

Utredning kring vätgasens förutsättningar och potential i Östra Mellansverige

Rapport

Maj 2025



Medfinansieras av
Europeiska unionen

Sammanfattning

I den här förstudien undersöker Ramboll vilka förutsättningar och komparativa fördelar som vätgas och en vätgasekonomi kan ha i östra Mellansverige (ÖMS). Det övergripande målet med förstudien är bedöma relevansen för framtida genomförandeprojekt kring vätgas i ÖMS-regionen.

Förstudien innehåller en aktörskartläggning av relevanta aktörer som är verksamma inom vätgasområdet i ÖMS-regionen. Den baseras på ett sextiototal intervjuer med regionerna, länsstyrelsen, branschorganisationer, myndigheter, kollektivtrafikförvaltningar, energibolag, elnätsägare, kommunala VA-bolag, industriföretag, jordbruksföretag, innovationsbolag, hamnar, akademien samt jämförbara regioner och kommuner för benchmark. Förstudien ger en introduktion till vätgas och dess värdekedja och går igenom aktuella vätgastrender inom EU och i Sverige.

Generella möjligheter med vätgas

Vätgas har en betydande potential inom sektorer som är svåra att elektrifiera, såsom stålproduktion, kemiindustri, raffinaderier, vissa transportsektorer som flyg, sjöfart och tung vägtrafik samt gödselmedel. Långsiktigt kan vätgas även spela en roll i energilagring och i specifika fall bidra till ökad försörjningstrygghet. Drivkrafterna bakom denna utveckling inkluderar EU:s gröna giv och de växande kraven på fossilfria alternativ. Vi har i Sverige potential att bidra till Europas omställning via export av bland annat vätgas, grönt stål och grön ammoniak.

Generella utmaningar med vätgas

Utmaningarna för vätgasutvecklingen inkluderar underskott på förnybar energi, kapacitetsbrist i elnäten och de höga produktionskostnaderna för vätgas. Infrastruktur för transport och distribution av vätgas är också otillräcklig, och kunskapen om vätgas är fortfarande låg i många delar av samhället. Dessutom finns det en bristande efterfrågan och köpkraft bland potentiella användare, samt ett behov av långsiktiga mål och styrmedel för att stimulera efterfrågan.

Vätgasens potential i ÖMS-regionen

I ÖMS-regionen är vätgasanvändningen idag begränsad. I närtid finns det framför allt potential att producera vätgas i anslutning till själva användandet av vätgasen. På sikt kan det också bli möjligt att transportera vätgas längre sträckor, vilket öppnar upp för en större marknad. Vätgasen har framför allt potential att nyttjas inom nedan sektorer:

- **Stålindustrin:** Användning av vätgas för uppvärmning vid valsning, härdning av metaller och reducering vid stålproduktion. Vätgas kan även ersätta fossil gas inom viss industri, till exempel kemiindustrin.
- **Flyg och Sjöfart:** Vätgas har potential att användas för produktion av hållbara elektrobränslen (till exempel e-SAF och e-metanol) inom transportsektorn. Detta är särskilt relevant för flygindustrin som ska integrera fossilfria bränslen från 2025, och sjöfarten som ska minska sina utsläpp markant fram till 2050.
- **Tung Vägtrafik:** Vätgaslastbilar kan rulla redan 2025, med planerade vätgasmackar på plats. Vätgaslastbilar erbjuder fördelar i form av högre lastkapacitet och snabb tankning. Även kollektivtrafiken kan ha potential för vätgas, särskilt på längre sträckor eller som ett komplement till biogas.
- **Jordbruket:** Ansökningar för produktion av fossilfritt gödselmedel, såsom grön ammoniak, finns redan. Möjligheten att skapa cirkulära flöden av energi och vätgas på gårdar genom exempelvis solpaneler och lokal produktion av vätgas öppnar nya vägar för hållbara lösningar inom jordbruket.

Utöver ovanstående vill Ramboll peka på möjligheter att aktörer kan finna fler hållbara affärsmodeller med vätgas om det finns en industriell eller urban symbios, d v s att man delar på möjligheter med producerad vätgas mellan sig och använder varandras restströmmar.

En systemförändring krävs

För att vätgas ska kunna bli en central del av ett framtida energisystem krävs en förändring från dagens energisystem. Att ta ett systemperspektiv på omställningen betyder att analysera hur vätgas samverkar med hela det omgivande systemet i omställningen mot ett fossilfritt samhälle. Hållbara affärsmodeller spelar en avgörande roll. Förutom tekniska och processuella förändringar handlar omställningen också om kulturella skiften, utveckling av regler och styrmedel, samt utbyggnad av nödvändig infrastruktur. För att accelerera utvecklingen är det nödvändigt att skapa samverkan mellan olika aktörer och utveckla urbana och industriella symbioser där restströmmar och producerad vätgas kan delas. Utvecklingen kan ske i nischer som kan skapa trender som i sin tur påverkar systemet. Vissa delar av systemet är synliga för oss, medan andra är mer implicita och dolda. Även om vi förändrar synlig praxis, policy, regelverk och resursflöden så finns det aspekter på samarbete, påverkan, inflytande och kultur som gör att systemet är mer svårföränderligt.

Betalningsviljan är ännu svag men varierar mellan sektorer

Betalningsviljan för vätgas varierar mellan sektorer, men är sammantaget låg. Stålintustrin är den sektor där betalningsviljan för vätgas är högst, följt av tunga vägtransporter, vilket gör att det finns en potential för vätgasutveckling där. På sikt kan ökade priser på utsläppsrätter och lägre produktionskostnader för vätgas öppna upp för fler sektorer att möta betalningsviljan.

Klimat effekter av vätgasanvändning

Vätgasens klimatpåverkan påverkas av flera variabler, såväl i produktionen och behovet av olika resurser, som i användningen och potentialen att byta ut fossila bränslen. Förstudien visar att betydande minskning av klimatpåverkan i form av koldioxidutsläpp kan uppnås med hjälp av vätgas. Hur mycket klimatpåverkan minskar varierar inom olika sektorer men uppgår till ca. 60–90 %.

Staten, regionerna och kommunerna kan agera

För att driva på vätgasutvecklingen i ÖMS krävs ett starkare statligt engagemang. Staten bör ta en ledande roll genom att formulera en tydlig nationell strategi för vätgas, med långsiktiga mål och ett systemperspektiv på styrmedel som gynnar fossilfria lösningar. Vidare behövs samordning av kunskap, regelverk och standarder för att minska osäkerheter som idag hämmar investeringar. Staten bör även bidra till riskdelning genom stabila och långsiktiga stödmekanismer, samt stimulera efterfrågan genom investeringsstöd och gröna upphandlingskrav.

Regionerna har en central roll i att möjliggöra vätgasomställningen genom att samordna aktörer, driva på förnybar energiproduktion och elnätskapacitet samt integrera vätgas i regionala utvecklingsplaner. De kan främja investeringar och minska risker genom att identifiera affärsekosystem kring nyckelaktörer och tillhandahålla plattformar för samverkan. Genom strategisk planering, kompetenshöjande insatser och riktade stöd kan regionerna också stärka efterfrågan på vätgas, särskilt genom egna investeringar och samordnade upphandlingar inom transport och energiförsörjning. Samtidigt kan regionerna spela en viktig roll i att initiera och samordna industriella och urbana symbioser för effektiv resursanvändning.

Kommunerna kompletterar det regionala och nationella arbetet genom att integrera vätgas i fysisk planering och tillståndsprocesser. De kan möjliggöra etablering av vätgasproduktion genom att tillhandahålla industrimark och förenkla planläggning, samt agera förebilder genom att använda vätgas i egna verksamheter. Kommunerna kan också stödja lokalt näringsliv genom att kartlägga behov, skapa samverkansplattformar och sprida goda exempel. Genom strategier för klimatomställning där vätgas ingår som en komponent kan kommunerna ge långsiktig riktning åt omställningen och bidra till ökad förutsägbarhet för aktörer längs hela värdekedjan.

Rekommendation om genomförande projekt: Accelerationskontor för grön omställning i ÖMS

Ett regionalt accelerationskontor föreslås för att driva på den gröna omställningen i ÖMS, med särskilt fokus på vätgas och elintensiva sektorer. Genom att samordna insatser inom teknik, investeringar, policy och kunskap kan kontoret stärka företagens innovationsförmåga, möjliggöra gröna investeringar och främja strategisk samverkan.

Insatserna riktas både direkt till företag – genom stöd till affärsutveckling, testmiljöer och finansieringsrådgivning – och till de strukturer som omger näringslivet, såsom nätverk, myndighetsdialoger och policyutveckling. Ett tydligt sektorsansvar mellan regionerna och partnerskap med nyckelaktörer skapar en stark bas för genomförande.

Projektet stärker målen i ERUF-programmet genom att bidra till minskade utsläpp, hållbara affärsmodeller och en samordnad regional klimatomställning.

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	4
1.1.	Syfte	4
1.2.	Definitioner och avgränsningar.....	5
1.3.	Metod och genomförande	6
2.	Introduktion till vätgas	8
2.1.	Vad är vätgas	8
2.2.	Vätgasens värdekedja	8
2.3.	Vätgasens roll i ett alltmer integrerat energisystem	10
2.4.	Vätgasens roll i den gröna omställningen	10
3.	Aktuella trender inom vätgas på EU-nivå och nationellt.....	10
3.1.	Trender på EU-nivå	11
3.2.	Nationella trender	12
4.	Aktörskartläggning - vätgas i ÖMS-regionen.....	13
4.1.	Energibolag	14
4.2.	Tillverkare av vätgas och infrastruktur för vätgastillverkning.....	15
4.3.	Aktörer inom transportsektorn.....	15
4.4.	Industri- och jordbruksföretag.....	17
4.5.	Akademien	17
4.6.	Nationella branschföreningar	18
4.7.	Sammanställning av relevanta aktörer	18
4.8.	Näringslivsfrämjande aktörers bidrag i en omställning till vätgas i ÖMS-länen	20
5.	Analys av utmaningar och potential för vätgas i ÖMS.....	23
5.1.	Vätgasens utmaningar	23
5.2.	Vätgasens potential.....	26
5.3.	Beredskap och försörjningstrygghet.....	29
5.4.	Vätgasens klimatpåverkan	31
5.5.	Utmaningar och potential per sektor.....	34
6.	Sammanfattande analys	42
6.1.	Övergripande utmaningar	42
6.2.	Övergripande potential.....	43
6.3.	Hur kan staten stödja vätgasutvecklingen i ÖMS?.....	44
6.4.	Hur kan regionerna stödja vätgasutvecklingen i ÖMS?	44
6.5.	Hur kan kommunerna stödja vätgasutvecklingen i ÖMS?	45
7.	Analys av möjliga genomförandeprojekt.....	46
7.1.	Fokus på systemförändring.....	46
7.2.	Genomförandeprojekt	47
7.3.	Rekommendationer för genomförandeprojekt	48

1. Inledning

I takt med övergången till ett klimatneutralt samhälle växer behovet av nya tekniklösningar. EU har antagit målet om att nettoutsläppen av växthusgaser ska vara noll senast år 2050, vilket kräver genomgripande åtgärder i alla sektorer och medlemsländer. I Sverige har regeringen satt målet att nå nettonollutsläpp redan till år 2045, följt av en ambition att därefter uppnå negativa utsläpp.

Vätgas lyfts fram som en nyckelkomponent i denna omställning. EU satsar stora resurser på att möjliggöra vätgasens storskaliga användning genom finansiering av forskning, teknikutveckling och utbyggnad av produktionskapacitet – särskilt elektrolysörer – samt genom investeringar i nödvändig infrastruktur. Därtill har flera EU-lagstiftningar antagits, eller är under utveckling, för att underlätta vätgasens integrering i det europeiska energisystemet. Även utanför EU pågår betydande satsningar, där länder som Tyskland, Nederländerna, Japan och USA erbjuder omfattande stödpaket för att främja utveckling och kommersialisering av vätgasteknologier.

Elektrifiering utgör ett bärande inslag i klimatomställningen, men den räcker inte alltid till. Vissa sektorer är särskilt svåra att elektrifiera – exempelvis sjöfart, flyg, tunga transporter, arbetsmaskiner och industriprocesser med höga temperaturkrav. I dessa områden har vätgas potential att fylla en kritisk funktion. Den svenska industrin har redan påbörjat denna omställning. Ett exempel är Ovako i Hofors, som första företag i världen har använt fossilfri vätgas för att värma stål inför valsning – ett konkret steg mot klimatneutral ståltillverkning.

Utöver industrin kan vätgas även användas som drivmedel, vid produktion av elektrobränslen och kemikalier, samt i fossilfri framställning av konstgödsel till jordbruket. I Sverige planeras omkring 100 nya vätgastankstationer de kommande åren, vilket signalerar en ökad satsning på vätgasdrivna fordon och infrastruktur.

För att nå de svenska klimatmålen krävs ett energisystem som bygger på flera kompletterande lösningar. Intermittenta kraftslag som sol- och vindkraft kommer att spela en avgörande roll, men deras variabilitet ställer krav på lösningar för energilagring och flexibilitet. Vid perioder av låg produktion – som under vindstilla dagar eller mörka vintermånader – kan vätgas, i kombination med batterier, fungera som en viktig balansresurs för att säkerställa en stabil energiförsörjning.

Mot denna bakgrund genomför regionerna i ÖMS denna förstudie för att undersöka vilka förutsättningar och komparativa fördelar som finns för utveckling av vätgas och en regional vätgasekonomi. Det övergripande målet är att bedöma relevansen av ett framtida genomförandeprojekt med fokus på vätgasens roll i regionens energiomställning och näringslivsutveckling.

1.1. Syfte

Det övergripande syftet med förstudiens är att analysera utmaningar och förutsättningar för ökad vätgasproduktion och användning i ÖMS.

Förstudien ämnar också besvara frågan om det är relevant med ett genomförandeprojekt (via ERUF) kring vätgas i området, och om det är aktuellt, vad projektet ska syfta till och fokusera på.

Utredningen syftar vidare till att producera ett kunskapsunderlag som innehåller:

- En introduktion till vätgas (kapitel 2)
- Aktuella trender inom produktion och användning av vätgas i Sverige och EU (kapitel 3)
- En nulägesanalys av aktörer inom vätgasens värdekedja och innovationsstödsystemets förmåga att bidra till omställningen mot vätgas. Detta inkluderar kommentarer per län avseende näringslivsfrämjande aktörer och hur de skulle kunna bidra till en vätgasutveckling i ÖMS-länen (kapitel 4)
- Framtida potential och utmaningar med att hantera vätgas: möjliga användningsområden och potentiella bidrag till beredskap och försörjningstrygghet samt vilken klimatpåverkan som kan uppnås vid en övergång till vätgas i utvalda sektorer (kapitel 5)
- En sammanfattande analys av potential och utmaningar kring vätgas i ÖMS och vad staten, regionerna och kommunerna skulle kunna göra för att stödja vätgasutvecklingen i ÖMS (kapitel 6)
- Rekommendationer för ett genomförandeprojekt inom ERUF avseende vätgasutveckling i ÖMS (kapitel 7).

1.2. Definitioner och avgränsningar

Denna studie fokuserar huvudsakligen på **grön vätgas**, det vill säga vätgas som produceras genom elektrolys av vatten med hjälp av förnybar energi såsom vind- eller solkraft. **Rosa vätgas**, som produceras med el från kärnkraft, inkluderas också i analysen då även den är fossilfri och kan spela en strategisk roll i ett stabilt energisystem.

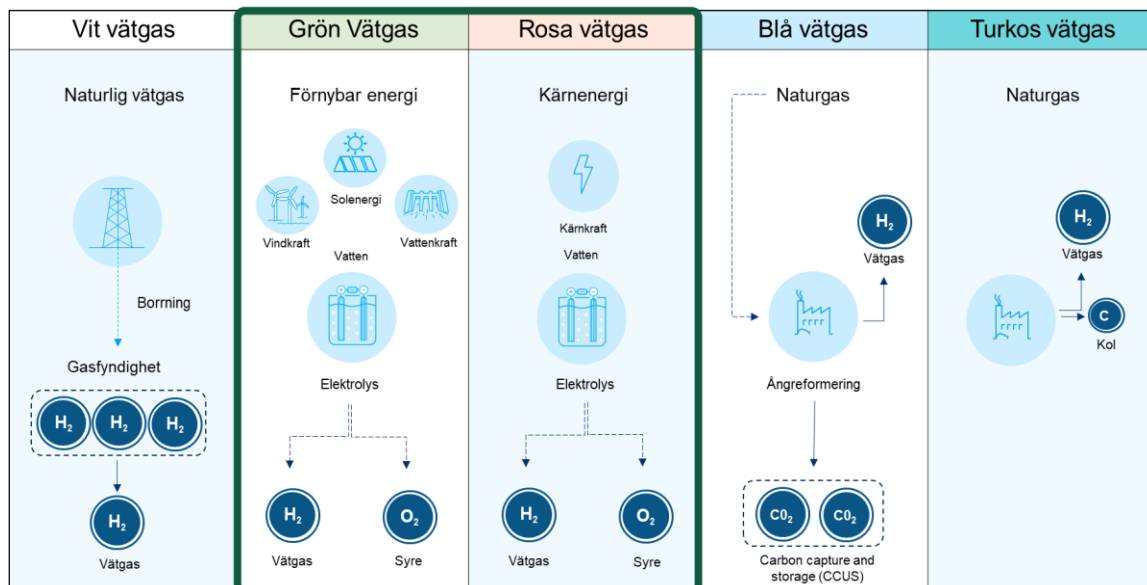
I Figur 1 nedan illustreras även andra typer av vätgas:

- **Vit vätgas**, som förekommer naturligt i jordskorpan och kan utvinnas genom borrning,
- **Blå vätgas**, där fossilbaserad produktion kombineras med koldioxidavskiljning och -lagring (CCS),
- samt **turkos vätgas**, som framställs genom pyrolys av naturgas med fast kol som restprodukt i stället för koldioxid.

