

# Vätgas för ett balanserat elsystem

Vätgaskonferens 2022, 2022-12-01

Martin Hagberg

# Vätgas för ett balanserat elsystem



Projektets syfte

***Att utvärdera hur vätgas kan påverka elsystemet och, i konkurrens med andra alternativ, bidra med flexibilitet***



Projektet löper från 2022-03-01 till 2023-11-30



Projektgrupp: Profu, RISE, Sweco

# Medverkande

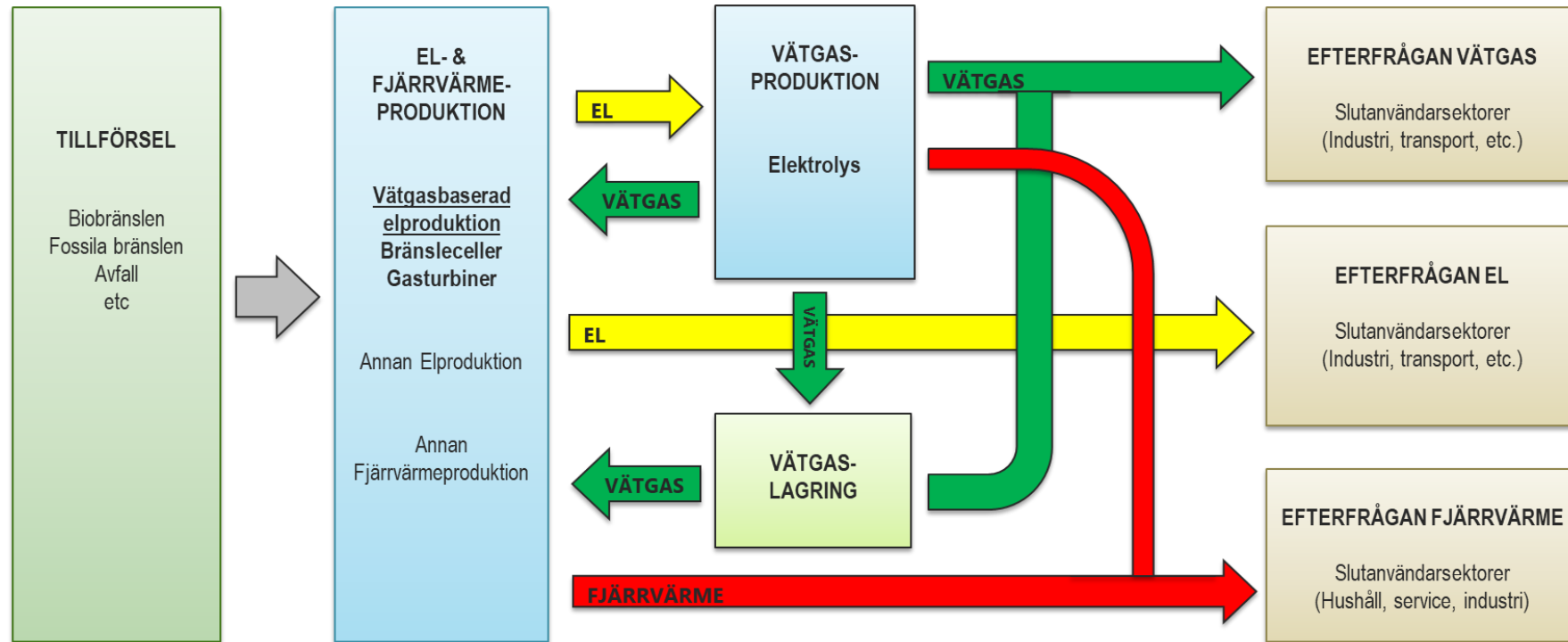
## Projektgrupp

Organisation	Deltagare
Profu	Martin Hagberg
	Thomas Unger
	Johan Holm
	Julia Renström
	Håkan Sköldberg
	Mikael Odenberger
Sweco	Frank Krönert
	Rebecca Roupe
	Gustaf Yeomans
RISE	Maria Edvall
	Lina Eriksson

## Referensgrupp

Organisation	Deltagare
Mälarenergi	Stefan Ekström
Varberg energi	Henrik Näsström
Svensk Vindenergi	Lina Kinning
Hitachi Energy	Jon Rasmussen
Svenska kraftnät	Martina Högberg
Svea vind offshore	Karl Lindblad
Energigas Sverige	Anna Liljebblad
Energigas Sverige	Anna Wallentin
Jönköping energi	Rahela Markovic
Energiföretagen Sverige	Lars Andersson
Fugen Ren	Andreas Johansson
Energiforsk	Bertil Wahlund
Sundsvall elnät	Göran Sörell
Kraftringen	Ulrica Johansson
Siemens energy	Joachim Nordin

# Berörda delar av energisystemet och projektets fokus



- Projektet analyserar:
  - Vätgasens samverkan med elsystemet och dess potential som balanserande resurs i olika tidsperspektiv (säsong, dag, timme, etc.) (AP1; Profu)
  - Vätgasen potentiella roll för mycket kortsiktig balansering/stabilisering av elkraftsystemet genom stödtjänster (AP2; Sweco)
  - Aktörers agerande kopplat till vätgas-flexibilitet. (AP3; RISE)
- *Dagens presentation kommer mest att fokusera på AP1 där några första preliminära resultat tagits fram*

