GREENSTAT

Making Green Hydrogen Happen

Bingfoss kraftstasjon

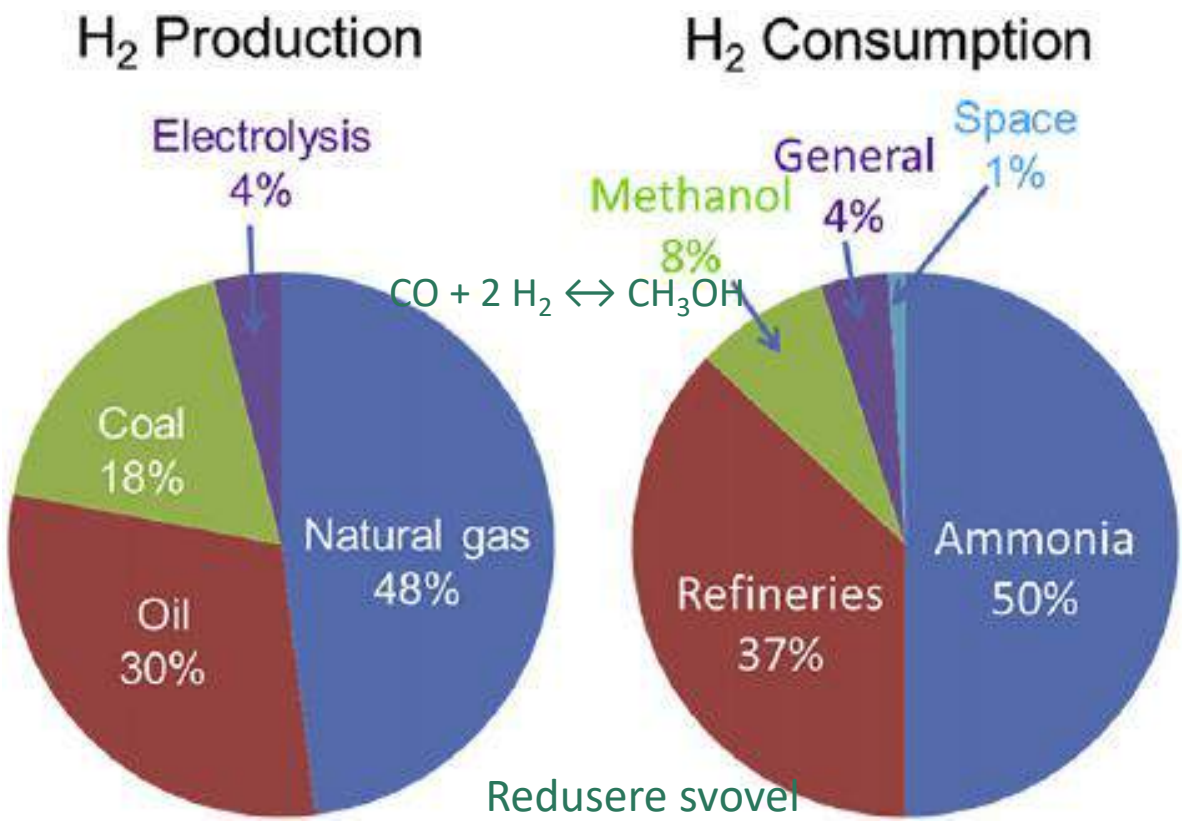
GREENSTAT

Agenda

- Hydrogenproduksjon og anvendelse
- Hydrogen i prosessindustrien, storskalaproduksjon
- Lokal småskalaproduksjon
- Marint drivstoff
- Andre bruksområder
- Distribusjon og lagring. Komprimert hydrogen vs flytende hydrogen
- Oppsummering

Hydrogenproduksjon og -forbruk

Årlig global produksjon: 50 millioner tonn H2



$CO + 2\,H_2 \leftrightarrow CH_3OH$

Gassifisering

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

Redusere svovel

Partiell oksidasjon

Dampreformasjon

Hydrogenproduksjon
Dampreformasjon, Partiell oksidasjon, Gassifisering, Elektrolyse

