionslabbet på KTH, där allt tog sin början med ett nytt stål.

## Här testar forskarna en svensk SMR

I labbet på KTH lyfter korrosionsforskaren Peter Szakalos på locket till en behållare och visar det smältta blyet innanför. Ytan skömmar ibland som benströsocker i en vattenkyl.

En pytteliten plöte av stål har sänkts ned i det 500 grader varma blyet och sedan långsamt dragits här. Deplåsen visar att kraften landade på blyet.

Syttat med experimentet är att se hur stålet står emot den korrosiva miljön. Peter Szakalos är mycket nöjd med resultatet.

– Alla normalt stål har haft problemet att de tenderar att spricka när de är nedskänkta i bly och man rågar på en mikroskop linse. Men vi kan demonstrera enligt alla tester att det här nytvacklade stålet är helt sprickbenäget, säger han.

En stål som inte spricker är en fördel om man ska bygga en kärnreaktor där hårdheten kylvat är smält bly. Det är exakt den planen som företaget Blykalla har haft i flera år.

Företaget bildades 2017 efter att forskare på KTH hade kommit på en ställning som kändes bra. Sedan dess har ytterligare två patent utfärdats för nya ställningar.

– Alla bygger på samma idé, att låda ett tunt lager aluminiumoxid på ytan, 10–50 nanometer tjockt. Men så nano-meter är ingenting, det är en fraktion av en hårstrå. Man kan tänka sig att det blir farligt om man får bara en flimring, då kan bly komma in till stålet och börja äta upp det, men det händer faktiskt inte med denna nya stål, säger Peter Szakalos.

Stålet i filmen som nyss har dragits här i labbet består till fyra viktprocent av aluminium. På något sätt verkar det som om den låga aluminiumhalten motverkar sprickbildning. Men exakt hur



**Linda Nohrestedt**  
Sjef för  
korrosionslabbet  
på KTH

Det går till kan forskarna inte inte förklara.

Peter Szakalos tror att det beror på att aluminiumatomer i stålet sprider sig till sprickor eller repor och lagar skadan genom att reagera med syre och bilda aluminiumoxid. Stålet blir sålunda självläkande.

Blykylda reaktorer är en ny typ av kärnkraft som inte har varit i kommersiell drift i världen ännu. Ryssland har visserligen använt reaktorer kylvat av bly och vismut, men bara i militära ändamål.

– På hur de skiljer sig mer än ett är i full effekt. Ölforsreaktorer drivs på det viset. Så vi måste visa att det går att köra de här reaktorer på full effekt under kontinuerlig drift, säger Janne Wallentus, professor i reaktorteknik på KTH och grundare till Blykalla.

Män nu pågår bygget av världens första storskaliga blykylda reaktor i Rysland. Inom 30 år, som är planerat, ska det tas i drift. – Allt det händer kommer de att visa att det fungerar i kommersiell skala, säger Janne Wallentus.

På grund av de begränsade erfarenheterna av blykylda reaktorer i drift menar

en del bedömare att det är bättre att satsa på vattenkylda reaktorer, en teknik som har använts sedan kärnkraftens barndom (från 70 år sedan).

Men Janne Wallentus pekar på att alla nya typer av kärnreaktorer får inkänningsproblem och tar EPR, exempelvis tryckvattenreaktor, som exempel. Den modellen används bland annat i franska Oléolovo, ett projekt som försenades mer än ett decennium men som nu har börjat leverera el.

– Den franska vattenkylda reaktorn tyckte man var så himla lik tidigare koncept, det var bara en liten förändring, men de hade ju såna möjliga problem, säger han.

Det blykylda reaktorkonceptet som har utvecklats av Blykalla kallas för Sealer. En prototyp ska byggas i Oskarshamn, istället för befintliga kärnkraftverken, och för det har Energimyndigheten beviljat 90 miljoner kronor i stöd. Prototypen ska dock inte laddas med kärnbränsle utan värmas med el för att verifiera att konceptet fungerar som tänkt.

Blykalla hoppas att prototypen sedan ska leda till en större demonstrationsreaktor byggd 2030 och att en fabrik för tillverkning av Sealer-reaktorer ska uppträsa i Sverige (se faktaruta).

Jämfört med de konventionella kärnkraftverken som drivs i Sverige i dag skiljer sig Sealer åt på flera punkter (se grafik). Den kylvat av smält bly i stället för vatten, den har en modular design och den är betydligt mindre. Styckades konceptet testas på en reaktorscenerie om 55 MW elektrisk effekt. Det motsvarar ungefär en fjogondel av Ringhals 3, som har 1074 MW.

