

Systemperspektiv på flygets och sjöfartens framtida bränsleval

Julia Hansson (IVL), Selma Brynolf, Elin Malmgren, Karna Dahal, Maria Grahm (all Chalmers), Erik Fridell & Martin Hagberg (IVL)



CHALMERS



Decarbonizing Nordic Transports – the Role of Different Alternative Transport Fuels

Syfte:

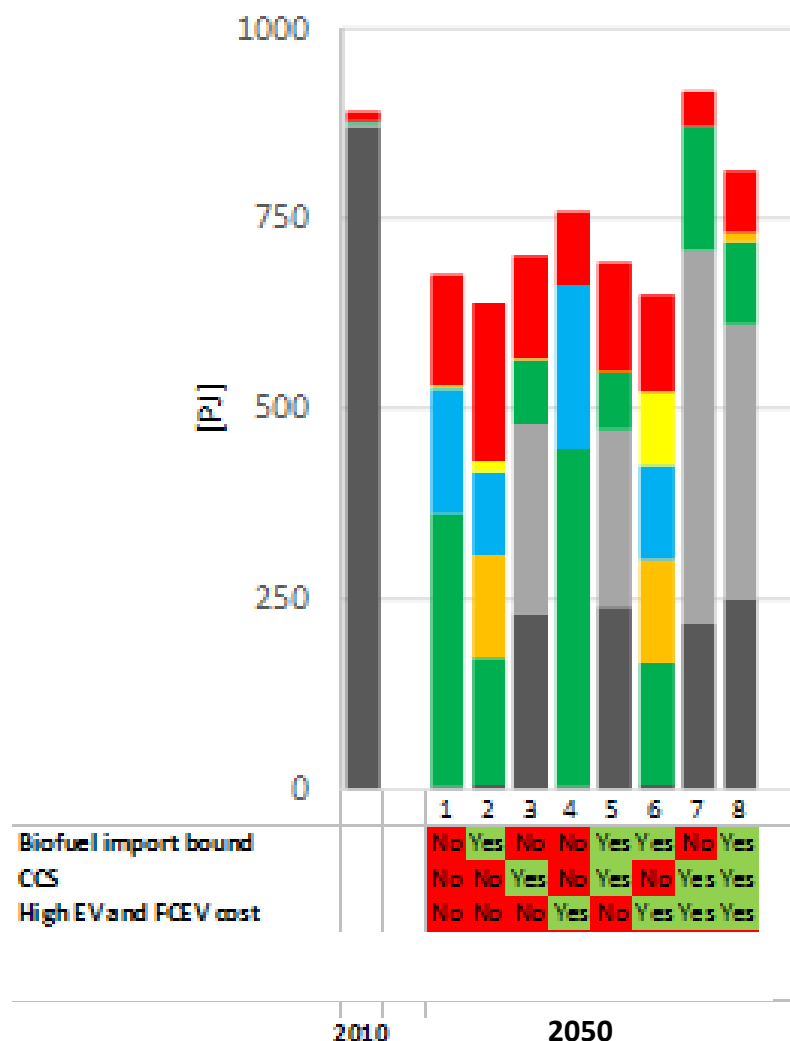
- Vilka framtida bränsleval är mest kostnadseffektiva för att minska CO₂-utsläppen från främst sjöfart och flyg i Skandinavien ur ett kombinerat kostnads- och klimatperspektiv med hänsyn till hela energisystemet?
- Vilka faktorer påverkar?
- Den framtida rollen för olika alternativa bränslen beror utöver teknisk och kostnadsutveckling på utvecklingen i andra sektorer.



Approach

- Open Nordic TIMES model: Bottom-up, optimization (cost minimization) energy system model
- Cover the national energy system (power and heat, transport, industry, residential) in **Sweden, Norway and Denmark**
- Model satisfies defined modal demands for entire time horizon by deploying the technology mix with lowest costs while fulfilling CO₂ constraint (no net CO₂ emissions by 2050)
- Fuel options: **fossil fuels, biofuels, hydrogen and electrofuels, electricity - only for road.**
- Domestic and international shipping and aviation included
- Consider cost estimates, technical performance, CO₂ emissions

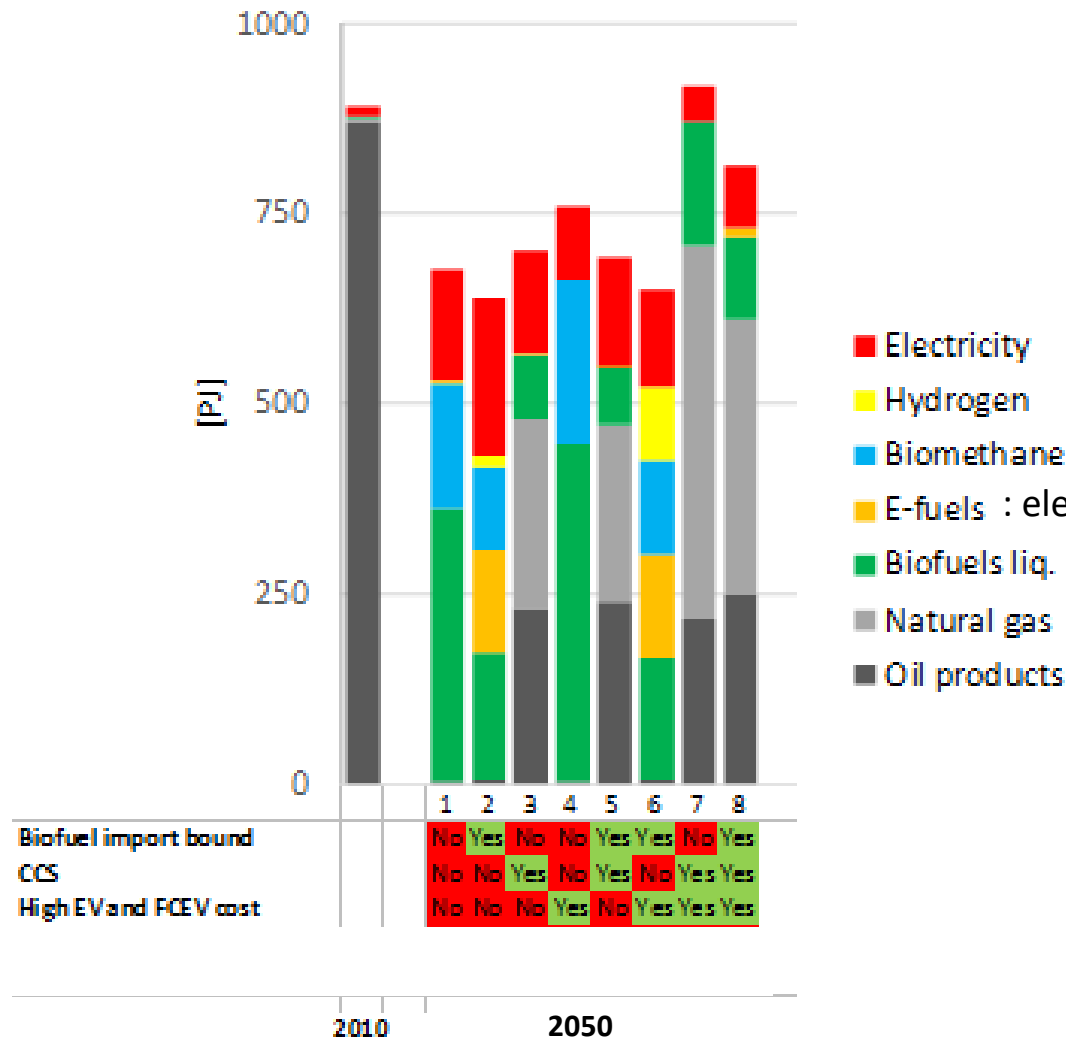
Scenarios for fuel use in Scandinavian transport sector - no net CO2 emissions by 2050