# Vätgasflexibilitet på elmarknaden – två exempel

- **Vätgasbehov i kombination med lager ger efterfrågefleksibilitet på elmarknaden**

El → elektrolys (med överkapacitet) → vätgaslager → vätgas till industri (rak efterfrågeprofil)

- Förutsätter vätgasbehov
- Princip: ladda lager vid lågt elpris, dra ner vätgasproduktion och använda lagrad vätgas vid högt elpris
- Små tillkommande energiförluster kopplat till flexibiliteten (vätgasen skall produceras ändå)
- Tillkommande investering för flexibilitet: vätgaslager och överkapacitet i elektrolysör

- **“Power-to-gas-to-power” – lagring av el**

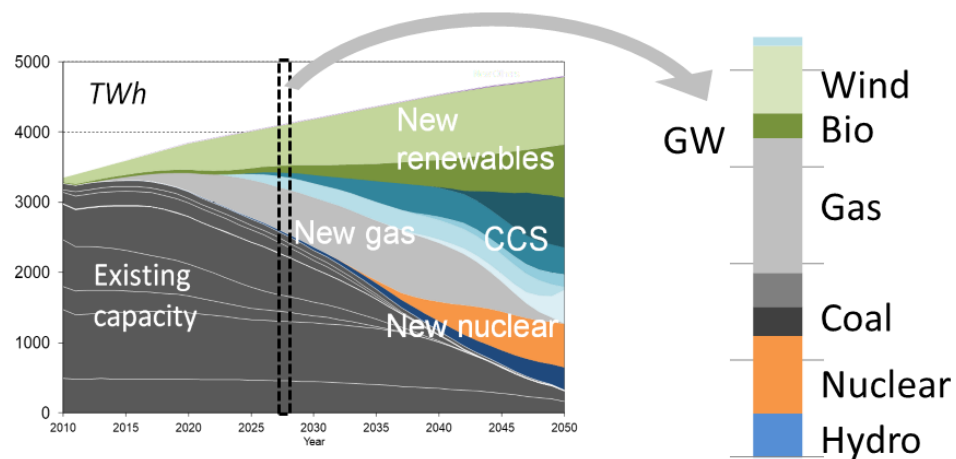
El → elektrolys → vätgaslager → bränslecell eller gasturbin → el

- Princip: producera vätgas vid lågt elpris, lagra vätgas, producera el vid högt elpris
  - “Flytta” el från tider med el-överskott till tider med el-underskott
- Betydande verkningsgradsförlust (förlust ≈ 65%)
- Tillkommande investering för flexibilitet: alla delar (elektrolysör, vätgaslager, bränslecell eller gasturbin)

# Två kompletterande modellansatser (AP1)

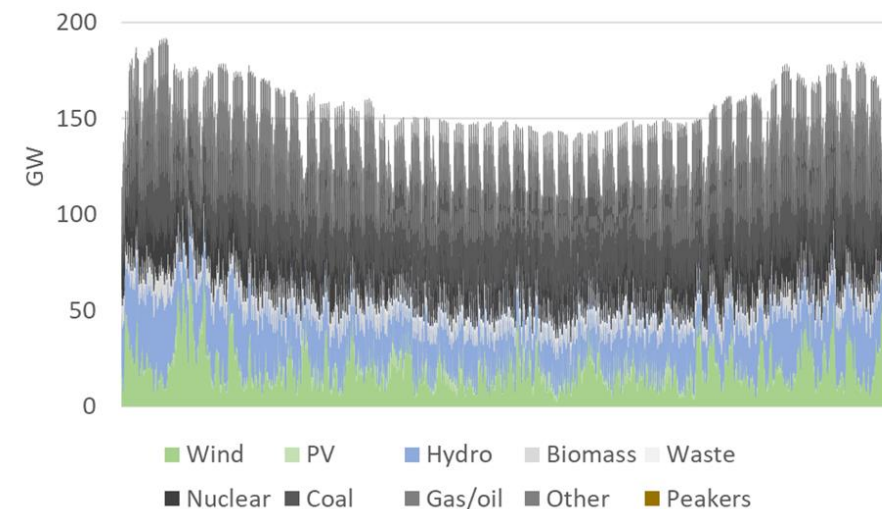
## TIMES-Nordic: den långsiktiga utvecklingen till 2050

- Optimering (systemkostnad minimeras)
- Produktion och investeringar optimeras
- Modellerad tidsperiod: 2005-2050
- Nordeuropa: Aggregerat på nationsnivå
- 12 tidssteg per modellår
- Samtliga sektorer i energisystemet



## EPOD: detaljerad analys av ett år

- Optimering (systemkostnad minimeras)
- Produktionsoptimering (ett givet system)
- Specifikt år, t ex 2035
- Nordeuropa: Elprisområden och FV-system
- Timvis tidsupplösning
- Fokus på el- och fjärrvärmesektorerna