En annan skillnad är att den har passiva säkerhetsfunktioner, som ska fungera utan handpåläggning. Det smälta

### Blykylda reaktorn Sealer



Fysikprofessor Per Olsson visar en bränslekärl i labbet på KTH. Foto: Mikael Thengström



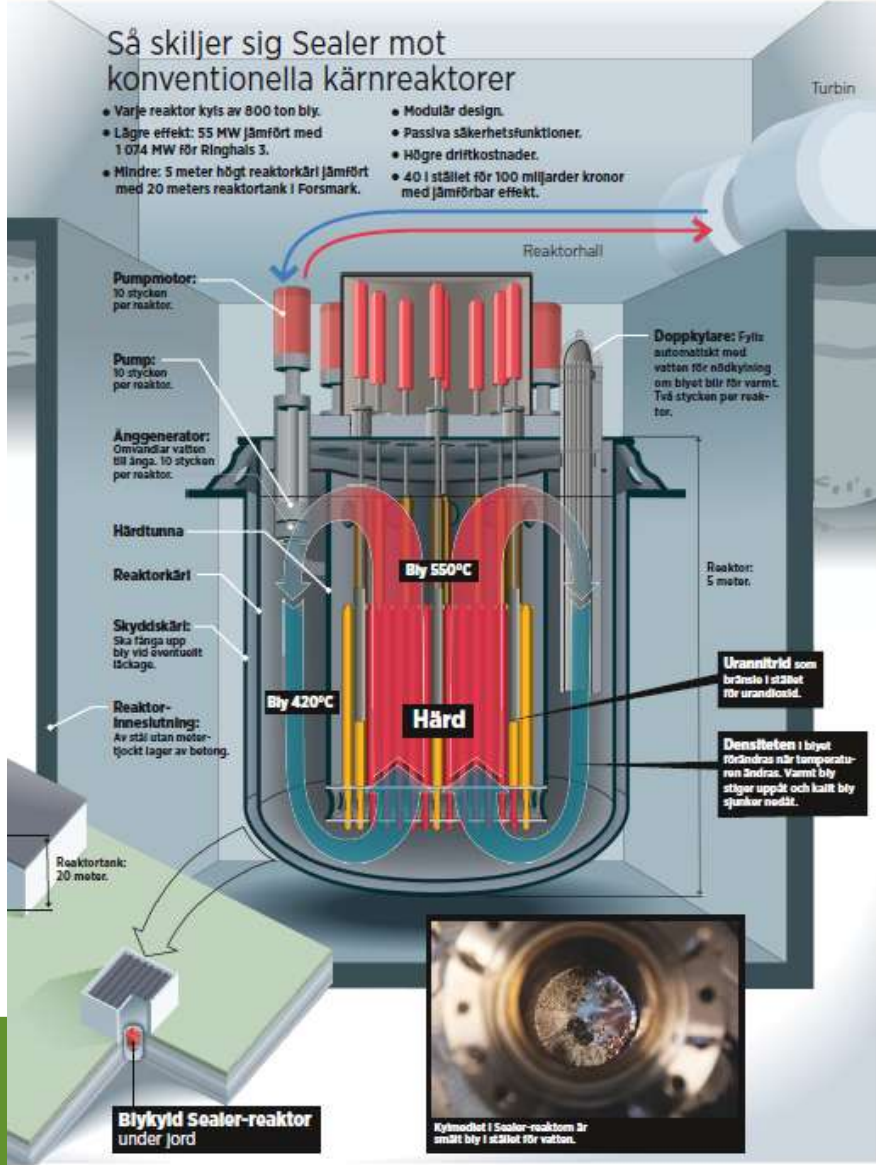
Fakta: Linda Nohrestedt. Grafik: Jonas Askergren

7

NY TEKNIK · 7 APRIL 2022 · NR 6

### Så skiljer sig Sealer mot konventionella kärnreaktorer

- Varje reaktor kylvat av 800 ton bly.
- Lägre effekt: 55 MW jämfört med 1 074 MW för Ringhals 3.
- Mindre: 5 meter högt reaktorkärl jämfört med 20 meters reaktortank i Forsmark.
- Modular design.
- Passiva säkerhetsfunktioner.
- Högre driftkostnader.
- 40 i stället för 100 miljarder kronor med jämförbar effekt.

