



Vätgas som möjliggörare för energiomställning och stadsutveckling



Rapport från Vätgas Sverige

Björn Aronsson
Charlotte Blomberg
Louise Weinreder
Erik Wiberg
Pawel Seremak
Helena Tillborg

2021-07-09

Innehållsförteckning

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund.....	4
Uppdrag.....	4
Genomförande.....	4
Systemsyn på vätgasens roll i samhället.....	4
Avgränsningar.....	5
3. Vision.....	6
Visionens roll och metod för strategiskt utvecklingsarbetet.....	6
Trelleborgs framtidsvision av vätgassamhället.....	6
4. Nuläge i Trelleborg.....	8
Resultat från SWOT och intervjuer.....	8
5. Vätgasinitiativ i omvärlden.....	10
Vätgasstrategier.....	10
Vätgasprojekt i Sverige och grannländerna.....	11
Lagstiftning - Clean Vehicles Directive.....	12
6. Färdplan.....	14
Underlag.....	14
Förslag på färdplan.....	15
Förslag på aktiviteter på kort sikt 2021–2024.....	16
Möjliga aktiviteter på lång sikt 2025–2030.....	18
Risker vid genomförande av färdplanen.....	19
7. Genomförande – viktiga aspekter och rekommendationer.....	20
Finansieringsmöjligheter.....	20
Samarbeten och partnerskap.....	21
Framdrift genom analys, styrning och uppföljning.....	22
Kompetensutveckling.....	22
Kommunikation.....	22
<i>Bilaga 1: Genomförande av uppdraget.....</i>	<i>24</i>
Intervjuade nyckelpersoner.....	24
Genomförda aktiviteter i projektet.....	24
<i>Bilaga 2: Möjligheter och risker; Röster från intervjuer.....</i>	<i>25</i>
<i>Bilaga 3: Pågående projekt i Sverige.....</i>	<i>29</i>
Vårgårda – flerfamiljshus blir självförsörjande på el.....	29
Mariestad – världens första soldrivna vätgasstation.....	31
Skellefteå – världens första soldrivna hus för kalla klimat.....	32
Jönköping – självförsörjande bostäder planeras.....	33
Sjöbo – vätgasanläggning för byggnader och transporter.....	36
Karlstad – sektorskoppling vätgas - fjärrvärme.....	37
<i>Bilaga 4: Djupanalys av tre objekt.....</i>	<i>39</i>
Byggnaden "Blixten".....	39
Vätgas till lastbilar.....	40
Havsbaserat vindkraftspark och vätgasproduktion.....	42
<i>Bilaga 5: Finansieringsmöjligheter för inköp, projekt och investeringar.....</i>	<i>43</i>
<i>Bilaga 6: Fakta om vätgas.....</i>	<i>50</i>
Energilagring i vätgas.....	50
Tankstationer för vätgas.....	54
Distribution.....	54

1. Sammanfattning

I denna rapport presenteras en färdplan för hur Trelleborgs Energi kan implementera vätgas i energisystemet i Trelleborgs kommun. Trelleborgs Energi har ambitioner att bli en föregångare inom vätgasområdet. Satsningen ingår i en långsiktig plan för Trelleborg att utvecklas till en attraktiv utvecklingsorienterad kommun, med Kuststad 2025 som motor för stadsutvecklingen.

Färdplanen tar avstamp i en nulägesbeskrivning av styrkor och svagheter för Trelleborg. Därefter följer en omvärldsblick över vätgasutvecklingen i Sverige och internationellt, samt vilka hot och möjligheter den innebär. Färdplanens riktmärke är en vätgasvision för framtidens Trelleborg som tecknats av medarbetare i Trelleborgs kommun och kommunala bolag. Färdplanen består av ett antal konkreta åtgärder på kort sikt (2021–2024) och möjliga insatser på längre sikt (2025–2030).

På kort sikt rekommenderas att ta vara på solcellsanläggningen i Smygehamn för syrgas- och vätgasproduktion, att utveckla byggnaderna Sumpen och Blixten som pedagogiska exempel för hållbara energisystem samt se till att en redan beslutad tankstationen ges underlag genom egna och andras fordon. Projekten visar konkret på att saker händer i Trelleborg, samtidigt som de bidrar till lärande, kompetensutveckling och stolthet både för medarbetare och för stadens medborgare. Projekten bygger och stärker Trelleborgs varumärke och lockar besökare till staden.

Åtgärderna ger en bra grund för satsningarna på längre sikt, i takt med att kompetens utvecklas, teknik blir tillgänglig och kostnader sjunker. En havsbaserad vindkraftspark antas vara en viktig förutsättning för vätgasproduktion i stor skala, som kan täcka behov från ökande andel bränslecellsdrivna lastbilar, tåg och färjor. Det finns möjligheter att använda vätgasen för att balansera elnätet eller till industriell användning. Överskottsvärme från vätgasproduktion kan tas tillvara lokalt i stadsdelar eller exporteras till Malmö. Beslut får tas efterhand, och kommer att underlättas genom det lärande som byggs upp.

I rapporten tas viktiga aspekter för genomförandet upp, såsom finansiering, partnersamarbeten, kompetensutveckling och kommunikation, samt vissa rekommendationer kopplade till dessa aspekter.

Fördjupad information från uppdragets olika delar finns i bilagor.

2. Bakgrund

Uppdrag

Trelleborgs kommun och dess energibolag Trelleborgs Energi har ambitionen att vara klimatneutrala till år 2030. Trelleborg har unika förutsättningar dels genom sin hamn där 750 000 fordon passerar varje år och genom det stora samhällsbyggnadsprojektet Kuststad 2025, vilket innebär 5000 nya bostäder i den gamla hamnen och ett nytt logistikcenter (BCT = Business Center Trelleborg) med uppställningsplats för lastbilar och omlastning till järnväg. Man har tagit beslut om att använda vätgasen som möjliggörare för att bygga ett hållbart samhälle och energisystem.

Tidpunkten är perfekt för att integrera vätgasen i samband med de stora satsningarna på samhällsutveckling.

Vätgas Sverige (VS) har fått uppdraget att hjälpa Trelleborgs Energi att ta fram en gemensam energivision baserad på de unika, lokala förutsättningarna, samt rekommendationer om steg på vägen. Det ingår i uppdraget att föreslå konkreta projekt och delmål för hur vätgasen kan bli integrerad i utvecklingen av samhället för att nå visionen 2030.

Speciellt ingår i uppdraget att lyfta Trelleborgs satsning till European Clean Hydrogen Alliance projekt-pipeline den 7 maj 2021.

Genomförande

Underlag för uppdraget har inhämtats dels genom intervjuer med nyckelpersoner, dels genom analyser av Vätgas Sveriges experter inom vätgasområdet. Nyckelpersoner kopplade till Trelleborg samt tänkbara partners i värdekedjan för vätgas har identifierats och intervjuats för att få en bild av nuläget, tankar om framtiden och möjliga projekt och samarbeten. Dessutom har två workshops hållits, en SWOT-workshop och en visionsövning. I bilaga 1 listas samtliga personer som intervjuats, både inom Trelleborgs kommun och dess bolag och hos externa företag.

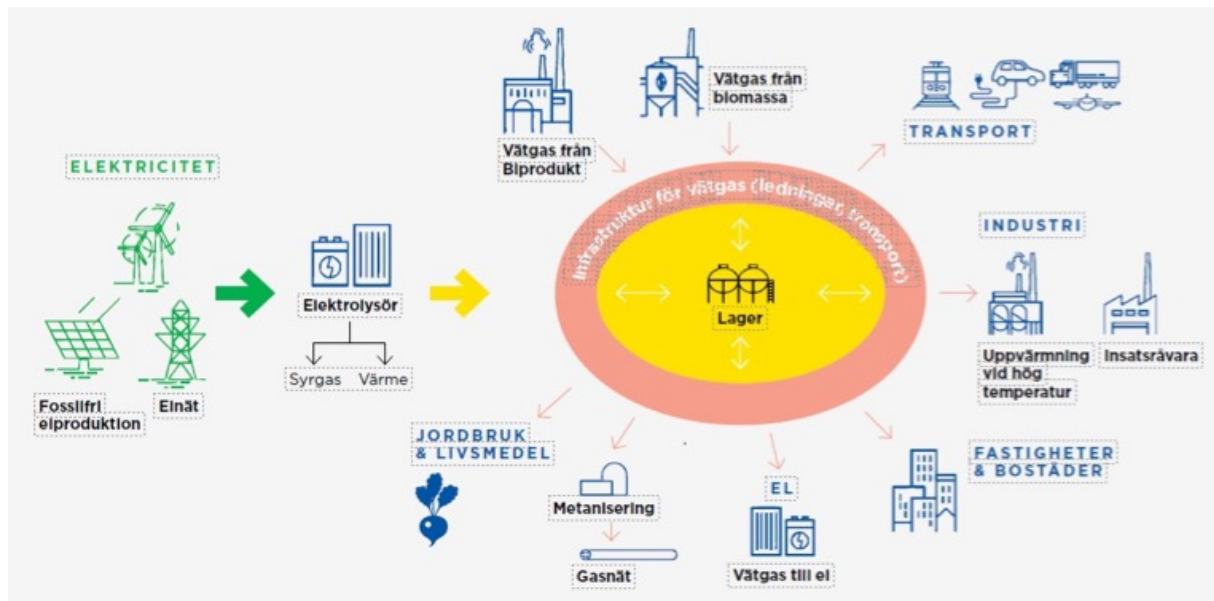
Arbetet har skett i nära samarbete mellan Vätgas Sverige och Trelleborgs Energi. Veckovisa avstämningar har skett med VD Magnus Sahlin, tillika projektledare för Trelleborgs vätgassatsning. Speciellt bör nämnas Carl Koinberg Henriksson, affärsingenjör Sälj & Marknad, som har bidragit med värdefulla insatser för projektet.

Från Vätgas Sverige har följande personer deltagit i arbetet: Björn Aronsson (projektledare), Erik Wiberg (analytiker), Charlotte Blomberg (kommunikatör), Louise Weinreder (EU-finansiering) samt Helena Tillborg (strateg, underkonsult).

Systemsyn på vätgasens roll i samhället

En viktig utgångspunkt för uppdraget har varit systemperspektivet på vätgasens roll i samhället. Vätgas är dels en energibärare, dels ett drivmedel i sig, dels en insatsvara för produktion av andra kemikalier. Nedan visas en översikt över vätgasens olika

produktionssätt och användningsområden¹. För Trelleborgs del har samtliga områden beaktats och framförallt användningsområden inom Transport, Fastigheter & Bostäder och Energi.



Figur 1 En överblick över vätgasens olika användningsområden.

Avgränsningar

Uppdraget omfattar aktiviteter kopplade till implementering av vätgas i energisystemet. Utvecklingen av energisystemet i sin helhet ligger utanför uppdraget.

Gjorda rekommendationer baseras dels på fakta om nuläget, dels på antaganden utifrån befintliga planer, uttalanden och konsulternas tidigare erfarenheter och vetskapen om kommande direktiv. Inom vissa områden har fakta inte varit tillgängligt av naturliga skäl eller så har djupanalyser inte prioriterats av konsulterna utifrån ramarna för uppdraget.

När det gäller tänkbara partners har ett begränsat antal företag kontaktats inom ramen för projektet, alltså en begränsad andel av den totala mängden tänkbara samarbetspartners för Trelleborg. Konsulterna har tillsammans med Trelleborgs Energi valt att prioritera intervjuer med företag som anmält sitt intresse för samarbete med Trelleborg, som väckt nyfikenhet hos Trelleborgs Energi eller som funnits i Vätgas Sveriges nätverk.

Trelleborgs satsning på vätgas kan ses som en pusselbit i det mer omfattande arbetet som pågår för att utveckla och öka attraktiviteten av staden. Förhoppningsvis kan uppdragets resultat ge inspel till det övergripande arbetet.

¹ Bild från Fossilfritt Sveriges Vätgasstrategi.

3. Vision

Visionens roll och metod för strategiskt utvecklingsarbetet

En vision syftar till att skapa en gemensam målbild, en attraktiv bild av framtiden som samlar krafter, anger riktningen och kan kommuniceras för att skapa engagemang och delaktighet hos alla berörda.

Ett bra sätt att hantera dagens snabba förändringstakt i kombination med krav på hållbar utveckling, är att starta med att formulera en positiv vision. Därefter gå tillbaka till nuläget och hitta prioriterade aktiviteter för att underlätta utvecklingen i riktning mot visionen².

Ramverket för ett hållbart samhälle är med fördel vägledande vid utformning av visionen för att visionen både ska bli trovärdig och leda mot framgång. Ramverket underlättar för att diskutera ett önskeläge ("hur vill vi ha det egentligen"), inkluderat förändringar i omgivningen. Trelleborg är ju inte ensamt om att arbeta för en hållbar utveckling. Att omvärlden förändras (genom exempelvis smartare digitala lösningar, nya tekniker inom energi- och transportområdet, skärpta lagkrav och ändrade förväntningar hos medborgare) behöver beaktas i Trelleborgs vision för framtiden. Flera av dagens trender, såsom ökande transporter, ökad energianvändning, ifrågasatta arbetsvillkor och ökande varuflöden, är riskabla ur hållbarhetsperspektiv och kommer att behöva hanteras på ett smartare sätt.

Vid en visionsövning i juni presenterades ett ramverk för strategisk hållbar utveckling³ som kan vara användbart i Trelleborgs fortsatta utvecklingsarbete:

- Strutmetaforen – en metafor för att förändring är nödvändig på många områden för att bryta dagens icke-hållbara utveckling av krympande resurser samtidigt som efterfrågan ökar.
- Hållbarhetsprinciperna – vetenskapliga principer för ekologisk och social hållbarhet som utgör ramverk för en hållbar vision, samt vägleder i vad som är hållbart.
- ABCD-metoden – för strategisk planering med hjälp av vision, nuläge samt prioriterade insatser.

Trelleborgs framtidsvision av vätgassamhället

Nedan presenteras en visionsbild av framtidens Trelleborg, med tonvikt på energisystemet. Bilden syftar till att visualisera hur staden kan se ut när vätgasen är implementerad för att ge en förståelse för vätgasens många funktioner i ett energisystem. Bilden är framtagen i dialog med nyckelpersoner under en visionsövning (se bilaga 1).

² Metoden kallas "back-casting", och är ett alternativ till traditionell "forecasting", prognostisering, som utgår från att framtiden fortsätter baserat på hur det sett ut historiskt. Vid komplexa problem och behov av genomgripande förändringar – som i det här fallet – är back-casting att föredra, eftersom man frigör sig från dagens svårigheter och tankar om hur saker är.

³ Mer info finns att få från Prof. Göran Broman, Blekinge Tekniska Högskola.



Figur 2 Vision för Trelleborg där vätgasen har en plats i energisystemet

I visionsbilden gör vi en inflygning mot Trelleborg för att se några landmärken, både gamla befintliga och några nya som planeras. Bilden är gjord som en generell bild för att passa flera olika målgrupper. Den är inte för detaljerad för att vara enkel och lätt att förstå. Vi har med en potentiell off-shore vindkraftspark. I BCT kommer el in från vindkraftsparken och där kan man producera vätgas till lastbilar och den värme som blir vid vätgasproduktionen kan värma byggnaderna vid BCT, men även andra delar av Trelleborg. Det finns även vätgastankstationer vid rondellen i Maglarp och vid det nya hamnläget. Där kan båtar, fordon i hamnen och andra transportfordon tanka. Vätgaståg och bussar skulle även kunna tanka i området då det ligger nära järnvägsstationen. Ringvägen finns med. Ett antal skolor är med på bilden och vi ser hur fjärrvärmes fördelas till några olika områden. Blixten, Sumpen, Västra hamnen och Sjöstaden finns med på bilden. Även jordbruksområden tas upp då det inom jordbruket kan passa bra med vätgas som energibärare eller till ammoniakframställning för kvävegödsel.

4. Nuläge i Trelleborg

Resultat från SWOT och intervjuer

För att kartlägga dagens situation i Trelleborg, och förväntningar inför framtiden med anledning av vätgassatsningen, har dels ett antal intervjuer genomförts med nyckelpersoner i kommunen och dess bolag, dels en SWOT genomförts. Nedan följer resultatet av SWOT-workshopen (se bilaga 1). En mer utförlig dokumentation av röster som framkom vid intervjuer och SWOT återges i Bilaga 2.

Styrkor

- Mycket stor enighet och ambition hos politik och tjänstemän för vätgassatsningen.
- Strategiskt läge för Trelleborg, med hamn och tillhörande logistikflöden.
- Goda förutsättningar att sätta Trelleborg på kartan och attrahera nya invånare (skattebetalare, kompetens) med de satsningar som görs.
- Bildandet av Trelleborg Energi, och tillhörande kompetens, viktigt för att möjliggöra. Skapar tydlighet.
- Goda förutsättningar för en bred exploatering inom H2 i form av samprojekt mellan identifierade intressenter.
- Kommunen blir en föregångare. Marknadsföring – ökad attraktion – dra till sig andra investeringar både till vätgas men annan miljöinnovation.

Möjligheter

- Timingen är rätt – goda finansieringsmöjligheter från EU, nationellt och hos investerare.
- Vätgasstrategier för Sverige och EU, möjlighet att koppla Trelleborgs "story" till det som händer där.
- Havsbaserad vindkraft på stark frammarsch, sjunkande energikostnad.
- Bra läge med hög solinstrålning och vind.
- Ytterligare stärka Trelleborgs position som logistikcentrum
- Kommunen bidrar till en mer hållbar framtid.
- Kan skapa nya arbetstillfällen. Gärna inom forskning – Trelleborg behöver utbildning på högre nivå och gärna höja utbildningsnivån på invånarna.

Svagheter

- Behöver konkret plan – och driv - för att gå från ord/vision till handling.
- Ansvar behöver förtydligas
- Nytt sakområde – kompetensbrist hos kommunens medarbetare, Räddningstjänst etc.
- Rädslor och motstånd hos medarbetare och medborgare för ny teknik.
- Energifrågan inte med i Sjöstaden från början. Oklart vilka krav man ställt på redan upphandlade privata aktörer
- Risk att långsiktighet och uthållighet saknas till den här typen av projekt som sträcker sig över decennier.
- Inte stående punkt på varje LGR-dagordning.
- Finansieringsstrategi saknas
- För mycket silokultur, för lite samverkans-/holistisk kultur
- Projektstyrning?

Hot

- Trelleborg konkurrerar med Greater Copenhagen/Öresundsregionen samt STRING-korridoren längs västkusten upp i Norge, investeringar kan hamna där.
- Ändringar i politiska beslut, regering och opposition (indragna miljösubventioner, ändrade miljöprioriteringar, försenad vätgasstrategi, beslutsoförmåga, mm).
- Kraftig lågkonjunktur
- Lägre kostnader för vätgasalternativ i omvärlden, t ex Danmark, Polen, Tyskland.
- Andra makroinvesteringar som förskjuter logistikflöden till Trelleborgs nackdel.
- Annan teknik subventioneras och satsning på vätgas rinner ut i sanden i Sverige.
- Vi får inte med oss andra intressenter. Vi kan inte göra det själv.
- Andra hinner före.

Sammanfattningsvis kan konstateras att såväl förutsättningar som timing är mycket goda för Trelleborgs satsning på vätgas. Omvärlden förändras snabbt, och både den tekniska, ekonomiska och politiska utvecklingen är gynnsam för en satsning på vätgas.

- Teknisk utveckling går snabbt, och kostnaden för vätgasteknik sjunker. Elektrolysörer förväntas halveras i pris inom 5–7 år.