För en översikt över ytterligare typer av vätgas, inklusive **grå**, **brun** och **svart vätgas** – samtliga fossilbaserade och associerade med betydande koldioxidutsläpp – hänvisas till fotnoten nedan¹.

Genom att avgränsa analysen till grön och rosa vätgas blir **elektrolys** en central produktionsmetod. Samtidigt beaktar studien även andra fossilfria teknologier, såsom **omvandling av biogas till vätgas**, vilket kan erbjuda regionala möjligheter beroende på tillgång till biomassa och befintlig infrastruktur.

Figur 1: Olika typer av vätgas och deras produktionsmetoder



I denna analys tillämpar Ramboll ett systemperspektiv på utvecklingen av en vätgasekonomi. Det innebär att vi inte enbart analyserar tekniken eller enskilda tillämpningar, utan försöker förstå hur vätgas samverkar med hela det omgivande systemet i omställningen mot ett fossilfritt samhälle. Fokus ligger på att identifiera de strukturer, processer och aktörer som i dagsläget upprätthåller användningen av fossila alternativ – och vilka förändringar som krävs för att vätgas ska bli ett realistiskt och skalbart alternativ.

Figur 2 illustrerar hur olika delar av systemet samverkar och hur de kan utgöra hinder eller möjliggörare för omställningen. Systemet kring vätgas omfattar mer än teknik, produkter och industriella processer. Hållbara affärsmodeller, fungerande marknader, regelverk och sociala normer är avgörande för att vätgas ska nå kommersiell tillämpning i större skala.

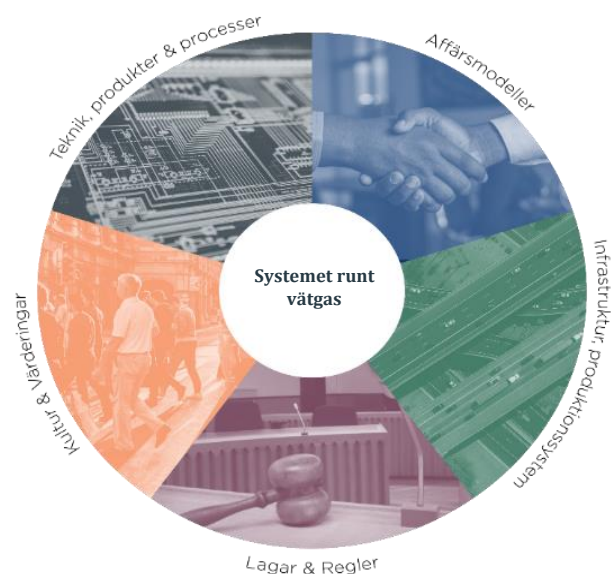
Bristande infrastruktur för produktion, distribution och lagring är ett tydligt hinder – men även mjukare faktorer som brist på kunskap, skepsis mot ny teknik, eller otydliga regelverk kan bromsa utvecklingen. Lagar och styrmedel spelar

¹ [Färgkoder vätgas | Vätgasbloggen.se](#)

en viktig roll för att antingen förstärka befintliga fossilbaserade lösningar eller bana väg för övergången till fossilfria alternativ.

Systemförändring sker sällan linjärt. Den kan påbörjas i nischer – exempelvis genom pilotprojekt, innovationsmiljöer eller lokala initiativ – som sedan växer till bredare trender med potential att påverka hela systemet. Vissa delar av detta system är synliga, såsom policy, teknik och investeringar. Andra är mer implicita, exempelvis normer, maktstrukturer och samarbetskulturer. Det innebär att även om synliga faktorer som lagar och resursflöden förändras, kan underliggande strukturer fortsätta att motverka en djupare omställning. Att förstå och arbeta med dessa dolda systemnivåer – som påverkan, inflytande, samverkan och kulturella uppfattningar – är därför centralt för att långsiktigt möjliggöra vätgasens roll i energiomställningen.

Figur 2: Systemperspektiv på vätgasekonomin

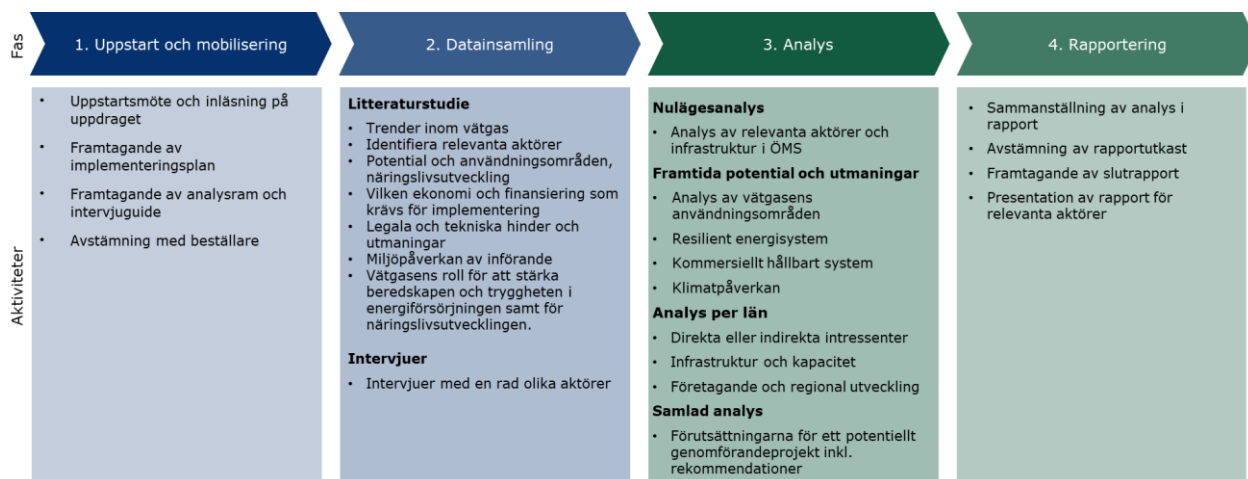


I systemet runt vätgas vill Ramboll särskilt synliggöra hur näringslivet använder och kan använda vätgas och hur näringslivet påverkas av möjligheter till vätgasanvändning.

1.3. Metod och genomförande

Figur 3 nedan beskriver övergripande hur förstudien har genomförts i fyra olika faser.

Figur 3: Fyra genomförandefaser i förstudien



Datainsamling

Som underlag för analysen genomförde Ramboll en litteraturstudie samt en serie semistrukturerade intervjuer med relevanta aktörer inom vätgasekosystemet i ÖMS. Syftet var att samla in kunskap och perspektiv som stöd för att besvara frågorna i den övergripande analysramen.

Litteraturstudien omfattade en genomgång av publicerade forskningsartiklar, offentliga rapporter, nationella och internationella strategidokument, samt material från myndigheter och branschorganisationer. Ambitionen var att skapa en kunskapsbas med fokus på vätgasens roll i energiomställningen, samt identifiera möjligheter och hinder ur både tekniskt och systemiskt perspektiv.

Inför intervjuerna utarbetade Ramboll en intervjuguide, baserad på analysramens frågeställningar och anpassad till olika målgrupper: regionrepresentanter, branschorganisationer, kollektivtrafikförvaltningar, industriföretag, energibolag och akademi. De semistrukturerade intervjuerna genomfördes digitalt via Teams eller telefon och möjliggjorde djupgående dialog med utrymme för uppföljande och förtydligande frågor.

Intervjuserien inleddes explorativt, med samtal med regionerna samt representanter från Vätgas Sverige och Biodriv Öst. Syftet var att kartlägga relevanta aktörer, fånga upp regionala prioriteringar och identifiera ytterligare intressenter för fortsatta intervjuer.

Därefter genomfördes intervjuer med samtliga fem kollektivtrafikförvaltningar i regionerna samt med industriföretag med koppling till vätgas, utvalda i samråd med regionerna. Även energibolag, elnätsägare och aktörer inom energidistribution i respektive region intervjuades.

För att belysa den innovationsdrivna delen av vätgassystemet intervjuades också företrädare för det regionala innovationsstödsystemet, såsom innovationsbolag, företagskluster och energikontor.

Avslutningsvis inkluderades intervjuer med forskningsrepresentanter från Uppsala universitet, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och Linköpings universitet, med fokus på akademiska perspektiv på vätgasens tekniska, miljömässiga och samhällseliga dimensioner.

För samtliga intervjuer som genomförts, se Bilaga 1.

Nulägesanalys

Ett första steg var en aktörskartläggning där offentliga och privata aktörer, från industriföretag till energibolag och klusterinitiativ, identifierades och analyserades utifrån sin roll i vätgasekonomin. I samband med detta utvärderades även den befintliga infrastrukturen för produktion, lagring, distribution och användning av vätgas. Fokus låg på att identifiera styrkor, brister och framtida kapacitet, samt näringslivets engagemang i vätgasfrågan.

Vidare genomfördes en analys av innovationsstödsystemets kapacitet, inklusive universitet och forskningsinstitut, för att bedöma deras roll i att driva teknisk utveckling och affärsmodeller kopplade till vätgas.

Ett särskilt tema i analysen var beredskap och försörjningstrygghet. Här undersöktes i vilken mån vätgasinitiativ kan bidra till ökad resiliens i regionen – särskilt inom energiförsörjning.

Som komplement till analysen i ÖMS genomfördes intervjuer med andra regioner (bl.a. Region Norrbotten, Västra Götaland och Gävleborg) samt kommuner som Trelleborg och Gällivare. Syftet var att jämföra tillvägagångssätt och dra lärdomar av deras arbete med vätgasutveckling.

Analys av framtida potential

I den andra delen av analysen kartlades framtida användningsområden för vätgas inom industri, transporter och energisystem – och vilka produktionslösningar som kan vara aktuella. Möjligheter till industriell och urban symbios lyftes fram, där vätgas integreras i lokala flöden och samverkar med andra resurser.

En separat miljö- och klimatpåverkansanalys har genomförts, där potentiella utsläppsminskningar vid ökad vätgasanvändning i regionen estimerats utifrån litteraturstudier och sektorspecifika scenarier.

Rekommendationer om möjligt genomförandeprojekt

Slutligen identifierade Ramboll förutsättningar för ett möjligt genomförandeprojekt, inklusive hinder, framgångsfaktorer och vad som krävs på kommunal, regional och statlig nivå för att accelerera utvecklingen av vätgas i ÖMS.

2. Introduktion till vätgas

I detta avsnitt beskriver Ramboll vätgasens viktiga roll i den gröna omställningen. Vi redogör för olika framställningsmetoder för fossilfri vätgas, samt de teknologier som används för att distribuera och använda vätgas inom olika sektorer. Vidare belyses de värden vätgasen tillför samhället, särskilt i samband med omställningen mot ett mer hållbart och klimatneutralt samhälle.

2.1. Vad är vätgas

Vätgas är, likt elektricitet, en energibärare snarare än en primär energikälla. Det innebär att vätgas kan användas för att lagra, transportera och tillhandahålla energi, men måste först produceras från andra energikällor.

Vid rumstemperatur och normalt tryck förekommer vätgas i gasform. I detta tillstånd har den låg energidensitet per volymenhet, vilket innebär att den kräver omfattande utrymme för lagring och distribution. För att effektivisera dessa processer kan vätgas komprimeras till höga tryck eller kylas ned till flytande form, vilket dock medför ökade tekniska krav och kostnader.

Vätgas kan produceras från såväl fossila som fossilfria och förnybara energikällor. I dagsläget är produktionen i Sverige, liksom globalt, till övervägande del fossilbaserad. Enligt Energimyndigheten produceras cirka 192 000 ton vätgas årligen i Sverige, motsvarande cirka 6,4 TWh². Av denna mängd är cirka 180 000 ton fossil vätgas, vilket innebär att 97 % av produktionen sker genom reformering av naturgas eller från industriella restströmmar. Endast uppskattningsvis 3–5 % produceras via elektrolys, vilket är den teknik som möjliggör fossilfri produktion förutsatt att den drivs med fossilfri el.

Den absoluta merparten (99,6 %) av den svenska vätgasen används idag inom industrin, främst inom raffinaderier och kemisk industri. Trots att vätgasens användning i sig är koldioxidfri, står dagens fossilbaserade produktion för cirka 8 % av Sveriges totala utsläpp av koldioxid.

Fossilfri vätgas har därmed en central roll i den gröna omställningen. Den har särskilt stor potential att möjliggöra utsläppsreduktioner inom sektorer som är svåra att elektrifiera, såsom tunga transporter, processindustri och vissa delar av energisystemet. Om produktionen sker med förnybar el kan vätgas inte bara minska sina egna utsläpp, utan även bidra till att undanröja betydande utsläpp i andra delar av samhället.

2.2. Vätgasens värdekedja

Figur 4 nedan illustrerar vätgasens värdekedja, utifrån produktion av fossilfri vätgas. För att vätgasen ska vara fossilfri är det avgörande att elektriciteten som används vid produktionen kommer från fossilfria källor. Förutom grön och rosa vätgas, som baseras på el från förnybara energikällor respektive kärnkraft, bör även vätgas producerad från biomassa beaktas. EU:s vätgasstrategi³ från 2020 identifierar följande huvudsakliga metoder för att reducera utsläpp vid vätgasproduktion:

- **Förnybar vätgas:** Produceras genom elektrolys av vatten, med el från förnybara energikällor.
- **Förnybar vätgas från biogas:** Reformering av biogas eller biokemisk omvandling av biomassa, om hållbarhetskrav uppfylls.
- **Fossilbaserad vätgas med koldioxidavskiljning:** Växthusgaserna avskiljs och lagras istället för att släppas ut.
- **Vätgasbaserade syntetiska bränslen:** Förnybara om vätgasdelen i syntesgasen är förnybar, såsom syntetisk fotogen och syntetisk diesel.

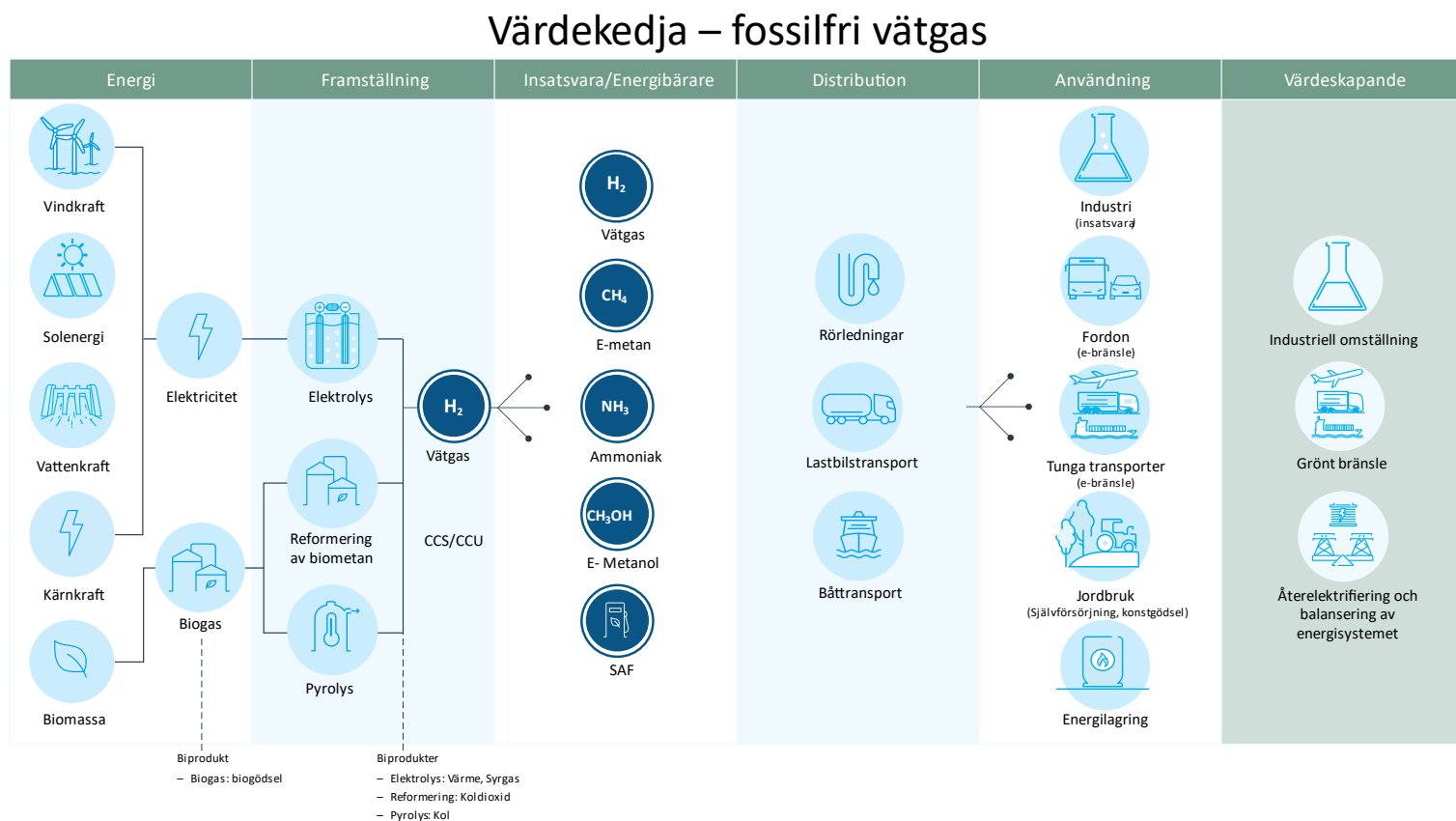
Vätgasen kan framställas med olika teknologier som elektrolys (el), metanisering (biogas) och pyrolys (biogas). En annan metod är **plasmaförgasning**, som omvandlar avfall till syntetisk gas genom upphettning till 3000 grader C. Denna teknologi, som är under utveckling, nämns i förstudien men inkluderas inte i värdekedjan på grund av dess begränsade kommersialisering.

