



**TAL
TECH**

VESINIKUTEHNOLOOGIATE MAJANDUSLIK VALIK

Ivo Palu
Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Tallinna Tehnikaülikool

ODAV JA ROHELINE VIIS VESINIKU TOOTMISEKS

- Koos kolleegidega eraldas Percival Zhang Virginia tehnoloogiainstituudist 13 ensüümi viielt erinevalt organismilt spinatist jäneseni ning bakterite ja pärmseente abil koostas ainevahetusraja, mis toodab tähtsast vesinikku. See võimaldab toota vesinikku kütuseks odavalt ja lihtsalt.
-
- Hetkel on kõige odavam vesiniku tootmise meetod metaani reageerimine veeauruga. Kasutatav metaan saadakse maagaasist – vesiniku tootmise mõtte aga on fossiilsetest kütustest sõltuvuse vähendamine. Kui tahame, et vesinikust saaks tulevikus praegu kasutatavate kütuste aseaine, peame sellest vastuolust mööda hiilima. Seega ei ole metaani kasutamisel mõtet, sest fossiilsed kütused on ammenduv ressurss ning nende põletamine põhjustab kliima soojenemist.

ODAV JA ROHELINE VIIS VESINIKU TOOTMISEKS - ÄRIPÄEV, 29. MAI 2007

- Koos kolleegidega eraldas Percival Zhang Virginia tehnoloogiainstituudist 13 ensüümi viielt erinevalt organismilt spinatist jäneseni ning bakterite ja pärmseente abil koostas ainevahetusraja, mis toodab tärklisest vesinikku. See võimaldab toota vesinikku kütuseks odavalt ja lihtsalt.
-
- Hetkel on kõige odavam vesiniku tootmise meetod metaani reageerimine veeauruga. Kasutatav metaan saadakse maagaasist – vesiniku tootmise mõtte aga on fossiilsetest kütustest sõltuvuse vähendamine. Kui tahame, et vesinikust saaks **tulevikus** praegu **kasutatavate kütuste aseaine**, peame sellest vastuolust mööda hiilima. Seega ei ole metaani kasutamisel mõtet, sest fossiilsed kütused on ammenduv ressurss ning nende põletamine põhjustab kliima soojenemist.

FOR IMMEDIATE RELEASE

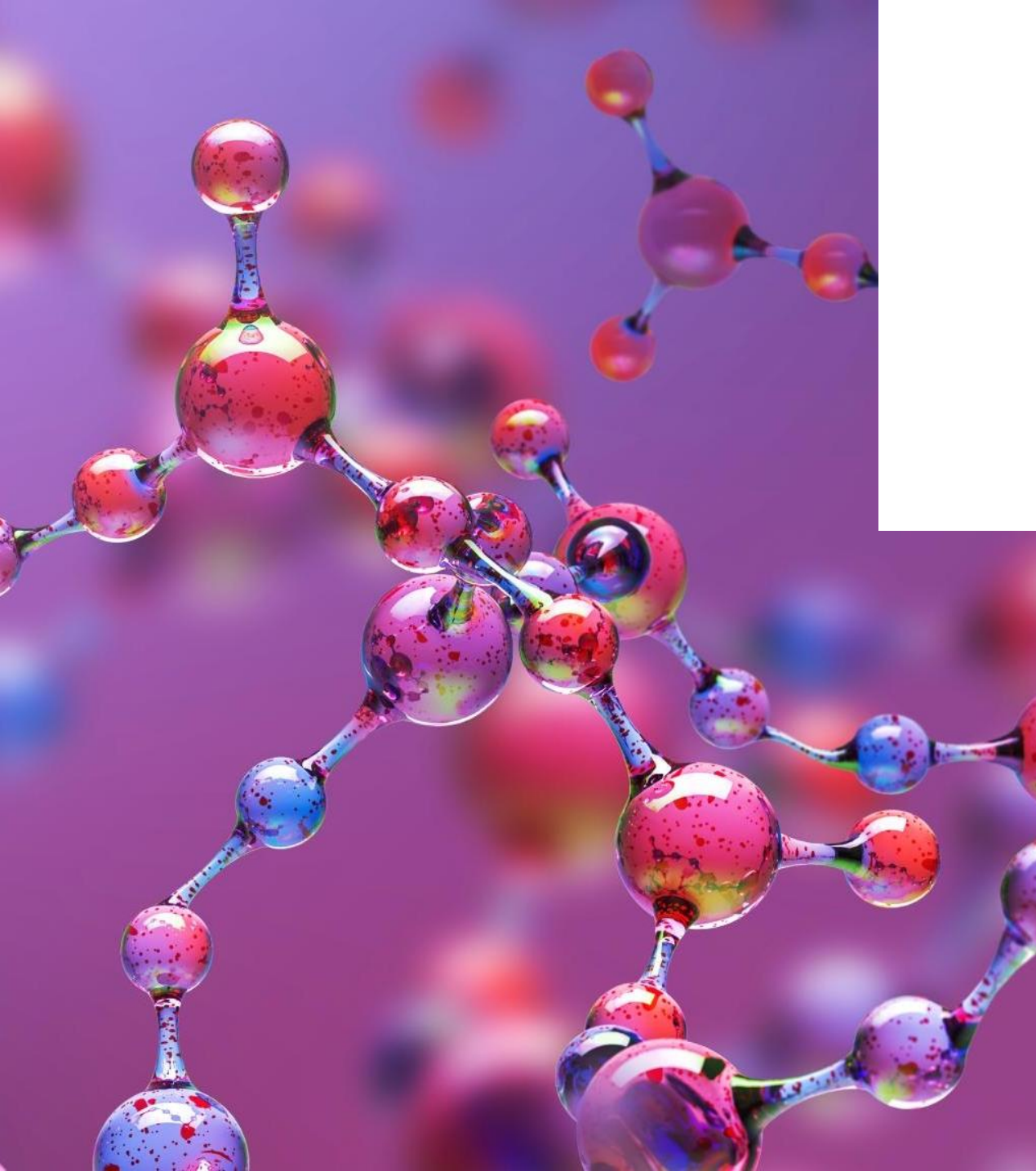
Monday, September 9, 2019

**Former Virginia Tech Professor Sentenced for Grant Fraud,
False Statements, Obstruction**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