- EU och enskilda nationer har eller håller på att ta fram vätgasstrategier. Den svenska officiella vätgasstrategin väntas vara klar senare i höst.
- Det finns ett behov av genomgripande förändring för att möta klimatkrisen. Forskarna har konstaterat att nationers sammanlagda målsättningar kopplade till Parisavtalet inte räcker för att nå tvågradersmålet, utan ytterligare insatser behövs.

I Trelleborg möter vi stora förhoppningar och förväntningar på satsningen på vätgas, och de höga ambitionerna verkar välkomnas av många. Även här är timingen bra, då det fortfarande är tidigt i processen för Kuststad 2025 och stora möjligheter att påverka utvecklingen.

Farhågor finns vad gäller svårigheter att konkretisera visionen, att få alla att ta ansvar (inte bara Trelleborgs Energi) och att ha uthållighet i styrning och uppföljning.

5. Vätgasinitiativ i omvärlden

Vätgasstrategier

Sverige

Sveriges regering har givit Energimyndigheten i uppdrag att ta fram en vätgasstrategi. Detta arbete ska redovisas senast 2021-11-25. Uppdraget föregicks av att Fossilfritt Sverige tog fram ett förslag på strategi, som till stor del var en inlägga från svensk industri och vad som efterfrågades från dessa aktörer. Energimyndigheten har sagt att de kommer använda delar av denna strategi som just input från näringslivet, men med tillägg för främst energilager i elnätet och för att tillvarata hela samhällets behov. Strategin från fossilfritt Sverige innehåller främst behovet av vätgas från processindustrin, medan transportområdet är begränsat beskrivet. EU:s strategi tas upp i strategin från Fossilfritt Sverige, och rimligtvis kopplar även Energimyndigheten mot denna. Eftersom Volvo AB stärkt sina ambitioner inom vätgas för tunga transporter sedan Fossilfritt Sveriges strategiförslag är det rimligt att anta att lastbilar kommer få en tydligare roll i Energimyndighetens strategi.

EU

2020 tog EU fram en vätgasstrategi för hur vätgas ska kunna ta en viktig och omfattande plats i ett framtida energisystem där fossila bränslen ersätts. En viktig del i strategin är att få upp hög produktion av vätgas i EU. Målet till 2024 är 6 GW installerad effekt till elektrolys när de första klustren i form av Hydrogen Valleys knyts samman och till 2030 har man målet 40 GW. Utöver dessa 40 GW har strategin målet att ytterligare 40 GW elektrolys ska placeras i EUs närhet och att även denna vätgas ska kunna användas inom EU. De räknar även med att 25 % av all el som produceras i unionen kommer användas för att producera vätgas. EU har också en strategi för ett vätgasnät genom EU som skulle kunna skapa robusthet i vätgastillgången och nyttja förnybar produktion på bästa sätt. Denna kallas European Hydrogen Backbone, och bygger främst på att naturgasinfrastruktur modifieras för att kunna hantera vätgas, men delvis också med helt nya ledningar. Fokus i strategin är att stötta utbyggnaden av förnybar vätgasproduktion och att binda ihop EU med vätgasinfrastruktur, samt ta bort hinder för detta.

Det finns flera nuvarande EU-direktiv som håller på att uppdateras som är av stor vikt att följa. Dessa är EU-direktivet om utbyggnad av infrastrukturen för alternativa bränslen (DAFI), Direktivet för förnybara bränslen (RED II), Energiskattedirektivet (ETD). Samtliga anpassas nu och kraven på förnybarhet ökas.

Norge

Norges strategi sammanfattas här eftersom de inte är del av EU och därmed inte omfattas av den strategin, samtidigt som det ligger i vårt närområde.

Strategin grundas på att koldioxidutsläppsminskningarna kommer uppnås med hjälp av både och förnybar energi och CCS (Carbon Capture and Storage), där de beskriver sina goda förutsättningar med naturgasfyndigheter och koldioxidlagringsmöjligheter på havsbotten. Strategin kopplar vid flera ställen till EU:s mål med vätgas och the European Green Deal, men även Horizon Europe. Utöver detta visar de på kopplingarna till stora projekt i Asien och Nordamerika.

Norge pekar på sina egna styrkor inom processindustri och maritima näringen, men även erfarenheter av LNG och att flera företag i Norge tittar på ammoniak som vätebärare. Man

tar upp att det måste bli dyrare att släppa ut koldioxid. Detta ska bland annat uppnås med en platt skatt över samtliga sektorer som ska öka med 5 % per år fram till 2025. De lyfter behovet av teknisk utveckling och att demonstrationsprojekt behövs.

Vätgasprojekt i Sverige och grannländerna

En förutsättning för att en infrastruktur av vätgastankstationer ska fungera är att det dels finns kluster lokalt, dels rimliga avstånd mellan stationerna. Nedan nämns ett urval av liknande projekt i Trelleborgs relativa närhet med vätgasproduktion. De ska inte ses som konkurrenter till en satsning i Trelleborg utan som komplement, där en helhet bildas av vätgasproducerande anläggningar och tankstationer så att avståndet inte blir för långt för vare sig fordonsanvändarna eller distributionen av vätgas till tankstationerna.

Sverige

I bilaga 3 presenteras några av de vätgasinitiativ som planerats och/eller genomförs i svenska kommuner; Vårgårda, Mariestad, Skellefteå, Jönköping, Sjöbo och Karlstad. De har alla olika syften och det finns mycket lärdomar att dra från projekten.

Norge

I södra Norge finns ett fokus på småskalig vattenkraft, ofta utan uppdämningar utan bara det som kallas älvkraft. Sådana projekt finns i Hellesylt, Byrkjelo, Tyssedal, Rullestad, Dimmelsvik och Nittedal, jämnt utspridda längs Norges södra kust. Utöver dessa finns projekt kopplade till solceller i Trondheim och Sandvika, samt projekt med konventionell vattenkraft i Årdal, Gjøvik, Jelsa och Meråker. Längre upp i södra Norge finns två vätgasprojekt kopplade till vindkraft i Fosen respektive Smöla. Det finns även en biproduktström av vätgas från industri i Porsgrunn.

Danmark

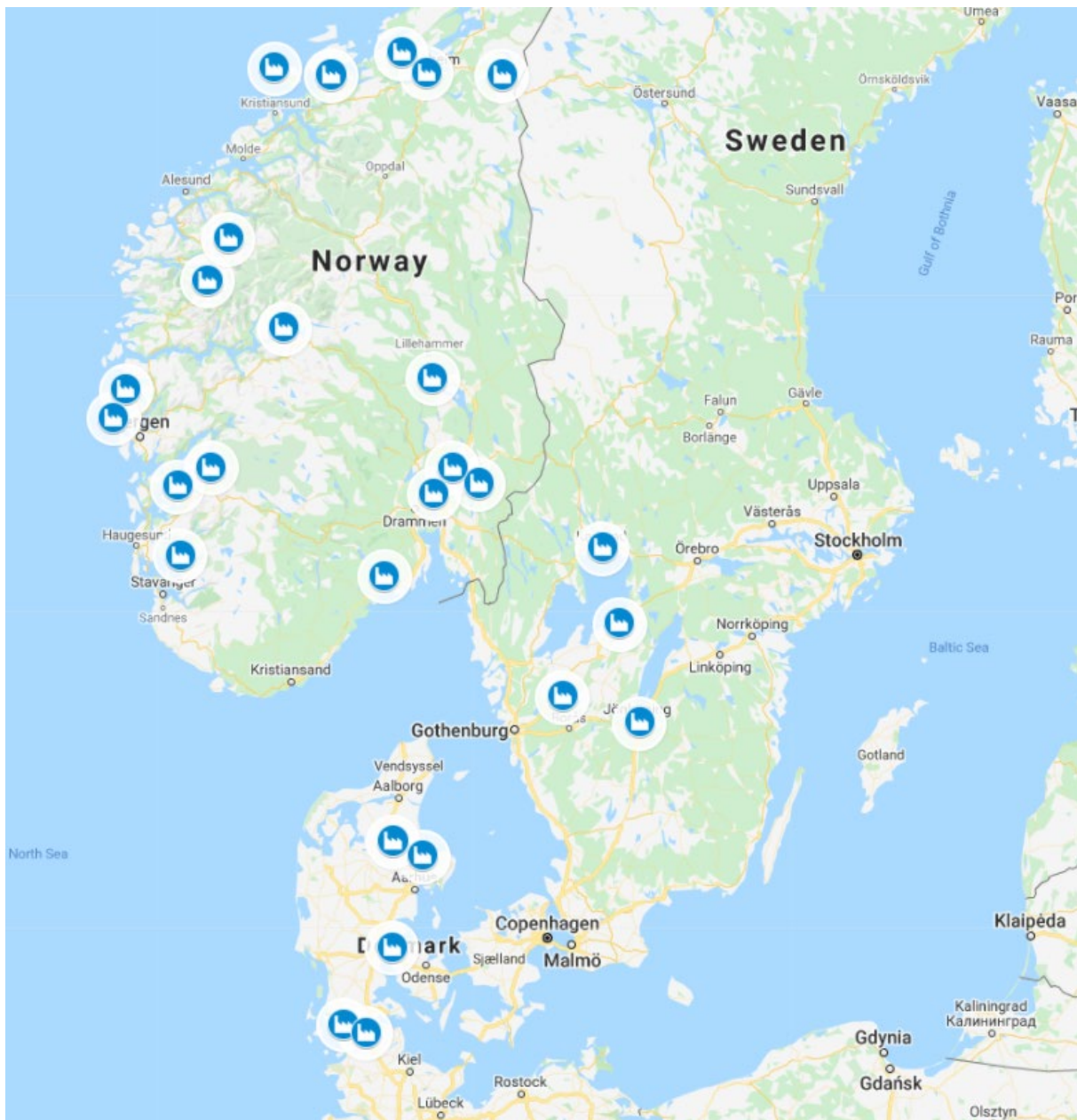
I Danmark finns tre projekt kopplade till vind och vätgas. För Ørsted finns finansieringsbeslut fattat för en anläggning på 2 MW elektrolyskapacitet som ska producera 1000 kg vätgas per dygn med hjälp av två vindkraftverk med en installerad effekt av 3,6 MW styck.

I projektet HyBalance har en 1.2 MW elektrolysör kopplats till vindkraftverk och producerat 120 ton vätgas mellan 2018 och 2020. Vätgasen har använts och fortsätter användas i industrin och som fordonsdrivmedel.

Projektet HySynergy har fått motsvarande ca 65 MSEK från danska energimyndigheten för att bygga en 20 MW elektrolysör som ska startas under 2022. Målet är att öka produktionen till 1 GW innan 2030.

Precis söder om danska gränsen i Tyskland finns ytterligare två projekt kopplade till vind och vätgas. Projektet eFarm använder äldre vindkraftverk för att producera vätgas som sedan flyttas med lastbil till vätgastankstationer.

Projektet Windgas Haurup har som syfte att med en 1 MW elektrolysör använda vindkraft för att producera vätgas från vindkraft när det finns ett överskott av el i nätet. Vätgasen matas in i naturgasnätet och systemet beräknas kunna förse 600 lägenheter med värme.



Figur 3 - Vätgasprojekt i Sverige och grannländerna

Lagstiftning - Clean Vehicles Directive

Clean Vehicles Directive är ett EU-direktiv som verkar för offentlig upphandling av nollemissionsfordon och lågutsläppsfordon som ett verktyg för att få upp leveransvolymerna av dessa. Direktivet definierar clean vehicles ("rena fordon") och sätter nationella mål för dessa. Direktivet gäller både bilar, lastbilar och bussar men med olika tidsskalor då teknikutvecklingen bedöms nå olika nivåer för de olika fordonstyperna och att behovet ser olika ut för dem.

Både inköp, hyra och leasing omfattas. Direktivet omfattar alla kontrakt från 2 augusti 2021 och framåt. För Sverige är målet att 38,5 % av alla bilar ska vara clean vehicles såväl till 2025 som 2030. För lastbilar är målet 10% respektive 15 % och för bussar är målet 45 % till 2025 och 65 % till 2030. För bussar måste hälften av upphandlingsmålet uppfyllas med nollemissionsbussar.

För att definieras som clean vehicle får en bil inte släppa ut mer än 50 g CO₂/km om den köps innan 2026, och från 2026 får endast nollemissionsbilar definieras som clean vehicles. För lastbilar och bussar räknas alla som drivs med något av bränslena i EU-direktivet om utbyggnad av infrastrukturen för alternativa bränslen (DAFI), det vill säga el, vätgas, biodrivmedel, naturgas och gasol.

Hur dessa mål uppnås är upp till respektive medlemsland, vilket innebär att det skulle kunna sättas högre eller lägre krav från staten på kommunernas fordonsflottor.

6. Färdplan

Underlag

Här följer en kort redovisning av områden som tillsammans bidrar till att Trelleborgs energisystem med vätgas kan bli möjliggörare för hållbar omställning och stadsutveckling. Avsnittet pekar även på information som använts som underlag för analys och slutsatser:

Förnybar elproduktion – anläggningar och storleksordningar

Analysen har inkluderat kända befintliga och planerade anläggningar för sol- och vindkraft. Intervjuer har genomförts med Kustvind och Energivision Syd, två aktörer som arbetar för ökad förnybar energiproduktion runt Trelleborg.

Vätgas - produktionsmöjligheter och kapacitet

Elektrolysörer har varit huvudspår för vätgasproduktion men även förgasning och biogasreforming har beaktats till viss del. Ytterligare analys behövs för de senare alternativen. Intervjuer har gjorts med tänkbara leverantörer såsom Statkraft, Uniper och ABB (elektrolysörer) och Plagazi (förgasning). Som alternativ till egen produktion kan vätgasen hämtas från andra ställen, genom flakning med lastbil eller genom gasnät. Statkraft respektive Nordion är aktörer som intervjuats och med vilka sådana lösningar kan diskuteras vidare.

Restflöden från vätgasproduktion – värme och syrgas

Det är väl känt att ekonomin för vätgassatsningar stärks när biprodukter från produktionen, såsom värme och syrgas, kan tas tillvara (se exempelvis exemplet från Karlstad, bilaga 3). Viss analys har gjorts av förutsättningar för att ta vara på värmen i stadens fjärrvärmenät, eller lokala distributionsnät. Adven är sedan i våras ägare av fjärrvärmeproduktionen, och de har vid intervju visats sig mycket positiva till samarbete kring att ta vara på värmeenergin för sina leveranser av fjärrvärme.

Användningsområden enskilda byggnader

I analysen har underlag från Blixten använts för att kvantifiera en konkret anläggning (se bilaga 4). För Sumpen och övriga planerade flerfastighetshus (Övre, Sjöstaden) har analyser inte kunnat göras i detalj. Nilsson Energy är en systemintegratör som intervjuats och kan erbjuda hela system för byggnader, antingen anslutna till nätet eller självförsörjande.

Användningsområde transporter

Genom NHC (Nordic Hydrogen Corridor)-projektet finns god information om vätgastankstation. Scania är en av de möjliga fordonsleverantörerna som intervjuats inom ramen för uppdraget.

Användningsområde reservkraft/nätbalansering

Endast begränsad analys av vätgas som energilager för reservkraft och nätbalansering är gjord och den har inte varit tillräcklig för att kunna leda till rekommendationer i denna rapport.

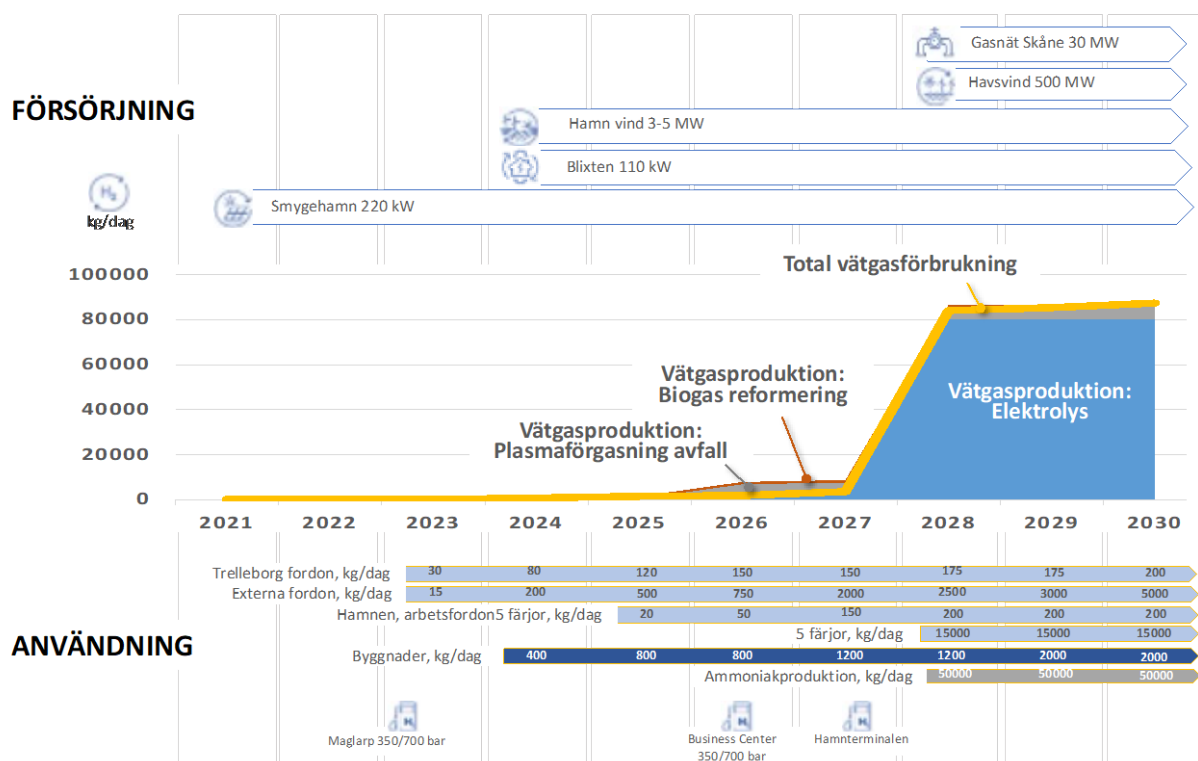
Användningsområde industriell användning

Vätgas kan användas vid tillverkning av ammoniak, som i sin tur är relevant exempelvis vid produktion av gödning för jordbruk. Inom ramen för uppdraget har ingen djupare analys gjorts. Tänkbara aktörer såsom Yara och Statkraft har identifierats, vilket kan vara föremål för inledande diskussioner framöver, men som inte har kontaktats i ärendet inom ramen för uppdraget. Möjligheten inkluderas i färdplanen på lång sikt.

Förslag på färdplan

Nedan följer förslag på hur Trelleborg kan konkretisera sina ambitioner med vätgassatsningar i energisystemet. I färdplanen har vi försökt ta hänsyn till kortsiktiga behov av att komma igång, synliggöra satsningen med konkreta objekt samt bygga kompetens och lärande. De långsiktiga ambitionerna fokuserar på att omvandla Trelleborg till en utvecklingsinriktad och hållbar framtidsstad. Förslagen bygger på de tekniska analyserna av vad som är möjligt och rimligt, tillsammans med de förutsättningar som framkommit i intervjuer och planer.