² | [Energimyndigheten](#)

³ eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301

Biologiskt avfall är ytterligare en källa till vätgasproduktion genom **termokemisk omvandling av biomassa** via förgasning och snabbpyrolys. Dessa metoder är ännu inte lika kostnadseffektiva som elektrolys, men de har fördelen att överensstämmer med mål inom cirkularitet eftersom de omhändertar restströmmar från avfallsströmmar och stödjer en decentraliserad produktion av vätgas. Denna väg kan passa nisch-applikationer och passa i småskaliga, cirkulära system.

Figur 4: Värdekedjan för fossilfri vätgas



Vätgasens användning och sektoriell potential

Vätgas kan användas både som en direkt insatsvara och omvandlas till andra energibärare som E-metan, E-metanol, SAF (Sustainable Aviation Fuel) och grön ammoniak. Dessa energibärare kan distribueras via rörledningar eller, om vätgasen är flytande, med andra transportmedel.

Exempel på användningsområden för vätgas inkluderar:

- **Industrin:** Vätgas används traditionellt inom kemiindustrin och utvecklas nu för nya användningsområden i den gröna industriomställningen, såsom stålproduktion. Vätgas är effektiv vid höga temperaturer och kan användas i gasturbiner, gödselmedelsproduktion och tillverkning av e-bränslen.
- **Jordbruket:** Vätgas är en del av processen för att framställa grön ammoniak som används i gödselmedel.
- **Sjöfart:** Sjöfarten kan efterfråga vätgas direkt eller i form av e-metan och e-metanol. Efterfrågan styrs av tekniska och ekonomiska faktorer, samt internationella krav och regler.
- **Flyg:** Vätgas och elektrobränslen, som SAF, kan användas för flygbränsle. EU:s krav på inblandning av hållbara bränslen förväntas öka från 2% år 2025 till 70% år 2050.
- **Väguttransporter:** Långväga och tunga transporter kan använda vätgas i bränslecellslastbilar eller vätgaslastbilar. För personbilar och kortare transporter bedöms batteridrift dominera på kort sikt.
- **Tågtrafik:** Vätgasdrivna tåg kan vara ett alternativ på icke-elektrifierade järnvägar, vilket gör att vätgas kan spela en viktig roll i framtidens tågtrafik.

- **Energilagring:** Vätgas kan även bidra till energilagring och stärka energisystemets resiliens.

Restprodukter från vätgasframställning som värme, syrgas, koldioxid och kol kan också ge ytterligare värde. Till exempel kan värme från elektrolys användas i fjärrvärmesystem, medan koldioxid kan användas i växthus eller värmepumpar, och kol från pyrolys kan utnyttjas för att producera batterier eller gödselmedel.

2.3. Vätgasens roll i ett alltmer integrerat energisystem

En rapport om EU:s energisystemintegration pekar på kvarstående barriärer inom områden som elektrifiering, decentralisering av förnybar energi och integrering av fossilfri vätgas, biogas och biometan. De största hindren är inte tekniska, utan snarare finansiella, där faktorer som elpriser och investeringskostnader har störst påverkan. Lagstiftning och allmänhetens stöd är också viktiga, vilket understryker behovet av ett systemperspektiv.

Ett exempel på en integrerad relation i den gröna energiomställningen är den mellan vätgas och biogas. Biogas kan omvandlas till vätgas genom ångreforming, men vätgas kan också förbättra biogasproduktionen. Genom att injicera vätgas i biogasreaktorer kan man effektivisera omvandlingen till biometan genom att reducera CO₂ och öka metanproduktionen. Denna effektivisering kräver billig och stabil vätgas, vilket är möjligt om vätgas produceras genom elektrolys.

Trots att biogas används som insatsvara i dag, snarare än för vätgasproduktion, kan små elektrolysörer förbättra produktiviteten i biogasprocesser, särskilt när billig el finns tillgänglig. Däremot pekar intervjuer på att affärsmodellen för biogasproducenter inte ännu är positiv för vätgasproduktion.

2.4. Vätgasens roll i den gröna omställningen

EU har som mål att nettoutsläppen av växthusgaser ska vara noll senast 2050. För att nå dit krävs omfattande omställningar i samtliga sektorer i alla medlemsländer. Vätgas lyfts i EU:s vätgasstrategi fram som en central komponent i detta arbete, där den ses som ett viktigt komplement till förnybar el. Förnybar el förväntas stå för huvuddelen av utsläppsminskningarna, men vätgas kan fylla viktiga funktioner där direkt elektrifiering inte är möjlig eller kostnadseffektiv. Det gäller till exempel som energibärare som transporteras över långa avstånd, som säsongslager, för att stabilisera elsystemet och i branscher med höga tekniska krav.

2018 förutspådde EU att vätgasens andel av Europas energimix skulle öka från mindre än 2 procent till mellan 13 och 14 procent år 2050. I Sverige understryker Energimyndigheten (2024) att vätgasen kan få en särskilt viktig roll i de så kallade "hard to abate"-sektorerna – det vill säga industrier där det är tekniskt eller ekonomiskt svårt att ersätta fossila bränslen med el. Exempel på sådana sektorer är järn- och stålindustrin, kemiindustrin och raffinaderier, samt vissa delar av transportsektorn.

Samtidigt är vätgasmarknaden fortfarande i ett tidigt utvecklingsskede. Många projekt skjuts upp i takt med att lågkonjunkturen påverkar investeringsviljan. Men för att inte tappa konkurrenskraft behöver Sverige hänga med i den europeiska utvecklingen. Centrala faktorer för att möjliggöra vätgasutbyggnaden är tillgång till billig, förnybar el och ett elnät som kan hantera ökade belastningar. Här spelar staten en viktig roll, både i att skapa långsiktighet i energipolitiken och i att kommunicera en tydlig nationell strategi för vätgas.

Utbyggnaden av vätgas kräver ett systemperspektiv. Det handlar om att utforma styrmedel och stödmekanismer så att de leder till största möjliga samhällsekonomiska nytta. Exempelvis kan befintliga program som Klimatklivet och Industriklivet förlängas och anpassas. Dessutom behövs effektivare tillståndprocesser och en bättre samordning mellan aktörer på marknaden för att undanröja hinder och påskynda utvecklingen.

3. Aktuella trender inom vätgas på EU-nivå och nationellt

I detta kapitel redogör Ramboll för aktuella trender inom vätgasproduktion och -användning, både på EU-nivå och i Sverige. Fokus ligger på hur det regulatoriska landskapet utvecklas, där nya och kommande regelverk – såväl europeiska som nationella – kan komma att påverka hur investeringar i vätgaslösningar prioriteras och genomförs. Dessa förändringar skapar både möjligheter och utmaningar för industriaktörer, energibolag, offentliga verksamheter och beslutsfattare som planerar för eller redan engagerar sig i vätgasutvecklingen.

3.1. Trender på EU-nivå

Inom EU ses vätgas som en strategiskt viktig komponent för att nå klimatneutralitet till 2050. I den europeiska vätgasstrategin från 2020⁴ lyfts särskilt grön vätgas, producerad genom elektrolys med förnybar el, fram som prioriterad. Globalt har ett sextiotial länder antagit vätgasstrategier som anger nationell inriktning och ambitionsnivå för vätgasens utveckling. Användningen förväntas främst växa i sektorer där elektrifiering är svårt eller inte tekniskt eller ekonomiskt gångbart, såsom stål-, kemi- och raffinaderiindustri, delar av transportsektorn (särskilt flyg, sjöfart och tung vägtransport), samt i gödselproduktion.

Utvecklingstakten inom EU skiljer sig dock åt mellan länder. Vissa har redan antagit strategier och investerar i flera vätgasprojekt, medan andra befinner sig i ett tidigare skede. Drivkraften bakom omställningen förstärktes ytterligare 2022, då EU-kommissionen lanserade REPowerEU-planen⁵ som svar på Rysslands invasion av Ukraina. Syftet är att minska unionens beroende av rysk fossil gas. Förnybar vätgas pekas här ut som en avgörande lösning för att ersätta naturgas, kol och olja inom industri, transporter och uppvärmning – områden där utfasning av fossila bränslen annars är svår.

Sverige har inte samma beroende av rysk gas som flera andra medlemsländer, vilket gör att vätgasens roll snarare handlar om att driva på en generell avkarbonisering av industrin och energisystemet. Samtidigt är EU en stark regulatorisk kraft, och flera initiativ inom den gröna given driver på elektrifiering och vätgasanvändning:

- **RefuelEU Aviation**⁶ – ställer krav på inblandning av hållbart flygbränsle (SAF): 2 % år 2025, 6 % år 2030 och 70 % år 2050.
- **FuelEU Maritime**⁷ – successiv skärpning av utsläppskraven inom sjöfarten, med mål om 80 % minskning till 2050 (jämfört med 2020 års nivå). Utöver det beslutade IMO (International Maritime Organization) i maj 2025 om nya regleringar som ska leda till nettonollutsläpp senast 2050 för den globala sjöfarten.⁸
- **AFIR (Alternative Fuels Infrastructure Regulation)**⁹ och **Clean Vehicles Directive**¹⁰ – styr mot ökad användning av el- och vätgasdrivna fordon, inklusive krav i offentliga upphandlingar.
- **ETS 2** – EU Emissions Trading System 2 - ett nytt handelssystem för utsläppsrätter som omfattar transport och byggnader (utöver ETS 1 som riktar sig mot industri och kraftproduktion). Det svenska regelverket trädde i kraft i november 2024.
- **CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism)**¹¹ – ett koldioxidtullsystem för att jämna ut konkurrensvillkor för importerade varor som producerats med höga utsläpp utanför EU.

Den europeiska vätgasstrategin innehåller också ambitiösa mål: till år 2030 ska EU producera 10 miljoner ton och importera ytterligare 10 miljoner ton fossilfri vätgas. Detta kräver en kombination av hållbar produktion, gemensam infrastruktur, etablering av så kallade Hydrogen Valleys¹² samt standardisering av tekniska regelverk. Ett särskilt fokus ligger på att underlätta import/export mellan medlemsländer och till externa partner.

EU har lanserat "European Hydrogen Bank" som syftar till att accelerera kommersialisering av grön vätgas genom ett omvänt auktionssystem där producenter konkurrerar om stöd baserat på det lägsta vätgaspriset. Sverige har hittills haft låg synlighet i dessa initiativ.

I länder som Tyskland, Nederländerna och Spanien byggs vätgasekonomin ofta upp kring industriella kluster med gemensam infrastruktur, vilket ger synergier. Dessa hubbar stöds av EU:s IPCEI-program (Important Projects of Common European Interest).

Flera EU-länder tecknar bilaterala avtal med länder i Mellanöstern, Latinamerika och Afrika om framtida import av grön vätgas eller derivat (som ammoniak eller metanol). Detta kan komma att förändra Europas infrastrukturfokus

⁴ eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301

⁵ [REPowerEU](#)

⁶ [ReFuelEU Aviation - European Commission](#)

⁷ [Decarbonising maritime transport – FuelEU Maritime - European Commission](#)

⁸ [IMO approves net-zero regulations for global shipping](#)

⁹ [Alternative Fuels Infrastructure - European Commission](#)

¹⁰ [Clean Vehicles Directive - European Commission](#)

¹¹ [Carbon Border Adjustment Mechanism \(CBAM\) | Access2Markets](#)

¹² Hydrogen Valleys är geografiska områden för transport- och industrikluster med fossilfri vätgas där EU hoppas kunna ha ett femtiotal områden i gång eller under konstruktion kring år 2030.

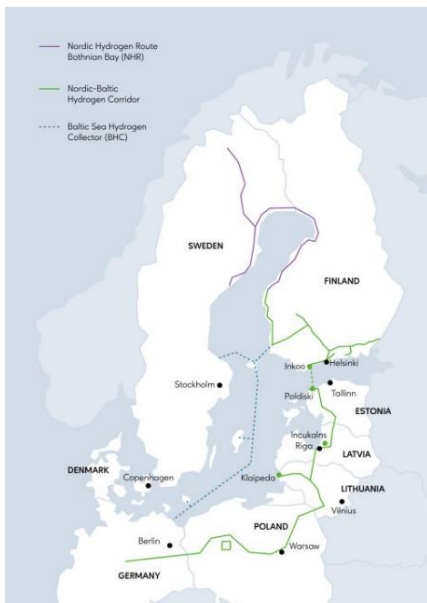
från intern produktion till importlogistik, vilket skulle kunna påverka konkurrenssituationen för Europeiska vätgasproducenter.

EU betonar att medlemsstaterna har olika förutsättningar – både vad gäller beroende av rysk energi och befintlig infrastruktur. Sverige saknar i dagsläget vätgasledningar och integrerad gasinfrastruktur, vilket visas i Figur 5. Det finns dock utvecklingsinitiativ, såsom Nordic Hydrogen Route – ett samarbete mellan Gasgrid Finland och Nordion Energi – som syftar till att etablera en öppen vätgasmarknad runt Bottenviken till omkring 2030 (Figur 6).

Figur 5: Gasinfrastruktur i Europa med projekt av gemensamt intresse (PCI) och vätgaskorridorer (Källa: RePower EU)



Figur 6: Nordic Hydrogen Route kring Bottenviken



3.2. Nationella trender

Sverige saknar i dagsläget en formellt antagen nationell vätgasstrategi, även om ett förslag har tagits fram. Flera aktörer som intervjuats i denna studie uttrycker ett tydligt behov av en sådan strategi och upplever att vätgasutvecklingen inte prioriteras tillräckligt av regeringen, särskilt i jämförelse med andra europeiska länder.

Vätgas används idag i Sverige främst inom kemi- och raffinaderiindustrin, där det inte finns några praktiska alternativ till själva vätgasmolekylen. Dock krävs en övergång från fossil till fossilfri vätgas även i dessa tillämpningar. Parallellt pågår flera större projekt inom järn- och stålindustrin, där vätgas spelar en nyckelroll i övergången till

fossilfria processer. Under 2024 har både nya initiativ startats och vissa lagts ned, särskilt inom bränsleproduktion – ofta på grund av begränsad efterfrågan på kort sikt.

Energimyndigheten har haft ett samordningsuppdrag för vätgas under 2024, men uppdragets framtid är osäker. Det finns ett tydligt behov av nationell samordning, inte minst för att möta EU:s krav och driva harmonisering framåt. I sitt strategiförslag för vätgas, elektrobränslen och ammoniak betonar Energimyndigheten att intresset för fossilfri vätgas ökar som energibärare i framtidens energisystem. Sveriges fossilfria elsystem ger unika möjligheter att bli ledande inom området – förutsatt att kapaciteten för elektrolysproduktion byggs ut. Även Fossilfritt Sverige har presenterat ett vätgasstrategiförslag¹³ med konkreta handlingspunkter inom områden som elförsörjning, infrastruktur, regelverk, finansiering och forskning. Dessa pekar på vad som krävs för att ta nästa steg mot storskalig fossilfri vätgasproduktion.

I en ny rapport¹⁴ framhåller Energimyndigheten att Sveriges möjligheter att nå klimatmålen i hög grad beror på hur väl vi kan hantera sektorer där alternativen till vätgas är få. Vätgas lyfts särskilt fram som avgörande i omställningen av processindustrin – till exempel inom produktion av fossilfritt stål, syntetiska bränslen för flyg och sjöfart, samt vid tillverkning av ammoniak och konstgödsel.

Trots detta pekar flera intervjuade aktörer på en avsaknad av tydliga och samordnade styrmedel. Energimyndighetens egen genomgång visar dock att det redan finns ett flertal tillgängliga stödformer, exempelvis genom Klimatklivet och Industriklivet. Samtidigt krävs fortsatt utveckling av styrmedel för att stödja kommersialisering och uppskalning.

En av de största utmaningarna för vätgasutvecklingen i Sverige är kopplad till elförsörjningen. Enligt branschorganisationen Vätgas Sverige är det inte möjligt att tala om vätgas utan att samtidigt diskutera tillgång på el och effekt. För att möjliggöra storskalig produktion av grön vätgas krävs säker tillgång till el och nätanslutning – något som idag ofta bromsas av att olika delar av kedjan väntar på varandra.

För att förstå vätgasens framtida roll måste den ses i relation till den snabbt växande elanvändningen. Enligt Energimyndighetens scenarier förväntas elanvändningen öka kraftigt, särskilt i elintensiva branscher kopplade till vätgasproduktion. Detta inkluderar både nya etableringar och elektrifiering av befintlig industri. Exempel på detta är omställningen inom järn- och stålsektorn, växande datacenterverksamhet samt gödselmedelsproduktion.

Utmaningar finns särskilt i mellersta och södra Sverige där kapacitetsbrist i elnätet och bristande överföringskapacitet mellan norr och syd utgör flaskhalsar. Industrisatsningar i norr försenas, samtidigt som tillståndprocesser för havsbaserad vindkraft ofta stoppas. Försvarsmaktens invändningar och det kommunala vetot utgör ytterligare hinder – men internationella exempel visar att det finns lösningar.

Energigas Sverige lyfter att frånvaron av en nationell vätgasstrategi kan kopplas till den centrala roll som elförsörjning spelar för vätgasutvecklingen. Att flera havsvindparker i Sverige har fått avslag på senare tid anses ha haft en negativ påverkan på intresset för vätgas. Samtidigt pekas möjligheter ut inom industriell och urban symbios, där restflöden och resurseffektivitet kan bidra till både klimatnytta och affärsmodeller.

4. Aktörskartläggning - vätgas i ÖMS-regionen

I detta avsnitt redovisar Ramboll en nulägesbild över de aktörer inom ÖMS som verkar längs vätgasens värdekedja. Kartläggningen baseras på ett brett intervjumaterial med representanter från såväl offentliga som privata verksamheter, med syftet att skapa en så heltäckande bild som möjligt av vätgasens nuvarande och potentiella roll i regionen. Intervjuerna har belyst både befintlig användning av vätgas och planerade satsningar i uppstartsfasen, men har också gett uppslag till möjliga framtida användningsområden där konkreta initiativ ännu inte tagits, men där Ramboll ser att det finns förutsättningar för utveckling.