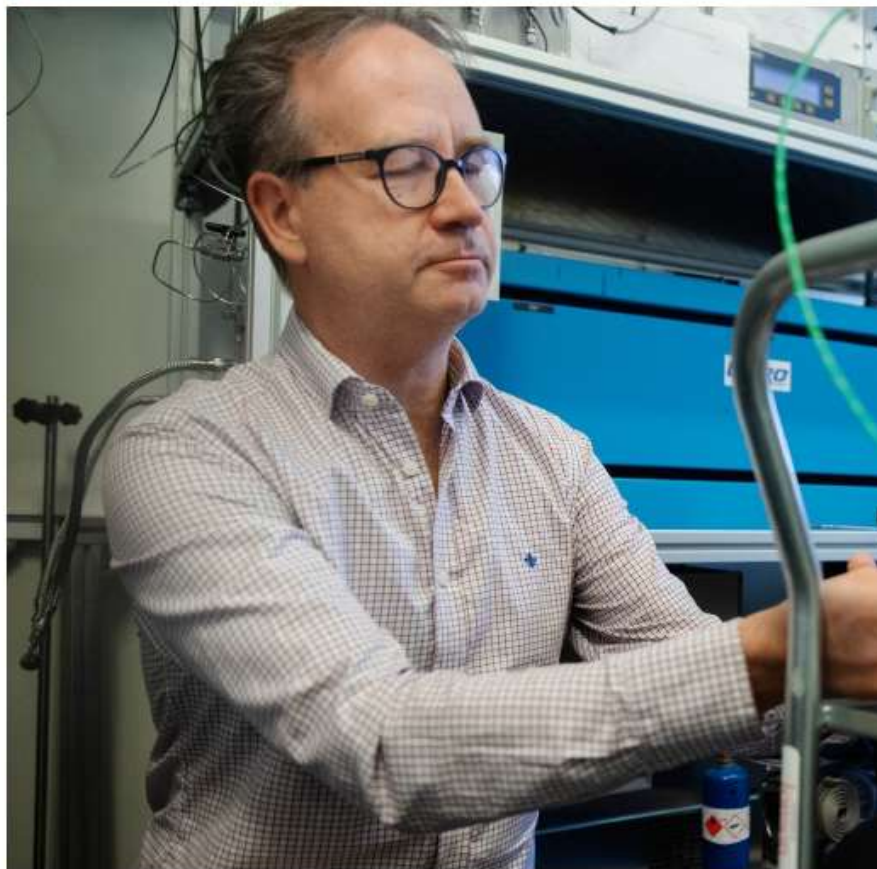


## Framtidens kärnkraft

8

NY TEKNIK · 7 APRIL 2022 · NR 6

### Framtidens kärnkraft



► Blyet drivs runt av pumpar i vanliga fall, men om anläggningen skulle ta upp sin externa strömförsejring ska blyet själv-cirkulera. Det är möjligt på grund av att densiteten i blyet ökar när temperaturen sjunker. Varmt bly stiger uppåt och kallt bly sjunker nedåt.

**Samma sak går att få till stånd** med vatten som kylmedel och görs också i nya storskaliga reaktorer, till exempel Westinghouses tryckvattenreaktor AP1000 och GE Hitachi ESBWR.

– Men det är mycket svårare att göra det i en blyreaktor. Framför allt kan man göra det i ett mycket mer kompakt format. För att få själv-cirkulationen att sitta ihop

i en vattenkyld reaktor behöver reaktorkärnan vara 20-25 meter hög, medan det räcker med fem meter i en blykyld reaktor, säger Janne Wallenius.

Gåvan till reaktorn blir mer kompakt är också förhöjningen att det ska bli mycket billigare att tillverka och bygga än ett konventionellt, stort kärnkraftverk.

Janne Wallenius räknar med att en konventionell reaktor kostar ungefär 100 miljarder kronor att bygga, medan en Sealer-reaktor kostar 2 miljarder. Men det krävs ungefär 20 reaktorer av Sealermodell för att nå samma effekt som ett konventionellt kärnkraftverk. Så överfört till jämförbar effekt blir det alltså 40 miljarder kronor för en Sealer-

anläggning och 200 miljarder för en konventionell reaktor.

– Ja, vi riktar med en Sealer blir mindre än hälften så dyr att bygga, säger Janne Wallenius.

Men sedan tillkommer driftkostnader, som blir höga för Sealer än en konventionell reaktor.

– Reaktorn är mycket mindre men vi kan inte skala ner personalbehovet lika mycket. Man måste alltid ha säkerhetsvakter,

brandkår och driftpersonal, säger han.

**Sammantaget siktar Blykalla på en kostnad för produktionen om 60 öre per kWh.**

– Det kan jämföras med till exempel franska EPR-reaktorer som kramar på 3 kronor per kWh när man bygger dem i dag, säger Janne Wallenius.

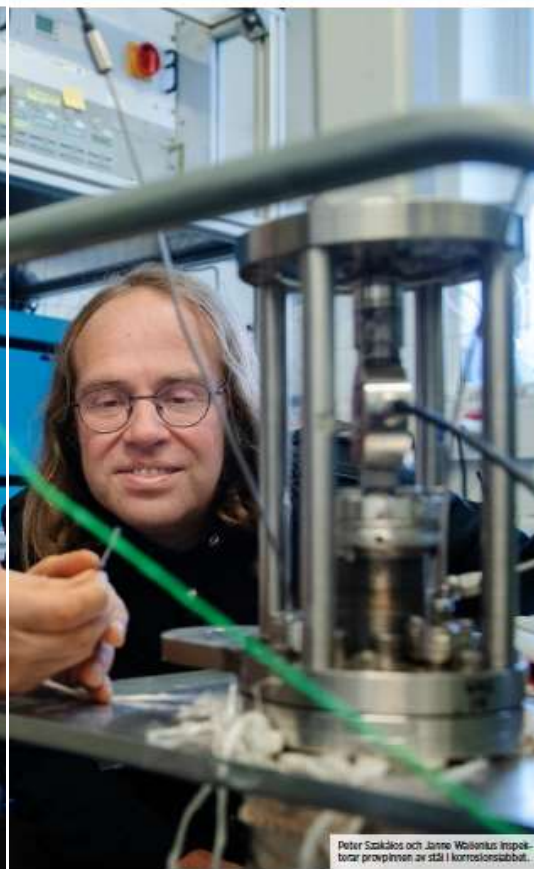
Det finns dock exempel från

Asten som visar att det är möjligt att bygga även storskaliga reaktorer till en kostnad som ligger mer i nivå med Blykallas ambitioner, runt 50 öre per kWh, enligt en brittisk studie från 2018.