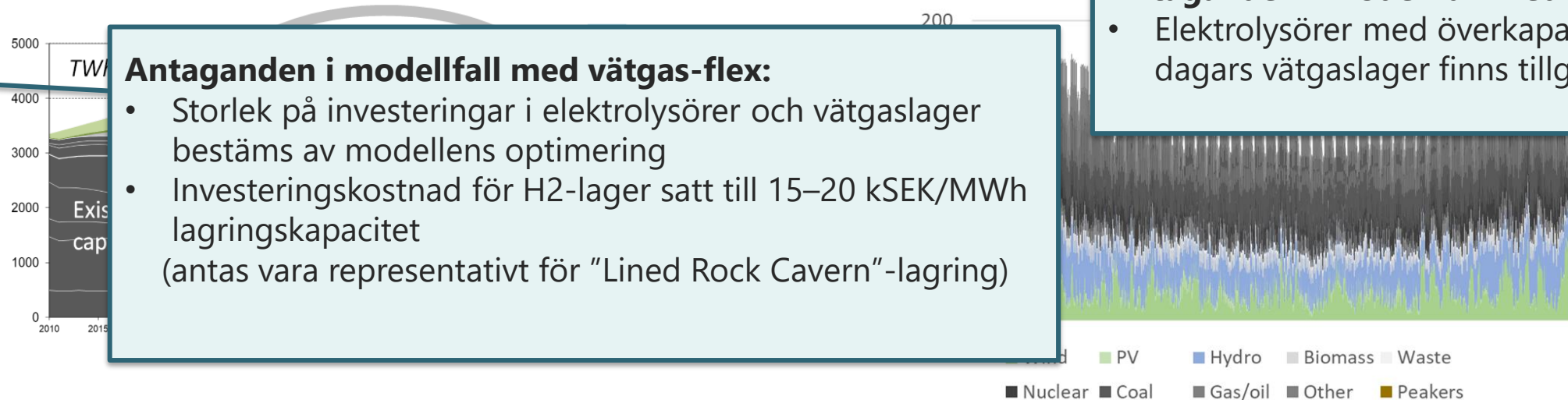
# Två kompletterande modellansatser (AP1)

## TIMES-Nordic: den långsiktiga utvecklingen till 2050

- Optimering (systemkostnad minimeras)
- Produktion och investeringar optimeras
- Modellerad tidsperiod: 2005-2050
- Nordeuropa: Aggregerat på nationsnivå
- 12 tidssteg per modellår
- Samtliga sektorer i energisystemet

## EPOD: detaljerad analys av ett år

- Optimering (systemkostnad minimeras)
- Produktionsoptimering (ett givet system)
- Specifikt år, t ex 2035
- Nordeuropa: Elprisområden och FV-system
- Timvis tidsupplösning
- Fokus på el och fjärrvärmesektorerna



### Antaganden i modellfall med vätgas-flex:

- Storlek på investeringar i elektrolysörer och vätgaslager bestäms av modellens optimering
- Investeringskostnad för H<sub>2</sub>-lager satt till 15–20 kSEK/MWh lagringskapacitet (antas vara representativt för "Lined Rock Cavern"-lagring)

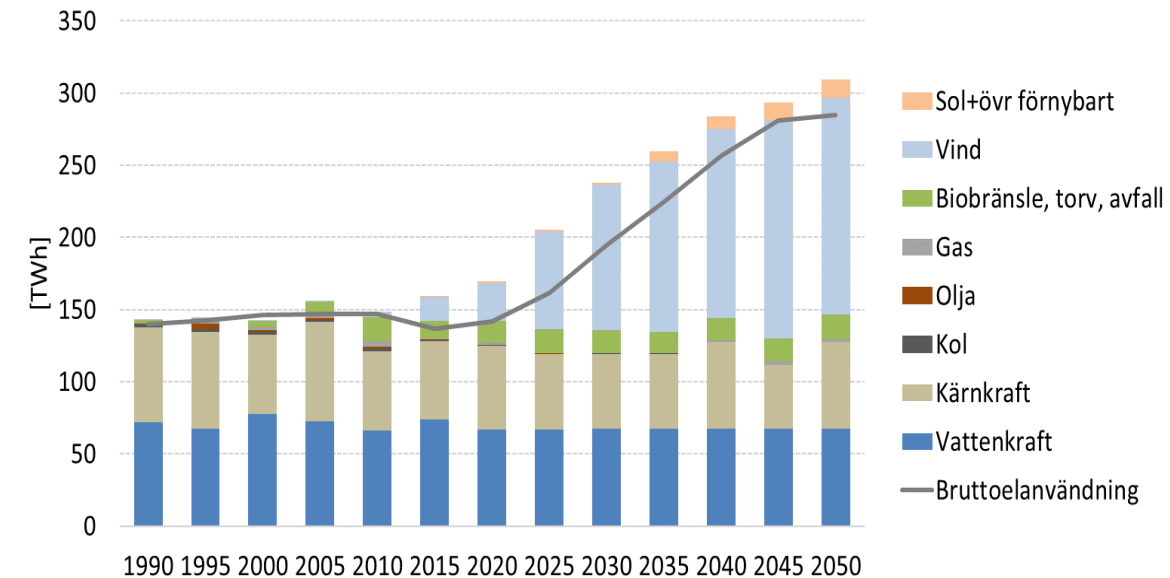
### Antaganden i modellfall med vätgas-flex:

- Elektrolysörer med överkapacitet samt 3-dagars vätgaslager finns tillgängligt.