Kartläggningen omfattar även en bedömning av hur näringslivsfrämjande och innovationsdrivande aktörer inom ÖMS-regionerna kan bidra till en accelererad vätgasomställning.

Urvalet av intervjupersoner baserades initialt på en nominering från respektive region inom ÖMS-samarbetet. Urvalet har därefter breddats genom ett förfarande, där nya relevanta aktörer identifierats genom rekommendationer från

¹³ [Vätgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-1.pdf](#)

¹⁴ [Energimyndigheten](#) (2025)

redan intervjuade personer. Totalt har Ramboll genomfört ett sextiototal intervjuer med representanter från följande aktörsgrupper:

- De fem regionerna inom ÖMS samt Biodriv Öst (samtliga medlemmar i projektets Advisory Board)
- Nationella myndigheter och branschorganisationer, däribland Energimyndigheten, Energiföretagen, Vätgas Sverige och Energigas Sverige
- De regionala kollektivtrafikförvaltningarna
- Utvalda industriföretag med koppling till vätgas – både slutanvändare och teknikleverantörer
- Energibolag och elnätsägare verksamma i regionen
- Innovations- och utvecklingsaktörer, exempelvis science parks, klusterorganisationer och energikontor
- Akademiska institutioner med forskningsanknytning till energiomställning, inklusive Uppsala universitet, Linköpings universitet och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

Den fullständiga listan över intervjuade verksamheter återfinns i Bilaga 1.

4.1. Energibolag

Flera energibolag i ÖMS-regionen har intervjuats om deras nuvarande koppling till vätgas, syn på utvecklingen samt vilka hinder och möjligheter de ser för en framtida vätgasmarknad. Intervjuerna visar att energibolagen uppfattar vätgas som en potentiellt viktig komponent i energiomställningen, särskilt i samband med industriell och urban symbios. Samtidigt lyfter de ett antal strukturella utmaningar – såsom begränsad elnätskapacitet, hög investeringskostnad och affärsrisker – som i dagsläget försvårar större satsningar och riskerar att minska ÖMS-regionens attraktivitet för nya etableringar.

Dagens koppling till vätgas är begränsad – men teknisk nyfikenhet finns

Idag är kopplingen mellan energibolagen och vätgas relativt begränsad. Vissa mindre försök med ny teknik förekommer, till exempel injicering av vätgas i rötningsprocesser. Bolagen uttrycker dock att de skulle kunna bygga elektrolysörer givet att det finns en tydlig och långsiktig efterfrågan. I nuläget uppfattas dock marknaden som för omogen för större investeringar.

Energibolagen spelar en central roll i produktionen av förnybar el, men flera aktörer uppger att osäkerheter kring tillståndprocesser, elnätsutbyggnad och lönsamhetsmodeller försvårar satsningar på ny vindkraft, batterilagring eller solenergi. Ett av bolagen uttrycker att fokus snarare ligger på att avlasta elnätet än att expandera elproduktionen. Samtidigt framhålls att långsiktig energilagring i form av vätgas kan bli strategiskt viktig i framtiden.

Potential för industriell och urban symbios

Energibolagen lyfter särskilt fram möjligheterna till industriell symbios, där vätgasproduktion och användning, kopplas samman med befintliga industriprocesser, till exempel i stålindustrin. Om en större aktör etablerar vätgasbaserade processer, kan det skapa en klustereffekt där fler aktörer ansluter sig till samma infrastruktur, vilket i sin tur stärker lönsamheten i hela värdekedjan. Energibolagen ser också möjligheter att bidra med flexibilitet och resursåtervinning i sådana ekosystem, exempelvis genom att tillvarata restvärme från vätgasproduktion.

På det urbana planet kan spillvärme från vätgasproduktion till exempel nyttjas som en komponent i fjärrvärmesystem – där spillvärme kan föras in i lågtempererade fjärrvärmenät. Även syre som biprodukt vid elektrolys kan få användning inom exempelvis sjukvård eller fiskodling. I förlängningen skulle vätgas också kunna spela en roll i urbana transporter, särskilt där laddinfrastruktur är opraktisk – till exempel för kollektivtrafik, färdtjänst och servicefordon. Dock bedöms ett större regionalt gasnät som osannolikt, vilket innebär att lokal distribution av vätgas kvarstår som en betydande utmaning. Några aktörer lyfter att en förutsättning för att få till en lönsam affär är att inte se vätgas som en egen produkt utan snarare titta på affärsmodellen för vätgas tillsammans med till exempel, syrgas, spillvärme eller i kombination med andra ämnen som kol eller kväve.

Kostnader, risker och marknadsosäkerhet bromsar utvecklingen

Energibolagen betonar att flera kritiska förutsättningar behöver förbättras för att vätgas ska bli ett affärsmässigt gångbart alternativ. Bland annat krävs stabila elpriser, förbättrad nätkapacitet och ökad tillgång på kommersiellt tillgängliga elektrolysörer. Dessutom måste efterfrågan från slutanvändare – till exempel transportsektorn – bli tydligare och mer förutsägbar. Som en aktör uttrycker det:

"Om ett bolag planerar för vätgasanvändning men inte vill frakta vätgas i flaskor, och samtidigt saknar möjlighet att själva bygga en elektrolysör – då finns en risk att de väljer en annan etableringsort än ÖMS."

– Energibolag

Historiska exempel på misslyckade vätgasprojekt, särskilt kring tankinfrastruktur, har bidragit till ökad riskmedvetenhet. Generellt efterlyser bolagen en mer förutsägbar myndighetsprocess och ett mer sammanhållet regelverk kring etablering av vätgasproduktion och distribution.

Nya tekniker och pågående projekt

Flera energibolag och akademiska partners deltar i teknikdemonstrationer med fokus på vätgas. Ett exempel är projektet *Hycogen*¹⁵, där bland andra Mälardalens universitet (MDU), Mälarenergi och RISE medverkar. Projektet undersöker hur vätgasproduktion kan samverka med fjärrvärmesystem och variabel elproduktion, med särskilt fokus på att tillvarata syre och spillvärme.

Uppsala Vatten undersöker i sin tur möjligheten att kombinera biogas- och vätgasproduktion i en integrerad process. Genom att fånga in koldioxid från rötning kan man producera metan, eller i vissa fall vätgas genom ångreformering. Bolaget understryker att dessa processer ofta innebär flera energikrävande konverteringssteg, men kan vara relevanta i situationer där elöverskott uppstår.

Ramboll bedömer att energibolagen i ÖMS-regionen har en potentiellt viktig roll i en framtida vätgasekonomi – särskilt genom att koppla samman elproduktion, värmeåtervinning och industriella symbioser. I dagsläget är dock engagemanget begränsat till teknisk testning och konceptutveckling. För att realisera denna potential krävs en mer mogen marknad, stärkt efterfrågan samt förbättrade affärsförutsättningar.

4.2. Tillverkare av vätgas och infrastruktur för vätgastillverkning

I ÖMS-regionen finns tillverkare av elektrolysörer och komponenter, men deras fokus ligger i dagsläget på den globala marknaden. De betraktar Sverige som omoget för vätgasinvesteringar, med bristande infrastruktur, låg efterfrågan och begränsade affärsincitament.

Gasproducenter uppger att den svenska vätgasproduktionen fortsatt domineras av fossilbaserade lösningar (grå vätgas), och att flaskleveranser till mindre kunder är vanligast. Storskaliga elektrolysörer bedöms som ekonomiskt riskabla utan garanterad efterfrågan, särskilt då distribution i nuläget är ineffektiv och kostsam.

Potentiella tillämpningar finns inom sjöfart, tung transport och vissa industrisegment. Fordonstillverkare som Volvo och Scania visar intresse för vätgas, men utvecklar till viss del egna tekniska lösningar. Tillverkarna ser fortsatt stora hinder i form av ekonomi, teknik och efterfrågeosäkerhet – och avvaktar därför med etableringar i Sverige.

Kompetens och teknik finns i regionen, men marknadsförutsättningarna i Sverige är i nuläget inte tillräckliga för att motivera investeringar. Tydligare efterfrågesignaler och ekonomiska styrmedel krävs för att aktivera denna aktörsgrupp.

4.3. Aktörer inom transportsektorn

Ramboll har intervjuat de fem kollektivtrafikförvaltningarna, ett företag som tillverkar vätgaståg och befinner sig på demo-stadiet i Sverige, samt en aktör som bygger vätgastankstationer. Företrädarna för kollektivtrafiken ser för närvarande inte att vätgas kommer att användas i någon större utsträckning inom deras fordonsflottor på kort sikt. Kommersialiseringen av vätgaståg bedöms också ligga långt fram i tiden. Vätgastankstationer byggs idag på flera platser i ÖMS-regionerna, främst med inriktning på vätgasfordon för tunga transporter. De aktörer som bygger dessa tankstationer har för närvarande inte egen vätgasproduktion, utan köper vätgasen i flak som levereras med lastbil.

Kollektivtrafikförvaltningarnas syn på vätgas

Region Uppsala ser en långsiktig potential i vätgas och föreställer sig en framtida blandning av vätgas och andra förnybara drivmedel. Företrädare för busstrafiken ser att vätgas skulle kunna vara ett bra alternativ för busstrafik på längre sträckor, särskilt utanför stadskärnan. Eftersom det finns ett långsiktigt kontrakt med regionen som tillåter att bussar byts ut löpande, skulle vätgas kunna testas i praktiken. Flera hinder för att börja använda vätgas identifieras dock, bland annat det begränsade utbudet av fordonstillverkare, behovet av tankmöjligheter vid depåer samt krav på

¹⁵ [Systemperspektiv för vätgasproduktion, sektorkoppling till fjärrvärme | RISE](#)

standarder och säkerhetsföreskrifter för att kunna hantera vätgas i verkstäder. Därtill tillkommer de höga investeringskostnaderna och osäkerheten kring framtida driftskostnader. Trots dessa hinder finns en viss nyfikenhet inom kommunen och regionen, och ett gemensamt vätgasprojekt, som inkluderar en tankstation nära depån, har påbörjats.

Region Sörmland ser i nuläget inte vätgas som ett aktuellt alternativ på grund av den otillräckliga infrastrukturen. Om förutsättningarna förändras kan det vara aktuellt för vissa typer av fordon som inte går att köra på el. I nuläget bedöms biodiesel som ett komplement till elbussar. Biogas anses som ett alternativ i andra hand men det finns få tillverkare av biogasbussar. Två av länets kommuner har valt att satsa på biogasspåret. För att regionen ska överväga att använda vätgas krävs mer säkerhet kring teknologin. Det anses vara en intressant lösning på lång sikt, men inte som primärkälla, och anses också vara för dyrt i nuläget.

Region Östergötland har inga planer på att använda vätgasbussar inom en nära framtid men menar att det eventuellt kan bli aktuellt mot 2040. Att byta till vätgasbussar kräver bland annat att det finns en god tillgång på tankstationer och att fler fordonstillverkare satsar på gasbussar. Just nu finns endast en tillverkare av vätgasdrivna bussar. Den höga kostnaden för vätgas är också en betydande barriär. En ytterligare utmaning är de långa cyklerna i upphandlingarna av bussar. Eftersom upphandlingar görs vart tionde år, skulle en lång framförhållning krävas för att inkludera vätgasbussar i framtida upphandlingar. Den nuvarande trenden i regionen är att biogasbussar byts ut mot elektrifierade bussar.

Svealandstrafiken, som täcker Örebro och Västmanlands län, tror i första hand på elbussar i stadsområden men följer noggrant utvecklingen av vätgas. Företaget ser att elbussar föredras på kortare sträckor, men är också medvetet om att vätgas kan bli aktuellt på längre sikt. Svealandstrafiken har egna bussar, och det skulle krävas stora förändringar för att byta till en annan drivteknik. En risk som företaget ser är att vätgas skulle kunna följa samma mönster som biogas, där det först finns planer på att köpa in grön vätgas, men där billigare, icke-hållbara alternativ sedan strömmar in på marknaden.

En möjlighet handlar om att blanda in 10% vätgas i biogasbussar för att öka deras energiutnyttjande och minska bränsleförbrukningen, vilket enligt Biodriv Öst kan förbättra både prestanda och effektivitet.

Vätgaståg - Möjligheter för vissa typer av sträckor

Ramboll har också intervjuat en tillverkare av vätgaståg. Vätgaståg har testats i både Tyskland och i svenska demonstrationsprojekt. Valet av drivteknik beror till stor del på tågtätheten; ju fler tåg på samma linje, desto mer ekonomiskt fördelaktigt är elektrifiering. Batteritåg med 8 ton batterier klarar en körsträcka på cirka 10 mil, medan vätgaståg kan köra upp till 100 mil på en tank. För längre sträckor, särskilt där tågen går mer sällan än varannan timme, kan vätgas vara ett mer kostnadseffektivt alternativ. Tågtillverkaren ser långsiktiga möjligheter för vätgaståg, särskilt för trafik på mindre frekventa linjer eller där elektrifiering inte är ekonomiskt försvarbart.

Tunga transporter - Vätgas för effektiva tankstationer

Ramboll har också intervjuat en aktör som bygger vätgastankstationer, vilka i första hand riktar sig till tunga transporter, där batterier inte räcker och där laddinfrastrukturen är otillräcklig. EU:s direktiv AFIR, som började gälla sommaren 2024, föreskriver att det ska vara högst 20 mil mellan tankstationerna längs TEN-T-nätverkets vägsträckor och vid dess knutpunkter. I Sverige innebär detta att det behövs totalt 34 tankstationer, varav hälften ska placeras i noder (större trafikpunkter) och hälften längs väg.

För att uppfylla detta krav behöver varje tankstation hantera minst 1 ton vätgas per dygn, och vätgasen ska levereras via en dispenser som kan hantera ett tryck på 700 bar, enligt direktivet. Företaget som bygger tankstationerna köper i nuläget in vätgas från externa leverantörer i flak, vilket innebär logistiska utmaningar. Tanken har varit att producera vätgas på plats vid tankstationerna, men detta visade sig vara ekonomiskt svårt att få att gå ihop. Därför är det mer ekonomiskt fördelaktigt att producera vätgas på en annan plats där produktionskostnaderna är lägre och sedan distribuera den till stationerna.

För tunga lastbilar är det också tydligt att klimatkraven på utsläppsreduktion kommer att innebära att batteridrivna fordon inte kommer att räcka till. Enligt fordonstillverkare som Volvo och Scania kommer 50% av deras tunga fordon att vara batteridrivna, medan den andra hälften kommer att drivas med alternativa förnybara bränslen som vätgas. Vätgaslastbilar förväntas ha förbränningsmotorer snarare än bränsleceller och kommer att vara dyrare än diesellastbilar, men de kommer att innebära lägre utsläpp. Den tyska fordonstillverkaren MAN planerar att lansera ett begränsat antal vätgaslastbilar med förbränningsmotorer redan 2025. Andra fordonstyper, såsom hantverkarens bilar och handikaptransportfordon, kan också dra nytta av vätgas och utnyttja tankstationerna, särskilt där lång laddtid inte är möjligt.

4.4. Industri- och jordbruksföretag

Ramboll har intervjuat tre industriföretag som använder vätgas i sina processer, samt ett företag som erbjuder drift- och underhållstjänster till industrin. Företagen är öppna för att låta andra aktörer producera vätgas och ser samarbete i kluster som en möjlig väg framåt. Ett exempel är Ovako, som redan använder vätgas i sin anläggning i Hofors och skulle kunna använda samma teknik i ÖMS-regionerna. Inom jordbruk och jordbruksnära företag finns det några tidiga användare av vätgas i kombination med solenergi, samt en potentiell användning av vätgas för gödselmedelstillverkning.

Industriföretag: Behov och möjligheter för vätgasproduktion

Ett företag som idag köper vätgas på flaska överväger att utöka inköpen till flak men upplever att detta börjar bli för dyrt. Företaget är intresserat av att köpa vätgas lokalt eller producera den själva. De har ännu inte färdigställt sina kalkyler men diskuterar möjligheten att samarbeta med energibolag eller andra företag som använder elektrolysörer för att producera vätgas, samt ge överbliven gas tillbaka till partners (till exempel för injektion i rötkammare). Företaget bedömer att marknaden för att sälja överbliven vätgas till bränslelastbilar inte kommer att bli särskilt stor.

I Finspång använder Siemens vätgas i tester av gasturbiner för export, men dagens elektrolysör räcker inte för att täcka det framtida behovet. För att genomföra prov på den största gasturbinen behövs 10–12 ton vätgas per dag vid vissa tillfällen. Det finns ett industriellt nätverk i Finspång där företag träffas för att diskutera sina behov, och flera av dessa företag har intresse av att byta från gasol till vätgas för sina processer. Företagen föredrar att en extern aktör producerar vätgasen, och det behövs fler användare för att göra produktionen ekonomiskt hållbar. För att driva större elektrolysörer krävs 15–20 MW el. Vätgas i smältugnar skulle kunna ersätta propan, men högt tempererad värme från vätgas ligger längre fram i tiden. Bytet av hela ugnar skulle vara dyrt, men att använda vätgas som insatsvara i de befintliga ugnarna kan vara mer ekonomiskt. De största hindren för industrin är inte initiala investeringar utan de löpande driftskostnaderna, särskilt kopplade till elpriser och verkningsgrad, samt regulatoriska hinder som miljötillstånd och tilldelning av el.

I jordbruket kombineras vätgas och solel, potential finns för gödselmedelstillverkning

Inom jordbruket finns ett exempel på en gård i Västmanland som arbetar med vätgas och solenergi. Gården, som har en stark miljö- och hållbarhetsprofil, samarbetar med Mälardalens universitet för forskning om solpaneler och vätgas. De bygger en demoanläggning där solpanelerna är vertikala så att odlingsvall får plats mellan panelerna. Gården kan lagra restvärme och använda vätgasen som buffert i sitt eget system, och de planerar att sälja överskottet till en vätgasmack i närheten.