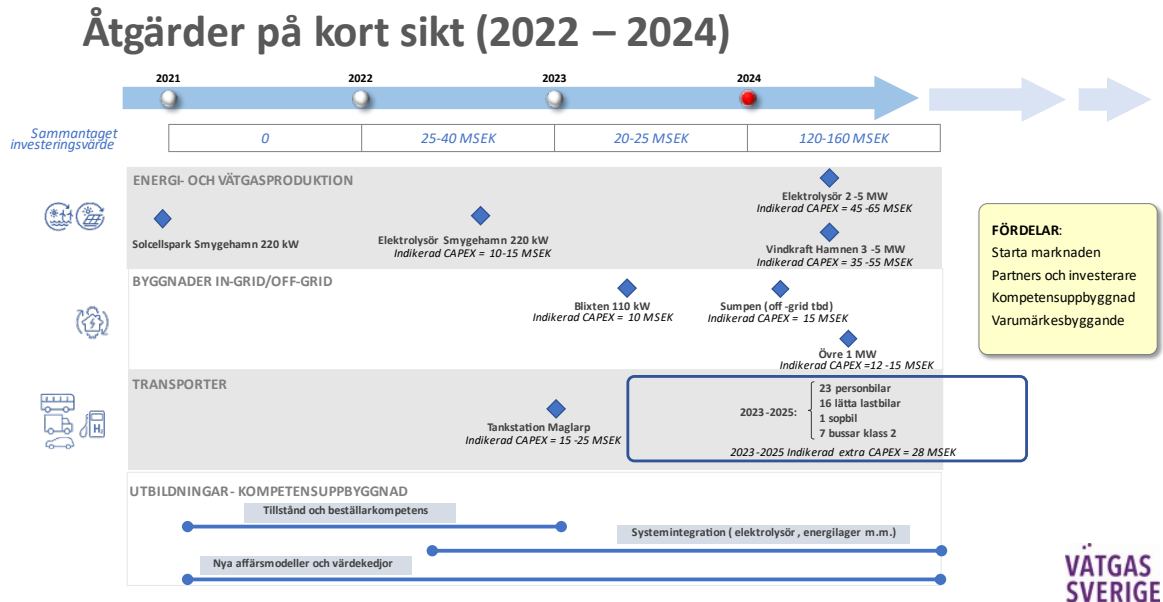
I bilden nedan visas den övergripande färdplanen med fokus på hur energiförsörjning, vätgasproduktion och användning går i takt för att utveckla ett energisystem där vätgasen har en naturlig plats. I kommande avsnitt presenteras de olika insatserna mer i detalj, dels på kort sikt (2021–2024), dels på längre sikt (2025–2030).



Figur 4 En färdplan för Trelleborgs vätgassatsning år 2021 - 2030

Förslag på aktiviteter på kort sikt 2021–2024

Syftet med förslag på kort sikt är att komma igång med satsningen; att få synlighet och bygga varumärke, att lära och utveckla kompetens samt att bygga partnerskap för samarbeten. Vi har identifierat en handfull möjligheter, dels beslutade, dels planerade.



Figur 5 Förslag till åtgärder på kort sikt (2021–2024).

- **Elektrolysör Smygehamn.** Trelleborgs Energi har fått ta över ansvaret för en solcellspark i Smygehamn, kopplad till reningsverket. Det kan ge en möjlighet att i närtid installera en mindre elektrolysör för att förse reningsverket med syrgas och vidare räkna på om vätgasen ska användas på plats eller om den kan förse den första tankstationen vid Maglarp med vätgas. Anläggningen blir med sin begränsade storlek primärt av pedagogisk karaktär, men syrgasinmatningen i reningsverket leder till en klar potential i att spara energi till de befintliga pumparna som kan reduceras i drifttid. Kostnadsuppskattningen innefattar elektrolysör.
- **Blixten** blir viktig p.g.a. att den strategiska placeringen centralt i Trelleborg och att det är Trelleborgs Energis huvudkontor. En anläggning blir även här primärt av pedagogisk karaktär då det inte går att installera tillräckligt med solceller på taken för att åstadkomma en självförsörjning. Det pedagogiska värdet kan dock bli mycket stort då man kan skapa en labbmiljö för anställda, men även för externa intressenter. Teknikleverantörer kan ges en arena att visa sin teknik göra vissa forskningsinsatser kopplade till installationen av hård- och mjukvara i ett system. Kostnadsuppskattningen omfattar solpaneler, elektrolysör, vätgaslager, bränsleceller och batterier.
- **Tankstation Maglarp** kan bli den första i det s.k. Nordic Hydrogen Corridor-projektet. Läget är strategiskt bra vid infarten till Trelleborg och det kan passa väl för de första fordon som blir aktuella. Kostnadsuppskattningen omfattar vätgastankstation och vätgasproduktion på plats.
- **Sumpen** har ett mycket strategiskt och värdefullt läge. Det är en plats där man verkligen får möta havet. Platsen skulle kunna få ett högt värde för besöksnäringen

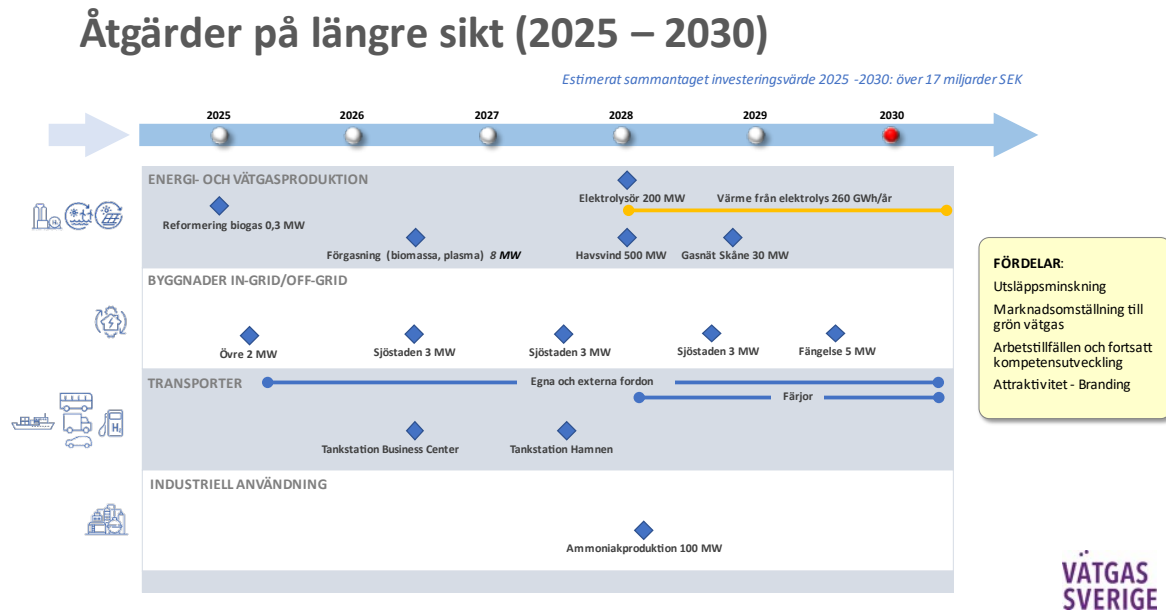
och med ett smart och visionärt energisystem skulle även näringsliv, utländska delegationer och mer yrkesverksamma besökare finna ett värde att besöka och ha aktiviteter i Sumpen. Genom sitt läge i naturområdet kan Sumpen vara föremål för att bygga ett system som är frånkopplat från elnätet, s.k. off-grid.

Kostnadsuppskattningen omfattar solpaneler, elektrolysör, vätgaslager, bränsleceller och batterier.

- **Vindkraft Hamnen.** Enligt uppgift finns tillstånd för ett verk, men ambitioner att utöka antal och effekt. Kostnadsuppskattningen omfattar vindkraftverk och elektrolysör.

I de uppskattade investeringarna som nämns ovan i bilder och i text finns kort beskrivet vid varje projekt vad som ingår i den uppskattade kostnaden. Vi kan i nuläget inte i detalj ange vem eller kombinationen av vilka som ska ta respektive investering, men det finns möjligheter att få upp till 50% i bidrag från olika EU-program eller från svenskt nationellt program för vissa av investeringarna. Vissa investeringar kan även externa aktörer från näringslivet vilja ta. Det går även att söka medfinansiering av t.ex. EIB, InvestEU, Kommuninvest m.m.

Möjliga aktiviteter på lång sikt 2025–2030



Figur 6 Färdplan på lägre sikt (2025-2030)

- **Havsvindsprojekt:** I rapportens bilaga 4 tas havsvindsprojektet upp i detalj. Storleken av 500 MW ger möjligheter för Trelleborg att genomföra de nödvändiga steg som behövs för att stödja stadsbyggnadsprojekten och ta hand om den emissionsbelastning som alla inkommande lastbilar orsakar och inte riskera att vara utan energi när industrin i norra Sverige tillgodoser sina behov av energi. En stor elektrolysör kopplad till vindkraftsparken kommer att ge både vätgas och syrgas men även ett överskott av värme som vida överstiger stadens nu kända värmebehov.
- **Business Centre Trelleborg (BCT)** byggs och det ska erbjuda servicefunktioner till logistiknäringen. Tankstationer för vätgas i hamnen och inom BCTs område bör planeras.
- **Trelleborgs hamn:** Allt fler fordon som kör på vätgas antas vara aktuella under denna period och även inkommande färjor och lastbilar förutses vilja tanka vätgas i Trelleborg. Se utförlig analys i bilaga 4.
- **Stadsbyggnadsprojekten** som Övre, Sjöstadens olika etapper och Fängelset behöver samtliga ett tydligt energitillskott, men de kan också generera energi m.h.a. solceller på taken och i säkerhetszonerna m.m.
- **Reformering av biogas.** Det vanligaste sättet att framställa vätgas är genom reformering av naturgas. Om man istället använder biogas som ursprung får vi en grönare vätgas. Fördelen med att omvandla biogasen till vätgas är att man får en stor CO₂-reduktion tack vare att man går ifrån förbränning av biogas till att använda vätgas i en bränscell med högre effektivitet och det blir inga skadliga emissioner.
- **Förgasning till vätgas:** En annan process är att förgasa biomassa eller sopor till vätgas. Det finns flera olika metoder beroende på vilket substrat man använder. Även här är fördelen att man får en grönare vätgas om man har en förnybar råvara in i processen eller tar tillvara på CO₂.

- **Ammoniakproduktion:** Vi importerar idag ammoniak till olika processer och framförallt importerar vi kvävegödsel där det åtgår stora mängder vätgas till att framställa den ammoniak som behövs. För att bli mer självförsörjande bör vi se över om denna produktion av kvävegödsel istället bör produceras i Sverige. Vätgasbehovet till en sådan anläggning blir omfattande och den kan skapa en intressant näring i Trelleborg för att täcka Skånes omfattande jordbruksnäring.

I de uppskattade investeringarna som nämnt ovan i bilder och i text finns en summering av vad som ingår i den uppskattade kostnaden. Vi kan inte ange vem eller kombinationen vilka som ska ta respektive investering, men det finns möjligheter att få upp till 50% i bidrag från olika EU-program eller från svenskt nationellt program för vissa av investeringarna. Vissa investeringar kan även externa aktörer från näringslivet vilja ta. Det går även att söka medfinansiering av t.ex. EIB, InvestEU, Kommuninvest m.m.

Risker vid genomförande av färdplanen

Nedan listas övergripande risker som identifierats under arbetet med att ta fram färdplanen, samt kommentarer om vad som kan minska eller undvika risken.

Politiska risker

- Den havsbaserade vindkraftsparken kräver politisk acceptans både i Trelleborg och Skurup. Med det kommunala vetot har båda kommunerna möjlighet att var för sig stoppa projektet.
 - Initiera dialog redan nu på olika nivåer. Involvera och visa på fördelar. Energivision Syd kan vara en samarbetspartner.
- Bristande politisk enighet i Trelleborg för att stå bakom en långsiktig satsning.
 - Risken bedöms liten utifrån dagens förutsättningar, men behöver lyftas då den skulle kunna få stor påverkan på satsningen. Näringslivet och medborgarna är viktiga intressenter för att påverka politiken. Viktigt att återkommande kommunicera satsningens fördelar ur ekonomiskt, socialt och miljömässigt hållbarhetsperspektiv – att satsningen är bra för kommunen, dess företag och medborgare ur många aspekter.
- Bristande kunskap och förståelse för energisystem bland politiker och myndigheter om vätgas som energibärare, samtidigt som omvärlden nu förändras i snabb takt.
 - Genom utbildning, kommunikation, studiebesök, och demonstrationsanläggningar kan rädslor och okunskap stävjas.
- "Silo-struktur", d v s ett för snävt synsätt, är en risk, då helhetssyn krävs för att kunna fånga den fulla potentialen med vätgas.
 - Organisation för att styra och driva vätgassatsningen behöver ske i tvärfunktionell gruppering, där alla inblandade är konstruktiva utifrån satsningens bästa och inte bevakar sina funktioner.

Marknadsrisker

- Osäkerheter om de långsiktiga spelreglerna och styrmedlen bland kunder och investerare.
 - EUs tydliga inriktning för att ställa om borde dämpa effekterna av eventuell osäkerhet och inriktningsändringar i svensk politik.

- Låg kunskapsnivå bland kunder och medborgare kan orsaka beslut som grundas på rädslor, inte fakta.
 - Genom kommunikation, studiebesök, och demonstrationsanläggningar kan rädslor och okunskap stävjas.

Risker kopplade till regelverk och lagstiftning

- Säkerhetsföreskrifter för vätgas och vätgashantering behöver uppdateras och standardiseras för att vätgas ska kunna implementeras, speciellt i tätbebyggda områden.
 - ”Lär om, lär av, lär med”. Samarbeta med föregångare, t.ex. Mariestad, exempelvis med kommunen och deras Räddningstjänst. Lär tillsammans med andra. Påtala brister i regelverk till berörda och aktörer som kan påverka regelverk.

Risker i värdekedjan – Teknik och kompetens

- Standarder för lagring och tankning av vätgas finns för personbilar, men de behöver utvecklas för andra fordon och speciellt lagringsfrågan behöver få ett större fokus.
 - Samarbeta med industripartners.
 - Utveckla förmågan att bli bra beställare för att undvika att hamna i återvändsgränder vad gäller tekniska lösningar.
 - Involvera tillståndsmyndigheter i ett tidigt skede i tillståndsprocessen
- Kompetensutveckling behövs utmed värdekedjan, bland installatörer, leverantörer av service- och underhåll, Räddningstjänst m. fl.
 - Samarbeta med industripartners.
 - Utveckla förmågan att bli bra beställare för att undvika att hamna i återvändsgränder vad gäller tekniska lösningar.
 - Bjud in till lärande demonstrationsanläggningar, arrangera studiebesök för professionella.

7. Genomförande – viktiga aspekter och rekommendationer

Som nämnts tidigare i rapporten anser vi att såväl förutsättningar som timing är mycket goda för Trelleborgs satsning på vätgas. Här följer en sammanställning av områden som är viktiga för genomförandet och med rekommendationer för det fortsatta arbetet.

Finansieringsmöjligheter

Nedan listas ett antal kategorier av finansieringsmöjligheterna som kan vara aktuella för Trelleborgs olika satsningar. En mer detaljerad beskrivning återfinns i bilaga 5.

Förprojektering

Regionalfondsprogrammet Skåne-Blekinge har just nu en utlysning öppen för finansiering av ett förberedelseprojekt för en större EU-ansökan. Utöver det finns ELENA som ger möjligheter till medfinansiering till projekteringsarbetet av stora investeringsprojekt. Det kan

vara lämpligt för Trelleborg att titta lite närmare på om man väljer att ta ett helhetsgrepp över de aktiviteter som planeras.

Nationella, riktade premier

En annan grupp av finansieringsmöjligheter handlar om riktade premier, främst till olika typer av fordon (Bonus-Malus, Klimatklivet, Ellastbil- & Elbusspremier). Dessa har mycket specifika krav och smala användningsområden, men kan vara lämpliga för Trelleborg i samband med köp av fordon.

Nationella projekt

Klimatklivet har nu öppnat möjligheten för projekt inom vätgassektorn, kräver dock mycket noggranna och detaljerade beräkningar.

Medel riktade till teknik

Innovation Fund är ett intressant alternativ om man har en teknikleverantör som kan söka denna typ av finansiering. Det förutsätter en typ av partnerskap med teknikleverantör där dessa blir en del av teamet att utveckla Trelleborg.

Internationella lån

De tilltänkta investeringarna skall finansieras på något sätt och här kan det vara lämpligt att kontakta EIB för vidare samtal. Ränteläge är en förhandlingsfråga, men antagligen kan miljöförbättrande investeringar (kopplade till the European Green Deal) ha en god chans då EIB skall främja denna typ av åtgärder.

EU-projektmedel

Det finns ett flertal olika EU program lämpliga för olika åtgärder i Trelleborg, dessa är t.ex. LIFE, Horizon Europe och olika Interreg-program. Dessa är dock specifika i sina utlysningar och vissa kräver även transnationella projektsamarbeten. Det är lämpligt att titta på EU-programmen när den detaljerade planen för utvecklingen i Trelleborg är fastställd.

Övriga medel

Utöver ovanstående så finns det ett flertal olika finansieringsmöjligheter som (idag) ligger lite längre från Trelleborgs möjligheter/ambitioner, men som är värde att ha med i det vidare arbetet.

Samarbeten och partnerskap

Ekosystem är just nu under utveckling, där företag, regioner och akademi söker partners och samarbeten regionalt, nationellt och inom EU.

På regional nivå kan Trelleborg tillsammans med Sjöbo, Lund, Malmö, Helsingborg, Perstorp m.fl. jobba för att Skåne ska bli en s.k. Hydrogen Valley enl. EU:s definition. Varje ort ges möjligheten att nischa sig, men man delar en gemensam vision om regional satsning. Referens är Gävleborg som nu gör en sådan satsning.

En rekommendation är att välja ut några samarbetspartners för de olika satsningarna. Att kvalificera dem, bedöma hur nya värdekedjor och affärsmodeller behöver byggas upp och reda ut vilka som vill investera i Trelleborg.

Bygg också upp det internationella nätverket. Koppla aktiviteter mot EU:s satsningar (IPCEI, CEF m.fl.), nationella (Industri- och Klimatkliv m.m.) och regionala initiativ (STRING). European Clean Hydrogen Alliance är en konstellation där Trelleborg är medlem sedan i maj.

Framdrift genom analys, styrning och uppföljning

Utvecklingen går så snabbt att en roadmap behöver en årlig uppdatering. Gör det till rutin och en tradition. Engagemang i Vätgas Sverige, EHCA, och samarbete med partners underlättar omvärlds-bevakningen.

För att inte enbart lita på eldsjälar (som riskerar att brinna upp) behövs struktur och ”institutionalisering” för att etablera rutiner och minska personberoende. Ett tydligt ledarskap från alla chefer i berörda delar inom kommunens förvaltningar och bolag kommer att vara en framgångsfaktor.

Tydliggör att det är allas ansvarig för att driva vätgassatsningen. Ta fram indikatorer för uppföljning och revidering.

Skapa en lärande process där uppföljningen leder till ett kreativt lärande. Gärna ihop med de noga utvalda samarbetspartner som Trelleborg väljer att långsiktigt jobba med.

Kompetensutveckling

Möjligheten finns att attrahera kompetens och utveckla kompetenscenter i form av utbildningsplatser kring vätgasteknik, energi- och systemintegration. För att detta ska bli långsiktigt uthålligt behöver det gå hand i hand med företagsetableringar och utveckling som bidrar med arbetstillfällen inom fackområdet. Utbildning eller kompetensutveckling behöver starta med kommunens egna medarbetare och politiker, och med nyckelaktörer såsom Räddningstjänsten. De föreslagna inledande satsningarna med tankstation och byggnader blir bra nav för sådana utbildningsinsatser.

Zara Göransson Tosic, arbetsmarknadsförvaltningen, är en person att diskutera utbildningsmöjligheter för studenter på gymnasie- och högskolenivå, och hur Trelleborg kan erbjuda nationell utbildning inom utvalda områden.