# Omvärldsscenario för analysen

- Omfattande elektrifiering inom industri och transportsektor
- Stringent klimatpolitik mot måluppfyllelse
  - Strävan bort från fossilbränsleberoendet
  - Stigande priser på CO<sub>2</sub> (> 100 EUR/t från 2030)
- Stor framtida andel variabel förnybar elproduktion
  - Tillgång till, och kommersialisering av, flexibilitetsåtgärder (där vätgas-flex är en) blir viktigt

Utveckling elsystem i Sverige, exempel (TIMES-Nordic)





# Första modellkörningar

"No H<sub>2</sub>"

- Ingen vätgasefterfrågan

"H<sub>2</sub> – No Storage"

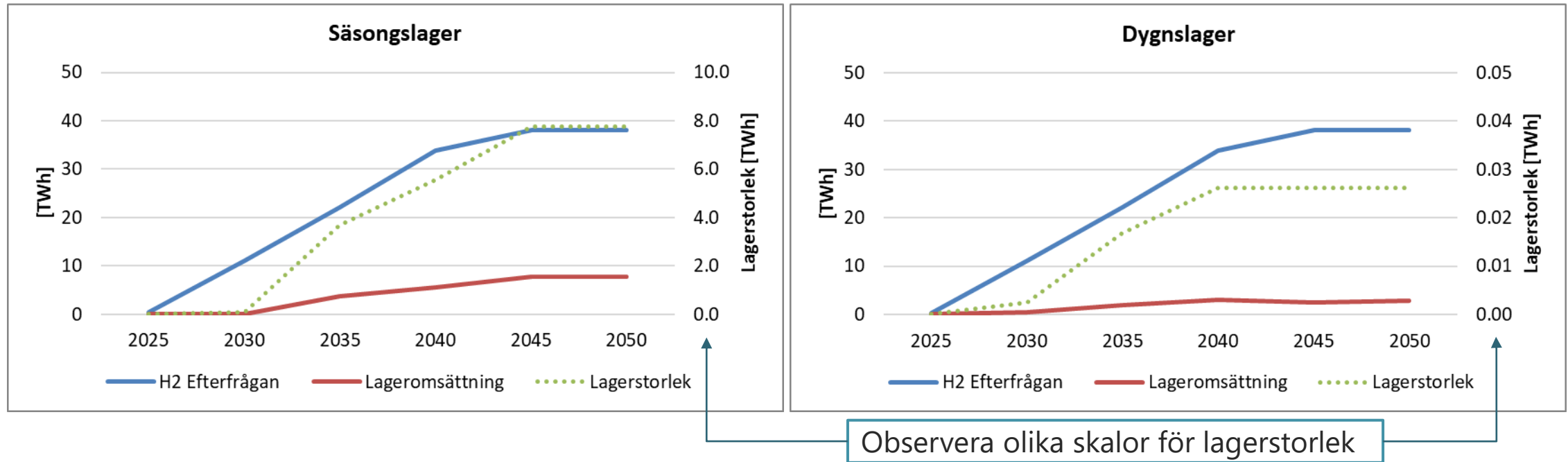
- Industriell vätgasefterfrågan (rak över året)
  - 2035: ca 20-25 TWh
  - 2045: ca 40 TWh
- Ingen flexibilitet

"H<sub>2</sub> – Storage"

- Industriell vätgasefterfrågan (rak över året) (samma nivåer som "No Storage")
- Möjlighet till "överkapacitet" i elektrolysörer samt lager
- Möjlighet till investering i vätgasturbiner för elproduktion

- *OBS: Projektets analysfas har nyligen påbörjats och de modellresultat och observationer som presenteras är preliminära och får tolkas med försiktighet!*
- *Nämnas bör också att de olika analysmodellerna ännu inte helt synkats kring indataförutsättningar*

