



Strategi för fossilfri konkurrenskraft

VÄTGAS

H₂



Fossilfritt
Sverige

En strategi av
Fossilfritt Sverige



Innehållsförteckning

Förord	4
Företag som står bakom strategin	5
22 Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft	6
Sammanfattning	7
1. Introduktion	11
1.1. Genomförande	11
1.2. Syfte och mål med vätgasstrategin	11
2. Bakgrund	14
2.1. Vätgas – basinformation och definitioner	14
2.2. Vätgasproduktion och användning – nuläge	15
2.3. Internationell utblick	16
2.4. Kostnadsutveckling för fossilfri vätgas och dess påverkan i kundledet	20
3. Nya värdekedjor med vätgas i Sverige	23
3.1. Exempel inom processindustrin	23
3.2. Exempel inom energisektorn	27
3.3. Exempel inom transportsektorn	28
3.4. Exempel inom jordbruk och livsmedel	30
3.5. Exempel inom bygg- och fastighetssektorn	30
3.6. Samlad bild över milstolpar, storleksordningar och potentiella koldioxidvinster	31
3.7. Infrastruktur och sektorkoppling mellan befintliga och nya värdekedjor	36
4. Teknik- och underleverantörer	42
5. Forskning, utveckling och kompetensförsörjning inom vätgasområdet i Sverige	43
5.1. Pågående forskning och utveckling	43
5.2. Kompetensförsörjning utöver forskning	43
6. Möjligheter till finansiering för fossilfri vätgasutveckling i Sverige	44
7. Säkerhetsaspekter	45
8. Sveriges komparativa fördelar och utmaningar	46
9. Handlingsplan för aktörer och politiska beslutsfattare	49
10. Referenser	54

Förord

Vätgasen är på allas läppar. Är det den nya mirakelmedicinen för att få bort de fossila bränslena i hela världen? Varför nu i så fall, och vilken potential har den egentligen? Svaren på de frågorna får du i denna vätgasstrategi som Fossilfritt Sverige tagit fram tillsammans med delar av näringslivet men om vi redan nu ska lyfta fram en viktig insikt så är det priset på förnybar el som är grunden till denna förväntade vätgasboom. Det finns till och med studier som visar att förnybar vätgas kan bli billigare än naturgas före 2030, ja oberoende exakt prisutveckling så inser ni själva att vätgasen kommer bli en riktig »gamechanger«.

Och det behövs. Klockan på planeten är redan fem över tolv. Världens länder måste nu vässa sitt klimatarbete om världen ska leva upp till Parisöverenskommelsen. Vi har vant oss vid att tala om vind, sol, biobränsle och energieffektivisering men nu kommer det alltså in en ny spelare på banan. När vätgas nu kan produceras med förnybar energi (fossil vätgas används redan) kommer det bli en viktig pusselbit i att utveckla ett helt fossilfritt samhälle. Det har även EU insett. De har tagit fram en egen vätgasstrategi och annonserar en satsning på 4300 miljarder kronor. Enorma belopp som talar sitt tydliga språk: EU prioriterar vätgas.

Men det finns även andra motiv bakom satsningen. Billig vätgas kommer att vara en nyckel för att stärka näringslivets konkurrenskraft genom ökad fossilfrihet på den globala marknaden. Dessa dubbla motiv gör att vätgasen kommer att implementeras fortare än vi kan ana.

Fossilfritt Sverige har tillsammans med näringslivets branscher tagit fram 22 färdplaner för fossilfri konkurrenskraft, planer som nu ska genomföras. Men pusslet av färdplaner går inte ihop. Till exempel räcker inte skogen till all den biobränsle som efterfrågas i färdplanerna. Därför kommer Fossilfritt Sverige att producera ett antal strategier så att pusslet av de 22 färdplanerna går att lösa.

Observera att denna vätgasstrategi inte är Sveriges nationella strategi, för någon sådan finns inte. Däremot är det Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi som också stora delar av vätgasens värdekedja står bakom, och vår för-

hoppning är förstås att den kan bidra till att Sverige får en egen vätgasstrategi. Men ännu viktigare är att regering och riksdag nu undanröjer de hinder som här lyfts fram så att Sverige kan ta täten i vätgasutvecklingen. Vi har de naturliga förutsättningarna för att ligga i bränschen även om vi har varit sena i starten.

Det är viktigt att komma ihåg att inget alternativ ensamt kan ta oss ur fossilberoendet. Men att vätgasen kommer utgöra ett viktigt komplement råder det inte längre någon tvekan om.



Svante Axelsson

Nationell samordnare, Fossilfritt Sverige





Företag som står bakom strategin

Fossilfritt Sverige har i arbetet haft dialog med ett antal företag, dessa står bakom strategin i sin helhet, men inte nödvändigtvis alla enskilda formuleringar och åtgärdsförslag.

Anders Fröberg, VD, Borealis Sverige

Andreas Bodén, Director Sales & Marketing, PowerCell Sweden AB

Andreas Gyllenhammar, Chef strategi, innovation och hållbarhet, Jämtkraft

Andreas Regnell, Strategichef, Vattenfall

Björn Aronsson, Verksamhetsledare, Vätgas Sverige

Göran Nyström, vice VD marknadsföring och teknologi, Ovako AB

Hans Holmström, VD Siemens Energy AB

Hans Kreisel, VD, Nordion Energi

Joachim Nordin, VD, Skellefteå Kraft

Johan Svenningsson, CEO och Country Chairman Uniper Sverige, Uniper Sverige

Lars Lind, MD, Adesso BioProducts AB

Madeleine Gilborne, Business Development Manager CleanTechnologies, Alfa Laval

Magnus Heimborg, VD Preem

Maria Malmkvist, VD, Energigas Sverige

Mattias Wärn, VD och grundare, Svea Vind Offshore

Markus Petäjänemi, Direktör Marknad och Teknik, LKAB

Martin Pei, Teknisk direktör, SSAB

Martin Thordén, VD GKN Aerospace Sweden AB

Martina Wettin, Grundare Nilsson Energy

Mats W Lundberg, Hållbarhetschef, AB Sandvik Materials Technology

Nicklas Lång, Hållbarhetsdirektör, Höganäs AB

Olof Källgren, Market director, Linde GAS Region Europe North

Per Langer, VD, Fortum Sverige

Per Rosenqvist, VD, Statkraft Hydrogen Sweden AB

Per-Arne Karlsson, Direktör Public Affairs, St1 Sverige AB

Peter Ekholm, VD, Inlandsbanan AB

Peter Lundström, VD, Permascand AB

Peter Rydebrink, VD, Euromekanik AB

Pia Sandvik, VD, RISE Research Institutes of Sweden AB

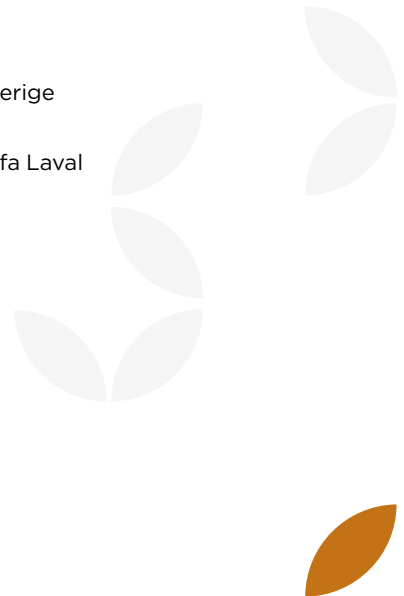
Staffan Lundgren, Director, Technology Exploration and Strategy, Volvo Group Truck Technology

Susanné Wallner, ElectriVillage, Mariestads Kommun

Tomas Kåberger, InnoEnergy och Chalmers

Tony Sandberg, Research Director, Scania CV AB

Torsten Granberg, VD för Plagazi AB



22 färdplaner för fossilfri konkurrenskraft

I färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft visar 22 branscher hur de kan bidra till att Sverige når målet om att vara klimatneutralt senast 2045. Tillsammans visar de också inom vilka områden det krävs avgörande insatser för att transformationen ska lyckas och konkurrenskraften stärkas. Fossilfritt Sverige tar därför fram horisontella strategier tillsammans med aktörer i värdekedjorna för att lösa upp knutarna och visa vägen framåt.



Sammanfattning

Sverige har som målsättning att ha noll nettoutsläpp av växthusgaser senast 2045. Som ett steg i det har 22 branscher inom ramen för Fossilfritt Sverige tagit fram färdplaner för fossilfri konkurrenskraft som visar hur de kan öka sin konkurrenskraft till 2045 genom att bli fossilfria. Nu ligger fokuset på att genomföra färdplanerna. Fortfarande saknas det pusselbitar och för att möjliggöra ett snabbt genomförande av färdplanerna tar Fossilfritt Sverige tillsammans med företag i berörda värdekedjor fram horisontella strategier som löser upp ett antal branschgemensamma utmaningar och banar väg för utvecklingen.

Vätgasstrategi för klimat och industrisatsningar

Denna strategi handlar om vilken roll vätgas kan spela för att stärka industrins konkurrenskraft i omställningen till ett fossilfritt samhälle och vilken politik som behövs för att främja den fossilfria vätgasutvecklingen.

Strategin lyfter fram vätgas som ett viktigt verktyg för att nå klimatmålen men också som en inriktning för nya industrisatsningar för att skapa innovationer, jobb och exportprodukter. Därför ligger fokus på att förädla industrins produkter inom landets gränser, snarare än att producera och exportera vätgas till andra länder.

Satsningar på vätgas sker nu på bred front inte minst inom EU. I EU:s vätgasstrategi från 2020 presenteras en mycket ambitiös vätgasutveckling. Målet är att öka den installerade elektrolyseffekten för produktion av förnybar vätgas inom EU från uppskattningsvis 1 GWel 2019 till motsvarande 6 GWel 2024 respektive 40 GWel 2030 och dessutom ytterligare 40 GWel till 2030 i EU:s närhet för att tillgodose EU:s behov.

Vätgas idag och i framtiden

Vätgasens klimatavtryck avgörs av energins ursprung i kombination med produktionsteknik. Fossil vätgas (grå

vätgas) produceras från fossila bränslen och förnybar vätgas (»clean« eller grön vätgas) produceras genom elektrolys från förnybar el som spjälkar vatten eller ur biomassa eller biogas.

Den totala vätgasanvändningen globalt sett uppgår idag årligen till cirka 120 Mton och är i huvudsak av fossilt ursprung. Den används framförallt som råvara inom den kemiska industrin för tillverkning av ammoniak, metanol och andra kemikalier samt för diverse raffinaderi- och metallurgiska processer. Mindre än 5 procent produceras idag genom elektrolys.

Vätgas som produceras från fossila bränslen men där koldioxiden fångas in med CCS-teknik benämns ofta »Low carbon« eller blå vätgas. »Low carbon« kan också syfta på vätgas från kärnkraftsel eller elmix med lågt kolinnehåll.

Denna strategi handlar om förnybar vätgas samt den fossilfria delen i »Low-carbon«-vätgas, det vill säga vätgas från svensk elmix. Andelen förnybar vätgas förväntas öka med tiden i takt med att Sveriges energimix ställs om till högre andel vind- och solkraft och när andelen biogas i stamnätet för naturgas ökar ytterligare.

Kostnaden för förnybar elproduktion sjunker i hela världen och förväntas fortsätta sjunka. Elpriset har betydande påverkan på den totala kostnaden för elektrolysbaserad vätgas, men även kostnaden för själva elektrolysören och utnyttjandegraden har betydelse. Elektrolystekniken förbättras hela tiden samtidigt som marknaden för fossilfri vätgas växer. När nu produktionstakten ökar och skalfördelar erhålls förväntas kostnaden för elektrolysörerna kunna halveras till 2030. På de platser i världen där den fossilfria elen är billig förväntas den fossilfria vätgasen kunna vara konkurrenskraftig med den blå vätgasen redan inom ett par år eller senast 2030. Enligt en av Bloombergs prognoser har Skandinavien förutsättningar för att vara en av dessa platser. Förslaget i strategin är

därför att enbart fossilfri vätgas ska premieras. Detta innebär inte förbud mot exempelvis blå eller grå vätgas, utan att regleringar och stödsystem i första hand premierar satsningar på fossilfri vätgas.

Utbyggnad av infrastrukturen för vätgas i landet kan påskyndas genom att etablera sektoröverskridande lokala och regionala vätgaskluster. De kan etableras där befintliga industrier använder eller kommer använda vätgas och där infrastruktur som till exempel hamn och järnväg redan finns. Det skulle alltså vara en etablering av vad som i EU:s strategi omnämns som »Hydrogen valley«. Att Sverige etablerar ett rikstäckande vätgasledningsnät och på sikt blir en del av »European Hydrogen Backbone« bedöms inte som ett realistiskt scenario eftersom Sverige, till skillnad mot många europeiska länder, saknar naturgasnät som kan ställas om till renodlade vätgasnät. Det svenska stamnätet för naturgas på västkusten planeras istället att med tiden kunna ställas om till ett renodlat biogasnät.

Stora industrisatsningar på gång

Det finns idag ett antal större industriprojekt i Sverige, där produktion och användning av vätgas är, eller planeras bli, central i en eller flera nya värdekedjor. Flera nya initiativ och samarbeten har annonserats under 2020 och fler förväntas 2021. Här är några exempel:

- HYBRIT:s satsning på fossilfritt stål med vätgas som reduktionsmedel, och LKAB:s stora industrialisering av samma teknik för koldioxidfri järnsvamp.
- Ovako förbereder nästa demonstrationssteg för ståluppvärmning med hjälp av fossilfri vätgas.
- Både Scania och Volvo AB investerar i utveckling av vätgasdrivna lastbilar.
- Perstorps satsning »Project Air«, där de tillsammans med Fortum och Uniper utvecklar en unik process för hållbar metanoltillverkning genom att kombinera CCU (Carbon Capture and Utilization) och förgasning.
- Preem och St1 planerar ökad biodrivmedelsproduktion med hjälp av fossilfri vätgas.
- St1, Liquid Wind och Jämtkraft förbereder sig för olika satsningar inom elektrobränslen.
- Nouryon har planer på att ersätta den fossila vätgasen med fossilfri vätgas för sin väteperoxidproduktion.

Den här vätgasstrategin visar att de idag kända vätgasprojekten i Sverige kan åstadkomma en utsläppsminskning på drygt 30 procent av Sveriges nationella koldioxidutsläpp. Utöver detta så kommer till exempel LKAB:s framtida export av järnsvamp kunna ge en reduktion utomlands som motsvarar cirka 60 procent av Sveriges totala utsläpp.

Det kommer dock att krävas stora mängder fossilfri el för att producera all den vätgas som behövs. Det handlar om cirka 55 TWh el i de kända projekten som valt elektrolys som produktionssätt.

Samverkan mellan stat och näringsliv

Det finns goda förutsättningar i Sverige för att klara av denna utmaning men då behöver stat och näringsliv samverka. I strategins handlingsplan presenteras fem områden med hinder och förslag på politik som hjälper industrin att genomföra och hålla tempo i sina vätgasprojekt.

Elsystemet är en nyckel för att genomföra vätgassatsningar på flera håll i Sverige. Elnätskapaciteten är en begränsande faktor på flera ställen, och på sikt kommer en ökad produktion av förnybar el behövas för att tillgodose de stora industrisatsningarna med fossilfri vätgas. Svenska kraftnät bör få i uppdrag att ta fram en elnätplan som svarar på vilka elledningar som är prioriterade för att klara av detta.

Det behövs även utveckling av en vätgasinfrastuktur och eftersom vätgasledningar är en relativt ny sorts infrastruktur behövs även nya regelverk. Regeringen bör därför ge i uppdrag till Energimarknadsinspektionen att skapa en reglering med intäktsram för vätgasledningar. Utbyggnad av vätgasledningar bör vara koncessionspliktiga på motsvarande sätt som elledningar. Regeringen bör även sätta upp ett planeringsmål om att ha 3 GW installerad elektrolyseffekt på plats 2030. Planeringsmålet är inte ett nationellt bindande mål utan en målsättning för myndigheter att förhålla sig till.

För att ge stabila spelregler för vätgasutvecklingen krävs också en utveckling av reglering och marknadsförutsättningar. Dels behöver beskattningen vid både produktion, distribution och användning ses över, dels behöver vätgasens roll i grönasprincipen klargöras. Det behövs många investeringar i vätgassatsningar och

till en början kan dessa innebära högre kostnader än konventionella investeringar. Därför behöver staten bidra med finansieringslösningar och införa olika finansiella instrument för att minska risken för företagen att investera. Därför bör regeringen snabbtreda Carbon Contract for Difference, ett system där staten ger support baserat på projektets koldioxidminskning relaterat till EU-ETS-priser.

Dessutom kommer forskning och utveckling fortsatt vara viktiga i och med vätgasens intåg på marknaden. Det krävs även en kompetenshöjning inom myndigheter och andra aktörer i samhället i och med de nya tekniker och system som behövs i utvecklingen. Det behöver exempelvis utses en samordningsansvarig myndighet för tillståndsfrågor kopplade till vätgas.

Genomförande av industrins satsningar och föreslagen politik innebär ett viktigt bidrag till Sveriges mål om klimatneutralitet 2045 samtidigt som det stärker svensk industri och därmed kan bidra till en ökad välfärd.

Nedan listas prioriterade handlingsförslag för bättre förutsättningar för vätgasutvecklingen i Sverige (fördjupas i kapitel 9, där finns även fler förslag än de prioriterade nedan):

1. Rätt förutsättningar för elsystemet en knäckfråga för fossilfri vätgasproduktion

- Regeringen bör under 2021 ge Svenska kraftnät i uppdrag att ta fram en elnätsplan som bland annat svarar på vilka elledningar som är prioriterade för att industrin ska kunna elektrifieras i tillräckligt hög takt, och med vilken tidsplan elledningarna bör dras.
- Regeringen bör under 2021 tillsätta en kommitté som får i uppdrag att hantera regelhinder som hämmar försök avseende nya lösningar som bygger på ny teknik eller på befintlig teknik som används på nya sätt. Under 2021 bör det tas beslut om att minst tre elledningar kan ingå i försöksverksamhet. Detta går i linje med Kometutredningens förslag.

2. Ny infrastruktur krävs för vätgasutveckling i hela landet

- Regeringen bör senast 2022 sätta ett planeringsmål om att ha 3 GW installerad elektrolyseffekt år 2030 och minst 8 GW år 2045 för att möjliggöra en fossilfri utveckling inom flertalet sektorer.
- Regeringen bör under 2021 ge i uppdrag till Energimarknadsinspektionen att skapa en reglering med intäktsram för vätgasledningar. Utbyggnad av vätgasledningar bör vara koncessionspliktiga på motsvarande sätt som elledningar hos Energimarknadsinspektionen.
- Se över »lagen om miljötillstånd« så att de industrier och energietableringar som redan idag producerar och använder vätgas i stor skala och som vill ställa om till en mer klimatanpassad produktion av vätgas inom samma slutna industriområde endast behöver göra en ändringsanmälan istället för att som idag behöva ansöka om ett nytt miljötillstånd.

3. Utveckling av regelverk och marknadsförutsättningar kan öka takten för fossilfri vätgas

- Regeringen bör med start 2021 se över beskattningen för vätgas, elektrobränslen och elektrokemikalier, både produktion, distribution och vid olika användningsområden.
- MSB bör under 2021 skapa nationella råd och rekommendationer för hantering av vätgas och vätgasledningar som bör användas av alla räddningstjänster och kommuner.

4. Flera fossilfria vätgassatsningar i behov av finansieringslösningar

- Regeringen bör under 2021 snabbtreda ett produktionsstöd för projekt med fossilfri vätgas under en introduktionsfas genom »Carbon Contract for Difference«, ett system där staten ger support baserat på projektets koldioxidminskning relaterat till EU-ETS-priser.

- Regeringen bör under 2021 ge i uppdrag till Energimyndigheten att skapa en utlysning för regioner i Sverige som demo-show-rooms för att testa och demonstrera sektoröverskridande vätgassystem. Målet är att etablera ett par svenska vätgaskluster (»Hydrogen Valleys«).

5. Forskning, utveckling och kompetensförsörjning en nyckel för långsiktighet inom flera vätgasvärdekedjor

- Regeringen bör arbeta för ökad koordinering mellan myndigheter gällande tillståndsfrågor kopplade till vätgasområdet, exempelvis genom att utse en samordningsansvarig myndighet.
- Regeringen bör säkerställa att universitet, högskolor och institut fortsätter att etablera forskningsområden och innovationsområden inom området fossilfri vätgas.

1. Introduktion

Sverige har som målsättning att bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer och ha noll nettoutsläpp av växthusgaser senast 2045. Som ett steg i det har 22 branscher inom ramen för Fossilfritt Sverige tagit fram färdplaner för fossilfri konkurrenskraft.

I färdplanerna visar branscherna hur de ska bli fossilfria senast 2045 med ökad konkurrenskraft, samt vilka åtgärder de själva behöver ta och vilka politiska förutsättningar som behövs för att öka tempot. Nu ligger fokuset på att genomföra färdplanerna. Men fortfarande saknas pusselbitar, som till exempel att skogen och jordbruket inte räcker till allt som förväntas i färdplanerna. För att möjliggöra ett snabbt genomförande av färdplanerna tar därför Fossilfritt Sverige fram horisontella strategier som löser upp ett antal branschgemensamma utmaningar och banar väg för utvecklingen.

Fossilfri vätgas är möjliggörare för flera branschers klimatomställning på samma gång som det öppnar upp för nya affärs- och exportmöjligheter. Denna vätgasstrategi identifierar de frågor och utmaningar som kräver nationell samordning för att olika värdekedjor och sektorer ska kunna accelerera utvecklingen och vilka regeringsbeslut som behövs för att göra Sverige till ett av världens första fossilfria välfärdsländer.

Intresset för fossilfri vätgas ökar i världen och utvecklingen av vätgasteknologier och vätgasbaserade systemlösningar för olika sektorer har accelererat under de senaste åren. Fossilfri vätgas anses idag kunna bli en nyckelkomponent i omställningen till ett klimatneutralt samhälle inom EU men också i många andra länder runt om i världen. Det finns flera olika bakomliggande drivkrafter till det snabbt växande intresset. Den fossilfria vätgasen har potential att revolutionera genom att ersätta fossila bränslen och insatsråvaror och därmed minska klimatavtrycken, men även miljöavtryck (till exempel svaveldioxid, kvävedioxid och partiklar) från flera branscher, inte minst industrisektorn. Vätgas, producerad via elektrolys, är också en möjliggörare som kan binda samman de olika sektorerna i det framtida energisystemet och bidra med flexibilitet i form av energilagring, regler- och balanskraft. Andra bakomliggande

drivkrafter är den rådande teknikutvecklingen och utbyggnaden av förnybar kraftproduktion (vind, sol) med sjunkande elkostnader samtidigt som elektrolysörer blir allt effektivare och billigare. Eftersom fossilfri vätgas kan produceras från både el och olika typer av biomassa kan omställningen till vätgas på sikt även stärka Sveriges försörjningstrygghet.

Sverige har goda förutsättningar att bli ett framstående land inom vätgasutvecklingen med den stora andelen förnybar elproduktion som finns och det industriella kunnandet, samt målsättningarna om klimatneutralitet 2045. Om Sverige agerar strategiskt i den här utvecklingen kan nya industrigrenar skapas och befintliga utvecklas vilket stärker Sveriges konkurrenskraft och välfärd.

Det är bakgrunden till att regeringsinitiativet Fossilfritt Sverige beslutat att ta fram en vätgasstrategi.

1.1. Genomförande

Denna vätgasstrategi har utvecklats på initiativ och under ledning av Fossilfritt Sverige. Arbetet har utförts med stöd från forskningsinstitutet RISE och näringslivet och bygger på kunskapsinhämtning från litteraturen, inspel från och diskussioner med den inrättade referensgruppen och andra intressenter från till exempel kemi- och raffinaderiindustrin, järn- och stålindustrin, energibolag, transportindustrin, teknikleverantörer, branschorganisationer och myndigheter. Flertalet av företagsrepresentanterna ställer sig även bakom strategin, vilket listas i inledningen.

Referensgruppens medlemmar: Mikael Nordlander, Vattenfall; Hans Kreisel, Nordion Energi; Jenny Larfeldt, Siemens Energy; Ulf Troedsson, Vätgas Sverige och Tomas Kåberger, Chalmers/InnoEnergy.

