

Lönsamhet för vindkraft



Är vindkraft idag lönsam?

Vindkraftens tekniska förutsättningar och utmaningar

Ett vindkraftverk omvandlar vindens kinetiska energi (rörelse) till elektrisk energi genom att bromsa upp vinden. Fysiken och den grundläggande teorin visades av Albert Betz första gången 1929.

Effekten P från vindkraftverket kan beräknas:

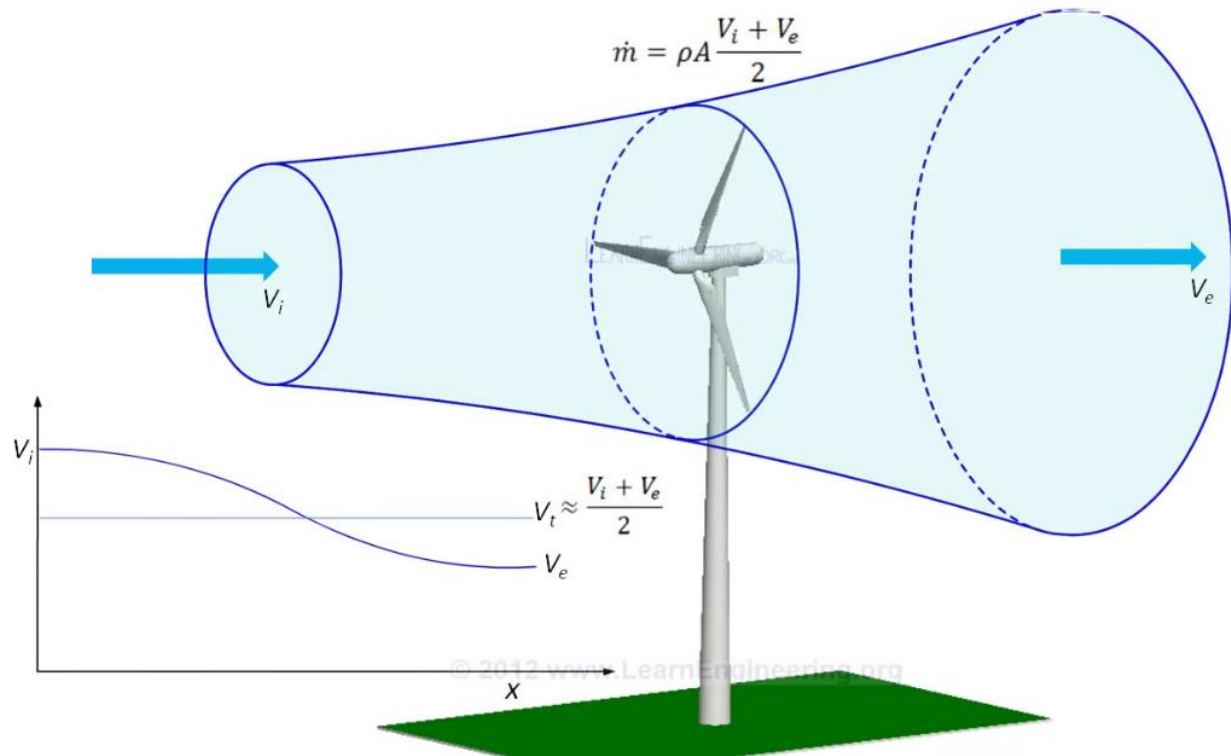
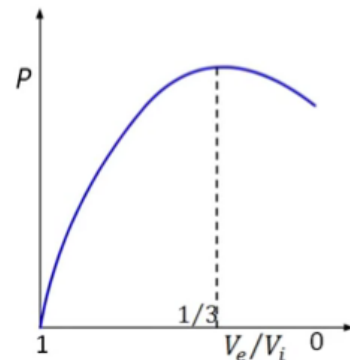
$$P = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_i^3$$