Det kan också vara av vikt att föra en aktiv dialog med Svenska Kraftnät och Energimarknadsinspektionen för att utbyta erfarenhet och påvisa hur energilagring i vätgas behöver vara med i den svenska modellen för ett modernt energisystem, samt påverka utvecklingen av en flexmarknad som gagnar Trelleborgs ambitioner och satsningar.

Kommunikation

Möjligheten att sätta Trelleborg på kartan har till viss del redan fångats upp, genom det pressmeddelande kring satsningen som skickades ut i början av sommaren. Nu behövs synliga, konkreta händelser som visar att Trelleborg påbörjat resan i verkligheten. Den föreslagna färdplanen är underlag till beslut. Konkreta installationer har flera värden; de ger möjlighet till lärande och kompetensutveckling, de bidrar till minskad rädsla, de skapar attraktivitet och nyfikenhet hos omgivning och medborgare. De underlättar för att ta kommande steg i utvecklingen mot mer storskaliga anläggningar i energisystemet.

En första version av en kommunikationsstrategi för Trelleborgs Energi är framtagen.

Det är av stor vikt att fördelen med satsningarna på vätgas i Trelleborg kan kommuniceras till invånarna på ett enkelt och tydligt sätt. Här kommer ett förslag på argument att använda i den lokala kommunikationen:

- Tillgången på ren energi bidrar positivt till stadens utveckling och expansion. Det är inte bara en klimatfråga, utan främjar folkhälsan med mindre luftföroreningar. Inte minst för barnen, som är mer utsatta för luftföroreningar än vuxna. Barn rör sig mer och har en snabbare andning, samtidigt som lungorna är mindre. (ref. Naturvårdsverket)
- Satsningen på vätgasfordon i Trelleborg innebär inte bara en renare och hälsosammare miljö för kommuninvånarna. Den innebär även en tystare miljö med mindre skadligt buller. Fordon som drivs med vätgas är elbilar, med skillnaden att elen tillverkas medan du kör. Dessutom renar vätgasfordon luften medan du kör.
- Genom satsning på ett hållbart energisystem och en hållbar stadsutveckling ses Trelleborg/Trelleborgs Energi som en möjliggörare och visionär för en attraktiv och innovativ kommun, för andra samhällen att ta efter.
- Satsningen på vätgasteknik i flera sektorer: transport, byggnader, energisystem m.fl. bidrar till att skapa arbetstillfällen och investeringsvilja. Det skapar en innovativ plattform för affärsmöjligheter mellan sektorerna.
- När staden blir attraktivare ökar inflyttningen, företagsetableringar samt antalet besökare till orten. Det medför i sin tur att skatteunderlaget ökar och ger medel att vidareutveckla välfärden i Trelleborg.
- Helhetsgrepp om hur hela Trelleborg tar ansvar för och driver arbetet för hållbar stadsutveckling.
- Trelleborgs Energi bygger kompetens kring vätgasteknik, energi- och systemintegration.

Bilaga 1: Genomförande av uppdraget

Intervjuade nyckelpersoner

Trelleborgs kommun

Mikael Rubin, Kommunstyrelsens ordförande, Trelleborgs kommun
Fredrik Geijer, Kommundirektör, Trelleborgs kommun
Terje Dilkestad, Process- och projektvägledare, rådgivare, Trelleborgs kommun
Sandra Gustafsson, Planchef, Trelleborgs kommun
Lina Hägg, delprojektledare BCT, Trelleborgs kommun (konsult Sweco)
Mats Linderholm, chef Tekniska Serviceförvaltningen, Trelleborgs kommun
Charlotte Lindström, projektledare Kuststad 2025, Trelleborgs kommun
Mårten Olsson, Tillväxtchef, Trelleborgs kommun

Kommunala bolag

Magnus Sahlin, VD, Trelleborgs Energi
Micael Bergqvist, Strategichef, Trelleborg Energi
Jörgen Nilsson, VD, Trelleborgs Hamn
Pia Jönsson, VD, Trelleborgshem

Externa företag

ABB: Johan Granström och Vibeke Gyllenram
Adven: Henrik Johansson Casimiro och Per Löwenham
Energivision Syd / Energikontoret Skåne: Ulf Jobacker
Kustvind: Magnus Jiborn
Nilsson Energy: Pontus Lundgren och Martina Wettin
Nordion: Igor Vlassioug och Anna-Karin Jannasch
Plagazi: Henrik Oretorp och Torsten Granberg
Statkraft: Per Rosenquist och Erik Mazzocchi
Scania: Tony Sandberg och Anna Douglas
Uniper: Malin Dahlhjort och Jesper Jarnhäll

Genomförda aktiviteter i projektet

Aktivitet	Deltagare från Trelleborg
Stående veckomöten måndagar	M. Sahlin, C. Koinberg
SWOT-workshop 24 maj	M. Bergqvist, M. Olsson, M. Sahlin
Visionsworkshop 7 juni	C. Lindström, M. Bergqvist, M. Olsson, J. Nilsson, T. Dilkestad, Z. Arabi-Eter
Presentation av första utkast 22 juni	M. Sahlin
Presentation av slutrapport 2 juli	Intervjuade personer inbjudna

Bilaga 2: Möjligheter och risker; Röster från intervjuer

Iakttagelser	Konkretisering, exempel på röster
Mycket positivt engagemang för visionen.	<ul style="list-style-type: none"> – Viktigt att ha en gemensam vision för energi, avfall, infrastruktur. Det är hög tid! – Vi har ett tomt blad där vi kan börja från början. Erbjud vätgasproduktion m m. Bra med dedikerade medarbetare som driver – behöver hända saker! – Hamnen central aktör, viktigt att de är med på "vätgaståget". – Trelleborg ska vara ett föredöme ur ett hållbarhetsperspektiv.
Det är uppskattat att kommunen har höga ambitioner.	<ul style="list-style-type: none"> – Kommunikation – görs mycket men behöver synas mer internt, exempelvis genom löpande nyheter på kommunens intranät. Det dröjer för länge innan det syns. Behöver skryta mer! – Ser möjligheter för Trelleborg att ta en plats, men kräver ordentlig satsning.
Politisk enighet finns och är viktig.	<ul style="list-style-type: none"> – Väldigt (ovanligt!) enig fullmäktige, och oerhört tydligt uppdrag från fullmäktige. Man törstade efter utvecklingsprojekt i kommunen, där man kan gå från en hamnarbetarstad till en sprudlande utvecklingsinriktad stad.
Stora möjligheter att öka attraktiviteten för Trelleborg.	<ul style="list-style-type: none"> – Insikt: det bor 50 miljoner människor inom 50 mil. – Vill skapa en blomstrande stad, "Sveriges Toscana", och skapa en boplats som människor vill komma till. – Attraktivt bostadsområde med Sjöstaden. "Havet tillbaka till trelleborgarna" med strandpromenad och restauranger (jmf. Helsingborg, Malmö). Det är en utveckling som kommer att ske på 30 års sikt. – Kuststaden 2025 ska medföra mer än "bara" ett bostadsområde. Hålla Trelleborg attraktivt, gå från f.d. arbetarstad till att hitta ny positiv identitet. – Trelleborg har mellanläge i attraktivitet, gäller att bygga attraktivitet i HELA staden. Smygehuk drar folk, borde Trelleborg också göra. Både business och besök. – Kommunikation och marknadsföring viktigt!
Satsningarna skapar möjligheter till utveckling för Trelleborg.	<ul style="list-style-type: none"> – Möjlighet för Trelleborg, inflyttning, skatteintäkter, bra utbyte (t.ex. pendlingsavstånd) med SV Skåne /Öresundsregionen. – BCTrelleborg. BCT hamn/lastbil/järnväg, befintliga industrispår, stor potential kopplat till transporter. Kommunen har dialog med befintliga företag, och vill ha in fler och nya företag. Tomatodling som kan bygga ut. Ytterligare kriminalvårdsanläggning / fängelse, med 400 anställda. Kommunen har köpt fastigheter för att kunna utveckla. Truckar är en av de mest beprövade FC-fordonen. Mackar/laddstationer kommer finnas vid uppställningsplats inom BCT. – Trelleborgshem ska vara en del i utvecklingen av Trelleborg. Största bolaget i Trelleborg vad gäller hyreslägenheter. De har gått från bara förvaltande till utvecklings- och projektinriktat bolag, har startat upp byggavdelning. Uppdrag från ägare (kommunen): Byggstart 450 lägenheter.
Möjligheter till ökade skatteintäkter.	<ul style="list-style-type: none"> – Kompetens, attrahera utbildning genom kluster av kompetens. Jämför sjukhus, rättspsykiatri, kriminalvård. Rättspsykiatri har idag en professur, nytt fängelse på gång med flera professorer kopplade till det. – Arbetsmarknadsförvaltning arbetar med hur man kan utveckla kompetens. – Grupper med högre kompetens som flyttar in ger bättre skatteunderlag.
Spännande att man satsar på teknikutveckling.	<ul style="list-style-type: none"> – Uppdraget är att ha innovation och nytänk i projektet Kuststad 2025, ex. självkörande bussar och biokol av tång. Vätgas är i framkant teknik- och miljömässigt. Solceller på tak och fasader (studiebesök i Köpenhamn 2017). Det som är spets, innovativt ska implementeras in i området. Utbyggnad under lång tid, viktigt att inte stänga några dörrar.

	<ul style="list-style-type: none"> – Bra att det finns i en organisation som Trelleborg Energi. Krävs inte bara kunskap utan andra typer av kompetens; ex. driv, nätverk, förmåga att attrahera andra stora aktörer. – Sjöstaden är ett havsnivåskydd för befintliga staden. Trelleborg är en kommun med 85 % jordbruksmark – det går inte att bygga någon annanstans. Man vill nya invånare och skattebetalare hellre än en hög "sandmur". – BCT: Kombinerar hamn, järnväg och väg; göra framtidens logistikcenter! Koncept som samordnad varudistribution och "kustsjöfart", som kräver omlastning till mindre fartyg samt "smarthet" kopplat till mottagare. – Trelleborgshem har beslut om att sätta solceller i all nyproduktion.
<p>Satsningen innebär möjligheter, men också vissa utmaningar, för energisystemet</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Behöver se helheten; hantera effektbrist, uppvärmning av bostäder. Redundans viktigt begrepp. Får inte bli ensidigt fokus på transporter. Viss risk då Trelleborg är en gammal transportstad, många politiker har bakgrund i transport och logistik. – Trelleborgs Hamn; Tillstånd för 1 vindkraftverk, 87 m högt, kanske kan utökas till 2,3 st. Hur påverkas Sjöstaden? (utseende, protester, buller). Gäller att man kan "suga upp" elen. Där kommer vätgas in. Möjlighet: Solpaneler på dagvattendammar i hamnen. – Effektfrågan: Idag finns inte begränsningar för Trelleborg Energi, E.ON har fått större utrymme. Sydvästlänken kommer ge ytterligare (2 x 600 MW). Effektbehov ökar i Trelleborg med planerad utbyggnad och satsning; 73 MW idag, ökar med 1,5 MW om året. – Sumpen": utställning, vätgaslösning? Intressant, påpekas av flera. – Sjöstaden: En 100 % självförsörjande stadsdel. Producera och lagra sin egen energi, vara off-grid. Inklusive storskalig vätgasproduktion med hjälp av havsbaserad vindkraft. Samtidigt: Besvikelse över att Sjöstaden inte tänkt energi från början. – Tomatodlingen: värmebehov och uppvärmningsform? Trelleborg Energi har inte kunnat leverera tillräcklig så man har fått hitta egna/andra lösningar. – Avfall som resurs; restprodukt som ex tång som rötas, ska göra biogas och biokol. – Man ska välja sådana åtgärder där det gör nytta. Äldreboende på landet är ett bra exempel, där skulle satsningen tjäna sitt syfte (reservkraft, redundans).
<p>Det kan vara svårt att gå från vision till konkret handling.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Kopplingen mellan visionen och vad som ska hända konkret är inte tydlig. – Utmaning att enas om vad vi ska göra. Vad ska vi fokusera på när det finns en djungel av möjligheter. Balansera infrastrukturen med ny lokal elförsörjning. Behöver tänka helhetslösningar. – I samtal med Sjöstaden (Balder, Skanska) har man varit tydlig med hållbarhet och innovation som viktiga parametrar. Inte på samma sätt med V:a Sjöstaden. För 15 år sedan: Fastigheter i Stavnäs såldes inkl. fjärrvärmeanslutning, det fanns ett åtagande från energiförvaltningen. – Implementering; exempelvis när lokalstrategier ska ta fram ramprogram för ex förskola, då kan man inkludera byggnader, och ställa krav på energilösningar. – Risk att regelverk inte "hänger med" (ex el från solceller, dyrt att mata in på elnätet). – Behöver öka kommunens egen kompetens – inte bara om vätgas utan arbetsätt och attityd. Behöver gå från förvaltning och detaljstyrning till handling, kompromissvilja, pragmatism för att få saker att hända
<p>Stora investeringar – är man beredd att satsa när det blir skarpt läge?</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Politiskt stöd till 100% men än har inte några beslut som involverar pengar behövt fattas. Pengar finns om det är något konkret som syns. Det behövs en tankstation så folk ser att det händer något.

	<ul style="list-style-type: none"> - Vad är fokus – att vara först med en mack eller göra en stor satsning. Behöver visa att kommunen menar allvar. - Det viktigaste just nu är att politikerna förstår att det kostar pengar. Det är nödvändigt att vara tydligt med det. - BCT: Produktionsytor för vätgas innebär utebliven intäkt från försäljning, minskar lönsamheten.
Risk för målkonflikter med andra intressen i kommunen.	<ul style="list-style-type: none"> - Viktigt att vätgassatsningen kopplas ihop med helheten i kommunen. - Trelleborg Energi vill satsa, men man måste göra detta som Trelleborg som helhet, och inkludera alla intressenter. Inbyggt hinder i stora intressenter, man tror att något händer men ser inte sin egen roll. Misstanke: att man gjort en projektplan ur ett Trelleborg Energi-perspektiv. - Ringvägen byggs kommunalt, beslut i kommunfullmäktige under våren. Trafikverket har gått med på ringvägen, men medborgare kommer att ha synpunkter. Kan bli överklagad. Bör vara byggd 2025. Detaljplan för östra infarten till hamnen, kan gå till beslut i fullmäktige i slutet av året. BCT: Allt hänger på beslut om infart och ringväg. - Jordbruksmark av bästa klass. Behöver vara rädd om marken. - Det är mycket investeringar som ska göras, i konkurrens med allt annat. Mycket diversifierad verksamhet i en kommun - kommundirektör är det svåraste jobbet! - Det kan komma en opinion om hur resurser används (målkonflikter), den måste hanteras. Behöver vara proaktiva i kommunikationen.
Okunskap/rädsla för ny teknik kan finnas i olika grupper	<ul style="list-style-type: none"> - Rädsla för explosion etc. hos allmänheten, låg kunskapsnivå. - Politik lokalt kan ställa till det, t ex med skolbussarna om personer säger nej till gasbil pga. okunskap och rädsla. - Olycka kan påverka (då stiger rädsla och osäkerhet). - Inte så orolig för säkerhet efter studiebesöket i Göteborg – visar på behov av kommunikation och "showroom". Kommunikation och marknadsföring viktigt. - Blixten 1: Solpaneler på taken, men måste utreda möjligheter för vätgas; tillstånd, säkerhetsaspekter. På Blixten 1 finns IT-hotell där det mesta för kommunen finns lagrat. Är det ett hinder (för vätgas)? - Räddningstjänsten behöver kanske utbildas? - Troligtvis bra att ta en utbildning/info för politiker (och andra?) i höst.
Insats över lång tid - har man uthållighet?	<ul style="list-style-type: none"> - Tungt för Trelleborg Energi att bära ensamt, ekonomiskt, belastning. Samtliga delar av Trelleborg behöver ta ansvar, driva och hålla ut. - Behövs politisk förankring. Inom andra områden har man rapportering i kommunstyrelsen två gånger om året. Kanske behövs utbildning av kommunstyrelsen (något som Vätgas Sverige gjort i andra kommuner). Det kan vara en halvtimme på möte eller en hel vätgasdag, kan se olika ut. Styrgruppen får komma med förslag. - Hur gör man Trelleborg trovärdig långsiktigt, att det är vätgas och fjärrvärme som gäller för framtiden? Man ska inte riskera att det man gör nu är ett felval. Hyresrätter vs bostadsrätter, större intresse för livscykelkostnaden hos fastighetsägare som har hyresrätter. Mest BRFer i Sjöstaden, men även hyres. - Synkning med resten av Sverige. NHC behöver förverkligas så att transportörer känner trygghet att vätgas finns att tanka innan Mariestad. - Trelleborgs kommun har hög rotation av folk, men positivt - innebär många nya tankar och öppnar möjligheter! - Kommunikation!
Styrning och -uppföljning av satsningen nödvändig	<ul style="list-style-type: none"> - Nuvarande organisation; Kuststad 2025 är del i förvaltningsorganisationen, för att ta tillvara kommunens organisation istället för att skapa konflikt med separat projektorganisation och egen resultatenhet (som var tidigare

	<p>organisation för Kuststad 2025). Processledare (i stället för projektledare) direkt underställd Kommundirektören.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tydlighet i ansvar behövs. Uppföljning i ledningsgruppen. Styrgruppens vilja ska genomsyra. Våga stå fast vid beslut. Krav ska ställas och följas upp på entreprenörer. Det behöver finnas profession i utförandet, utifrån uppdraget från styrgruppen. – Satsningen har många delar; Infrastruktur, bostadskomplex, förtätning city, BCT med strategisk position för flöden. Allt har bäring på vätgas. Styrning ska ske i ordinarie verksamhet – risker? Tas erfarenheter från projektstyrning tillvara, eller begås klassiska misstag (=onödigt!) – Utbildningsmodell finns för projektledning Trelleborg. BCNK Business Case Nyttö Intressent Kalkyl. Finns verktyg som funkar för Trelleborgs kommun.
<p>Hänger på att privata aktörer engagerar sig</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Föregå med gott exempel. Man kan göra mycket i egna byggnader. Om man ska få andra att nappa så behöver man ha en plan. Kunna förklara för exploitörer ”det här innebär det för er”. – Privata företag behöver kunna se långsiktig vinst. Fånga in näringslivet tidigt. Bredda marknaden, involvera företag för att lära, utveckla tillsammans. – Identifiera intressenter (privata och offentliga). Var någonstans är företagen intresserade av att satsa (global marknad). Tysklands satsningar på vätgas kommer påverka flödena in till Trelleborg (inkl. NL, Polen). – Ex. Midroc, Serneke i V:a Sjöstaden; behöver vara med på satsningarna, ska ses som del av deras utvecklings- och marknadsföringsbudget. – Trelleborgshem intresserade av att vara med, men ser kanske att piloter inte i första hand görs på boendefastigheter utan offentliga lokaler. – BCT: Så länge inte hamnfart och ringväg är klart kan de inte börja sälja mark. Måste få ordning på vad som ska finnas i området. Industrimark fortfarande billigt i Trelleborg, gäller att få in rätt aktörer så att det inte hindrar utveckling av logistikcentrum (t.ex. bilhandlare, grusupplag). Helst vill inte kommunen äga byggnader i framtiden, så man kan inte bestämma helt själv utan kommande köpare/ägare måste se ekonomi med de nya lösningar man väljer. – Måste finnas folk som vill flytta hit och köpa bostäder, Trelleborg konkurrerar ju med Malmö, Lund och Köpenhamn.

Bilaga 3: Pågående projekt i Sverige

Nedan beskrivs ett antal planerade, pågående och nedlagda projekt från svenska städer. Informationen om orternas projekt är hämtade från företagens respektive Vätgas Sveriges hemsidor.