En annan gård i Uppsala, som investerat i en pilotanläggning, fokuserar på att utveckla teknologi för att producera nitratbaserade gödselmedel. Företaget använder inte vätgas idag, men ser en framtida möjlighet att använda vätgas för att producera grön ammoniak, vilket skulle kunna användas parallellt med deras produktion av nitrat. Företaget tror att deras teknologi kan konkurrera med andra ammoniakprodukter på marknaden, och om de kan kombinera sin produktion av nitrat med grön ammoniak kan de också producera ammoniumnitrat, som är ett av de vanligaste gödselmedlen i Europa.

4.5. Akademin

Intervjuer med respondenter från Linköpings universitet (LIU), Uppsala universitet (UU) och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) ger insikter om den forskning som pågår för att hantera vätgasens möjligheter och utmaningar.

LIU:s respondent anser att produktionen av grön vätgas är tekniskt mogen, men att andra delar av systemet, såsom hantering och transport, ännu inte är fullt utvecklade. Vätgas i gasform kräver stora ytor och tankarna måste vara av komplexa material för att undvika läckage. Flytande vätgas är mindre riskfylld men kräver kylning till minus 230 grader, vilket gör den svår att transportera via båt. Ammoniak och metanol kan vara alternativ för transport och lagring av vätgas, där metanol är det näst bästa alternativet för användning i Sverige, eftersom landet har god tillgång till skogsavfall och det går att använda befintlig infrastruktur. LOHC-teknologin (Liquid Organic Hydrogen Carriers), som lagrar vätgas i en organisk vätska, har potential för transport men används endast inom kemiindustrin idag. Teknologin tros inte vara fullt utvecklad förrän om cirka 10 år.

UU:s respondent belyser flera hinder inom vätgasdrivna transporter. En av de största utmaningarna är den låga betalningsviljan för vätgas, då fossila bränslen är billigare. Inom sjöfarten, där de flesta trafikerande fartyg är internationella, betalas inga bränsleskatter. Dock planeras en reduktionsplikt från 2035–2040, vilket kan göra fossila bränslen dyrare. Infrastrukturen för vätgas är också ett problem, där utvecklingen präglas av "hönan och ägget"-problematiken. För att driva på förändring behövs tuffa miljökrav från beställare av infrastruktur. För sjöfarten är det

även viktigt att utveckla regler för hur vätgas kan tankas effektivt. Utmaningar kring flytande vätgas, såsom dess höga energikrav, gör att mer forskning behövs. Vidare anser UU:s respondent att tankstationer för vätgas initialt bör inriktas på en specifik användargrupp och att statligt stöd behövs för investeringar.

SLU:s respondent ser möjligheter för vätgas inom jordbruket, bland annat för att öka försörjningsberedskapen och minska klimatpåverkan. Dock bedöms jordbruket som en mindre sektor för vätgasanvändning än industrin. Begränsningar finns i teknikutveckling, kostnader, och social acceptans, särskilt när det gäller att lagra vätgas på gårdar. Det kan vara enklare att hantera vätgas inom industriella anläggningar, exempelvis i stålproduktion, än på en gård. Vätgas kan även användas för att producera gödselmedel, men för att bli konkurrenskraftig måste dessa processer skalas upp. När det gäller transporter i jordbruket finns potential för vätgasdrivna traktorer vid tunga arbeten som plogning, men vätgas är mindre intressant för lättare användning nära gården. SLU:s respondent menar att det finns viss potential för vätgas inom jordbruksmaskiner och att ny teknik från lastbilssektorn sannolikt kommer att anpassas även till jordbruket.

4.6. Nationella branschföreningar

Energiföretagen ser att vätgasanvändningen är i ett tidigt skede men pekar på den stora potentialen, särskilt inom kemiindustrin och raffinaderier i områden där dessa industrier finns. En fungerande värdekedja är avgörande för att realisera denna potential. Inom stålindustrin bedöms det vara enklare att skapa hållbara affärsmodeller. Andra områden med potential inkluderar fossilfria lack och konsumentprodukter, där kostnadsökningen för att byta till fossilfri vätgas förväntas vara liten.

Energiföretagen ser också stor potential för vätgaslagring på två sätt. För det första nämns tekniken HYBRIT, som möjliggör vätgaslagring nära användningen och därmed flexibilitet i produktionen. Om ekonomiskt hållbara lagringssystem kan utvecklas, kan stora volymer vätgas lagras. För det andra kan vätgas lagras och omvandlas till el när elpriserna är höga, vilket kan bidra till jämna ut toppar och dalar i elförsörjningen. Produktion av vätgas genom standardiserade elektrolysörer föreslås för att minska kostnaderna. Sverige har god tillgång till förnybar energi och ett starkt tekniskt kunnande, vilket underlättar utvecklingen. En av de största utmaningarna för att implementera en vätgasstrategi är att användningen sträcker sig över flera sektorer, vilket kräver samordning och stöd från regeringen. Hållbara affärsmodeller anses vara nyckeln till framgång.

Energigas Sverige, en branschorganisation för energigaser, ser vätgas som en flexibel lösning som kan integreras i olika system. Vätgas kan ersätta fossil gas inom industrin, användas för tunga transporter, arbetsmaskiner samt inom elektrobränslen för flyg och sjöfart.

Biodriv Öst bedömer att vätgasens potential inom transportsektorn generellt är låg, men ser en viss relevans för långväga och tunga lastbilslogistik (tredjepartslogistik). De tror att bussar kommer att elektrifieras och att vätgas inte kommer att vara ett relevant alternativ här. Vätgas kan dock spela en kompletterande roll för att minska lokala utsläpp i trånga elnät eller urbana områden, där det fysiskt är svårt att implementera eldrivna lösningar.

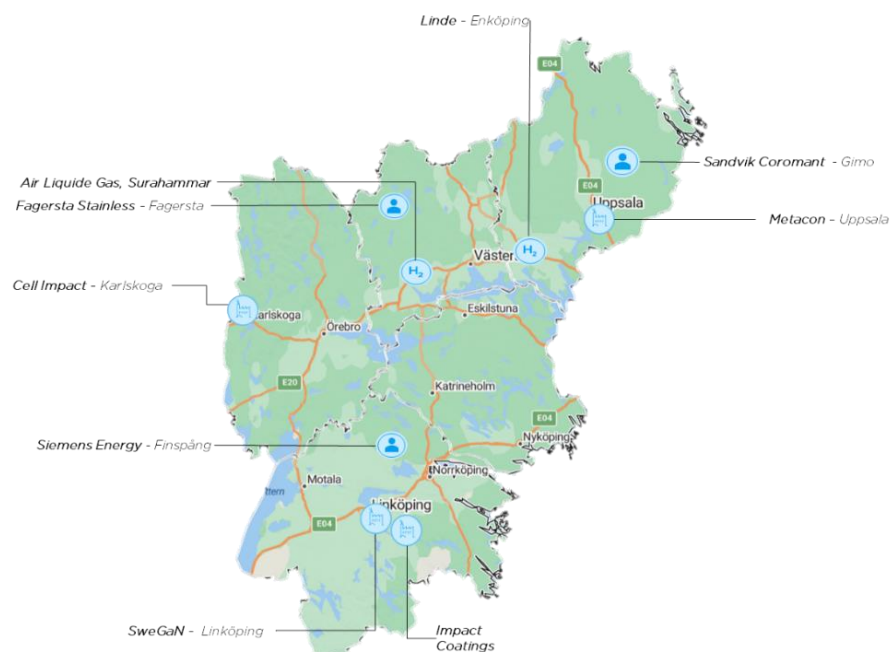
4.7. Sammanställning av relevanta aktörer

Ramboll har genomfört en kartläggning av aktörer och deras roll i vätgasens värdekedja i ÖMS, samt per län, som illustreras i de nedanstående kartbilderna.

Befintliga vätgassatsningar är fortfarande ovanliga i de fem länen i ÖMS. Aktörskartan i Figur 7 nedan visar att antalet nuvarande vätgasanvändare i regionen är begränsat, med exempel som Siemens Energy, Fagersta Stainless och Sandvik Coromant. Producenter av vätgas med anläggningar inom regionen är få, för närvarande Linde och Air Liquide.

Det finns däremot flera teknikleverantörer inom regionen, som SweGan, Impact Coatings, Metacon och Cell Impact, som tillverkar komponenter till elektrolysörer. Eftersom den fossilfria vätgasanvändningen i Sverige är relativt låg idag, riktar sig dessa företags kundbas främst till den internationella marknaden, där efterfrågan på elektrolysörer är större. Många av dessa företag har varit etablerade under en längre tid och har sina rötter i forskning vid Linköpings universitet eller inom försvarsindustrin. Företagen Impact Coatings (grundat 1997), Cell Impact (1999), Metacon (2011) och SweGan (2014) har alla byggt på denna bakgrund för att utveckla sina lösningar.

Figur 7: Befintliga vätgassatsningar i regionerna i ÖMS



Betydelse

Symbol



Befintlig vätgasanvändare



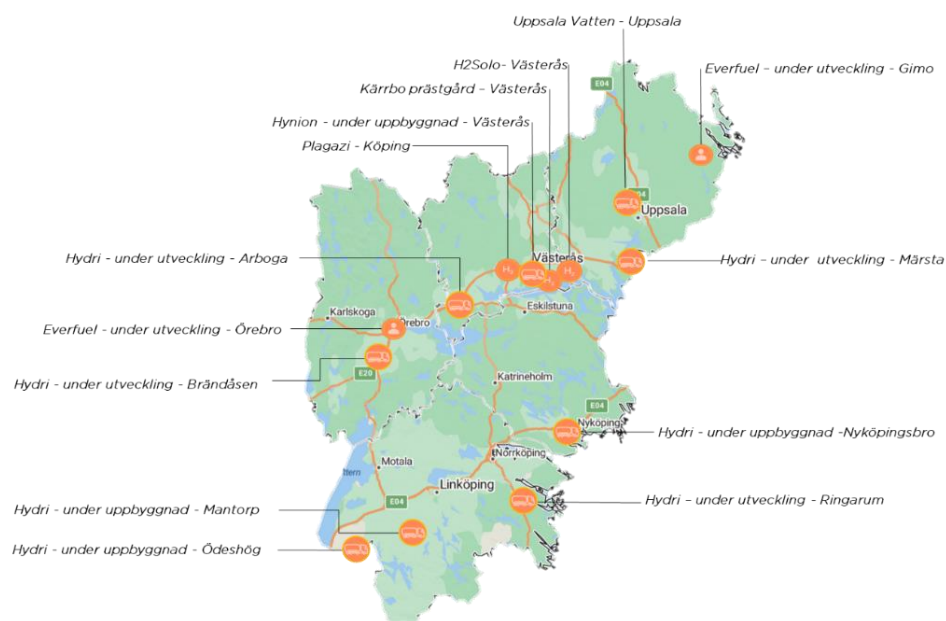
Befintlig vätgasproducent





Befintlig teknikleverantör

Figur 8 nedan visar de planerade initiativen som Ramboll har identifierat i förstudien. Bland de aktörer som planerar att producera vätgas finns Plagazi, som använder plasmaförgasning, samt gårdar som Kärbo Prästgård och H2Solo, som avser att producera vätgas med hjälp av solceller. Dessutom planeras flera vätgastankstationer längs TEN-T-nätet.

Figur 8: Planerade vätgassatsningar i regionerna i ÖMS

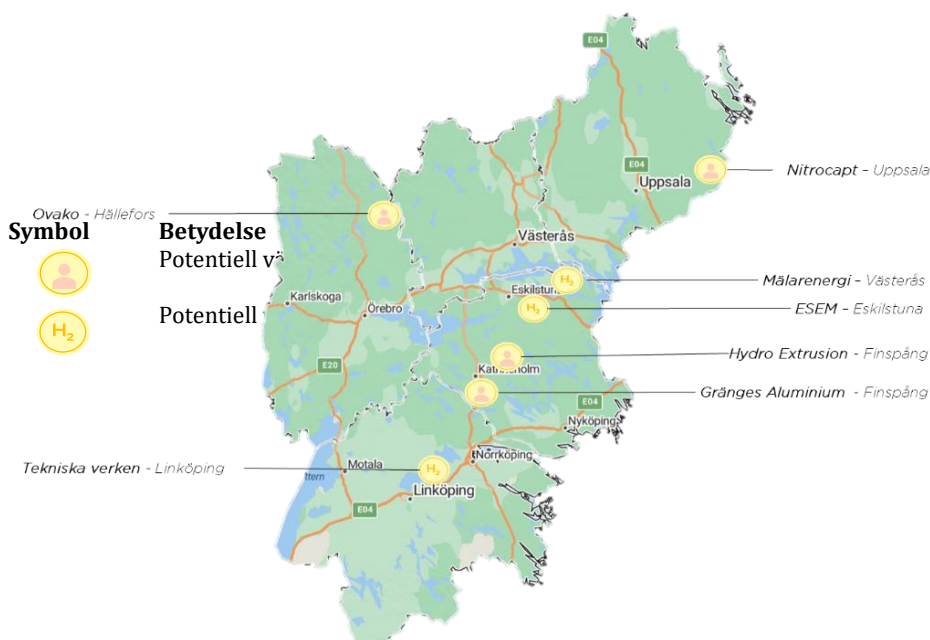


Symbol	Betydelse
	Planerad vätgasanvändare
	Planerad vätgasproducent
	Planerad vätgastankstation

Figur 9 nedan visar de potentiella initiativen som Ramboll har identifierat i förstudien. Dessa initiativ representerar verksamheter som skulle kunna börja använda vätgas, antingen eftersom närliggande industrier redan gör det (som företagen i Finspång) eller för att ett företag som redan använder vätgas på andra platser utanför ÖMS-regionen kan komma att implementera samma lösning inom regionen (till exempel Ovako, som använder vätgas i Hofors och skulle kunna etablera anläggningar i Boxholm eller Hällefors).

Energibolagen, som Tekniska verken, Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö och Mälarenergi, är exempel på potentiella vätgasproducenter om marknaden efterfrågar detta. Dessa bolag skulle också kunna använda vätgas i sina biogasanläggningar.

Figur 9. Potentiella vätgassatsningar i regionerna i ÖMS



4.8. Näringslivsfrämjande aktörers bidrag i en omställning till vätgas i ÖMS-länen

Ramboll har genomfört intervjuer med Region Örebro Innovations AB, Cleantech Östergötland, IUC Örebro län och Energikontoret Mälardalen för att kartlägga innovationsstödsystemets kapacitet att stödja omställningen till en vätgasekonomi. Det finns dessutom flera andra aktörer, såsom ytterligare energikontor och regionala innovationsbolag, som kan spela en viktig roll i denna omvandling. Tillsammans med intervjuerna med de aktuella regionerna och Biodriv Öst ger dessa samtal en tydlig bild av nuläget i länen. En övergripande slutsats från intervjuerna är att dessa aktörer för närvarande inte är djupt engagerade i vätgasfrågan.

Östergötland – kapacitetsutmaningar begränsar industriell vätgasutveckling

Östergötland står inför en betydande el- och effektbrist, vilket utgör ett reellt hinder för nyetableringar inom energikrävande industrier. Flera företag, som planerar att etablera sig i regionen, har visat intresse för verksamheter

inom e-bränsle, gas och konstgödselproduktion – områden där elintensiv vätgasproduktion är en central komponent. Deras effektbehov överstiger ofta den kapacitet som kan tillgodoses med den nuvarande elnätsinfrastrukturen.

Samtidigt har Östergötland en stark historik inom biogas och e-bränsleproduktion. Regionen var tidigt ute med biogasutveckling och har idag en betydande produktion, bland annat i Linköpings kommun. I Norrköping finns även etablerad produktion av etanol, och ytterligare två aktörer planerar nya biogasanläggningar i länet.

När det gäller elnätskapacitet ligger dagens praktiska gräns för anslutningar utan utbyggnad av elnätet ofta vid cirka 5 MW. För effektuttag över denna nivå krävs en förstärkning av nätet, vilket innebär lång ledtid (upp till cirka 10 år) och höga kostnader. En alternativ lösning kan vara att skapa slutna eller delvis självförsörjande system för nya etableringar. Det finns även viss flexibilitet i befintliga abonnemang, där vissa aktörer har reserverad effekt som inte utnyttjas fullt ut. Detta kan öppna möjligheter för omfördelning eller handel med överkapacitet, vilket skulle kunna möjliggöra lokal vätgasproduktion genom effektivare nyttjande av redan befintlig infrastruktur.

Utbyggnaden av vindkraft är en central förutsättning för att möjliggöra ökad produktion av förnybar el i Östergötland. I dagsläget begränsas denna utveckling delvis av Försvarmaktens intressen, och den långsamma utbyggnaden av elnätsinfrastruktur utgör ett betydande hinder. Enligt nuvarande uppskattningar kan det ta upp till 10 år att förstärka transmissionsnätet, vilket innebär att flaskhalsar i elöverföringen riskerar att försena elektrifieringen och relaterade vätgassatsningar i regionen.

Cleantech Östergötland samordnar flera industrinätverk i regionen, men konstaterar att vätgas sällan tas upp i dessa sammanhang. Det är främst i Finspång som det finns ett tydligt intresse från aktörer med ambitionen att etablera ett vätgaskluster. Även i Motala finns viss potential, särskilt bland mindre industrier inom avfallssektorn, som kan komma att se vätgas som en framtida lösning.

I Norrköping ses hamnen som en möjlig nyckelpunkt i en framtida fossilfri logistikkedja, med pågående utredningar om lagring av infångad koldioxid. Händelö industripark pekas också ut som en möjlig plats där vätgaslösningar kan bli aktuella framöver.

Cleantech Östergötland ser ett potentiellt användningsområde för vätgas i länet för energilagring, särskilt med tanke på den ansträngda elförsörjningssituationen i vissa delar av regionen. De betonar vikten av att kommunerna aktivt deltar i samverkan och dialog med industriella aktörer som visar intresse för vätgaslösningar, för att möjliggöra en hållbar utveckling i framtiden.