Turbinarea

Luftdensitet

$$C_{p_{\text{theory,max}}} = 16/27 \approx 0.59$$

Vindhastighet i kubik

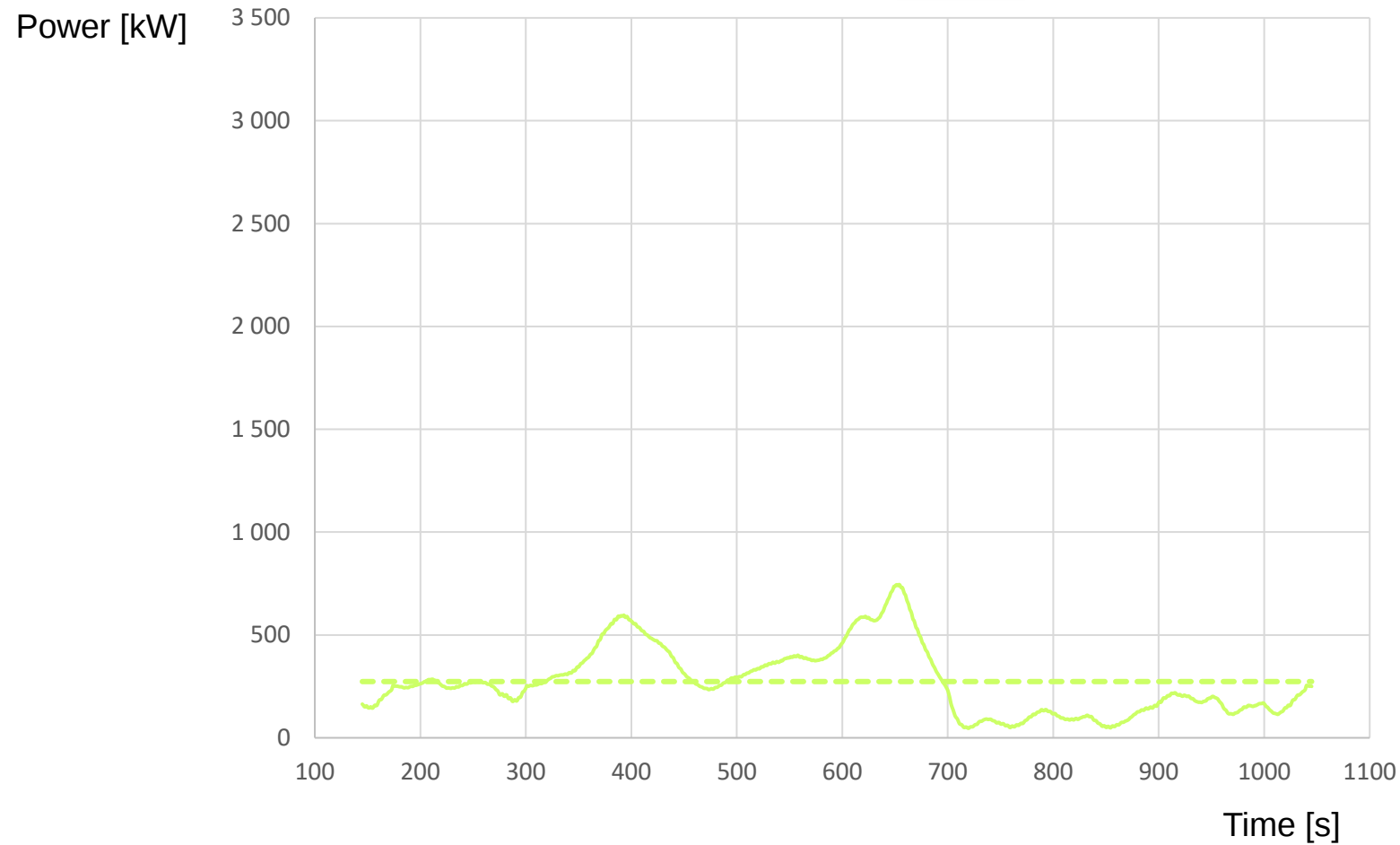


Power production during 15 minutes

A wind turbine at an average wind speed of 4 m/s

$$P = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_i^3$$

IEA Wind Task 37 3.4-MW
Onshore Wind Turbine



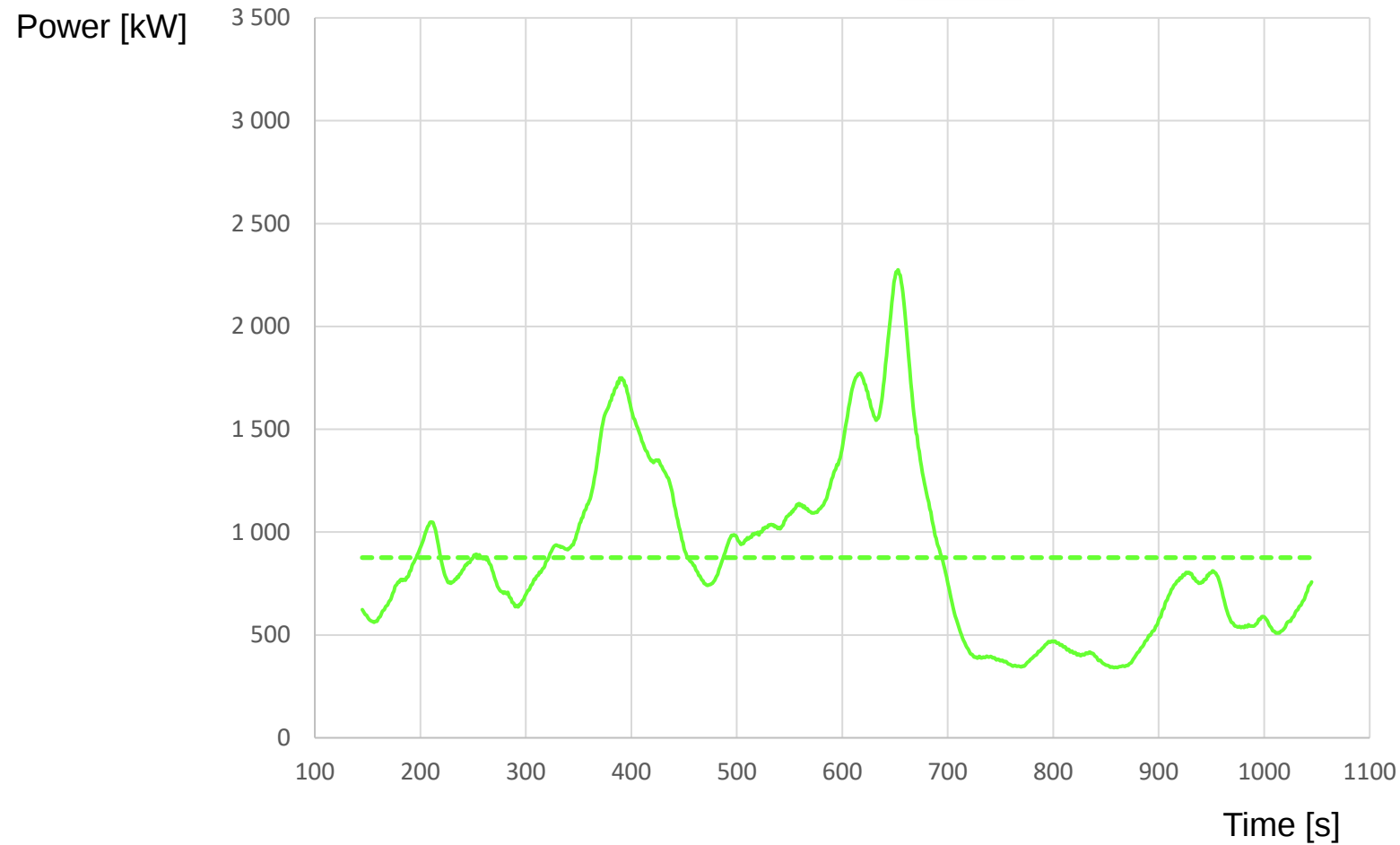
274 kW

Power production during 15 minutes

A wind turbine at an average wind speed of **6 m/s**

$$P = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_i^3$$

IEA Wind Task 37 3.4-MW
Onshore Wind Turbine



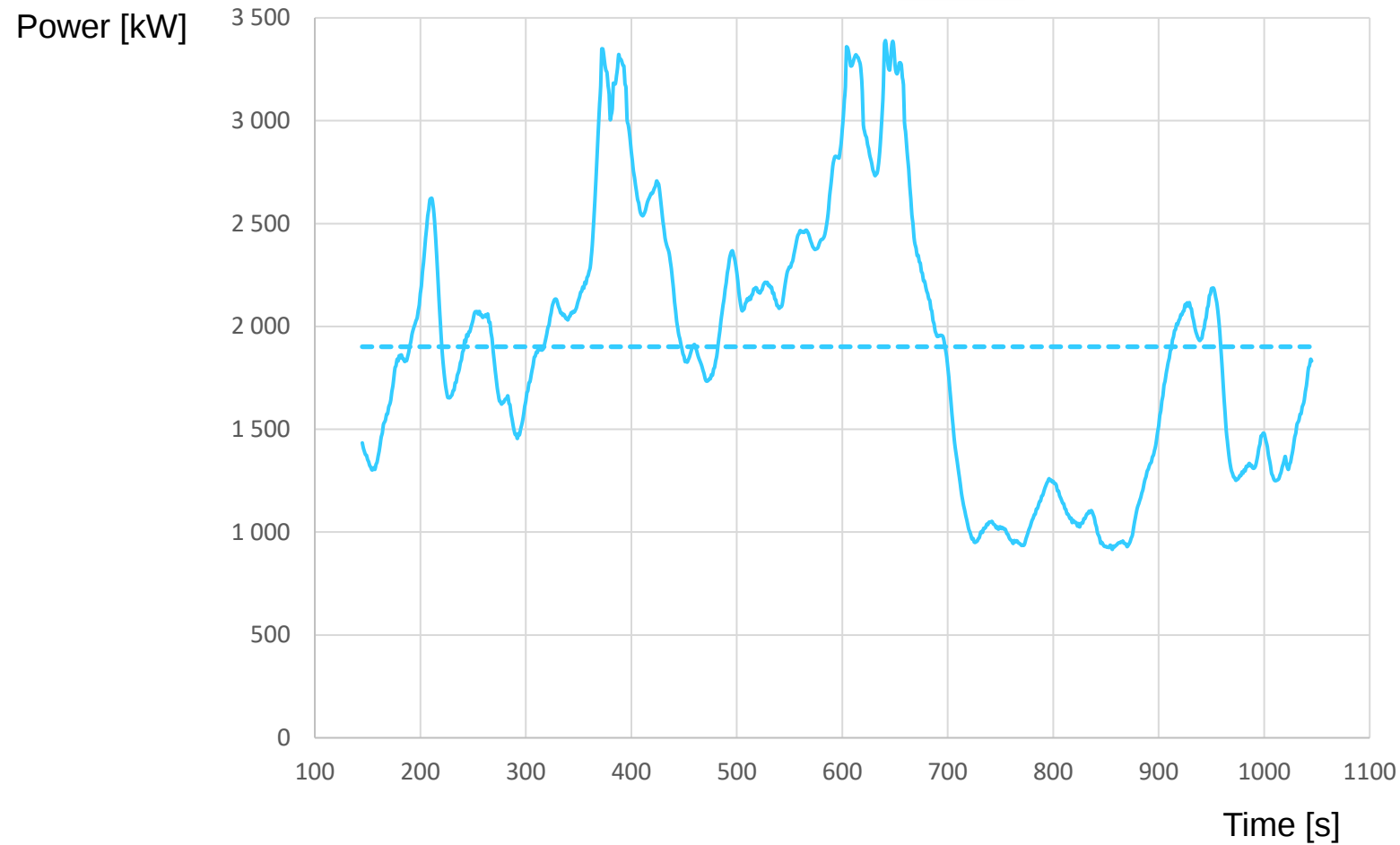
876 kW

Power production during 15 minutes

A wind turbine at an average wind speed of 8 m/s

$$P = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_i^3$$

IEA Wind Task 37 3.4-MW
Onshore Wind Turbine



— Power at 8 m/s

- - - Mean at 8 m/s

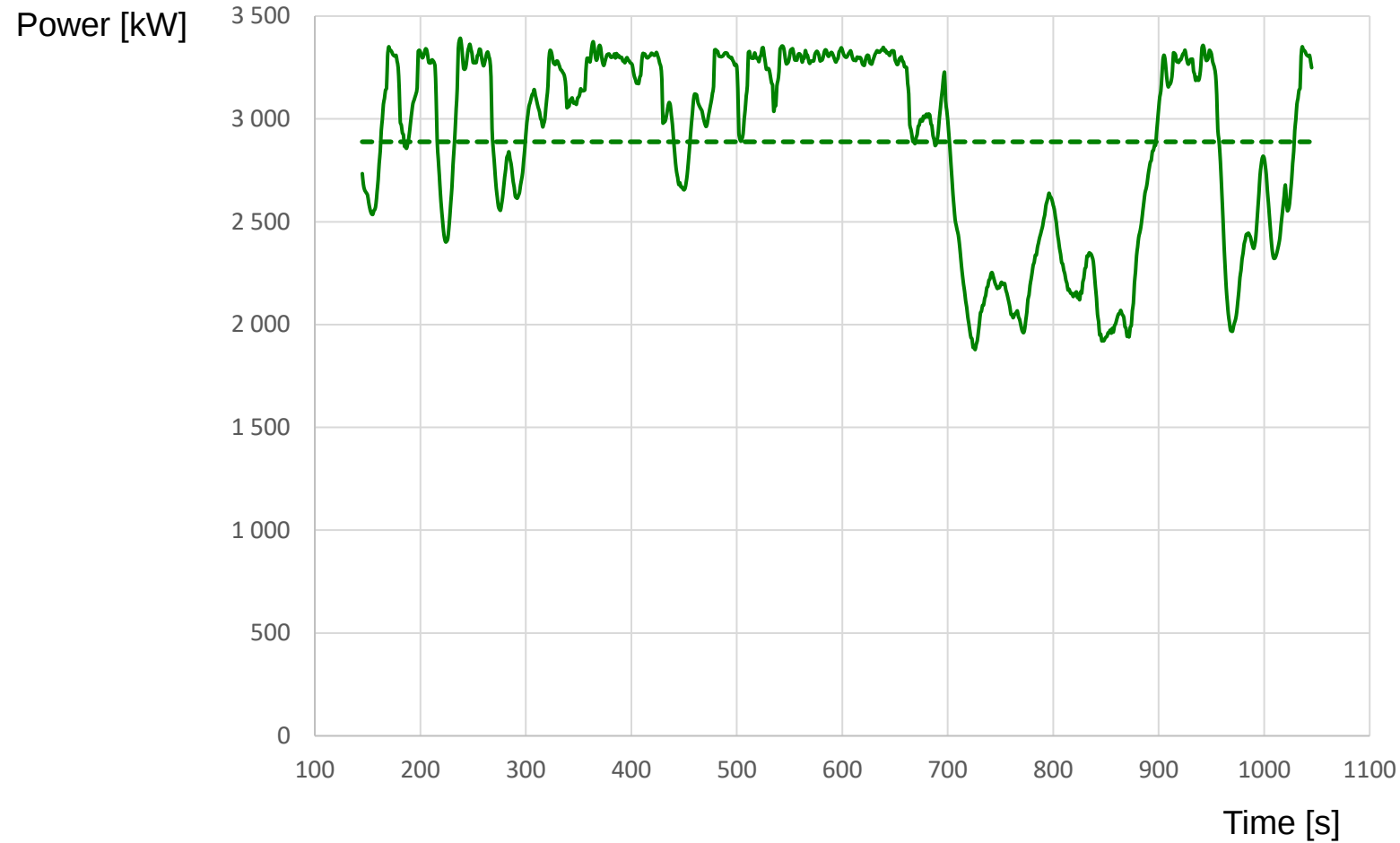
1901 kW

Power production during 15 minutes

A wind turbine at an average wind speed of 10 m/s