- ✓ Dampreformasjon: $CH_4 + 2H_2O + heat \rightarrow 4H_2 + CO_2$
- ✓ Partiell oksidasjon av olje: $C12H24 + 6\ O_2 \rightarrow 12\ CO + 12\ H_2$
- ✓ Gassifisering av kull: $C + H_2O + heat \rightarrow CO + H_2$

  $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$
- ✓ Elektrolyse: $2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 + O_2$
- ✓ Over 90% av verdens hydrogenproduksjon foregår ved produksjon fra fossile hydrokarboner med naturgass (CH4) som dominerende innsatsfaktor. Felles for disse er CO_2 som biprodukt
- ✓ Tommelfingerregel ved dampreformasjon: 7 kg CO_2 / 1 kg H_2
- ✓ Norge er i en unik situasjon med tilgang på fornybar kraft

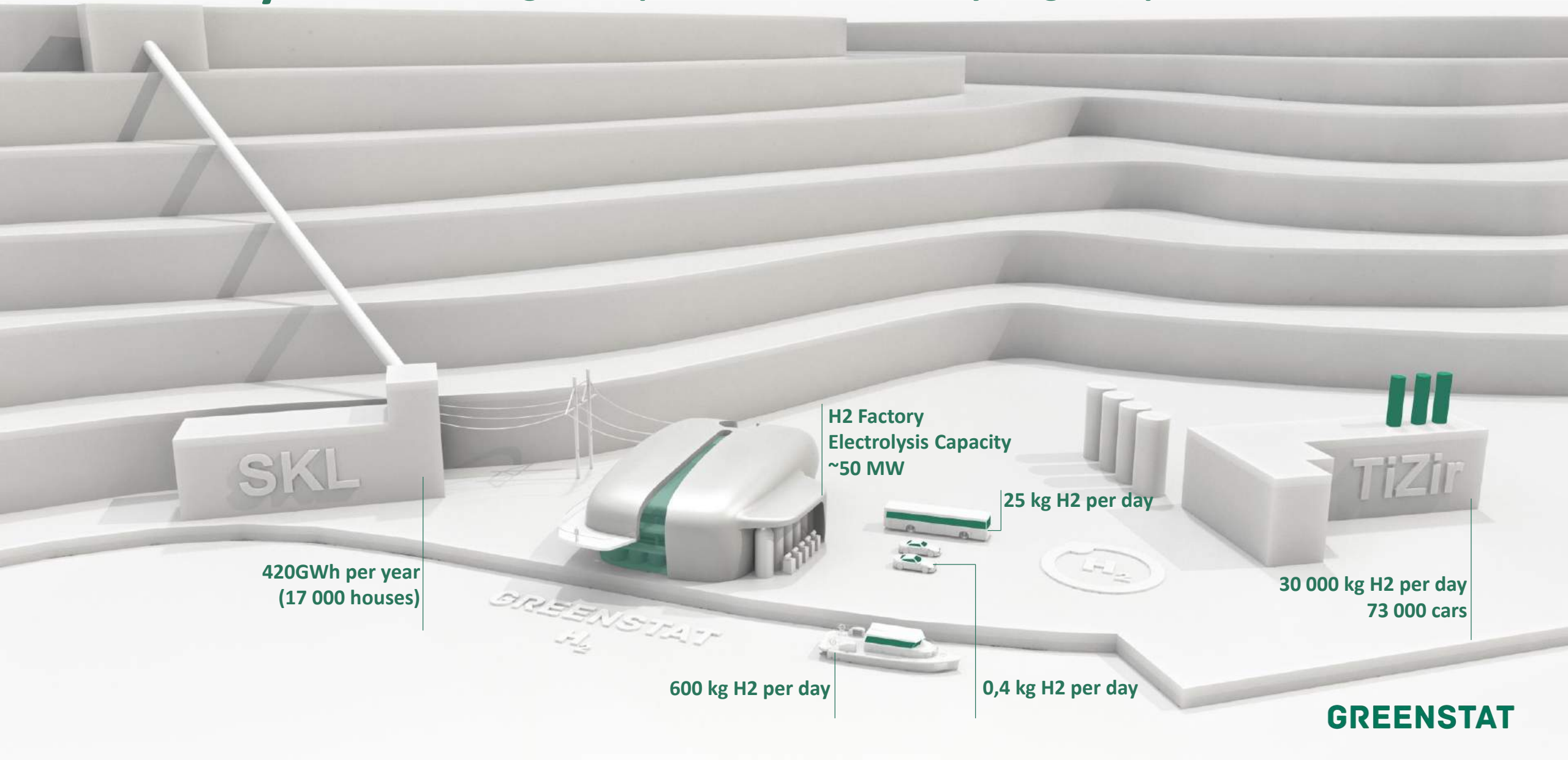
GREENSTAT

Storskalaproduksjon av grønn hydrogen til bruk i TiZir sin prosess

- Redox reaction, Ilmenite
- $2FeTiO_3 + C$
- $2Fe + TiO_2 + CO_2$
- $FeTiO_3 + H_2$
- $Fe + TiO_2 + H_2O$

Nå

TiZir Tyssedal – Big scale production. Green Hydrogen replaces coal