1.2. Syfte och mål med vätgasstrategin

Syftet och målet med den här vätgasstrategin är att identifiera de hinder och utmaningar som i närtid kräver nationell politik, samordning eller andra åtgärder samt





föreslå vägval och åtgärder för att påskynda omställningen till ett klimatneutralt och konkurrenskraftigt Sverige. Styrande i vägval och prioriteringar har därför i detta fall varit potentialen i att minska klimatavtryck i kombination med att skapa tillväxt och konkurrenskraft.

FAKTA VÄTGAS

Vätgas kan produceras från reformering av fossila bränslen (naturgas, kol), biomassa (fast biobränsle, organiskt avfall, biogas), och genom elektrolys från el som spjälkar vatten.

Vid elektrolys av vatten produceras vätgas, syrgas samt värme.

Det finns idag i huvudsak tre olika elektrolystekniker för produktion av vätgas från vatten: alkalisk elektrolys (ALK), elektrolys med protonbyttarmembran (PEM) samt högttemperaturelektrolys (SOEC), varav de två förstnämnda finns i industriell skala på den kommersiella marknaden.

Begreppet »förnybar vätgas« används om vätgas producerad från förnybar energi eller råvara. Om även vätgas som härstammar från kärnkraftsel inkluderas är benämningen »fossilfri vätgas«

Vätgas kan lagras i komprimerad (cirka 150 - 500 bar) eller i förvätskad form (-253 grader C) ovan jord eller i underjordiska vätgaslager (bergum).

Vätgas kan distribueras via gasledning eller väg-/tåg-/sjötransport. Vätgasen som distribueras i Sverige idag sker uteslutande på väg i komprimerad form.



2. Bakgrund

2.1. Vätgas – basinformation och definitioner

Vätgas är en energibärare och insatsråvara som ingår i många olika befintliga och framtida värdekedjor inom:

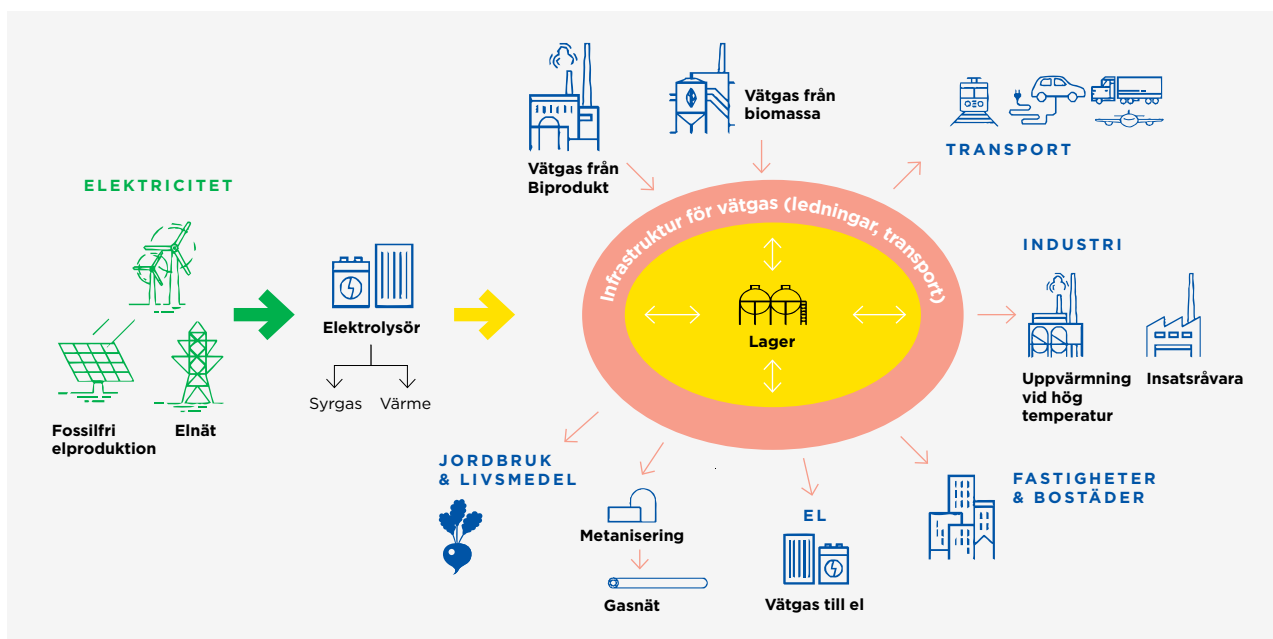
- Processindustrin
- Transportsektorn
- Energisektorn
- Fastighets- och byggsektorn
- Jordbruks- och livsmedelssektorn

I vätgasstrategiarbetet står värdekedjor i de olika sektorerna i fokus samt synergier däremellan. Grovt beskrivet ingår produktion, lagring och distribution av vätgas för användning inom olika sektorer som till exempel ren vätgas, metanol eller ammoniak (Figur 1).

Vätgas kan produceras från fossila bränslen, biomassa, organiskt avfall, biogas eller genom elektrolys från el som spjälkar vatten. Energins ursprung i kombination med produktionsteknik avgör det klimat- och miljöavtryck som i slutändan erhålls. I EU:s vätgasstrategi¹ görs

en uppdelning av förnybar eller »Clean« vätgas, fossil vätgas och s.k. »Low-carbon« vätgas. I den dagliga debatten och i den öppna litteraturen förekommer det även andra benämningar såsom grön, grå, blå och rosa vätgas med flera. De olika definitionerna och benämningarna och hur de förhåller sig inbördes till varandra förklaras i följande punktlista:

- Förnybar vätgas eller »Clean« vätgas: Vätgas som produceras från förnybar energi eller råvara. Den förnybara vätgasen kan produceras från vatten och förnybar el genom elektrolys. Den kan även produceras via termokemisk reformering av biogas (istället för naturgas), termokemisk eller biokemisk omvandling av biomassa, även kallad bio-vätgas. I den öppna litteraturen benämns den förnybara vätgasen också vanligtvis som grön vätgas.
- Fossil vätgas: Vätgas som produceras från fossila bränslen, vanligtvis genom naturgasreformering eller kolförgasning. I den öppna litteraturen benämns den fossila vätgasen även ofta som grå vätgas.
- »Low-carbon« vätgas: Här ingår vätgas med två



Figur 1: Vätgasens värdekedja, vars delar beaktas i denna vätgasstrategi.

olika ursprung. Dels blå vätgas, vilket är producerad från fossila källor i kombination med infångning av koldioxid, så kallad CCS-teknik (Carbon Capture and Storage). I november 2020 annonserade EU-kommissionen att även vätgas som produceras genom elektrolys från vatten och el, där elen härstammar från kärnkraft alternativt en elmix med lågt kolinnehåll, går under benämningen »Low-carbon«-vätgas. I den öppna litteraturen benämns ofta vätgas som härstammar från kärnkraftsel, eller en elmix med både förnybart och kärnkraft, som rosa eller fossilfri vätgas.

I denna strategi står den förnybara samt den fossilfria delen i »Low-carbon«-vätgasen i centrum. Andelen förnybar vätgas förväntas öka med tiden i takt med att Sveriges energimix ställs om till högre andel vind- och solkraft och andelen biogas i stamnätet för naturgas ökar ytterligare.

Mot denna bakgrund, utifall inte förnybar el/vätgas explicit har uttalats, används här begreppet fossilfri el/vätgas genomgående i dokumentet, vilket innebär vätgas producerat från den svenska elmixen eller från biomassa.

gasproduktion och resterande från diverse industriella restströmmar. Vätgasen, som i huvudsak är av fossilt ursprung, används framförallt som råvara inom den kemiska industrin för tillverkning av ammoniak, metanol och andra kemikalier samt för diverse raffinaderi- och metallurgiska processer. Mindre än 5 procent produceras idag genom elektrolys.² Att ersätta all den vätgas som används med fossilfri vätgas från elektrolys skulle kräva cirka 4000 TWh fossilfri elproduktion och resultera i en utsläppsreduktion på cirka 800 Mton koldioxid per år, vilket motsvarar 2 procent av de globala utsläppen³.

Inom EU27 uppgår vätgasanvändningen till ca 10 Mton (motsvarande 339 TWh) per år och utgör idag omkring 2 procent av den totala energitillförseln^{3,4}. Specifik vätgasproduktion utgör 200 TWh och att producera den via elektrolys istället kräver drygt 300 TWh fossilfri elproduktion, och skulle ge en utsläppsreduktion på 1–2 procent av EU:s koldioxidutsläpp⁵.

I likhet med övriga världen står kemi- och raffinaderiindustrin för huvuddelen av den vätgas som produceras och används i Sverige (Figur 2). Det framgår även att

FAKTA VÄTGAS - STORHETER OCH ENHETSOMVANDLING

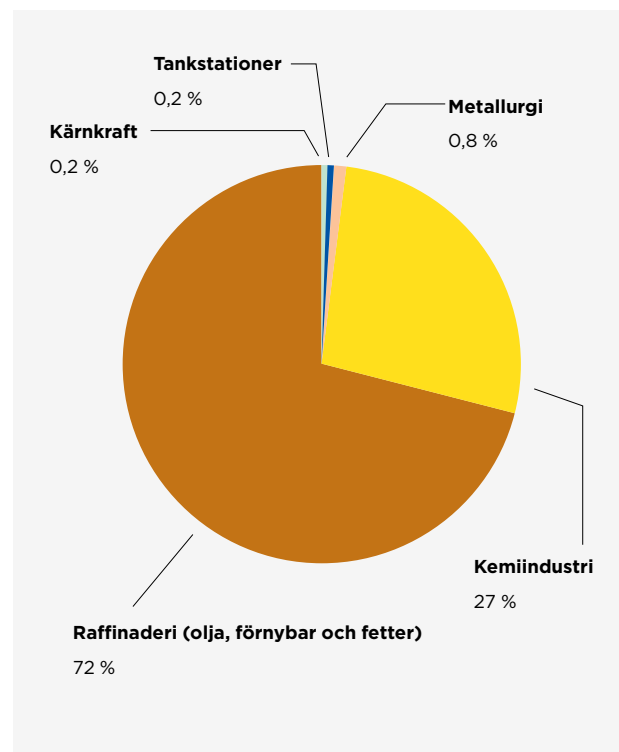
1 TWh vätgas=1000 GWh vätgas=333 333 333 Nm³
vätgas=30 000 ton vätgas

En elektrolysör med en verkningsgrad på 65 procent behöver 1,54 TWh el för att producera 1 TWh vätgas.

Att producera 1 TWh vätgas på ett år kräver en elektrolysör med 180 MW eleffekt, givet drifttiden 8400 timmar. Elektrolysören har då en effekt om 120 MW vätgas, dvs 0,65 MW vätgas/MW el, i enlighet med verkningsgraden 65 procent.

2.2. Vätgasproduktion och användning – nuläge

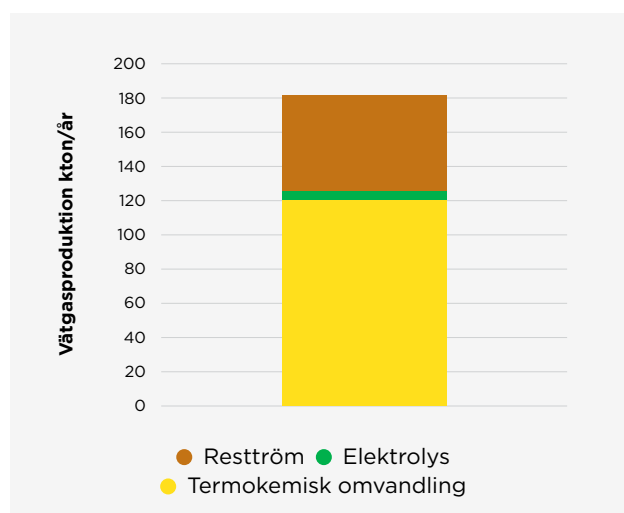
Det produceras och används redan idag vätgas. Den totala vätgasanvändningen globalt sett uppgår årligen till cirka 120 Mton, varav cirka 70 Mton (motsvarar cirka 2300 TWh vätgas) härstammar från specifik vä-



Figur 2: Översikt av vätgasanvändningen och produktion i Sverige idag

dagens direktanvändning av vätgas som fordonsbränsle eller inom den metallurgiska industrin endast utgör en mycket liten andel, cirka 1 procent tillsammans.

Som illustreras i Figur 3 uppgår produktion och användning i Sverige till omkring 180 000 ton vätgas per år (motsvarande ca 6 TWh/år vätgas) och den är huvudsakligen av fossilt ursprung (nästan 67 procent genom termokemisk omvandling av naturgas). Den näst största källan till vätgas i Sverige är industriella restströmmar medan knappt 3 procent produceras via elektrolys idag.



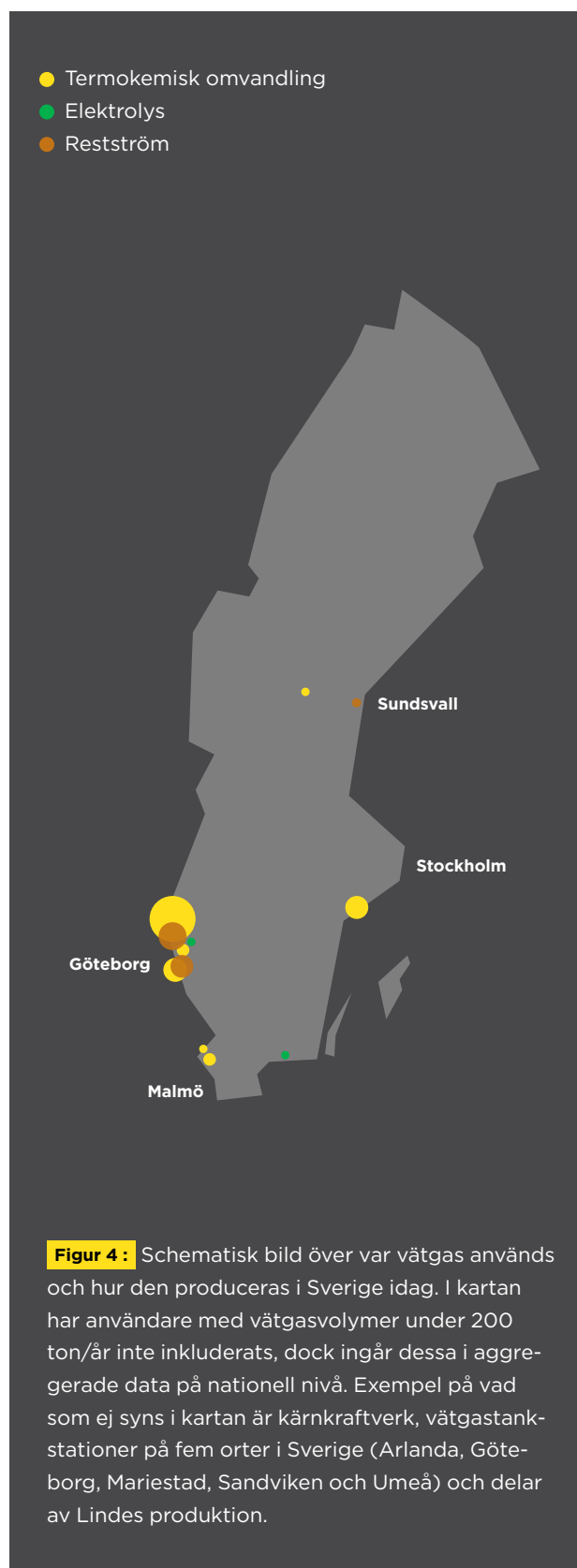
Figur 3 : Sammanställning av total vätgasvolym som produceras och används i Sverige idag samt fördelningen mellan olika produktionstekniker.

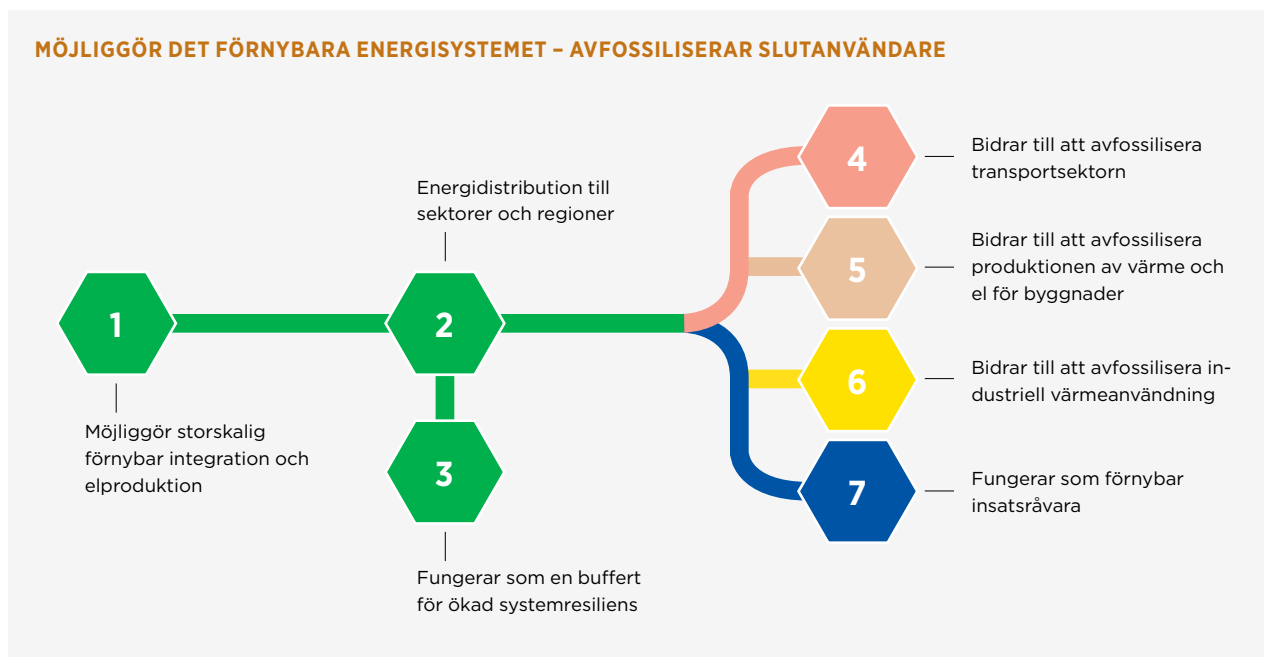
I stort sett all vätgas som produceras i Sverige används nära den plats där den produceras. På kartan (Figur 4) visas var vätgas produceras och används samt via vilken produktionsteknik som framställningen sker.

2.3. Internationell utblick

2.3.1. EU:s vätgasstrategi

I juli 2020 tillkännagavs EU:s vätgasstrategi¹. Strategin är en handlingsplan för hur EU med samlade krafter kan göra förnybar vätgasteknologi till en konkurrenskraftig lösning för att fasa ut det fossila inom olika sektorer, med fokus på industri- och transportmarknaden (Figur 5). Den kompletterar kommissionens strategi för energisystemintegration⁶, och utgör en del av planen för hur de ambitioner och mål som finns beskrivna inom European Green





Figur 5: Vätgasens roll i det fossilfria energisystemet såsom beskrivet av Hydrogen Europe. Källa: Hydrogen Europe.

Deal (Gröna given på svenska)⁷, New Industrial Strategy for Europe⁸ och dess återhämtningsplan⁹ kan förverkligas.

Den europeiska strategin presenterar en mycket ambitiös vätgasutveckling med målet om att ha en installerad elektrolyseffekt för produktion av förnybar vätgas inom EU motsvarande 6 GWel 2024 respektive 40 GWel och dessutom ytterligare 40 GWel i EU:s närhet för att tillgodose EU:s behov 2030. Denna utbyggnad kräver i sin tur både en massiv utbyggnad av förnybar elproduktion och förstärkning av elnät. Den totalt installerade elektrolyseffekten uppskattades av EU Joint Research Center (JRC) till omkring 1 GWel 2019, med en genomsnittlig årlig tillväxt på cirka 20 procent mellan 2016-2019⁴. Enligt FCH JU (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) kan vätgas stå för upp till 24 procent av EU:s totala energitillförsel år 2050⁵. Givet att all vätgas produceras via elektrolys uppskattar EU att upp till en fjärdedel av den förnybara elproduktionen 2050 omvandlas till vätgas.¹ Uppskattningen av elproduktionen 2050 varierar men i det framtidsscenario där den ökar mest, där elektrobränslen (se under rubrik 3.1) expanderar, blir den 2,5 gånger större än dagens (dvs 7000 TWh).¹⁰ Detta skulle i sin tur innebära ett behov på upp till 1700 TWh förnybar elproduktion till vätgasproduktion via elektrolys år

2050. Det sistnämnda motsvarar en 120 procentig ökning jämfört med dagens förnybara elproduktion inom EU27 (800 TWh 2018).¹¹

Den europeiska strategin förespråkar att produktion och användning av förnybar vätgas, i huvudsak från vind- och solkraft, ska prioriteras. I strategin beskrivs att »Low-carbon«-vätgas kan komma att behövas under en övergångsfas för att dels snabbt minska utsläppen från befintlig fossil vätgasproduktion, dels stötta den samtidigt pågående utvecklingen till förnybar vätgasteknologi.

Strategin föreslår att vätgasutvecklingen och utbyggnaden av infrastruktur i första hand sker via industriella kluster (benämns vanligen på engelska såsom »Hydrogen valleys«) som från och med mitten av 2020-talet binds samman via rörledningsnät med kompletterande väg- och sjötransporter. Visionen ligger i linje med den som gasnätsägare från nio europeiska länder, däribland den svenska Nordion Energi, presenterar i rapporten »European Hydrogen Backbone«.¹² Den bygger på att befintlig naturgasinfrastruktur på kontinenten kan modifieras för att transportera vätgas till en överkomlig kostnad. Målsättningen för 2040 är ett europeiskt vätgasnät på 23 000 kilometer, varav 75 procent utgörs av

modifierade naturgasledningar, som förbinds med nya vätgasledningar (25 procent). I slutändan, i ett klimat-neutralt EU, skulle det enligt denna vision finnas två parallella gastransportsnät; ett dedikerat för vätgas och ett för (bio)metan (metan som framställs ur förnybar råvara antingen genom rötning eller förgasning med efterföljande uppgradering här innehar liknande kvalité som naturgas). Injektion av vätgas i befintligt naturgasnät förväntas enbart förekomma i mycket liten utsträckning vid decentraliserad produktion och i lokala gasnät under en övergångsfas, eftersom användarna av gasen har svårt att använda en blandning med befintlig maskinpark.

Den europeiska omställningen genom vätgas förväntas fram till 2050 kräva investeringar på mellan 180-470 miljarder euro, varav 3-18 miljarder euro för produktion av »low carbon« vätgas producerad från fossila källor med CCS (blå vätgas). För att anpassa olika framtida slutanvändares vätgasproduktion, till exempel inom stålindustrin eller utrullning av ett hundratals nya vätgastankstationer, så förväntas ytterligare investeringar upp mot en miljard euro tillkomma. För att underlätta realiseringen av strategin har kommissionen även lanserat European Clean Hydrogen Alliance,¹³ vars syfte är att koordinera och skapa en genomförandeplan för investeringar i vätgasproduktion i större skala och stödja efterfrågan på förnybar vätgas. Flera svenska organisationer har redan anslutit sig till alliansen. EU förutspår att satsningen på vätgas kommer att skapa en marknad värd flera tusen miljarder euros till 2050, och bidra med upp till en miljon nya arbeten.

1 Definiera en EU övergripande terminologi för förnybar och low-carbon vätgas tillsammans med en metodik för beräkning av LCA med avseende på klimatutsläpp i syfte att möjliggöra en fungerande »ren vätgasekonomi«.

2 Upprätta principen om koldioxid (CO₂) som den nya valutan i energisystemet.

3 Främja och stödja stimuleringsprogram för vätgasmarknader inklusive kvoter / mål, särskilda program och stödscheman.

4 Möjliggör en konkurrenskraftig vätgasekonomi genom att förtydliga marknadsförutsättningar och stödja sektorskoppling.

5 Revidera »Trans-European Networks for Energy« (TEN-E). Förordning för att stödja utvecklingen och utrullningen av vätgasnätverk.

6 Revidera direktivet AFID (Alternative Fuels Infrastructure refuelling Infrastructure) för att öka användningen av vätgas i transportsektorn.

7 Stötta etableringen av ett starkt, effektivt och heltäckande partnerskap för ren vätgas för Europa.

8 Ta bort onödiga hinder för vätgasproduktion och vätgasinfrastruktur.

9 Lås upp vätgaspotentialen genom att utnyttja innovativa finansiella instrument.

10 Etablera »The Clean Hydrogen Alliance« och vätgas som en nyckelkomponent i EU:s övergripande klimat- och grannskapspolitik.