Scenario cases:

- Biomass/biofuel limitation
- Carbon capture and storage (CCS)
- High cost electric and fuel cell vehicles

Scenarios for fuel use in Scandinavian transport sector - no net CO2 emissions by 2050

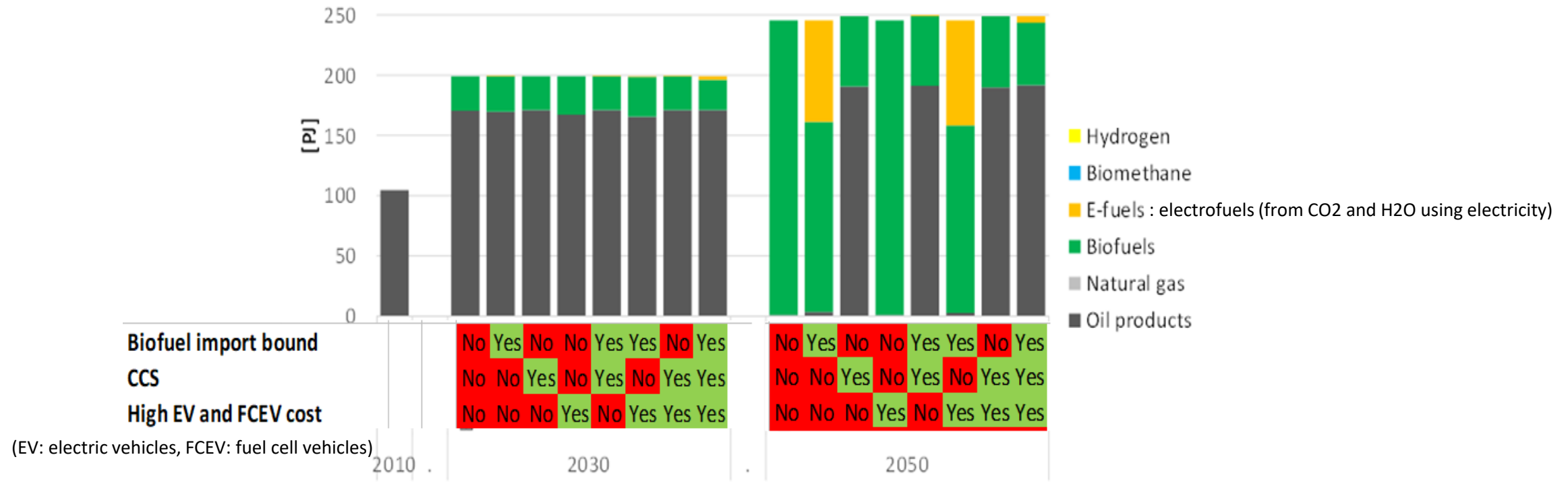


- Biofuels and electricity in all cases
- Electrofuels only in case of limited CCS
- H2 in case of limited biomass and CCS
- CCS on biomass influences extent of fuel change (remaining fossil fuels)

Fuel use in Scandinavian aviation sector in 2030 and 2050

No net CO2 emissions by 2050

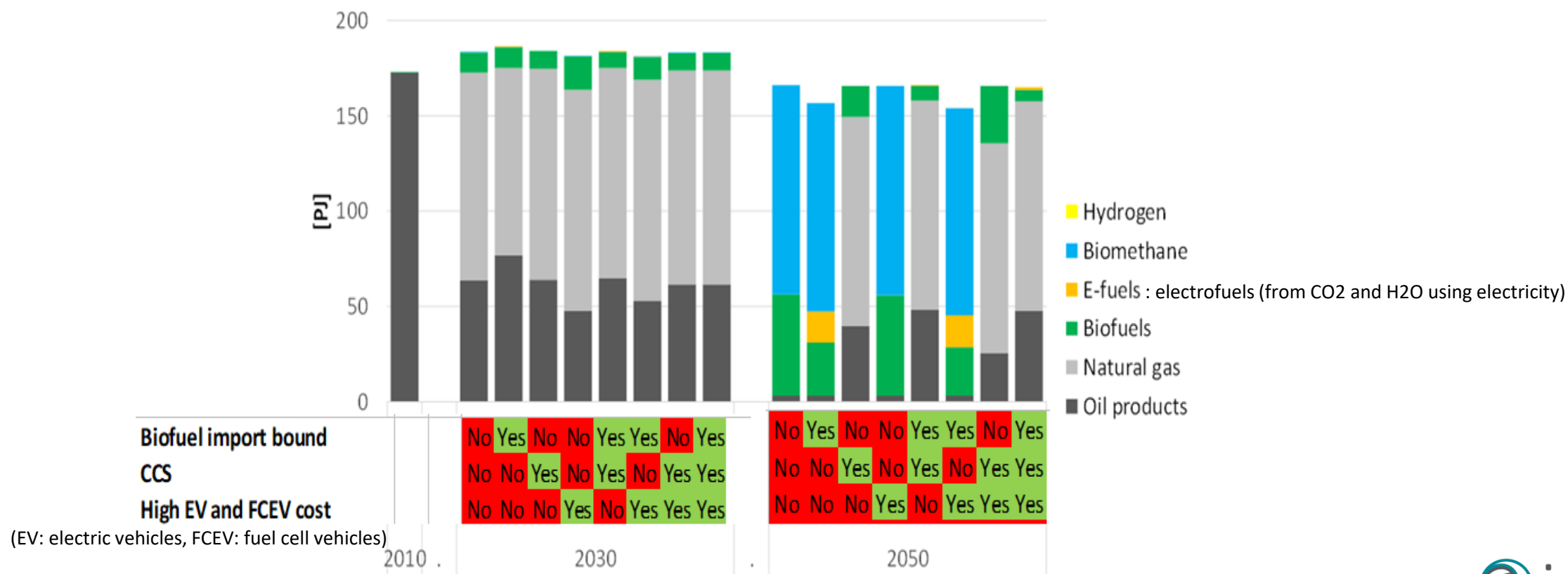
Biofuels in all cases. No hydrogen. Electrofuels if no CCS and limited biomass