**TAL
TECH**

Allikas: Äripäev, 29. mai 2007



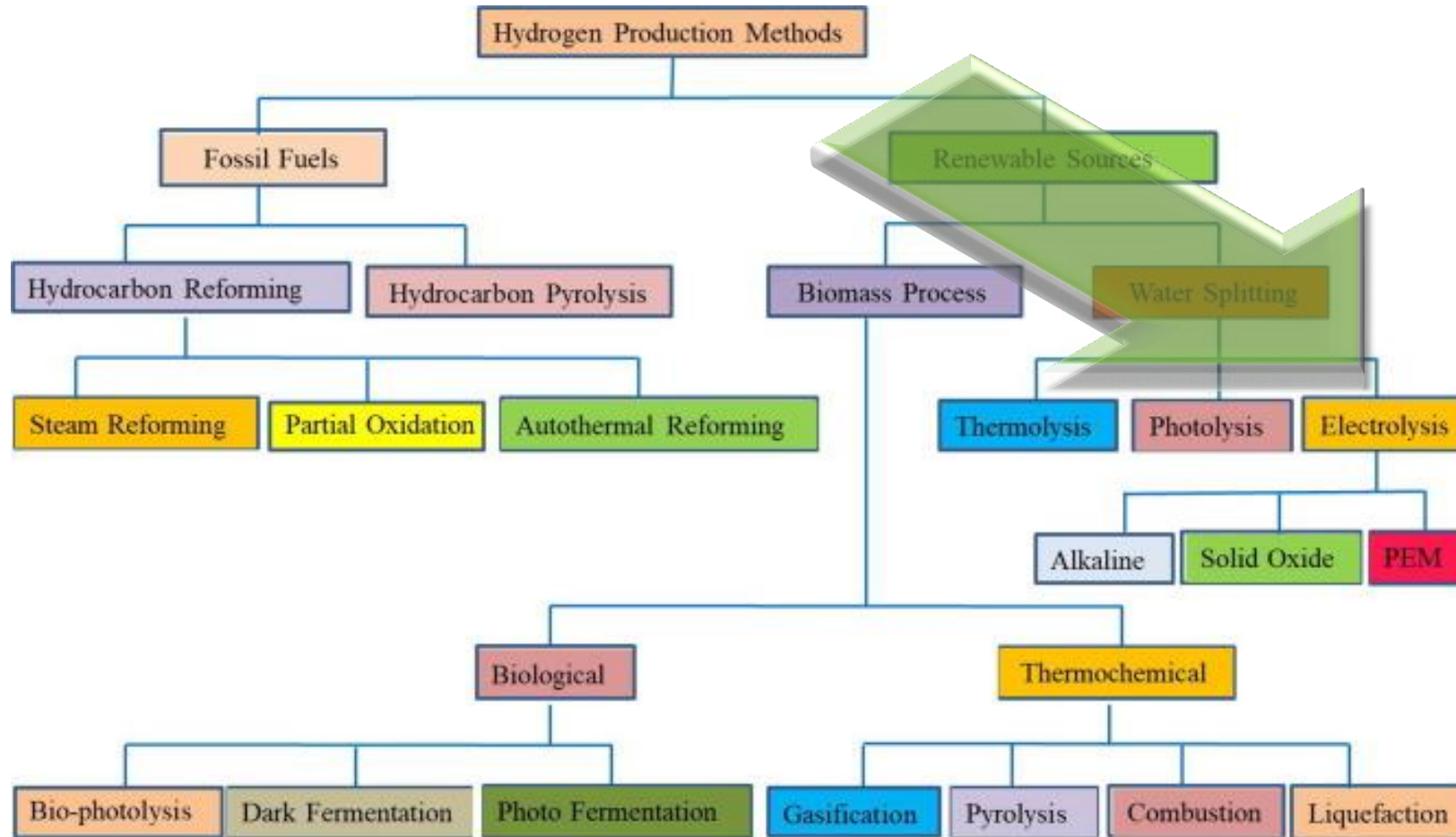
VÕIMALUSED VESINIKU SAAMISEKS

VESINIKU MITU VARJUNDIT

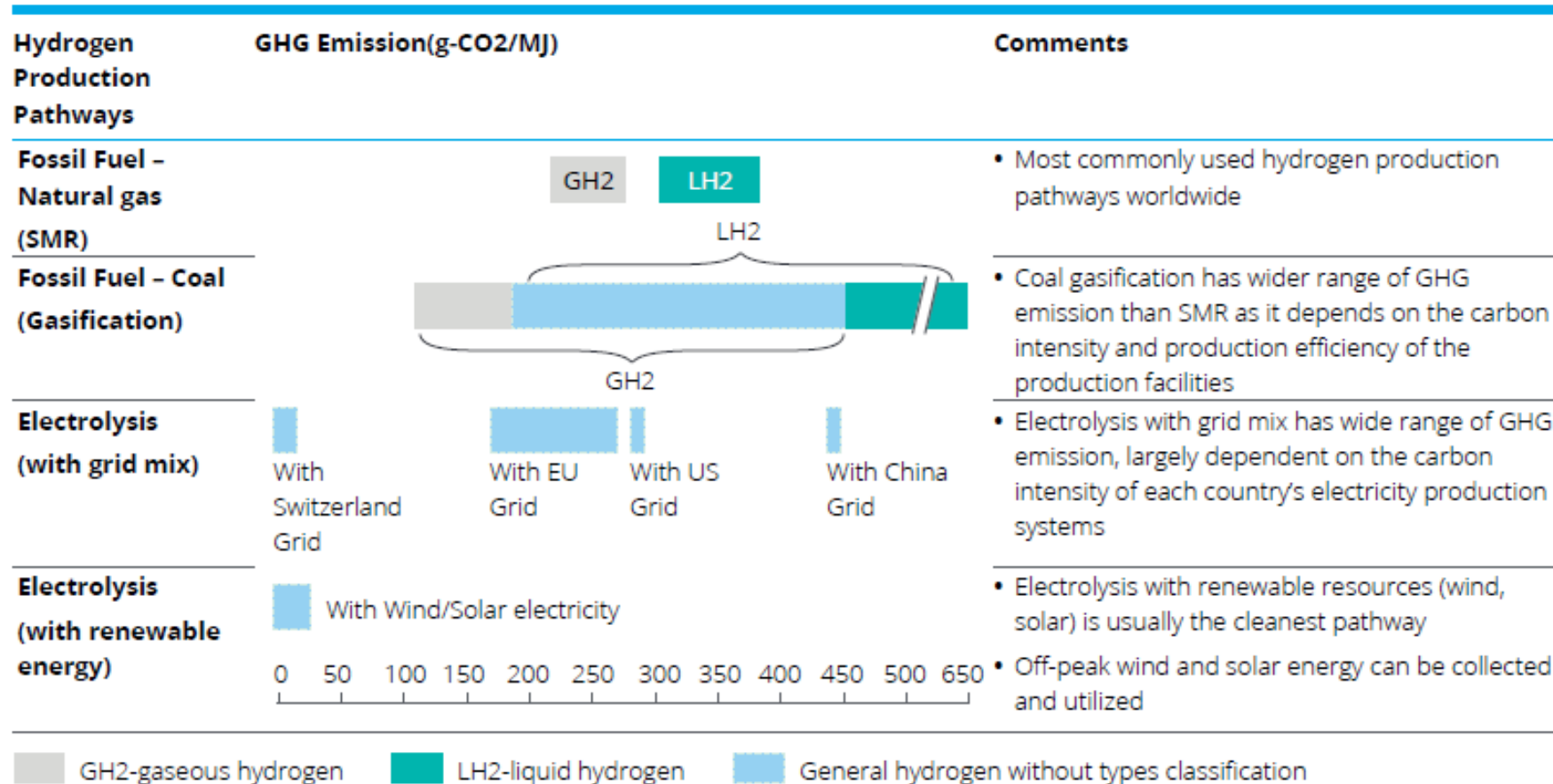
A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe

- **Elektripõhine vesinik** (*Electricity-based hydrogen*) – Vesinik saadakse elektrolüüserist, aga elektri enda päritolu ei ole oluline
- **Taastuenergiapõhine vesinik** (*Renewable hydrogen* või ka *Clean hydrogen*) – nn **roheline vesinik**, kus elektrolüüseris kasutatav elekter on pärit taastuvatest allikatest ning lisaks ka biogaasist või biokeemilisest tööstusest.
- **Fossiilkütustepõhine vesinik** (*Fossil-based hydrogen*) – nn **hall vesinik**, kus vesinik saadakse peamiselt maagaasist või söe gaasistamisest. Nii saadakse enamuse hetkel kasutatavast vesinikust.
- **Fossiilkütustepõhine vesinik koos süsiniku püüdmisega** (*Fossil-based hydrogen with carbon capture*) – nn **sinine vesinik**, kus fossiilkütustest pärit vesiniku tootmisel eralduv CO₂ püütakse suures osas kinni.
- **Madala süsinikumõjuga vesinik** (*Low-carbon hydrogen*) – sarnane sinise ja elektripõhise vesiniku kirjeldusega, aga süsiniku kasutamise intensiivsus veel madalam.
- **Vesinikupõhised sünteetilised kütused** (*Hydrogen-derived synthetic fuels*) – vesiniku ja süsiniku põhised gaas- ja vedelkütused.