Figur 6: Sammanfattning av EU:s handlingsplan för grön vätgas. Källa: Hydrogen Europe.

2.3.2. Kommande EU-regleringar

Som ett led i EU:s gröna giv så ser EU kommissionen nu över ett antal regelverk och direktiv som kommer att ha betydelse för svensk vätgasutveckling. Här ingår EU:s pågående revision av statsstödsreglerna¹⁴ som påverkar på ett övergripande plan. Av stor betydelse är också den pågående revisionen av förnybartdirektiv (REDII) och underliggande delegerade rättsakter (på eng. Delegated Acts).¹⁵ Revideringen av förnybartdirektivet förväntas klargöra hur produktion och användning av förnybara

biodrivmedel kommer att behandlas och hur efterfrågan på »Low-carbon«- vätgas i förhållande till förnybar vätgas kommer att utvecklas. Den väntas också visa hur produktion av så kallade elektrobränslen och elektrokemikalier kommer att hanteras i relation till utsläppsberäkningar. Revideringen av förnybartdirektivet har därför stor inverkan på hur relaterade tekniker och marknader utvecklas. Samtidigt ser man nu över Energiskattedirektivet (ETD)¹⁶ att bättre anpassa och premiera utvecklingen av förnybara bränslen, inklusive förnybar gas. Andra exempel är revideringen av direktivet AFID (Alternative Fuels Infrastructure refuelling infrastructure)¹⁷ i kombination med regelverket Trans-European Transport Network (TEN-T),¹⁸ som förväntas bidra till en accelererad utveckling av till exempel vätgastankstationer och laddstationer genom att uppmuntra EU-länder att ta fram handlingsplaner för utbyggnad av infrastruktur för alternativa förnybara drivmedel som ligger i linje med målen i Parisavtalet och den Gröna given. Avslutningsvis är utformningen av Taxonomin oerhört viktigt, inte minst i synen på biobränsle, och de framtida planerade revideringarna av koldioxidkraven för tunga och lätta fordon är avgörande för hur utsläppen för vätgas beräknas.¹⁹ Alla de nya versionerna av här nämnda regelverk, förutom fordonskraven, kommer att presenteras vid olika tillfällen under 2021.

2.3.3. Andra nationella vätgasstrategier – exempel

Som nämndes inledningsvis har ett antal länder under de senaste åren hunnit ta beslut om nationella strategier och större satsningar för vätgasområdet. Strategierna visar på hur länderna vill skapa förutsättningar för området utifrån nationsspecifika klimat- och miljömål i kombination med andra drivkrafter för att stärka ländernas konkurrenskraft. I några av strategierna presenteras förväntade vätgasbehov för år 2030. Vissa länder presenterar även målbilder för egen vätgasproduktion, men även för import. I följande ges några exempel.

Norge ser stor potential i både blå och förnybar vätgas, och har i sin vätgasstrategi, som presenterades under våren 2020, ett uttryckt mål om att arbeta för att den förstnämnda ska ha samma marknadsförutsättningar som den förnybara vätgasen på den europeiska arenan. Inga uppskattningar av varken framtida nationella vätgasbehov, exportvolym eller målbilder för produktion anges. I den maritima sektorn finns stora delar av värdekedjan representerad i Norge och den lyfts i strategin

upp som särskilt intressant där vätgas eller ammoniak kan ersätta batterier eller flytande naturgas.²⁰

Finland presenterade en färdplan för vätgas i oktober 2020 som ska utgöra ett underlag till en nationell klimat- och energistrategi som förväntas presenteras under sommaren 2021. I färdplanen ges en 10-årig utblick för nationell produktion och användning av »low-carbon«-vätgas, och lyfter komparativa fördelar som goda tillgångar på vindkraft, starkt transmissionsnät för el, stabilt och förutsägbart regelverk och lång erfarenhet av industriell vätgasanvändning. I färdplanen föreslås att fossil vätgas gradvis fasas ut genom beskattning och styrmedel, i kombination med hybridisering av existerande fossilbaserad vätgasproduktion med elektrolysörer och lokala vätgaslager. Potentialen för förnybar vätgasproduktion i Finland uppskattas till 100 000 – 150 000 ton (cirka 3-5 TWh vätgas) 2030 utan att ta hänsyn till någon ny användning inom industri eller transportsektorn.²¹

I Danmarks strategi står den inhemska starka vindkraftsindustrin och omställningen av flyg och andra tunga transporter i fokus med ambitionen att kunna reducera landets koldioxidutsläpp med 2,5 miljoner ton.²² Som exempel kan nämnas att Ørsted, Mærsk och SAS planerar storskaliga produktionsanläggningar om 1,3 GWel utanför Köpenhamn. Därtill planerar den danska regeringen att uppföra energiöar i Östersjön och Nordsjön motsvarande en total vindkraftseffekt på 5 GWel, vilket bland annat ska användas till vätgasproduktion.²³

I Nederländernas vätgasstrategi, som presenterades i mars 2020, understryks landets komparativa fördel som handelsnation med resurser för att både producera, distribuera och lagra vätgas, där hamnen i Rotterdam som internationell energihandelshub bedöms som särskilt viktig. Nederländerna är starkt fossilberoende och regeringen påtalar vikten av att både prioritera utvecklingen av infrastruktur och storskalig produktion av blå vätgas fram till 2030 och bana väg för utveckling av förnybar vätgas, för produktion såväl inom som utanför landet.

I september 2020 slöt Nederländerna samarbetsavtal med Portugal för utveckling av en strategisk import-export värdekedja för förnybar vätgas där första steget för de två länderna är att utveckla en gemensam ansökan inom IPCEI (EU:s initiativ »Important Project of Common

European interest», för mer information om IPCEI, se kap. 6).²⁴

Som sista exempel kan Tysklands ambitiösa vätgasstrategi nämnas med ett tydligt fokus på att ställa om genom förnybar vätgas och ett mål om att etablera landet som en globalt ledande leverantör av vätgasteknologier. Den tyska regeringen uppskattar ett behov om cirka 90 - 110 TWh förnybar vätgas fram till 2030. För att täcka en del av detta behov planerar Tyskland att installera 5 GWel elektrolys, tillförd med el från land- och havsbaserad vindkraft motsvarande 20 TWh. Resterande och den största andelen av vätgasbehovet (cirka 85 procent) planeras att importeras från produktion i andra länder. De har investeringsplaner på plats för etablering och driftsättning av dedikerade vätgasnät i nordvästra Tyskland redan 2023 och en tydlig plan för utbyggnaden av

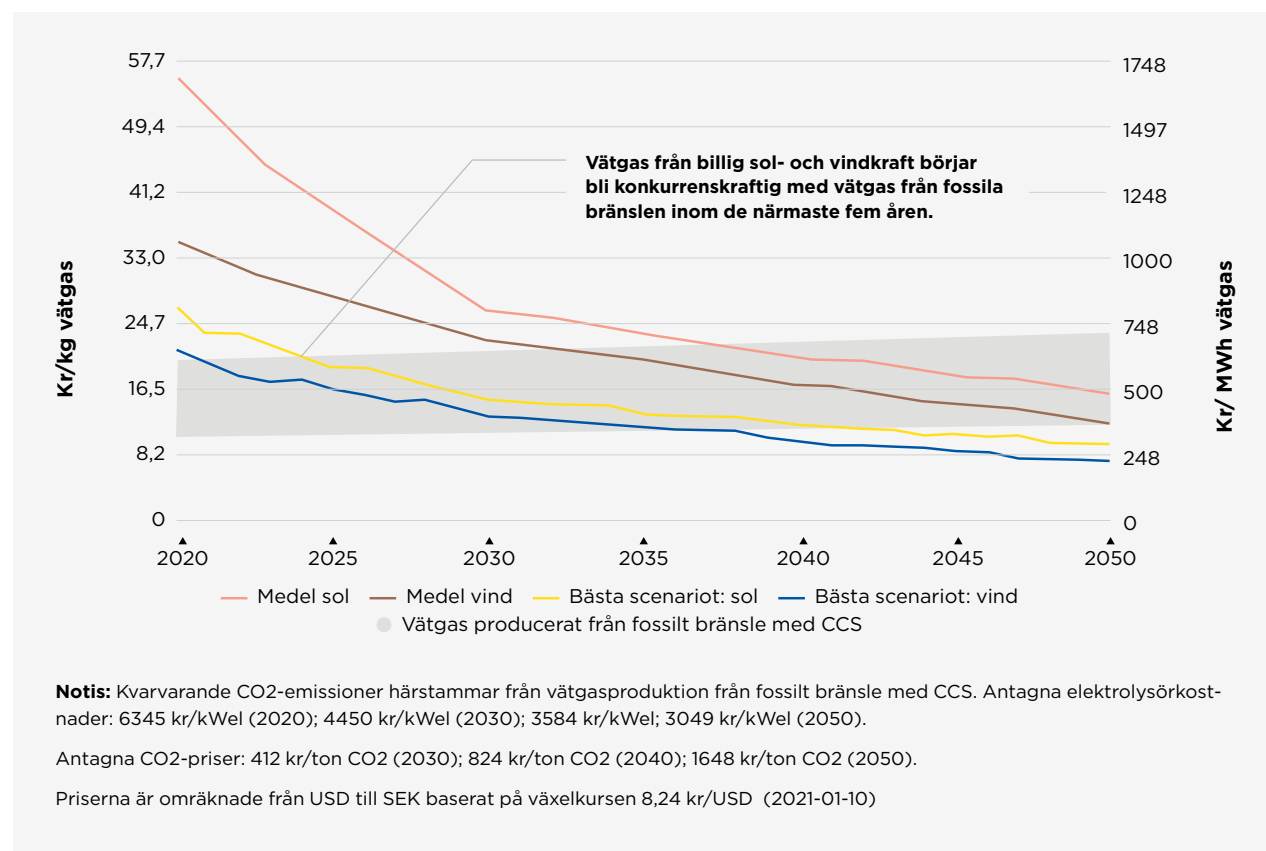
tankstationer där de redan i slutet av 2020 ska ha installerat 100 vätgastankstationer.²⁵

Samtliga länder, liksom EU, påtalar i sina vätgasstrategier vikten av ökad internationell samverkan och koordinering, behovet av ny infrastruktur, harmonisering vad gäller regelverk och standarder (se exempel 2.3.2. samt kapitel 8), samt fortsatta satsningar på forskning, utveckling och demonstration för såväl produktion, lagring, distribution och slutanvändning i olika sektorer.

2.4. Kostnadsutveckling för fossilfri vätgas och dess påverkan i kundledet

2.4.1. Kostnadsutveckling för fossilfri vätgas

Fossilfri vätgas från elektrolys är idag dyrare (cirka 2-4 gånger i genomsnitt enligt EU:s vätgasstrategi från år



Figur 7: Den framtida produktionskostnaden för förnybar vätgas, givet olika antaganden om prisutveckling för vind- respektive solkraft. I figuren visas även ett spann angivet för produktionskostnaden för blå vätgas. Eftersom en viss andel (ca 10 procent) av koldioxiden inte fångas in vid produktionsanläggningen för blå vätgas tillkommer i detta fall en kostnad för koldioxiden. Källa: IRENA 2019.²⁶

2020') än fossilbaserad vätgas, och priset är starkt beroende av priset på el samt elektrolysörens investeringskostnad och utnyttjandegrad. Hur stor andel av produktionskostnaden som idag styrs av elpriset beror på de exakta driftförhållandena, men trenden går idag mot 70–75 procent förutsatt hög utnyttjandegrad.

I takt med att elektrolystekniken förbättras, marknaden för fossilfri vätgas växer, produktionstakten ökar och skalfördelar erhålls förväntas dock kostnaden för elektrolysörerna kunna halveras till 2030¹. På de platser i världen där den fossilfria elen är billig förväntas vätgas från vindkraft kunna vara konkurrenskraftig med den blå vätgasen redan 2022 och från solkraft 2024 (Figur 7). Enligt en av Bloombergs prognoser har Skandinavien förutsättningar för att vara en av dessa platser (Figur 8).

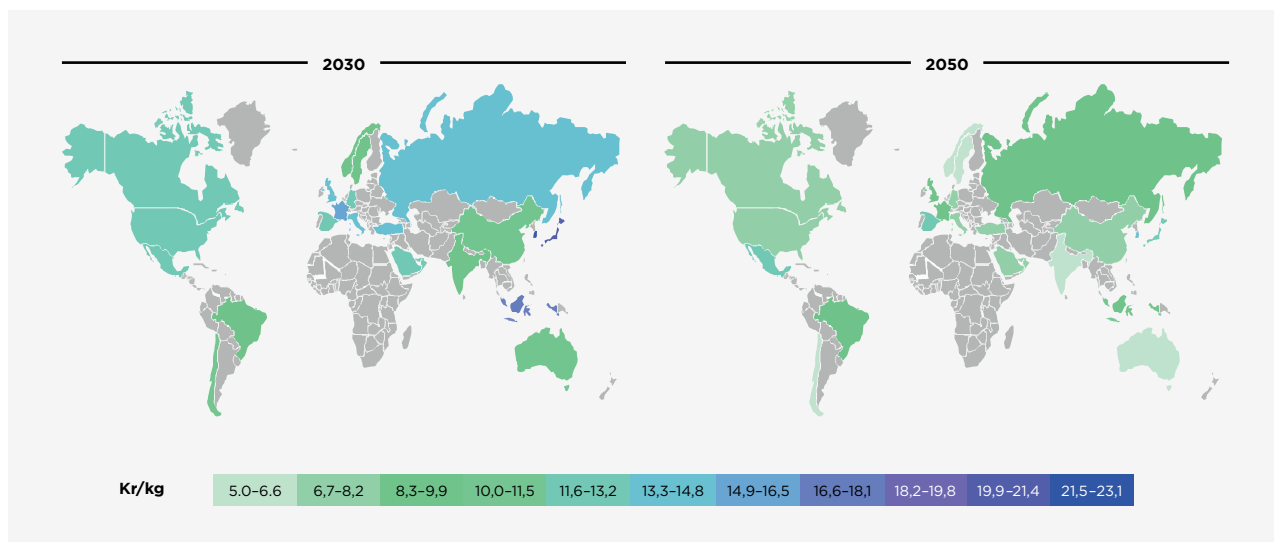
Blå vätgas kommer alltid vara dyrare än fossil vätgas eftersom kostnaden för CCS tillkommer och i motsats till vätgas från elektrolys förväntas ingen större prisutveckling ske med tiden för den blå vätgastekniken (Figur 7). Tvärtom förväntas kostnaderna för blå vätgas till och med att stiga ett par procent. En primär förklaring till denna skillnad i utveckling ligger i det faktum att den blå vätgastekniken redan från början vilar på stor-

skalig(a) anläggningar och, till skillnad från den fossilfria från elektrolys, är både lärlkurvan och skalbarheten, som med tiden pressar ned priset, marginell.

Som ovan nämnts så har även utnyttjandegraden (antal driftstimmar per år) av installerad elektrolysöreffekt stor påverkan på vad den elektrolytiska vätgasen i slutändan kostar. Ju högre utnyttjandegrad, ju lägre kostnad per MWh producerad vätgas eftersom den specifika investeringskostnaden då belastar en större produktionskvantitet. Detta innebär i sin tur att ju mer investeringskostnaden för elektrolysören sjunker, desto mer ekonomiskt kommer det att bli att anpassa vätgasproduktionen efter eltilgång och pris.

Elektrolysörer kan ha olika karaktäristik. Elektrolysörer med låg kapitalkostnad per watt, låg verkningsgrad och låg kapacitetsfaktor kan konkurrera genom att bara producera vid låga elpriser, medan andra som har hög kapitalkostnad per watt men hög verkningsgrad används huvuddelen av året.

På sikt kan också storskalig termokemisk omvandling av biomassa (till exempel grenar och toppar, eller annat organiskt avfall) vara ett komplement för produktion av förnybar vätgas (den så kallade bio-vätgasen). Pro-



Figur 8: Prognos för produktionskostnad av vätgas från elektrolys för olika delar av världen för 2030 respektive 2050 förutsatt olika, enligt BloombergNEF själva optimistiska, elprisscenarier.

Källa: BloombergNEF.²⁷



duktionskostnaden i detta fall är linjärt beroende av den ingående biomassans pris. Baserat på till exempel Gobi-Gas och E.ON:s B2G -projekt ligger kostnadsbilden omkring 600 SEK/ MWh vätgas (motsvarar 20 SEK/ kg vätgas) från GROT som kostar omkring 180 kr/MWh. Drygt hälften av denna kostnad härstammar från investering- och driftkostnader.²⁸ En fördel med denna process är att den även öppnar upp för att skapa negativa utsläpp genom att tillämpa bio-CCS för den biogena koldioxidström som uppstår (beskrivs mer utförligt under rubrik 3.7.2.), vilket i sin tur eventuellt kan minska kostnaderna för produktionen av den förnybara vätgasen. I de fall bio-CCS implementeras vid produktion av bio-vätgas bedöms produktgasen vara en så kallad klimatpositiv vätgas.

2.4.2 Fossilfri vätgas påverkan på kostnaden för förädlade produkter i kundledet

Vätgas som insatsråvara i industriprocesser har potential att användas (beskrivs i kap 3.1) till stor del i processer för framställning av grundläggande material såsom metaller och plaster. Dessa basmaterial är typiskt bulkvaror och har ofta ett relativt lågt värde och handlas inte sällan på hårt konkurrensutsatta internationella marknader, vilket gör dem känsliga för kostnadsökningar. I fallet med fossilfritt stål så anger HYBRIT att råstål framställt med HYBRIT-processen väntas ha en produktionskostnad som är 20-30 procent högre än den konventionella masugnsprocessen, givet de randvillkor (elpris, pris på utsläppsrätter, kokskolpris) som rådde vid tidpunkten för studiens genomförande.²⁹

En viktig aspekt är dock att de efterföljande stegen i basmaterialens värdekedjor innebär förädling och resulterar i produkter med högre värde där kostnadsökningen för ingående fossilfria basmaterial. I exemplet med fossilfritt stål så innebär en kostnadsökning på stålet med 20-30 procent i praktiken i storleksordningen 1000-2000 kr per ton. För en bil som innehåller cirka ett ton stål och i slutkundsledet har ett värde på 300 000-400 000 kr så innebär det en kostnadsökning för konsumenten med långt under 1 procent. Även om fossilfria material är dyrare än material med högt koldioxidavtryck så kan det alltså finnas stora möjligheter att absorbera denna kostnad och kompensera den genom en marginell prishöjning i slutkundsledet – men samtidigt till ett kraftigt sänkt koldioxidavtryck för konsumtionen.

Samma logik gäller för exempelvis plastmaterial, där förädlingsvärdet kan öka väldigt mycket men där värdekedjorna samtidigt kan vara komplicerade med många steg från baskemikalie till slutprodukt. Exempelvis har Energy Transitions Commission³⁰ beräknat att även om kostnaden för etylen, vilken är den vanligaste baskemikalien i plast, ökar med 50 procent så blir kostnadsökningen på en dryckesflaska endast omkring 10 öre.

Energy Transitions Commission har även beräknat att den extra kostnad det innebär att totalt eliminera de globala utsläppen från tung industri (stål, cement, petrokemi, aluminium) och tunga transporter (flyg, sjöfart, tunga landtransporter) är mindre än 0.5 procent av global BNP. Som jämförelse kom den så kallade Stern-rapporten³¹ fram till att kostnaden för skador av ett förändrat klimat till följd av att inte åtgärda utsläppen ligger på 5-20 procent av global BNP.



3. Nya värdekedjor med vätgas i Sverige

Industrins branscher har i sina färdplaner som tagits fram inom ramen för Fossilfritt Sverige beskrivit hur de ska öka sin konkurrenskraft genom att bli fossilfria. Vätgastekniker är en av åtgärderna som förväntas bidra på ett kostnadseffektivt sätt till att minska utsläppen i en industri eller process, vilket motiverar flera branscher och företag att nu se goda förutsättningar för satsningar inom vätgas.

Det finns idag ett antal större planer och pågående industriprojekt i Sverige, där produktion och/eller användning av vätgas är central i en eller flera nya värdekedjor samtidigt. Flera nya initiativ och samarbeten har annonserats under 2020 och i likhet med övriga Europa går utvecklingen nu allt oftare mot installation av industriella storskaliga anläggningar (upp till flera MWel) utan någon föregående pilot- och demonstrationsfas.

Nedan ges en sammanfattning med exempel om vad som var på gång under slutet av 2020 inom de olika branscherna i Sverige med fokus på de olika värdekedjornas syften, respektive milstolpar, storlek och potentiella klimatvinster. För de mer konkreta planerna och projekten presenteras även en aggregerad bild i kapitel 3.6, från vilken flera av strategins åtgärdsförslag tar sitt avstamp.

FAKTA ELEKTROBRÄNSLE OCH ELEKTROKEMIKALIE

Elektrobränslen eller elektrokemikalier är samlingsnamn för olika syntetiska bränslen eller kemikalier (metan, metanol, Fischer-Tropsch-bränslen, ammoniak med flera) och benämns inom EU vanligtvis som bränslen av icke-biologiskt ursprung.

Kolbaserade elektrobränslen eller elektrokemikalier som till exempel elektrometanol kan tillverkas genom att låta vätgas reagera med koldioxid som avskilts från till exempel industriella rökgaser, biogas- eller jäsningsanläggningar.

Produktkvaliteten och sammansättningen för elektrobränslen eller elektrokemikalier är samma eller liknande som för motsvarande fossila eller biobaserade alternativ.

3.1. Exempel inom processindustrin

3.1.1. Exempel inom kemi- och raffinaderiindustrin

Svenska drivmedelsindustrin har genom sin färdplan en målsättning om att bli klimatneutral 2045 med delmålet att ha klimatneutral verksamhet, i form av depåer, logistik och marknadsplatser, redan 2030. Raffinaderisektorn stod år 2019 för 4,6 procent av Sveriges växthusgasutsläpp, medan kemibranschen stod för 2,8 procent.

Förnybar eller Low carbon vätgas är en förutsättning för att ställa om kemi- och raffinaderiindustrin. I följande beskrivs exempel på olika värdekedjor och projekt som nu utreds i Sverige.

Vätgas som insatsråvara för produktion av biodrivmedel:

Vid uppgradering av biomassa åtgår generellt mer vätgas, i storleksordningen 3-4 gånger, än då fossil råvara används. Preem har till exempel som målbild att producera 5 miljoner m³ biodrivmedel år 2030, motsvarande en total vätgasbalans om cirka 5 TWh per år, och utreder nu olika initiativ och åtgärder för att kunna tillgodose denna vid sina raffinaderier i Lysekil och Göteborg. Utredningarna inkluderar optimering av den konventionella vätgasproduktionen från olika fossila källor samt biogas, med och utan tillhörande CCS, samt vätgas från elektrolys. Även St1 Sverige AB satsar stort på produktion av biobränslen och har nyligen byggt ut sin vätgasproduktion för sitt nya bioraffinaderi i Göteborg. Vätgasen produceras idag från naturgas från gasstamnätet med avsikten att med tiden kunna ersättas med vätgas från

elektrolys. Satsningar på fossilfri vätgas inom produktion av biodrivmedel ger ett lägre klimatavtryck på biodrivmedlet vilket i slutändan betalas tillbaka tack vare att reduktionsplikten premierar klimatnyttan.

Vätgas som insatsråvara för produktion av elektrobränslen och elektrokemikalier:

Förutom biobränsleproduktion så visar kemi- och raffinaderiindustrin intresse för så kallade elektrobränslen/elektrokemikalier.

Elektrobränslen eller elektrokemikalier är ett samlingsnamn för olika syntetiska bränslen eller kemikalier (metan, metanol, med flera) som kan tillverkas genom att låta vätgas reagera med koldioxid som avskilt från industriella rökgaser, biogas- eller jäsningsanläggningar. Kvaliteten och sammansättningen för elektrobränslen/elektrokemikalier är samma eller liknande som motsvarande fossila eller biobaserade alternativ. Elektrobränsle-/elektrokemikalieproduktion är en form av CCU (Carbon Capture Utilization), och konceptet är ett högprioriterat utvecklingsområde inom EU och bedöms kunna bli ett värdefullt komplement till produktion från biomassa.