Fuel use in Scandinavian shipping sector in 2030 and 2050

No net CO2 emissions by 2050

Biofuels in all cases. No hydrogen. Electrofuels if no CCS and limited biomass



Huvudbudskap (1/2)

- Förnybara sjöfarts- och flygbränslen har en viktig roll i att minska CO₂-utsläppen
- En kombination av åtgärder och bränsleval är nödvändigt
- Biodrivmedel är centrala lösningar för sjöfart och flyg ur ett nordiskt perspektiv och behöver öka snarast
- Elektrobränslen är i viss mån ett kostnadseffektivt alternativ för flyg och sjöfart (när CCS inte introduceras och med begränsad biomassatillgång)
- Vätgasens förutsättningar för sjöfart och flyg måste studeras vidare. Globalt perspektiv

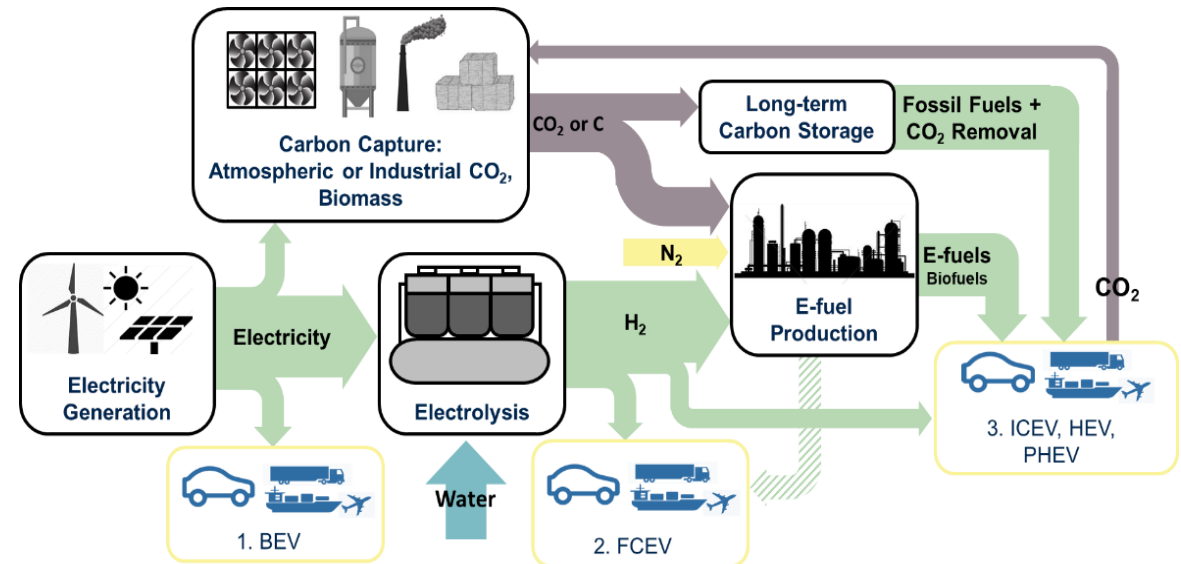
Huvudbudskap (2/2)

- En kostnadseffektiv bränsle- och teknikmix i den nordiska transportsektorn beror på flera nyckelfaktorer:
 - tillgång till hållbara biobränslen,
 - Utveckling av teknik och kostnader för nya framdrivningssystem för flygplan och fartyg,
 - utbyggnad av elproduktion med låga CO₂-utsläpp,
 - kostnadsutveckling av elektrifierade och vätgasbaserade alternativ i andra sektorer
 - utveckling och införande av avskiljning och lagring av kol för biomassabaserad teknik (bio-CCS) som möjliggör negativa utsläpp.
- Styrmedel och dess utveckling är central!

Elektrobränslens roll?

Elektrobränslen i olika delar av transportsektorn

- Syfte: För vilka delar av transportsektorn ses elektrobränslen som en viktig pusselbit i omställningen?
- Approach: Litteraturgenomgång och tekno-ekonomisk analys för olika fordon/fartyg/flygplan



Review of electrofuel feasibility - Prospects for road, ocean, and air transport. *Selma Brynolf, Julia Hansson, James E. Anderson, Iva Ridjan Skov, Timothy J. Wallington, Maria Grahn, Andrei David Korberg, Elin Malmgren and Maria Taljegård. Manuscript submitted to PRGE.*

Olika drivmedel i fokus i litteraturen

Road transport		Ocean transport		Air transport	
Light-duty	Medium and heavy-duty	Costal, inland waterway and short sea	Deep sea	Short-range	Medium- to long-range
BEV, H ₂ FCEV, biofuels and e-fuels ICEV	BEV, H ₂ FCEV, biofuels and e-fuels ICEV	BE, LNG ICE, biofuels ICE, H ₂ ICE/FC, e-fuels ICE/FC	Biofuels, LNG ICE, H ₂ ICE/FC, ammonia ICE/FC, e-fuels ICE/FC	BE, bio-jet, e-jet, H ₂ -jet/FC	Bio-jet, e-jet, (H ₂ -jet for Medium-range)

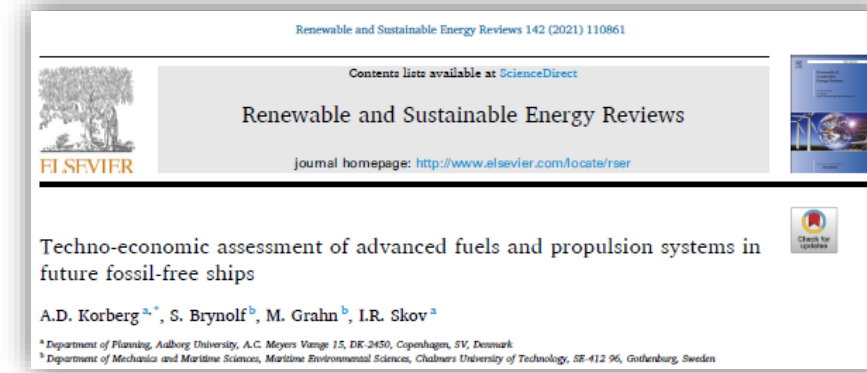
Ammoniak

Jetbränsle

Metan och vätgas diskuteras i alla delar fast i olika form (komprimerad/flytande)