$$P = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_i^3$$

IEA Wind Task 37 3.4-MW
Onshore Wind Turbine



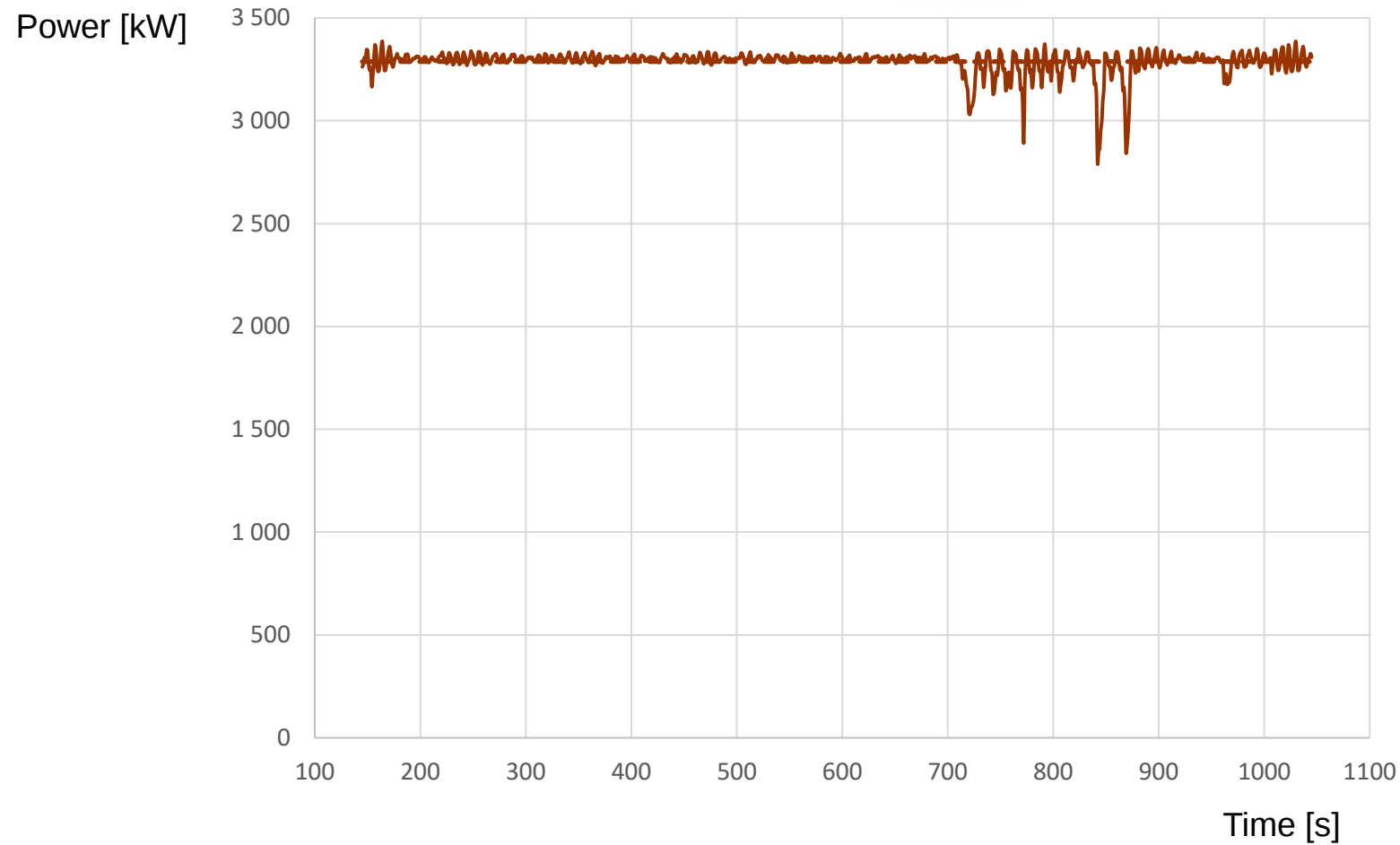
2889 kW

Power production during 15 minutes

A wind turbine at an average wind speed of 12 m/s

$$P = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_i^3$$

IEA Wind Task 37 3.4-MW
Onshore Wind Turbine



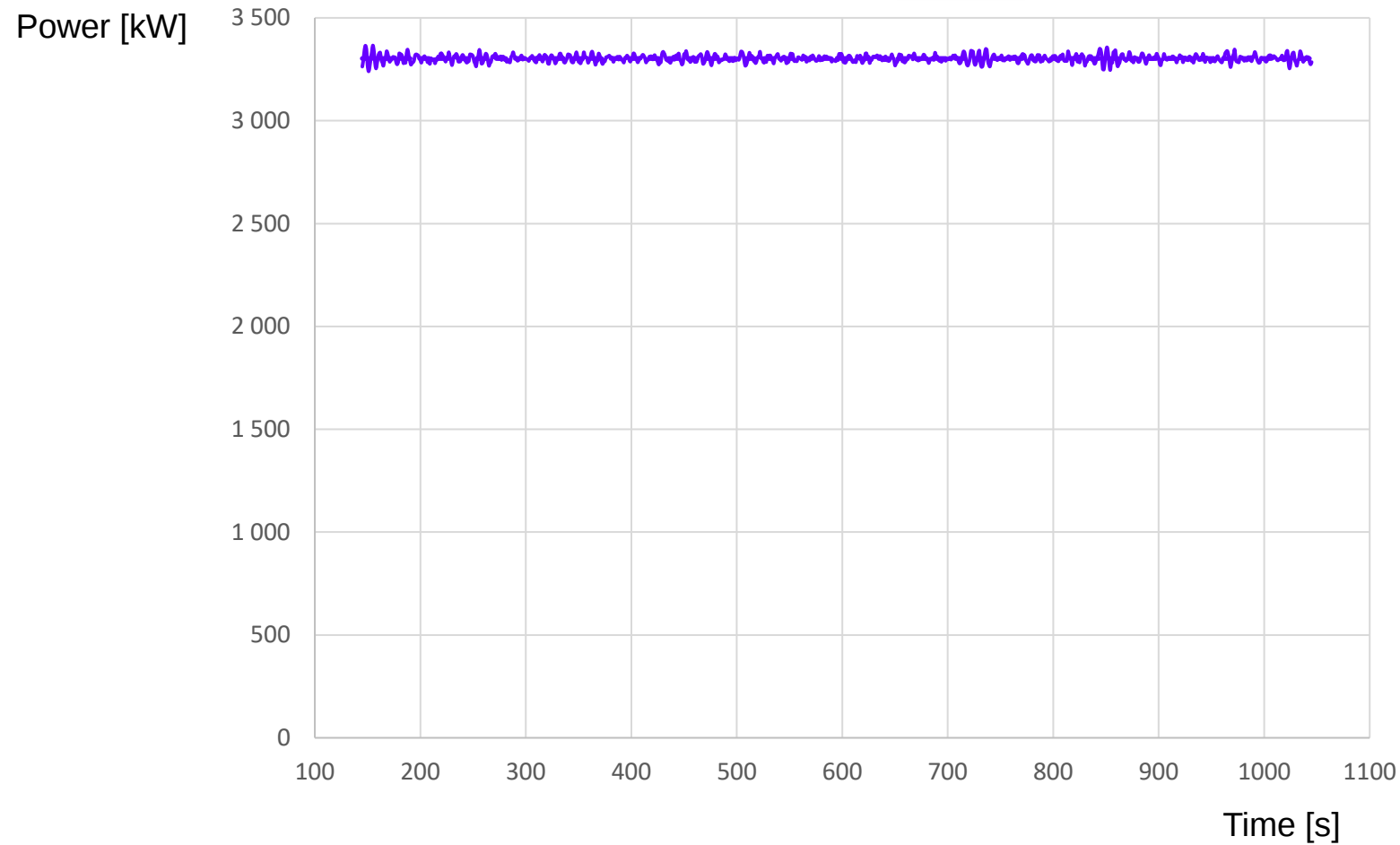
3287 kW

Power production during 15 minutes

A wind turbine at an average wind speed of 14 m/s

$$P = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_i^3$$

IEA Wind Task 37 3.4-MW
Onshore Wind Turbine



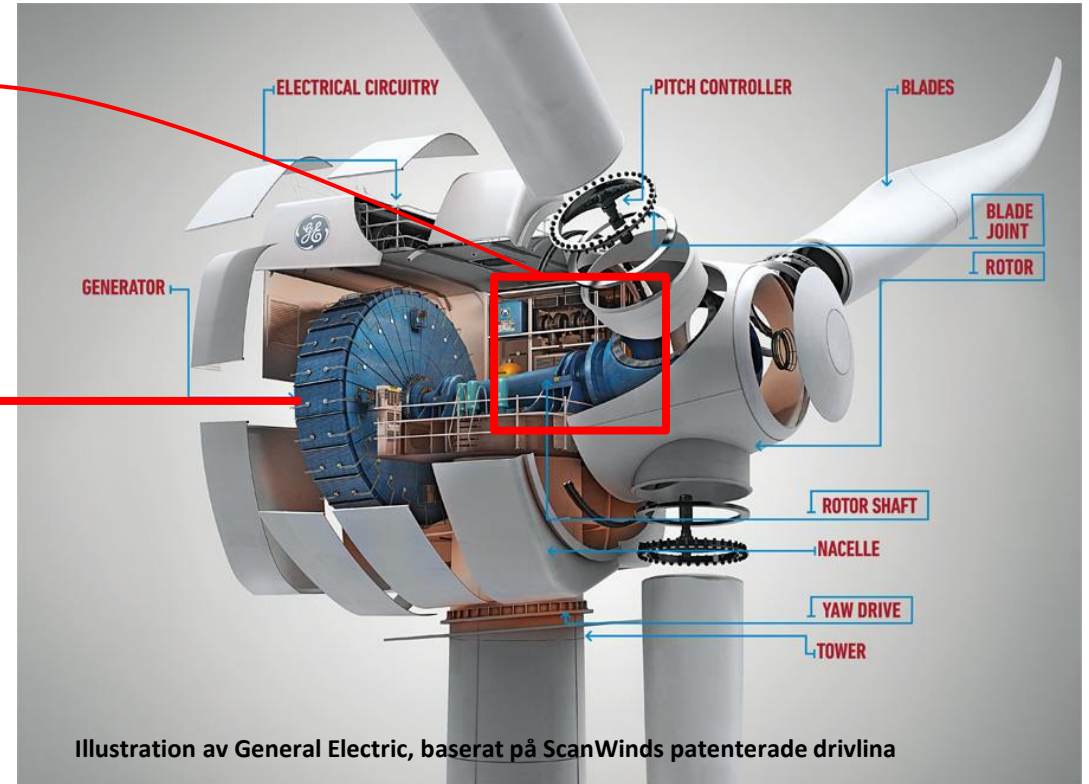
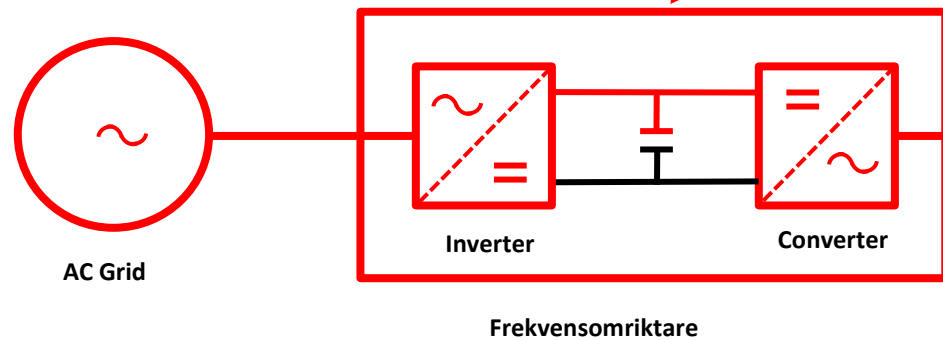
— Power at 14 m/s

- - - Mean at 14 m/s

3302 kW

Vindkraftens tekniska förutsättningar

Vindkraftverket, dess kraftelektronik skapar förutsättningar för snabba effektändringar.



Tack vare frekvensomriktaren kan effekten regleras upp eller ner på bråkdelar av en sekund.