Vårgårda – flerfamiljshus blir självförsörjande på el



Figur 7 Vårgårda Bostäder

Vårgårda Bostäder AB bestämde 2018 att man skulle testa en unik kombination av ny och fossilfri teknik i renoveringen av ett gammalt miljonprogramsområde. Med hjälp av solceller på taken skulle energi lagras och sedan användas i husen. Företaget jobbade för att överskottsenergin från sommaren skulle kunna lagras med hjälp av vätgas och därigenom sparas till vintern, när solen inte skiner lika mycket. Husen som omfattades av projektet var delar av Vårgårdas miljonprogram. De byggdes i mitten av 70-talet och stod inför ett omfattande renoveringsbehov och skulle bli Sveriges första flerfamiljshus att tas off-grid. För att möta efterfrågan på fler bostäder i kommunen kombinerades renoveringen av husen med påbyggnation av ytterligare ett våningsplan.

När det byggs nytt idag är energieffektivitet en självklarhet, men det finns långt fler byggnader som redan är byggda och som drar mycket mer energi än de nya. Därför är ett sådant här projekt ett extra gott exempel, där Vårgårda Bostäder AB visar på möjligheter att göra gamla hus helt självförsörjande med ny och innovativ teknik och därigenom bidra till miljömålet God bebyggd miljö. Eftersom de både skulle renovera och bygga till skulle de få stora möjligheter att ta ett större grepp om hela byggnadens tekniska system. Husen skulle få samma låga energiförbrukning som om de vore nybyggda, enligt Jan Thorsson, f.d. VD för Vårgårda Bostäder. Med så låg förbrukning skulle steget att bli självförsörjande på el vara möjligt. Med ett godkänt investeringsstöd för solceller från Länsstyrelsen beslöt sig det

kommunala bostadsbolaget för att och göra husen självförsörjande på energi under hela året. Husen skulle utrustas med solceller på taken och ett batterilager som räcker för fastighetens förbrukning för upp till två dygn.

– Under våren och sommaren kommer vi att ha en stor överproduktion, då tillverkar vi vätgas. På vintern använder vi vätgasen till el och värme till byggnaden med hjälp av bränsleceller, säger Jan Thorsson. Dagens fjärrvärmesystem kommer att kopplas bort och husen tas off-grid för värme och varmvatten. Elen kommer att täcka fastighetens behov för drift av fläktar, hissar och liknande, medan hushållen kommer att ha kvar sina egna elabonnemang för hushållselen. Jan Thorsson betonar att den pågående ombyggnationen inte ska ses som ett energiexperiment utan som ett byggprojekt bland andra där långsiktig hänsyn tas till energiförsörjning.

– Det här är helt vanliga hus från miljonprogrammet. Här bor vanliga människor på en vanlig ort i Sverige. Vi har gjort en vanlig offentlig upphandling med vanlig byggtreprenad. Så vad vi ser är ett genombrott där den här tekniken verkligen är tillgänglig för alla.

Flerfamiljshusen i Vårgårda skulle bli de första i Sverige att tas off-grid. Sex likadana huskroppar ingår i projektet med sammanlagt 172 lägenheter.

Husprojektet fick pris av Naturvårdsverket och deras generaldirektör gjorde följande uttalande:

– Det har varit ett svårt men roligt arbete för juryn att välja bland alla dessa goda förebilder och sätta sig in i vilket gediget och engagerat arbete de har gjort och gör. Stort grattis till alla vinnare, och även en eloge till alla som var nominerade! Ni gör alla ett viktigt och värdefullt arbete för Sveriges miljömål säger Björn Risinger, Naturvårdsverkets generaldirektör.

2021 tas det beslut i Vårgårda kommun att projektet ska läggas ned. Man anger att ekonomin i bostadsbolaget är orsaken, men mycket tyder på en osäkerhet kring vätgaslagring var en starkt bidragande orsak till beslutet. Fyra hus av sex blev färdigställda men vätgasdelen fick aldrig tas i drift.

Mariestad – världens första soldrivna vätgasstation



Figur 8 Mariestad

Mariestad satsade 2017 på att investera i en vätgastankstation. 2018 gick startskottet för bygget av en solcellspark i anslutning till vätgastankstationen. Tankstationen fick därmed ett energisystem för lokal soldriven produktion av vätgas. Bakom satsningen stod kommunen, det lokala energibolaget VänerEnergi och företaget Nilsson Energy. Mariestad blir därmed först i världen med en vätgastankstation som off-grid lokalproducerar sin vätgas från solenergi. Den har ett strategiskt läge utmed E20. Kommunen har för tillfället 14 egna bränslecellsbilar som tankar vätgas, men redan vid 35–40 bilar går tankstationen runt rent ekonomiskt.

Det nya energisystemet ingår i projektet HydrogenVillage, som också innefattar Mariestads vätgastankstation. Stationen ägs av Mariestads kommun och det kommunala energibolaget VänerEnergi ansvarar för driften.

Mariestad är kommunen som har satsat på vätgas på riktigt, långt innan EU pekade ut vätgasen som central för att nå våra klimatmål. Mariestad är en föregångare som vågar testa vätgasen inom olika användningsområden: till drivmedel, för att lagra förnybar energi, eller för att värma upp kommunens fastigheter. Satsningarna är en del av konceptet "ElectriVillage", där Mariestad arbetar med att nå Parisavtalets klimatmål. Det har gjort att Mariestads kommun blivit utnämnd av Unesco till ett modellområde för hållbar utveckling (biosfärområde).

– Det har blivit ett varumärke för kommunen. Intresset är väldigt stort, många hör av sig och vill veta mer om vad vi gör, säger Susanne Wallnér, utvecklingsstrateg i Mariestad.

Bakgrunden till satsningarna i "ElectriVillage" är att kommunen var tvungen att hitta nya lösningar för att förbli attraktiv och generera arbetstillfällen, när ortens stora arbetsgivare Electrolux, lade ner sin verksamhet 2015. Kommunens lösning blev att satsa på hållbarhet och nya branscher.

Ytterligare ett delprojekt i "ElectriVillage" är en förskola som kommer att bli självförsörjande på energi. Man har påbörjat bygget och den ska stå klar under 2021. Förskolan kommer att vara fränkopplad från elnätet och producera sin egen energi året om med hjälp av solenergi. Husets självförsörjande energisystem består av solceller, batterier, vätgas och bränsleceller som samspelar. Dessutom pågår just nu också en utredning om vätgasen kan ersätta diesel i tågen som trafikerar Kinnekullebanan.

Skellefteå – världens första soldrivna hus för kalla klimat



Figur 9 Självförsörjande energisystem för hus i kallt klimat i Skellefteå

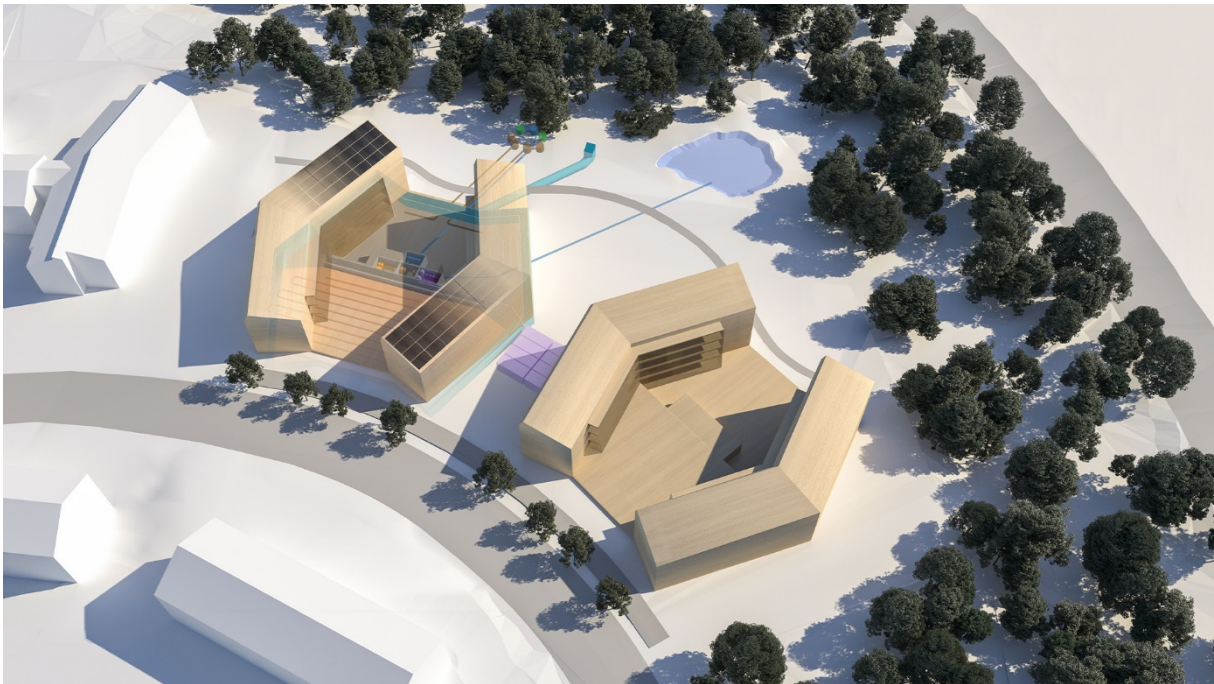
Skellefteå fick sitt off grid-hus 2018. Husets har ett självförsörjande energisystem består av solceller, batterier, vätgas och bränsleceller som samspelar. Under sommaren samlar huset solenergi och överskottet lagras för att kunna användas under vintern och de månader då solen inte skiner så mycket. Huset har utvecklats av Skellefteå Kraft och Derome och man har haft hjälp av Hans Olof Nilsson, som byggt ett självförsörjande hus i Agnesberg, Göteborg. Byggprojektet går under namnet "Zero sun project" och är världens första soldrivna hus anpassat för klimatet i norra Sverige.

– Vissa månader är det noll soltimmar här och väldigt kallt. Det är alltså en väsentligt större utmaning att bygga ett fossilfritt självförsörjande hus i norra Sveriges klimat än att göra det längre söderut, säger Christoffer Svanberg, chef affärsområde affärsinnovation vid Skellefteå Kraft.

– Ett övergripande fastighetsystem styr när batterierna ska laddas och när vätgas ska produceras, det blir som ett smart elnät i miniatyr. Sedan behöver vi ett smarta hem-system som skickar signaler till det övergripande systemet och berättar när någon vill tvätta, duscha, eller ladda bilen, berättar Fredrik Jonsson, teknikansvarig på Skellefteå Kraft.

Huset är en standardvilla från A-hus på 140 kvadratmeter. Den har 122 kvadratmeter solceller vilka ger 27 kW effekt. Vätgaslagret är på 2000 kubikmeter och ger 6000 kWh i energilagring.

Jönköping – självförsörjande bostäder planeras



Figur 10 Vätterhem

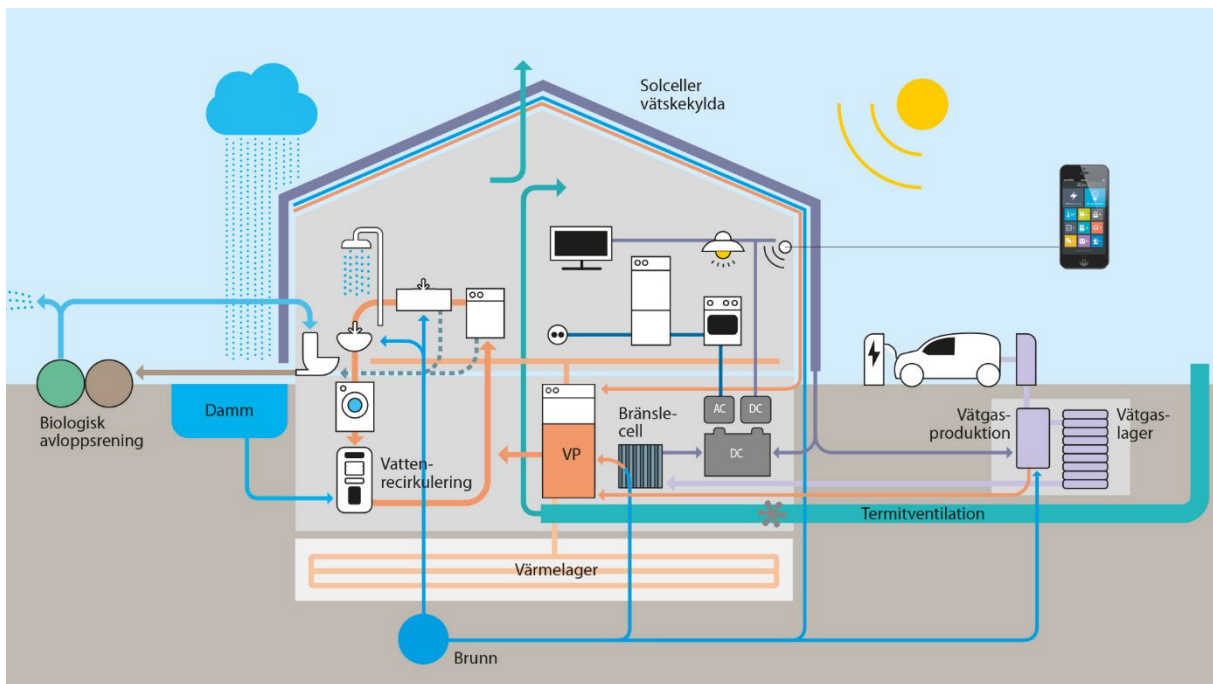
Det kommunala bostadsbolaget Vätterhem planerade att bygga flerbostadshus med 44 lägenheter i två hus, som inte skulle anslutas till några kommunala nät. Husen skulle bli självförsörjande på energi och vatten samt ta hand om sitt eget avlopp. Projektet kallas Vätterhem YEAH och det skulle byggas i Öxnehaga i Jönköping.

Idén kommer från arkitektföretaget Yellon som arbetat fram YEAH-konceptet (Yellon Environmental Aesthetic Housing). Solenergi kommer att vara basen i energiförsörjningen, regn och smältvatten från tak kommer stå för vattenförsörjning och avloppsrening sker på plats.

– Delar av tekniken hoppas vi även kunna överföra på våra övriga ca 9 000 bostäder i Jönköping, säger Thorbjörn Hammerth, vd Vätterhem. Nilsson Energy ska leverera sitt förnybara energisystem till YEAH projektet, vilket lagrar förnybar energi från sol och vind i vätgas.

Jönköping Energi blir ansvariga för driften av energisystemet och att lagra energi.

– Vätgastekniken i kombination med solceller är ett intressant sätt att lagra energi till fastigheter. Det är beprövat men relativt ny teknik, och det är värdefullt för oss att lära oss mer om detta, säger Fridolf Eskilsson, vd Jönköping Energi.



Figur 11 En principskiss över ett energisystem med vätgas. Bild från Yellon.

Totalt byggs fyra till synes likadana energisnåla hus varav två är kopplade till kommunala elnätet och två är off-grid. Detta gör att exakta jämförelsetal kan tas fram när det utförs mätningar i de olika husen. Vätterhem investerar långsiktigt genom detta projekt då minskad energiförbrukning på sikt leder till lägre kostnader.

-Genom detta forskningsprojekt vill vi minska vårt klimatavtryck och dra lärdom av ny teknik och innovativa lösningar som appliceras i off-grid husen, för att sedan kunna använda delar av detta även i vårt befintliga bostadsbestånd, säger Thorbjörn Hammerth, vd Vätterhem.

Vätterhem kommer att äga och förvalta hyreshusen för kvarteret Slåttertiden som Skanska fått i uppdrag att bygga. Jönköping Energi ansvarar för driften av energisystemet och lagring av energi i husen vars grundidé med kombinationen av olika system är uttänkt av Yellon.

Basen är solenergi och vätgas produceras av el från t.ex. solceller som i sin tur spjälkar vatten i en elektrolysör till vätgas och syre. Vätgasen lagras sedan tills den behövs (vintertid) och blir då till el och varmvatten i bränslecellen.

- Att hitta effektiva sätt för mikroproduktion, lagring och energieffektiva fastigheter är en del av det framtida boendet. Där vill Jönköping Energi vara med och bidra med kunskap och erfarenhet som både utvecklar oss och fastighetsägare i vår region, säger Fridolf Eskilsson, vd Jönköping Energi.

Dricksvatten tas från egen borrhärad brunn medan övrig vattenförsörjning kommer från regnet som fångas upp i dammar för att sedan renas och återcirkuleras. Bakom detta ligger många innovationer och hanteringen av livsmedelsvatten och hygienvatten sker på olika sätt.

Avloppet renas och återcirkuleras via forcerad rening och när det gäller ventilationen ska termitventilation som använder markens kyla respektive värme beroende på säsong testas.

Den totala merkostnaden för de två off-grid husen hamnar på cirka 50 mkr. Stöd på 25 mkr är sökt hos Energimyndigheten, resterande kostnad delas upp mellan Vätterhem och Jönköping Energi. Produktionskostnaden för de 44 hyresrätterna i de självförsörjande husen

beräknas kosta 160 mkr. Tack vare lägre driftskostnader räknar Vätterhem med att hämta in extrainvesteringen inom loppet av 10 år för att den därefter ska generera ett överskott.

Vätterhems satsning på att låta två bostadshus bli självförsörjande har stoppats. "Det är lätt att vara efterklok, men vi ger inte upp", säger Vätterhems vd Thorbjörn Hammerth.

Det kommunala bostadsbolaget Vätterhem skulle bli först i världen med självförsörjande hyreshus men nu får planerna läggas på is. Detta efter att Energimyndigheten nekat det stöd man sökt för projektet på 55 miljoner kronor.

– Skälet var bland annat att man inte såg en snabb kommersialisering av projektet, vilket inte heller var vårt syfte. Vi efterfrågade ett kunskapsutbyte där vi skulle mäta skillnader i data, information och beteenden med målet att sen kunna implementera lösningarna i vårt äldre bestånd. Speciellt vad gäller AI och maskininlärning, säger Thorbjörn Hammerth, vd Vätterhem

Det uteblivna stödet blev ett tungt besked för Vätterhem. Speciellt eftersom bolaget gjort en studie tillsammans med Energimyndigheten, RISE, Yellon och Mälardalens högskola där man tittade på om det är tekniskt och ekonomiskt realistiskt att bygga ett självförsörjande bostadsområde i urban miljö som inte är inkopplat på elnätet, fjärrvärmenätet eller kommunalt vatten och avlopp.

– Vi hade skapat en simuleringsmodell och trodde att nästa steg var att förverkliga modellen. I och med att vi hade den första finansieringen på plats så tyckte vi att vi hade slagläge. Så det var synd att det inte fungerade hela vägen, säger Thorbjörn Hammerth.

Han nämner att om de hade känt till alla förutsättningar i ett tidigare skede hade man agerat annorlunda.

– Då skulle vi ha breddat den externa finansieringen eller inriktat anläggningen på energiområdet med solceller, batterier, vätgas och bränsleceller. Alltså inte gått all-in med ett komplett självförsörjande hus. Det är lätt att vara efterklok men hela processen har gett oss ovärderliga kontakter, partners och lyft oss flera nivåer som göra att vi idag jobbar naturligt med bostadsinnovationer.

I det planerade projektet skulle fyra hus byggas med totalt 80 lägenheter, varav två skulle bli självförsörjande när det gäller el, vatten, avlopp och värme.

Nu när planerna stoppats kommer husen att byggas som passivhus med smarta energilösningar som solceller och batterilager. Husen förväntas bli ungefär 20–40 procent av den tänkta off grid-lösningen och medför en extrakostnad på cirka 10–15 miljoner kronor.

Innebär detta att vätgas utesluts helt från projektet?