Småskalaproduksjon fra fornybar kraft

- Vann
- Sol
- Vind

Hydrogenproduksjon fra solceller

- Norge: årlig strømproduksjon fra 1 m2 solcelle = 125 kWh
- NEL C-150 (330 kg / h): 0.75 MW effekt = 6 GWh = 6.000.000 kWh
- Krevd areal: 6.000.000 kWh/125 kWh/m2 = 48.000 m2
- ASKO: 4 stk hydrogendrevne trekkvogner i Trondheim. Har installert 9.000 m2 solceller på taket

Hydrogenproduksjon fra Vindmøller

- Gjøre bruk av overskuddskraft når overføringslinjene ikke kan ta i mot all strømproduksjonen
- Benytte hydrogen til strømgenerering ved vindstille

Mehuken / Vågsøy kommune / Sogn og Fjordane

Hydrogen som marint drivstoff

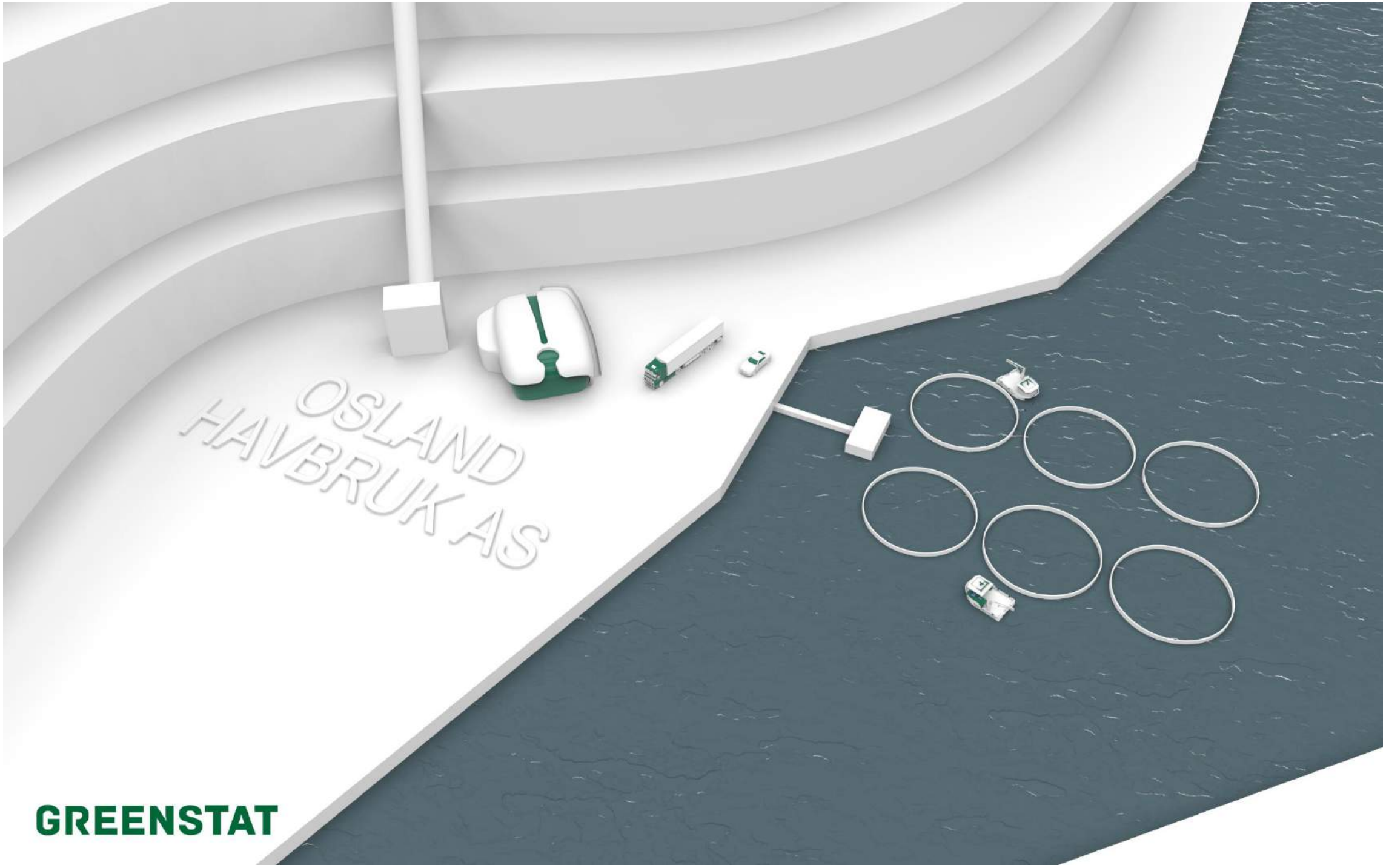
- Båter til oppdrettsnæringen
- Hurtigbåter (Bergen – Selje, 40% av CO2 utslippene i kollektivtrafikken i Sogn og Fjordane)
- Ferger
- Yachter
- Cruisebåter
- Supplybåter (**1 supplybåt forurenser NOx tilsvarende 100 000 biler)**