Ett exempel är St1, som inlett ett nytt samarbete inom området i Finland för produktion av elektrometanol. Ett elektrobränslekoncept, inklusive elektrolysör för vätgasproduktion, kan komma att implementeras vid deras bioraffinaderi i Göteborg som tidigast 2025. Det finns också planer på att etablera storskaliga elektrometanolanläggningar på svenska massa- och pappersbruk och/eller kraftvärmeverk. Företaget Liquid Wind undersöker nu möjligheten och har som mål att etablera 10 elektrometanol-anläggningar i Skandinavien till år 2030. Deras första anläggning, med en årlig produktion om 50 000 ton metanol planeras tas i drift redan 2024 och förläggs i anslutning till Övik Energis Hörnebergsverket³². Ytterligare ett exempel på potentiell elektrobränsleproduktion i Sverige är den förstudie som energibolaget Jämtkraft nu driver för produktion av flygbränsle intill ett av deras kraftvärmeverk i Östersund. Att producera elektrobränsle för flyg, sjöfart och annan tung trafik är något som till exempel Danmark nu satsar inom med en stegvis uppskalning av elektrolyseffekter från 10 MWe till 2023 till 1300 MWe i full skala, där en av satsningens målbilder är att redan om tio år kunna producera 30 procent av Danmarks flygbränslebehov³³.

Vätgas som bränsle och insatsråvara i kemiindustrin:

Vätgas från elektrolys, men även vätgas och andra kolkällor (kolväten, koldioxid) i restgaser, är viktiga insatsråvaror, men även bränslen, i omställningen till hållbar kemi. Ett exempel är Perstorps satsning »Project Air« inom vilket en unik process för hållbar metanoltillverkning utvecklats genom att kombinera CCU och förgasning. I detta fall används biogas, olika typer av industriella restströmmar innehållande kolväten och koldioxid samt vätgas från elektrolys som råvaror. I november 2020 annonserades att de i samarbete med Fortum, Uniper och den danska biogasleverantören Nature Energy, planerar för att etablera en storskalig anläggning baserad på aktuell process i Stenungssund, inklusive en installerad elektrolyseffekt på 25 MWe. Projektets mål är att kunna ersätta all den fossila metanol som Perstorp idag använder som insatsråvara i Europa (200 000 ton per år) vilket skulle medföra en potentiell årlig koldioxidreduktion på cirka 500 000 ton beräknad sett till hela projektet. Anläggningen förväntas vara i drift 2025 förutsatt att finansiering från EU beviljas.³⁴ Vidare undersöker Nouryon förutsättningarna för att kunna övergå från fossil vätgas till vätgas från elektrolys i sina produktionsanläggningar för väteperoxid i Bohus respektive Ånge, vilket skulle motsvara en potentiell koldioxidvinst på 75 000 ton per år. Ett tredje exempel på en ny potentiell vätgastillämpning inom kemiindustrin är Borealis samarbete med Vattenfall för att utreda möjligheterna att använda vätgas från elektrolys som krackerbränsle (motsvarande 300-500 MWe) som ersättare till den fossila gasen som idag används³⁵.

3.1.2. Exempel inom järn- och stålindustrin

Stålindustrin skriver i sin färdplan för fossilfri konkurrenskraft att de ska bli klimatneutrala 2045. Branschen stod 2019 för 12 procent av Sveriges utsläpp och järn- och stålindustrin globalt står för 8 procent av världens utsläpp³⁶ vilket gör att fossilfria lösningar som nu utvecklas har stor potential till globala utsläppsminskningar. Redan 2018 när färdplanen lanserades sågs vätgas som en väsentlig del av lösningen för SSAB, som därmed skulle minska Sveriges utsläpp med cirka 10 procent. Stålbranschen ser en ökad efterfrågan av fossilfritt stål när flera värdekedjor ska ställa om, och trots en högre produktionskostnad för fossilfritt stål så påverkar det bara slutprodukten, exempelvis en personbil med mindre än 1 procent (se kap. 2.4.2.).



Fossilfri vätgas kommer att vara centralt i framtidens järn- och stålindustri i Sverige, både som insatsråvara och bränsle vilket exemplifieras nedan.

Direktreduktion med vätgas för produktion av järnsvamp och råjärn:

Den mest välkända vätgassatsningen i Sverige är HYBRIT (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) som är ett så kallat joint venture-företag samägt av SSAB, LKAB och Vattenfall. HYBRIT syftar till att utveckla en fossilfri stålvärdekedja. I processen ersätts masugnsprocessen, där fossil koks används för att reducera/ta bort syret från järnmalmen, med en process baserad på direktreduktion med fossilfri vätgas från elektrolys för tillverkning av järnsvamp anpassad för produktion av råstål i ljusbågsugn. Processen skalas upp i flera steg med driftsättning av pilot 2020 (cirka 4-5 MWe), demonstrationsanläggning 2025 (cirka 400 MWe) åtföljt av fullskalig implementering senast 2045 (upp till cirka 11 TWh el/7 TWh vätgas, motsvarande cirka 1300 MWe under antagandet 65 procent verkningsgrad för elektrolysör och 8400 timmars drifttid per år). Val av lokalisering för demonstrationsanläggningen (Malmberget/Luleå) har i skrivandets stund inte beslutats än. Inom nu pågående pilotfas har material och teknik valts för en pilot (100 m³) för ett underjordiskt vätgaslager, baserat på den så kallade LRC -tekniken (Lined Rock Caverns), vars konstruktion planeras att påbörjas i Luleå i början av 2021. Lagret kan med fördel i stor skala (cirka 1000 gånger större än piloten), i komplement till vattenkraften, nyttjas för betydande balans- och reglerkraft till elnätet och på samma gång minska totalkostnaden för stålproduktionen genom att anpassa vätgasproduktionen efter rådande elpris. Den potentiella klimatnyttan med att tillämpa HYBRIT-processen på SSAB:s anläggningar uppskattas till 1,6 ton koldioxid per ton stål eller i full skala ca 5 miljoner ton per år i Sverige. Ytterligare ca 4 miljoner ton koldioxid per år kan kapas om även SSAB:s masugnsprocess i Finland ersätts.

I slutet av november 2020 annonserade LKAB hur den vätgasbaserade tekniken som utvecklas inom HYBRIT nu tas vidare i en av Sveriges kanske största industriomställningsprojekt genom tiderna motsvarande cirka 10-20 miljarder kronor per år under 15-20 år. Satsningen handlar om att helt fasa ut LKAB:s produktion av järnmalmspellet för produktion av fossilfri järnsvamp.

Genom denna satsning förväntar sig LKAB kunna mer än fördubbla sin omsättning till 2045 och därmed kunna tillgodose både Sveriges behov och utveckla en viktig exportvara för den globala marknaden. I full skala uppskattas processen kräva mycket stora mängder fossilfri el (cirka 55 TWh el, varav cirka 48 TWh el till vätgasproduktion) samt tillgång till biobränsle till konkurrenskraftiga priser och en snabb industrialisering av elektrolysörer för att kunna täcka det behov som satsningen efterfrågar (1200 kton vätgas, 7 GWe, inklusive HYBRIT:s uppskattade effekt för 2045).³⁷

Idag undersöker alltför många stålbolag vätgas som en av flera möjliga vägar för sin klimatomställning. Som exempel kan nämnas att Tyska Arcelor-Mittal, en av världens största ståltillverkare, nyligen har meddelat att även de ska satsa på vätgas med en första demonstrationsanläggning för direktreduktion med vätgas i drift 2023 i Hamburg³⁸. Även ståltillverkaren Voestalpine satsar att ställa om sin stålproduktion genom vätgas, men till skillnad från HYBRIT och Arcelor-Mittal undersöker de möjligheten att få ner sitt klimatavtryck genom att ersätta en större andel av det fossila kolet och koksen med vätgas i själva masugnsprocessen³⁹.

Vätgas för metallpulvertillverkning:

Höganäs Sverige AB undersöker nu förutsättningarna för att i två steg ersätta befintliga naturgasbaserade system för vätgasproduktion vid sin anläggning i Höganäs med tekniker för produktion av fossilfri vätgas till sin metallpulverproduktion. Tekniker som undersöks är vätgas från biogasreforming, förgasad biomassa samt elektrolys. Teknikskiftet planeras att ske i två steg: år 2024 (motsvarande cirka 6 MWe om elektrolys), samt 2030 (motsvarande totalt cirka 13 MWe om elektrolys). Undersökningarna sker i samarbete med bland annat Cortus Energy (förgasning av biomassa) och forskningsinstitutet RISE (Elektrolys)⁴⁰. Den potentiella uppskattade klimatnyttan med att ersätta den fossila vätgasen, producerad med existerande fossilbaserad infrastruktur, med fossilfri vätgas i Höganäs motsvarar cirka 12 000-13 000 ton koldioxid per år. Om vätgas genom elektrolys blir tillräckligt billigt för att användas som bränsle i processerna skulle vätgasanvändningen på sikt kunna bli betydligt större hos Höganäs (upp till 50 MWe) och följaktligen även potentialen till utsläppsreduktion (se avsnittet »Vätgas för stålvarmning« nedan).

Vätgas som reduktionsmedel i smältverken:

Återvinning av zink sker idag genom reduktion av slagg vid hög temperatur på Bolidens smältverk i Rönnskär. För att nå höga metallutbyten vid zinkåtervinningen används fossilt kol som reduktionsmedel samt för processens värmebalans. Användningen av fossilt kol leder till betydande koldioxidutsläpp. Genom att ersätta det fossila kolet med vätgas kan klimatutsläppen minskas. Förutsättningen för att ersätta partikulärt kol med vätgas undersöks nu i en fallstudie med Boliden och deras smältverk i Rönnskär i samarbete med bland annat RISE och Swerim⁴⁰. Den potentiella klimatnyttan uppskattas till åtminstone 20 000 ton koldioxid per år. Ammoniak producerad från vätgas och kväve skulle kunna vara ett alternativ till vätgasen i detta fall. Ammoniak används idag som reduktionsmedel på smältverket i Rönnskär vid framställning av koppar. En ökad användning av vätgas för metallurgiska processers reducerande miljö är också ett intressant område, antingen som vätgas eller syngas (syntetisk gasblandning av koloxid och vätgas).

Vätgas för stålvärmning:

Genom att ersätta naturgas eller gasol med fossilfri vätgas vid uppvärmning av stål kan stora klimatvinster och andra samhällsfördelar erhållas. Ovako demonstrerade tekniken i full skala i mars 2020, och nästa steg är att etablera elektrolysmoduler om 16 MW el under år 2022 förutsatt att finansiering finns på plats. Demonstrationsprojektet har drivits i samverkan med Linde Gas. Bränslebytet har i full skala (elektrolysörer på fyra Ovako-orter, cirka 80 MWe) potential att sänka koldioxidavtrycket med 100 000 ton per år för Ovako i Sverige, vilket idag motsvarar 50 procent av koldioxidutsläppen från Ovakos verksamhet. Ambitionen är att dela all relevant erfarenhet och teknologi med andra företag som värmer stål. En full implementering i Sverige skulle kunna handla om ett centrum om 50 elektrolysörer motsvarande cirka 800 MWe (cirka 4 TWh). Dessa beslut kan tas i den takt det bedöms lämpligt och förläggas på de platser som är strategiskt riktiga. Sammanlagt uppger Ovako en potentiell besparing i storleksordningen 1 miljon ton koldioxid per år. Projektet har fått stort genomslag globalt och anses som ett genombrott inom aktuell industri med potential att kunna fungera som en testbädd för Sverige och ett startskott för spin-offs. Implementering av tekniken förväntas även kunna bidra med betydande balans- och reglermöjlighet till elnätet, ända

ned till sekundschnabba växlingar, samtidigt som en viktig fördel är att elektrolysörens andra produkt syrgas har lokal avsättning, vilket förbättrar kostnadseffektiviteten för omställningen. I detta fall gynnas också ekonomin av att överskottsvärmen (och potential för rökgaskondensering) kan tillvaratas i fjärrvärmenät och det faktum att det mesta av tekniklösning och infrastruktur redan är på plats inklusive att ingen lagring eller distribution av vätgas behövs.

I juni 2020 annonserade Celsa Nordic, i samarbete med Statkraft och Mo industripark i Norge, att de har liknande planer som Ovako för att ställa om sina valsverk⁴¹.

3.2. Exempel inom energisektorn

Elbranschen har i sin färdplan beskrivit hur de kan möjliggöra utökad elektrifiering och därmed fossilfrihet inom flera sektorer. Med ökad andel förnybar elproduktion kommer flera olika flexibla lösningar behövas för att balansera elsystemet, där är vätgas nämnd som en lösning. Energibolagen är ofta en viktig samarbetspart i de vätgasprojekt som lanseras eftersom de är första spelaren i värdekedjan när el ska bli till vätgas, innan vätgasen sedan ska användas i någon tillämpning.

Elproducenters vätgasintresse bottnar i huvudsak i att få avsättning och därmed ett ökat värde för sin producerade el och inkluderar delar av eller hela värdekedjor från elgenerering till vätgasproduktion, lagring och användning. Till detta tillkommer möjligheter att använda flexibilitet och reglerförmåga hos elektrolysörer och vätgaslager för att erbjuda systemtjänster som till exempel frekvensreglering eller för att anpassa elförbrukningsmönster till priser på elmarknaden.

För ändamålet frekvensstyrning och reglerkraft i den mindre skalan innehar bränsleceller god teknisk potential på samma gång som de alstrar värme som kan nyttiggöras i kraftvärmesystemet. I den större skalan är också vätgasdrivna gasturbiner av intresse för flexibel produktion och effektreserv. De sistnämnda utvecklas bland annat av Siemens Energy i Finspång, som i nuläget kan erbjuda sina kunder gasturbindrif med 50-60 procent vätgasinblandning och har som målbild att demonstrera 100 procent vätgasdrift i industriell skala 2030⁴².

Utifrån perspektivet från värmesektorn är främst tillva-

ratagandet av restvärme från vätgasproduktion och användning av intresse.

Energibolagens breda intresse illustreras i flera av de tvärsektoriella samarbeten som initierats under de senaste åren, till exempel Vattenfalls olika samarbeten med svensk processindustri (exempel ges i kap. 3.1.1-3.1.2) eller det nyetablerade tidigare nämnda samarbetet mellan Liquid Wind och Ö-vik Energi. Det finns också andra exempel. Skellefteå kraft utreder nu lokal storskalig vätgasproduktion och potentiella vätgaskunder i omnejd⁴³ och Rabbalshede Krafts planerar att producera vätgas från sin vindkraft som sedan med lastbil transporteras till industrier⁴⁴.

3.3. Exempel inom transportsektorn

Sveriges mål är att utsläppen inom inrikes transporter ska minska med 70 procent till 2030. För att nå detta mål beskriver fordonsindustrin i sina färdplaner att elektrifiering kommer bli en viktig del. Branschen kommer arbeta för att 80 procent av försäljningen av personbilar 2030 ska vara laddbara och 50 procent av lastbilsförsäljningen 2030 utgöras av el-lastbilar, men även vätgas lyfts som en viktig teknik för längre transporter. I flygbranschens färdplan presenteras branschens mål om att allt inrikesflyg ska vara fossilfritt 2030 och allt flyg som startar vid svenska flygplatser fossilfritt 2045. Sjöfartsbranschens mål är att inrikes sjöfart ska vara fossilfri 2045. Inrikes transporter stod 2019 för 32 procent av Sveriges växthusgasutsläpp, varav vägtransporter står för överlägset största andelen.

Under den senaste tiden har vätgasen fått ökad uppmärksamhet inom transportsektorn på olika sätt i Sverige, inte minst genom EU:s vätgasstrategi och nya samarbeten inom den tunga fordonsindustrin (AB Volvo och Daimler Truck). Regelverket för minskning av koldioxid för tunga fordon driver också på för lösningar med nolutsläpp i användningsfasen.

Elektrifieringen av transportsektorn kan med de tekniker vi känner till idag ske med vätgas, batterier eller elvägar. Samtliga alternativ har olika driftfall som talar till deras fördel. Direktanvändning av energi när den produceras är alltid energieffektivast, men de olika driftfallen i kombination med olika faktorer som energidensitet, omgivningstemperatur, tillgång till infrastruktur och lagring i

elnätet, affärsmodeller med mera påverkar vilken lösning som passar bäst i olika applikationer. En sannolik utveckling är att det kommer finnas en kombination av de nämnda alternativen.

Det pågår initiativ inom flera områden runt om i världen för vätgasanvändning inom i stort sett alla transportslag och utvecklingen går fort där prioriteringar kan ändras snabbt vid tekniska genombrott. Vätgas kan användas för samtliga trafikslag men mycket tyder på att tunga vägfordon, tåg och mindre passagerarfärjor blir kommersiellt inom medellång sikt medan personbilar och flygplan förväntas bli kommersiellt i större volymer på något längre sikt.

Vätgasens roll i transportsektorn har genomgått ett antal olika faser de senaste decennierna med vissa perioder av högt politiskt fokus i olika delar av världen. Hittills är användningen av vätgas och bränsleceller för transporter dock ytterst begränsat.

De främsta skälen till att vätgas och bränsleceller för transport inte har nått marknaden i stor skala än är den höga totalkostnaden för bränslecellsfordon, inklusive både tillverkning av fordon och utveckling av infrastruktur med tankstationer för vätgas. En annan bromsande parameter är den relativt låga energitätheten vid lagring av vätgas både i trycksatt och förvätskad form (nästan 8 gånger lägre energidensitet per volymenhet vid 700 bar än diesel), vilket bidrar till mindre lastkapacitet eftersom bränsletanken är mer skrymmande.

Enligt svensk fordonsindustri har det nuvarande ökade fokuset på vätgas inom transportsektorn främjats av flera faktorer. En viktig pådrivande faktor är utvecklingen av förnybar elproduktion, inklusive förnybar vätgas, i EU. En annan är att livslängden på bränsleceller har förbättrats vilket tillsammans med den nämnda europeiska vätgasutvecklingen gör vätgas och bränsleceller till ett intressant alternativ för transport där det är svårt att elektrifiera på annat sätt.

Jämfört med batteridrivna fordon möjliggör vätgas snabb tankning och ger längre räckvidd för fordon generellt sett jämfört med batterifordon, vilket kräver färre tankstationer än för exempelvis elbilsaddning. Utmaningen med den lägre energitätheten kvarstår dock med utrymmeskrävande vätgastankar. En nackdel är att kedjan från el till vätgas och sedan tillbaka till el i fordonet

ger relativt låg systemverkningsgrad (omkring 30-50 procent). Det är därmed ofta effektivare om elen kan lagras i batterier.

Vätgas i förbränningsmotorer för fordon är också ett potentiellt framtida tillämpningsområde som nu undersöks i pågående FFI-projekt (Fordonsstrategisk forskning och innovation, se rubrik 5.1.). Förbränningsmotor med vätgas har länge varit ett känt och möjligt alternativ och det skulle kunna bli aktuellt för att nå nollutsläpp av koldioxid i användningsfasen.

Vätgasen kan vara ett alternativ parallellt med elektrifiering med batterier och biodrivmedel (till exempel HVO, biogas). För personbilar och lastbilar som används i regionala transporter upp till cirka 30-40 mil, ser elektrifiering med batteri ut att vara den centrala tekniken. Med utgångspunkt i dagens kunskap och utsikter kan vätgas ha sin roll i de lite längre transportererna från ca 30 till 80 mil medan biodrivmedel sannolikt används i alla transportfall för existerande fordon men med tyngdpunkt på de riktigt långa och tunga transportererna på längre sikt. Vätgas för personbilar är idag inte en primär inriktning för de svenska personbilstillverkarna då elektrifiering med batterier har högre prioritet. I ett senare skede skulle bränsleceller potentiellt kunna tillämpas för räckviddsförlängning i elfordon då mycket av tekniken är den samma för bränslecellsfordon och elfordon.

Tekniköverföringen sker idag från personbilar till tyngre fordonsslag till exempel Toyota Mirais stackar används i Project Portal i Los Angeles hamn där lastbilar försetts med dubbla stackar från personbilssidan. Samma tekniköverföring ses på lätta truckar till tyngre truckar.

Även användningen av elektrobränslen kan på sikt bli intressant för fordonsindustrin (väg, flyg, sjöfart), som ett komplement till biodrivmedel⁴⁵. Fördelen är att de flesta elektrobränslen till skillnad mot ren vätgas är kompatibel med befintlig infrastruktur samt att det finns alternativ som exempelvis elektrometanol som är flytande i rumstemperatur och därmed lättare att förvara och transportera. En nackdel är att elektrobränslen alltid kommer att vara dyrare att producera än vätgas (från cirka 10-50 procent beroende på till exempel elpris, val av teknik och produkt⁴⁶) eftersom produktionsprocessen i sig kräver fler processteg men i gengäld är lättare att hantera

och lagra. En annan nackdel med elektrobränslen är den mycket låga systemverkningsgraden (cirka 10-20 procent från el till vätgas till elektrobränsle för omvandling i förbränningsmotor⁴⁷).

Det sker även utveckling internationellt avseende användning av vätgas i tåg med bränsleceller. Till exempel så finns sedan tidigare bränslecellståg från franska Alstom i trafik i nordöstra Tyskland och i november 2020 presenterade Siemens att de avser producera bränslecellsdrivna tåg i samarbete med Deutsche Bahn. Det svenska tågnätet är till stor del elektrifierat men det kan finnas en möjlighet för de sträckor som idag körs med diesellok. Exempel på sträckor som idag utreds för bränslecellsdrivna tåg är Inlandsbanan mellan Mora och Gällivare samt Kinnekullebanan.

Flygplan är ett annat aktuellt tillämpningsområde där det historiskt sett är mycket svårt att hitta alternativ till de säkerhetsmässigt hårt kontrollerade flytande bränslen som används. Koncept för vätgasdrivna flygplan har presenterats vid ett flertal tillfällen historiskt. Under hösten presenterade Airbus tre olika koncept för framtidens flygplan, som drivs genom förbränning av flytande vätgas i gasturbiner, med målbilden att ha ett första plan framme år 2035. I Storbritannien flögs ett tidigt plan av Zeroavia med bränslecellsteknik från svenska PowerCell. Användning av vätgas för internationellt flyg bedöms ligga relativt långt bort i framtiden men det är viktigt att Sverige och svenska aktörer är med i utvecklingen för kortdistansflygningarna upp till 1000 km (Airbus med flera). Flygmotortillverkaren GKN i Trollhättan har en strategiskt viktig roll i den här utvecklingen.

Även sjöfarten står inför stora utmaningar i omställningen till användandet av hållbar energi för framdrift och kring system. Sjöfarten har speciella utmaningar jämfört med andra transportslag, exempelvis kan nämnas den långa livslängden, stor energiförbrukning, olika driftprofiler och ett ofta internationellt rörelsemönster. I skrivande stund finns flertalet olika bränslen och drivlinor som är mer eller mindre aktuella, elektrifiering med batteri, metanol, ammoniak, HVO, LBG, vätgas och elektrobränslen. Det är sannolikt att en viss energityp kommer att vara ett alternativ för vissa fartyg men inte andra vilket innebär att en helhetslösning kan vara svår att uppnå. Vätgas och bränsleceller kan finna sin plats både som energi till framdrivning men också som en-

ergi till kringsystemen ombord. Det finns en del mindre initiativ runt om i världen som pågår. I Norge bygger man till exempel nu större installationer som ska tas i drift 2022. Under 2020 kommer en förstudie finansierad av Lighthouse Sjöfartsprogram att utföras av RISE och Svenskt Marintekniskt Forum med målet att simulera en efterinstallation av en vätgasdriven bränslecellsdrivlina ombord i Rederi AB Ventrafikens färja Uraniborg.

3.4. Exempel inom jordbruk och livsmedel

Målet i Lantbruksbranschens färdplan för fossilfri konkurrenskraft är att bli 100 procent fossilfria på drivmedel, torkning och värme 2030. De avser även att på sikt fasa ut användningen av mineralgödsel som tillverkats med fossil energi. Livsmedels- och jordbrukssektorn stod 2019 för 14 procent av Sveriges växthusgasutsläpp.

Inom jordbruket används vätgas framförallt för produktion av mineralkvävegödsel. Alla kvävegödselmedel som används i Sverige är baserade på ammoniak, som tillverkas i den så kallade Haber-Bosch processen där vätgas och kvävgas syntetiseras. Vätgasen som används i gödselindustrin tillverkas idag från naturgas, kol och olja. Det finns en mycket liten ammoniakproduktion och mineralgödselproduktion i Sverige. Branschen importerar istället bland annat från Tyskland, Holland, Norge och Ryssland.