– Ja, men vi är fortfarande väldigt intresserade av vätgas och vi har planer på att testa liknande koncept om ett år fast i mindre skala. Då kommer vi att ansöka om stöd igen eller att vi utvecklar ett eget koncept tillsammans med energibolaget i Jönköping som vi har mycket starka relationer med. Min tilltro till vätgas har växt under resan och jag ser det som det starkaste alternativet till den framtida energiförsörjningen.

Sjöbo – vätgasanläggning för byggnader och transporter

År 2020 sedan startade AB Sjöbohem sin planering för att kunna göra en av sina byggnader självförsörjande på el och samtidigt producera vätgas till sin fordonsflotta. Nu är alla tillstånd klara och bygget har påbörjats.

– Denna anläggning är den första i sitt slag i Sverige och en av få vätgasanläggningar som finns i vårt land. Det är den första vi bygger men vår plan är att vi skall under de närmsta åren uppföra fler liknade anläggningar. Ska vi lösa våra klimatutmaningar så kan vi inte snacka utan vi måste agera. Vi är helt övertygade om att detta är ett verkligt kliv mot ett hållbart samhälle som vi kan lämna över till våra barn med stolthet och ge dem en bra framtid, säger Kent Tillberg förvaltningschef på AB Sjöbohem.

Fakta och siffror om Vätgasanläggningen hos AB Sjöbohem

AB Sjöbohem producerar förnybar energi. Fullt utbyggd kommer anläggningen bestå av drygt 800 solpaneler med en installerad effekt på 269 kWp och ett vindkraftverk. Vätgasdelen består av en elektrolysör, bränslecell samt gaslager.

- Lagringskapacitet på 3 000 kWh el
- Lagringskapacitet på 3 000 kWh värme

Av elen som produceras i egna solceller används ca 64 MWh för eget bruk och ca 169 MWh skickas ut på elnätet.

Från och med 2021 kommer AB Sjöbohem påbörja arbetet att fasa ut samtliga fordon som drivs på fossila bränslen och gå över till fordon som drivs av egenproducerad fossilfri vätgas.

– Vi ser detta som ett viktigt steg i vårt slutmål med att AB Sjöbohem skall vara ett fossilfritt bolag senast 2030. Vårt mål är att bli fossilfria på riktigt och det kan vi bara uppnå om vi själva tar ansvaret för hela produktionskedjan när det gäller energi, säger Morgan Johansson, vd på AB Sjöbohem.

Karlstad – sektorskoppling vätgas - fjärrvärme



Figur 12 Foto Karlstads Energi

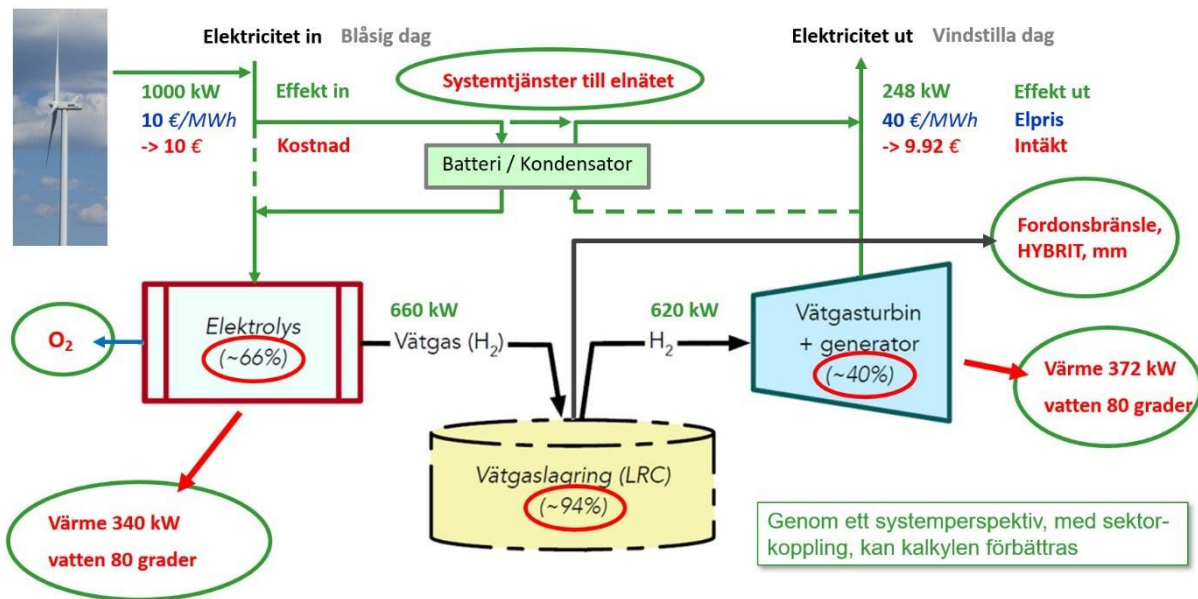
RISE driver projektet HyCoGen tillsammans med ett antal företagspartners. Projektet går ut på att öka totalverkningsgraden i omvandlingen el-vätgas-el genom sektorskoppling med fjärrvärmeproduktion.

Tidigare rapporter har kommit fram till att produktion och lagring av vätgas för senare elproduktion inte är lönsamt utifrån dagens förutsättningar. Orsaken är i huvudsak dess kostnader och förluster i energiomvandlingarna. Detta projekt ska undersöka möjligheter att tillvarata förlusterna som skapas i processen och hur dessa kan skapa ekonomisk nytta. De värmeförluster som uppstår i processen skulle kunna nyttjas i befintlig fjärrvärmeproduktion. Värmen kan därigenom generera fjärrvärmeintäkter.

Syrgas är en annan restprodukt som skapas i vätgasproduktionen. Den kan t.ex. nyttjas vid förbränning av biomassa eller avfall, vilket effektiviserar förbränningen och minskar kväveföreningar i rökgaserna, vilket underlättar CCS.

För att ytterligare öka möjligheterna till lönsamhet i systemet kan vätgasen alternativt också användas till fordonsbränsle eller andra typer av industriella processer. Denna typ av process, i kombination med snabb batterilagring, kan också bidra till systemtjänster för elnätet, vilket kan generera ytterligare intäkter.

Projektet kommer också att göra en översyn av dagens och framtidens tekniker, där framtida kostnader och verkningsgrader förväntas förändras i positiv riktning för processens ekonomi. En skiss nedan visar de ellipser som projektet fokuserar på.



Figur 13 Systembild för produktion och användning av vätgas via sektorkoppling.

Projektet leds av RISE. Partners är svenska regionala energibolag, Karlstads Energi, Stockholm Exergi, Tekniska verken, Mälarenergi samt Göteborg Energi. Siemens Energy i Finspång medverkar som industripartner med lång erfarenhet och tekniska system som kan användas i processen. Mälardalens högskola medverkar med kompetens och en befintlig systemmodell i det öppna källkodspaketet OptiCE för optimering av hela processen.

Projektets budget är på 7 MSEK. Finansieringen kommer från Energimyndigheten och Göteborg Energis stiftelse för Forskning och Utveckling. Kommersiella företag bidrar med egen tid.

<https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/systemperspektiv-for-effektiv-vatgasproduktion-via-koppling-till-fjarrvarme>

Bilaga 4: Djupanalys av tre objekt

Byggnaden "Blixten"

Ingen månad har överskott av produktion med den föreslagna anläggningen. Utifrån tillgänglig offert ser det ut som att övriga takytor skuggas relativt mycket eller är i ogynnsamt väderstreck.

Det pedagogiska värdet av en anläggning skulle däremot kunna vara stort, vilket kan motivera en anläggning med vätgas som ser till att inte el behöver köpas när den är som dyrast, eller möjliggör sänkning av huvudsäkringen. Huvudfokus är då att använda el från solpanelerna när den även är billig på elnätet för att göra vätgas. Det kan också finnas enskilda dagar när produktionen överskrider konsumtionen även om den inte gör det på månadsbasis, då anläggningen kan användas för att producera vätgas istället för att mata ut överskottet på elnätet. Huvudsäkringen för fastigheten är idag 200 A till en månatlig kostnad av 43 510 SEK/år. Om det maximala strömbehovet kan halveras skulle det innebära 19 834 SEK/år istället, det vill säga en minskning med 23 676 SEK/månad eller 284 512 SEK per år. Ett batteri på 48 kWh till en sådan anläggning för att ta hand om de mer kortsiktiga fluktuationerna kostar ca 300 kSEK, men för djupare analys av detta samt övriga komponenter behövs dock mätvärden timme för timme och ett mer ingående analysarbete.⁴

För en pedagogisk variant av ett system finns det mycket små system på wattskala som är fristående och inte kopplas till byggnaden. En mer ambitiös variant som kan kopplas till husets energisystem är att använda ett batterilager som grund och sedan koppla på ett vätgaslager som kan lagra mer energi långsiktigt mellan säsonger. Ett sådant system kostar runt 3,5 MSEK per 100 kW för elektrolysör och ungefär samma kostnad för ett bränslecellssystem per effektenshet. Lagring i komposittankar kostar runt 5 000 SEK per lagringskapacitet i vätgas. Sådana tankar finns exempelvis tillgängliga med måtten 0,8 m i diameter och 6 m långa, vilka rymmer 62 kg vätgas per styck vid 300 bar⁵. Till detta behövs en kompressor som kostar ungefär 1 MSEK som då klarar 2,7 kg/h (vilket matchar en elektrolysör på ca 135 kW). Det exempelsystem som presenterats ovan är skalbart uppåt, men för mindre system ökar priset något per kW när skalan minskar. I juli, som är den månad mest solenergi bör produceras, beräknas produktionen till ca 17 MWh, om detta för att illustrera skala skulle användas som exempel skulle om hela denna mängd lagras i vätgas motsvara 340 kg vätgas, alltså 5,5 vätgastankar med måtten ovan till en kostnad av 1.86 MSEK beräknat på 6 tankar. 17 MWh som alltså motsvarar ungefär 23 kW i genomsnitt⁶, skulle uppskattningsvis kosta 875 kSEK för en motsvarande elektrolysör. På förbruknings-sidan används ca 27 MWh i januari, vilket i snitt motsvarar 36 kW⁷, med en verkningsgrad av 60 % på bränslecellen ger detta ett bränslecellsbehov av 60 kW till en ungefärlig kostnad av 2,1 MSEK.

⁴ <https://www.trelleborg.se/kommun-politik/fakta-om-kommunen/avgifter-och-taxor/elnavsgifter-for-sakringskunder/>

⁵ $(6 \cdot \pi \cdot 0.4^2) \cdot 229 \cdot 0.0899 =$

⁶ $17000 / (31 \cdot 24) =$

⁷ $27000 / (31 \cdot 24) =$

Utifrån detta skulle det som illustrativt exempel kosta $1.86+0.875+2.1+1+0.3= 6.1$ MSEK. Observera att detta är ett exempel för att visa storleksordning som inte är knutet till självförsörjande eller sänkning av maxeffekt. Kostnader tillkommer för projektering, installation och komplettering med solpaneler och batterier.

Bästa sättet att gå vidare med detta är att kontakta en leverantör av hela system och göra förbrukningsdata tillgänglig. Det kan även vara bra att låta dem räkna på solcellsanläggning också för att jämföra med offerten som var till grund för beräkningarna ovan.

Vätgas till lastbilar

Behov och produktionskapacitet

I Trelleborg beräknas ungefär 1,5 miljoner tunga lastbilar passera varje år med färja från Polen och Tyskland. EU:s plan är att samtliga fordon, däribland dessa, ska drivas med förnybara bränslen till 2050. För att klara detta på EU-nivå kommer bibränslen inte vara tillräckligt, utan vätgas och batterier kommer vara en stor del. De lätta lastbilarna kommer till stor del ladda el som bränsle medan tunga långväga lastbilar som det rör sig om i Trelleborgs fall, främst använda vätgas. För att en stor andel av dessa ska kunna vara genomförbara att byta ut till 2050 kommer en stegring i marknadsandel fram till 2050 behöva ske. Till 2030 har Daimler sagt att 3000 lastbilar globalt kommer finnas på vägarna ⁸, alltså en mycket liten del av de tunga lastbilarna, vilket gör att en betydande ökning behöver ske 2030–2050. Om de tunga lastbilar som passerar genom Trelleborg med färjan inte är del av en specifik satsning utan ett genomsnitt i Europa som i nuläget har ungefär 6.6 miljoner lastbilar över 3,5 ton skulle andelen bli ungefär 680 lastbilar per år från denna tillverkare ⁹. Daimler får anses vara en av de lastbilstillverkare som kommit längst inom bränslecellslastbilar och de har en marknadsandel på ungefär 22 % ¹⁰. Samtidigt som flera av de övriga tillverkarna i Europa ligger efter Daimler, börjar start-ups som Hyzon och Nikola tillsammans med Hyundai som inte har någon betydande del av marknaden i Europa att ta upp beställningar i Europa. Om det därför antas att marknaden i stort avancerar på liknande sätt som Daimler till 2030, skulle antalet lastbilar som passerar Trelleborg årligen bli $680/0.22= 3100$ Lastbilar per år, d v s 8,5 lastbilar per dag som potentiellt tankar i Trelleborg. En lastbil beräknas tanka 30–80 kg H₂ ¹¹. Om hälften av dessa fordon skulle tanka 40 kg i Trelleborg blir då mängden vätgas per dygn 170 kg, för vilken det åtgår ungefär 8 MWh. ¹²

⁸ <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-Truck-AG-and-Shell-target-accelerated-rollout-of-hydrogen-based-trucking-in-Europe-simultaneously-building-truck-refuelling-infrastructure-and-rollout-of-fuel-cell-vehicles.xhtml?oid=50011745>

⁹ https://www.acea.auto/files/ACEA_Report_Vehicles_in_use-Europe_2019-1.pdf

¹⁰ <https://www.statista.com/statistics/1196074/mhcv-market-share-producer-europe/>

¹¹ <https://trucknbus.hyundai.com/global/en/products/truck/xcient-fuel-cell> Hyundai har 32 kg i tankarna för 400 km räckvidd, medan Daimler(Ibid) har 1000 km räckvidd vilket bör motsvara ca 80 kg. <https://www.daimler.com/innovation/drive-systems/hydrogen/start-of-testing-genh2-truck-prototype.html>

¹² 170 kg * (33/0,7) kWh/kg = 8000 kWh

En motsvarande beräkning till 2050 om 80 % av de 1,5 miljoner lastbilarna drivs med vätgas och hälften skulle tankas med 40 kg skulle mängden vätgas bli 65 000 kg per dygn vilket motsvarar 3 900 MWh. Detta kan jämföras med den havsbaserade vindkraftspark som planeras utanför Trelleborg med en installerad effekt på 500 MW vilket är tillräckligt för att producera ungefär 46 000 000 kg vätgas per år, motsvarande 126 000 kg H₂/dygn.

Halva vindparkens energi skulle alltså vara tillräcklig för att producera vätgasbehovet för de tunga lastbilarna som beräknas drivas med vätgas till 2050 enligt antaganden ovan. De totala koldioxidekvivalentbesparingarna för en anläggning på 200 MW skulle bli 290 000 ton, men till detta ska dras av de koldioxidutsläpp som alstras av vindkraften och elektrolysören. Utsläppen från vindkraftselen är ungefär 14 000 ton koldioxidekvivalenter, för elektrolysören är det svårare att beräkna, men de antas likt de från vindkraften var relativt låga.

Kostnaden för vätgas – jämförelse Sverige och Tyskland

800 000 lastbilar passerar Trelleborg årligen från Tyskland och Polen i nuläget, en volym som förväntas stiga inom några år. En alltför stor skillnad i vätgaspris i Sverige jämfört med exempelvis Tyskland skulle därför kunna göra att lastbilschaufförer i den mån de hinner skulle föredra att tanka i Tyskland innan passage till Sverige, eller efter passage från Sverige. I och med att Tyskland redan nu räknar med att importera förnybar vätgas från bland annat Danmark, Norge och Portugal torde inte detta vara ett långsiktigt problem, men det skulle på kort sikt och innan priset på koldioxidutsläpp gått upp teoretiskt kunna vara ett problem. För att undersöka om så är fallet har en enklare beräkning gjorts som visar att el, råvaran för att framställa vätgas genom elektrolys, skulle kosta ungefär 12,2 SEK per kg framställd vätgas i Sverige. Samtidigt kostar ett kg vätgas reformerat från naturgas ungefär 26 SEK per kg. En huvudsaklig anledning till detta är skillnaden i beskattning; el som används för elektrolys i Sverige är skattebefriad till 100 % medan naturgas för att framställa vätgas i Tyskland är beskattad genom en nationell ETS (Emissions Trading Scheme), utöver EU ETS. 2021 är denna nationella skatt 25 EUR/ton CO₂, vilken stegras till 55 EUR/ton CO₂ till 2025¹³. Tysklands ETS omfattar bränslen för fordon och värmeproduktion, men alla bränslen tycks omfattas först 2023. Dock täcks bensen, diesel, naturgas med flera redan från 2021.

- 2021: EUR 25
- 2022: EUR 30
- 2023: EUR 35
- 2024: EUR 45
- 2025: EUR 55

Från 2026 kommer ett auktionsförfarande användas i stället med ett minimumpris på 55 EUR/ton.

Dessa skatter motsvarar ca 9,7 SEK/kg framställd vätgas, vilket gör att även utan ETS (EU och Tyskland) kostar vätgas framställd från naturgas betydligt mer än vätgas framställd genom elektrolys i Sverige. Till detta ska läggas att Tysklands ambition är att använda förnybar vätgas eller sådan framställd genom koldioxidavskiljning (s.k. CCS), vilket skulle öka priset ytterligare på naturgasalternativet och göra det förnybara mer attraktivt. Observera att

¹³

[https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems\[\]=108](https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems[]=108)

detta är råvarupriserna för insatsråvaran och inte CAPEX/OPEX för produktionsanläggningarna, eftersom detta är kraftigt avhängigt av produktionskalan.

Havsbaserat vindkraftspark och vätgasproduktion

Den vindkraftspark som är planerad på 500 MW ansluts lämpligast till elnätet för att där kunna mata ut all sin kapacitet när elen är dyr. När priset på el är lågt är det intressant att producera vätgas för såväl fordon som för industri eller stationär energilagring, beroende på en rad ekonomiska faktorer såsom elprisvariationer, elnätsnyttor, spillvärme och syrgasanvändning.

En anläggning dimensionerad för hela effekten 500 MW skulle vid 50 % fullasttimmar på vindkraftsparken ge 46 000 ton vätgas per år, och producera 657 000 MWh värme. Detta överstiger det årliga behovet i fjärrvärmenätet med en faktor 11, så en ytterligare avsättning för värme vore önskvärd om en sådan skala eftersträvas. De största elektrolysanläggningarna idag är på ungefär 20 MW, och det annonserades nyligen att det för bland annat fossilfri ståltillverkning och fordonsbränsle ska uppföras en 17 MW elektrolysör i Hofors¹⁴. Eftersom elektrolysanläggningar består av flera moduler bör det inte vara svårt att uppföra en anläggning av den omfattningen. EU har som ambition att det inom unionen ska finnas en elektrolyskapacitet på upp till 40 GW till 2030¹⁵, vilket förmodas leda till allt större elektrolysanläggningar fram till dess.

Avsättning för värmeproduktion

Idag finns inget fjärrkylanät i Trelleborg, vilket annars skulle kunna undersökas vidare för avsättning för värme genom värmepumpning. Däremot kan det vara lönsamt att bygga ut ledningsnät till Malmö där det finns ett stort behov av att förnya fjärrvärmeproduktionen. Det totala behovet av fjärrvärme är där ca 2TWh/år, och det är tekniskt och troligtvis ekonomiskt att bygga en ledning de ca 30 km som detta skulle innebära. Där arbetstemperaturen på dagens elektrolysanläggningar är runt 80 grader kommer värmen behöva spetsas under vinterhalvåret, åtminstone i Trelleborg där avtalet mellan kommunen och Adven, som är huvudman för fjärrvärmeproduktionen specificerar temperaturer uppemot 100 grader. Denna spetsvärme behöver vara samlokaliserad med elektrolysanläggningen, antingen genom att elektrolysanläggningen placeras vid nuvarande kraftvärmeverk eller genom att exempelvis en pelletsplan byggs vid elektrolysanläggningen.