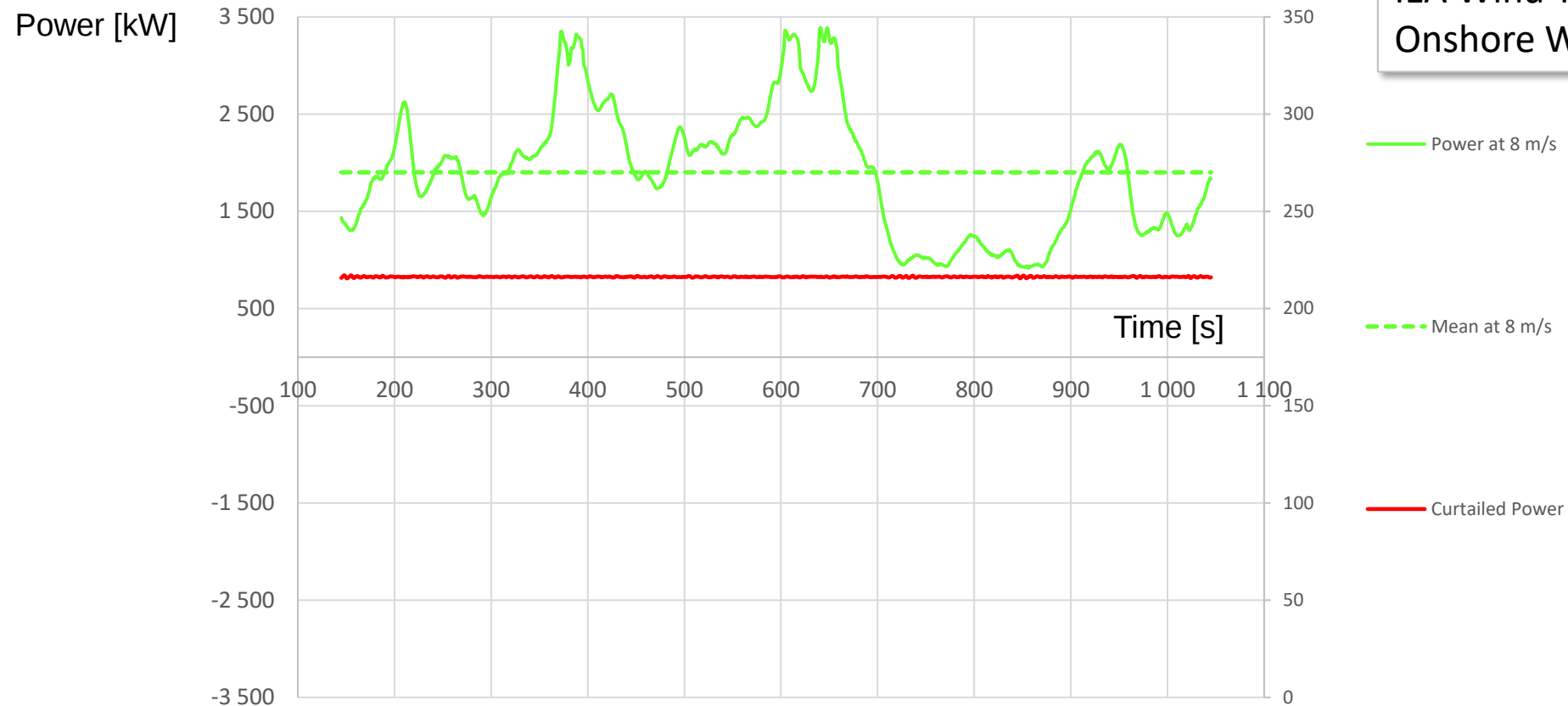
Vattenkraftens synkront kopplade generatorer kan bara ändra effekt genom att vattenflödet ändras med mekaniska system som ändrar vinklar på ledskenor och öppna ventiler. Det kan ta flera sekunder.

Power production during 15 minutes

A wind turbine at an average wind speed of 8 m/s

$$P = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot C_p \cdot v_i^3$$

IEA Wind Task 37 3.4-MW
Onshore Wind Turbine

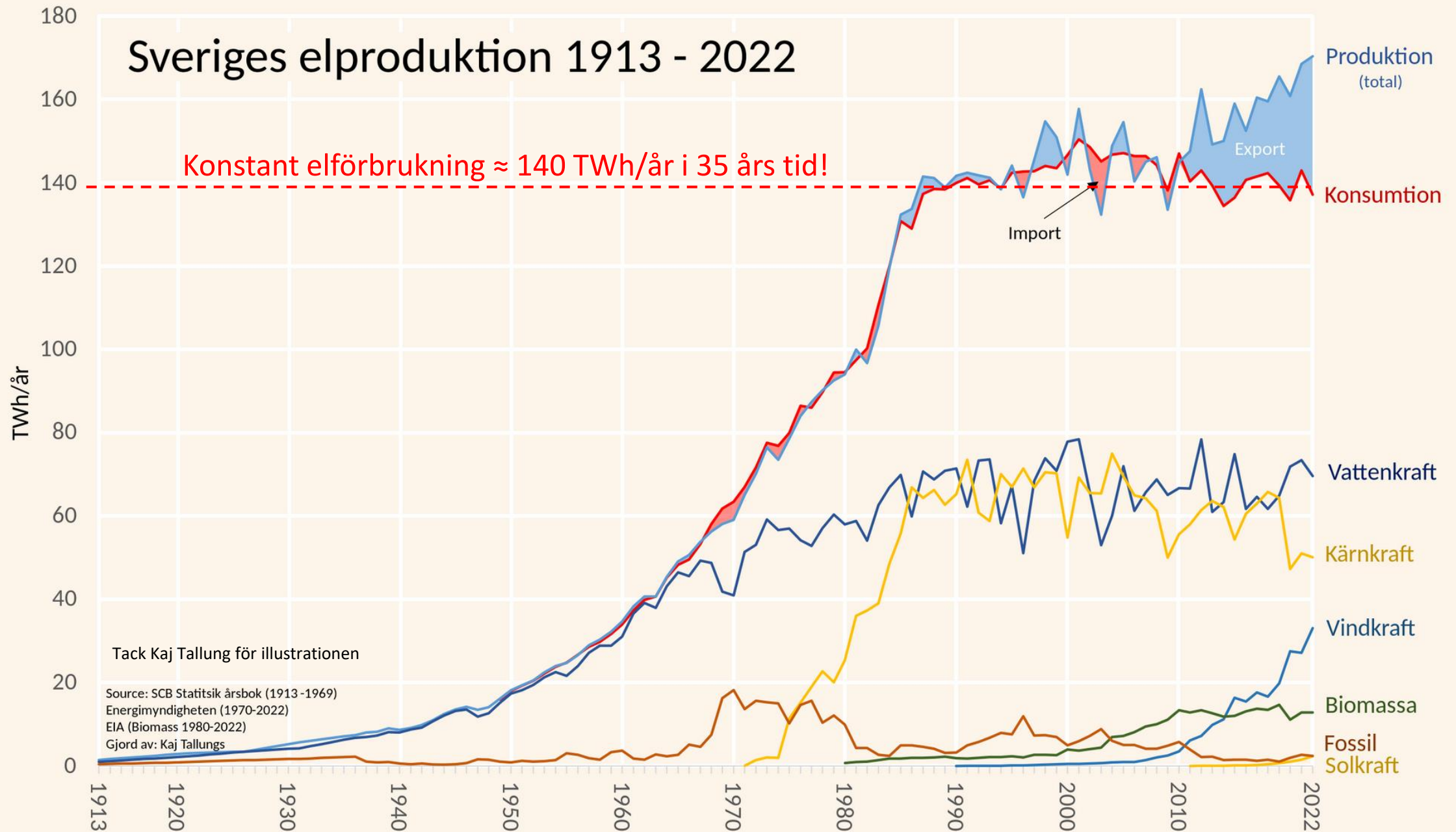


1901 kW

810 kW

Technical easy to operate at constant power output by curtailment.