VESINIKU MITU VARJUNDIT



VESINIKU TOOTMISEL ERALDUVAD KASVUHOONEGAASID



EESTI VESINIKU TULEVIK ON

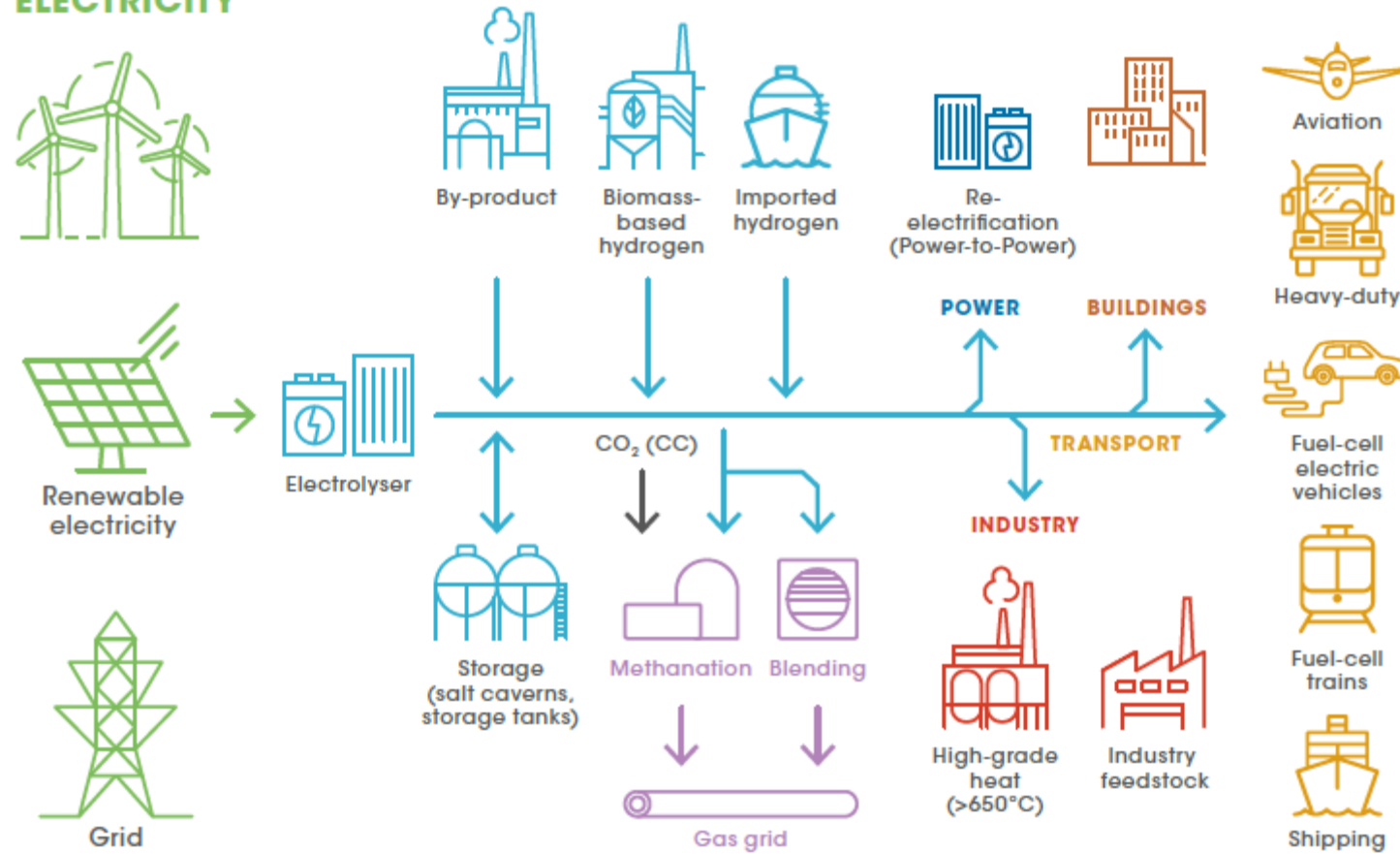
- **Hall vesinik** – toodetud fossiilsetest kütustest
- **Sinine vesinik** – toodetud fossiilsetest kütustest koos CO₂ kinni püüdmisega
- **Roheline vesinik** – toodetud elektrolüüsi teel kasutades selleks taastuvelektrit (päike ja tuul)



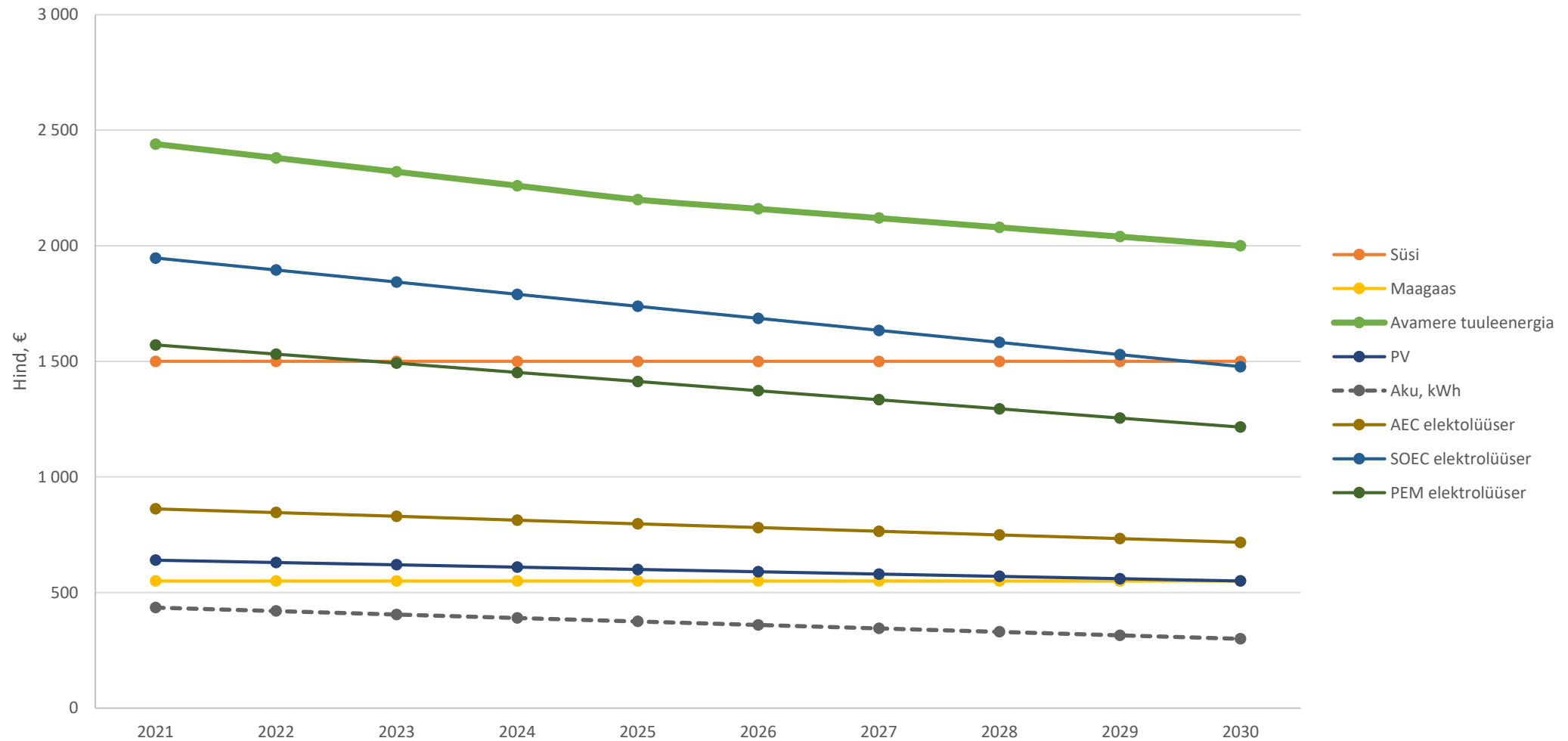
VESINIKU TOOTMIS- JA KASUTUSVIISID

Figure 2: Concept of P2H₂ and the end-use applications of hydrogen

ELECTRICITY



TEHNOLOOGIATE MAKSUMUS VÄHENEB, €/KW, €/KWH



VALIK VESINIKU SAAMISE VIISE, NENDE KASUTEGUR JA HIND (2019)