En annan passiv säkerhetsfunktion i Sealer-konceptet är stavarna som snabbt ska kunna stänga av reaktorn. I en konventionell reaktor används snabbstoppstavar av blykarbid som släpps ned i reaktorkärnan och sjunker i vattnet.

– Men sådana skulle bara flyta på toppen av blyet i Sealer-reaktorerna, så vi måste göra speciala snabbstoppstavar som har höga densitet, säger Janne Wallenius.

Planen är att använda volfram-borid. Precis som i vanliga reakt-



örer finns det reaktoröskott, som ska tillverkas av stål. Färdigställningen är alltså stavska ska släppas automatiskt när temperaturen går över 600 grader Celsius.

– Stålet är magnetiskt men förlorar sin magnetism vid 600 grader, så det är en funktion vi skulle kunna använda. Men vi måste prova att det fungerar i praktiken, säger Janne Wallenius.

**Till skillnad från vanliga kärnkraftverk, som har uranbränsle som bränsle, är planen att Sealer-reaktorerna ska drivas av urantrioxid.**

– I urantrioxid har du bara en lätt atom i stället för två långa atomer i uranbränslet, så att du får in 40 procent mer uran i stavarna. Då kan du göra en bränsletäta i ett

mycket mer kompakt format, säger han.

Därmed riktar Blykalla med att en reaktor kan drivas i 25 år utan att bränslet behöver bytas ut. I konventionella kärnkraftverk byts en fjärdedel av bränslet härden varje år.

Men eftersom urantrioxid inte har använts som bränsle i svenska kärnkraftverk reaktorer förkunnade med att det kan bli be-

svärligt att få tillstånd för det. Därmed är planen att demonstrationsreaktorn i Oskarshamn dras igång med urantrioxid men följes successivt med urantrioxid.

**I konventionella kärnkraftverk fungerar vattnet också som moderator, vilket innebär att neutronerna saktas ned. Sealer är en så kallad snabbreaktor där neutronerna inte ska bromsas, Janne**

**Blykallas tidplan**

- 2024: En ordnad prototypreaktor om 3,3 MW tas i drift i Oskarshamn.
- 2030: En demonstrationsreaktor om 80 MW torrens ettakt byggd i Oskarshamn och laddas med kärnbränsle.
- 2032: En kärnkraft för tillverkning av reaktorer tas i drift i Sverige.

9



För Olsson, professor i fysik, vitar en bränsletäta.



I korrosionscellen testas forskarna att den lätt små plåtar av Blykallas öppentvåkade stål.

Prototypen av Blykallas reaktor Sealer ska byggas vid kärnkraftverket i Oskarshamn, där reaktor O3 (olsson) är i drift.



Wallenius tycker att det är en fördel eftersom det därför går att använda bränslet mer effektivt.

Ambitionen är att det ska bli tillräckligt att återvinna uranet från Sealer-reaktorer. Men till fall kommer det inte att göras förrän till 2060.

Sådan återvinning skulle innebära en kemisk process där man löser upp det använda kärnbränslet i syror och sorterar bort fissionsprodukterna. Sedan kan det återstående bränslet kylas och vara till reaktorn.

– Det är en benvärdig process och en kostsam anläggning. Så vi siktar till på den investeringen, säger Peter Skacklov, som är styrelseledamot i Blykalla.

- 1 Bly reagerar långsamt med vatten och luft.
- Vi har ingen risk för kemiska explosioner i det här systemet, säger han.
- 2 Systemet är inte trycksatt.
- Det innebär att om du får en olycka finns det ingen kärnkraft för att driva ut radioaktiva ämnen till omgivningen.
- 3 Blyets kokpunkt är 1740 grader Celsius.
- Vi skänker risken för att kylmediet kokar bort, alltid

## Framtidens kärnkraft

10

NY TEKNIK · 7 APRIL 2022 · NR 6

### Framtidens kärnkraft



Pär Olsson i bränslebädd på KTH. Bakom honom syns Georgios Zagorakis.

det som hände i alla de tre stora olyckorna Tjernoby, Three Mile Island och Fukushima.

**4 Bly expanderar när det blir varmt**

- Densiteten i bly minskar mycket mer per temperaturökning än andra kylmedel. Det är förtäta- stekt bra. Det driver självskulda- tionen.

**5 Bly är ett effektivt strålskydd**

- Därför behövs inga tjocka betongväggar i reaktorn.

**6 Bly binder jod**

- Systemen reagerar gärna med jod och bildar blyjodid, som inte är lösligt.