Uppsala – Fokus på nyttjande av restströmmar och symbioser

Region Uppsala fokuserar på att utveckla ett cirkulärt samhälle där vätgas fungerar som en mångsidig lösning för att bland annat nyttja restströmmar. Detta initiativ har potential att stärka krisberedskapen och främja en proaktiv regional utveckling, där vätgas inte bara ses som en energibärare eller drivmedel, utan som en nyckelkomponent i en bredare omställning.

Regionen ser möjligheter att införliva förnybara drivmedel i kollektivtrafiken och främja urban symbios, där molekylära flöden och vätgas från restströmmar i reningsverken kan integreras och användas. För att attrahera näringslivets investeringar är det avgörande att säkerställa ett långsiktigt och pålitligt försörjningssystem. Uppsala universitet och Statens lantbruksuniversitet har omfattande kunskap om vätgas, vilket stärker regionens kompetens och innovationskraft inom området.

Större industrier saknas i länet, vilket gör att regionen fokuserar på att främja lokala och småskaliga tillämpningar i stället för storskalig produktion och spillvärme. Kommunerna har olika förutsättningar för att skapa dessa lokala möjligheter och tenderar att agera reaktivt när företag tar kontakt.

Uppsala Vatten AB erhöll 2022 ERUF-medel för att undersöka möjligheten att komplettera Uppsalas energisystem med vätgasproduktion. Företaget har också ansökt om medel från Industrilivet för vätgasproduktion via metanisering vid biogasanläggningar och för att nyttja biprodukter från dessa processer.

Vattenfalls projekt HySkies för syntetiskt elektrobränsle nära Forsmark har pausats, då elektrobränsle idag är upp till fem gånger dyrare än fossilt bränsle. Flygbolag och bränsleköpare har ännu inte visat tillräckligt intresse för att teckna avtal, vilket har minskat intresset för produktion av hållbart flygbränsle (SAF). En betydande skillnad jämfört med omställningen inom stålindustrin är att elektrobränsleproduktion kräver betydligt mer el än ståltillverkning.

Sörmland – fokus på transporter

I dagsläget finns det troligen inga aktörer i Sörmland som producerar vätgas. Energibolaget Eskilstuna Energi och Miljö (ESEM) genomförde en förstudie för vätgasproduktion men kom fram till att det inte är aktuellt för närvarande. Däremot ser regionen potential för vätgas inom transportsektorn, där två vätgasmackar är planerade. Potentialen kan även finnas inom industrin, kraftvärmeverk och för att balansera elnätet.

Sörmland är också engagerat i två pågående klimatomställningsprojekt i hela ÖMS ledda av Biodriv Öst: Projekt Grönt Näringsliv och Projekt Fossilfritt 2030. Projekt Grönt Näringsliv fokuserar på klimatomställning inom näringslivet, medan Projekt Fossilfritt 2030 riktar sig mot den offentliga sektorn. Båda projekten har som mål att ställa om till mer hållbara drivmedel genom att använda Drivmodellen, som prioriterar el, biogas och vätgas.

Användningen av vätgas är för närvarande begränsad i Sörmland, och den sker främst inom forskningsprojekt, såsom produktion av konstgödsel. Kollektivtrafikens stadsbussar elektrifieras, men regionalbussarna skulle potentiellt kunna drivas med vätgas i framtiden, även om detta inte är aktuellt på de närmaste åren.

SSAB använder små volymer vätgas i Oxelösund, främst som skyddsgas och för att framställa vatten. Företagets strategi är att elektrifiera så mycket som möjligt i stålvarmningsprocessen för att minska behovet av fossila bränslen, och de ser inte att vätgas kommer att användas i någon större utsträckning i Oxelösund. Under perioden fram till elektrifiering använder SSAB i stället biometan, vilket har potential att minska utsläppen mer effektivt än att göra investeringar i en egen vätgasinfrastruktur. En större vätgasproducent i regionen skulle dock kunna öppna upp möjligheter för SSAB att använda vätgas i framtiden.

Precis som i andra delar av ÖMS är elproduktionen i Sörmland en begränsande faktor. Mindre än en femtedel av den el som används i regionen produceras där. Vindkraft möter motstånd i flera kommuner. Solenergi har haft större framgång, och elproduktionen från solkraft har ökat, med en högre installerad effekt per capita jämfört med många andra län. Länet har även potential att öka produktionen av biogas, med flera nya anläggningar på gång. Det pågår även förstärkning av Sörmlands del av transmissionsnätet.

Västmanland – småskaliga lösningar för lantbruket och nyttjande av restströmmar

Energikontoret i Mälardalen har identifierat flaskhalsar i elkapaciteten på vissa platser i Västmanland och undersöker olika åtgärder för att frigöra kapacitet. Detta inkluderar både att flytta effekt och traditionella energieffektiviseringsåtgärder för att optimera användningen av den tillgängliga effekten. Det är avgörande att denna effekt används så effektivt som möjligt för att möta regionens behov.

Flera företag i länet fokuserar på solcellsinstallationer, men solceller i sig löser inte alla energiutmaningar, särskilt inte för eluppvärmda byggnader. Däremot kan vätgas spela en roll i att optimera användningen av solceller. Överskottsenergi från solceller kan omvandlas till vätgas, som sedan kan användas, säljas eller omvandlas tillbaka till elektricitet vid behov, vilket skapar en flexibel och hållbar energilösning.

I Västmanland finns också småskaliga jordbruksinitiativ som kombinerar solenergi och vätgasproduktion. Intresset inom lantbruket är stort för att använda solceller och elektrolysörer för att producera ammoniak, vilket skulle kunna bidra till en mer hållbar produktion inom jordbruket. Dessa små ekosystem kan dessutom utnyttja restströmmar från vätgasproduktionen i olika steg, vilket skapar synergieffekter och effektiviserar resursanvändningen.

Generellt sett bör Västmanland prioritera att diskutera och planera för vätgas som en viktig komponent i länets framtida avkarbonisering. Det är väsentligt att inte bygga bort framtida möjligheter till vätgaslösningar. Vid utveckling av nya områden bör kommunerna redan i ett tidigt skede förbereda för lågtempererad fjärrvärme och skapa förutsättningar för att utnyttja restströmmar. De stigande bränslekostnaderna inom fjärrvärmesektorn gör att fjärrvärmebolag sannolikt kommer att vara intresserade av att ta emot spillvärme, exempelvis från vätgasproduktion, vilket kan bli en viktig resurs i framtiden.

Örebro – potential att byta ut gasol

Regionen kan dra nytta av ett etablerat biogasnät, som omfattar totalt 30 km ledningar fördelade på två nät. Andelen solel och vindkraft är inte så stor i länet, det finns som i många andra län ett motstånd mot speciellt vindkraft i allmänheten, men en stor utbyggnad har ändå skett de senaste och starka partners finns.

Region Örebro Innovations AB, som är en aktiv medlem i Nätverk för fordons- och logistikbranschen, har goda möjligheter att nå många företag inom logistiksektorn. Diskussionerna om vätgas inom denna sektor är ofta inriktade på ekonomiska frågor, där frågan om vad kunden är villig att betala är central. För närvarande finns det inga specifika

krav från logistikköpare på fossilfri vätgas eller biogas, vilket begränsar incitamenten för investeringar inom dessa områden.

Industrihubben IUC Örebro län bekräftar denna bild och noterar att få företag i regionen talar om vätgas, trots att gasolanvändning är utbredd inom flera industrier. Att gå från gasol till vätgas skulle kunna innebära en betydande minskning av CO₂-utsläppen för flera aktörer, men detta kräver både tekniska lösningar och ekonomiska incitament för att bli verklighet.

Örebro flygplats har tagit stora kliv mot fossilfrihet och uppges bland annat ha implementerat ett fossilfritt back-up-system. Flygplatsen har också blivit den första i Sverige att diplomeras som fossilfri. Med sin starka inriktning på hållbarhet finns det potential för att även vätgas och vätebaserade bränslen ska kunna spela en roll på flygplatsen i framtiden. Även om hållbart flygbränsle (SAF) ännu inte används, har dialoger förts med Swedish Biofuels om utveckling av ett helt fossilfritt bränsle, som dock ännu inte har certifierats.

5. Analys av utmaningar och potential för vätgas i ÖMS

I detta kapitel presenterar Ramboll en analys av de främsta utmaningarna och potentialerna för vätgas inom ÖMS. Kapitlet inleds med en övergripande sammanfattning av de generella förutsättningarna och de hinder som påverkar utvecklingen av vätgas i regionen. Därefter följer en sektorsspecifik analys som belyser de unika utmaningarna och möjligheterna för vätgas inom olika områden.

5.1. Vätgasens utmaningar

Vätgas har en potentiellt avgörande roll i Sveriges och ÖMS gröna omställning, särskilt i de sektorer som är svåra att elektrifiera, såsom tung industri, transport och vissa delar av energisystemet. För att aktörer i ÖMS ska kunna dra nytta av denna potential finns det idag flera betydande utmaningar kring produktion, distribution och användning av vätgas som behöver överkommas. I detta avsnitt går Ramboll igenom de övergripande utmaningarna som vätgas står inför, och kopplar dessa till de specifika förutsättningarna och utmaningarna i ÖMS.

5.1.1. Bristande tillgång till förnybar energi

Införandet av vätgas i stor skala innebär i grunden en elektrifieringsutmaning, där tillgången på fossilfri och förnybar el till konkurrenskraftiga priser är avgörande. Produktion av fossilfri vätgas genom elektrolys kräver stora mängder förnybar el, och här står ÖMS-regionen inför en betydande utmaning. För närvarande är samtliga regioner i ÖMS nettoimportörer av el från andra delar av Sverige, vilket innebär att tillgången på förnybar energi är begränsad.

Enligt Energimyndighetens långsiktiga framtidsscenarier förväntas elbehovet i Sverige öka från cirka 130 TWh till mellan 213 och 373 TWh år 2050. För att möta detta ökade behov krävs en kraftig utbyggnad av svensk kraftproduktion. De olika kraftslagen kommer att bidra i varierande grad, där bidraget från vattenkraft och kraftvärme förväntas vara relativt konstant fram till 2050. Därmed kommer den största ökningen att ske genom vindkraft, solkraft eller kärnkraft. Det spelar ingen större roll vilken typ av kraftproduktion som väljs för att klara det totala elbehovet, men de specifika egenskaperna hos varje kraftslag är avgörande för att hantera potentiella effekt- och kapacitetsbrister.

Trots dessa behov är det utmanande att etablera ny förnybar elproduktion. Sverige är präglad av en polariserad energidebatt, där lokala veto mot vindkraftsprojekt och Forsvarsmaktens restriktioner försvårar utbyggnaden av vindkraft, både på land och till havs. Samtidigt anses solcellsanläggningar vara något enklare att få på plats, vilket ger en viss möjlighet att tillgodose behovet av förnybar el på kortare sikt.

5.1.2. Bristande elnätscapacitet

Effekt- och kapacitetsbrist utgör en betydande utmaning för många delar av Sverige, särskilt i regionerna inom ÖMS. Vattenfall, som äger de regionala elnäten i samtliga ÖMS-regioner, rapporterar att alla ansökningar om anslutning till regionnätet som överstiger 5 MW kräver en utbyggnad av nätet. En sådan utbyggnad bedöms ta omkring 10 år att genomföra. Generellt sett sker inte utbyggnaden av elnäten baserat på spekulation, utan det krävs konkreta projekt för att kunna ansöka om investeringar i nätutbyggnad. Detta medför att väntetiden för projekt som kräver mer än cirka 5 MW kapacitet blir lång, vilket försvårar snabbare etablering av nya verksamheter och infrastruktur som är beroende av större elförbrukning.

5.1.3. Hög kostnad för att framställa vätgas

Trots att tekniken för att framställa fossilfri vätgas har funnits länge, är produktionen av fossilfri vätgas fortfarande mycket begränsad i Sverige. Enligt Energimyndigheten uppskattades endast 3 % av all vätgas som producerades i Sverige 2024 vara fossilfri. En av de största utmaningarna är de höga kostnaderna för att producera fossilfri vätgas, vilket gör det svårt att konkurrera med både fossila och vissa fossilfria substitut.

En betydande orsak till de höga kostnaderna är elpriserna, eftersom cirka 80 % av kostnaden för att producera vätgas (LCOH - Levelized Cost of Hydrogen) utgörs av energikostnaden. Osäkerheten kring framtida elpriser är extra utmanande. För närvarande är elektrolysörer, särskilt de av större kapacitet (20 MW och uppåt), ovanliga i Sverige, och de som finns är både små och dyra. Det finns även en utmaning i att säkerställa tillgång till vatten för elektrolysen vid storskalig produktion, vilket är särskilt relevant i regioner med begränsade vattenresurser.

En potentiell lösning för att minska kostnaderna och öka produktionen av vätgas kan vara att etablera lokala kluster där flera aktörer gemensamt efterfrågar vätgas, vilket kan skapa ekonomiska incitament för att investera i större elektrolysörer. Dessutom kan avloppsvatten vara en potentiell resurs för elektrolysen, särskilt eftersom Sverige har gott om denna resurs.

Utöver elektrolys finns det alternativa metoder för vätgasproduktion, såsom genom biomassa eller plasmaförgasning. Men dessa tekniker är fortfarande i utvecklingsstadiet och används inte i stor skala. Biomassa, trots att den är en tillgänglig resurs i ÖMS, medför ytterligare utmaningar, framför allt när det gäller lönsamheten i att använda biomassa för vätgasproduktion.

5.1.4. Utmaningar inom distribution och lagring av vätgas

Distribution och lagring av vätgas utgör en betydande utmaning i Sverige, där det, bortsett från några få undantag, saknas ett omfattande nätverk av vätgasledningar. Effektiv vätgasdistribution kan ske genom gasnät, som fungerar både som transportkanal och kortsiktigt lager till relativt låg kostnad och med litet markutnyttjande. I ÖMS-regionen finns dock en begränsad gasinfrastruktur, och den infrastruktur som finns är inte anpassad för vätgas. Det finns endast ett mindre gasnät i Norrköpings hamn och ett biogasnät på 30 km i Örebro län.

Att skapa ett storskaligt distributionsnät för vätgas kräver omfattande investeringar, samordning mellan olika aktörer och långsiktiga politiska beslut. För närvarande pågår flera större vätgasinfrastrukturprojekt i Sverige, varav *The Baltic Sea Hydrogen Collector*, ett offshore ledningsprojekt, förväntas ha störst inverkan på ÖMS-regionen, eftersom det geografiskt angränsar till regionens östra kustlinje.

Förutom bristen på ett etablerat distributionsnät, innebär transport och lagring av vätgas ytterligare utmaningar. För att effektivt transportera vätgas krävs antingen kompression eller förvätskning, vilket leder till energiförluster och ökar kostnaderna. Lagring av vätgas är också en kostnadsmässig och logistisk utmaning. Forskning vid Linköpings universitet visar på potentialen att lagra vätgas genom transformation till andra kemikalier, som ammoniak, metanol eller i form av LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carriers), vilket skulle kunna minska vissa av dessa utmaningar.

5.1.5. Låg betalningsvilja och osäker efterfrågan

En av de största utmaningarna för att öka produktionen och användningen av vätgas är den låga betalningsviljan bland slutanvändare, särskilt inom industrin. Många aktörer uttrycker att de inte har några konkreta planer på att övergå till vätgas inom den närmaste framtiden. Däremot finns det potentiell efterfrågan på lång sikt, särskilt från nyetablerade industrier, förutsatt att vissa hinder kan övervinnas. Ett av de största hindren är den höga kostnaden för att producera vätgas.

Enligt samtliga intervjuer som genomförts i denna studie är betalningsviljan för vätgas generellt sett låg och motsvarar inte dagens produktionskostnad. Rambolls kvantitativa prognos av vätgasens framställningskostnad i relation till betalningsviljan visar ett stort gap mellan vad aktörer är villiga att betala och den nuvarande produktionskostnaden. I dagsläget är kostnaden för att producera vätgas högre än för fossila alternativ, vilket gör att betalningsviljan för vätgas är begränsad.

Betalningsviljan för vätgas varierar dock kraftigt mellan olika sektorer. Det är tydligt att marknaden i viss mån driver omställningen, men att regulatoriska förändringar spelar en avgörande roll. Utvecklingen påverkas också av elpriser och priser på utsläppsrätter inom EU ETS-systemet. En höjning av utsläppsrättspriserna skulle kunna göra vätgasens produktionspris mer konkurrenskraftigt, särskilt då fossila alternativ blir dyrare.