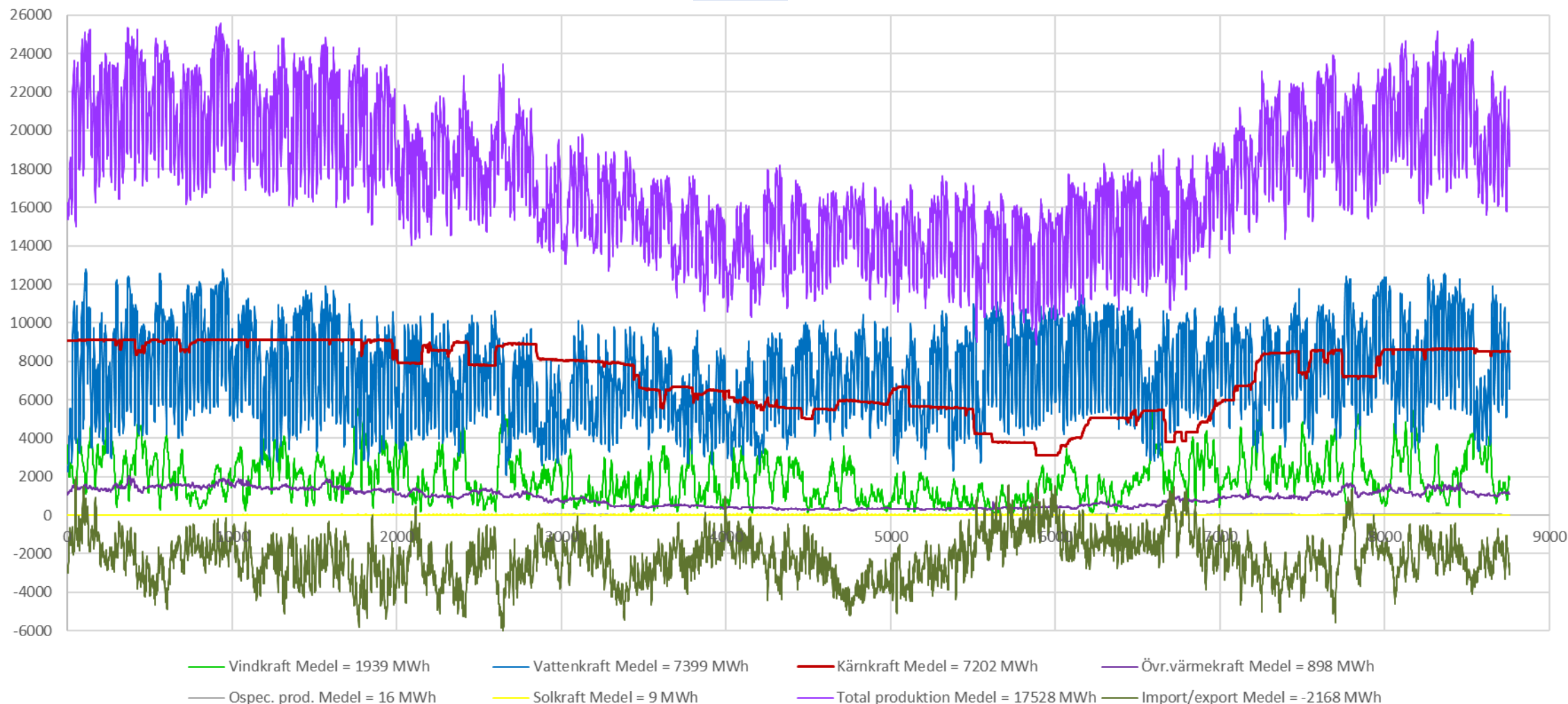
Sveriges elproduktion 1913 - 2022



Det krävs balans el elsystemet

Vattenkraft och import/export
har balanserat elnätet

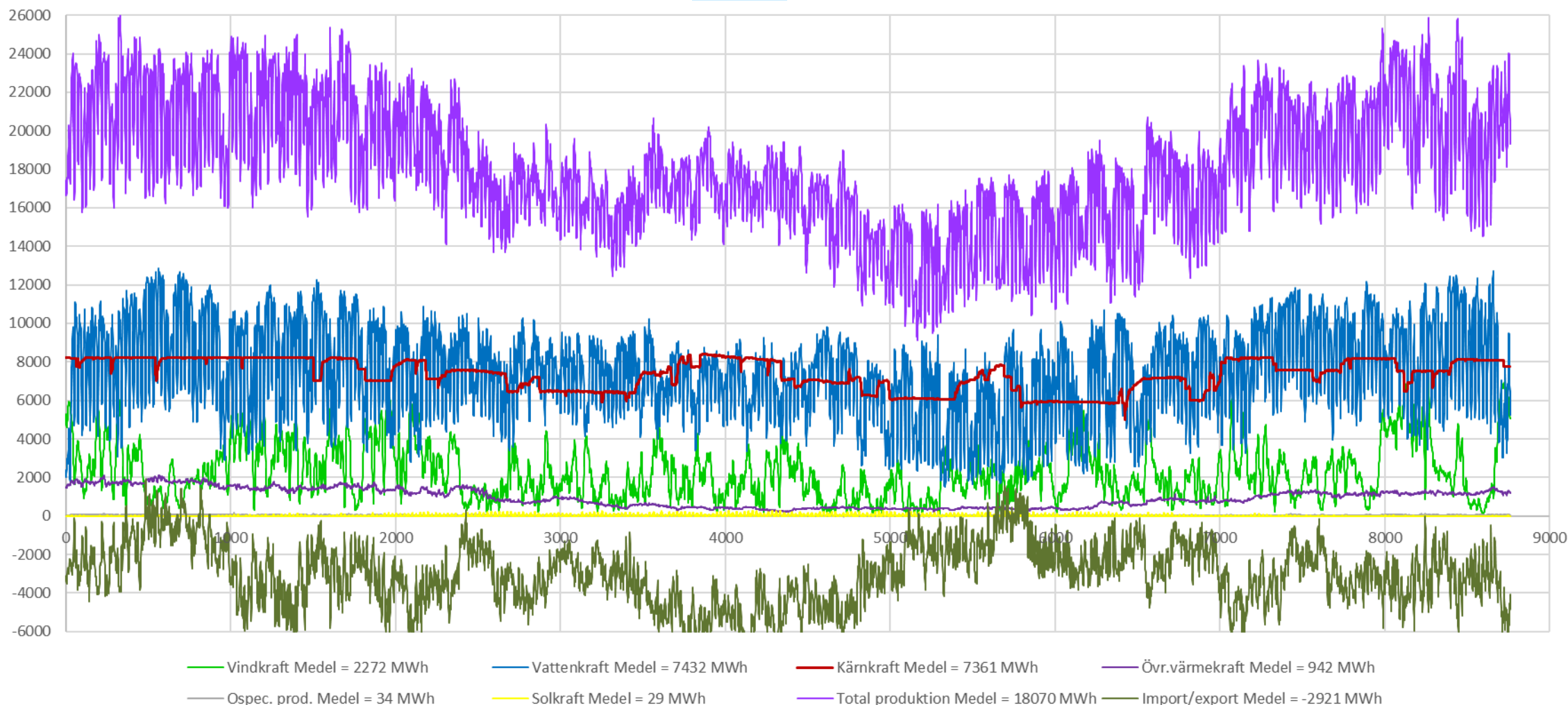
Elproduktion [MWh] i Sverige timme för timme 2017



Det krävs balans el elsystemet

Vattenkraft och import/export
har balanserat elnätet

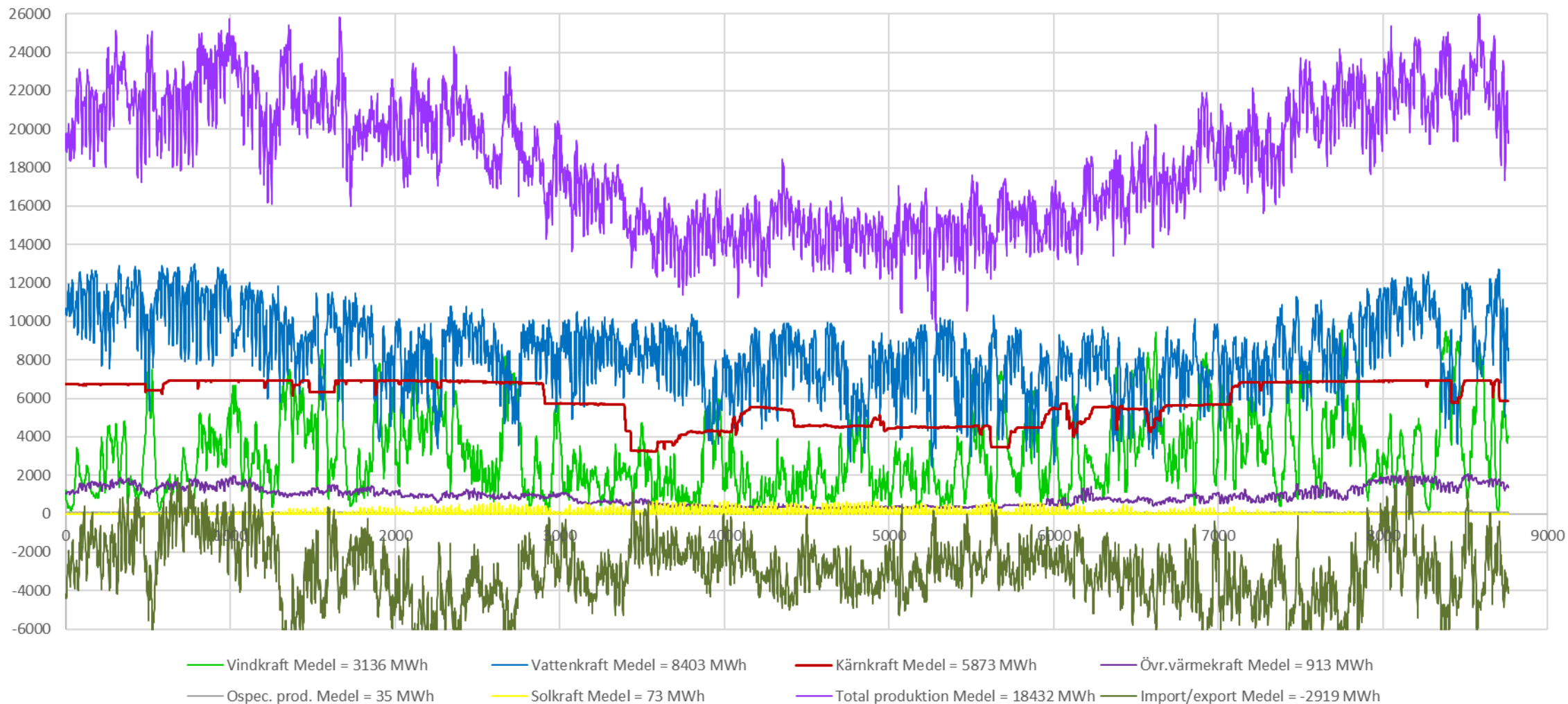
Elproduktion [MWh] i Sverige timme för timme 2019



Det krävs balans el elsystemet

Vattenkraft och import/export
har balanserat elnätet

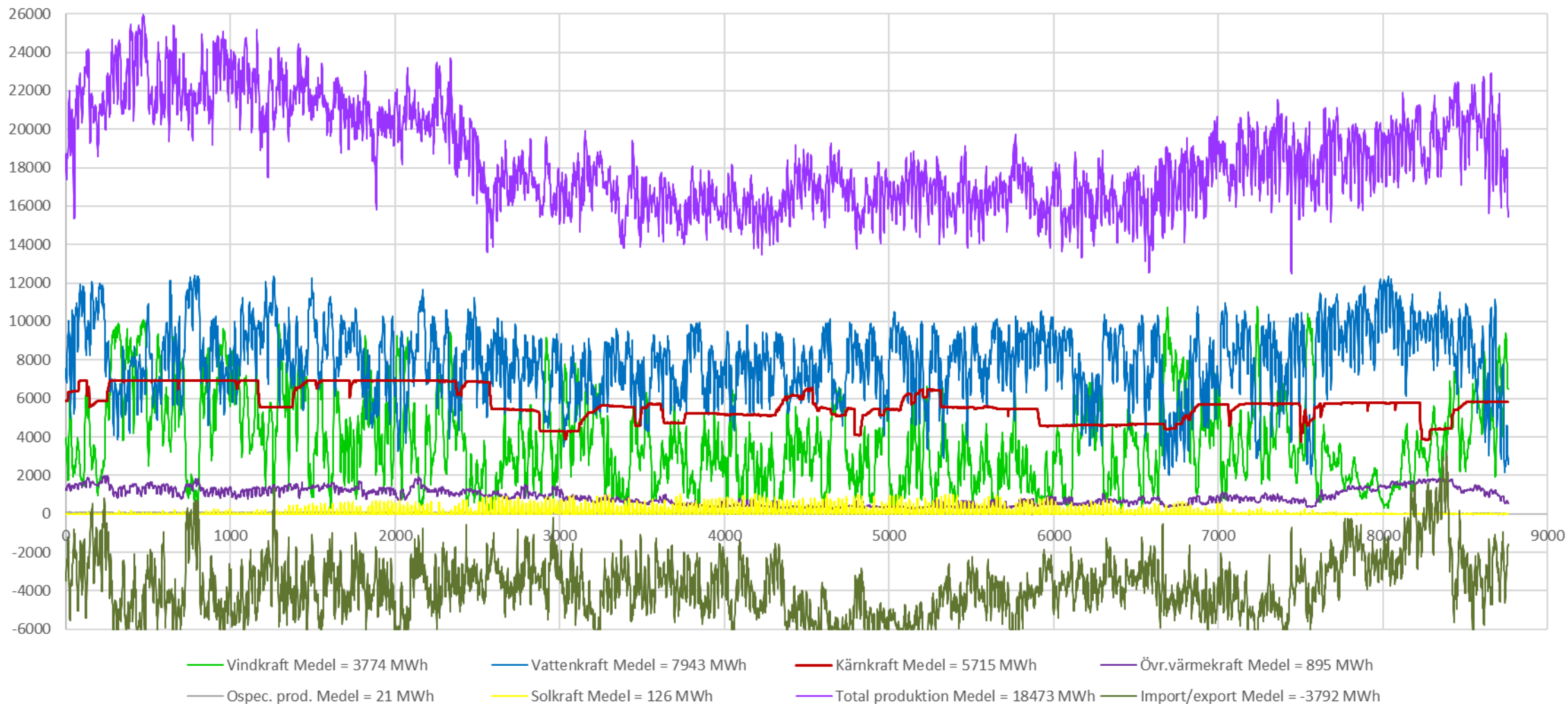
Elproduktion [MWh] i Sverige timme för timme 2021