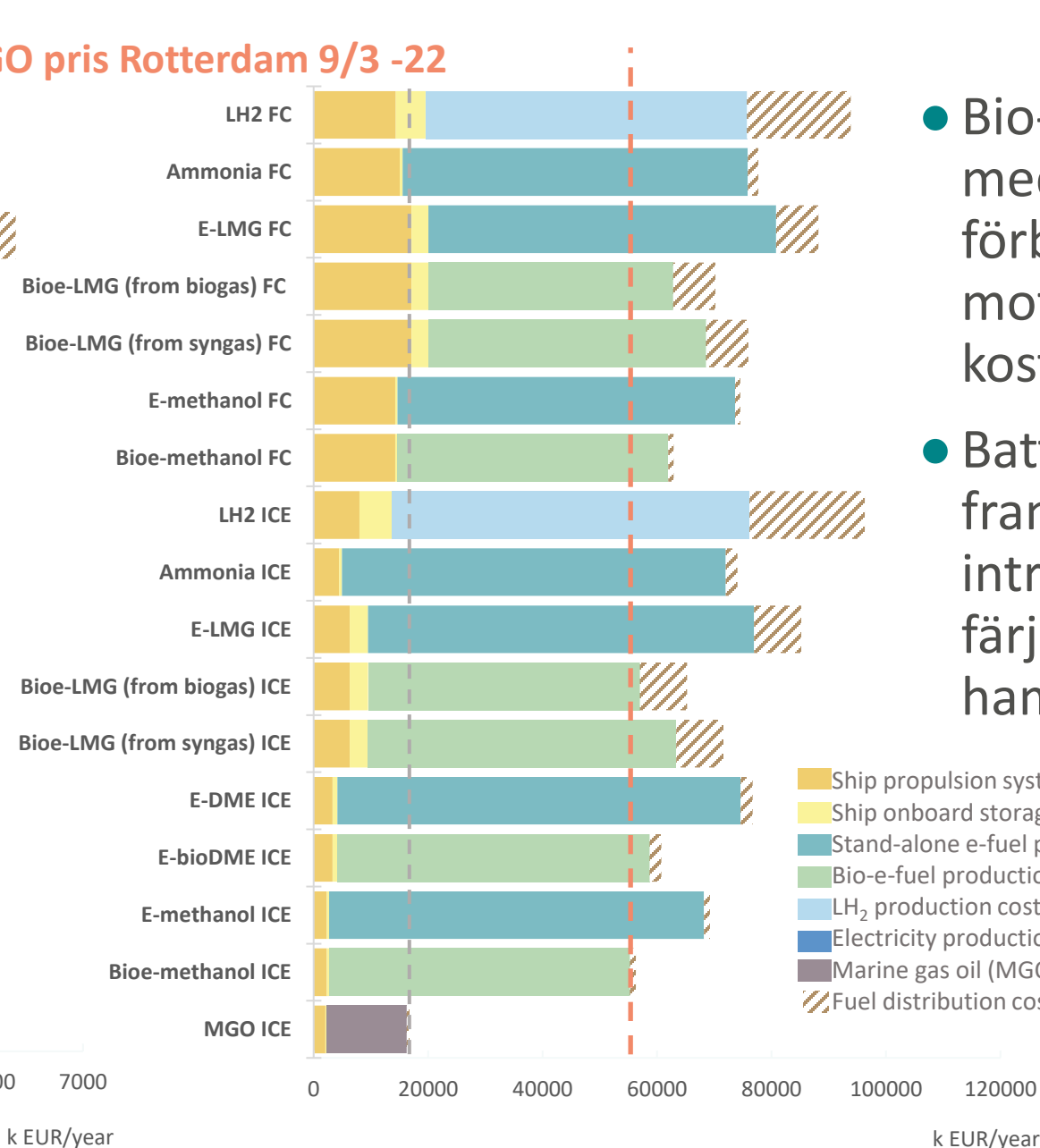
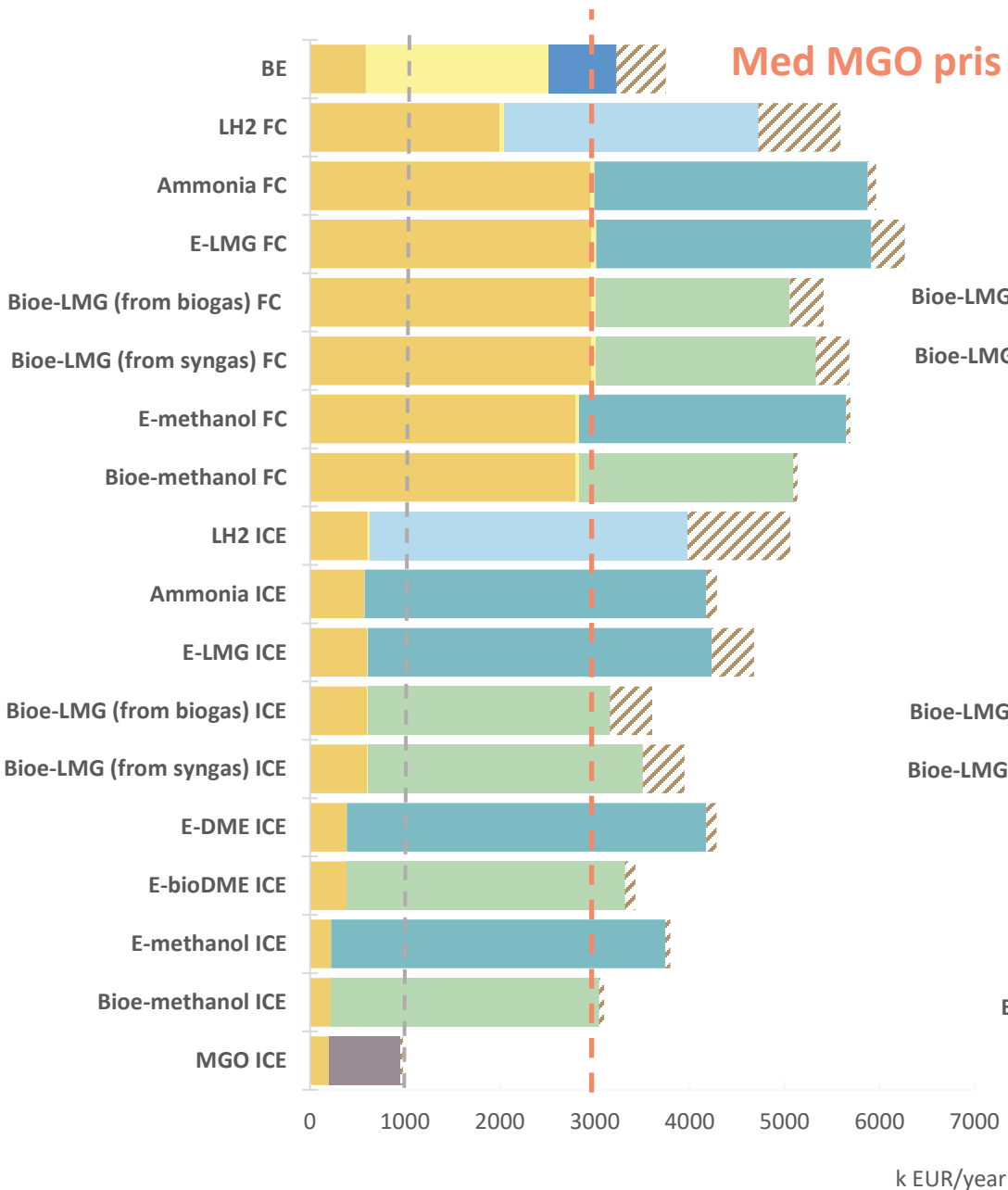
Antaganden för sjöfart