Hydrogen: fremtidens drivstoff

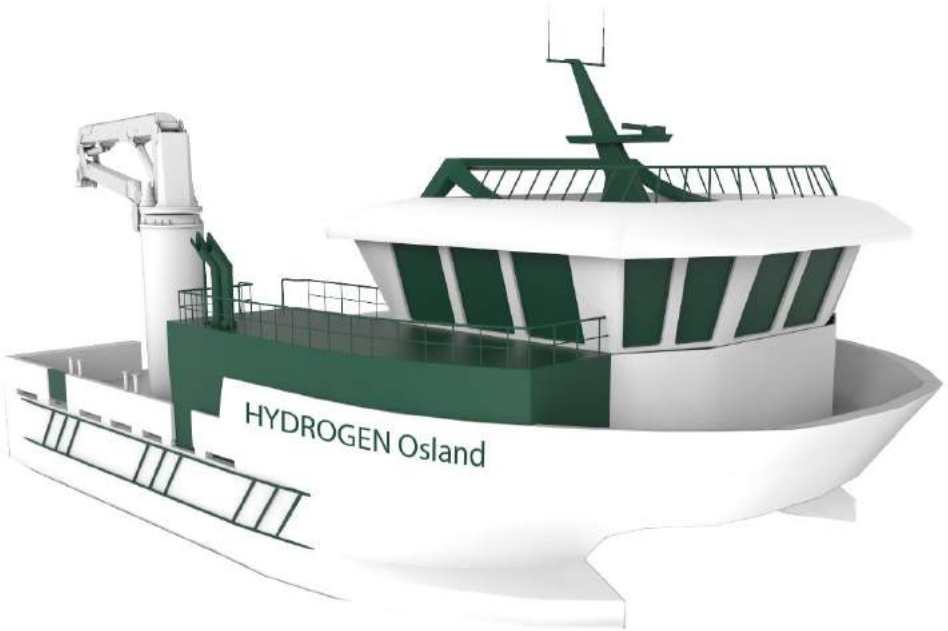
- …..og vil alltid være det….
- 2010: MF Vågen
  - 12 kW
  - 2,4 kg H2 lagringskapasitet
- 2021: Første Hydrogenferge
  - 3 MW
  - 150 kg H2/dag
- Hydrogen er ikke lengre utopisk!