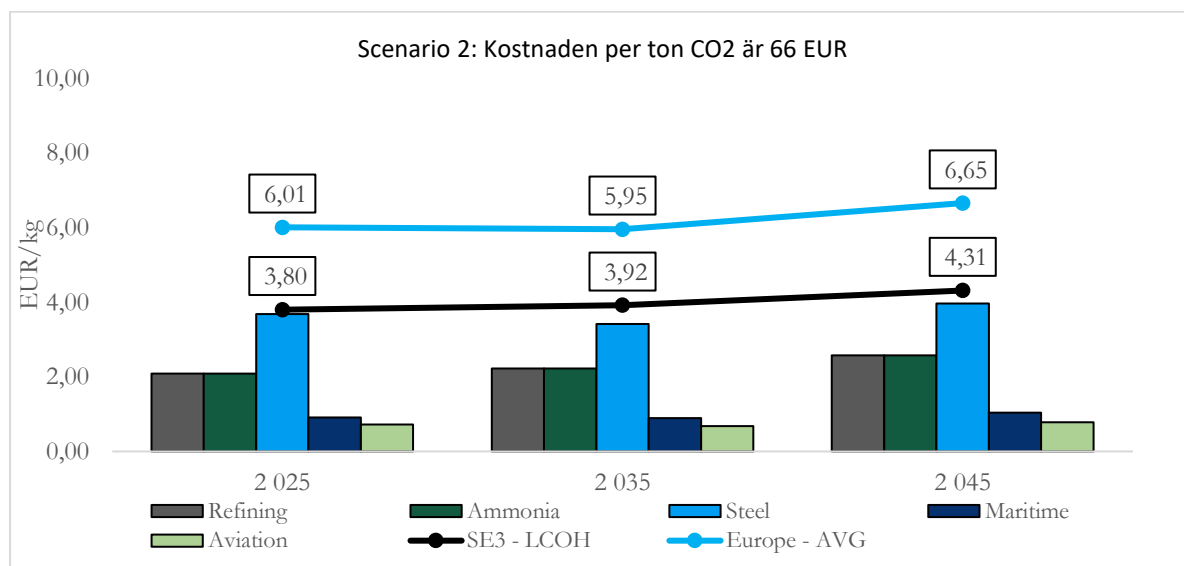
Ramboll har prognosticerat hur vätgasens framställningskostnad (LCOH) och betalningsviljan utvecklas över tid inom olika sektorer där potential för vätgasanvändning finns. Prognoserna redovisas nedan genom olika scenarier baserat

på förändringar i priset på utsläppsrätter (EU Carbon Permit price). Sammanfattningsvis är betalningsviljan låg i de flesta sektorer, förutom inom stålindustrin och relativt snart i transportsektorn (tung vägtransport). Inom stålindustrin bedöms köparna vara beredda att betala ett grönt premium för fossilfritt stål, vilket gör betalningsviljan relativt hög.

I den första grafen, Figur 10, som reflekterar dagens pris på cirka 66 EUR/ton CO₂, är det endast stålindustrin som bedöms ha en betalningsvilja som motsvarar produktionskostnaden i elområde 3 (SE3), där ÖMS-länen ligger. För övriga sektorer i SE3 och för samtliga sektorer i Europa (den blå linjen) är kostnaden fortsatt högre än betalningsviljan. Transportsektorn betalningsvilja har också analyserats och återfinns i avsnitt 5.5.4. För att transportsektorns betalningsvilja ska vara rättvisande krävs en jämförelse med en annan enhet än priset per kg vätgas som nedan. Därför är den analysen separerad.

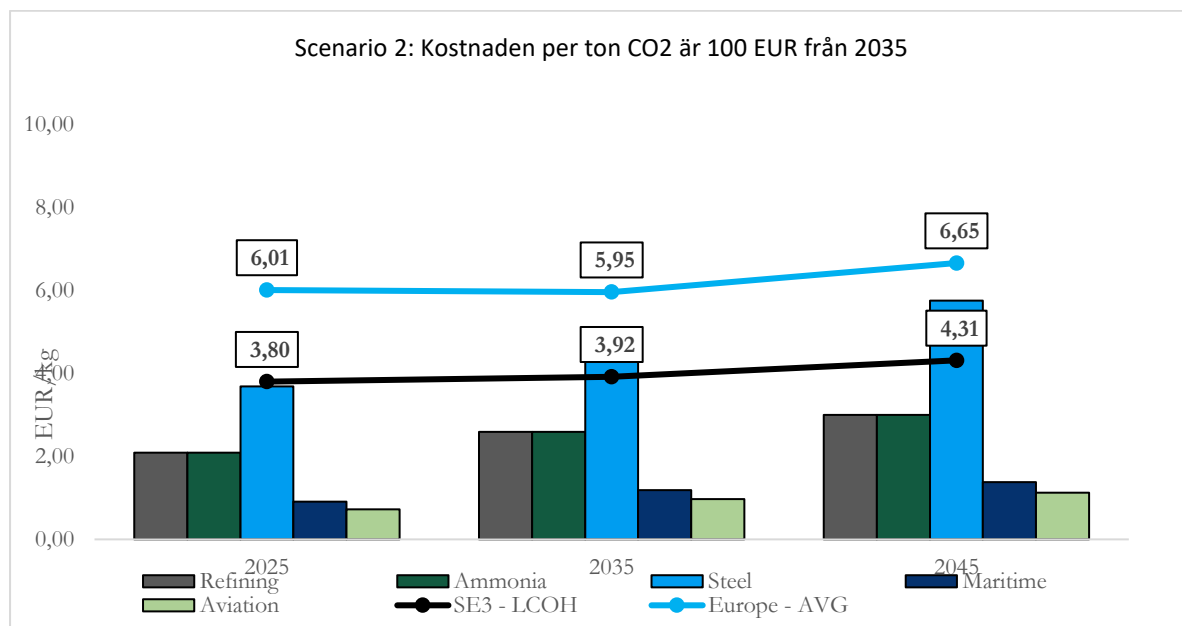
Graferna nedan jämför kostnaden för att framställa vätgas, LCOH (den svarta och blå linjen) med betalningsviljan för vätgas i olika sektorer. (staplarna).

Figur 10: Scenario med CO₂ kostnad 66 EUR/ton, för olika sektorer i SE3 (svart linje) och genomsnitt i Europa (blå linje)



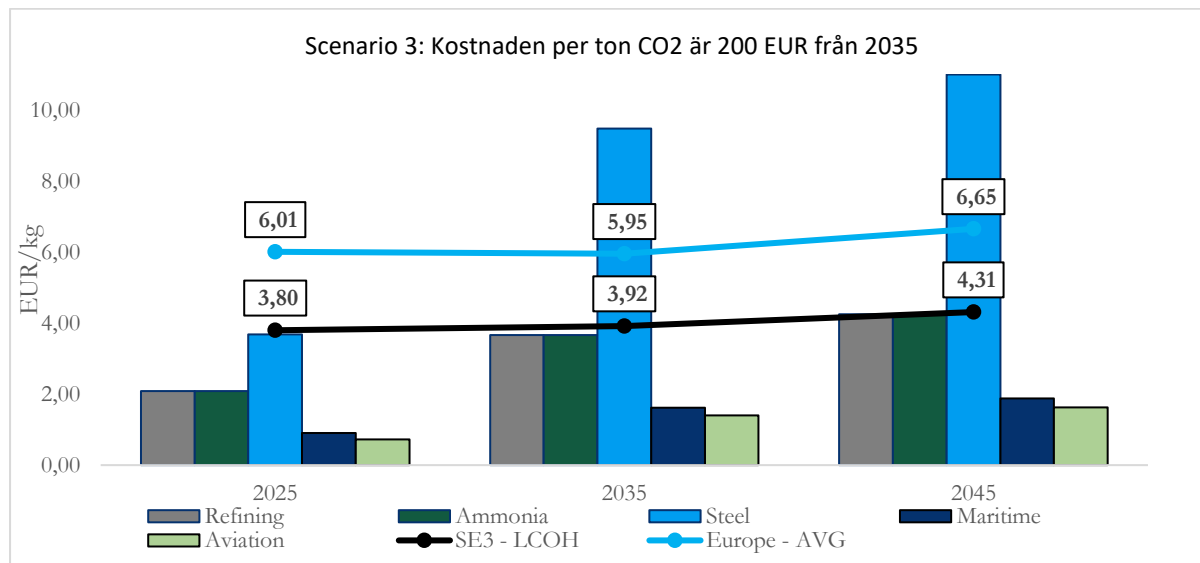
Med ett högre pris på utsläppsrätter, som uppgår till 100 EUR/ton CO₂, enligt Figur 11 nedan, kvarstår fortfarande utmaningarna för de flesta sektorer. Gapet mellan betalningsviljan och produktionskostnaden är fortsatt betydande.

Figur 11: Scenario med CO₂ -kostnad 100 EUR/ton, för olika sektorer i SE3 (svart linje) och genomsnitt i Europa (blå linje)



Vid ett pris på 200 EUR/ton CO₂, som redovisas i Figur 12 nedan, når betalningsviljan i flera sektorer en nivå som är i paritet med den prognosticerade produktionskostnaden för vätgas.

Figur 12: Scenario med CO₂ -kostnad 200 EUR/ton, för olika sektorer i SE3 (svart linje) och genomsnitt i Europa (blå linje)



5.1.6. Vätgasteknologin är oprövad i stor skala och fortsatt kostsam

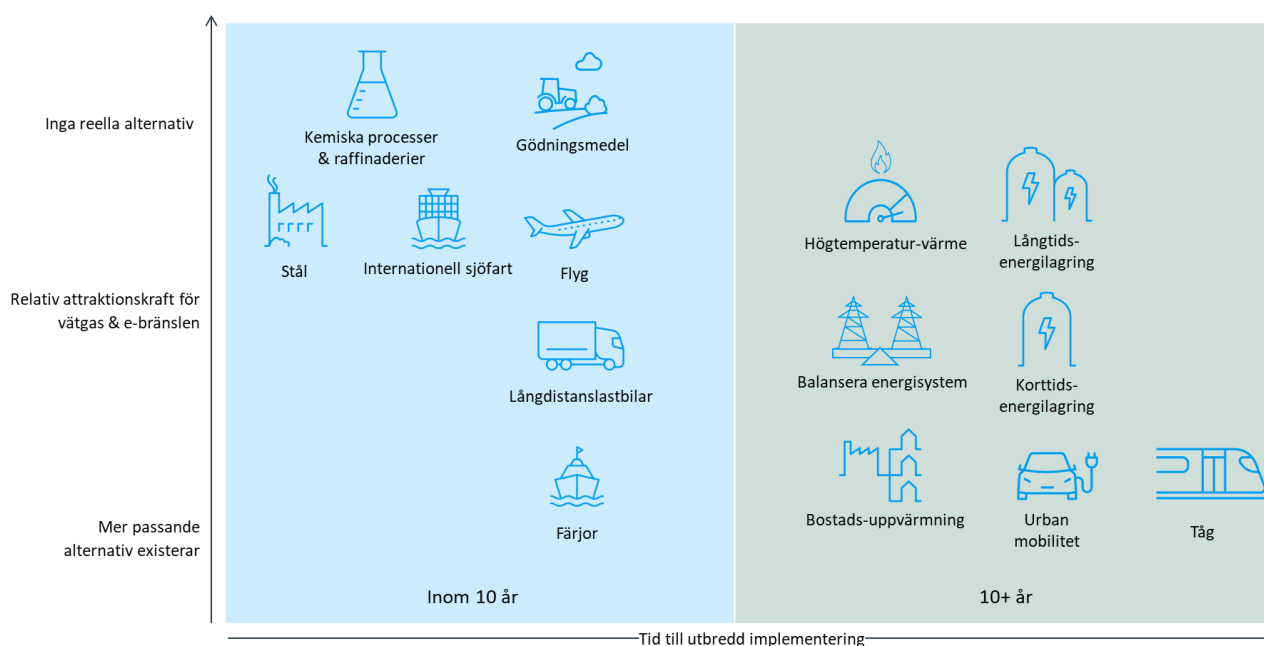
En övergripande utmaning för vätgas i Sverige är att landet inte har samma erfarenhet av gashantering som många europeiska länder, och vårt gasnät är betydligt mer begränsat. Detta innebär att både lagstiftningen och säkerhetsregler inte är lika utvecklade för att hantera vätgas, vilket gör att det finns ett behov av att anpassa regelverk och tillståndprocesser för att möjliggöra en utökad användning av teknologin. För att kunna hantera ökad vätgasanvändning krävs dessutom att nya aktörer, såsom räddningstjänst och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), involveras för att säkerställa säkerheten. I sin rapport *Vätgas och vätgasinfrastruktur i det svenska energisystemet* påpekar Energimyndigheten att det idag saknas grundläggande regelverk som möjliggör en vätgasmarknad i Sverige.

Vätgas är fortfarande en relativt ny teknologi på marknaden, vilket medför att många företag inte har den kunskap och expertis som krävs för att på bästa sätt integrera och använda vätgas i sina verksamheter. Förutom de rent tekniska utmaningarna måste företag och aktörer inom både offentlig och privat sektor ha en förståelse för nuvarande och framtida krav. Detta innefattar gällande lagstiftning, kommande politiska riktlinjer, ekonomiska incitament samt nya teknologiska standarder som kan komma att införas. Samtidigt är det viktigt att förstå hur dessa krav samverkar med marknadsdynamik och affärsstrategier för olika aktörer. Regelverket för vätgas är under ständig utveckling, och de tillståndprocesser som behövs för att etablera vätgasinfrastruktur är ofta långdragna och komplexa. För att främja en bredare användning av vätgas krävs en ökad kunskap om teknologin, inte bara bland företag, utan även bland beslutsfattare och allmänheten, särskilt när det gäller säkerhet och praktisk användning.

5.2. Vätgasens potential

I detta kapitel belyser Ramboll den framtida potentialen för vätgasproduktion i ÖMS. Vätgasen har generellt sett en stor möjlighet att spela en central roll i den gröna omställningen och bidra till samhällets avkarbonisering. Den kan användas inom flera sektorer som annars är svåra att elektrifiera eller där andra omställningsalternativ är begränsade. Dessa sektorer, som återfinns i det övre vänstra hörnet i Figur 13 nedan, omfattar områden där vätgas kan erbjuda en effektiv lösning för att minska koldioxidutsläpp. De sektorer som bedöms ha störst potential att nyttja vätgas i ÖMS behandlas mer ingående i kapitel 5.5.

Figur 13: Var finns potentialen för fossilfri vätgas?



5.2.1. Vätgasens bidrag till industriell och urban symbios

Vätgasproduktion genererar flera restströmmar som kan nyttjas genom systemintegration och skapa mervärde för andra industrier, vilket kan göra investeringskalkyler mer positiva för producenterna. Ett exempel är värme som genereras vid elektrolys, vilken kan integreras i fjärrvärmenätet. Inledningsvis kan denna värme fungera som ett komplement till befintliga kraftvärmeverk, men på lång sikt, när äldre verk utträngs, kan den även ersätta dem som en basvärmekälla¹⁶. Vätgasproduktionens restströmmar – som värme, syrgas och även eventuellt koldioxid (vid reformering av biogas) – kräver korta avstånd för att kunna nyttjas effektivt. Därför är lokalisering i industriområden eller i anslutning till fjärrvärmenät centralt. Strategisk etablering i symbioskluster, som till exempel i Händelö eller Finspång kan skapa ömsesidiga nyttor och förbättra affärsmodellerna för alla inblandade. Särskilt urban symbios, som är kopplad till ett större offentligt ägande och ansvar för infrastruktur, kan ha förutsättningar för en mer långsiktig kontinuitet och riskminimering.

Syrgas är en annan restström, men dess användning innebär vissa utmaningar. För att användas effektivt måste den ofta torkas, vilket gör att vissa värden går förlorade. För användning inom den medicinska sektorn eller livsmedelsindustrin ställs krav på mycket hög kvalitet, vilket gör att endast en liten del kan nyttjas och kalkylen blir svår att få ihop. Syrgas kan också nyttjas i avloppsreningsanläggningar för att öka kapaciteten, men betalningsviljan är låg, vilket gör att vissa producenter väljer att släppa ut syrgasen i stället.

En viktig aspekt av avkarboniseringen är att minska lokala utsläpp i tätbebyggda områden genom att ta vara på restströmmar som redan finns tillgängliga. Ett exempel på detta är hur städer kan förbättra sin energieffektivitet genom att återvinna spillvärme från avloppsvatten, datacenter, stormmarknader och liknande källor för att återföra den till fjärrvärmenätet. Återvinning av lågtempererad värme är idag tekniskt utmanande, men framtida lösningar kan möjligen göra sådan återvinning mer kostnadseffektiv vilket även kan göra det lättare att ta vara på spillvärme från vätgasproduktion.

Industriell symbios, som handlar om att utnyttja restprodukter från industrin, är redan mer etablerad. Det kan handla om värme som kan tas till vara i fjärrvärmenäten. Fjärrvärmeföretag har dock olika syn på hur de ska involveras i sådana projekt. Ett exempel är Finspångs Tekniska, som är en potentiell partner till industrier som genererar restvärme och där 10 % av värmen redan kommer från SSAB. Möjligheterna påverkas bland annat av om värmeleveranser från industrin kan garanteras kontinuerligt.

Ett föredöme för industriell och urban symbios är Händelö Eco Industrial Park utanför Norrköping¹⁷. Här utvecklas ett centrum där E.ON:s kraftvärmeanläggning utvinnet energi från restprodukter och avfall. Ånga från anläggningen används i Lantmännen Biorefineries produktion av etanol och foder. Koldioxiden som uppstår vid

¹⁶ [Lågtempererad fjärrvärme - framtidens värmelösning](#)

¹⁷ [Nyheter | Händelö Eco Industrial Park utvecklas i EU-finansierat projekt](#)

etanoltillverkningen omvandlas till kolsyra och används inom livsmedelsindustrin. Restprodukter från etanol- och foderproduktionen omvandlas till biogas och gödsel. Vätgas nämns inte specifikt i detta sammanhang, men den skulle kunna utgöra en framtida möjlighet för att vidareutveckla symbiosen.

Utöver restströmmarna har vätgasproduktion genom elektrolys potential att bidra till en ökad systemintegration inom energisektorn. Elektrolysörer kan tekniskt sett styras utifrån tillgång på förnybar el och elpriser, vilket öppnar för möjligheter att stödja elsystemet vid exempelvis tillfälliga elöverskott. Samtidigt kräver vätgasproduktion för att vara ekonomiskt hållbar en relativt hög och jämn drifttid, vilket begränsar möjligheterna till fullt ut flexibel drift. Därför är det avgörande att framtida affärsmodeller och styrsignaler från elmarknaden kan hantera denna balans mellan teknisk flexibilitet och ekonomisk realitet.

För att realisera dessa synergier krävs dock nya samverkansmodeller och affärsstrukturer. Flera respondenter betonar att synen på samarbete skiljer sig mellan energiaktörer, där vissa är drivande medan andra är mer avvaktande. Därför behöver långsiktiga incitament, transparens kring affärsmodeller och politiskt stöd för symbiosprojekt utvecklas. I vissa fall, särskilt där vätgasproduktion kombineras med biogena källor och koldioxidinfångning, kan dessutom negativa utsläpp uppstå – något som ytterligare stärker vätgasens roll i klimatomställningen.