Det krävs balans el elsystemet

Vattenkraft och import/export
har balanserat elnätet

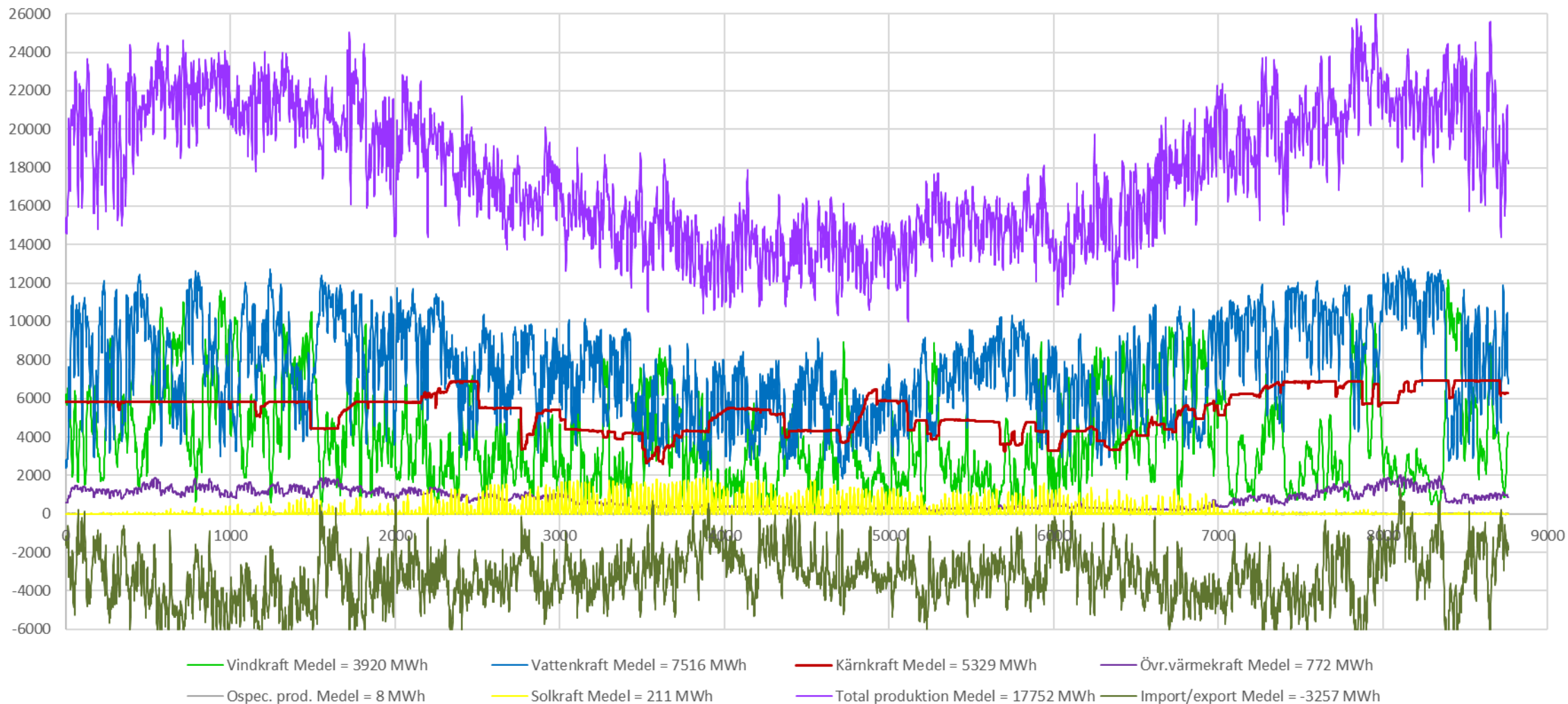
Elproduktion [MWh] i Sverige timme för timme 2022



Det krävs balans el elsystemet

Vattenkraft och import/export
har balanserat elnätet

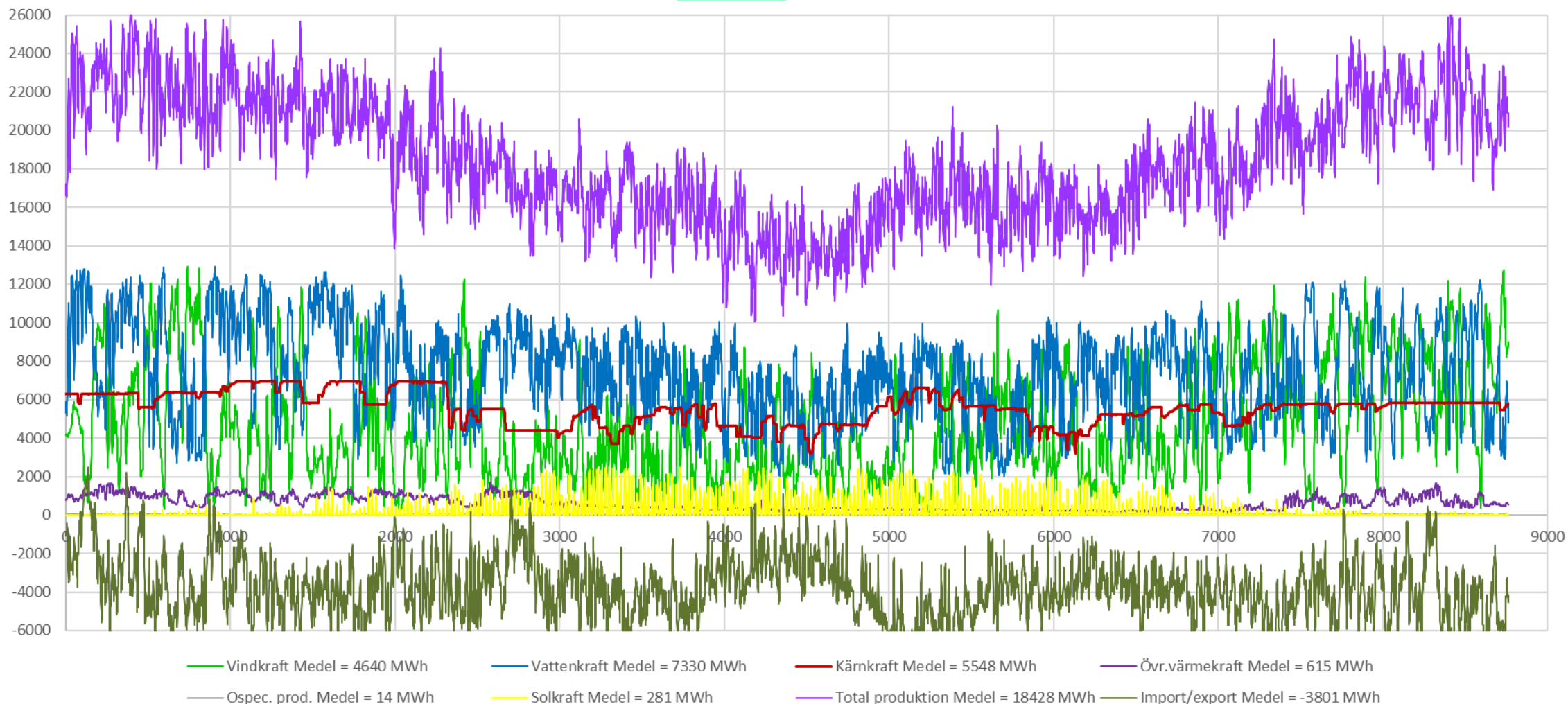
Elproduktion [MWh] i Sverige timme för timme 2023