- Två typfartyg: (i) Större färja: huvudmotorer 11MW, 6h mellan hamnar, (ii) Containerfartyg: huvudmotorer 55MW, 240h mellan hamn
- Alternativ som är inkluderade: Kombinerade bio- och elektrobränslen (allt kol i biomassan använt för att göra bränsle), kolbaserade elektrobränslen, ammoniak, flytande vätgas
- Förbränningsmotorer (ICE), bränsleceller (FC) och batteri-elektrisk framdrift
- Bränsleproduktion i Europa 2030

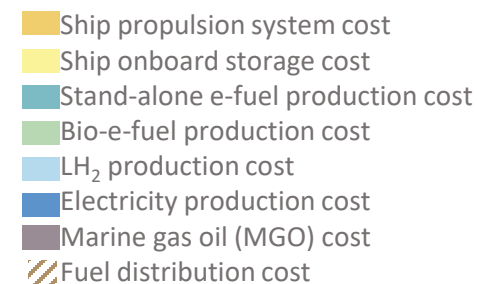


Större färja

Containerfartyg



- Bio-e-metanol med förbränningsmotorer lägst kostnad
- Batteri-elektrisk framdrift intressant för färja (6h mellan hamn)



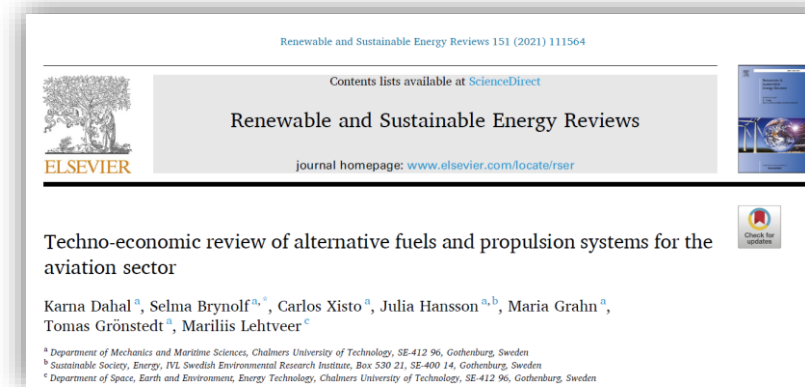
CHALMERS



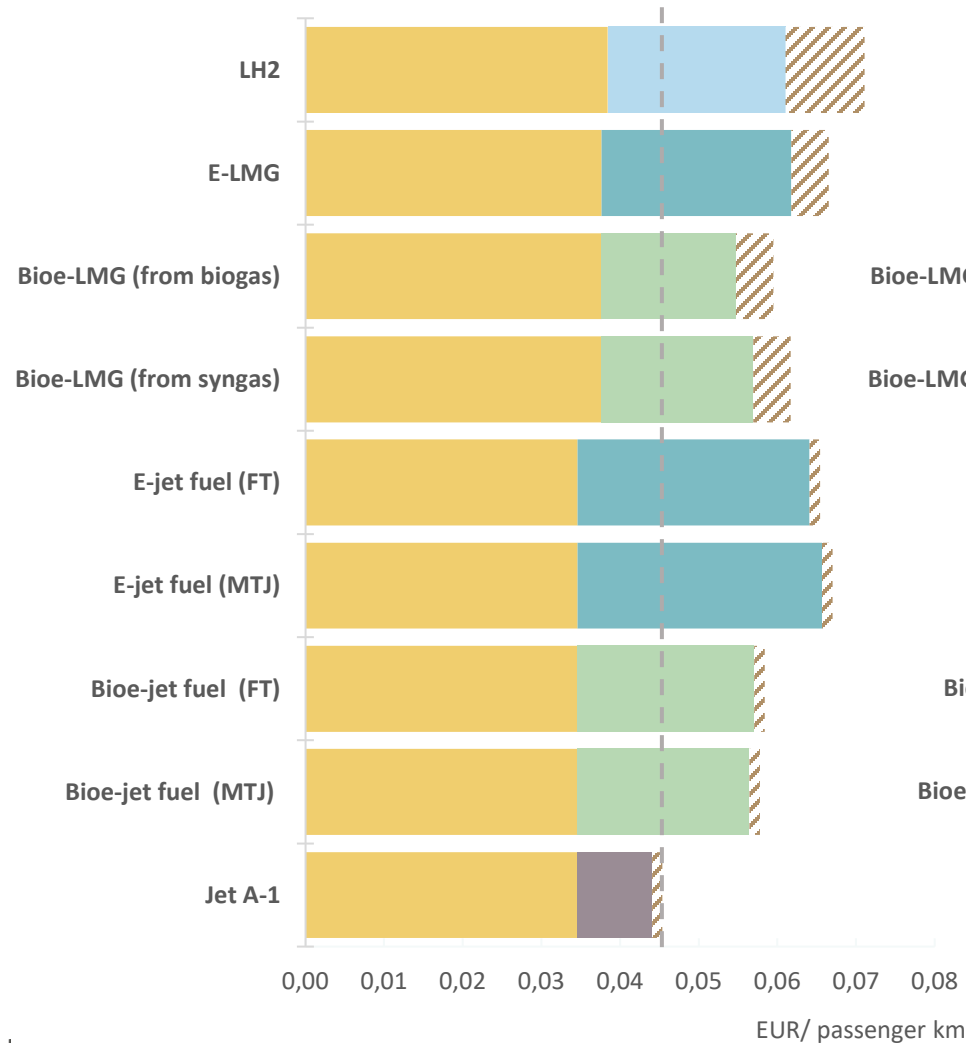
SVENSKA MILJÖINSTITUTET

Antaganden för flyg

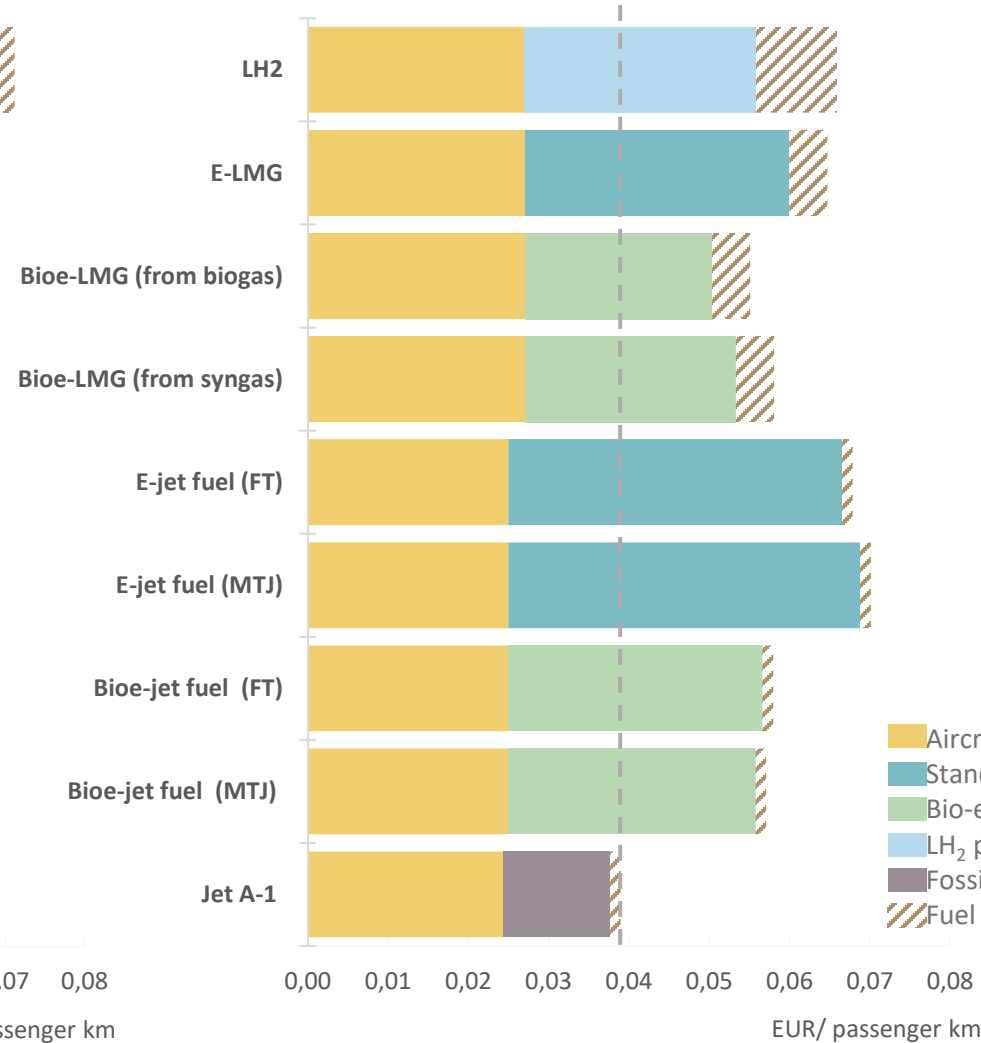
- Typ flygplan: medeldistansflygplan (2070 km) och långdistansflygplan (11130 km)
- Inkluderade alternativ: bio-elektro och elektro-jet bränsle, bio-elektro- och elektro-metan (flytande), flytande vätgas
- Bränsleproduktion i Europa 2030
- ”Direkt operating cost” för de olika alternativen



Medel distans flygplan



Lång distans flygplan



- Bio-elektrometan och bio-elektro-jet bränsle lägst kostnad
- Flytande vätgas och elektro-jet dyrast

■ Aircraft direct operating cost
■ Stand-alone e-fuel production cost
■ Bio-e-fuel production cost
■ LH₂ production cost
■ Fossil jet fuel cost
▨ Fuel distribution cost