- Bly är ett väldigt bra kemiskt filter för radioaktivt jod. Om jod skulle släppas ut från bränslestavarna har de ett filter i reaktorn

lanken och behöver inte ha några exarna filter.

**Pär Olsson, som är professor i fysik på KTH och även involverad i prototyp-projektet, pekar på en ytterligare fördel: reaktion jobbar i en mycket hög temperatur, vilket gör att den producerar änga som är mycket varmare än i ett vanligt kärnkraftverk.**

- Det gör att man kan tillverka elektriciteten väldigt effektivt, pyrolysera biomaterial till biokol eller bioolja, eller använda hög-temperatur-elektrolys för att tillverka vägska, säger han.

Men det finns också flera nackdelar med att ha smält bly i en reaktor. Förutom att det är korrosivt och kan bryta ner material finns flera andra nackdelar:

**1 Bly är inte genomskinligt**

- Man kan inte se igenom bly och kan inte inspektera bränsle-

stavarna genom att titta på dem. I stället får man sätta ner sonder med ultraljudsdetektorer, vilket är mer komplicerat, säger Janne Wallentus.

**2 Bly har hög densitet**

- Den höga densiteten i bly ger en hög belastning på pumparna som ska driva runt kylmediet.

- På grund av densiteten är det högre snöskott på pumparna, så tvättning på pumparna blir kortare än för andra kylmedel.

Målsättningen är att pumparna inte ska behöva bytas ut oftare än en gång per år. Erosionsstaster ska göras på KTH för att verifiera att det går att klara.

**3 Bly har hög smältpunkt**

- Bly smälter vid 327 grader Celsius, vilket innebär att allt underhållsarbete måste göras i minst 330 grader Celsius.

- Vi måste göra underhåll med

fjärrstyrning och vara fredsliga så att inte här kablar börjar brinna. Och alla elektriska motorer måste fungera vid de temperaturerna.

**Om temperaturen blir för låg och blyet stelnar måste det för- värmas så att det smälter. Sedan måste alla rör inspekteras så att man kan föräkra sig om att de inte har gått sönder, eftersom bly krymper när det stelnar och kan orsaka skador.**

I ett scenario där reaktorn släpps av men kylningen fortfarande vattongenomsättning i ånggeneratorerna skulle blyet kunna stelnas på en timme. Det är dock ett scenario som inte ska kunna inträffa vid normal drift.

- Det skulle väl

kunna vara en övrig reaktor i ett krigsområde tyvärr. Men det är snarast en ekonomisk fråga. Om blyet flyttas ned från reaktorn men det blir inte färdigt för om- givningen, säger Peter Svanåker.

**Flera steg återstår dock innan reaktorn kan bli verklig i Sverige. För att demonstrationsreaktorn ska bli byggd behövs ungefär 1,5 miljarder kronor skakas fram.**

För Olsson tror att det svåraste i reaktorkonceptet blir att få den ekonomiska kalkylen att gå ihop.

- Håller en pump i ett år är ekonomiskt helt klart bra och snyggt. Men håller den i fyra veckor måste vi ha en annan idéning. Och gränsen för var den ekonomiska kalkylen går ihop är inte utredd, säger han.



Pär Olsson.

LINDA NORDSTEDT, 08-706 6417  
linda.nordstedt@kth.se



# Kommentarer till texten - 1

- 1) "Blykalla hoppas att prototypen sedan ska leda till att en större demonstrationsreaktor byggs 2030 och att en fabrik för tillverkning av Sealer-reaktorer ska uppföras i Sverige". **LS: Verkar onekligen lite optimistiskt när man ser på resterande utmaningar...**
- 2) "Blykallas koncept inriktas på en reaktorstorlek om 55 MW elektrisk effekt": **LS: Ringhals 1-2, ca 900 MW**
- 3) "För att få självirkulationen att sätta igång i en vattenkyld reaktor behöver reaktortanken vara 20–25 meter hög, medan det räcker med fem meter i en blykyld reaktor, säger Janne Wallenius." **LS: Denna är nog därmed möjlig att "fabrikstillverka"?**
- 4) "Reaktorn är mycket mindre men vi kan inte skala ner personalbehovet lika mycket. Man måste alltid ha säkerhetsvakter, brandkår och driftpersonal, säger han". **LS: Ja, det blir högre driftkostnader.**

## Kommentarer till texten - 2

- 5) "Därmed räknar Blykalla med att en reaktor kan drivas i 25 år utan att bränslet behöver bytas ut. I konventionella kärnkraftverk byts en fjärdedel av bränslet i härden varje år". **LS: Kan det fungera? Tillkommer att själva bränsle-kostnaden därmed snarare är att betrakta som en investeringskostnad, dvs räntan har en stor betydelse. Man måste lägga ut all kostnad för bränslet redan initialt.**
- 6) "2024: En elvärmd prototypreaktor om 3,3 MW tas i drift i Oskarshamn." **LS: Intressant målsättning, då måste därmed alla pumpar mm fungera. Och blyet får inte stelna, och man måste ha sensorer på mycket eftersom bly inte går att se igenom.**
- 7) "Den höga densiteten i bly ger en hög belastning på pumparna som ska driva runt kylmedlet. – På grund av densiteten är det högre erosion på pumparna, så livslängden på pumparna blir kortare än för andra kylmedel. Målsättningen är att pumparna inte ska behöva bytas ut oftare än en gång per år. Erosionstester ska göras på KTH för att verifiera att det går att klara." **LS: Här verkar vi ha en central utmaning, åtminstone enligt dem själva.**