Tillverkning av kvävegödsel (2,0 TWh) utgör den näst största fossila energiinsatsen i svenskt jordbruk efter diesel till arbetsmaskiner (2,4 TWh)⁴⁸. Livsmedelsindustrin är alltså beroende av fossila resurser och en inhemsk produktion av fossilfri vätgas för att tillverka mineralkväve skulle vara en nyckel till ett tryggt oberoende livsmedelssystem utan fossil energi, och utgör således en pusselbit i omställningen av jordbruket och samhället i stort.⁴⁹

Den totala mängden kväve i det mineralgödsel som säljs i Sverige idag uppgår till cirka 183 000 ton per år⁵⁰. För att tillverka 1 ton kväve i kvävegödsel behövs 0,21 ton vätgas. För att förse hela Sveriges jordbruk med kvävegödsel, skulle det årligen behövas cirka 40 000 ton vätgas. Om allt kvävegödsel i Sverige producerades med fossilfri vätgas skulle cirka 1 miljon ton koldioxidekvivalenter kunna besparas som idag släpps ut i andra länder, vilket motsvarar cirka 7 procent av svenska lantbrukets totala klimatutsläpp (utifrån ett bredare perspektiv än jordbrukssektorn i klimatrapporeringen) och 2 procent av Sveriges nationella växthusgasutsläpp. Uppskattning-

en baserar sig i sin tur på antagandet om cirka 0,1 kg koldioxidekvivalenter/kg grönt kväve⁵¹ respektive 4,5 kg koldioxidekvivalenter/kg fossil kväve (medelvärde baserat på data från SCB 2020).

Danska energibolaget Ørsted och växtnäringstillverkaren Yara annonserade i oktober 2020 att de planerar för att etablera världens första demonstrationsanläggning för produktion av förnybar ammoniak (75 000 ton ammoniak per år). Anläggningen, som förses med vätgas från elektrolys (100 MWel), planeras att upprättas i Nederländerna och förväntas ha investeringsbeslutet på plats 2021/2022⁵². I september 2020 annonserade Yara att de även inlett ett samarbete med svenska Lantmännen i syfte att utveckla ett pilotprojekt med ambitionen att skapa världens första certifierade livsmedelskedja med fossilfri mineralgödsel på marknaden 2023⁵³. På initiativ och drivet av Invest in Norrbotten pågår även nu diskussioner med olika parter för utveckling av Sveriges första anläggning för storskalig produktion av ammoniak och mineralgödsel från elektrolytisk vätgas och kväve. Även LKAB undersöker möjligheterna för storskalig fossilfri mineralgödselproduktion inom förstudien ReeMAP⁵⁴.

Jordbrukssektorn visar också ett ökat intresse för decentraliserad vätgasproduktion från vind och/eller sol-el för att kunna bli ett självförsörjande lantbruk, där den i detta fall förnybara vätgasen, i komplement till lokalproducerad biogas, kan användas för gårdsdriften. Detta inkluderar såväl drivmedel som arbetsmaskiner. Till exempel har LRF Gotland genomfört en förstudie om möjligheterna att producera och lagra vätgas småskaligt på gårdsnivå, inklusive olika vätgastillämpningar, och undersöker nu möjligheterna för etablering av pilotanläggningar⁵⁵.

3.5. Exempel inom bygg- och fastighetssektorn

I bygg- och anläggningssektorns färdplan för fossilfri konkurrenskraft är målsättningen att byggvärdekedjan ska nå 50 procent minskade utsläpp 2030 och fossilfrihet 2045.

Bygg- och fastighetssektorn är en sektor där decentraliserad vätgasproduktion (motsvarande storleksordningar från några enstaka till några hundra kWel) kan spela en roll som ett led i utvecklingen av självförsörjande hus



och hållbara städer och samhällen, så kallad off-grid (vid kontinuerlig drift) eller ö-drift (vid tillfällig drift). Sektorn visar också intresse för decentraliserad vätgasproduktion i ett led att skapa elnätsnyttor (ej off-grid).

Off-grid-koncepten i bygg- och fastighetssektorn bygger vanligtvis på kombinationer av tekniker, där småskalig förnybar intermittent elproduktion, elektrolys, vätgaslager, bränsleceller, lokal värmeproduktion och batterier kombineras.

Ö-drift med vätgas är av särskilt intresse för de ändamål där det är kritiskt att ha elförsörjning om elnätet av något skäl inte kan leverera. Sjukhus, VA-anläggningar eller andra känsliga byggnader där det är viktigt att ha någon typ av backup-elförsörjning kan vara potentiella kunder för vätgas. Fastigheter med ö-drift kan även användas vid krissituationer som till exempel till stabsrum och ledningsplatser för kommuners krisorganisation eller till andra kritiska verksamheter som inte får stängas ned. Istället för att ha backup baserad på diesel eller annan fossil energi, kan bränslecellstekniken i detta fall bidra med en tyst och förnybar energikälla. Tillsammans med andra förnybara alternativ som biogas, biodiesel och elektrobränslen, som kan vara aktuella för detta ändamål, är fördelen också ett minskat importberoende, givet att det finns en robust produktion i Sverige.

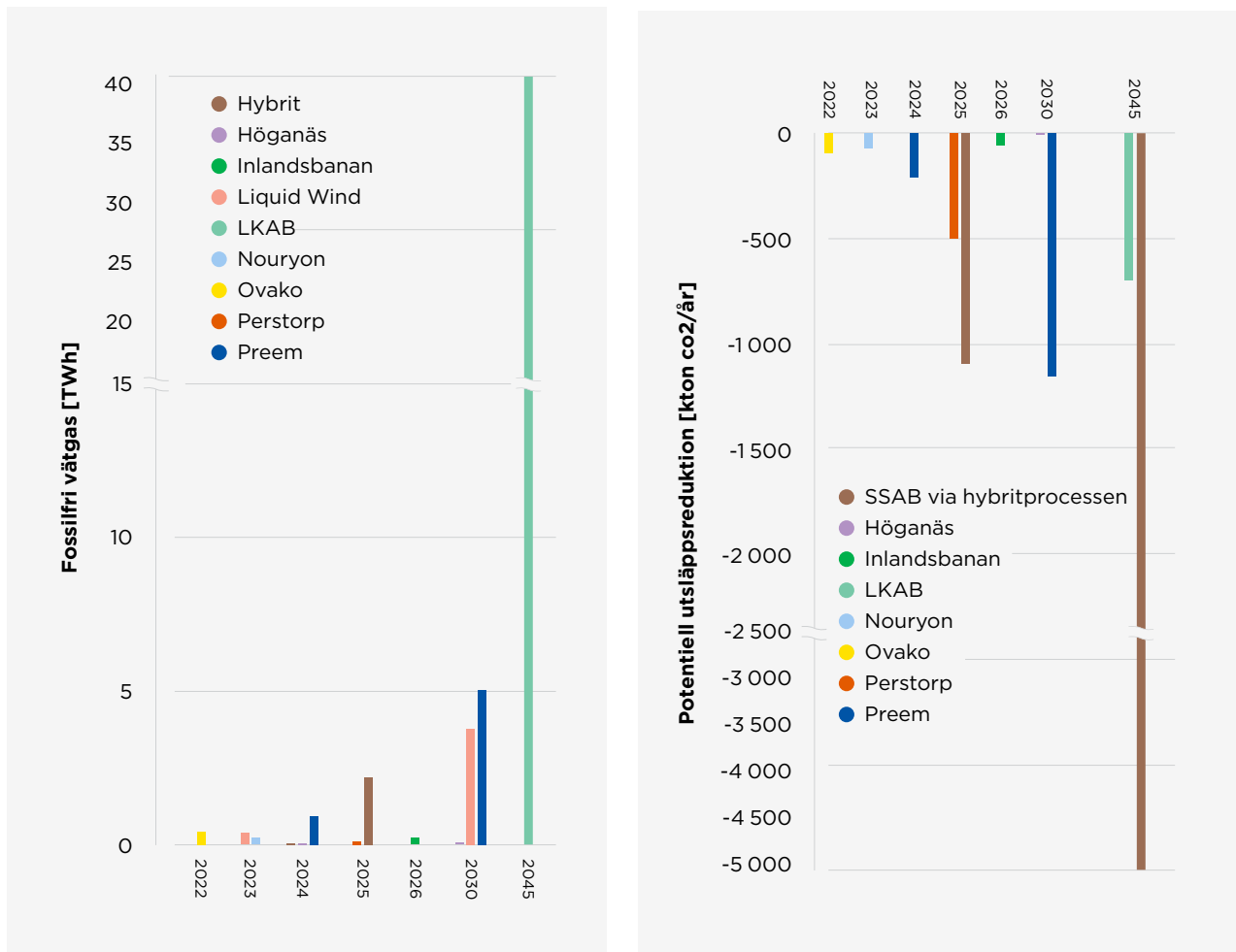
Det pågår idag ett antal projekt och satsningar i Sverige inom området. Ett exempel är Post- och telestyrelsen som genomför en studie om att använda bränsleceller som reservkraft för elektroniska kommunikationer. Ytterligare exempel är Hans-Olof Nilssons off-grid hus utanför Göteborg, Skellefteå Kraft som byggt konceptvillan Zero Sun som lagrar solenergi i form av vätgas och bostadsbolaget Vätterhems planer på att bygga 44 lägenheter i två självförsörjande hus i Jönköping med energisystem baserat på bland annat sol-el och vätgaslager. I anslutning till off-grid lösningarna av detta slag kan även en tankstation för vätgasfordon som förses med vätgas från det decentraliserade systemets elektrolysör inkluderas.

3.6. Samlad bild över milstolpar, storleksordningar och potentiella koldioxidvinster

I figur 9 presenteras en aggregerad bild för de ovan beskrivna mer konkreta planerna och projekten. Notera

att inte alla projekt avgjort huruvida det är via elektrolys vätgasskiftet ska ske. Som beskrivits i föregående avsnitt kan det i vissa fall vara fråga om en blandning av vätgas från elektrolys, förgasning eller reformering av bioråvara och/eller blå vätgas.





Figur 9: Tidslinje som visar aggregerade milstolpar, storleksordningar och potentiell koldioxidvinst för de idag mer konkreta planerna och projekten i Sverige. Uppskattad mängd fossilfri vätgas är under antagandet 65 procent verkningsgrad för elektrolysör och 8400 timmar drifttid per år om inte annat är angivet av industri. Endast direkt utsläppsreduktion inkluderas i figuren, ytterligare potential finns i användarledet. Notera att: 1) i flera fall kommer projektens totala utfall inte ske vid en och samma diskreta tidpunkt (till exempel LKAB och SSAB:s omställningar) utan istället rampas upp i steg (där utbyggnadstakter ej tillkännagivits vid strategins publicering i januari 2021). 2) Preem och Höganäs ej bestämt att fossilfri vätgas ska framställas via elektrolys. Vidare är det för Preems del inte bestämt hur deras vätgasbalans ska förses 2030, en blandning av elektrolytisk vätgas, vätgas från biogas och blå vätgas är trolig.

Det totala behovet av vätgas för dessa projekt är 50 TWh, där 45 TWh behövs i projekt med fokus på vätgas via elektrolys som i detta fall motsvarar ett behov av 55 TWh el.

Potentialen till utsläppsreduktion beror på vad vätgasen ersätter, vilket skiljer sig mellan olika användningsområden, exempelvis ersätter den kol som reduktionsmedel vid stålframställning, naturgas vid framställning av vätgas genom reformering, olika fossila drivmedel i transportsektorn och bränslen vid förbränning i industriella applikationer. Uppskattningen av potentiell utsläppsminskning i figur 9 baseras på information från aktuella industrier.

Projekten i figur 9 uppskattas ha potential att sänka koldioxidutsläppen med 7 100 000 ton vilket motsvarar cirka 14 procent av Sveriges nationella utsläpp 2019, när endast direkt utsläppsreduktion inkluderas. För flera av projekten ligger den största potentialen till sänkta utsläpp i användarledet och hos kunder. Detta diskuteras i kommande stycken.

För Preems räkning ingår endast minskning av utsläpp on-site på raffinaderierna i dessa staplar. Den största utsläppsminskningen sker dock i användarledet, det vill säga där bränslet förbränns. Planerna på ökad produktion av biodrivmedel till 2024 uppskattas i hela användarledet ge utsläppsminskningar på 1 700 000 ton koldioxid per år, alltså nästan 8 gånger så mycket som det som redovisas för anläggningen i figur 9. Inkluderas utsläppsreduktionen i användarledet för biodrivmedel, enligt planer som finns för 2030, och de minskade utsläpp från jordbruket som vätgas till kvävegödsel kan bidra med till siffrorna i figur 9 blir den totala reduktionen istället drygt 31 procent av Sveriges nationella utsläpp 2019.

För Liquid Wind visas ingen utsläppsreduktion i figuren men de uppger att deras tio anläggningarna kommer kunna fånga in 700 000 ton koldioxid per år för en metanolproduktion på 500 000 ton per år. Den koldioxid som fångas in under produktionen, släpps sedan ut vid konsumtion av bränslet, och innebär att det därmed inte orsakar några nettoutsläpp av koldioxid. Hur infångning och användning av koldioxid ska hanteras inom EU ETS håller på att uppdateras, som beskrivs i kap. 2.3. Utifrån existerande EU-lagstiftning inom EU ETS och RED II står det dock klart att dubbelräkning av koldioxidreduktion kommer undvikas samt att koldioxid som innefattas av

EU ETS ska belasta den industri där den fångats in. En utsläppsreduktion åstadkoms dock i användarledet genom att elektrobränslet ersätter fossil bensin och diesel vilket uppskattas ge en besparing av 2 ton fossil koldioxid per ton metanol. Totalt blir utsläppsreduktionen för den planerade produktionen av metanol då 1 miljon ton per år vilket motsvarar 2 procent av Sveriges nationella utsläpp 2019.

Perstorp har uppskattat koldioxidreduktionen för »Project Air« till 500 000 ton per år sett till hela projektet. Metanolen som ska produceras ska tillgodose behovet i Perstorps europeiska anläggningar. I uppskattningen ingår både utsläppsreduktion i den svenska anläggningen, till följd av den nya produktionsprocessen för metanol, och utsläppsminskning vid end-of-life för produkterna som produceras från metanolen i Europa. Av denna anledning har inte siffran inkluderats i figur 9 men totalt sett så motsvarar projektets utsläppsreduktion 1 procent av Sveriges nationella utsläpp 2019.

För Inlandsbanan är potentialen för utsläppsminskning vid övergång till vätgasdrift baserad på dieselförbrukning för tågtrafik på banan idag. Enligt Inlandsbanan själva kan projektet även frigöra kapacitet på Norra Stambanan och Stambanan vilket i sin tur kan bidra till minskade vägtransporter och därmed också ytterligare utsläppsminskningar. Dessa potentialer har dock inte uppskattats eller inkluderats i figur 9.

Utöver Inlandsbanan finns även pågående projekt kring att ställa om Kinnekullebanan från dieseldrift till vätgasdrift.

För LKAB:s del har endast reduktionen av företagets utsläpp från produktionen inkluderats i figur 9. Vid övergången till produktion av koldioxidfri järnsvamp sker dock den största delen av utsläppsminskningen hos LKAB:s kunder, i svensk och internationell stålindustri. Företaget har uppskattat att reduktionen totalt blir 35 miljoner ton koldioxid per år, vilket motsvarar två tredjedelar av Sveriges territoriella utsläpp³². Av utsläppsreduktion i kundledet är det 5 miljoner ton som sker i Sverige via HYBRIT-processen i SSAB:s anläggningar, inkluderat i figuren ovan, och resterande 30 miljoner ton sker utomlands.

I tabell 1 summeras vätgasbehov och utsläppsreduktion

i Sverige enligt resonemang i texten ovan. Där framgår även installerad elektrolysörseffekt för de tillkännagivna projekten. Notera att utsläppsreduktion från Perstorps »Project Air« och Liquid Winds planerade produktion inte inkluderats, dessa motsvarar tillsammans 3 procent av Sveriges nationella utsläpp.

Genom att till de tillkännagivna planerna ovan (50 TWh) addera behovet för att ersätta återstoden av dagens användning av fossil vätgas (cirka 0,6 TWh), det ökade behovet av vätgas för de uttalade planerna för framställning av biobränslen (cirka 8 TWh) samt potentiell vätgasanvändning inom nya värdekedjor (cirka 3 TWh) fås en uppskattning av det totala vätgasbehovet på 61 TWh 2045. Om all denna vätgas skulle framställas via elektrolys skulle det 2045 krävas cirka 81 TWh el, vilket är nästan 3 gånger den vindkraftsel som produceras idag (28 TWh, 2020) och hälften av den totala elproduktionen (164 TWh)⁵⁶.

Siffran om 81 TWh el är intressant för att illustrera vilka storleksordningar det handlar om, men eftersom elektrolys sannolikt inte blir den enda produktionstekniken för att tillgodose Sveriges framtida behov av vätgas så måste potentialuppskattningen om framtida installerad elektrolyseffekt baseras på andra antaganden. Ett tillvägagångssätt är att istället utgå från summan installerad effekt av de i skrivandets stund uttalade planerna via elektrolys (tabell 1) och därtill addera ytterligare effekt som rimligen bedöms tillkomma via planer som idag ännu inte är kända. Med hänsyn till Sveriges klimatmål, antalet större satsningar som tillkännagivits slutet av år 2020, och de förhållandevis stora möjligheterna till offentlig finansiering som nu satsas på området (se under kapitel 6) så är det rimligt att förvänta sig att planer motsvarande ytterligare 50 procent installerad effekt tillkommer till de idag kända planerna för 2030. Ett spann för den sannolika totala installerade elektrolyseffekten för samma år i Sverige kan uppskattas, där

År	2030				2045			
	TWhH2	MWel	kton CO2	Andel av nationella utsläpp	TWhH2	MWel	kton CO2	Andel av nationella utsläpp
Projekt med vätgas via elektrolys	7	1280	235	0,5 %	45	7880	5937	11,7 %
Projekt där flera produktionstekniker kan ingå (Preem och Höganäs)	5	936	1 167	2,3 %	5	936	1167	2,3 %
Delsummering	12	2217	1402	3%	50	8817	7104	14 %
Övergång till kvävegödsel baserad på fossilfri vätgas			1000	2 %			1000	2 %
Reduktion i användarledet (Preem)			7 794	15 %			7 794	15 %
Totalt			10 196	20 %			15897	31 %

Tabell 1: Summering av vätgasbehov, elektrolysörseffekt och utsläppsreduktion för tillkännagivna projekt, dels de där elektrolys uttalat är den tänkta produktionstekniken, dels de där flera alternativ utvärderas. Till detta adderas sedan potentialen till utsläppsreduktion vid övergång till fossilfri vätgas för produktion av fossilfri kvävegödsel och utsläppsreduktionen i användarledet för Preem då det är tydligt att detta bränsle ska användas i Sverige.

minimum-nivån motsvarar endast de planer med beslut om elektrolys medan maximum-nivån inkluderar även de planer där andra tillverkningstekniker nu utreds. Eftersom 2045 ligger betydligt längre bort i tiden sätts för denna tidpunkt det summerade vätgasbehovet för projekt som valt produktionsteknik som uppskattat värde för installerad elektrolyseffekt (8 GW_{el}, se tabell 1).

Med dessa antaganden kan det konstateras att uppskattningen för 2045 kräver cirka 63 TWh el, vilket motsvarar drygt 38 procent av den totala elproduktionen i Sverige 2019 (164 TWh). Resultaten av potentialuppskattningen för 2030 anges i tabell 2.

För att kunna värdera rimligheten i här givna potentialuppskattningar kan man i detta fall göra en jämförelse med utbyggnadstakten för vindkraft i Sverige. Den årliga produktionstakten för svensk vindkraft ökade med 8 TWh från att 2019 ha levererat 20 TWh till att 2020 leverera 28 TWh vilket motsvarar en utbyggnad om 40 procent av den totala produktionen på ett år. Med fortsatt teknisk utveckling med högre torn och större rotorerna på vindkraftverken kommer denna utveckling fortsätta. Svenska kraftnäts kortsiktiga marknadsanalys⁵⁷ pekar på 36 TWh år 2021 till 50 TWh år 2025. På längre sikt indikerar Svensk Vindenergi 90 TWh vindkraftsproduktion år 2040⁵⁸ och Energimyndighetens huvudscenario⁵⁹ om 80-120 TWh ny förnybar elproduktion 2045 i Sverige.

Den geografiska spridningen av framtida projekt kring fossilfri vätgas illustreras i figur 10. Här syns även att majoriteten av projekten tänkt elektrolys som produktionsteknik (grönmarkerade). Notera att i figuren har endast en av Liquid Winds totalt tio tilltänkta anläggningar inkluderats, då det bara är för denna lokalisering tillkännagivits. Den första anläggning är, som nämnt i kap.3.1.1., planerad till Örnsköldsvik, i anslutning till Ö-vik Energis kraftvärmeverk, medan resterande nio ska ligga i Skandinavien, i närheten av industri med större biogena koldioxidutsläpp (massa- och pappersindustri, kraftvärmeindustri).

På kartan ingår, utöver de projekt som finns insatta i tidslinjen ovan, även ett projekt kring bränslebyte för Borealis Kracker. I denna omställning är inte vätgas den enda åtgärden som undersöks utan även direktelektrifiering eller en kombination av de två³⁵. Av denna anledning har projektet markerats i annan färg än övriga.

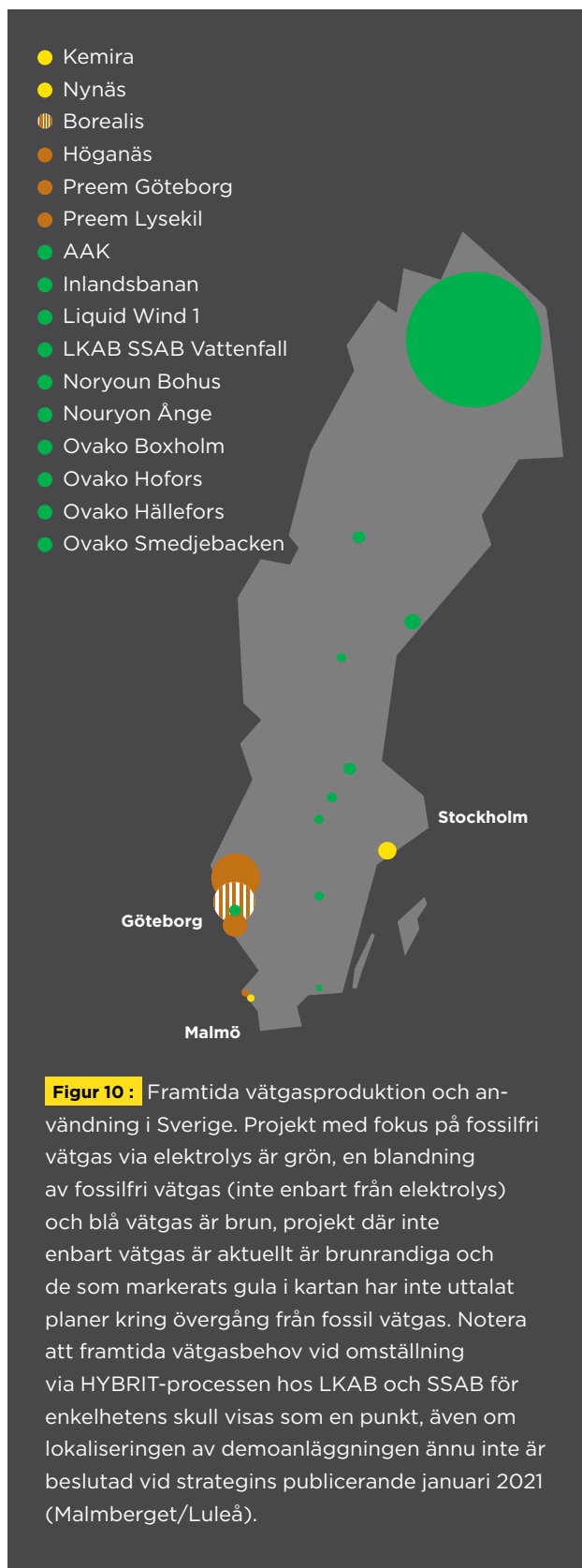
Inlandsbanan har markerats som en prick på kartan men sträckningen är från Gällivare i norr till Mora i söder. Den ursprungliga sträckningen inkluderade även spår från Mora ner till Kristinehamn men numer förvaltas den delen av Trafikverket.