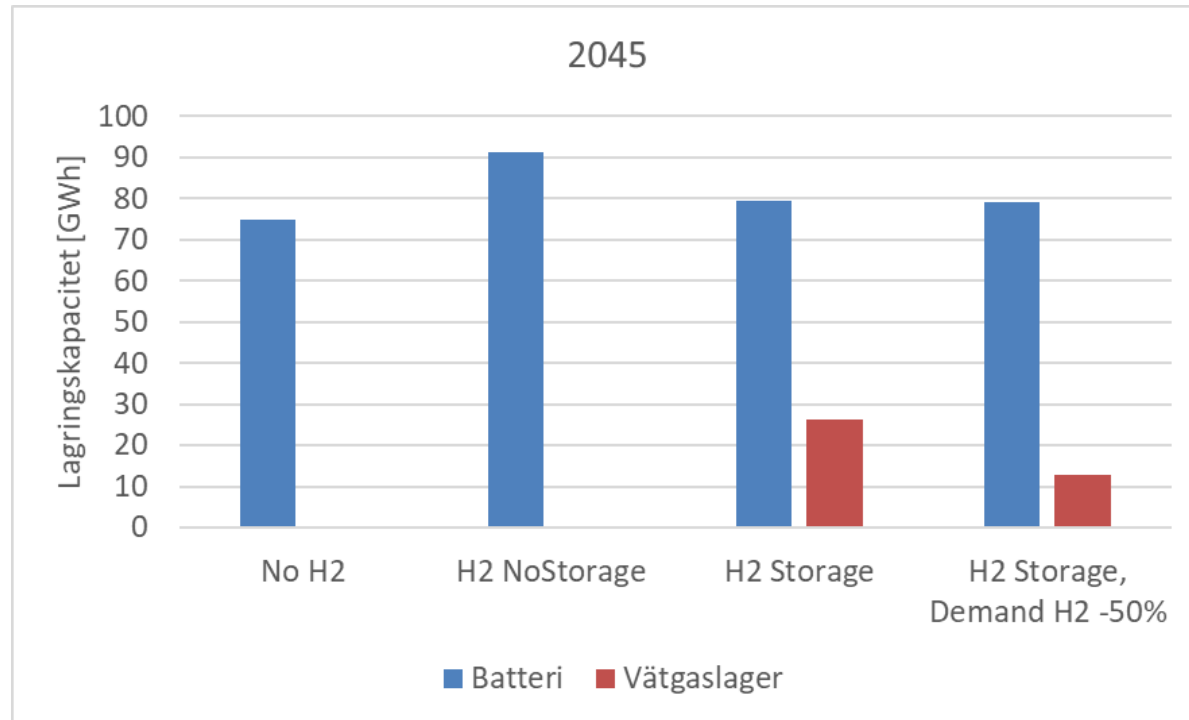
# Investeringar i vätgaslager för flexibel elanvändning vid givet vätgasbehov



- En över året "rak" vätgasefterfrågan i industrin antas, ca 40 TWh vätgas år 2045  
 → investering i dygnslager på ca 25 GWh (mindre än planerat HYBRIT-lager)  
 → investering i säsongslager på ca 8 TWh (ca 100 st HYBRIT-lager) (!?)
- Modellen investerar i elektrolysörer med överkapacitet på 15% år 2035 och 25% år 2045

# Batterier och vätgaslager för dygnslagring

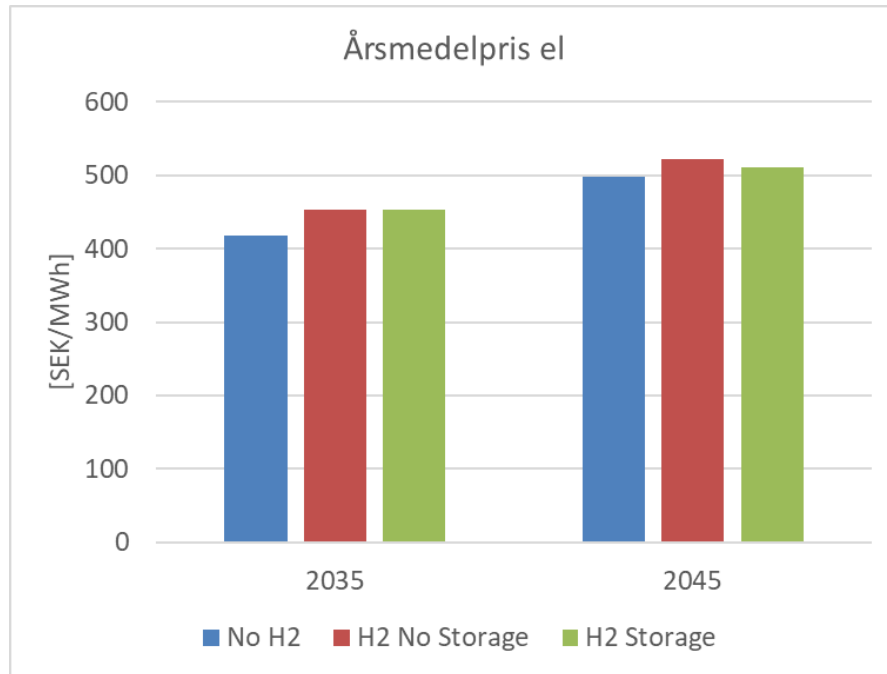
## – Investerad storlek i olika scenarier