	KASUTEGUR %	HIND [\$/KG]
AURU REFORMIMINE	74–85	2,27
OSALINE OKSÜDATSIOON	60–75	1,48
AUTOTERMILINE REFORMIMINE	60–75	1,48
BIOFOTOLÜÜS	10–11	2,13
PIME FERMENTATSIOON	60–80	2,57
FOTO FERMENTATSIOON	0.1	2,83
GAASISTAMINE	30–40	1,77–2,05
PÜROLÜÜS	35–50	1,59–1,70
TERMOLÜÜS	20–45	7,98–8,40
FOTOLÜÜS	0.06	8–10
ELEKTROLÜÜS	60–80	10,30

ELEKTROLÜÜSERITE TÖÖAEG JA INVESTEERINGU MAKSUMUS

	leeliselektrolüüdiga kütuseelement (AEC)	prootonvahetusmembraaniga elektrolüüs (PEM)	Tahke oksiidiga elektrolüüsirakk (SOEC)
Külmkäivitus aeg (min)	<60	<20	<60
Töötundide arv (h)	60 000 – 90 000	20 000-60 000	<10 000

1 aasta = 8760 h

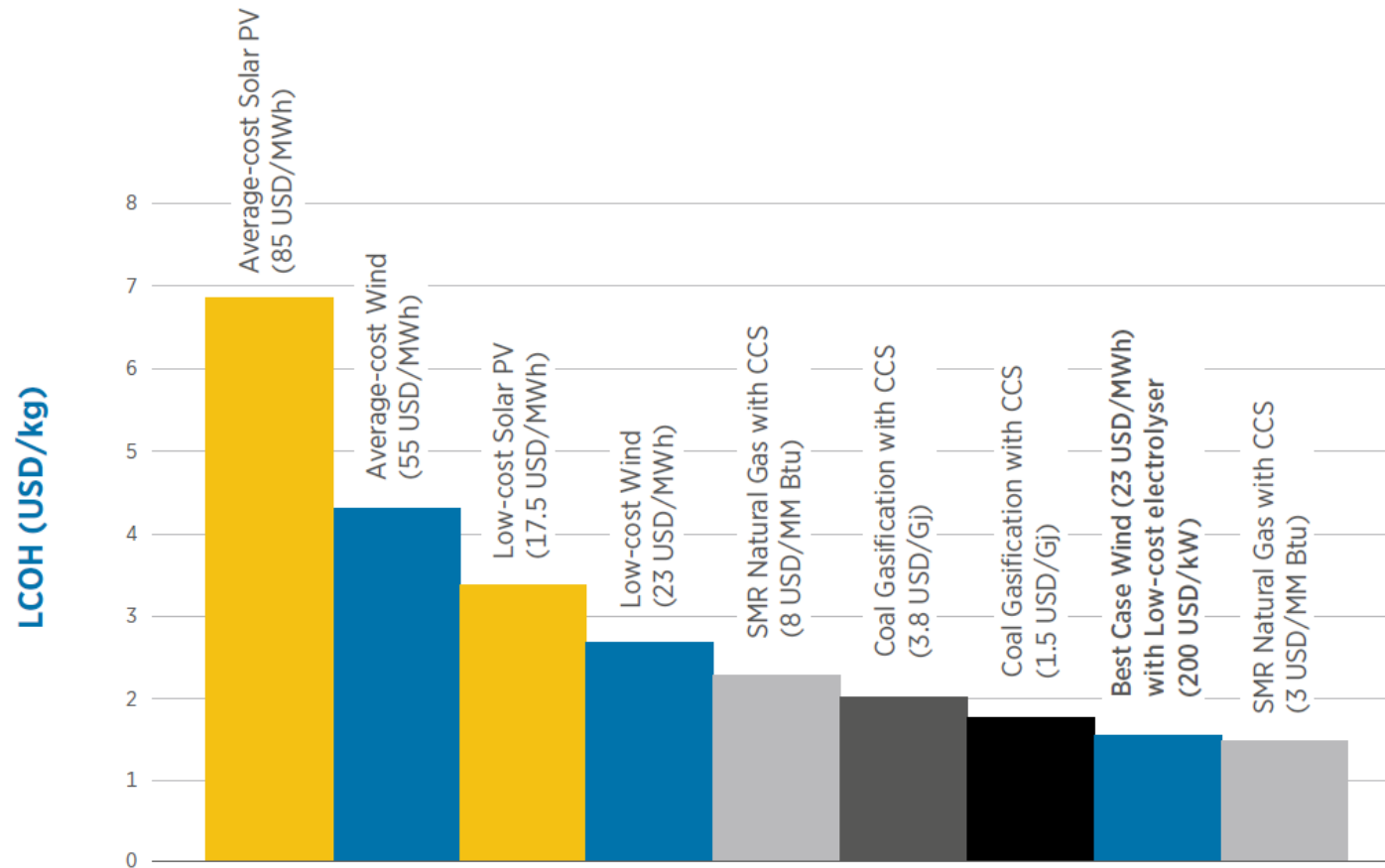
Allikas:

ÜHE KG VESINIKU TOOTMISE RESSURSIVAJADUS

Type	Thermo-Chemical				Electrolysis		Biological		
Conversion pathway	Steam methane reforming	Coal Gasification	Biomass Gasification	Biomass Reformation	Proton exchange membrane (PEM)	Solid oxide electrolysis cells (SOEC)	Dark fermentation + microbial electrolysis cell (MEC), w/out ER	Dark fermentation + microbial electrolysis cell (MEC), w/ER	Dark fermentation + microbial electrolysis cell (MEC), w/H ₂ recovery
Abbreviation	SMR	CG	BMG	BDL-E	E-PEM	E-SOEC	DF-MEC w/out ER	DF-MEC w/ER	DF-MEC w/H ₂ recovery
Feedstock	Natural gas	Coal	Corn Stover	Ethanol	Electricity	Electricity	Corn Stover	Corn Stover	Corn Stover
Natural gas (MJ/kg H ₂)	165	-	6.228	-	-	50.76	22.9	-	-
Coal (kg/kg H ₂)	-	7.8	-	-	-	-	-	-	-
Biomass (kg/kg H ₂)	-	-	13.5	6.54	-	-	23.0	23.0	23.0
Electricity (kWh/kg H ₂)	1.11	1.72	0.98	0.49	54.6	36.14	21.6	6.03	21.6
Water (kg/kg H ₂) ¹	21.869	2.91	305.5	30.96	18.04	9.1	104.225	104.225	104.225