Osland Havbruk: Småskala produksjon av grønn hydrogen fra elvekraft

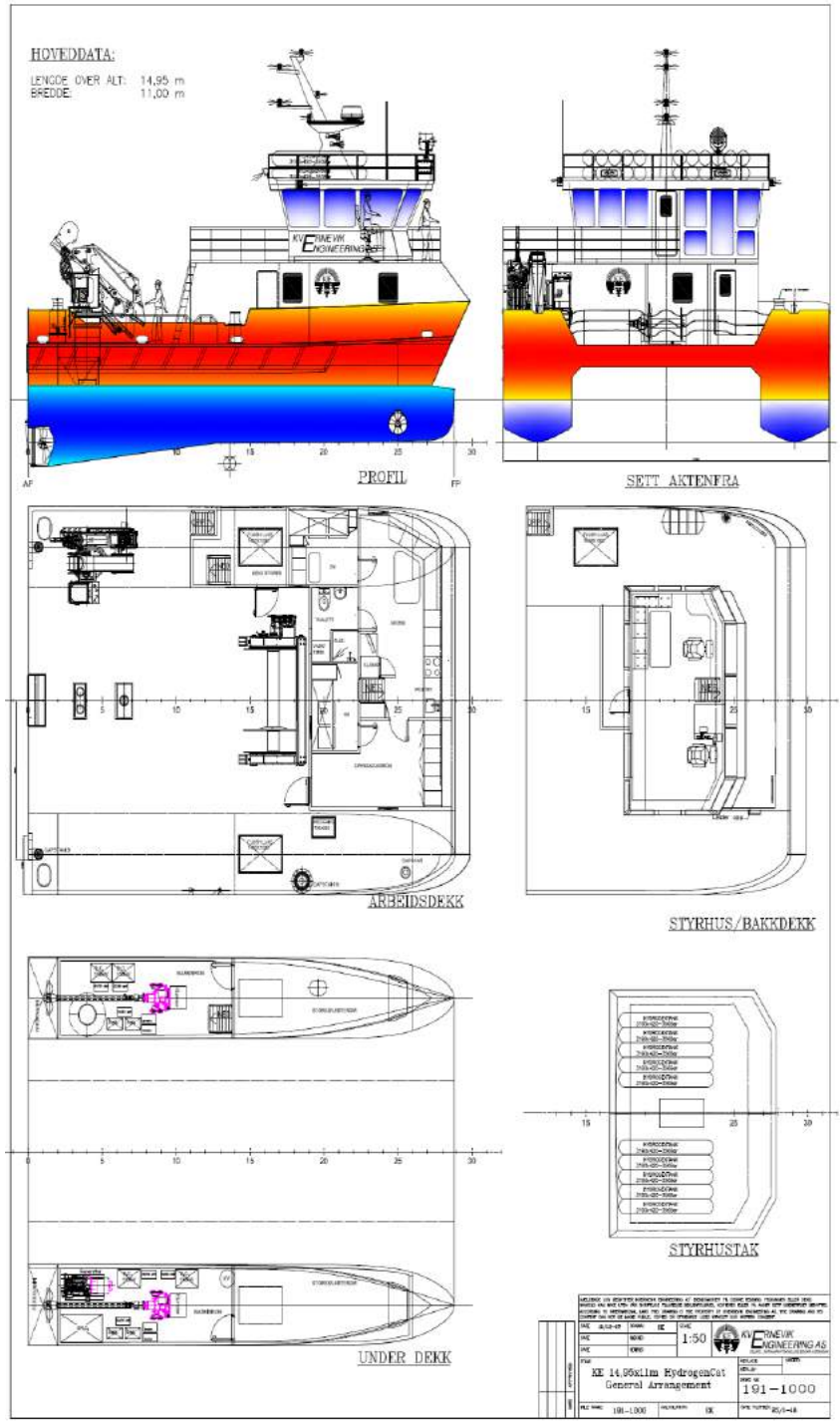
GREENSTAT



GREENSTAT



GREENSTAT



Diskusjon: Tilstrekkelig plass i konvensjonelt skrog? Lagringstrykk? Lagringskapasitet? Bunkringshyppighet? Bunkringshastighet? Skalering? Flytende H2 vs komprimert H2? ……og langt flere punkter…….