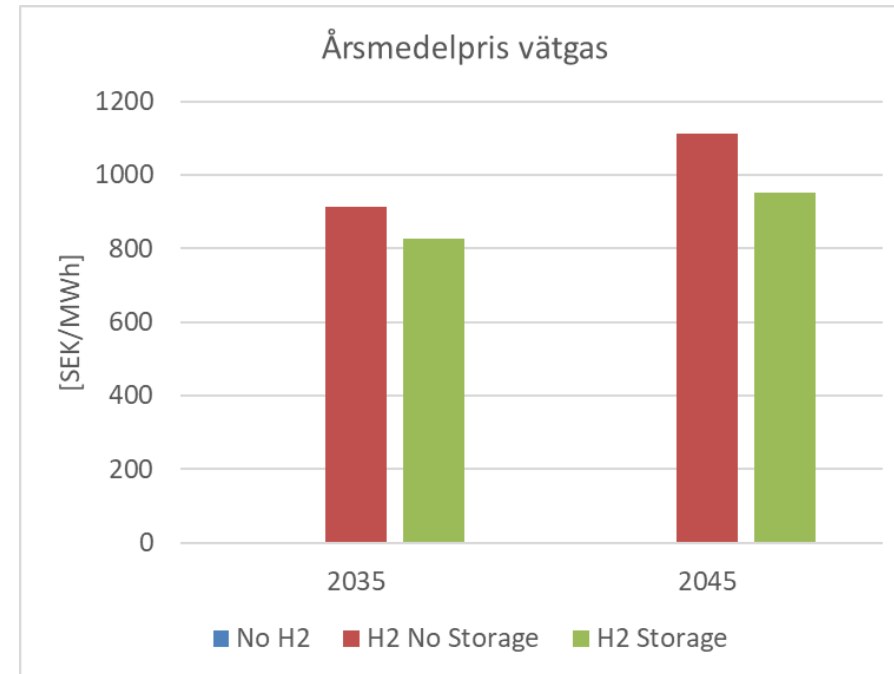
- Modellen investerar i en kombination av batterier och vätgaslagring (för flex på dygnsnivå)
- Givet ett befintligt vätgasbehov tycks dygnslagring av vätgas kunna vara ett kostnadseffektivt alternativ till batterier för att bidra med flexibilitet på dygnsnivå
- Vätgaslagrens storlek (och dess möjliga flexibilitetsbidrag till systemet) beror av storleken på vätgasefterfrågan

# Prispåverkan el och vätgas med (stora) lager

## El



## Vätgas



- Scenarier med vätgasefterfrågan ger en högre elefterfrågan och ett högre elpris
- Vätgas-flex (scenario "H2 Storage") ger här lägre vätgaspris då produktionen kan förskjutas till tider med lägre elpris. Liten påverkan på årsmedel-elpris.

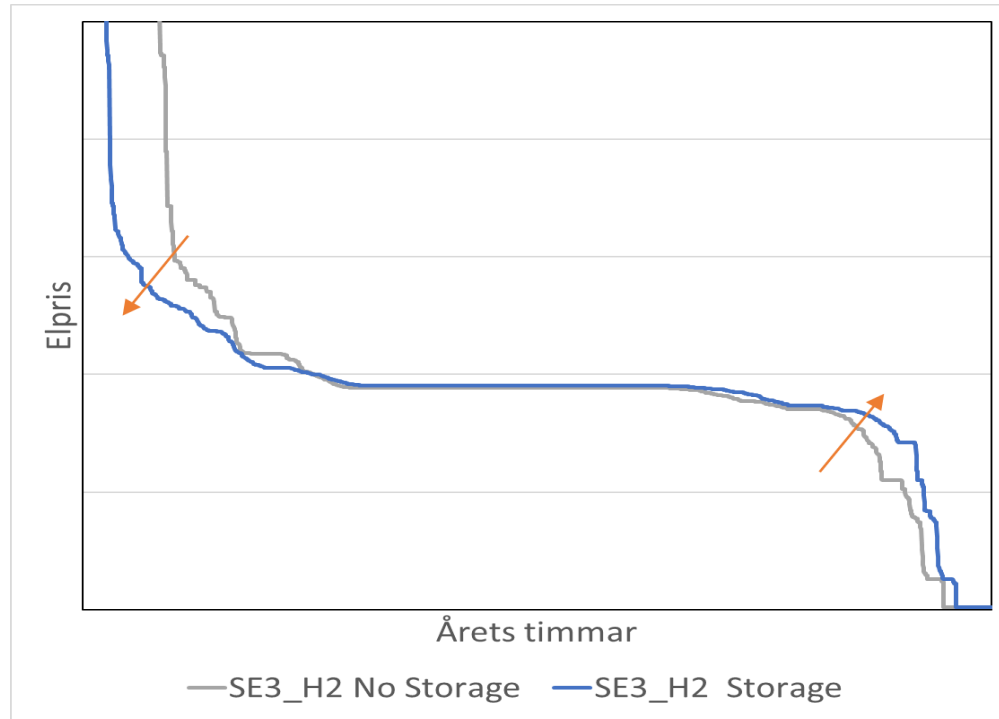
# Jämförelse modellresultat Sverige & Tyskland

	Sverige 2045	Tyskland 2045
Vätgasanvändning (indata)	38 TWh	20 TWh
Elanvändning (tot)	253 TWh	637 TWh
Sol+Vindkraft (andel prod.)	55 %	82 %
Vattenkraft (andel prod.)	27 %	3 %
Batteri, strlk	79 GWh	177 GWh
H2-Dygnslager, strlk	26 GWh	42 GWh
H2-Säsongslager, strlk	8 TWh	14 TWh
Överkap. elektrolysör	23 %	112 %