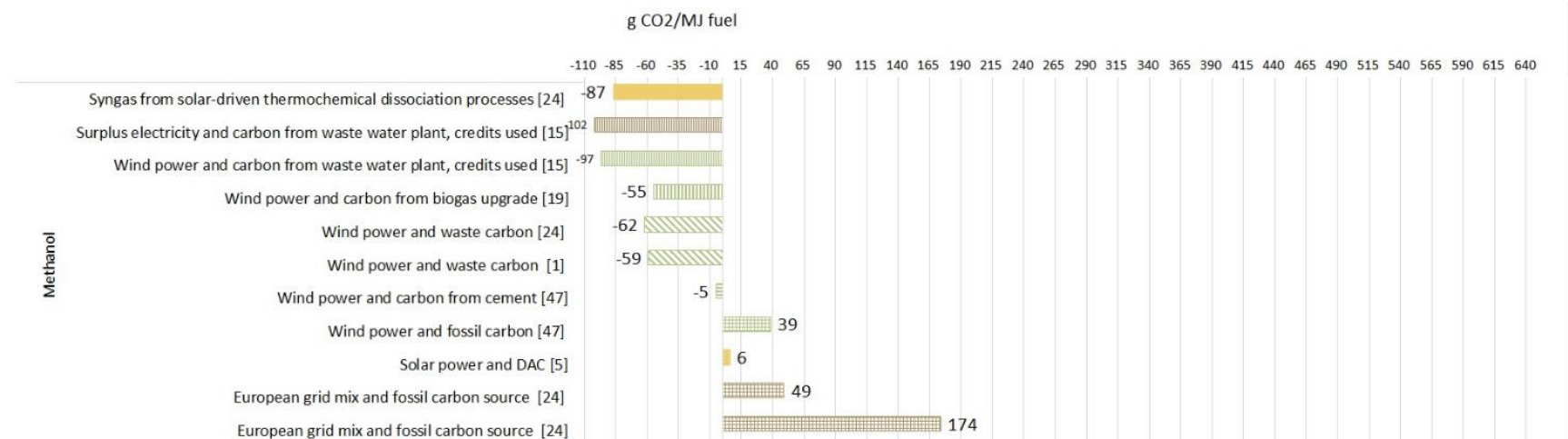


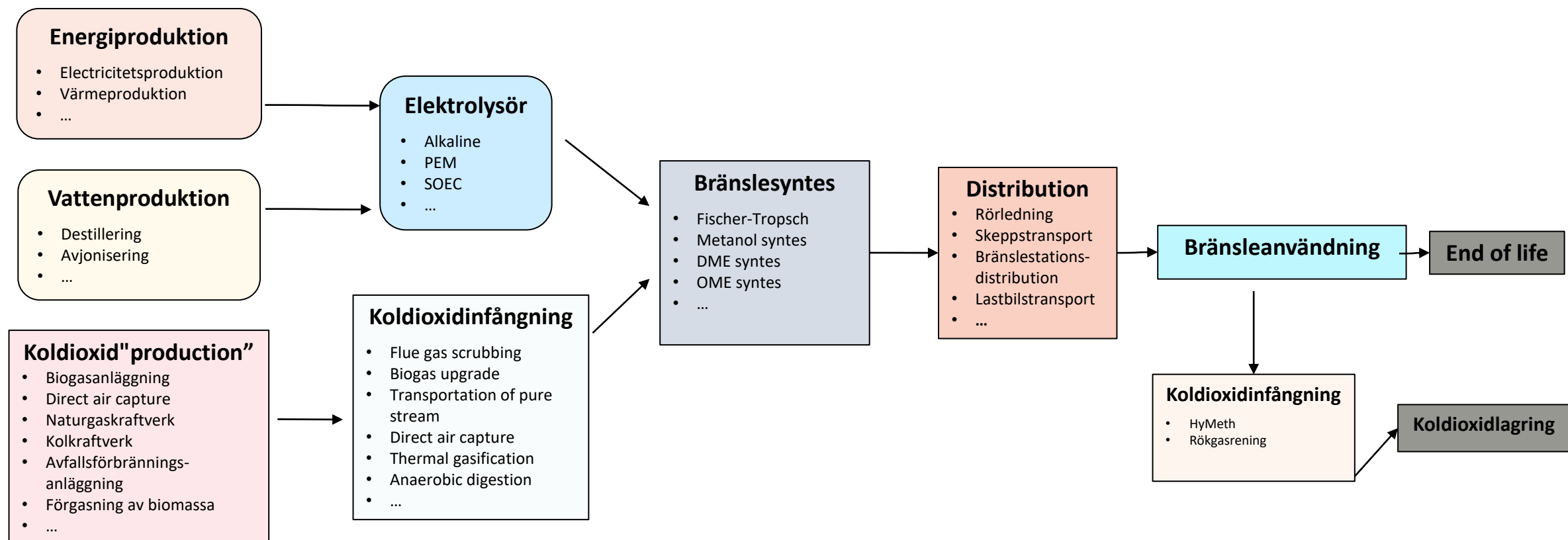
Sammanfattning rollen av elektrobränslen i olika delar av transportsektorn

- Elektrobränslen diskuteras i litteraturen för vägtransporter, sjöfart och flyg
- Kostnad och effektivitetsförlusterna i produktionskedjan gör att elektrobränslen framförallt lämpar sig för sektorer som är svåra att elektrifiera, såsom flyg och sjöfart
- Elektrobränslen är generellt dyrare än kombinerade bio- och elektrobränslen (allt kol i biomassan används för att göra bränsle) och biobränslen