## Kommentarer till texten - 3

- 8) "Om temperaturen blir för låg och blyet stelnar måste det först värmas så att det smälter. Sedan måste alla rör inspekteras så att man kan försäkra sig om att de inte har gått sönder, eftersom bly krymper när det stelnar och kan orsaka skador. I ett scenario där reaktorn stängs av men kylningen fortgår via vattengenomströmning i ånggeneratorerna skulle blyet kunna stelna på en timme. Det är dock ett scenario som inte ska kunna inträffa vid normal drift. – Det skulle väl kunna vara en övergiven reaktor i ett krigs område typ. Men det är snarast en ekonomisk fråga. Om blyet fryser ned förstörs reaktorn men det blir inte farligt för omgivningen, säger Peter Szakálos". **LS: Detta är väl knappast en liten risk för en investerare? Dvs om man tappar elförsörjningen så förstörs reaktorn? Som jag tolkar detta?**
- 9) "Pär Olsson tror att det svåraste reaktorkonceptet blir att få den ekonomiska kalkylen att gå ihop. – Håller en pump i ett år är ekonomin helt klart bra och snygg. Men håller den i fyra veckor måste vi ha en annan lösning. Och gränsen för var den ekonomiska kalkylen går ihop är inte utredd än, säger han.". **LS: Ja detta är, som jag ser det, verkligen ett "forskningsprojekt"**.



# Vad gör Vattenfall: Exempel

**Kärnkraft-SMR: 10 miljoner kronor:** "...Over the coming years we will together with Vattenfall execute several studies on SMR deployment, site visits and training courses..."

**Vindkraft: 7690 miljoner kronor:** "...Vattenfall has taken the final investment decision for Vesterhav Syd and Vesterhav Nord adding 344 MW of fossil free electricity capacity..."

VATTENFALL 

PRESS RELEASE TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT  
31 MAY 2021, 12:45 CET 3 MIN

## Vattenfall to become minority shareholder of Estonian nuclear energy start-up company Fermi Energia

Vattenfall has signed an agreement with the Estonian nuclear energy start-up company Fermi Energia in order to become a minority shareholder of the company with a seed investment of Euro 1 million.

In November 2020, Vattenfall extended its ongoing cooperation with Fermi Energia by signing a Letter of Intent to explore the possibilities for Small Modular Reactor (SMR) deployment in Estonia. Vattenfall has now accepted the opportunity to become a minority shareholder of approximately six percent ownership.

"With this minority investment, Vattenfall can contribute our know-how and work jointly on feasibility studies about costing, supply chain and capabilities to construct and operate Small Modular Reactor technology. Innovative and fossil free future nuclear generation such as SMR seems very promising for Estonia that has the highest average CO<sub>2</sub> emissions per generated kWh of electricity among all EU member states," says Torbjörn Wahlborg, Senior Vice President Generation at Vattenfall.

The extended collaboration will further explore the maturity of SMR technology and the prospects for deployment of one or several such reactors in Estonia until 2035. In addition to Vattenfall the initiative involves other European energy



VATTENFALL 

PRESS RELEASE WIND 14 DECEMBER 2021, 17:15 CET 2 MIN

## Vattenfall gives go-ahead for Vesterhav Syd and Nord offshore wind farms

Vattenfall has taken the final investment decision for Vesterhav Syd and Vesterhav Nord adding 344 MW of fossil free electricity capacity to the Danish energy system towards 2023.

With the final investment decision at a value of 769 MEUR Vattenfall and its suppliers will initiate the last stage of the development of the two offshore wind farms Vesterhav Syd and Nord.

After recently having inaugurated Kriegers Flak and Horns Rev 3 offshore wind farms, the Vesterhav projects mark the third major project in a row for Vattenfall in Denmark.

The wind farms will be ready to provide fossil free electricity to Danish consumers and industry by the end of 2023 at the latest.