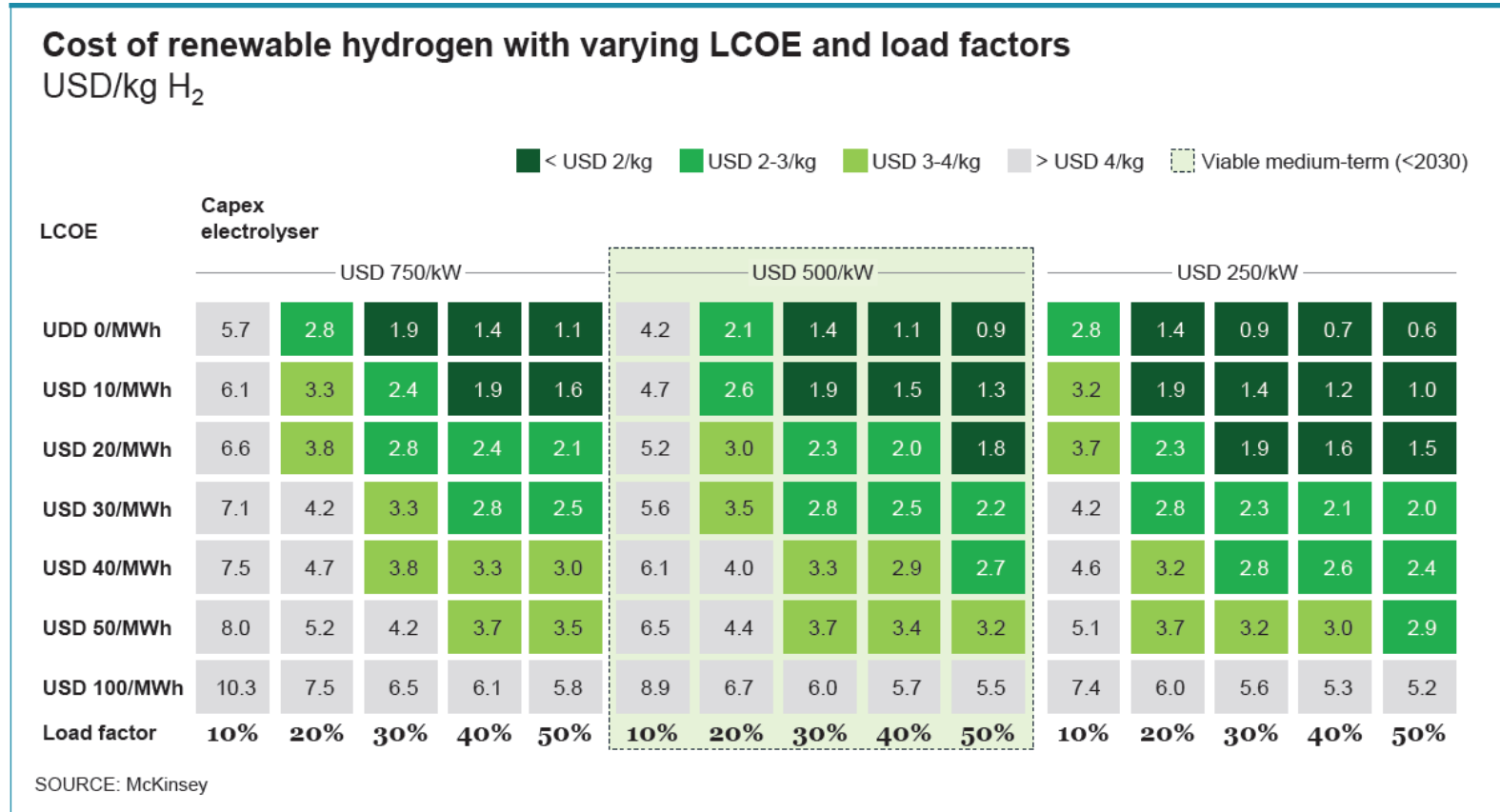
¹ For SMR, PEM, and SOEC water flow is water, deionized; For BMG and DF-MEC is water completely softened; for coal gasification and ethanol reforming is tap water.

VESINIKU TOOTMISE HINNAD TÄNA



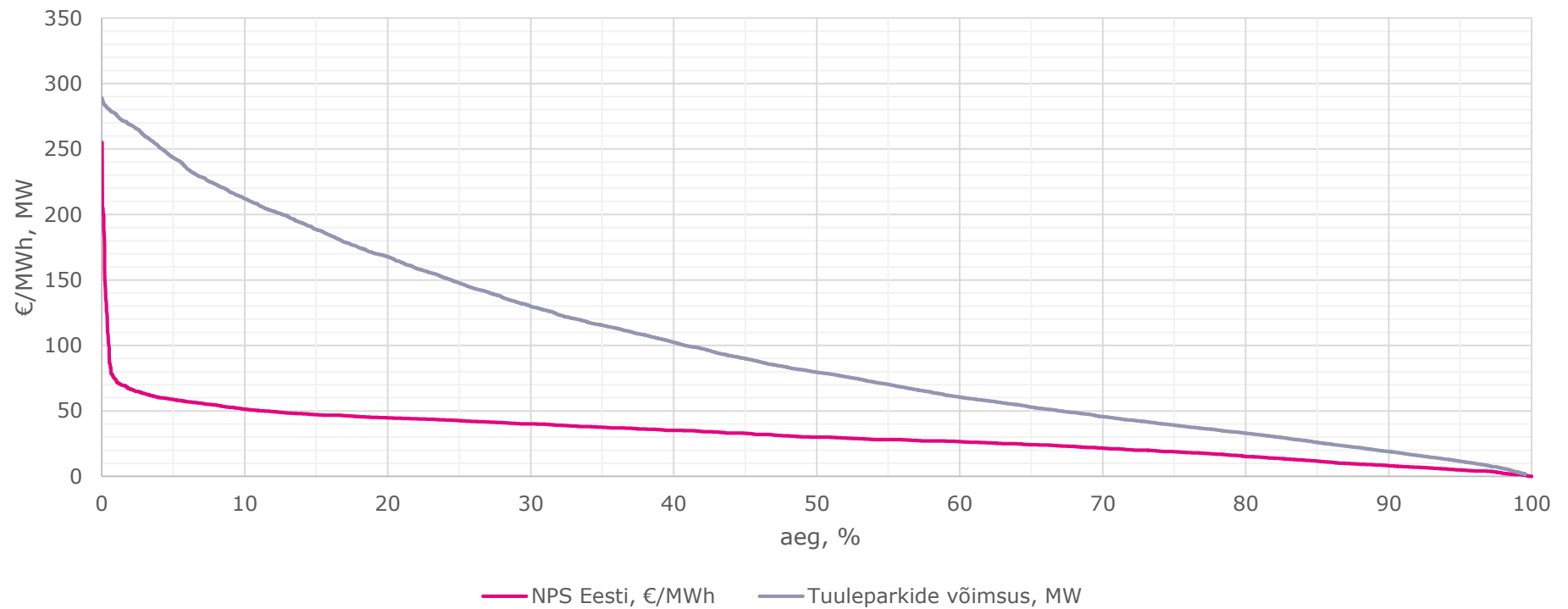
Notes: Electrolyser capex: USD 840/kW; Efficiency: 65%; Electrolyser load factor equals to either solar or wind reference capacity factors. For sake of simplicity, all reference capacity factors are set at 48% for wind farms and 26% for solar PV systems.

VESINIKU OMAHIND



ERAKORRALINE 2020

Elektri hind ja tuuleparkide võimsus 2020. a.