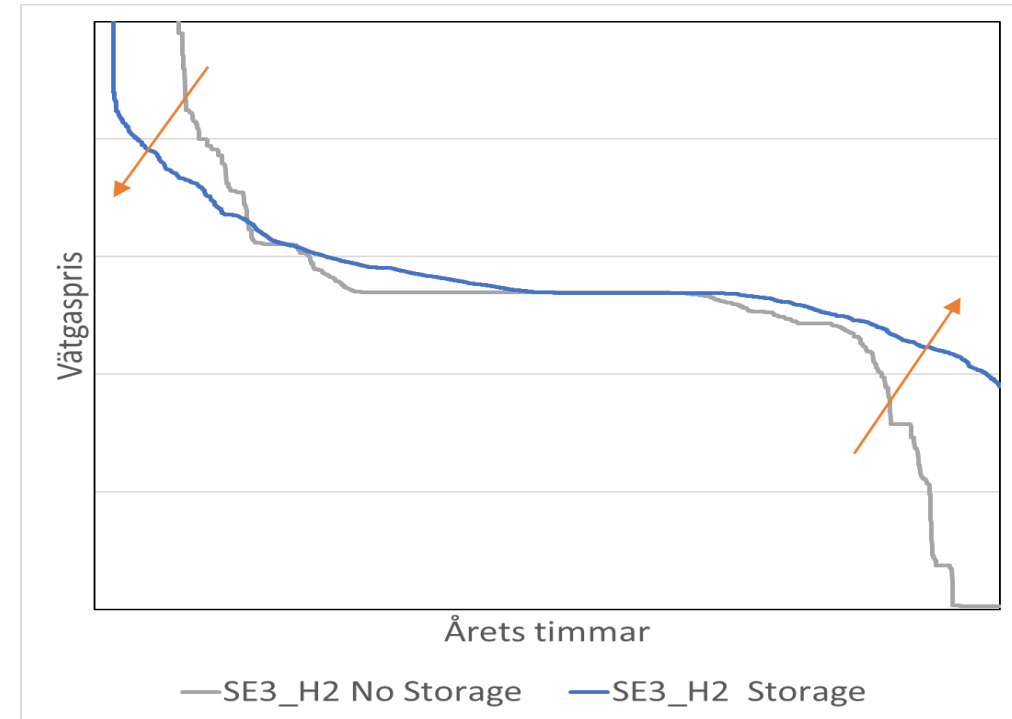
- Större investeringar i vätgas-flex i Tyskland trots lägre vätgasefterfrågan (preliminärt antagande)
- Elsystemets förutsättningar, såsom andel intermittent kraft och tillgång till planerbar och flexibel elproduktion, påverkar behovet av investeringar i flexibilitet inklusive vätgas-flex.