Osland: Hydrogen vs diesel

- 34 MNOK vs 25 MNOK
- 40% støtte på deltakost mulig
- Marin diesel: 7,5 kr/l
- Ekvivalent pris: 40 kr/kg H2
- Osland: ca 60 kr/kg H2 (inkl bunkringsstasjon)
- Merkostnad drivstoff: 250.000 kr/år
- Usikkerhet rundt fremtidig avdragsfrihet på marin diesel
- Fremtidige CO2-avgifter?
- Benytte oksygenet i oppdretten
- Lønnsomt med hydrogen etter hvert?
- Vi tror ja!

GREENSTAT

Ferger

- MF Ampere i drift siden 2015
- Norge: I dag er 50 elektriske ferger i bestilling eller under bygging
- Første hydrogenferge i drift i 2021 (Rv13)
- Lengre overfart enn 30 min ikke mulig med ren batteridrift
- Komprimert eller flytende H2?

Hurtigbåter

- S&F: hurtiggående rutebåter står for 55% av utslippene fra kollektiv sektor. Langdistanseruten Selje - Bergen alene står for 40% av utslippene fra kollektivtransporten i S&F
- 115 Nautiske mil:
  - Diesel: 6 tonn
  - Batterielektrisk: 90 tonn
  - Hydrogenelektrisk: 10-12 tonn
- Spennende internasjonale prosjekter under utvikling

Hydrogen Viking. World`s first zero-emission super yacht

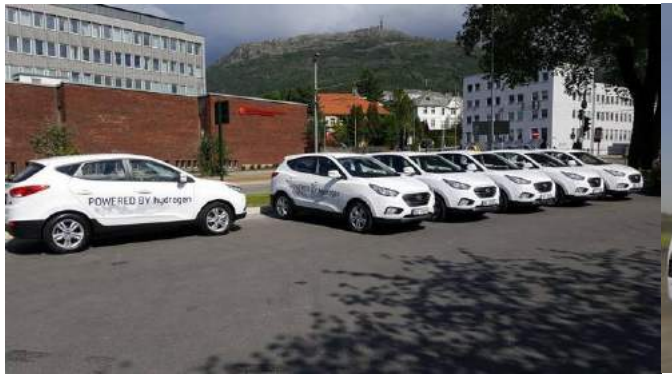
- 95 fot Sunseeker Predator
- 3 MW motoreffekt
- 35 knop
- Norwegian Electric Systems, Corvus, Servogear, Prototch, Gexcon, HyOn

Viking Cruises med konkrete hydrogenplaner

- 230 meter langt, 900 passasjerer og 500 ansatte
- 14 døgn mellom hver bunkring
- Behov for tilgang på flytende hydrogen

Muligheter for ny anvendelse av hydrogen

- Landbasert transportsektor
  - Biler/Varebiler
  - Busser
  - Renovasjonskjøretøy
  - Lastebiler
  - Tog



Hydrogen som drivstoff til privatbiler er først ute!

Distribusjon av hydrogen

- Distribusjon av hydrogen i rørledninger
- Vanlig måte å transportere hydrogen på i dag, er som komprimert gass:
  - ISO container, stålflasker:
    ca 260 kg H2 ved 300 bar / 40 fot ISO container
  - ISO container, komposittflasker (glassfiber eller karbon).
    Opp til 900 kg H2 ved 300 bar / 40 fot ISO container
- Også mulig å distribuere som flytende, men mindre vanlig:
  - ca 4.000 kg H2 / 40 feet ISO container

Distribusjon av Hydrogen i rørledning

- Rene Hydrogen rørledninger (dyrt)
- Hydrogen i Naturgass rørledninger, begrensninger
- Material (max 50% H2, embrittlement)
- Risiko (max 30% H2)
- Sluttbruker
- Mulig å separere Hydrogen og Naturgass før sluttbruker (eks. membran teknologi)