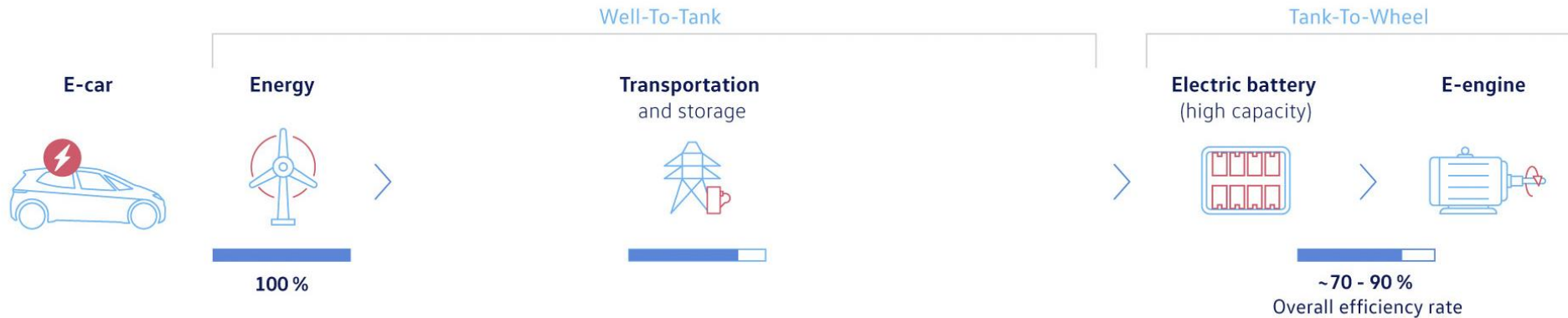




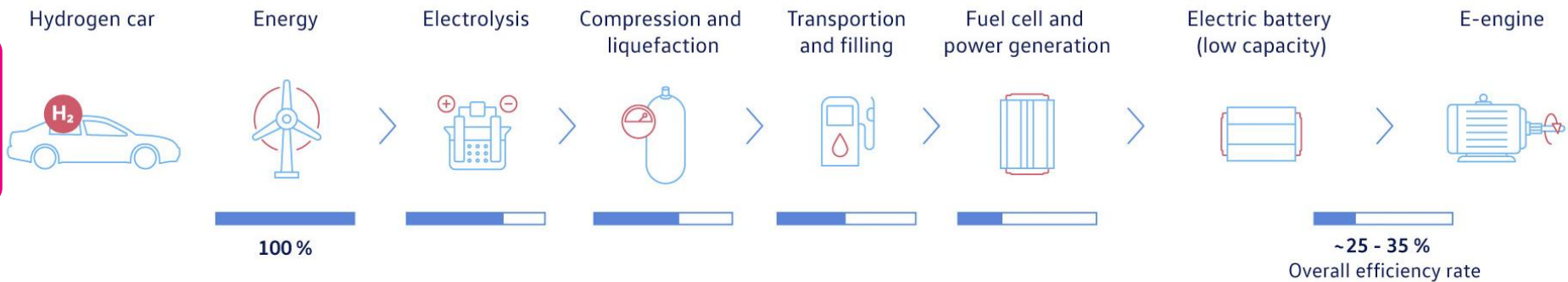
Hydrogen and electric drive

Efficiency rates in comparison using eco-friendly energy

Pistikust rattasse
on elektriautode
efektiivsus 70-
90%



Pistikust rattasse
on vesinikauto
efektiivsus 25-35%



Source Volkswagen

MIS VÕTTA, MIS JÄTTA?

AdBlue
Vesinik
CNG Bensiin BCNG
Elektter LPG
Diüsel
CNG

VESINIK TAGASI ELEKTRIKS

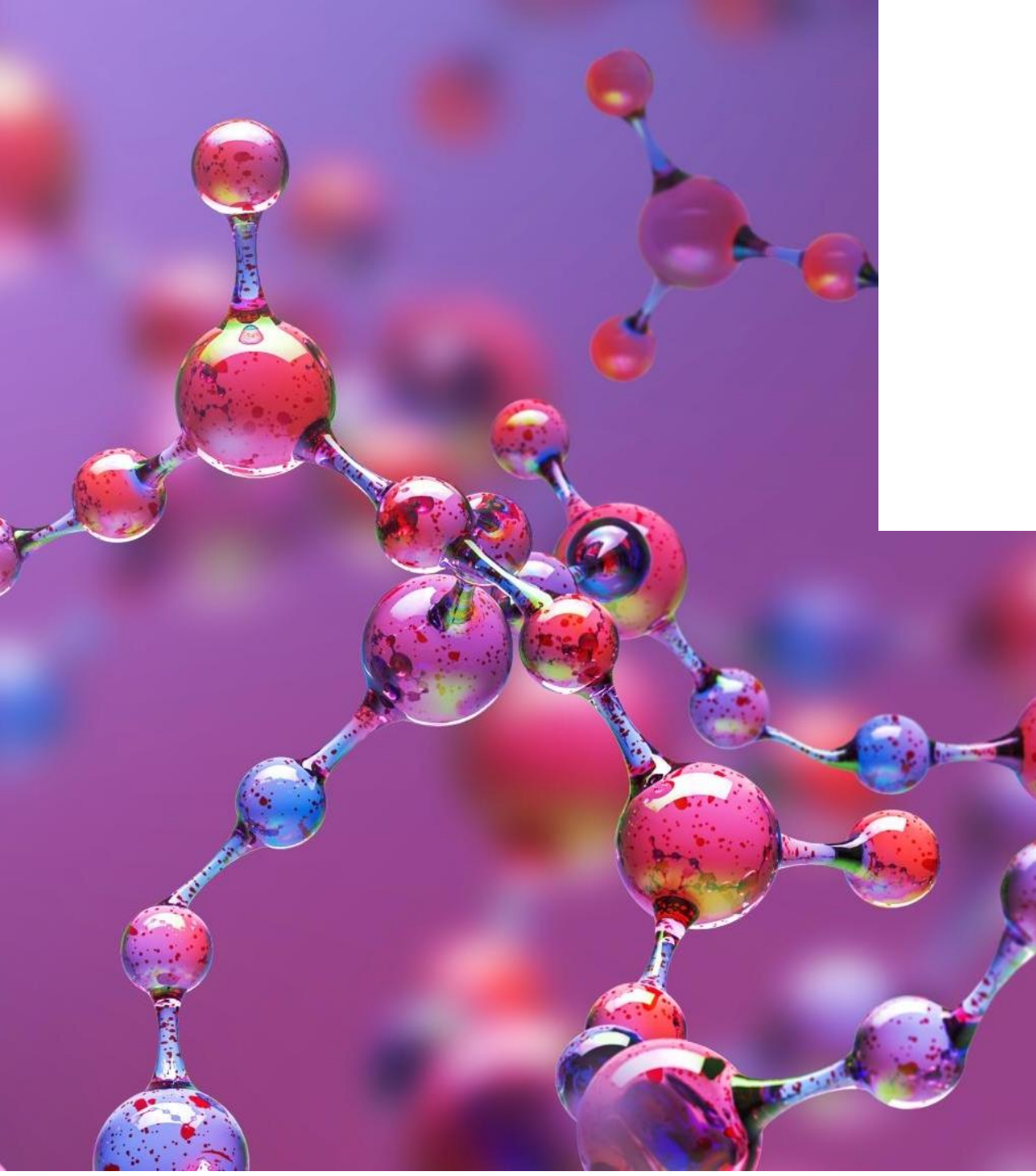
Solid Oxide cell stack

Our stack's low operating temperature of 650°C enables longer lifetimes and the use of low cost materials at the cell, stack and system level.



Technical data	E1000	E3000
Rated power	1000 W	3000 W
Number of unit cells	39 pcs	119 pcs
Maximum voltage (OCV, H ₂)	47 V	141 V
Minimum voltage	27 V	81 V
Nominal current	30 A	30 A

A typical 700W micro-CHP system currently retails at around €12,000 €, equivalent to around €17,000 per kW.