År	2030
GW _{el} min	1,9
TWh _{el} min	16
GW _{el} max	3,3
TWh _{el} max	28

Tabell 2: Potentialuppskattning av installerad elektrolyseffekt (MW_{el}) och motsvarande elmängd (TWh el) 2030 i Sverige, som ligger till grund för planeringsmålen i strategins handlingsplan. Potentialen har uppskattats på följande sätt:

(2030, min) - (summa effekt för kända projekt med elektrolys) x 1,50

(2030, max) - (summa effekt för kända projekt med elektrolys + summa effekt för de kända projekt som ej än beslutat om produktionsteknik) x 1,50



3.7. Infrastruktur och sektorkoppling mellan befintliga och nya värdekedjor

3.7.1. Vätgasutveckling genom utveckling av industriella kluster

I begreppet vätgasinfrastruktur ingår både produktion, lagring och distribution av vätgas. I Sverige idag, där i stort sett all vätgas produceras i anslutning till där den används, finns en inte nämnvärd infrastruktur tillgänglig för lagring eller distribution av vätgas.

Distribution genom ledningsnät är idag det mest kostnadseffektiva sättet att transportera gas över längre sträckor. Med hänsyn till kostnad per transporterad energimängd indikerar vissa studier att det är ungefär samma eller till och med billigare att transportera vätgas i gasledning än att transportera samma mängd energi via elnätet ^{60,61}. Vad gäller vätgasledningsnät i Sverige så begränsas denna dock till ett fåtal lokala ledningsnät på industriområden (till exempel Stenugnsundsklustret, Höganäs industrier i Höganäs, Sandvik Technology i Sandviken, Kemira i Helsingborg). Vätgasen som idag distribueras i Sverige sker istället uteslutande på väg i komprimerad form. För distribution av större vätgasvolymers för medellånga till långa sträckor på väg är det i regel billigare att transportera vätgasen i förvätskad form men eftersom marknaden hitintills saknas sker detta ännu inte i Sverige. Vidare återfinns än så länge enbart ett fåtal mindre (lager vid tankstationer) och mellanstora vätgaslager (till exempel på Höganäs AB:s industriområde i Höganäs). Denna lilla tillgång på både vätgaslager- och distribution är något som många aktörer inom både industri- och transportsektorn pekar ut som ett av de största hindren för en ambitiös vätgasutveckling i Sverige.

Ett sätt att accelerera vätgasutvecklingen och utbyggnaden av tillhörande vätgasinfrastruktur runt om i landet är att etablera sektoröverskridande lokala och regionala vätgaskluster där befintliga större industrier och infrastruktur såsom hamn, järnväg, med mera redan idag har eller kommer kunna använda vätgas. Det skulle alltså vara en etablering av vad som i EU:s strategi omnämns som Hydrogen valleys (se under rubrik 2.3.1).

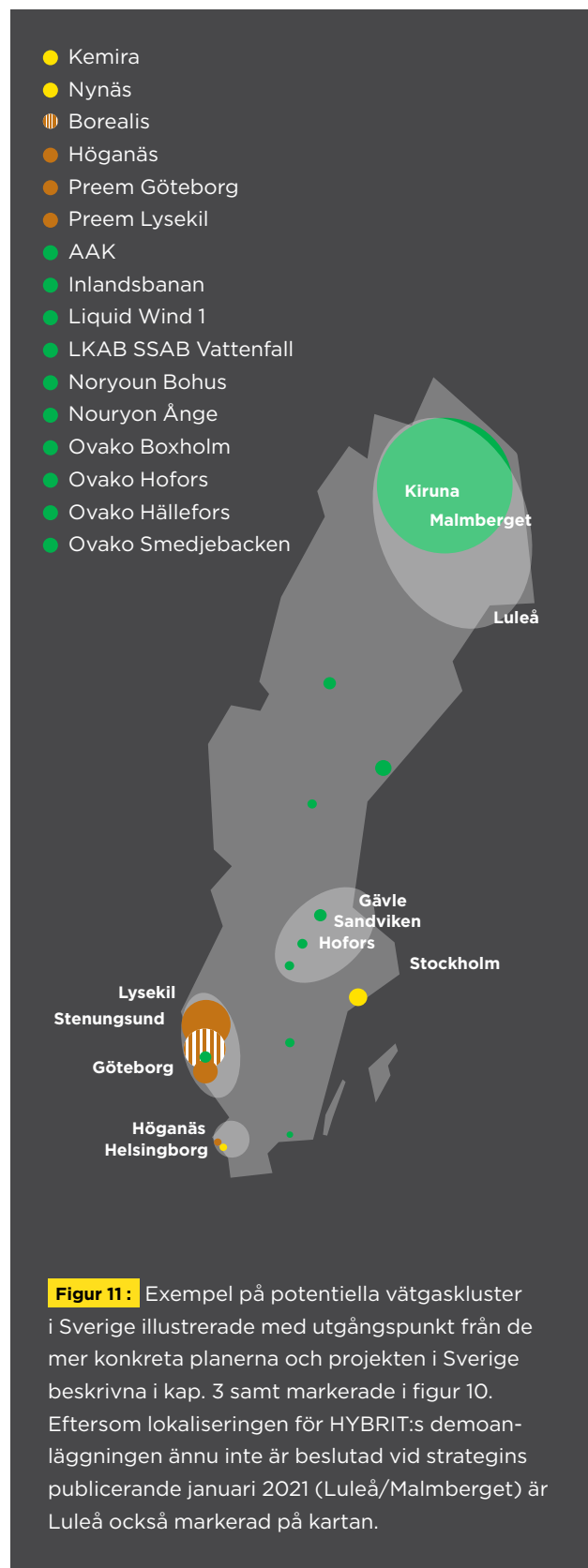
I Sverige är klusterutvecklingen för vätgas redan under diskussion på olika håll, bland annat på västkusten från Göteborg via Stenungssund till Lysekil och i Gävleborg

och Dalarna (till exempel Gävle-Sandviken-Hofors). Västra Götalandsregionen arbetar med en sådan vision, och i Gävleborg och Dalarna har man nyligen etablerat ett så kallat vätgasråd för ökad samordning mellan regionalt näringsliv, akademi och offentliga organisationer. Baserat på de olika satsningar och större projekt som nu är igång i Sverige så ligger det nära till hands att också se framtida klusterutveckling i Norrbotten och Skåne (Höganäs – Helsingborg), Figur 11. Det finns även andra exempel på regioner i Sverige, som inte syns i kartan i Figur 11, där vätgasutveckling genom lokala och regionala kluster idag diskuteras. Ett exempel är Jämtland, där klustertanken utgår från Jämtkrafts pågående förstudie kring produktion av syntetiskt flygbränsle i kombination med Inlandsbanans övergång till vätgasdrift ingår.

Genom klusterutvecklingen kan plattformar för tvärsäktoriella samarbeten och handel skapas, där befintliga och nya industrier kan kopplas samman med lokala och regionala vätgasnät och/eller gemensamma vätgaslager. Vidare kan skalfördelar erhållas eftersom vätgasen sannolikt kan produceras till mer konkurrenskraftiga priser genom installation av större elektrolysörer men också genom att kombinera ny infrastruktur för vätgasproduktion med på vissa håll redan befintliga infrastrukturer för el eller produktion av vätgas från andra källor så att den fossila andelen med tiden fasas ut. I de fall där gemensam infrastruktur utnyttjas för vätgas producerad med olika tekniker och/eller från olika insatsråvaror behöver standard för produktkvaliteten ses över, eftersom olika applikationer ställer olika krav på renhet, och vilka ytterligare kostnader som uppkommer med eventuell nödvändig gasrening. En annan fråga att klargöra är hur den förnybara vätgasen ska hanteras i redovisningen då gas utväxlas i gemensamt system.

Ytterligare en intressant framtida möjlighet är att kombinera ny vätgasinfrastruktur med infrastruktur för koldioxid för elektrobränsle/elektrokemikalie-produktion, till exempel i Göteborg där de teknoekonomiska förutsättningarna för regional koldioxidledning nu utreds inom ramen för projektet »CinfraCap«⁶². Eftersom elektrolysisprocessen eller termokemisk produktion av vätgas från biogas också genererar värme ger närhet till fjärrvärmenät också synergieffekter (se under rubrik 3.7.2).

Klusterutvecklingen drivs också på en del orter av logistiskäl. Till exempel har orter med hamnar, till exempel





Gävle hamn, ett intresse av att transporterna både inom hamnen såväl som till och från hamnen blir emissionsfria och kan därmed stärka klustersatsningen.

Som nämnts i kap. 3.3. så ser man tydliga fördelar med att förlägga så kallade strategiska tankstationer i anslutning till de större industrierna inom klustren. Dialog pågår redan idag på sina håll mellan basindustrin och fordonstillverkare för etablering av stationsstruktur för vätgas till tung vägtrafik. På ännu längre sikt är det också av intresse att etablera infrastruktur för både komprimerad och flytande vätgas på flygplatser.

Utvecklingen av vätgasinfrastruktur genom industriella kluster i Sverige kan i vissa delar av landet kompletteras genom pågående satsningar såsom Inlandsbanan, som kan utgöra godskorridorer för transport av vätgas över längre sträckor.

Ett framtida scenario, som presenteras i rapporten »European Hydrogen Backbone« av europeiska gasnätsägare (se under rubrik 2.3.1.), är sedan att vissa kluster i Sverige kopplas samman över tid med nya långa vätgasledningar kompletterat med sjö-, tåg- och vägtransport som på sikt även kopplas samman med övriga Norden och Europa. Detta scenario bedöms i denna strategi inte som realistiskt eftersom denna utveckling bygger på att det ska finnas ett större nätverk av uttjänta naturgasledningar tillgängliga som kan ställas om till vätgasnät, vilket då inte är fallet i Sverige.

Utredningar om att koppla ihop mindre närliggande kluster med varandra genom nya vätgasledningar, samt om centraliserad jämfört med decentraliserad vätgasproduktion via elektrolys är dock relevanta i svensk kontext. Frågeställningen handlar i detta fall om huruvida det är mer kostnadseffektivt med storskalig vätgasproduktionen vid en lokalisering med god tillgång av el, inklusive distribution av gas över längre avstånd, i jämförelse med decentraliserad produktion vid en lokalisering där elnätet istället kan behöva förstärkas. Även om prognosen om nu snabbt fallande priser för elektrolysörer talar för den decentraliserade vätgasproduktionens fördel så behöver man i denna jämförelse även överväga eventuella behov av vätgaslager med hänsyn till både funktion och kostnad så att det blir kostnadseffektiva lösningar totalt sett. Svaret är alltså inte givet och sannolikt något som både behöver utredas och provas

närmare för olika lokaliseringar i Sverige eftersom förutsättningarna skiljer sig åt både vad gäller infrastruktur för naturgas och biogas, eltillgång, lagring och distribution, med mera. Västsvenska kemi- och materialklustret i Västra Götaland arbetar nu för att initiera en förstudie som syftar till att utreda detta med hänsyn till de regionala industriernas vätgasbehov, tidsplan och eventuella begränsningar i elnätet. Liknande frågeställningar, utifrån ett nordiskt perspektiv, utreds nu även inom studien »Nordic Clean Energy Scenarios«⁶³.

3.7.2. Sektorkoppling öppnar upp för värdefulla synergier

Eftersom behovet av vätgas är sektorövergripande finns stora möjligheter till synergier (Figur 12). Genom att samordna satsningar över sektorsgränser kan stora vinster för såväl enskilda aktörer som samhället, klimatet och miljön erhållas:

- **Skalfördelar och delat risktagande för ny infrastruktur**

Genom att etablera ovan beskrivna sektoröverskridande lokala och regionala vätgaskluster (se under rubrik 3.7.1) kan vätgas tillverkas, distribueras, lagras och nyttjas i större volymer för mer kostnadseffektiva totallösningar. Inom klustren kan gemensam infrastruktur etableras, där risktagandet och investeringar delas mellan flera parter och industrier.

- **Bättre lönsamhet genom utnyttjande av elektrolyprocessens biprodukter**

Vid elektrolys av vatten bildas förutom vätgas även värme och syrgas. I de fall där biprodukterna också kan utnyttjas, antingen lokalt eller säljas vidare till annan part på en extern marknad, kan generellt bättre lönsamhet för den enskilda anläggningen eller industrin uppnås. Restvärmen från elektrolysen (motsvarar cirka 20–35 procent av tillförd energi) produceras kontinuerligt under drift och kan därför tas tillvara för uppvärmning alternativt kylning av till exempel lokaler där elektrolysören står för produktion av fjärrvärme (se till exempel »Vätgas för stålvärmning« 3.1.2.) och därigenom frigöra använd biomassa i biokraftverk till andra mer högvärdiga produkter. Eftersom det handlar om relativt låga temperaturer (50–80 grader C, beroende på typ av elektrolysör) kan värmepumpar behövas för att effektivt kunna ta tillvara på restvärmen. Den produce-

rade syrgasen kan i vissa fall ersätta och förenkla delar av industriens befintliga syrgasinfrastruktur såsom vid till exempel stål- och smältverk och massabruk. Syret kan också till exempel användas i fiskodlingar eller i vattenreningsverk i en industriell symbios om de ligger i närheten, alternativt till syresättning av havssjöbotten.

- **Ökad flexibilitet och effektbalansering av elsystemet**

Vätgas producerad genom elektrolys möjliggör energilagring över tid och av betydligt större mängder än vad exempelvis batterier kan bidra med. Kombinationer av vätgas och batterier öppnar upp för lagring från delar av sekunder till lagring över dygn, veckor och månader och kan därmed bidra med både flexibilitetstjänster för korta tidshorisonter (t. ex frekvens- eller spänningsreglering) och balansering över längre tidsperioder. Det pågår idag flera projekt i Sverige som undersöker det senare i kombination med decentraliserad kraftproduktion och vätgastankstationer. Exempelvis arbetar svenska systemintegratörer, som Nilsson Energy och Euromekanik, med utvecklingen av gröna decentraliserade vätgaslösningar för mobila och stationära system, i vilka reservkraft och effektbalansering är delar av systemlösningen.

Även processindustrin med storskalig vätgasproduktion kommer sannolikt att bli viktiga spelare på energimarknaden framöver. Detta kan göras på olika sätt genom elektrolys i kombination med annan ny och/eller befintlig infrastruktur. Ett exempel är Höganäs AB med sitt befintliga mellanstora vätgaslager. Ett annat exempel är HYBRIT-processens goda framtida förutsättningar att bidra med både flexibilitet och effektbalansering upp till flera dygn (cirka 100 GWh, motsvarande cirka 1 miljon Teslabilar) genom sin storskaliga vätgasproduktion i kombination med underjordiska vätgaslager där vätgasproduktionen och därmed elbehovet anpassas efter rådande eltillgång och elpris. Ett exempel på där ny infrastruktur kombineras med redan befintlig är Ovakos planerade undersökningar för att kunna bidra med nätstabilitet utan något mellanliggande vätgaslager. I deras fall ska den fossilfria vätgasen genereras i den takt den konsumeras och bidrag till nätstabilitet kan åstadkommas genom att växla mellan fossil gas (reserv) och

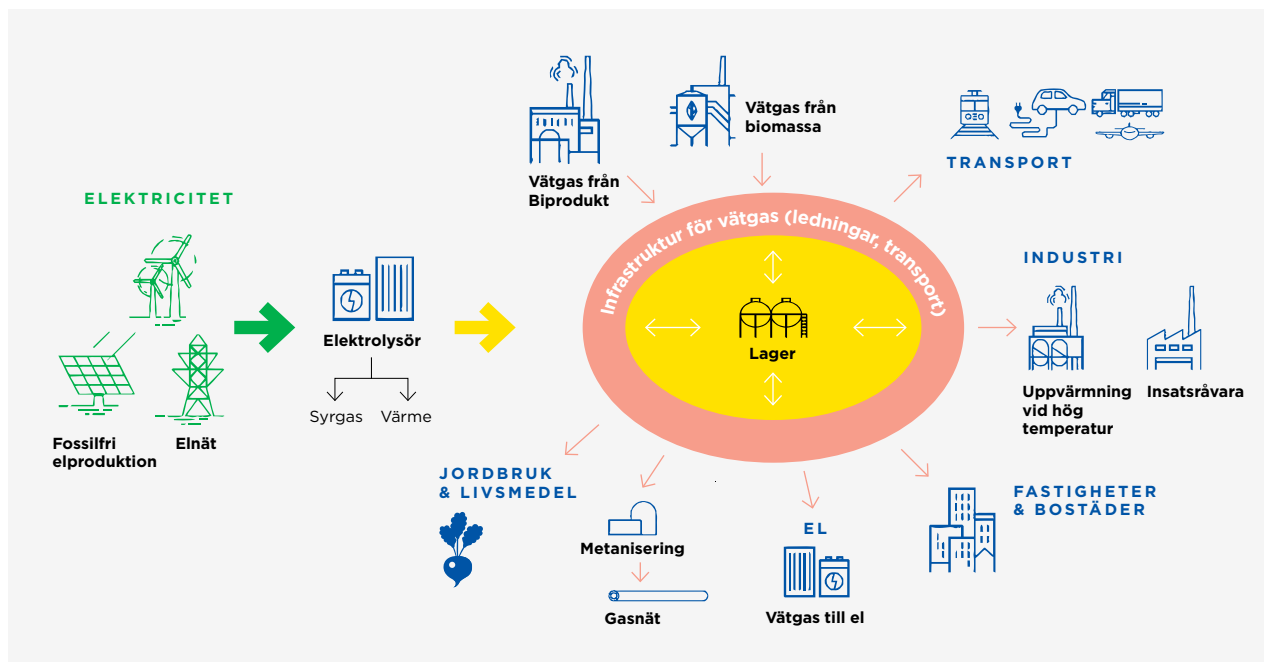
vätgassystem. Ytterligare ett exempel är raffinaderier som pekar på deras framtida möjligheter att bidra med både kraft- och flexibilitetstjänster genom att koppla ihop och utnyttja befintlig infrastruktur för produktion av vätgas från naturgas/biogas med fossilfri vätgas från elektrolys.

- **Synergier med havsbaserad vindkraft**

Kostnaderna för havsbaserad vindkraft sjunker snabbt och den stora elproduktionen i havsbaserade parker skapar en stor potential för vätgasproduktion. Runt om i världen pågår eller planeras projekt där havsbaserad vindkraft integreras med vätgasproduktion. Ett exempel är Siemens Gamesas pilotprojekt⁶⁴ i Danmark där vätgasen antingen kan produceras direkt från vindkraft i »ö-drift« eller med anslutning till elnätet. I Sverige lade energikommisionen 2016 fram ett förslag om att minska anslutningskostnaderna för havsbaserad vindkraft⁵³, vilket kan bidra till att havsbaserade vindkraftparker runt Sveriges kuster kan förverkligas. Anslutningspunkter för havsbaserad vindkraft och de nätförstärkningar som görs innebär samtidigt att kapaciteten för att producera vätgas kan öka. En annan möjlighet är att i haven utanför potentiella vätgaskluster etablera flytande vindkraftverk.

- **Ökat utbyte och möjlig substitution av bioråvara**

Vid tillverkning av biodrivmedel/biokemikalier vid ett bioraffinaderi hamnar en varierande del av biomassans kolatomer i produkter men för många tekniker är kolverkningsgraden relativt låg. På längre sikt förväntas tekniker för omvandling och nyttiggörande av biomassa behöva ha ett högt kolutnyttjande och/eller möjliggöra negativa utsläpp för att vara legitima och konkurrenskraftiga. Genom att kombinera elektrolys för grön vätgasproduktion med olika processvägar för biodrivmedelsproduktion kan både kol- och klimateffektivitet öka för hela värdekedjor. Koleffektivitet anger hur stor andel av kolet som binds in och kommer till nytta i önskade produkter såsom till exempel biodrivmedel eller negativa utsläpp jämfört med den totala mängden kol i den biologiska råvaran. I många fall är det möjligt att nå nära 100 procentig koleffektivitet, vilket innebär avsevärt förbättrad resurseffektivitet. Denna typ av hybrid mellan bio- och elektrobränslen utvärderas nu av bland annat forskningsinstitutet RISE och Luleå Tek-



Figur 12: Sektorkoppling genom fossilfri vätgas mellan olika delar i vätgasens värdekedja.

niska högskola i samarbete med flertal industripartners⁶⁵ och har även studerats av forskningsinstitutet VTT^{66, 67}. Denna typ av produktionsprocesser är generellt sett inte kommersiella idag, men kan komma att spela en viktig roll på längre sikt för att minska både transport- och industrins klimatpåverkan och bidra till övergången till det förnybara energisystemet och ett mer resurseffektivt samhälle.



4. Teknik- och underleverantörer

Omställningen till vätgas skapar en starkt expanderande marknad där Sverige har möjligheter att utveckla sin industri och roll såväl på den inhemska som den globala exportmarknaden. En viktig del av denna industri rör teknik- och underleverantörer.

I motsats till exempelvis Norge och Danmark så finns det inga svenska företag idag som utvecklar och säljer kompletta elektrolysörsystem. Det finns däremot en industri på frammarsch i Sverige för teknik- och underleverantörer inom området, varav merparten är globala aktörer. Exempel är Sandvik Materials Technology som har mångårig erfarenhet av materialutveckling för vätgasindustrin och som bland annat utvecklar komponenter i bränsleceller. Andra är Permascand som utvecklar komponenter till industriella alkaliska elektrolysörer, Höganäs som är underleverantör till tillverkare av elektrolysörer och bränsleceller (högtemperatur) och Alfa Laval som på olika sätt arbetar med effektivisering av värme- och kylprocesser

för både produktion och olika tillämpningsområden för vätgas. Ytterligare exempel är tidigare nämnda Siemens Energy i Finspång som utvecklar och säljer industriella gasturbiner där vätgas kan användas som bränsle, samt Powercell som utvecklar bränslecellssystem för transport, maritima och stationära applikationer.

I Sverige finns också ett antal mindre teknik- och systemleverantörer verksamma inom vätgasområdet. Ett exempel är Plagazi som utvecklar plasmateknik för produktion av vätgas från organiskt avfall, som nu tillsammans med Köpings kommun bygger upp sin första anläggning, inklusive CCS, som ersättning till dagens avfallsförbränningsanläggning. Andra exempel är Impact Coatings som tillverkar komponenter till bränsleceller, Cell Impact, som tillverkar flödesplattor för bränsleceller och Celcibus som utvecklar platinumfria katalysatorer till bränsleceller. Företag som med rätt förutsättningar har möjlighet att utvecklas till viktiga byggstenar i svensk industri.



5. Forskning, utveckling och kompetensförsörjning inom vätgasområdet i Sverige

5.1. Pågående forskning och utveckling

Inom majoriteten av de industrinära utvecklingsprojekten för nya värdekedjor med vätgas ingår forskningssamarbeten med flera svenska universitet och forskningsinstitut. I flera av projekten deltar även teknik- och systemleverantörer. Verksamheten täcker hela värdekedjor, från utveckling av enskilda material – och systemkomponenter, processteg, processintegration till systemanalys och policy, och genomförs med stöd av bland annat Energimyndigheten.

För att underlätta för nätverkande, kunskapsöverföring och initiering av nya projekt och tvärspektoriella samarbeten drivs även ett antal satsningar som testbäddprojektet Swedish Hydrogen Development Center och Vinnväxt-satsningen Klimatledande processindustri med stöd av bland annat Vinnova.

Det pågår även mer forskningsnära projekt inom ramen för till exempel FFI (Fordonstrategisk forskning och innovation) inriktade på till exempel vätgasförbränningsmotorer respektive bränsleceller för framdrift av tung trafik. Ett annat exempel är GKN Aerospace och Chalmers forskning kring vätgasdrivna flygplan inom EU-projektet ENABLEH2.

Dessutom drivs mer renodlade forskningsprojekt utan direkt industriellt deltagande för utveckling av nästa generationers elektrolysörer, bränsleceller samt lagringssystem med stöd av både Energimyndigheten, Vetenskapsrådet och SSF (Stiftelsen för Strategisk Forskning). Ett exempel är satsningen PUSH - Production, Use and Storage of Hydrogen.

Forskningen och utvecklingen har oftast internationell prägel med samarbete inom ramen för bland annat Horizon2020, IEA och Era-net. Ett exempel på det sistnämnda är utvecklingen av »Zero Emission Hydrogen Turbine Center (ZEHTC)« hos Siemens i Finspång.

Förutom att ta fram ny kunskap och teknik så är ett viktigt syfte med alla de projekt där akademien driver eller deltar att utbilda forskare inom området.