# Prispåverkan el och vätgas (inom år)

## Elpris, varaktighet



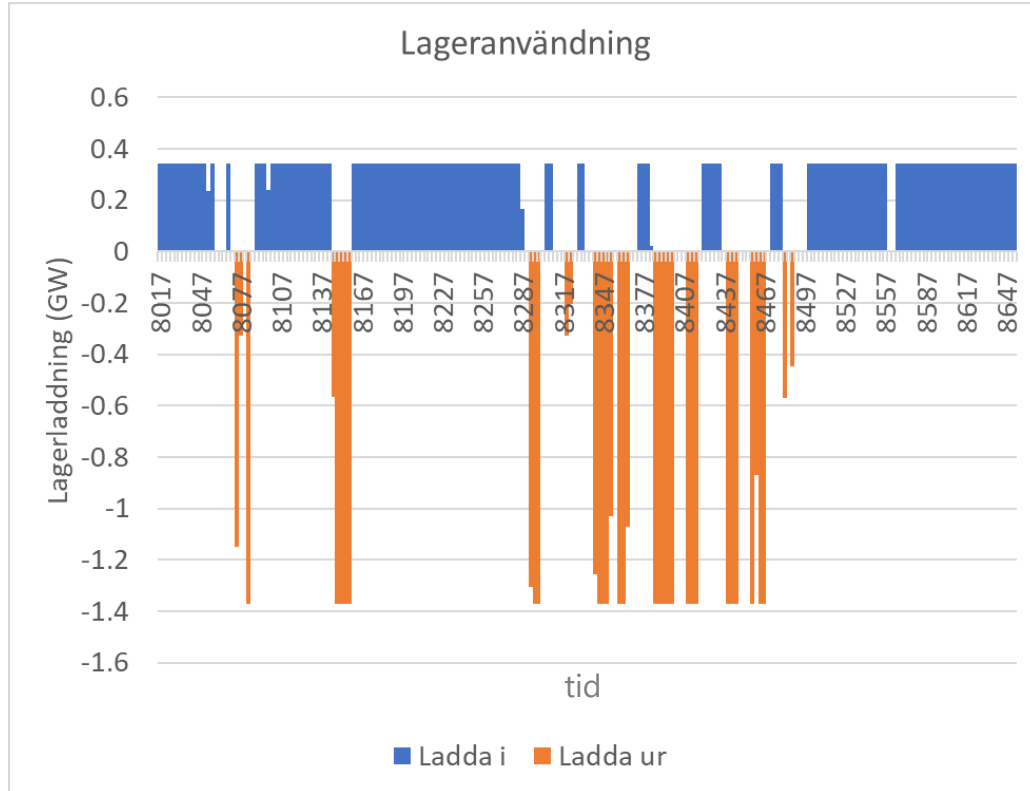
## Vätgaspris, varaktighet



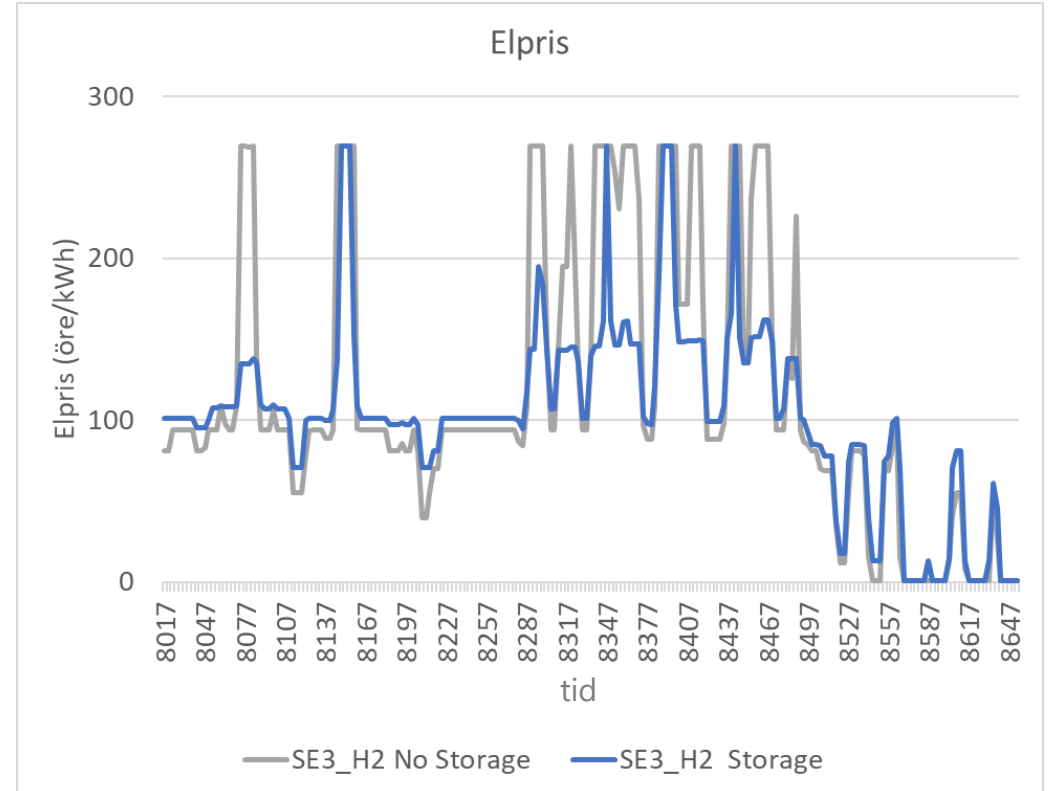
- Utan lager är vätgaspriset (i varje timme) kopplat till elpriset. (OBS: vätgas från elektrolys avses)
- Med lager blir kopplingen svagare och vätgaspriset jämnas ut över året
- Även elpriset påverkas (jämnas ut) av introduktion av vätgaslager, men i mindre omfattning

# Elprispåverkan och lageranvändning

## Laddning/urladdning av vätgaslager (under ca 4 veckor)



## Elpris med och utan vätgas-flex (under ca 4 veckor)



- **Vid låga elpriser:** Elektrolysörer förser industri med vätgas och lagret laddas. Detta är möjligt genom att elektrolysören har en högre kapacitet än vätgasbehovet från industrin. Hur snabbt lagret kan laddas begränsas av hur stor elektrolysörens överkapacitet är. (Är i detta fall 25%.)
- **Vid höga elpriser:** Elektrolysören körs inte och lagret förser industrins vätgasbehov.
- **Effekter på elpris:** Pristoppar kapas, låga priser höjs

# Sammanfattning av observationer

- Hög andel variabel elproduktion och stora elprisvariationer utgör viktiga förutsättningar/incitament för att använda vätgas som flexibel resurs
- Vid ett befintligt vätgasbehov kan investeringar i vätgaslager samt överkapacitet i elektrolysörer under vissa förutsättningar vara kostnadseffektivt
- Vätgasens kostnadseffektiva flex-bidrag beror av storleken på vätgasefterfrågan
- Vätgaslager jämnar ut priset för vätgas över året. Även elens prisvariationen minskar, men i klart lägre omfattning.
- Omfattningen av tillgång till andra alternativ för flexibilitet påverkar vätgasens förutsättningar som flexibilitetsresurs
- Elproduktion från vätgas ("Power-to-gas-to-power") har i hittills genomförda modellkörningar inte fått något särskilt genomslag. Mer analys om förutsättningar för detta alternativ följer!



# Kommande/fortsatt arbete

- AP1 (Systemmodellering):
  - Viss ytterligare modellutveckling, synkning av modeller, utveckling av relevanta analysfall och känslighetsanalyser, resultatanalys.
- AP2 (Mkt kortsiktig balansering):
  - Fortsatt kartläggning av kopplingar vätgas-stödtjänstmarknader, kommande regelförändringar stödtjänster och volymbehov.
- AP3 (Aktörsanalys):
  - Kan den tekno-ekonomiska potentialen kring vätgas-flex realiseras? Analys kring aktörers agerande avseende flexibilitet. Parametrar att ta i beaktande inkluderar aspekter som riskvillighet, prissäkringsstrategier och återbetalningstid vid investeringar.

Tack!

[martin.hagberg@profu.se](mailto:martin.hagberg@profu.se)