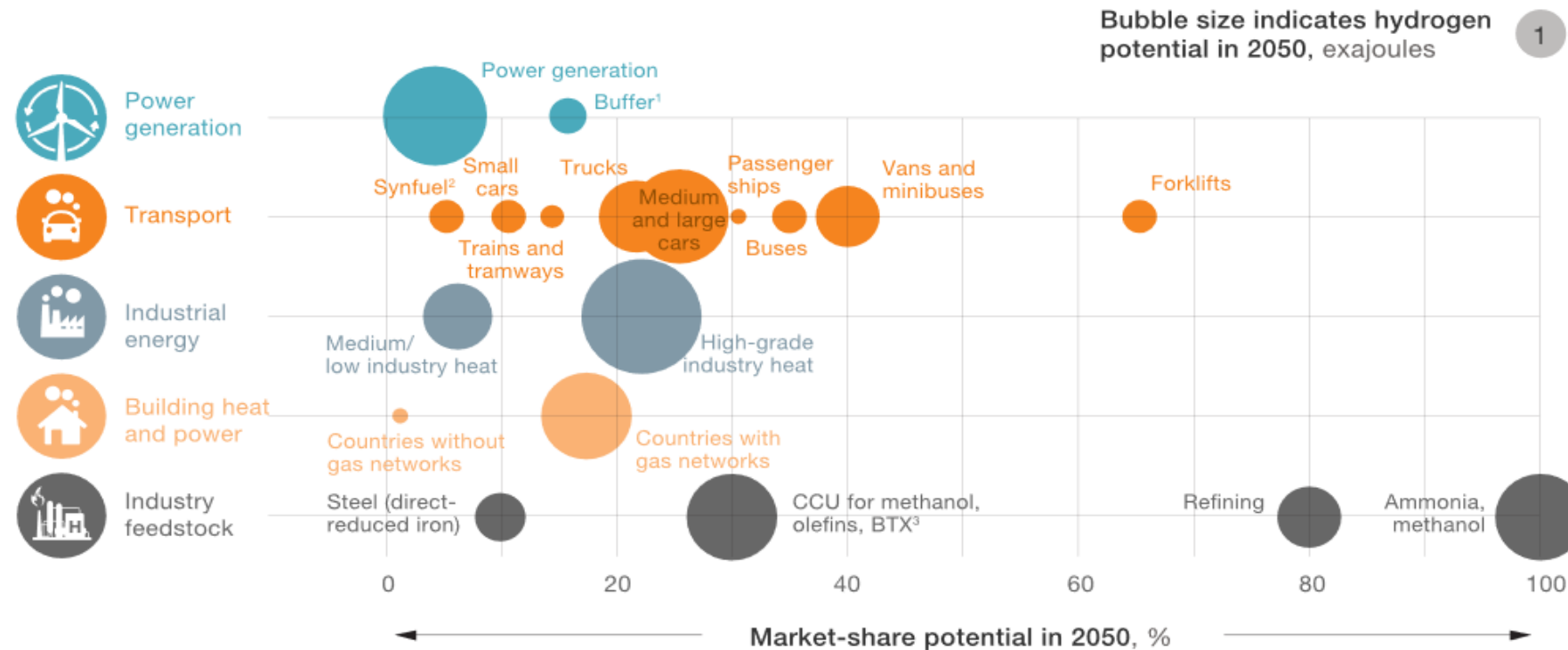
VÕIMALUSED VESINIKU SAAMISEKS

AUSTRALIA VALIKUD – KAS MIDAGI KA MEILE?

SECTOR	MODES	MARKET CHARACTERISTICS	EXISTING FUEL SOURCES
Private	Private vehicles	<ul style="list-style-type: none"> Sophisticated supply chain, primarily controlled by private, overseas interests Australia averages 910,000 passenger (non-commercial) vehicle sales per annum and has 12.4 million registered motor vehicles 	Petroleum based, low BEV penetration but OEMs' range growing
	Fleet vehicles		
Public	Passenger Rail	<ul style="list-style-type: none"> Public transport has modest market share ranging from 6% (Hobart) to 26% (Sydney) of commutes Rail is the most popular mode in Sydney, Melbourne and Brisbane Smaller cities (Adelaide, Canberra, Hobart) rely on buses to facilitate public transport Inter-state travel is dominated by short-haul aviation 	Electric power, diesel and petroleum BEVs scaling quickly and a number of trial bus opportunities
	Bus		
	Ferry		
	Aviation		
Commercial & Industrial	Material Handling	<ul style="list-style-type: none"> There is a variety of machinery vehicle types including haul trucks, loaders, bulldozers, excavators A small number of major players operate the majority of the country's freight rail network Australia averages approximately 240,000 commercial vehicle sales per annum and has approximately 3.7m light & heavy vehicles in use – the majority are heavy rigid and articulated trucks 	Diesel and petroleum based Lower presence and scale of BEVs, niche BEV retrofit opportunities
	Freight Rail		
	Goods Vehicles		
	Shipping		

VESINIKU ROLL TÖÖSTUSES

Hydrogen potential by market share in 2050, %, exajoules

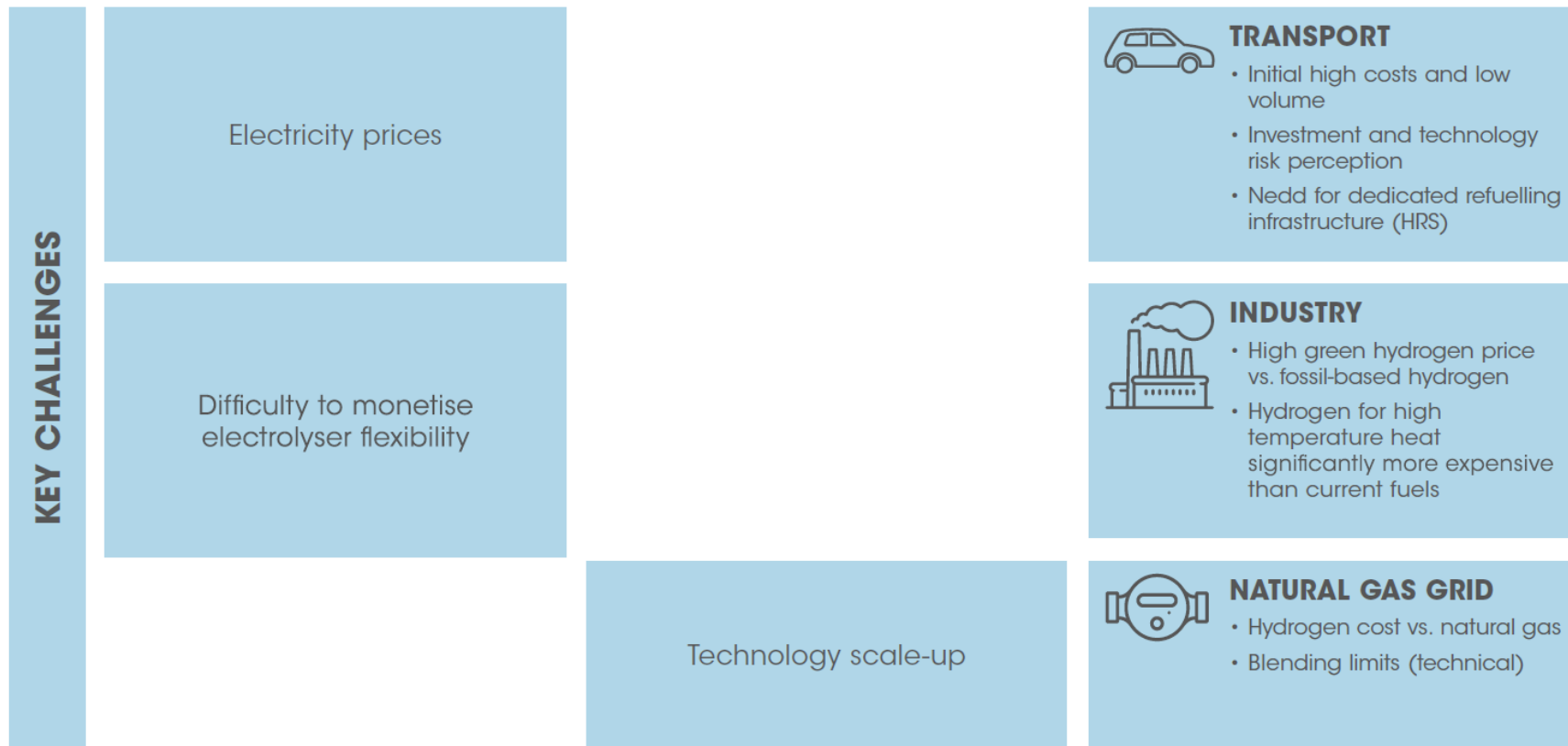


¹% of total annual growth in hydrogen and variable renewable-power demand.