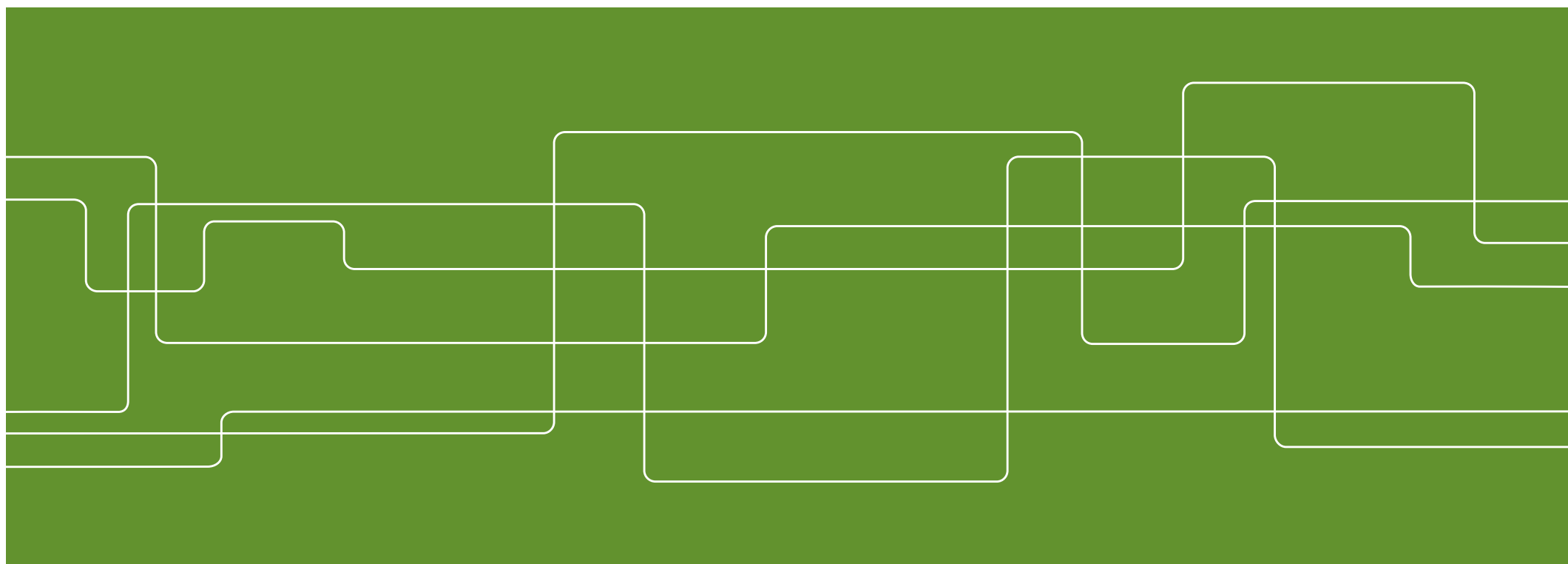
"We are pleased to have made the final investment decision for the Vesterhav projects. At Vattenfall we want to enable fossil-free living within one generation, and we will continue to work towards this goal step by step through projects such as the Vesterhav offshore wind farms," says Anna Borg, CEO at Vattenfall.

With a combined capacity of 344 MW equivalent to the annual consumption of more than 350,000 Danish households Vesterhav Syd and Nord represent a significant contribution to the green transition in Denmark in the coming years.