5.2. Kompetensförsörjning utöver forskning

För att kunna lyckas med realiseringen och efterföljande drift och underhåll av här nämnda och kommande satsningar behöver Sverige fortsatt satsa på att utbilda och säkerhetsställa relevant kompetensförsörjning. Industriaktörer och regioner pekar till exempel på bristen av installatörer, drift- och underhållspersonal för nya tekniker inom processindustrin men också för drift av bränslecellsbussar och annan tung trafik som kan komma att ställas om till vätgasdrift.

Här har samverkan och nära dialog mellan regioner, industri och gymnasie- och yrkeshögskolor en viktig roll att spela. Ett gott exempel på sådan samverkan är det arbete som initierades 2018 och drivs inom ramen för västsvenska kemi- och materialklustrets så kallade insatsområde »Kompetensförsörjning«. Satsningen har till exempel resulterat i en breddning av yrkeshögskoleutbildningen mot kemiindustrin för att matcha deras ökade behov av underhållstekniker inom el och automation, där kemiindustrin stöder utbildningen i form av bland annat praktiktjänster.

6. Möjligheter till finansiering för fossilfri vätgasutveckling i Sverige

EU har annonserat att de ska satsa 430 miljarder euro på vätgas till 2030, varav 180 miljarder euro i stöd och resterande från den privata sektorn. I den gröna givens första utlysning som stänger den 26 januari 2021 finns det redan avsatta pengar för optimering, uppskalning och demonstration av storskaliga elektrolysörer om 100 MWel för produktion av vätgas⁶⁸. EU-kommissionen har dessutom nämnt att 37 procent av finansieringen inom kommande ramprogram för Horizon Europe ska gå till gröna satsningar. De olika finansiella verktygen kopplat till den gröna given är under utveckling och ett centralt sådant är EU:s innovationsfond⁶⁹, som öppnar upp för både investeringsstöd och driftstöd upp till 10 år. Den första ansökningsrundan är avklarad men det blir återkommande ansökningstillfällen till och med 2030 där Sverige och svenska aktörer bör kunna hitta goda möjligheter för utveckling och finansiering av innovativ teknik kopplat till förnybar vätgasteknik.

Important Projects for Common European Interest (IPCEI)⁷⁰ är ett annat verktyg inom EU som möjliggör stöd från medlemsländer till projekt där medlemsstaten har

möjlighet att täcka en högre andel av projektkostnaderna än normalt i tillämpningen av statsstödsreglerna samt även stödja den industriella användningen. De industriella ekosystem som hittills pekats ut och kan komma att bli aktuella för gemensamma projekt är vätgas, CO₂-neutral industri, råmaterial samt rena, uppkopplade och autonoma fordon. För att säkerställa svenskt deltagande i IPCEI-projekt föreslår regeringen en satsning om 200 miljoner kronor 2021, för 2022 beräknas 200 miljoner kronor och därefter 70 miljoner kronor per år 2023–2027. Företag som deltar i en IPCEI-satsning får möjlighet att undgå statsstödsregler om de jobbar tillsammans med värdekedjor från andra länder inom EU. Däremot får de inte per automatik några tilldelade medel, utan har möjlighet att söka medel enbart ifall den egna staten avsätter pengar.

Det finns också betydande möjligheter till offentlig finansiering inom området från svenskt håll genom till exempel Energimyndighetens Industriklivet samt deras utlysning för etablering av nya så kallade Kompetenscentrum, Naturvårdsverkets Klimatklivet och de statliga kreditgarantierna.





7. Säkerhetsaspekter

Vätgas har hanterats i stor skala inom industrin i mer än 100 år och inom denna sektor finns således sedan länge både rutiner och säkra arbetssätt utvecklade. Vad gäller hanteringen av vätgas inom andra områden så är säkerhetsaspekterna kring vätgas inte alltid lika etablerade. Aktörer som arbetar med utveckling av produktion av fossilfri vätgas möts av gamla myter kring vätgasens risker, ojämn kunskapsnivå hos beslutsfattare och inte minst avsaknaden av anpassad lagstiftning och standarder som försvårar och fördyrar marknadsintroduktionen. Överlag lyfter aktörer från samtliga sektorer behovet av att informera och utbilda beslutsfattare om vätgasens säkerhetsrisker relativt andra bränslen.

Det finns flera aktörer som besitter kunskap kring säkerhet inom vätgasapplikationer. RISE, Intertek och några industriföretag har testlabb och flera säkerhetskonsulter med olika specialiseringar inom säkerhetsområdet som finns att tillgå. Ett ännu mer samlat grepp är önskvärt från de aktörer som nu ska bygga kompletta system i nya miljöer för vätgaslagring och hantering.

Hantering av vätgas lyder under »Lagen om brandfarliga och explosiva varor« (LBE)⁷¹ med tillhörande förordning.

Förutom LBE så ställer även Arbetsmiljölagen och en mängd andra lagstiftningar säkerhetskrav vid hantering av vätgas. I tillägg finns även standarder, normer och anvisningar för utförande, kontroll, drift och underhåll av gasinstallationer, men som i dagsläget huvudsakligen är avsedda för energigaserna gasol, naturgas, biogas, fordonsgas och flytande metan⁷². Avsaknaden av anvisningar som är anpassade för vätgas försvårar tillståndsprocesser. Som redan nämnts under rubrik 2.3. lyfts behovet av att anpassa regelverk, standarder och anvisningar för vätgas upp såväl inom EU som på nationell nivå. Här i Sverige arbetar branschorganisationen Energigas Sverige med frågeställningarna. De håller nu bland annat på att utveckla anvisningar för vätgastankstationer, som kommer att publiceras under hösten 2021, samt undersöker risk- och säkerhetsaspekter vid eventuell framtida vätgasinmatning i de västsvenska överförings- och distributionsnäten.

Branschorganisationen Vätgas Sverige deltar i ett europeiskt samarbete som kartlägger lagar, standarder, normer och anvisningar för vätgas i olika applikationer i samhället. Resultatet finns i en öppen databas som ska ses som ett stöd för branschens aktörer och den finns att tillgå under namnet HyLAW Open database.



8. Sveriges komparativa fördelar och utmaningar

I tabell 3 presenteras en så kallad SWOT-analys för fossilfri vätgasteknik och nya vätgas-värdekedjor utifrån generella egenskaper och för Sverige i synnerhet. Detta med syfte att belysa Sveriges komparativa fördelar i jämförelse med övriga Europa när det gäller industrier och produkter kopplat till fossilfri vätgasteknik men också utmaningar och potentiella hot. Huvuddragen av SWOT-analysen med utvalda exempel sammanfattas också nedan.

Styrkor

En av Sveriges mest primära fördelar i detta fall är den stora andelen fossilfritt i elmixen i kombination med ett stabilt nät samt en välfungerande och effektiv elmarknad med förhållandevis billig el. En annan fördel är den relativt stora tillgången till yta som möjliggör för den ambitiösa vindkraftsutbyggnad (land- och havsbaserad) som krävs för att kunna möta de förväntade ökade behoven av fossilfri el och vätgas. Sammantaget ger detta möjligheten till en storskalig värdeförädling av Sveriges naturtillgångar, där vind blir till el som blir till vätgas som till exempel sedan tillsammans med järnmalm blir fossilfritt järn och stål. I exemplet fossilfritt järn och stål finns möjligheten att förädla två av Sveriges naturtillgångar på en och samma gång vilket förväntas resultera i ökade exportintäkter och fler arbetstillfällen. Andra exempel på liknande möjligheter till värdeförädling och ökad konkurrenskraft är de värdekedjor, det kunnande och de klimatsmarta produkter som nu utvecklas från biomassa och restströmmar i kombination med fossilfri el, såsom Perstorps »Project Air«- eller Liquid Winds metanol. Att vara tidigt ute med fossilfria produkter är i sig en stor styrka för att säkra konkurrenskraften och skörda exportintäkterna.

Möjligheter

Sveriges starka innovationsmiljö och etablerade samarbeten mellan industri, akademi och institutssektor är både en förutsättning och en styrka för att lyckas med

omställningen av industri och transportsektor samt utveckling av nya exportvaror och kunskap. Förutom de värdekedjor och produkter som nämnts ovan har Sverige stora möjligheter att utveckla sin exportindustri med produkter som vätgasdrivna industriella turbiner (Siemens Energy), tunga fordon (Volvo Truck) och flygmotorer (GKN). Även om det inte finns någon inhemsk tillverkning av kompletta elektrolysörer så finns här goda möjligheter att utveckla nya byggstenar i svensk industri genom de relativt många svenska aktörer som idag utvecklar systemkomponenter till elektrolysörer (Permascand), bränsleceller (Sandvik, Höganäs, Impact Coatings) och kompletta bränslecellssystem (Powercell). Utöver detta har vi ett antal mindre bolag inom systemkunnande på framväxt som kan stödja hårdvarutillverkarna och utvecklingen av integrerade systemlösningar. Utvecklingen av de nya industriella fossilfria värdekedjorna i det tidiga skedet öppnar upp för möjligheten att göra anspråk på marknaden och sätta definitioner för de fossilfria värdekedjorna. Produkterna förväntas även attrahera utländsk kompetens till Sverige vilket i sin tur kan stärka den svenska industrin.

Förutom reduktion av klimat- och miljöavtryck och stärkt konkurrenskraft öppnar de olika tillverkningsteknikerna för fossilfri vätgas, nationell produktion av bränslen, kemikalier och mineralkväve upp för ökad resiliens och minskat importberoende. Detta kan i sin tur bidra till ökat skydd av civilsamhället, tryggad livsmedelsproduktion och försvar med mera. I denna aspekt kan de decentraliserade vätgassystemen addera viktiga värden till befintlig infrastruktur i form av till exempel el- och gasledningsnät och infrastruktur för tankning/laddning av mobilitet.

Svagheter

Sverige har även ett antal svagheter på området i förhållande till många andra länder inom EU. Det finns också ett antal identifierade hotbilder som måste tas i beaktande. En ambitiös vätgasutveckling i Sverige kräver en am-

STYRKOR

- Fossilfri elmix, varav en stor andel från förnybara källor.
- Valfungerande och effektiv elmarknad och förhållandevis billig el.
- Förhållandevis stabilt elnät.
- Förhållandevis stora ytor tillgängliga, vilket ger goda möjligheter för utbyggnad av vindkraft.
- Förhållandevis hög andel biogas i det svenska stamnätet för gas (29 procent den 27 oktober 2020) – synergier och värdefullt komplement som insatsråvara för produktion av fossilfri vätgas.
- Stora punktsläpp av biogen koldioxid vid massa- och pappersindustrier och kraftvärmeverk (totalt 31 Mton/år) – synergier med fossilfri vätgas.
- Ambitiösa klimatmål som driver på omställningen av processindustrin.
- Stark innovationsmiljö och etablerade samarbeten mellan svensk industri, akademi och institutssektorn.
- Produktion av förnybara drivmedel, pådrivet av reduktionsplikten.
- Utvecklingen av fossilfritt stål (från järnmalsbrytning till värmebehandling och färdigt stål).
- Utvecklingen av hållbara kemikalier, till exempel metanol.

SVAGHETER

- Begränsad elkapacitet och effekt vid installation av storskalig elektrolys, i storstäder i allmänhet, i elområde 3 och 4 i synnerhet.
- Bortsett från några enstaka lokala vätgasnät och mindre och mellanstora vätgaslager, avsaknad av vätgasinfrastuktur.
- Avsaknad av naturliga geologiska formationer för vätgaslagring.
- Begränsad gasinfrastruktur (naturgas/biogas), vilket medför: 1) få eller inga möjligheter att ställa om uttjänta ledningsnät till renodlade vätgasnät. 2) begränsade möjligheter till att använda biogas som insatsråvara för produktion av fossilfri vätgas, 3) begränsade möjligheter till kostnadseffektiv lagring och distribution över långa sträckor för producerad (elektro)metan.
- Ingen proaktiv planering av infrastruktur, transmissionsnät eller gasnät.
- Tillståndsfrågorna: komplicerade, långdragna och svår-förutsägbara.
- Mycket begränsad erfarenhet av vätgasproduktion och vätgasanvändning utanför industrin – ojämn kunskapsnivå hos beslutsfattare för att kunna fatta välinformerade beslut.
- Stödjande regelverk för innovativa och sektorsövergripande affärsmodeller saknas.
- Relativt sent »statlig uppvaknande« om vätgasens strategiska betydelse i Sverige.

MÖJLIGHETER

- Kostnadseffektiv avfossilisering av flera branscher samtidigt genom sektorkoppling i lokala/regionala vätgaskluster.
- Inhemsk produktion av nya bränslen, kemikalier och produkter genom vätgas möjliggör en god bas för ökad resiliens och minskat importberoende.
- Stor potential i fossilfri elektrobränsle/kemikalieproduktion vid massa- och pappersindustrier, kraftvärmeverk vid sidan av att skapa negativa utsläpp via bio-CCS.
- Utveckling av svensk exportindustri: vätgasdrivna turbiner, tunga fordon och flygmotorer, systemkomponenter till elektrolysörer och bränsleceller, bränslecellssystem, fossilfria vätgas-värdekedjor för produktion av till exempel fossilfritt järn, stål och metanol.
- Utländsk kompetens attraheras till Sverige som stärker svensk industri.

HOT

- Tillstånd för utbyggnad av land- och havsbaserad vindkraft i Sverige tar för lång tid och är oförutsägbara.
- Negativ inverkan på energisystemet (stabilitet) vid för snabb introduktion.
- Inledningsvis höga investeringskostnader – alltför högt risktagande för producenter.
- Den höga kostnaden för fossilfri vätgas kvarstår hög eller faller betydligt långsammare än prognoser.
- Drivkraften för den gröna omställningen sjunker, till exempel fortsatt lågt koldioxidpris i EU ETS, ofördelaktig revidering av REDII för produktion och användning av förnybara biodrivmedel, elektrobränslen, fossilfri vätgas för bränslecellsfordon eller att taxonomin utformas så att delar av svenska elproduktion inte klassas som hållbar.
- Begränsande uppskalning av elektrolys.
- Låg teknikmognadsnivå för enstaka nyckelprocesser, till exempel introduktion av grönt kol i HYBRIT-processen.
- Brist på kompetens (akademiker, drift- och underhållspersonal, med flera).
- Tuff konkurrens om EU-medel för utveckling av vätgasteknik och infrastruktur – svensk industri hamnar på efterkälken.

Tabell 3: Sammanfattning SWOT-analys med avseende på fossilfri vätgasteknik och nya vätgas- värdekedjor, generellt betraktat och för Sverige i synnerhet.



bitiös utbyggnad av fossilfri elproduktion, primärt via utbyggnad av vindkraft, men också utbyggnad av ny vätgasinfrastuktur i form av lager och lokala/regionala gasledningsnät. De förhållandevis långa och oförutsägbara tillståndprocesserna anses i detta fall vara ett stort hinder. Vidare har Sverige begränsad erfarenhet av gas överlag i kombination med en mycket begränsad infrastruktural för metan i form av naturgas och biogas. En begränsad infrastruktural för metan begränsar i detta avseende möjligheterna till synergier såsom att producera fossilfri vätgas från biogas i komplement till el och vatten, och/eller mata in, lagra och kostnadseffektivt distribuera större volymer av metan producerad från fossilfri vätgas och koldioxid. Sverige har heller inte, i motsats till merparten av övriga Europa, några möjligheter att ställa om uttjänta naturgasnät till renodlade vätgasnät, vilket fördröjar övergången till vätgasekonomin.

Hot

De primära hotbilderna för området är kopplade till osäkerheterna kring den framtida tillgången av fossilfri elkapacitet, effekt och vätgas till konkurrenskraftiga priser som i sin tur är avhängig tillståndprocesser, styrmedel, utveckling och uppskalning av elektrolys med mera.

Även om det framöver kommer finnas mycket goda möjligheter för att söka stöd till både FoU, investeringar och driftkostnader för fossilfri vätgasteknik och tillhörande värdekedjor så bedöms konkurrensen om EU-medel vara tuff. Detta i kombination med att Sverige inom vissa delar av området (gällande till exempel infrastruktural och utveckling av decentraliserade vätgassystem) bedöms ligga efter till följd av ett relativt sent »statligt uppvaknande« inför den fossilfria vätgasens strategiska betydelse för landet.



9. Handlingsplan för aktörer och politiska beslutsfattare

Strategins huvudinriktning är att enbart fossilfri vätgas ska premieras. Detta innebär alltså inte förbud mot exempelvis blå eller grå vätgas, utan att regleringar och stödssystem i första hand premierar satsningar på fossilfri vätgas.

Målbilden för strategin är dubbel, vätgas ses både som ett viktigt verktyg för att nå klimatmålen och som en inriktning för nya industrisatsningar och jobb. Därför är strategins fokus förädling av industrins produkter i flera steg inom landets gränser, för att skapa innovationer, jobb och exportprodukter snarare än att producera och exportera fossilfri vätgas till andra länder.

Under de fem avsnitten nedan presenteras hinder och förslag på lösningar i form av politik för att möjliggöra den önskade utvecklingen. Genomförande av industrins satsningar och föreslagen politik kan starkt bidra till Sveriges mål om klimatneutralitet 2045 samtidigt som det stärker svensk industri.

I kapitel 3 »Nya värdekedjor med vätgas i Sverige« presenteras de olika branschernas och värdekedjornas satsningar i form av investeringar och beslut. Några exempel är:

- HYBRIT:s satsning på fossilfritt stål med vätgas som reduktionsmedel, och LKABs stora industrialisering av samma teknik för fossilfritt järn.
- Ovako förbereder nästa demonstrationssteg för ståluppvärmning med hjälp av fossilfri vätgas.
- Både Scania och Volvo AB investerar i utveckling av vätgasdrivna lastbilar.
- Perstorps satsning »Project Air«, där de tillsammans med Fortum och Uniper utvecklar en unik process för hållbar metanoltillverkning genom att kombinera CCU och förgasning.
- Preem och St1 planerar ökad biodrivmedelsproduktion med hjälp av fossilfri vätgas.

- St1, Liquid Wind och Jämtkraft förbereder sig för olika satsningar inom elektrobränslen.
- Nouryon har planer på att ersätta den fossila vätgasen med fossilfri vätgas för sin väteperoxidproduktion.

1. Rätt förutsättningar för elsystemet en knäckfråga för fossilfri vätgasproduktion

Begränsningar eller framtida osäkerhet i tillgänglig elkapacitet, effekt och vätgasinfrastruktur pekas idag ut som en av de största barriärerna för elektrifiering och fossilfri vätgasutveckling inom industri- och transportsektorn. En utmaning när det gäller elproduktion, nätutbyggnad, elektrifiering och fossilfri vätgasutveckling är samordningen mellan olika myndigheter. Energimyndigheten bör vara övergripande ansvarig för att samordna dessa frågor.

Möjligheterna för att öka sitt effektuttag skiljer sig idag mycket åt beroende på var man befinner sig i landet på grund av nätbegränsningar. Industrier i elområde 1 och 2 ser inte idag några större hinder i detta avseende, medan industrier i elområde 3 och 4 redan idag ser sådana utmaningar. Vidare varierar elpriset mellan elområdena, där områden 3 och 4 periodvis har haft betydligt högre elpriser än elområde 1 och 2. Därmed varierar förutsättningarna för att få tillgång till rätt elkapacitet mycket i olika delar av landet, vilket ger ojämn konkurrens vid etableringar av både vätgassatsningar och andra industrisatsningar.

Elektrolysörer kan användas för balans- och reglermöjligheter i elnätet. Om ett nätbolag skulle vara behjälpta av detta kan de erbjuda differentierade avgifter baserat på tillgänglig elnätscapacitet. Detta kan främja att exempelvis en elektrolysör går för fullt när elpriset är lågt

och elnätspriset därmed lägre och på motsvarande sätt stänga elektrolysen när elnätet har kapacitetsbrist och därmed blir dyrare.

Med ökad efterfrågan av fossilfri el från alla branscher som nu ställer om, tillsammans med den ökade efterfrågan från vätgasproduktion, som i denna strategi uppskattas till cirka 45 TWh vätgas år 2045 motsvarande cirka 55 TWh el för de projekt som valt elektrolys som produktionsteknik, kommer det krävas mer fossilfri elproduktion. Flertalet prognoser visar att vindkraft är det kraftslag som når lägsta elproduktionskostnaderna och elproduktionen från vindkraft i Sverige förväntas öka från 36 TWh år 2021 till 50 TWh år 2025, enligt Svenska kraftnäts kortsiktiga marknadsanalys. Men därefter är utvecklingen mer osäker. Energimyndigheten och Naturvårdsverket anser det »oroande att det tillkommer väldigt få nya tillstånd och många ansökningar avslås eller minskas ned under processens gång». Därför föreslås här ett antal åtgärder för bättre förutsättningar och långsiktighet för vindkraftsproduktion.

Förenklade och mer förutsägbara tillståndprocesser krävs för att få fram den el som behövs i tid. Den svenska regeringen har tagit några steg i denna riktning, bland annat genom en ny utredning för en modern och effektiv miljöprövning och genom att i budgetpropositionen för 2021 föreslå ökade resurser till Länsstyrelserna, Naturvårdsverket och Energimarknadsinspektionen för att korta handläggningstiderna vid tillståndsprövning.

Därutöver har en elektrifieringskommission tillsatts som tillsammans med näringslivet och berörda aktörer skyndsamt ska ta fram en handlingsplan för elektrifiering av de mest trafikerade vägarna i Sverige samt i övrigt genomföra andra möjligheter till elektrifiering (inklusive vätgas).

Nedan listas prioriterade förslag för bättre förutsättningar för elsystemet:

Politik 1.1: Regeringen bör under 2021 ge Svenska kraftnät i uppdrag att ta fram en elnätsplan som bland annat svarar på vilka elledningar som är prioriterade för att industrin ska kunna elektrifieras i tillräckligt hög takt, och med vilken tidsplan elledningarna bör dras.

Politik 1.2: Regeringen bör under 2021 tillsätta en kommitté som får i uppdrag att hantera regelhinder som hämmar försök avseende nya lösningar som bygger på

ny teknik eller på befintlig teknik som används på nya sätt. Under 2021 bör det tas beslut om att minst tre elledningar kan ingå i försöksverksamhet. Detta går i linje med Komet-utredningens förslag.

Politik 1.3: Regeringen bör senast 2022 införa krav på Svenska kraftnät att alltid utvärdera alternativ till konventionella nätinvesteringar, till exempel vätgaslager, vid nätplanering och investeringsbeslut.

Politik 1.4: Regeringen bör senast 2022 ge transmission och distribution av el riksintressestatus för att kunna vägas mot andra intressen såsom till exempel försvar och naturvård vid en helhetsbedömning.

Politik 1.5: Regeringen bör förtydliga uppdraget till Försvarsmakten om att underlätta samexistens med vindkraft, elnät och industrialanläggningar som ställer om till fossilfria lösningar, genom att Försvarsmakten, vid sin bedömning av försvarsförmågan, ska föreslå hur detta kan lösas, exempelvis med en extra radar som vindkraftsprojektören bekostar.

Politik 1.6: Regeringen bör under 2021 ge myndigheterna (Energimyndigheten, Svenska kraftnät, Havs- och vattenmyndigheten och Naturvårdsverket) i uppdrag att upprätta en nationell strategi för havsbaserad vindkraft, motsvarande strategierna för landbaserad vindkraft och vattenkraft.

Politik 1.7: Regeringen bör följa EU-kommissionens uppmaning och upprätta ett svenskt planeringsmål för havsbaserad elproduktion ur ett elsystemperspektiv.

2. Ny infrastruktur krävs för vätgasutveckling i hela landet

Långsiktiga politiska spelregler är en nyckel för de flesta investeringsbeslut inom både vätgas och andra områden. Som ett medel för att nå långsiktighet bör regeringen sätta upp ett planeringsmål för installerad elektrolyskapacitet. Planeringsmålet är inte ett nationellt bindande mål utan en målsättning för myndigheter att förhålla sig till och planera för. Målet föreslås bygga på kända planerade projekt (beskrivs i kap. 3.6). Eftersom utvecklingen är snabb antas för år 2030 ett påslag på 50 procent av effekten i de projekt som är kommunicerade när denna strategi lanseras i januari 2021. För 2045 föreslås 8 GW men denna siffra behöver

antagligen uppdateras inom ett par år då fler slutsatser kan dras av vätgasutvecklingens tempo.