Det krävs balans el elsystemet

Vattenkraft och import/export
har balanserat elnätet

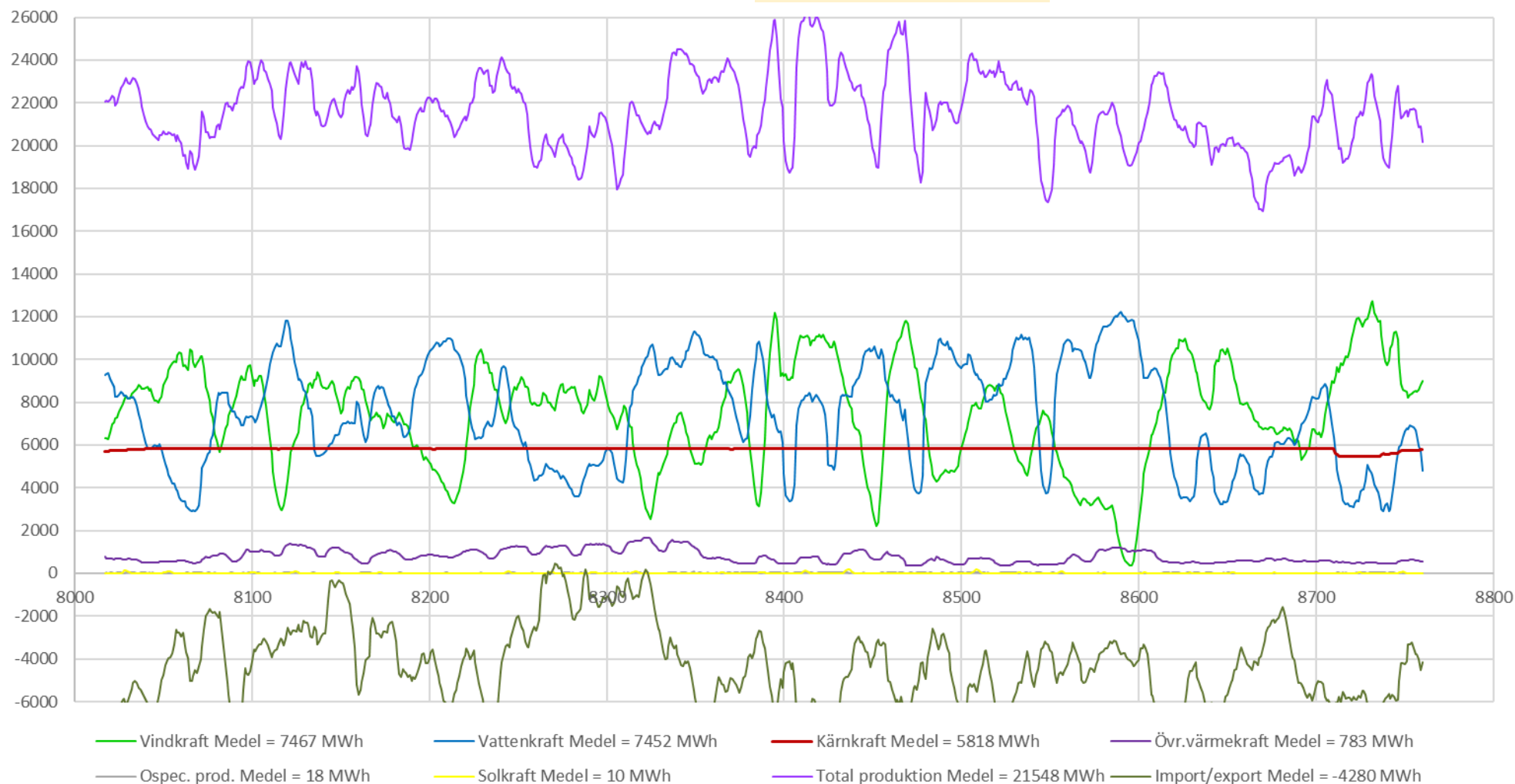
Elproduktion [MWh] i Sverige timme för timme 2024



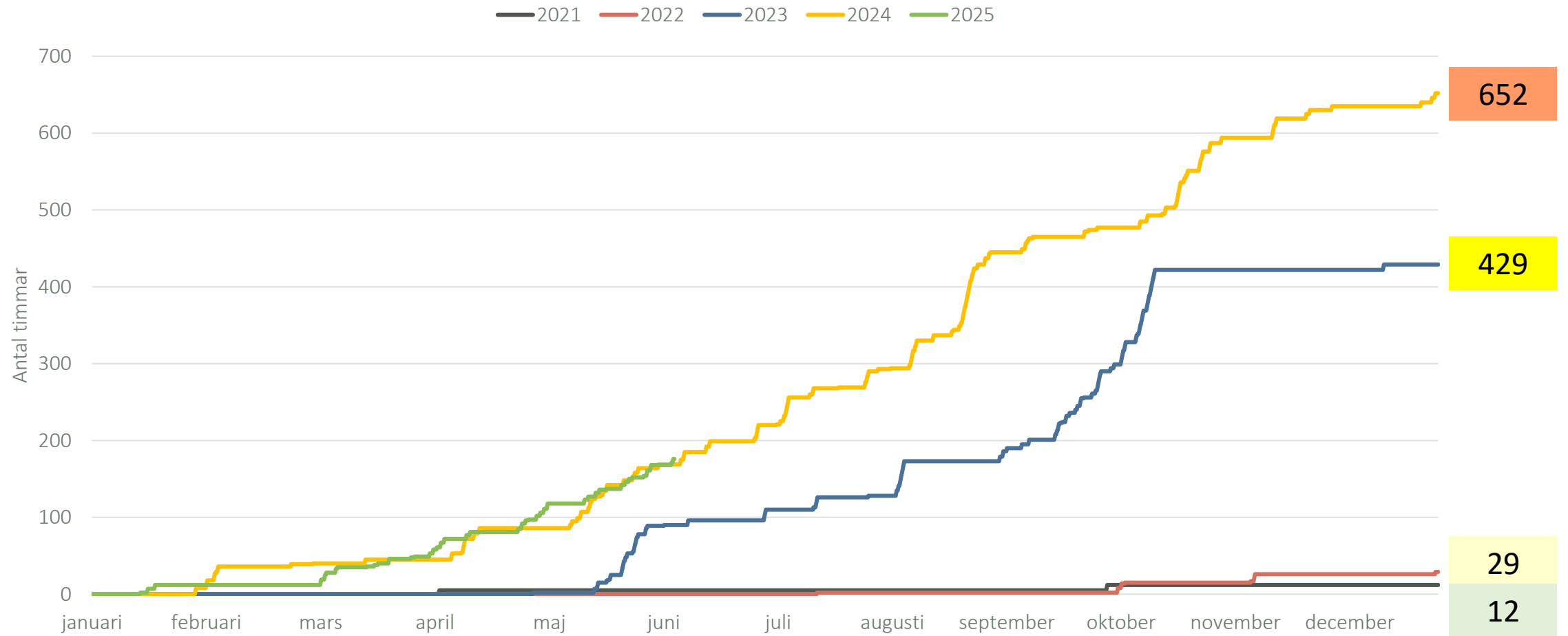
Det krävs balans el elsystemet

Vattenkraft och import/export
har balanserat elnätet

Elproduktion [MWh] i Sverige timme för timme december 2024



Antalet timmar med negativa priser i SE3



Svenska kraftnät förändrar kraftsystemet

Utveckling av kraftsystemet



Vi utvecklar kraftsystemet

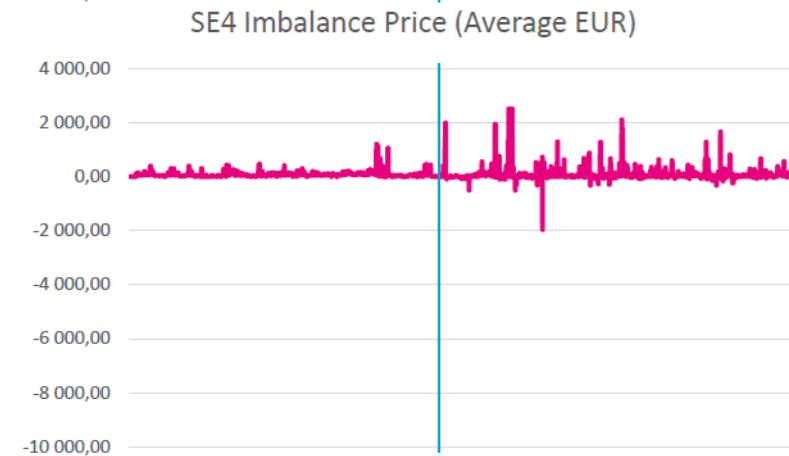
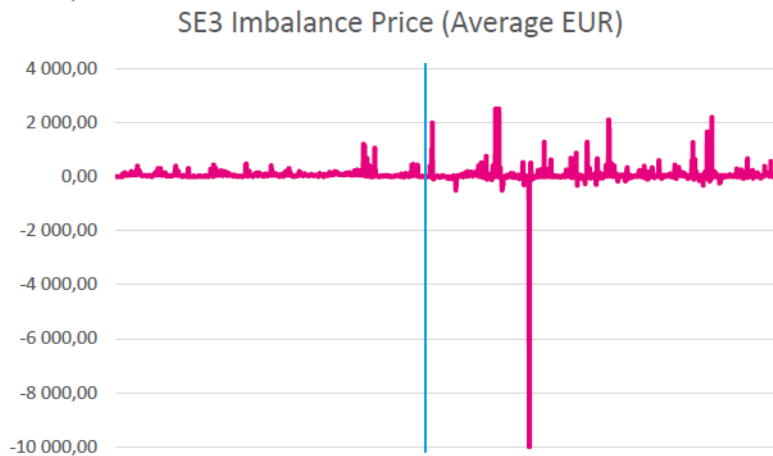
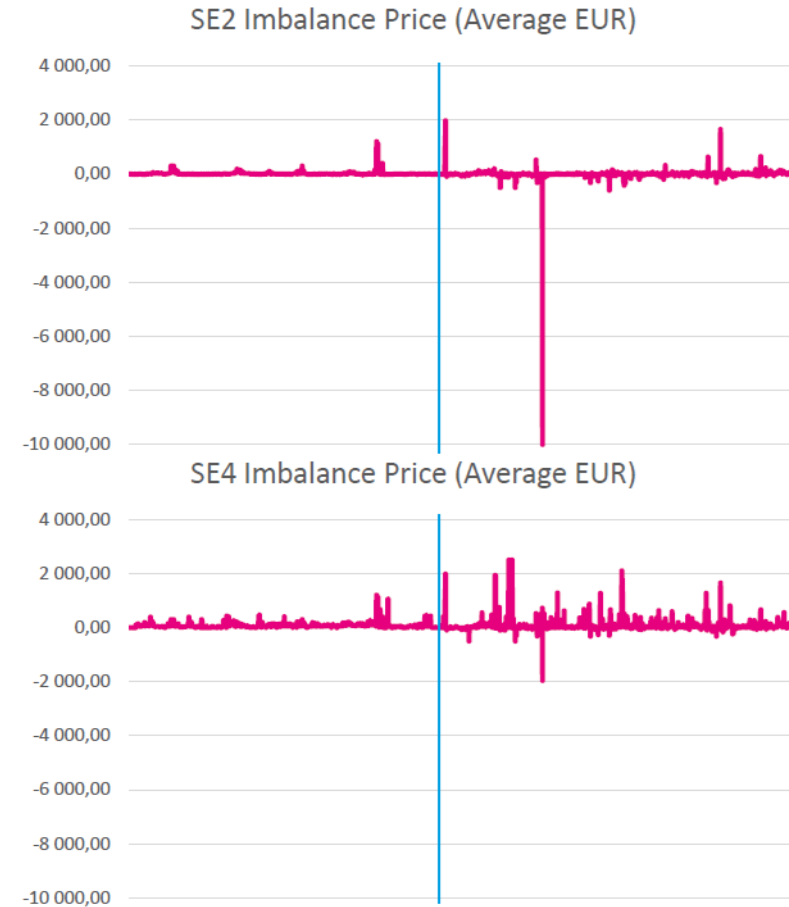
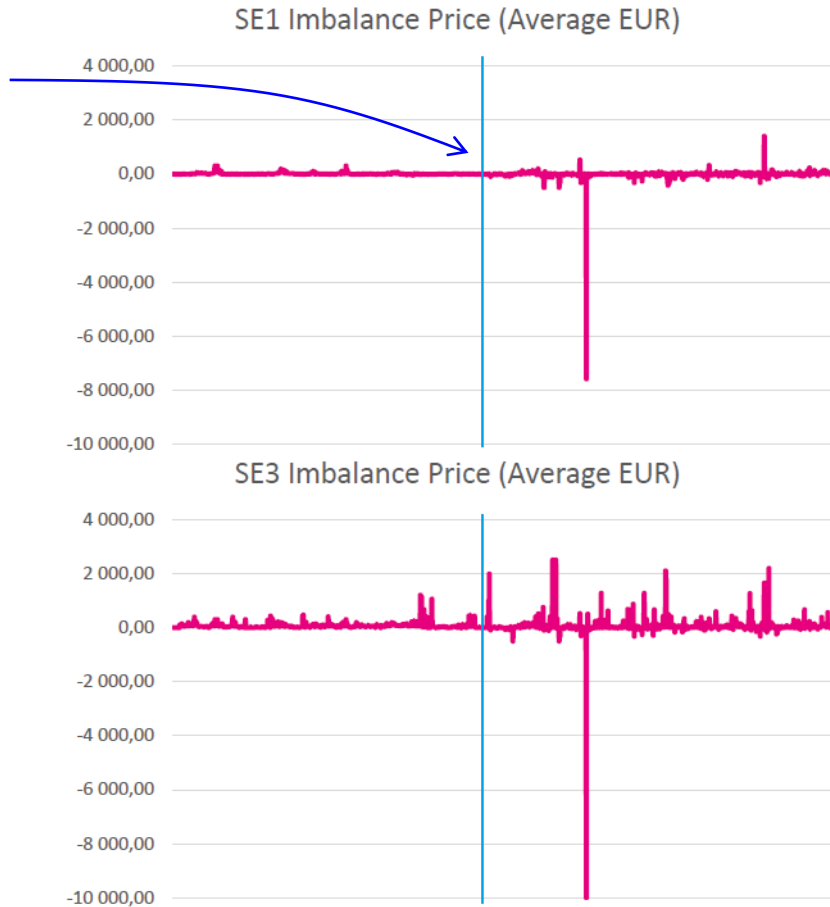
Ökad elektrifiering och nya förbrukningsmönster har bidragit till en snabbt ökad efterfrågan av el i flera delar av samhället. För att möta behovet behövs mer kapacitet i nätet, mer flexibilitet i förbrukningen och mer lokal produktion och lagring.