Tennområde:
H2: 4-75%
CH4: 5-17%

Info hentet fra DNV GL presentasjon, Smart Gas 2017

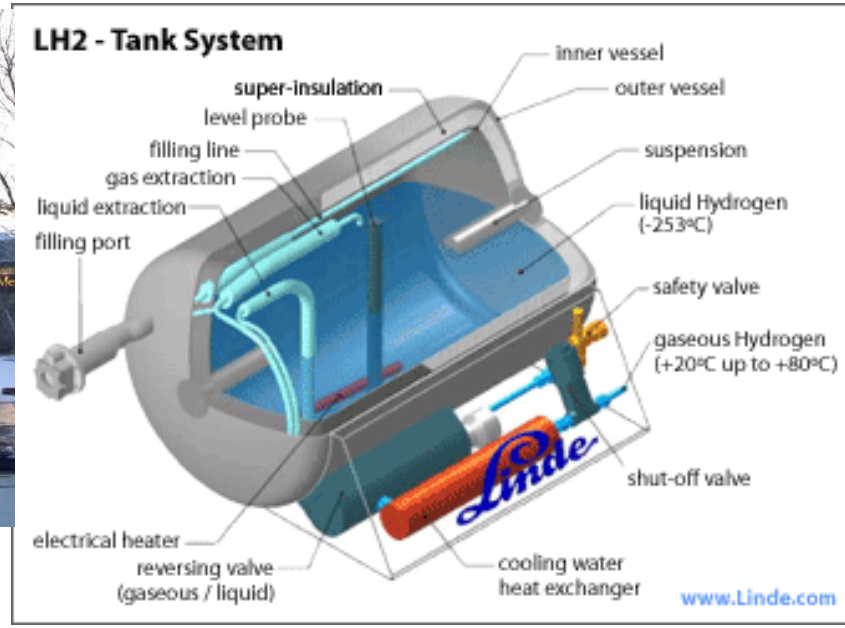
GREENSTAT

Komprimert hydrogen vs Flytende hydrogen

- Langt mer sofistikert teknologi nødvendig for å transportere flytende hydrogen
- Kostbart å produsere flytende hydrogen

X-STORE (Hexagon datterselskap Xperion)

Stålflasker i flaskebank



Produksjon av flytende hydrogen

- Europa: Total prod av LH2 ca 15 tonn LH2 / d. 4 anlegg: Air Liquides anlegg i Waziers (FR), Air Products' anlegg i Rotterdam/Rosenberg (NL) og Lindes to anlegg i Ingolstadt og Leuna (DE)
- Canada: 1 anlegg, ca 15 ton LH2 / d
- USA: Total produksjon mindre enn 100 tonn LH2 / d
- Utfordrende å transportere og lagre LH2: -253 to -264 deg C
- Produksjonskapasitet 2.000 kg LH2 / d: 12 kWh / kg LH2 (7,5 MEURO)
- Produksjonskapasitet 15.000 kg LH2 / d: 6 kWh / kg LH2 (35 MEURO)

Distribusjon av hydrogen, land vs sjø

- Fremtidens storskala distribusjon (eksport) på sjø blir mest sannsynlig som flytende hydrogen
- Vi antar at distribusjon av hydrogen på land forblir som komprimert hydrogen i overskuelig fremtid

Oppsummering

- De første kommersielle hydrogenprosjektene (bilfyllestasjoner) i Norge er allerede realisert
- Den første hydrogendrevne trekkvognen i Norge blir tatt i drift i 2018
- Storskalaprod: 22 kr/kg H2, småskalaprod: 45-65 kr/kg H2
- Operatør og teknologi for den første hydrogenfergen blir besluttet i 2018. Operasjon 2021
- Mange spennende konsept-/forstudier utføres for tiden, både stor- og småskala. Vi tror de første maritime prosjektene blir realisert i 2019/2020
- Norge har en god mulighet til å ta en ledende posisjon innen teknologi, spesielt innen industriell og maritim sektor

GREENSTAT

Takk for oppmerksomheten!