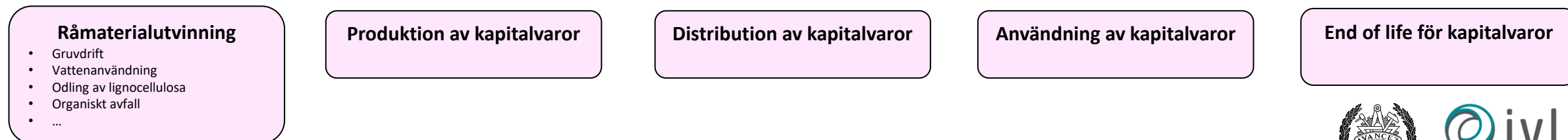
Elektrobränslens miljöpåverkan

- Etablera livscykeln
- Identifiera nyckelfrågor
- Utvärdera alternativen



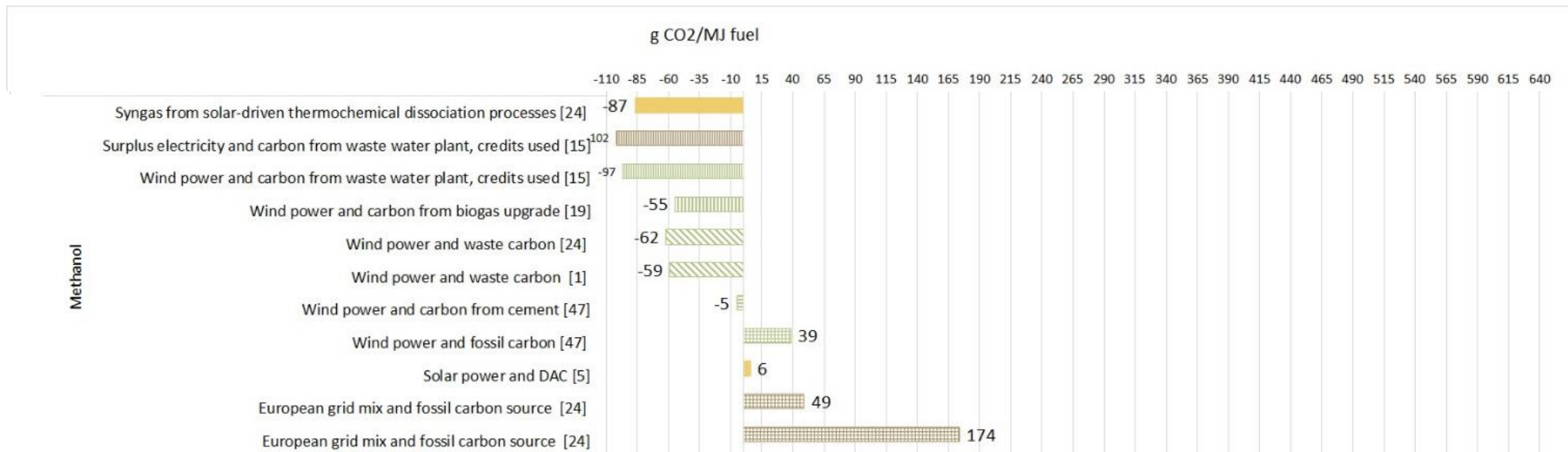


Kapitalvaror

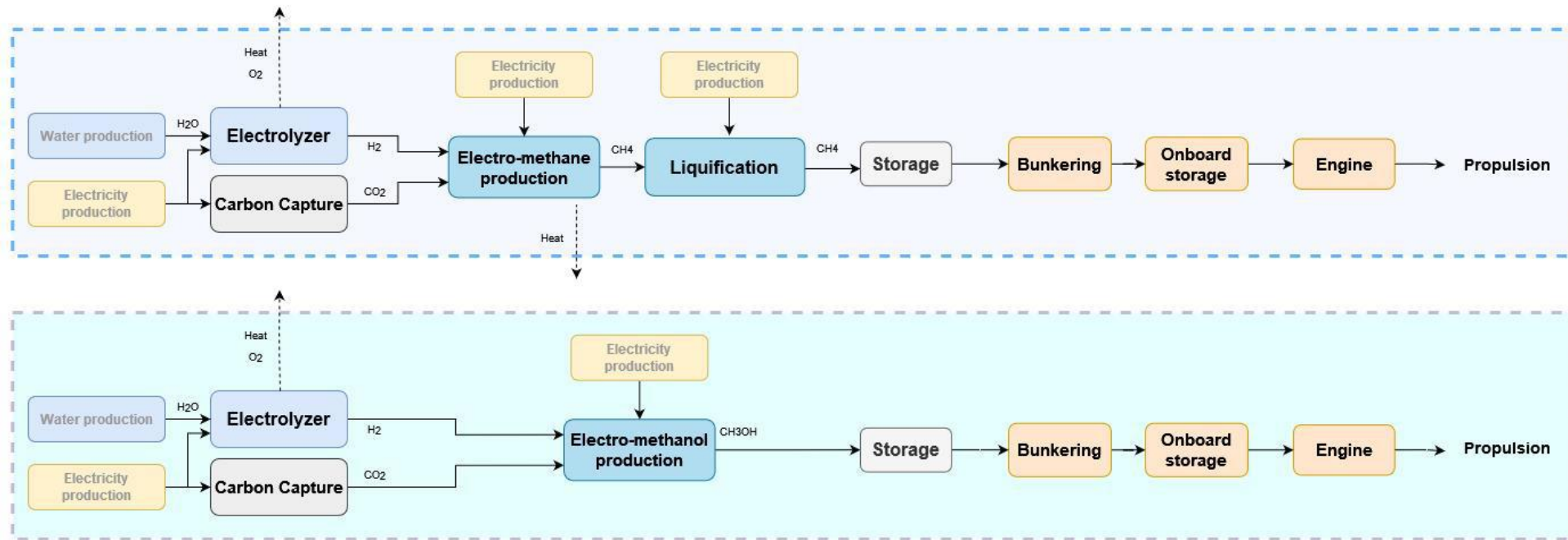


Resultaten beror på livscykeln

- El- och koldioxidkällan är centralt för miljöpåverkan



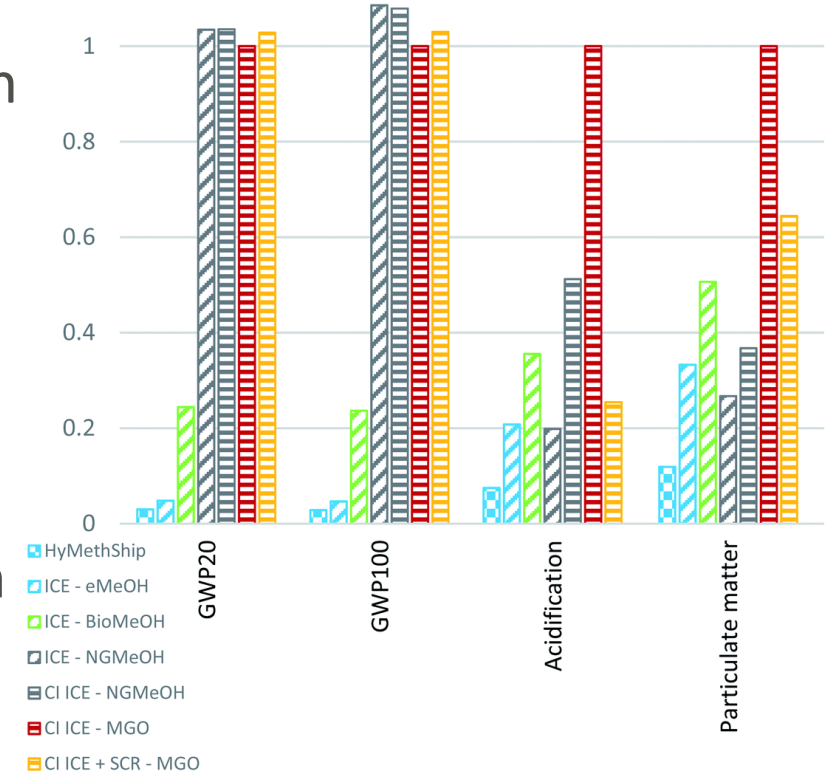
Elektrometanol och Elektrometan



Generell modellbeskrivning av LCA för elektrometanol (nedre delen av figuren) och elektrometan (övre delen av figuren). De gråskuggade boxarna visar processer som är modellerade via data från databaser, så kallade "bakgrundsprocesser". Icke-skuggade boxar är modellerade i detalj i livscykelanalysmodellerna.

Miljöpåverkan för sjöfarten

- Möjligt lägre miljöpåverkan än konventionella bränslen för många miljöpåverkanskategorier
- Förnybar el och koldioxidkälla central för elektrobränslens klimatpåverkan
- Marina motorers egenskaper, råvaruutvinning och bränsleproduktionens energibehov spelar roll
- Kvarstår fortfarande osäkerheter kring elektrobränslen påverkan på människors hälsa i förhållande till dagens konventionella bränslen
- Intressanta aspekter kvarstår så som landanvändning och specifika applikationer



Malmgren E, Brynolf S, Fridell E, Grahn M, Andersson K. The environmental performance of a fossil-free ship propulsion system with onboard carbon capture - a life cycle assessment of the HyMethShip concept. *Sustain Energy Fuels*. 2021;5(10):2753-70.

Tack för er uppmärksamhet!

Frågor?

julia.hansson@ivl.se

selma.brynolf@chalmers.se

elin.malmgren@chalmers.se

Det här projektet genomfördes inom samverkansprogrammet
Förnybara drivmedel och system
som finansieras av Energimyndigheten och f3 Svenskt
kunskapscentrum för förnybara drivmedel.

www.f3centre.se/samverkansprogram



SVENSKT KUNSKAPSCENTRUM
FÖR FÖRNYBARA DRIVMEDEL