Vad gäller vätgasinfrastruktur genom ledningsnät i Sverige så begränsas denna idag till ett fåtal lokala ledningsnät på industriområden (Stenugnsundsklustret, Höganäs industrier i Höganäs och Sandvik Technology i Sandviken). Att Sverige etablerar ett rikstäckande vätgasledningsnät och på sikt blir en del av »European Hydrogen Backbone« bedöms inte som ett realistiskt scenario eftersom Sverige, till skillnad mot många europeiska länder, saknar naturgasnät som kan ställas om till renodlade vätgasnät. Det svenska stamnätet för naturgas på västkusten planeras istället att med tiden kunna ställas om till ett renodlat biogasnät med målet om att bli det första nätet i Europa med 100 procent förnybar gas. Som beskrivits i kapitel 3 går en sannolik ambitiös vätgasutveckling i Sverige genom lokala och regionala vätgaskluster där hopkoppling av närliggande kluster kan komma att förekomma genom etablering av nya vätgasledningar.

Förutom själva infrastrukturen, finns även en osäkerhet i vissa industriregioner kring tillgången på fossilfri vätgas vid respektive användningsplats och tillhörande logistikvärdekedja. Som nämnts i kapitel 3 tas redan flertalet initiativ inom många sektorer, men fortfarande finns ett behov av att etablera mer tvärsektoriellt samarbete inom vätgasområdet för exempelvis industri, energibolag, teknikleverantörer, slutanvändare och myndigheter och i samarbete mellan stora och små bolag.

Ett annat hinder är lagen om miljötillstånd som i nuläget är en barriär för utveckling av fossilfri vätgas i Sverige. Om en industri exempelvis vill ställa om befintlig produktion av fossil vätgas till produktion av fossilfri vätgas via elektrolys på ett slutet industriområde så krävs idag att industrin ansöker om ett nytt miljötillstånd med mark- och miljödomstolen. Här vore en önskvärd process att det går att söka ändringstillstånd enbart för tillägget av elektrolysören, något som utredningen för modern och effektiv miljöprövning (Miljöprövningsutredningen, M 2020:06) förväntas utreda.

För att bidra till en utbyggd vätgasinfrastruktur finns redan ett par politiska initiativ i form av att medel kan sökas från Klimatklivet samt att vätgas kommer ingå i den satsning på 500 miljoner kronor 2021 respektive

550 miljoner 2022 som regeringen beslutat ska gå till elektrifiering av tunga fordon.

Nedan listas prioriterade förslag för bättre vätgasinfrastruktur:

Politik 2.1: Regeringen bör senast 2022 sätta ett planeringsmål om att ha 3 GW installerad elektrolyseffekt år 2030 och minst 8 GW år 2045 för att möjliggöra en fossilfri utveckling inom flertalet sektorer.

Politik 2.2: Regeringen bör under 2021 ge i uppdrag till Energimarknadsinspektionen att skapa en reglering med intäktsram för vätgasledningar, som bör finnas på plats senast 2023. Utbyggnad av vätgasledningar bör vara koncessionspliktiga på motsvarande sätt som elledningar hos Energimarknadsinspektionen. Regleringen bör möjliggöra att få koncessionstillstånd intill befintliga gasledningar och även exempelvis vid elledningsgator och vägbankar. Ett första steg är att möjliggöra för »Försöksverksamhet« där stegvis utveckling av tillståndsprövsprocesser och regelverk kan bedrivas i samband med att några första vätgasledningar ska utvecklas.

Politik 2.3: Se över »lagen om miljötillstånd« så att de industrier och energietableringar som redan idag producerar och använder vätgas i stor skala och som vill ställa om till en mer klimatanpassad produktion av vätgas inom samma slutna industriområde endast behöver göra en ändringsanmälan istället för att som idag behöva ansöka om ett nytt miljötillstånd. Detta bör göras inom ramen för Miljöprövningsutredningen som redovisas i december 2021.

3. Utveckling av regelverk och marknadsförutsättning kan öka takten för fossilfri vätgas

Samtliga sektorer med intressen i vätgasutveckling uppger idag att det saknas tydliga ramverk och marknadsförutsättningar för utveckling av produktion och användning av fossilfri vätgas i stor skala. Osäkerheterna gäller till exempel standarder och definitioner på vad som kan klassas som förnybar el och förnybar vätgas i EU respektive Sverige, hur revidering av förnybarhetsdirektivet (REDII) för produktion och användning av förnybara biodrivmedel kommer att falla ut, hur elektrobränslen och elektrokemikalier ska hanteras i relation till utsläppsberäkningar och hur efterfrågan av vätgas

av andra färger än förnybar kommer att klassas och efterfrågas. Kommissionen håller nu på att utreda flera av frågorna som ett led i utformningen av den gröna given, vars beslut kommer att presenteras vid olika tidpunkter under 2021 (se under rubrik 2.3.2.).

Det finns även ovissheter kopplade till rådande beskattningsregler och vätgasens roll i gröngasprincipen. Dessutom finns ett behov av att utveckla råd och rekommendationer för vätgas som kan användas av räddningstjänster och kommuner så att alla får möjlighet till samma information och kunskap.

Nedan listas prioriterade förslag för bättre regelverk och marknadsförutsättningar:

Politik 3.1: Regeringen bör med start 2021 se över beskattningen för vätgas, elektrobränslen och elektrokemikalier, både produktion, distribution och vid olika användningsområden. Översynen bör även inkludera risken för dubbel beskattning av vätgas vid användning i elsystemsapplikationer. Säkerhetsställ fortsatt skattenedsättning för el som förbrukas i elektrolys för produktion av vätgas. Detta bör sedan användas vid revidering av energiskattedirektivet, statsstödsreglerna och förnybartdirektivet.

Politik 3.2: Regeringen och myndigheterna bör under 2021 säkerställa att politik och myndigheter gör enhetlig tolkning av REDII så att el som används som insatsvara i drivmedelsproduktion får beräknas utifrån den nationella elmixen.

Politik 3.3: Regeringen bör senast 2022 tydliggöra vätgasens roll i gröngasprincipen och EU ETS.

Politik 3.4: MSB bör under 2021 skapa nationella råd och rekommendationer för hantering av vätgas och vätgasledning som bör användas av alla räddningstjänster och kommuner.

Politik 3.5: MSB bör senast 2022 se över sin vägledning om reservkraft och komplettera den med möjligheten att använda förnybara alternativ, exempelvis bränsleceller.

4. Flera fossilfria vätgassatsningar i behov av finansieringslösningar

EU aviserar 430 miljarder euro till 2030 på vätgasutvecklingen. För att skapa bra förutsättningar för svensk

vätgasutveckling som stärker svensk konkurrenskraft behöver Sverige aktivt jobba för att ta del av de EU-medel som finns så det gagnar svensk industris omställning och jobbskapande. Här finns ett behov av att flera myndigheter samordnar dels de nationella bidrag och utlysningar som planeras, men även hur de kan stärka och koordinera bidragsprocesser och utlysningar som pågår inom EU, som till exempel EU Innovation Fund.

Svenska staten måste också fortsätta att satsa på utvecklingen av vätgasteknik och vätgasinfrastruktur, produktion och lagring. Industriklivet, Klimatklivet och Kreditgarantierna kan nyttjas för att dela på riskerna mellan stat och industri.

En utmaning för flera klimatprojekt är oförutsägheten i EU-ETS-systemet vilket skapar en svårighet att räkna på intäkter. Carbon Contract for Difference är ett system som säkrar intäkterna från försäljning av utsläppsrätter. Det innebär att staten säkrar differensen mellan rådande EU-ETS-pris och ett »kontraktspris« per ton koldioxid. Om ETS-priset överstiger kontraktspriset får staten istället intäkten, vilket kan göra systemet mindre kostsamt på sikt för staten. Ur företagets perspektiv bidrar detta till att säkerställa nivån på intäkterna, vilket bidrar till att minska projektets totala kostnad för kapital. Contract for Difference har testats i ett par länder för elproduktion, där kontraktspriset istället har handlat om att garantera elpriset. Ofta görs en utlysning av staten eller en myndighet där projekt kan ansöka om vilket kontraktspris de skulle behöva.

Carbon Contract for Difference har bland annat omnämnts av EU-kommissionen och är ett möjligt styrmedel även i en svensk kontext som kan hjälpa bland annat vätgasprojekt att komma igång. Detta behöver utredas närmare.

Nedan listas prioriterade förslag för fler finansieringsmöjligheter:

Politik 4.1: Regeringen bör snabbutreda ett produktionsstöd för projekt med fossilfri vätgas under en introduktionsfas genom »Carbon Contract for Difference«, ett system där staten ger support baserat på projektets koldioxidminskning relaterat till EU-ETS-priser.

Politik 4.2: Regeringen bör under 2021 ge i uppdrag till Energimyndigheten att skapa en utlysning för regioner

i Sverige som demo-show-rooms för att testa och demonstrera sektoröverskridande vätgassystem. Målet är att etablera ett par svenska vätgaskluster (»Hydrogen valleys«).

Politik 4.3: Regeringen bör under 2021 ge i uppdrag till Business Sweden att arbeta med hela vätgasvärdekedjan för att stärka Sveriges position inom framställning av fossilfri vätgas, vätgasapplikationer och tillverkning av vätgasrelaterade komponenter.

Politik 4.4: Regeringen bör verka för åtgärder för att stimulera marknaden på fossilfria produkter, exempelvis genom ursprungsgarantier och spårbarhet för fossilfria produkter och tjänster.

5. Forskning, utveckling och kompetensförsörjning en nyckel för långsiktighet inom flera vätgasvärdekedjor

Det finns ett behov av att säkerställa kunskap om batteri-, vätgas- och bränslecellsetableringar hos beslutsfattare, MSB, räddningstjänsterna över hela landet och hos länsstyrelserna så att inte regionala skillnader som kan påverka beslut uppstår eller vidmakthålls.

Aktörer i olika sektorer upplever att det finns förutfattade meningar om vätgasen relativt andra bränslen när det gäller säkerhetsrisker, och det bedöms därför som viktigt att ta bort myter kopplade till vätgasens säkerhetsaspekter.

Energimyndigheten har under hösten 2020 öppnat utlysning för nya kompetenscentrum för hållbara energisystem som kan möjliggöra nya satsningar inom vätgas. Syftet med utlysningen är att med långsiktiga satsningar bygga upp starka nätverk mellan akademi och näringsliv som möjliggör en direkt och effektiv överföring av forskningens resultat.

Sedan sommaren 2020 stödjer stiftelsen för strategisk forskning, SSF, ett forskningscenter inom vätgasforskning som leds av KTH och innefattar sju forskargrupper vid fyra svenska universitet (Chalmers, KTH, Lunds universitet, och Umeå universitet) samt en forskargrupp vid RISE. Centret »Produktion, användning och lagring av vätgas, PUSH« ska pågå i fem år och omfattar hela värdkedjan i ett vätgasbaserat energisystem – produktion

genom elektrolys, lagring och distribution och slutanvändning i form av el från bränsleceller.

Nedan listas prioriterade förslag för mer forskning, utveckling och kompetensförsörjning:

Politik 5.1: Regeringen bör arbeta för ökad koordinering mellan myndigheter gällande tillståndsfrågor kopplade till vätgasområdet, exempelvis genom att regeringen utser en samordningsansvarig myndighet.

Politik 5.2: Regeringen bör säkerställa att universitet, högskolor och institut fortsätter att etablera forskningsområden och innovationsområden inom området fossilfri vätgas.

Politik 5.3: Energimyndigheten bör skapa kompetensnoder för utbildning inom vätgas, upplägget kan inspireras av Nätverket för vindbruks organisering i noder.

10. Referenser

1. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe (2020) [hydrogen_strategy.pdf](#) (europa.eu) [2021-01-07]
2. IRENA Hydrogen: Renewable Energy Perspective (2019) Hydrogen: A renewable energy perspective (irena.org) [2021-01-06]
3. The Future of Hydrogen. International Energy Agency IEA, 2019. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen> (2021-01-11)
4. Market state and trends in renewable and low-carbon gases in Europe: A gas for Climate report (2020) Publications - Gas for Climate 2050 [2021-01-06]
5. Hydrogen Roadmap Europe - A sustainable pathway for the European Energy transition - Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaken (2019) https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Roadmap%20Europe_Report.pdf [2021-01-06]
6. EU strategy on energy system integration (2020) https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en [2021-01-06]
7. EU:s Gröna giv A European Green Deal | European Commission (europa.eu) [2021-01-06]
8. European Industrial Strategy (2020) https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy_en [2021-01-06]
9. Recovery plan for Europe (2020) https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en [2021-01-06]
10. European Commission. (2018a). A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN> [2021-01-07]
11. Statistik från Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_production_consumption_and_market_overview#Electricity_generation [2021-01-6]
12. Gas for Climate -rapporten »European Hydrogen Backbone« (2020) https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/european-hydrogen-backbone/
13. European Clean Hydrogen Alliance https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-clean-hydrogen-alliance_en [2021-01-06]
14. Revidering av Statsstödsreglerna State aid - What's new? - European Commission (europa.eu) [2021-01-06]
15. Förnybarhetsdirektivet (REDII) https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview_en [2021-01-06]
16. EU:s Energiskattedirektiv https://ec.europa.eu/energy/topics/markets-and-consumers/energy-taxation_en [2021-01-06]
17. Revidering av EU:s AFID Alternative Fuel Infrastructure Directive [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI\(2020\)652011](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI(2020)652011) [2021-01-06]
18. EU:s Trans-European Transport Network (TEN-T) https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t_en [2021-01-06]
19. Europeiska Kommissionen (2019) Reducing CO2 emissions from heavy-duty vehicles, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1242&from=EN> [2021-01-09]
20. Norges vätgasstrategi »Regjeringens hydrogenstrategi - på vei mot lavutslippssamfunnet« (2020) [regjeringens-hydrogenstrategi.pdf](#) [2021-01-06]
21. National Hydrogen Roadmap for Finland (2020) https://www.businessfinland.fi/4abb35/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/bf_national_hydrogen_roadmap_2020.pdf [2021-01-06]
22. Sammanfattning om den danska vätgasstrategin (2020) <https://www.danskeenergi.dk/nyheder/presse-meddelelse/18-foerende-power-to-x-aktoerer-samles-om-anbefalinger-til-national> [2021-01-06]
23. Nyhet om samarbete mellan Örstedt och Yara kring vätgasfabrik (2020) <https://www.energinyheter.se/20201005/22554/orsted-och-yara-kom->

- [mer-att-bygga-en-vatgasfabrik-i-nederlanderna](#) [2021-01-06]
24. Nyhet om samarbete mellan Nederländerna och Portugal kring förnybar vätgas (2020) <https://www.government.nl/latest/news/2020/09/23/portugal-and-the-netherlands-strengthen-bilateral-cooperation-on-green-hydrogen> [2021-01-06]
 25. Tysklands vätgasstrategi »The National Hydrogen Strategy« (2020) https://www.bmbf.de/files/bmwi_Nationale%20Wasserstoffstrategie_Eng_s01.pdf [2021-01-07]
 26. Illustrationen baseras på figur 14, sid 34, i referens IRENA Hydrogen: Renewable Energy Perspective (2019) Hydrogen: A renewable energy perspective (irena.org) [2021-01-06]
 27. Hydrogen Outlook March 2020, BloombergNEF
 28. H. Thunman, C. Gustavsson, A. Larsson, I. Gunnarsson, F. Tengberg, Economic assessment of advanced biofuel production via gasification using cost data from the GoBiGas plant, Energy Sci. Eng., 2019.7.217-229
 29. Summary of findings from HYBRIT Pre-feasibility study 2016-2017 https://ssabwebsitecdn.azureedge.net/-/media/hybrit/files/hybrit_brochure.pdf?m=20180201085027 [2021-01-11]
 30. ETCs rapport »Making Mission Possible« (2020) <https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2020/09/Making-Mission-Possible-Full-Report.pdf> (Läskflaskan: sid 49. Kostnad för att ta bort globala utsläppen från tung industri/transport: sid 12) [2021-01-11]
 31. Stern-rapporten (2006) https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100407172811/https://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm [2021-01-11]
 32. Nyhet om samarbete mellan Ö-vik Energi och Liquid Wind kring elektrometanolproduktion (2020) <https://www.energinyheter.se/20201105/22754/nytt-samarbete-mellan-ovik-energi-och-liquid-wind> [2021-01-06]
 33. Nyhet om Danmarks satsning kring elektrobränslen (2020) <https://sverigesradio.se/artikel/7500742> [2021-01-06]
 34. Nyhet om Perstorps uppskalning av »Project Air« för produktion av hållbar metanol (2020) https://www.perstorp.com/en/news_center/pressreleases/2020/perstorp_producing_sustainable_methanol [2021-01-06]
 35. Rapporten »Opportunities and barriers for implementation of Power-to-X (P2X) technologies in the West Sweden Chemicals and Materials Cluster's process industries«, sid. 20, A-K. Jannasch, m.fl. https://www.johannebergsciencepark.com/sites/default/files/M%C3%B6jligheter%20och%20hinder%20P2X_final.pdf [2021-01-11]
 36. Iron and Steel Technology Roadmap 2020 – Part of Energy Technology perspectives October 2020 <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap> [2021-01-11]
 37. Nyhet om LKAB:s järnsvampsproduktion (2020) <https://www.nyteknik.se/premium/gruvjattens-planer-pa-fossilfritt-jarn-kraver-55-twh-7005562,samt> <https://www.jernkontoret.se/sv/publicerat/nytt-fran-jernkontoret/nyheter/2020/lkab-miljardsatsar-for-fossilfritt-jarn-till-varldsmarknaden/> [2021-01-06]
 38. Nyhet om ArcelorMittals satsning kring fossilfritt stål (2020) <https://www.futurenetzero.com/2020/10/01/arcelmittal-sets-out-global-commitment-to-being-carbon-neutral-by-2050/> [2021-01-06]
 39. EU-projektet H2Future <https://cordis.europa.eu/project/id/735503> [2021-01-06]
 40. Pågående projekt »Detaljerad analys state-of-the-art industriell elektrolys: Fallstudie«, Anna-Karin Jannasch, m.fl. <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?projectid=30923> [2021-01-06]
 41. Nyhet om Celsa Nordics, Statkraft och Mo Industri-parks samarbete kring stålvarmning med vätgas (2020) <https://celsa-steelservice.se/co2-neu-tral-stalproduktion-med-vatgas/> [2021-01-06]
 42. Information om Siemens Energy:s gasturbiner med vätgasdrift https://www.euturbines.eu/cms/upload/publications/EUTurbines_Broschure_Gasturbinen_October_2020.pdf [2021-01-06]
 43. Nyhet om Skellefteå krafts vätgasinvesteringar i Västerbotten (2020) <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasterbotten/skelleftea-aktuellt-for-ny-mang-miljardinvestering> [2021-01-06]
 44. Nyhet om Rabbalshede Krafts planer om vätgas-

- produktion- och distribution (2020) <https://www.rabbalshedekraft.se/sv/press/pressmeddelanden/pressmeddelande?releaseld=4ABCE15584AE5A11> [2021-01-06]
45. Nordic Energy Research-rapporten »Nordic Power2X for Sustainable Road Transport«, P. Bokinge m.fl., <https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2020/09/Nordic-Power-2X-for-Sustainable-Road-Transport.pdf> [2021-01-06]
 46. Rapporten »Integrering av elektrobränslekonceptet i massa- och pappersindustrin för ett framtida elnät i balans och ett hållbart energisystem med minimala klimatavtryck«, A-K. Jannasch, m.fl. (2019) <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?projectid=26421> [2021-01-06]
 47. Litteratursammanställning av Concawe, volym 28, no. 1 (2019) »A look into the role of e-fuels in the transport system in Europe (2030-2050) (literature review)« <https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Concawe-Review-28-1-web-resolution-PDF.pdf> [2021-01-06]
 48. »Färdplan för fossilfri konkurrenskraft Lantbruksbranschen« (2020) ffs_lantbruksbranschen.pdf (fossilfrittssverige.se) [2021-01-12]
 49. »Livskraft – mätt och frisk Öppen sammanfattning av Livsmedelsverkets, Jordbruksverkets och Statens veterinärmedicinska anstalts redovisning gällande underlag för den fortsatta inriktningen av det civila försvaret« (2019) <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/redovisade-reguppdrag/oppen-sammanfattning-livskraft-matt-och-frisk.pdf> [2021-01-06]
 50. Sveriges officiella statistik – Försäljning av mineralgödsel för jord- och trädgårdsbruk under 2018/2019 https://www.scb.se/contentassets/2ef86d05cb-fa4ae59fafaec054bd53c9/mi1002_2018b19_sm_mi30sm2001.pdf [2021-01-06]
 51. J. Tallaksen, m.fl. (2015), »Nitrogen fertilizers manufactured using wind power: greenhouse gas and energy balance of community-scale ammonia production«, Journal of Cleaner Production 107 (2015) 626-635
 52. Nyhet om Yara och Ørsted's samarbete kring produktion av förnybar ammoniak (2020) <https://www.yara.com/corporate-releases/orsted-and-yara-look-to-develop-groundbreaking-green-ammonia-project-in-the-netherlands/> [2021-01-06]
 53. Nyhet om Yara och Lantmännens samarbete kring fossilfri livsmedelskedja (2019) <https://www.yara.se/press/press/lantmannen-yara/> [2021-01-06]
 54. Projektet ReeMap, <https://ree-map.com/sv/fossilfritt-sverige/> [2021-01-11]
 55. LRF:s förstudie »Vätgas och energilagring« (2020) <https://www.lrf.se/mitt-lrf/regioner/gotland/aktuellt-arbete/energiprojekt/> [2021-01-11]
 56. Statistik svensk elproduktion (2019) <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2020/2019-rekordar-for-svensk-elproduktion/> [2021-01-06]
 57. Svenska kraftnäts kortsiktiga marknadsanalys (2020) <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2020/kortsiktig-marknadsanalys-2020.pdf> [2021-01-13]
 58. Svensk vindenergi, Rapport »Statistics and forecast Q3 2020« <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2020/11/Q3-2020-Statistics-and-forecast-Svensk-Vindenergi-2020-11-09-SLUTLIG-2-1.pdf> [2021-01-12]
 59. Energimyndighetens vindkraftsstrategi (2018) <https://svenskvindenergi.org/komm-fran-oss/energimyndighetens-vindkraftsstrategi> [2021-01-12]
 60. P2G conference Copenhagen (2018), Presentation given by R. Pieters, project/presentation title »P2G and the North Sea Wind Power Hub«
 61. Market state and trends in renewable and low-carbon gases in Europe: A gas for Climate report (2020), sid. 80 Gas-for-Climate-Market-State-and-Trends-report-2020 (1).pdf https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en [2021-01-06]
 62. Pågående studie »Infrastruktur för transport och mellanlagring av infångad koldioxid – en effektiv distributionskedja«, »CinfraCap« (2020-2021) <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?projectid=31909> [2021-01-06]
 63. Pågående studie »Nordic Clean Energy Scenarios« (2020-2021) <https://energiforsk.se/en/programme/nordic-clean-energy-scenarios/> [2021-01-13]
 64. Nyhet om Siemens Gamesas projekt kring vätgasproduktion i Danmark (2020) <https://www.siemensgamesa.com/en/press-releases/siemens-gamesa-announces-a-new-hydrogen-production-project-in-denmark/>

www.siemensgamesa.com/en-int/news-room/2020/12/201203-siemens-gamesa-press-release-hydrogen-pilot-project [2021-01-06]

65. »Bio-elektro-bränslen – teknik med potential för ökad resurseffektivitet«, pågående projekt inom samverkansprogrammet Förnybara Drivmedel och System, E.Furusjö, m.fl. (2020-2021) <https://f3centre.se/sv/forskningsprojekt/bio-elektro-branslen-teknik-med-potential-for-okad-resurseffektivitet/> [2021-01-06]
66. Onarheim, K., & Hannula, I. (2020). Hydrogen enhanced biofuels for transport via fast pyrolysis of biomass : A conceptual assessment. Energy, 199, 117337
67. Hannula, I. (2016). Hydrogen enhancement potential of synthetic biofuels manufacture in the European context: A techno-economic assessment. Energy, 104, 199–212
68. Horizon utlysning kring 100 MW elektrolysörer: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/lc-gd-2-2-2020> [2021-01-06]
69. EU:s innovationsfond <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/omraden-for-forskning/internationella-insatser/eus-innovationsfond/> [2021-01-06]
70. IPCEI – Important projects for Common European Interests [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014XC0620\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014XC0620(01)) [2021-01-06]
71. Lagen om Brandfarliga och explosiva varor, LBE <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandfarligt-och-explosivt/lagen-om-brandfarliga-och-explosiva-varor/> [2021-01-06]
72. Energigas Sveriges normer och anvisningar för energigas <https://www.energigas.se/publikationer/normer-och-anvisningar> [2021-01-06]