¹⁴ https://www.metal-supply.se/article/view/797920/ovako_tar_fram_fossilfri_vatgas_till_volvo_hitachi_abb_h2gs_och_nel?ref=newsletter&utm_medium=email&utm_source=newsletter&utm_campaign=daily

¹⁵ https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Roadmap%20Europe_Report.pdf

Bilaga 5: Finansieringsmöjligheter för inköp, projekt och investeringar

Program/finansiär	Typ av projekt/ finansiering	Utlysning	Finansierar t.ex:	Finansieringsgrad	Möjlighet för Trelleborg
ERUF > Regionalfondsprogrammet Skåne-Blekinge > Nationellt regionalfondsprogram		Första utlysningarna preliminärt planerade till 10 januari 2022. Det förutsätter dock att EU-kommissionen hunnit godkänna de svenska regionalfondsprogrammen. Programmet har en öppen utlysning just nu (Länk) gällande att söka medel för arbetet med att förbereda projekt inför de större utlysningarna som kommer senare- detta kan t.ex. vara att skapa partnerskap, göra förstudier m.m. Utlysningen stänger 31/10-2021, men ansökningarna bedöms löpande och utlysningen stänger när de budgeterade medlen är utdelade.	Ännu ej beslutat. Arbeta pågår i regioner. Efter sommaren beräknas regeringen ta beslut och startar då förhandlingar om detta med EU kommissionen, vilket beräknas klart tidigast vid årsskiftet 2021-2022	Ännu ej beslutat. I tidigare program låg stödnivån under 50% av stödberättigade kostnader Den nu öppna utlysningen stöder med 50% av kostnaderna vilket motsvarar mellan 100 000 – 400 000 kr.	Eftersom den öppna utlysningen avser förstudie samt stänger 31/10 så bör Trelleborg söka dessa medel snarast för att med dessa arbeta fram material som kan användas för andra, större ansökningar till implementationsprojekt
ELENA European Local Energy Assistance Länk	Olika typer av medfinansiering, i vissa fall upp till 90% av stödberättigade kostnader. Används främst till planering av storskaliga investeringsprogram. Ex. Rikshem AB som planerar ett investeringsprogram på 36 miljoner €. Planeringskostnaderna beräknas till 2,7 miljoner € och ELENA medfinansierar med 2,4 miljoner € Länk Göteborgs kommun erhöll en medfinansiering på 2, 8 miljoner euro (totala planeringskostnader 7,4 miljoner €) för planeringsarbetet av en linbana, vars investeringskostnad uppskattades till ca 101 miljoner euro Länk	Inga specifika utlysningar. En föransökan görs till ELENA och om projektförslaget antas kan man lämna in en fullständig ansökan, under vilken man får support av ELENA	Programmet stöder projekt inom följande områden: > Energieffektivitet > Hållbara bostäder > Urban transport och mobilitet	Ingen fastslagen finansieringsgrad	Trelleborg bör ansöka om ELENA stöd för planeringsarbetet av de olika investeringar som förväntas göras, se t.ex. exempel som nämndes om Rikshem AB och Göteborgs kommun. Fler exempel från andra länder kan man läsa om här: Länk
Bonus-malus	Delfinansiering av nollemissionsfordon	Löpande ansökan	Bonus ges vid inköp	70 000 kr/fordon som släpper ut noll gram koldioxid per km 45 000 kr/ fordon som släpper ut mer än noll gram	

				koldioxid, men max 60 gram per km	
Klimatpremien (även kallad Ellastbilpremien) Länk	Delfinansering av tunga fordon	Löpande ansökningar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tunga lastbilar, med en totalvikt över 3,5 ton. ➤ Eldrivna arbetsmaskiner med en nettoeffekt över 75 kW. Fordonen får drivas enbart av elektrisk energi från en bränslecell, ett batteri eller en extern källa 	<p>Max 20% av inköpspriset</p> <p>Även finansiell leasing är stödberättigad</p> <p>Stödet inte får vara högre än 40 % av den stödberättigande kostnaden, dvs mellanskillnaden mellan miljöfordonet och närmast jämförbara dieseldrivna fordon.</p>	Satsning tom 2023
Elbusspremien Länk	Stödet täcker delar av den merkostnad som köp av en elbuss innebär.	Ansökan skall göras innan bussen tas i trafik. För Trafikföretag måste ansökan göras innan beställning.	Avser elbussar med transportkapacitet på mer än 14 personer	<p>För en kollektivtrafikmyndighet, kommun eller aktiebolag som fått befogenhet att upphandla kollektivtrafik, utgör premien 10 procent av elbussens inköpspris.</p> <p>För ett trafikföretag utgör premien 40 procent av mellanskillnaden mellan en elbuss och närmast jämförbara dieselbuss.</p> <p>Laddhybridbussar erhåller halva premiebeloppet.</p>	Satsning tom 2023
Klimatklivet Länk	Klimatklivet kan endast ge stöd till fysiska investeringar.	<p>Två ansökningar kvar 2021: Ansökningsperiod 3 24 augusti – 9 september Ansökningsperiod 4 8-18 november</p> <p>Annars är det fyra ansökningsperioder/år</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stöd som kvalificerar på koldioxidbesparing per krona. Den som söker ska kunna visa hur utsläppen skulle se ut både med och utan investeringsstöd. De åtgärder som beräknas kunna ge störst minskning av växthusgaser per investerad krona är de som får stöd. ➤ Får inte vara kommersiellt genomförbart utan stöd. En lönsamhetskalkyl som visar återbetalningstiden skall bifogas till ansökan. En kort återbetalningstid gör det sannolikt att åtgärden skulle ha genomförts även 	Mellan 40 - 50 % av stödberättigade kostnader ser ut att vara det vanligaste	Kräver en hel del beräkningar, både vad gäller koldioxidbesparing som lönsamhetskalkyl.

			utan stöd och då kan stöd inte beviljas.		
Innovation Fund Länk	Large-Scale projekt = (CAPEX>7,5 milj. €) Small-Scale projekt=(CAPEX < 7,5 milj. €)	Första utlysningen förbi och ännu ingen information om nästa utlysning.	Fokuserar på i mycket hög grad innovativ koldioxidnsål teknologi inom: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Energi-intensiv industri ➤ CCU & CCS ➤ Förnyelsebar energi ➤ Energilagring Målet är betydande emissionsminskningar (dessa skall kunna verifieras)	60 % av tillkommande kostnader för teknologi/processer/produkter Finansierar även OPEX i upp till 10 år	Utlysningar i hög grad riktad mot kommersialisering av teknologi/produkter. För Trelleborg skulle denna finansieringskälla bäst ämna sig för den/de teknikleverantörer som skall leverera i projektet.
European Investment Bank (EIB) Länk	<u>Investment loans:</u> Lån för offentlig sektor för investeringar upp till 3 år (men kan vara längre). 50% av investeringskostnaden kan lånas för investeringar på 25 millioner euro och uppåt. Ränta mm beror på riskerna i det aktuella projektet <u>Framework loans:</u> Lån som finansierar flera projekt i olika sektorer /sub-projects) och är det mest flexibla lånet för kommuner och regioner. För investeringsprojekt (totalt) på 100 miljoner euro och uppåt. Lån kan erhållas för 50 % och ränta enligt ovan.	N/A	Lån för att främja : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Klimat & miljömässig hållbarhet ➤ Innovation och kompetens ➤ Infrastruktur ➤ SME ➤ Sammanhållning ➤ Utveckling 		Om ett EIB lån kan anses vara värt att undersökas bör Trelleborg kontakta EIB:s Information Desk Länk för övergripande information. Kommunen kan även kontakta EIB:s Advisory service via European Investment Advisory Hub Länk för fördjupad och specificerad information och rådgivning.
LIFE Programme 2021–2027 (EU:s klimat och miljö-program) Länk Sub-programme: ➤ Clean Energy Transition	Other Action Grants (OAG) Länk	LIFE Work programme ännu ej antagen av EU. Första utlysningarna var planerade till senhösten 2021, men är därför försenade.	Finansierar projekt som är inriktade på att bryta marknadsbarriärer som hämmar den socioekonomiska övergången till hållbar energi och som engagerar flera aktörer inklusive lokala och regionala myndigheter och ideella organisationer samt konsumenter. Programmet medfinansierar projektnriktade på följande områden: <ul style="list-style-type: none"> - Att bygga ett nationell, regional och lokalpolitisk ramverk som stöder övergången till ren energi. - Påskynda utbyggnad av teknik, digitalisering, nya tjänster och affärsmodeller och förbättring av relaterade 	Finansieringsgrad ej identifierad då programmet ännu ej är antaget.	Ett intressant program för Trelleborg då man här ser ut att kunna få medfinansiering till att bygga och implementera det ramverk som är nödvändigt för övergången till en kommuns omställning till hållbara och rena energilösningar

			yrkeskunskaper på marknaden; - Att få privat finansiering för hållbar energi; - Stödja utvecklingen av lokala och regionala investerings-projekt. - Att involvera och stärka medborgarna i övergången till ren energi.		
LIFE Programme 2021–2027 (EU:s klimat och miljö-program) Länk Sub-programme: ➤ Circular Economy and Quality of Life	Standard Action projects (SAP) & Strategic Integrated projects (SIP) Länk	LIFE Work programme ännu ej antagen av EU. Första utlysningarna var planerade till senhösten 2021, men är därför försenade.	Finansierar projekt inom cirkulär ekonomi, återvinning av resurser från avfall, vatten mm, inklusive miljöstyrning (environmental governance)	Finansieringsgrad ej identifierad då programmet ännu ej är antaget.	Ett möjligt program för Trelleborg om ett övergripande helhetsgrepp för kommunen paketeras i en projektform som kan påvisa en övergången mot en hållbar, cirkulär, giftfri, energieffektiv och klimatbeständig ekonomi – här kan Trelleborg fungera som en förebild för andra kommuner. Programmet finansierar även "close-to-market" lösningar, vilket skulle kunna ämna sig bra för de teknikleverantörer som skall leverera i projektet
Horizon Europe EUs forsknings och innovationsprogram Länk	Ännu ej beslutat	Work programmes (underlag för utlysningar) förväntas bli beslutade först i mitten av juni	Work programme med innehåll ännu ej beslutade	Ännu ej beslutat	Intressant program för Trelleborg att titta vidare på för finansiering av olika delprojekt. Dock beror denna möjlighet på om de aktuella delprojekten stämmer överens med de mål som vardera klusters work programme styr mot. Det beror även på när eventuellt lämpliga utlysningar planeras tidsmässigt.
Interreg Interregionala samarbeten	Ännu ej beslutat. I tidigare program-period har det dels funnits möjlighet att söka mindre förprojekt och större implementations-projekt.	Interreg Europe ➤ Första utlysningen troligen tidigast våren 2022 Interreg North Sea Region ➤ Första utlysningarna planeras till slutet av 2021 Interreg Baltic Sea Region ➤ Första utlysningarna planeras till slutet av 2021 Interreg South Baltic ➤ Ingen information om utlysningar Interreg Öresund-Kattegat-Skagerak:	Ännu ej beslutat – arbete pågår. Interreg ska däremot, precis som övriga fonder inom sammanhållningspolitiken, bidra till de fem målen för EU:s investeringar 2021–2027: ➤ PO1: Ett smartare EU tack vare innovation, digitalisering, ekonomisk omvandling och stöd till småföretagen ➤ PO2: Ett grönare, koldioxidfritt EU som genomför Parisavtalet och investerar i energiomställning, förnybara	Ännu ej beslutat. I tidigare program låg stödnivån runt 50% av stödberättigade kostnader	Arbetet med att ta fram nya program och besluta vad de ska ha för tematisk inriktning pågår för fullt. Efter detta skall programmen godkännas av EU kommissionen, något som troligtvis sker i slutet av 2021. Interreg program som kan vara aktuella för Trelleborg: ➤ Interreg Europe Länk ➤ Interreg North Sea Region Länk ➤ Interreg Baltic Sea Region Länk ➤ Interreg South Baltic Länk

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planerar första utlysningen våren-sommaren 2022 	<ul style="list-style-type: none"> energikällor och klimatarbete ➤ PO3: Ett mer sammankopplat EU, med strategiska transportnät och digitala nät ➤ PO4: Ett mer socialt EU som följer principerna i den europeiska pelaren för sociala rättigheter och stöder bra arbetstillfällen, utbildning, kompetens, social inkludering och en jämlik hälso- och sjukvård ➤ PO5: Ett EU som står närmare medborgarna som stöder lokala utvecklingsstrategier och hållbar stadsutveckling i hela EU. <p>Utöver dessa finns det även två Interreg-specifika mål:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bättre samarbetsstyrning genom åtgärder som ska förbättra den institutionella kapaciteten hos myndigheter, effektivisera den offentliga förvaltningen, få bort gränshinder samt bygga upp ömsesidigt förtroende mellan människor. ➤ Ett tryggare och säkrare Europa genom externa åtgärder, i synnerhet som rör gränspassage, rörlighet över gränser och migrationshantering, inklusive skydd av migranter <p>På vardera Interreg programs hemsida (e länkar i högerkolumn) kan man redan läsa om de särskilda prioriteringarna som respektive program planerar för programperioden 2021-2027</p>		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interreg Öresund-Kattegat-Skagerak Länk <p>Observera att projekt inom dessa program med största sannolikhet kommer att kräva ett transnationellt projektpartnerskap från minst 2-3 länder i aktuellt program</p>
Industriklivet Länk	Typer av projekt inom programmet:	För forskningsprojekt hålls två utlysningar per år, en under våren och en under	Bidrag ges till förstudier, forsknings-, pilot- och	Beviljat stöd i pågående projekt ligger mellan några	Industriklivet omfattar industrier som till

	<p>Utsläpp från industrins processer</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Förstudier ➤ Forskning ➤ Pilot/demo ➤ Investering <p>Negativa utsläpp</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Förstudier ➤ Forskning ➤ Pilot/demo ➤ Investering <p>Strategiskt viktiga insatser</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Förstudier ➤ Pilot/demo ➤ Investering 	<p>hösten. Se öppna utlysningar (Energimyndigheten) för aktuella datum för sista ansökningsdag. För genomförbarhets-/förstudier, pilot-demonstrations- eller investeringsprojekt går det att skicka in ansökan när som helst under året. Bedömning och beslut görs löpande</p>	<p>demonstrationsprojekt samt investeringar för:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Åtgärder som bidrar till att minska industrins utsläpp av växthusgaser ➤ Åtgärder som bidrar till permanenta negativa utsläpp ➤ Strategiskt viktiga insatser inom industrin som bidrar till klimatomställningen i övriga samhället 	<p>hundra tusen kronor upp till flera hundra miljoner kronor och beror på vad som ska göras inom projektet.</p>	<p>exempel (SNI-, SPIN-kod):</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Järn- och stålindustrin, inklusive järnmalmsgruvor och ferrolegeringar ➤ Övrig metall inklusive övriga gruvor ➤ Raffinaderier och kemiindustri ➤ Mineralindustri ➤ Skogsindustri ➤ Andra/nya industrier – se strategiskt viktiga insatser nedan. <p>Strategiskt viktiga insatser avser åtgärder inom industrin som på ett väsentligt sätt bidrar till att minska växthusgasutsläppen i samhället. <u>En strategiskt viktig insats inom Industriklivet måste därför vara tydligt kopplad till en eller flera befintliga eller nya industrier.</u> Det kan exempelvis vara nya lösningar inom områdena batterier, biodrivmedel, vätgas eller återvinning. Detta program är kanske inte det mest relevanta för Trelleborg om det inte finns en tydlig industri för detta.</p>
<p>IPCEI Länk</p>	<p>IPCEI är stora innovationsprojekt som ofta medför en hel del risker och som kräver en samordnad insats och gränsöverskridande investeringar från offentliga myndigheter och industrier i flera medlemsstater för att förverkligas. De riktar sig särskilt till nya industriområden som inte realiseras på grund av olika hinder (market failures).</p>	<p>Utlysning för en först intresseanmälan stängdes 15 mars 2021. Då uppdraget sträcker sig till 2027 så bör fler utlysningar komma under kommande år.</p>	<p>Främjar investeringar i gränsöverskridande FoU- och industriprojekt av särskild betydelse för europeisk utveckling och som kan få statligt stöd så länge villkoren enligt IPCEI:s riktlinjer är uppfyllda. Programmet syftar till att skapa branschallianser där investerare, industri och offentlig sektor samarbetar för att finansiera storskaliga projekt inom vätgasteknik och vätgassystem med positiva spridningseffekter för hela Europa.</p>	<p>Projekten måste innehålla medfinansiering från stödmottagaren.</p>	<p>Avser mycket stora vätgasprojekt som är av gemensamt intresse för EU- Kan eventuellt vara relevant för Trelleborg om ett helhetsgrepp byggs upp utifrån vätgas och att detta helhetsgrepp kan ha ett stort värde för övriga EU.</p>
<p>Viable Cities Länk</p>	<p>Projekt med konsortier bestående av aktörer från minst</p>	<p>Inga utlysningar just nu.</p>	<p>Exempel på tidigare utlysningar:</p>	<p>Olika finansieringsgrader</p>	<p>Kanske inte det program som bör ligga först i prioriteringen för</p>

<p>Ett innovationsprogram för smarta och hållbara städer. Programmet har stöd från Vinnova, Energimyndigheten och Formas</p>	<p>tre deltagande länder (Österrike, Belgien, Bulgarien, Estland, Frankrike, Lettland, Litauen, Holland, Norge, Polen, Portugal, Rumänien, Spanien och Sverige)</p>		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Klimatneutrala städer 2030 2,0 (stängde 28/4–21): Tillgängliga projektmedel ca 4-5 miljoner euro/ projekt med 50% finansiering, dvs med projektbudget på 8-10 miljoner euro ➤ Urban omställningskapacitet för hållbara städer (stängde 15/4–21): Tillgängliga projektmedel= 2,8 miljoner euro för 7–9 projekt 	<p>beroende på utlysning</p>	<p>Trelleborg då dessa projekt kräver transnationella projektsamarbeten. Däremot kan det vara relevant att prata med programmets kontaktpersoner för mer information: Energimyndigheten = Emina Pasic 016-544 21 89 Viable Cities = Patrik Rydén 073-399 86 19</p>
<p>Regeringens budgetproposition 2021 Länk</p> <p>Vårändringsbudget 2021 Länk</p>			<p>Sidan 2 611: Regeringen föreslår ett stöd till regionala elektrifieringspiloter med laddinfrastruktur för tunga fordon, i syfte att elektrifiera tunga vägtransporter inom de mest trafikerade områdena. Även tankinfrastruktur för vätgas ingår i satsningen.</p> <p>Sidan 2 744: Regeringens förslag: Regeringen bemyndigas att under 2021 för anslaget</p> <p>1:5 Infrastruktur för elektrifierade transporter ingå ekonomiska åtaganden som inklusive tidigare åtaganden medför behov av framtida anslag på högst 598 000 000 kronor</p> <p>2022 (inkl nya åtaganden på 48 000 000 från 2020) Denna budget minskas i vårändringsbudgeten med 100 000 000 kr (sid 77 i Vårändringsbudget för 2021)</p>		

Bilaga 6: Fakta om vätgas

Energilagring i vätgas

Så fungerar en bränslecell

Bränsleceller är nästan alltid kombinerade till en stack, genom att pluspolen på den ena kopplas till minuspolen på nästa. Varje cell fungerar genom att vätgas leds in med ett rör till ena sidan av cellen och syrgas leds in på den andra. Mellan dessa sidor finns ett membran som bara protoner kan passera igenom. Med hjälp av en katalysator delas väteatomerna upp i protoner och elektroner. Eftersom bara protonerna kan passera genom membranet måste elektronerna istället gå genom den externa kretsen, exempelvis en lampa eller elmotor. På syrgassidan kombineras sedan protonerna och elektronerna och syre, med hjälp av en katalysator till vatten. Eftersom det uppstår förluster i form av värme när protonerna tar sig genom membranet är verkningsgraden 45–70 % i el, och resten går att ta tillvara på som värme.