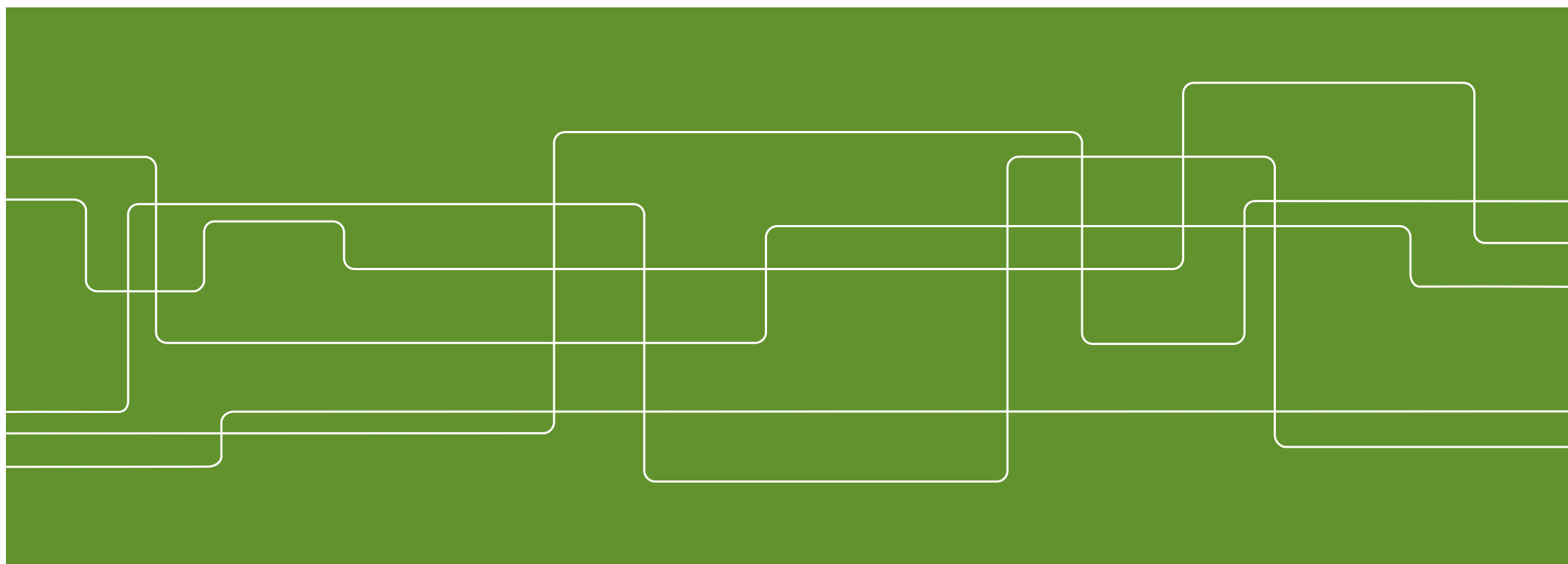


# Bonus-bilder





# **Sydsverige: Om kostnader för att ansluta havsbaserad vindkraft**





# Om kostnader för anslutning av havsbaserad vindkraft – 1: **Sydsvenskan 30/9-21**

Näringsliv

## Energijättarna hotar stoppa vindkraftsbyggen utanför Skåne

30 september 2021 08:00

Svenska Vattenfall och danska Ørsted vill investera miljarder i varsin jättelik vindkraftpark i vattnen söder om Skåne.

Men båda bolagen hotar att stoppa satsningarna – om inte regeringen flyttar över kostnaden för nätanslutningen till elkunderna.

**Vattenfall** vill bygga en vindkraftpark med 30-40 verk på svensk del av Kriegers flak. Kapaciteten beräknas bli **640 MW**.

**Ørsted** vill bygga ännu större i "Skåne havsvindpark", 22 km söder om Abbekås, en anläggning med flera hundra verk och en maxkapacitet på **1 500 MW**.

**Totalt: 640 + 1500 = 2140 MW**



# Om kostnader för anslutning av havsbaserad vindkraft – 2: **Kostnadsuppskattning**

**Konsultföretaget Sweco har gjort beräkningar åt Fortum**

”Vid en utbyggnad på mellan 3000 och 6000 MW **kan elpriserna i södra Sverige minska med mellan 6 och 13** öre per kilowattimme jämfört med ett referensscenario.

**Samtidigt tvingas elnätskunderna betala mellan 11 och 12,5 miljarder kronor extra** i ökade elnätsavgifter i ett läge då elnätsavgifterna förväntas öka betydligt, för att bygga bort de stora flaskhalsar som finns i dagens elnät. Utöver detta tillkommer kostnader för ytterligare stödtjänster för att balansera vindkraften”,

Fortum – analys effekter av slopad anslutningskostnad för havsbaserad vindkraft

SWECO



## Om kostnader för anslutning av havsbaserad vindkraft – 3: **Kostnadsuppskattning (av LS)**

- Antag **12 miljarder**
- Elnätskostnader sprids ut på samtliga svenska kunder
- Antag (lågt) att detta sprids ut under **15 år (150 TWh/år)**  
→ **0.5 öre/kWh**

”Vid en utbyggnad på mellan 3000 och 6000 MW **kan elpriserna i södra Sverige minska med mellan 6 och 13** öre per kilowattimme jämfört med ett referensscenario.

**Samtidigt tvingas elnätskunderna betala mellan 11 och 12,5 miljarder kronor extra** i ökade elnätsavgifter i ett läge då elnätsavgifterna förväntas öka betydligt, för att bygga bort de stora flaskhalsar som finns i dagens elnät. Utöver detta tillkommer kostnader för ytterligare stödtjänster för att balansera vindkraften”,



# Varför har Sverige fyra elområden?

Interpellation 2014/15:317 av Jonas Jacobsson Gjörtler (M) till Statsrådet Ibrahim Baylan (S)

*”...problemen med elunderskott i södra Sverige genom så kallad mothandel och genom att Svenska kraftnät ibland stoppade exporten av el till Danmark. Detta gillades inte av danskarna som 2006 anmälde förfarandet till EU-kommissionen. Kommissionen gav i sin preliminära bedömning danskarna rätt; det svenska agerandet var ett brott mot EU:s konkurrensregler eftersom danska kunder diskriminerades i syfte att säkerställa leveransen av el till kunder i Sydsverige.*

*Sverige riskerade därmed att drabbas av skadeståndskrav om inte en hållbar lösning kunde presenteras. Svenska kraftnät gjorde bedömningen att risken var överhängande att Sverige skulle fällas och att det kunde bli mycket dyrt. För att lösa problemet föreslogs därför en indelning av Sverige i fyra elområden. EU-kommissionen godtog denna lösning...”*

[https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/interpellationsdebatt/elomradesindelningen-och-dess-negativa-effekter\\_H210317#:~:text=Svenska%20kraftn%C3%A4t%20gjorde%20bed%C3%B6mningen%20att,av%20Sverige%20i%20fyra%20elomr%C3%A5den.](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/interpellationsdebatt/elomradesindelningen-och-dess-negativa-effekter_H210317#:~:text=Svenska%20kraftn%C3%A4t%20gjorde%20bed%C3%B6mningen%20att,av%20Sverige%20i%20fyra%20elomr%C3%A5den.)