1. Flödesbaserad kapacitetsberäkningsmetod
www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/flodesbaserad-kapacitetsberakningsmetod/
2. Balansansvar per elområde
www.svk.se/aktorsportalen/balansansvarig-part/
3. Handel inom budområden på 15 minuter
www.svk.se/press-och-nyheter/nyheter/nbm/2023/nu-infors-balansavrakning-och-intradagshandel-inom-budomraden-pa-15-minuter/
4. Automatiserad elhandel, algoritmer...
mFRR EAM
www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/ny-nordisk-balanseringsmodell-nbm/automatiserad-nordisk-energiaktiveringsmarknad-for-mfrr/

Obalanspriser per elområde

Marginalprissättning

mFRR EAM
implementeras



Konsekvenser för vindparksägare och BSP



Orimligt höga obalanskostnader sedan mFRR-EAM införts

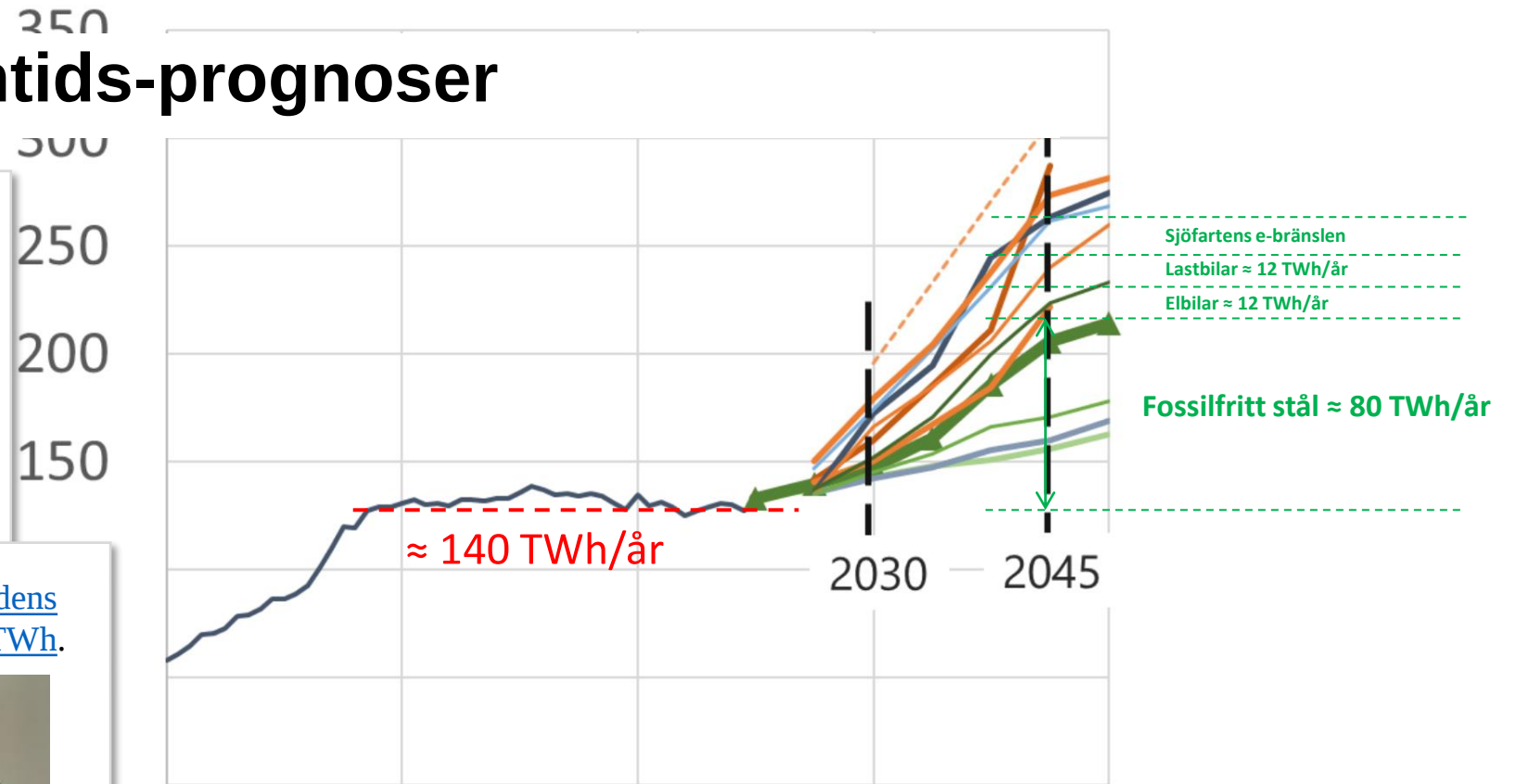
- mFRR-EAM priser saknas ofta – medför att BRPs position lång/kort är oviss i kombination med priser upptill +/- 10 000 EUR/MWh medför mångmiljonförluster för BRP/ägare av vindproduktion
- mFRR-EAM infört innan tillräcklig godkänd kapacitet finns tillgänglig
- Svårt (omöjligt?) att förutspå vad kostar obalansen nästa 15 min
- Rapporterad tillgänglighet avviker från rapporterad tillgänglighet
- Väderberoende produktion – produktionsplan görs lång tid innan faktisk produktion
- Styrbarhet av vindkraftsproduktionen -Tekniskt komplicerat vid 20 åriga service avtal, turbintillverkare behöver göra själva styrningen eller godkänna ägarens styrning tillsammans med BRP via annan teknisk lösning.

Elproduktion Framtids-prognoser

Koldioxidfri järnsvamp



[Vattenfall beräknar att framtidens elbilar kommer att kräva 12 TWh.](#)



1970 1990 2010 2030 2050

EM 2021, Ref.

Profu/EF 2021, Högel, hög

K 2021, Småskaligt förnybart

K, Elektrifiering planerbart

OS 2021, referens

Profu/Energiföretagen 2022

EM 2021, Elektrif.

Profu/EF 2021, Högel, Låg

SvK 2021, Elektrifiering förnybart

SvK 2021, Färdplaner mixat

Svenskt Näringsliv 2021, Fitf55

Energiföretagen 2022, Ff55

Behövs mer el på kort sikt!?



Industrin behöver mellan 66 och 81 TWh el till år 2035.

Om man frågar företagen..

SKGS står för Skogen, Kemin, Gruvorna och Stålet.

SKGS arbetar med den svenska basindustrins energifrågor.

<https://skgs.org/aktuellt/rapport-industrins-elbehov-fortsatt-omfattande-trots-osakerhetsfaktorer/>

Det hackar för den gröna omställningen och förnybar energi



Vindkraft och stödtjänster

 Kundportaler

Expertisområden Erbjudande ▾ Om RISE ▾ 🔍

Hem → Expertisområden → Projekt → flexIvind Dela: 📄

Vindkraftens förmåga att leverera stödtjänster

Vindkraften behöver i framtiden bidra med fler stödtjänster till elnätet. Detta projekt analyserar vindkraftens möjligheter i ett bredare perspektiv. Fokus ligger på hela vindparkens förmåga att samverka för att på mest effektiva sätt producera både el och tjänster till elnätet samtidigt.

Vindkraften har goda möjligheter att främja omställningen mot ett hållbart energisystem genom att bidra till alla de stödtjänster som SVK behöver, för att säkerställa ett robust elsystem med försörjningstrygghet. För framtidens vindkraft räcker det inte med att den enbart levererar elproduktion när det blåser. Vindkraften behöver också stödja elnätet när så behövs.

Vindkraftens förmåga och incitament att tillhandahålla systemtjänster relaterar till ekonomi. För att bistå med uthållig flexibilitet liknande has-

Sammanfattning

PROJEKTNAMN
flexIvind

STATUS
Pågående

RISE ROLL I PROJEKTET
Projektledare

PROJEKTSTART
2024-05-01

VARAKTIGHET
3 år

TOTAL BUDGET
5 046 000

PARTNER
[OX2](#), [Tekniska Verken i Linköping](#), [Karlstads Energi](#), [Modity](#)

FINANSIÄRER
[Energimyndigheten](#)

PROJEKTMEDLEMMAR
[Saptarshi Sarkar](#), [Rémi Corniglion](#)

www.ri.se/sv/expertisomraden/projekt/vindkraftens-formaga-att-leverera-stodtjanster

Lönsamhet för vindkraft



Är vindkraft idag lönsam?

Tack! Frågor?