Så fungerar ett bränslecellssystem

För att bränslecellstacken ska fungera behöver nivån av ånga/vatten hållas på rätt nivå, och gaserna ledas fram med rätt tryck och koncentration. Syret kommer oftast från luft som filtrerats och pumpas in, medan vätgas oftast kommer från en trycktank och regleras med en ventil. Båda gaser levereras till cellen i överflöd, där vätgasen återcirkuleras. Om någon av gaserna inte leds fram i tillräcklig mängd kan cellen skadas om ström fortfarande dras från den. Därför finns ett elektroniskt styrsystem, som även används för att övervaka cellerna. Den likspänning som bildas i stacken behöver även omvandlas med antingen en DC/DC-konverter för att hålla en god kvalitet när den används i exempelvis ett fordon eller för att ladda ett batteri, eller en DC/AC-konverter om den ska användas direkt i växelströmsnätet. De huvudsakliga komponenter som behövs för att underhålla stacken är därmed:

1. Vätgasrecirkulering
2. Luftpump/kompressor
3. Vattenhanteringssystem
4. Elektroniskt styrsystem
5. Kraftelektronik med DC/DC eller DC/AC
6. Kylsystem, ofta vattenburet om hög effektdensitet önskas eller värmen ska användas

Så fungerar ett energilagringssystem

Energilagringssystem kan vara av flera olika varianter beroende på vilken typ av energi som ska lagras, exempelvis pumpkraftverk för ellagring eller saltlager för värmelager etcetera. I denna rapport behandlas energilager för lagring av el i vätgas. Syftet med att lagra el i elnätet med vätgas är att det går att lagra mycket stora mängder energi, och kostnaden är kopplad till inmatningseffekt och utmatningseffekt snarare än energimängden som lagras. Detta gör vätgaslager lämpliga för mer långsiktig lagring där energi matas in under lång tid, exempelvis en vecka, månad eller säsong, för att sedan matas ut under ungefär lika lång tid. Ett batterilager dimensioneras omvänt; ofta är det energilagringsskapaciteten som är dimensionerande och effekten vid in- och utmatning kommer på köpet. Att kombinera vätgaslager och batterilager är därför mycket lämpligt, där batteriet tar hand om fluktuationer över dygnet och vätgasen över flera dagar och upp till säsonger. Som alternativ till ellager går det i regel att bygga ut elnätsanslutningar enligt devisen att det alltid är blåsig

eller soligt någonstans, och därmed går att flytta vind- eller solet därifrån. Detta har dock flera begränsningar, och gör även elnätet mer sårbart. Ett ellager kan utöver att lagra in el när det finns gott om den och den därmed är billig, för att sedan sälja när den är dyrare, vilket kan användas för flera olika tjänster för att hålla elnätet stabilt. Denna rapport går dock inte in djupare på detta område, men när en anläggning byggs kan dessa nätnyttor stå för en stor del av intäkterna.

För att använda ett bränslecellssystem i energilagring kombineras hela detta med flera andra system. Exempelvis vind eller solkraft leds med elledning till en elektrolysör, när det finns gott om el. I denna delas vatten upp till syrgas och vätgas. Vätgasen leds med en gasledning till trycksatta tankar där den kan lagras under lång eller kort tid. När det finns behov av el leds gasen från tankarna till bränslecellen, eller till en vätgasturbin kopplad till en generator. Turbinen är billigare, men det är svårare att ta tillvara på värmen och verkningsgraden är generellt lägre, speciellt i små system. Elen leds sedan med elledning till användaren. Alla dessa system eller delar av dem kan samlokaliseras, eller så sprids de ut när så är lämpligt. I ett sådant energilagringssystem kan affärsmodellen utvecklas till att dels tillgodose diverse elnätsnyttor utöver att köpa billig el och sälja den dyrare, men det finns även möjlighet att sälja syrgasen som bildas i elektrolysören, att sälja vätgas som fordonsdrivmedel eller till industrin där den är vanligt förekommande, samt att sälja värmen från såväl bränslecellen som elektrolysören.

I ett system som använder vätgas kan el matas in samtidigt som den matas ut. Detta kan låta meningslöst, men används för frekvensreglering i elnätet. Det är normalt på det sättet energilagring kommit att användas även när det gäller klassiska energilagringssystem som pumpkraftverk. Dessa konstruerades för långsiktig energilagring, då man ofta kör pumpar samtidigt som generatorer för just frekvensreglering. I och med möjligheten att fylla på energi samtidigt som den tas ut har vätgas en fördel för frekvensreglering jämfört med batterier. Detta testas bland annat vid Europas största vätgastankstation i Hamburg av Vattenfall. Elektrolystillerkaren Hydrogenics menar att eftersom elektrolysörer är 70 % snabbare att lastfölja än vattenkraft och 170 % snabbare än en förbränningsturbin kan 1 MW elektrolysör ersätta 2.7 MW förbränningsturbin. Hur snabb svarstiden är blir därför centralt i beräkningsmodeller för energilager.

En fördel med energilagring är att avsättning kan finnas för åtminstone delar av vätgasen som produceras i gasform med ett högre värde än el; antingen som fordonsbränsle eller kemikalier, då renheten är mycket hög för vätgasen från en elektrolysör.

Värme som biprodukt

Effektiviteten i systemet sedd till enbart el är ungefär 60 % för bränslecellen och 70 % för elektrolysören, det vill säga 42 % totalt för elektrolysör och bränslecell. Om däremot värmen kan användas från elektrolysör och bränslecell i exempelvis fjärrvärme eller annan tillämpning är effektiviteten ungefär 90 % i varje led, alltså 81 % totalt. Värmen beror på vilken typ av elektrolysör och bränslecell som används och är i det breda intervallet 60 – 1000°C. Om energilagret kopplas till förnyelsebar energi som sol och vind är däremot inte förluster det viktigaste, utan om energin över huvud taget kan tas tillvara på. Värmen kan tas om hand och användas för att exempelvis värma upp lokaler eller i industriella processer.

För att ett energilager ska gå ihop sig genom att bara köpa billig el och sälja dyrare behöver inköpspris för elen vara betydligt högre än försäljningspriset om det ska gå ihop på enbart denna affärsmodell. För att ett energilager ska gå ihop utan en sådan kraftig prisskillnad

behöver så mycket som möjligt av nätnyttor, värmeförsäljning och syrgasförsäljning räknas in. Även nyttan med redundans vid strömavbrott bör räknas med. Ju mer intermittent energi som matas in i elnätet, exempelvis sol och vind där ambitionerna för utbyggnad är stora, desto större blir också skillnaderna i pris och även behovet av nätnyttor för att balansera dessa då de i regel ersätter kontrollerbar energi.

Formfaktor

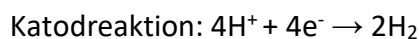
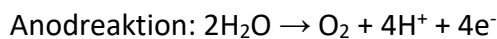
Elektrolysörer och bränsleceller är ofta standardiserade i ISO-containrar där extra kapacitet kan byggas ut i samma container upp till en viss gräns när ytterligare en container byggs till. Det går att optimera systemets formfaktor betydligt, men de vanligaste systemen idag är byggda i containrar. Eftersom såväl elektrolysörer som bränsleceller är seriekopplade är det enkelt att bygga ett distribuerat snarare än centraliserat energilagringssystem utan att kostnaderna förändras dramatiskt per lagrad energienhet.

Elektrolys av vatten till vätgas

Väte kan produceras med hjälp av elektrolys, där vatten spjälkas till väte och syre med hjälp av el. I princip fungerar processen som en bränslecell fast omvänt. Elektrolysören har två elektroder som skiljs åt av ett membran. Det finns två typer av elektrolysörer som används kommersiellt; alkaliska, som använts de senaste 100 åren, och polymerelektrolyt (PEM), som liknar bränslecellsbilarnas bränsleceller och har kommersialiserats de senaste 20 åren.

Den alkaliska elektrolysören har längre livslängd och är billigare, medan PEM tar upp mindre utrymme och snabbare kan ändra produktionstakt, exempelvis för att följa intermittent elproduktion eller för att utföra elnätstjänster såsom frekvensreglering.

För PEM-elektrolys gäller:



Tidigare var samtliga elektrolysörer atmosfäriska eller hade låg trycksättning; 2–3 bar. Numera har de flesta tillverkare elektrolysörer som levererar från 30 bar, vissa ända upp till 80 bar. Eftersom tryckenergin är omvänt logaritmisk är det till stor nytta att en efterföljande kompressor har ett högre ingångstryck, och för vissa applikationer är det tillräckligt att lagra väte vid 30–80 bar vilket då kan göras helt utan efterföljande kompression. Trycksättningen sker genom att vattnet pumpas in under tryck och elektrolysören bultas samman kraftigare för att klara det högre trycket.

Fördelarna med elektrolys är att det går att framställa vätgas helt från förnyelsebara källor. I processen sker inga utsläpp, utöver syre som också kan användas i andra industriprocesser. PEM-elektrolysörer är specifikt utformade för att kunna kombineras med intermittent energi, där de kan styras på ett sätt som gör att de drar nytta av energin när det blåser eller är soligt. Elektrolys ger vätgas utan föroreningar, och det enda som behöver göras med gasen efter produktion innan användning är att den går genom ett torkningssteg för att få den helt torr. Detta är en stor fördel om vätgasen ska användas i en bränslecell som annars är mycket känslig mot föroreningar. På många marknader, varav Sverige är en, är kostnaden för förnyelsebar vätgas från en elektrolysör i paritet med vätgas reformerad från naturgas, men detta beror på det lokala naturgaspriset och elpriset. I och med att förnyelsebar energi kan användas finns det i princip inga praktiska begränsningar för hur mycket vätgas som kan produceras, och det kan göras från energikällor lokalt över hela världen.

Syrgas

Syrgas används i en mängd olika industrier i allt från skyddsgas i metallbearbetning till att korta fettkedjor i livsmedel för att förbättra hållbarheten.

Sjukhus och flera vårdcentraler som använder syrgas, där sjukhus är dominerande. Syrgas kan levereras antingen lastad i flaskor eller via pipeline. Flaskor har fördelen att det är flexibelt, men nackdelen att det kräver kompressorer.

Priset till sjukvården för syrgasen skiljer sig extremt; från 8,5 SEK/kg till 400 SEK/kg. Utöver detta tillgodoses en stor del av behovet idag med flytande syre, men eftersom kostnaden att kondensera syrgasen är stor och betalningsviljan låg (1,8 SEK/kg), samtidigt som volymen gas är mer än tillräcklig för motsvarande mängd vätgas, fokuseras helt på gasformigt syre. Tyvärr har fortfarande ingen information hittats om någon aktör gått igenom processen för att få en anläggning på plats där syrgasen används för medicinskt bruk i Europa. I USA är detta möjligt, men i Europa verkar det alltså än så länge obeprövat.

Genom kontakt med läkemedelsverket har processen och associerade kostnader utretts. Syrgas räknas som läkemedel, varför två tillstånd behövs från en anläggning som ska leverera medicinsk syrgas; ett tillverkningstillstånd från Läkemedelsinspektionen vad gäller tillverkningsprocessen och en registrering från regulatoriska enheten där registrering av läkemedel sker. Farmaci- och biotechavdelningen har det vetenskapliga kunnandet och deltar därför i utredningarna för tillstånd.

Av de fyra befintliga tillverkarna av medicinsk syrgas (Praxair, Linde (AGA), Air Liquide och Strandmöllen) framställer samtliga syrgas genom luftseparering, alltså inte genom elektrolys. Luftseparering är en relativt billig teknik, men betydligt mer rening behövs än om syrgas från elektrolys används. De flesta som söker tillstånd för medicinsk syrgas har levererat till industrin först, eftersom tillstånden är dyrare för medicinsk tillverkning, även om renhetskraven i industrin kan vara betydligt högre.

Bedömningen för tillverkningstillståndet utgår från EU:s riktlinjer om god tillverkningspraxis för medicin ämnad för människor. Om tillverkning sker i en kontrollerad process som följer ISO 9001 bör det inte vara några problem att få tillverkningstillstånd. Registrering hos regulatoriska enheten följer mallen för Common Technical Dossier (CTD). Flytande och gasformigt väte är olika läkemedel, så separata tillstånd krävs om båda skall levereras från samma anläggning. Om en elektrolysör som del av ett energilager placeras vid ett sjukhus för att förenkla leveransen av syrgas är processen något annorlunda. Normalt sett godkänns en batch av läkemedel i taget efter att ha kvalitetssäkrats, likaså vid leverans av syrgas för medicinskt bruk. Vid kontinuerlig tillverkning finns det numera möjlighet i reglerna med så kallad real-time release, som innebär att produktionen kvalitetssäkras genom kontinuerlig processkontroll. Detta tillvägagångssätt är vanligt i annan industri men har först nyligen börjat användas för läkemedelsproduktion.

Kostnaden för att registrera ett läkemedel är ungefär 400 kSEK om processen fortgår utan problem. Detta är en engångskostnad för varje ny anläggning som producerar syrgas. Kostnaden för tillverkningstillståndet är 30 kSEK per år, där en inspektion var tredje år är inkluderat.

Tankstationer för vätgas

En vätgasstation är mer komplex än en pump för konventionella flytande bränslen. Gasen kan antingen produceras på plats med en reformer eller elektrolysör, eller också fraktas till platsen med pipeline eller lastbil. I båda fall finns ett buffertlager vid stationen där vätgas lagras vid runt 200 bars tryck. Därifrån leds vätgasen till den första kompressorn som höjer trycket till runt 400 bar och vidare till nästa kompressor som höjer trycket vidare till 900 bar i det fall 700 bar är trycket i farkostens tank. Från dessa tre nivåer, 200, 400 och 900 bar tankas sedan fordonet i tur och ordning. Detta gör dels att tanken blir mer full, dels att mindre energi går åt för att fylla, då tryckutjämningen annars skulle behöva göras bara från det högsta trycket och därmed kräva att all gas komprimerats till 900 bar.

Energien som åtgår vid kompression är omvänt logaritmisk, det går därför åt betydligt mer energi att höja trycket från en till två bar än från 899 till 900 bar. Därför eftersträvas ett så högt tryck som möjligt till kompressorn, vilket kan uppnås genom att inte tömma buffertlagret helt. Om det fylls på från lastbil gör det att mindre mängd gas kommer med i varje last, men om den produceras med elektrolysör kan den produceras vid exempelvis 30 bar om vattnet höjs till detta tryck, vilket gör att en hel del energi kan sparas. Det finns flera olika typer av kompressorer, där kolvkompressorn är vanlig. Linde har en variant av denna där en icke-reaktiv jonvätska ligger på varje cylinder vilket effektiviserar cylindervolymen och minskar risken för föroreningar.

Innan gasen fylls i fordonet vid 700-barstankning behöver den dock kylas till mellan -20 och -40 grader för att kompensera den uppvärmning som uppstår när vätgasen komprimeras i fordonets tank. Detta görs i ett kylaggregat. Sammantaget kan effektåtgången för kompressor vara runt 75 kW och ungefär detsamma för kylning. Beroende på hur kylning och trycksättning sköts kan dock ett kontrollsystem göra att den totala effekten som krävs blir lägre. Om en elektrolysör finns på plats kan även denna styras ner när kompressorerna körs, eftersom det enbart handlar om ett fåtal minuter vid varje tankning och moderna elektrolysörer kan styras upp och ned på ett fåtal sekunder eller snabbare. Elektrolysör vid tankstationen kan även användas för diverse elnätstjänster då det finns installationer med så pass korta svarstider att de kan användas för frekvensreglering. Utspridda sådana stationer över ett land eller elnätsområde kan effektivt användas för att dynamiskt skapa aggregerad elnätsnytta. Utöver detta finns andra möjligheter att effektivisera nyttjandegraden av kompressorer vid tankstationer. Om gas körs med lastbil kan exempelvis dessa gasflaskor användas för att mellan flaskpaket med hjälp av tankstationens kompressor flyttas gas med lågt tryck från ett paket med lågt tryck till ett annat och därmed ge ett högre tryck som ger effektivare fyllning när en bil kommer för att tanka.

Om farkosttankens tryck är 350 bar kan kaskadfyllning användas, men det är inte tvunget. Inte heller kylning behövs för fyllning till 350 bar.

En annan lösning är att väte lagras kylt i flytande form och pumpas och förångas i samma process. Detta är relevant om det finns tillgång på flytande väte och om platsåtgången är kritisk eftersom dessa stationer tar liten plats.

Distribution

Ungefär 5 miljoner ton väte levereras varje år till kunder i dagsläget, där det används inom en stor mängd industrier. Det finns ungefär 3000 km vätgasledning i världen där vätgas

transporteras med ett tryck av 60–80 bar. Dessa används främst inom avgränsade industrikluster snarare än för att transportera energi¹⁶.

Det skiljer sig en del hur väte distribueras i USA jämfört med Europa: I USA distribueras en stor andel av vätet i flytande form på grund av långa avstånd (300–500 km) och låga kostnader för förvätskning.

För transport av vätgas används i Sverige växelflak med 50 litersflaskor som paras ihop i 6-pack med en stålram runt. Dessa kan sedan lyftas på plats med kran om det ska bytas ut mot ett tomt. I Nordamerika är det istället vanligt med långa komposittuber vilket sänker vikten på ekipaget för en given mängd vätgas.

En sådan kan frakta 560–720 kg vätgas per ekipage, men modeller som klarar att transportera över ett ton väte vid ett tryck på 500 bar har utvecklats av Linde, Air Products, Air Liquide med flera. Från dessa fylls istället vätgasen till permanenta tankar vid tankstationen. Även med de nyare tankflaken är dock mängden vätgas i en transport mindre än 2 % av ekipagets totalvikt. Därför är det inte ett hållbart sätt att transportera väte på i ett transportsystem när en stor andel av fordonen drivs av vätgas.

Flytande väte är en annan lösning för transport, eftersom mycket större mängd vätgas då kan fraktas, upp emot 4 ton per ekipage. Detta är en förutsättning för fordon som tankas med flytande väte, eftersom det är svårt att bygga förvätskningsanläggningar i liten skala om produktion skulle ske vid tankstationen. Det är dock också en möjlighet vid tankning av gasformigt väte, för att enbart förenkla transporten. Däremot finns inte förvätskningsanläggningar i Sverige, utan närmaste marknad som har det är Tyskland.

Det är även möjligt att transportera flytande väte med skepp, på ett liknande sätt som LNG. Ett skepp som Kawasaki Heavy utvecklar har en tankkapacitet på 130 000 m³ flytande väte. Skeppet är tänkt att transportera väte som tillverkas i Nordnorge, östra Ryssland och Australien. En förstudie pågår för att utröna om det är en rimlig möjlighet. Japan importerar redan nu en stor del av sin energi i form av flytande naturgas. Avkoket som ständigt produceras allteftersom vätet tinar upp från -253 grader används för framdriften av skeppet, på samma sätt som med LNG.

¹⁶

https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/project_results_and_deliverables/Recommendations%20to%20industry%20%28ID%202849587%29.pdf