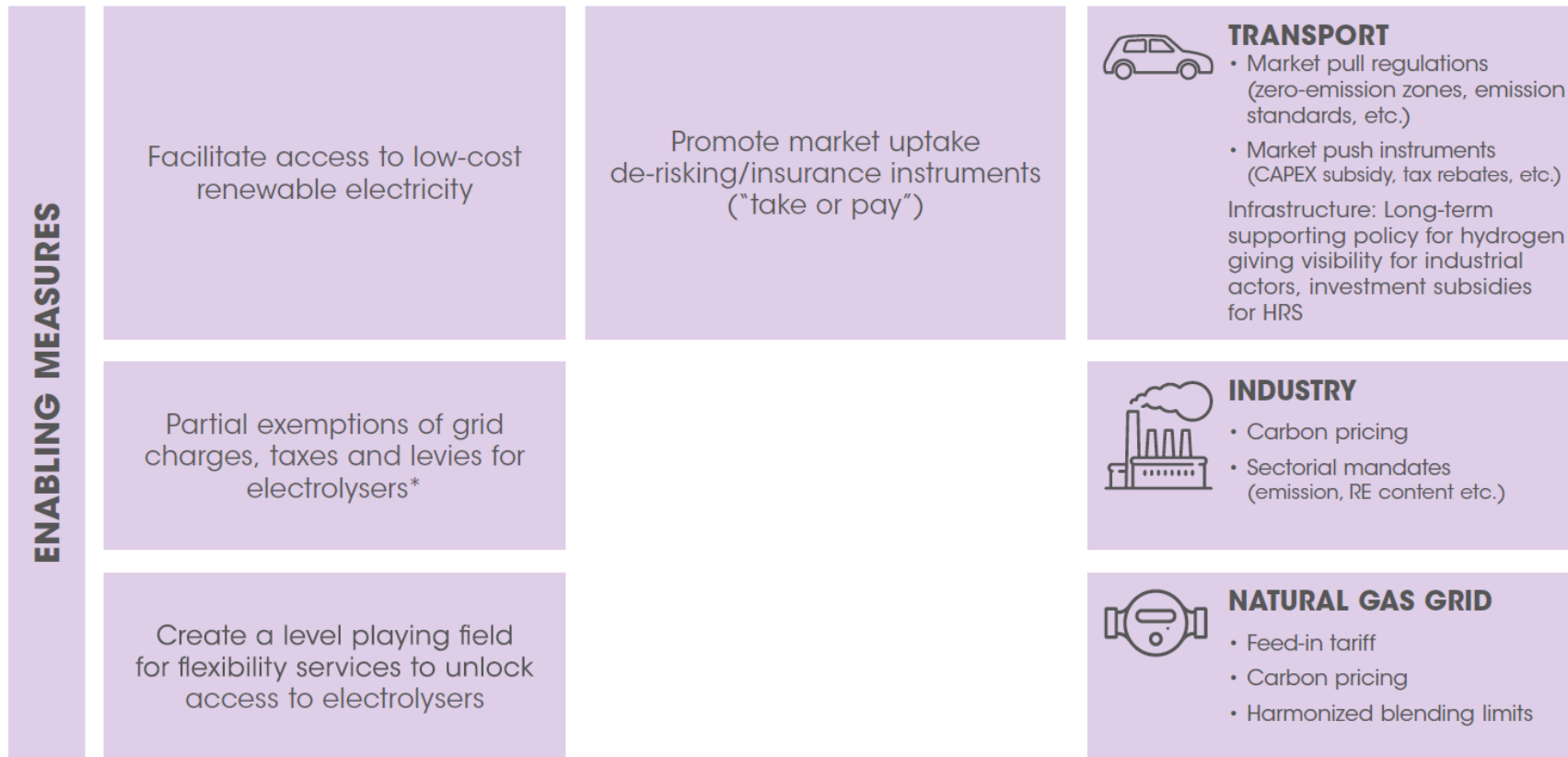
²For aviation and freight ships.

³Carbon capture and utilization; % of total methanol, olefin, and benzene, toluene, and xylene (BTX) production using olefins and captured carbon.

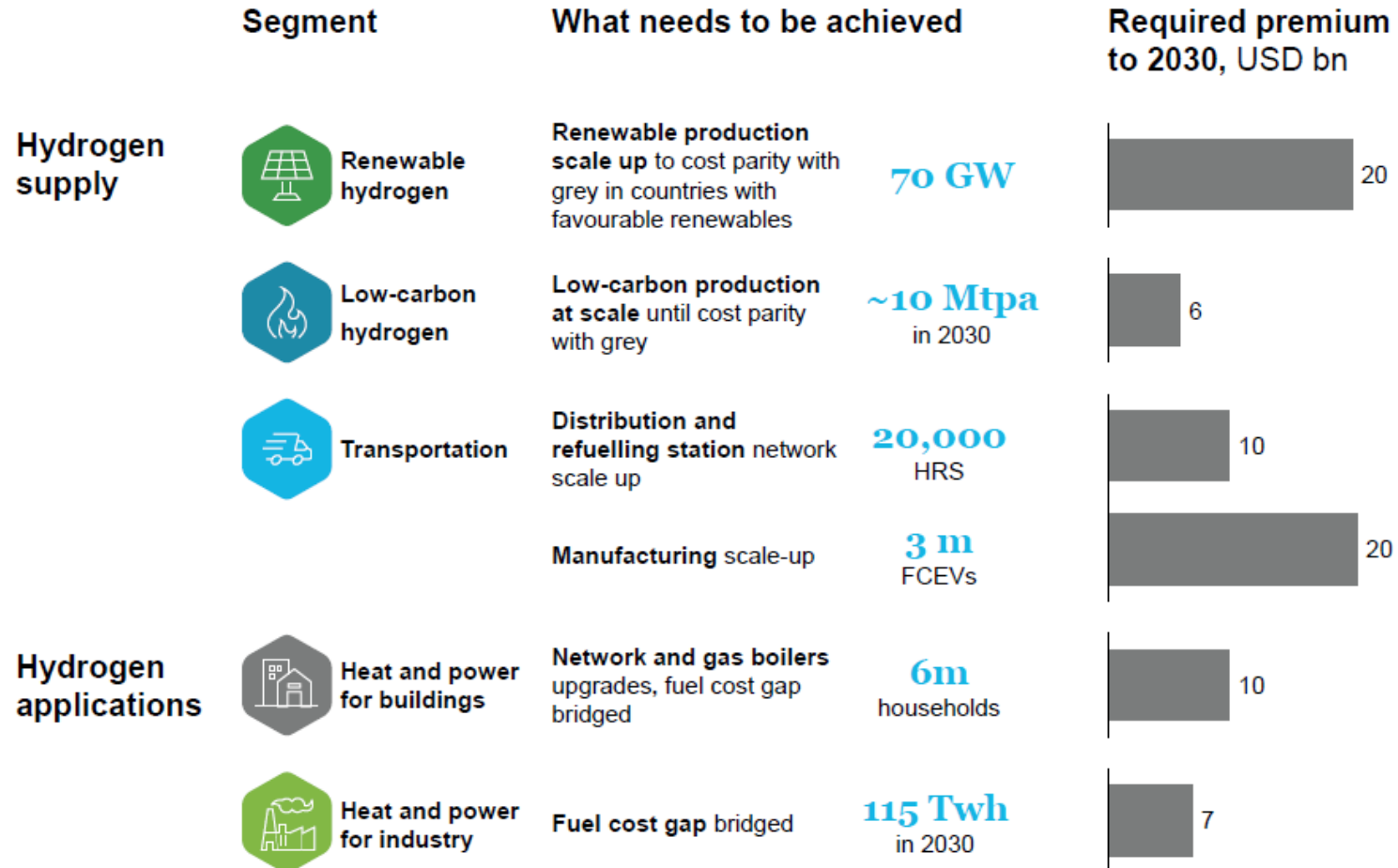
VESINIKU KASUTAMISE VÄLJAKUTSED



VESINIKU KASUTAMISE VÕIMALDAJAD



SAMM LÄHEMALE VESINIKU KASUTAMISEKS

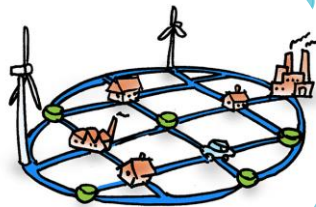


VESINIKUTEHNOLOOGIATE MAJANDUSLIK VALIK



Teeme roheliselt

ja säilitame
kohaliku
tootmise



Teeme ise

ja müüme oma
teadmisi ja oskusi



Teeme suurelt

ja õpime piloote tehes teiste vigadest



enter H-Estonia

the purest hydrogen community

**TAL
TECH**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn,

taltech.ee