5.2.2. Potential för klusterbildning inom vätgas i ÖMS

Klusterbildning är ett väletablerat verktyg inom regional utveckling för att stärka konkurrenskraften och driva tillväxt, särskilt genom samverkan mellan näringsliv, offentlig sektor och akademi inom ett visst styrkeområde. Kluster kan organiseras mer eller mindre formellt – från nätverksbaserade samarbeten till strukturerade organisationer med tydlig ledning och gemensam strategi. I kontexten av en växande vätgasekonomi kan kluster spela en viktig roll för att hantera risker, koordinera investeringar och skapa efterfrågan inom ett geografiskt avgränsat område.

I Östergötland pekar Energikontoret på Finspång som ett lokalt kluster med flera industriaktörer som redan idag arbetar med vätgas eller har tydligt intresse. Här finns potential att skapa ett gemensamt risktagande kring vätgasanvändning – men för att realisera detta krävs en lokal produktionslösning, eftersom dagens behov täcks av importerad gas i flak eller flaskor. Cleantech Östergötland bekräftar denna bild och anger att förfrågningarna om vätgas från Finspångsindustrin i nuläget är de tydligaste i hela länet.

Biodriv Öst lyfter samtidigt vikten av att tänka strategiskt kring insatsvaror och restströmmar i produktionskedjorna för alternativa bränslen. Ett exempel är metanolproduktion, där verkningsgraden ofta är låg om inte koldioxid kan tillföras. I ett framtida ekosystem där industrier samverkar kring resursflöden skulle det vara möjligt att utnyttja koldioxid från en verksamhet som insats i en annan, exempelvis för att tillverka elektrobränslen som e-metanol eller SAF. En sådan utveckling förutsätter dock att en infrastruktur för koldioxidhantering byggs upp parallellt med den för vätgas – något som redan diskuteras i delar av Europa.

5.2.3. Lokal och småskalig produktion

Mot bakgrund av de utmaningar som identifierats för storskalig vätgasproduktion (se kapitel 5.1), framstår lokal och småskalig produktion i dagsläget som den mest realistiska och praktiskt genomförbara vägen framåt på kort sikt. Ett företag kan exempelvis producera vätgas på egen hand, eller i samverkan med andra aktörer, och sedan använda den i sina egna processer eller som insatsvara för vidareförädling till exempelvis grön ammoniak eller e-SAF – produkter som redan har mer etablerade marknader och distributionskanaler.

Småskalig och lokalt förankrad produktion erbjuder flera fördelar. Den kan i viss mån kringgå utmaningar relaterade till begränsad kapacitet i elnäten, samt minska behovet av omfattande infrastruktur för vätgasdistribution. Elektrolysörer i storleksordningen 1–10 MW är väl anpassade för sådana tillämpningar, även om de inte är tillräckliga för storskalig produktion.

Exempel på användningsområden där mindre elektrolysörer kan spela en viktig roll inkluderar:

- **Transportsektorn**, där tankstationer i sig är decentraliserade och därför lämpar sig väl för lokal vätgasproduktion. Mindre elektrolysörer kan ofta möta behoven för specifika fordonsflottor eller geografiska områden.
- **Förbättrad biogasproduktion**, där vätgas kan injiceras direkt i rötresten för att metanisera kvarvarande koldioxid – en så kallad *in situ*-process. Denna metod används i begränsad utsträckning i dag, men Tekniska verken i Linköping har pågående labbförsök där vätgas tillförs när tillgång finns och elnätets kapacitet tillåter. Som beskrivs i avsnitt 2.3 kan även mindre elektrolysörer, från några hundra kilowatt upp till flera

megawatt, ge signifikant produktivitetsökning när de kopplas till befintliga biogasanläggningar med tillgång till billig och stabil el.

- **Livsmedelsindustrin**, där fossil vätgas i dag används för hydrogenering av vegetabiliska oljor – en process som gör fett fastare och förlänger hållbarheten. Grön vätgas skulle här kunna ersätta fossila alternativ i produktion av exempelvis margarin, bakverk, snacks och färdigmat.

Sammanfattningsvis erbjuder småskalig och lokal vätgasproduktion en väg framåt i väntan på att storskaliga lösningar blir tekniskt, regulatoriskt och ekonomiskt realiserbara.

5.2.4. Produktion via biogas och alternativa källor kan avlasta elnätet

Mot bakgrund av begränsningar i elnätscapacitet framstår biomassa och biogas som potentiellt intressanta insatsvaror för vätgasproduktion på längre sikt. Att producera vätgas via biogas är dock ännu inte lika kommersiellt konkurrenskraftigt som elektrolys, och bedöms i dagsläget som mindre kostnadseffektivt. Trots det finns en möjlighet att komplettera den elbaserade produktionen och därmed bidra till ett mer robust och diversifierat energisystem.

En alternativ teknik som är under utveckling är plasmaförgasning – en process som möjliggör produktion av vätgas från icke återvinningsbart avfall. Tekniken bedöms ha potential att på sikt sänka produktionskostnaderna jämfört med elektrolys, samtidigt som den genererar flytande koldioxid som biprodukt. Denna koldioxid kan användas i exempelvis växthus eller för produktion av e-bränslen, vilket stärker kopplingen till cirkulära industriella system.

Biogaslösningar som en plattform för vätgasintegration

Linköping och Östergötland har redan ett starkt fäste inom biogasområdet, med betydande kompetens och industriell infrastruktur. Tekniska verken i Linköping har länge varit en föregångare inom området och har nyligen tagit initiativ till att fånga in biogen koldioxid från sin produktion. Biogas Solutions Research Center vid Linköpings universitet – en Energimyndighetsstött centrubildning i samverkan med Sveriges lantbruksuniversitet – har skapat en långsiktig och forskningsbaserad plattform för vidareutveckling av biogaslösningar tillsammans med industri och offentlig sektor.

Regionen rymmer flera nyckelaktörer, såsom Gasum och St1 Biokraft, som driver på utvecklingen. Under årsskiftet 2024/25 tillkännagav Lantmännen planer på att bygga en ny biogasanläggning på Händelö i Norrköping som del av en bredare satsning på bioraffinaderiutveckling. Den planerade anläggningen förväntas producera omkring 300 GWh biogas per år – i samma storleksordning som Tekniska verkens utbyggda anläggning. Parallellt planerar St1 Biokraft en likvärdig anläggning vid Västerlösa, vilken beviljats investeringsstöd via Klimatklivet.

Dessa tre satsningar förväntas resultera i Sveriges största och mest avancerade biogasanläggningar, med produktion av flytande biogas (LBG), integrerad koldioxidinfångning och betydande mängder biogödsel som biprodukt. Biogödseln kommer att ge ett värdefullt tillskott av förnybar växtnäring i regionen.

Som tidigare nämnts kan den infångade biogena koldioxiden i dessa anläggningar kombineras med vätgas i en metaniseringsprocess, vilket ökar produktionen av metan. Dessutom utgör koldioxiden en potentiell insatsvara i produktionen av e-bränslen som e-metanol och e-SAF. Sammantaget skapas därmed en stark bas för både energi- och resurseffektiv produktion, där vätgas kan integreras som en nyckelkomponent i ett cirkulärt energisystem.

5.3. Beredskap och försörjningstrygghet

Flera aktörer i ÖMS betonar vikten av försörjningstrygghet i samband med vätgas. Vätgas lyfts fram som ett potentiellt alternativt drivmedel, ett sätt att avlasta elnätet, möjliggöra energilagring för reservkraft och tillgodose energibehov på svårtillgängliga platser, till exempel vid kommunikationsmaster eller i samband med ö-drift. Det finns även en potential i hur el, biogas och vätgas kan samverka i olika redundanta energilösningar.

Ramboll bedömer att det krävs vidare analys för att kunna bedöma huruvida försörjningstryggheten ökar med vätgas. Det finns en risk för önsketänkande där argument om beredskap används för att motivera investeringar i vätgas utan att faktisk robusthet uppnås. Avgörande är om vätgas kan tillföra redundans i relation till befintliga alternativ – och i vilken typ av system. Det finns en väsentlig skillnad mellan energisystem som används periodvis utan krav på kontinuerlig funktion och system som måste vara stabila även under samhällsstörningar eller vid krig. Det svenska energisystemet behöver i allt högre grad vara dimensionerat för kontinuerlig drift även under kris och konflikt.

I nuläget används vätgas främst i småskaliga, industriella applikationer med låg påverkan på energisystemets helhet. Vätgastankstationer riktar sig till en smal målgrupp, vilket gör att systemets redundansvärde är begränsat. För att

vätgas ska kunna bidra till verklig robusthet behöver tekniken ha bred tillgänglighet och kunna fungera som fullvärdigt alternativ till andra energibärare. Småskalig användning skapar i sig inte försörjningstrygghet. Det är också viktigt att notera att Sverige, till skillnad från vissa andra länder, saknar ett etablerat gassystem, vilket gör att ett samhälle uppbyggt kring vätgas bedöms ligga långt bort i tid.

Även om vi får många användare av vätgas ger det inte säkert en robusthet. Om verksamheter gör sig beroende av vätgas skapas nya utmaningar. Om vätgas blir ett eget system för exempelvis bränsle i tunga lastbilar så kan problem uppstå med tillgången på vätgas vid en kris eller hög efterfrågan¹⁸. I tider av kris eller krig när el endast finns delvis eller inte alls är produktion av vätgas inte en möjlig ersättare, då den kräver el för att produceras. För fordon kommer olika former av diesel troligen att vara back-up under lång tid.

Rambolls samlade bedömning är att vätgas inte förväntas bidra till ökad försörjningstrygghet i någon större utsträckning inom en nära framtid. Det finns dock specifika nischer där vätgas kan ha en kompletterande funktion, utan att för den skull ersätta etablerade system. Det gäller exempelvis vid energilagring, elproduktion i reservläge, produktion av gödselmedel, inom vissa delar av transportsektorn samt i pilotprojekt för reservkraft. Skillnaderna i kravbild mellan småskaliga och storskaliga lösningar är dock viktiga – en lösning som fungerar för ett hushåll kan vara otillräcklig för ett större industriellt behov. Lokala lösningar som kan multipliceras har dock potential att spela roll. Nedan redogör vi för de studier och intervjuer som pekar på möjligheter inom energilagring, elproduktion, gödselmedelsproduktion

Energilagring

Vätgas för långsiktig energilagring¹⁹ skulle kunna förhindra och lindra effekterna av strömavbrott, men utmaningarna överstiger ofta fördelarna. Det handlar om säkerhet, förluster vid omvandling och lagring. Att lagra större mängder vätgas är oerhört kostsamt och volymkrävande.

Ökad produktion av vätgas kan leda till en decentralisering inom elproduktionen och eventuellt minska visst importberoende²⁰. Vid minskad sol- och vindkraftverksproduktion skulle man kunna nyttja vätgasturbiner och el som har lagrats i batterier²¹. Idag har olika studier på området ett småskaligt fokus, det vill säga hur enskilda gårdar skulle kunna utnyttja solenergi och vätgas.

Vid överproduktion av el skulle vätgas kunna produceras för att sedan lagras. När sedan ett elbehov uppstår skulle vätgasen kunna användas för att producera el som kan gå ut i nätet igen. Dock är omvandlingsförlusterna höga och det krävs flera omvandlingar för denna teknik²².

Vätgas ihop med luftens syrgas kan bilda explosiva blandningar som vid en gnista lätt kan antändas. Framtida större vätgaslager kan därför utgöra potentiella måltavlor för militära angrepp. Placering och dimensionering kommer därför vara viktigt för att säkerställa att infrastrukturen är skyddad och funktionell²³.

Elproduktion

En förstudie för vätgas i Uppsala, som tagits fram inom projektet Fossilfritt 2030, som omfattar transportsektorns omställning i länen i ÖMS samt Stockholms län, undersökte hur vätgas kan vara en del i elproduktion, lagring och omvandling genom bränsleceller, för att kunna vara en del i kedjan från biogasproduktion till biogastankning vid längre elavbrott. Vätgas för att kunna upprätthålla biogasanläggningen för tre dygn ansågs vara ett minimum, men sju dygn var önskvärt. Delar av vätgasen skulle kanske kunna blandas in den biogas som produceras²⁴.

¹⁸ Ett exempel inom biogasfordon illustrerar detta: 2009 skapades incitament för taxirörelser att investera i biogasfordon, genom att de därmed skulle få förtur i kön på Arlanda. Tillgänglig biogas räckte inte till för de åkare som investerat i biogasfordon vilket medförde att fordon kunde bli stående.

¹⁹ Sökning i flertalet olika databaser, exempelvis Google scholar, Anna Lindh biblioteket och direkt på specifika aktörers hemsidor. Hemsidor tillhörande specifika aktörer har inkluderat Energimyndigheten, International Renewable Energy Agency (IRENA), Energy Information Administration (EIA) och International Energy Agency (IEA). Ett urval av sökord som har nyttjas är: vätgasteknologi, beredskap, försörjningstrygghet, resilience, hydrogen, crisis, security of supply och energy preparedness

²⁰ Urbano et al (2023)

https://www.researchgate.net/publication/373131577_Energy_Crisis_in_Europe_The_European_Union's_Objectives_and_Countries'_Policy_Trends-New_Transition_Paths

²¹ Siemens Energy (2023) <https://www.zehtc.org/wp-content/uploads/ZEHTC-final-report-public-230630.pdf>

²² WSP (2022) https://www.rvn.se/globalassets/rvn/om-region-vasternorrland/aktuellt-i-region-vasternorrland/nyheter/regionvasternorrland_regional-vaetgasanalys_wsp_slutversion.pdf

²³ Energimyndigheten (2024) <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopie&id=1140552b07914929b7b68f4cea8ed1cf&q=v%C3%A4tgas%20och%20v%C3%A4tgasinfrastruktur&lstqtv=1>

²⁴ Ramboll (2022) https://bi drivivost.se/wp-content/uploads/2023/10/221017_Fordrupad_forstudie_vatgas_Uppsala_v1.5.pdf

Gödselmedelsproduktion

Vätgas kan användas för produktion av ammoniak för kvävegödselmedel, vilket skulle kunna stärka livsmedelsberedskapen. Företaget Fertiberia har planer för en sådan anläggning i Luleå med elektrolysörer för produktion av fossilfri vätgas och en anläggning för produktion av grön ammoniak.²⁵ Slutprodukten blir färdiga kvävegödselmedel av varierande sammansättning. Det mesta av ammoniaken kommer att nyttjas till gödselmedlen men en del som reservkapacitet i form av energibärare.²⁶ Dock behöver risker som explosivitet och påverkan på vattenkvalitet och ekosystem hanteras noggrant.

Transportsektorn

Vätgas har potential att bidra till en mer diversifierad fordonsflotta, särskilt för tunga transporter. Än så länge används tekniken i begränsad utsträckning, men flera tillverkare som Volvo, Scania, Hyundai, Quantron och Toyota utvecklar vätgasdrivna fordon. Infrastruktur för tankstationer är under uppbyggnad. Om ett överskott av vätgas uppstår kan den användas för produktion av elektrobränslen med liknande egenskaper som diesel eller bensin – något som kan bli relevant vid krissituationer där fossila bränslen är otillgängliga.²⁷

Reservkraft

Vätgas har även testats som alternativ till diesel i reservkraftlösningar. Ett exempel är pilotprojektet i Överkalix där IT Norrbotten, Vattenfall och PTS sedan 2022 utvecklat och testat ett system baserat på grön vätgas. Projektets syfte är att testa möjligheterna med att bygga reservkraft i kalla miljöer med hjälp av nya gröna vätgasteknologier. Reservkraften är fortfarande i drift, fungerar väl och är dimensionerad för över 10 dygns drift. Vattenfall äger anläggningen och IT Norrbotten hyr den under 10 år. Den största nyttan, med vätgasreservkraft bedöms vara är att den är lättare att hantera jämfört med dieselreservkraft. Vätgasaggregatet är i princip underhållsfritt jämfört med dieselgeneratorer som behöver testas med jämna mellanrum. Dieselaggregat behöver ofta speciell diesel i tankarna, där till exempel vanlig mackdiesel inte går att använda. Vätgasaggregaten testkör helt automatiskt en gång i månaden och det enda underhållet som krävs är att man har särskilda vätgasflaskor för test. Genom att satsa på vätgas har man här sluppit batteribackupen som dieselaggregat behöver och är ganska dyr. Vätgasanläggningen behöver inte batteribackup. Underhållet är minst fyra gånger dyrare med diesel jämfört med vätgasanläggning.

Utmaningar inom reservkraft med vätgas är bristen på vätgas på flaska inom Sverige. Det anses lättare att få tag på diesel än vätgas om det blir krig, även om importen av diesel kan hämmas om exempelvis hamnar sätts ur spel. Ska man bygga ut reservkraft med vätgas i större skala krävs en fungerande leveranskedja av vätgas som Sverige saknar i dagsläget. Reservkraftverket i Överkalix beställer idag in vätgas på flaska från Danmark. Teracom har en liknande anläggning i Övertorneå som har svårt att få tag i vätgas.

Ett reservkraftverk med vätgas är dessutom ungefär dubbelt så dyrt som motsvarande dieselreservkraft med samma storlek. Reservkraftverket genererar effekt under ca 10–15 år, sedan behöver aggregatet bytas ut. Det handlar om en ganska okänd teknik, vilket gör att tillståndsprocesser tar lång tid. Det saknas nationella riktlinjer för vätgas, till exempel som MSB har för diesel.

Telia och PTS genomför ett pilotprojekt i Roslagen²⁸ som ska förlänga reservkraften från dagens 4 timmar till 110 dagar, genom en kombination av egenproducerad fossilfri vätgas, bränsleceller, solceller och batterier. Pressmeddelandet visar dock enbart på ambitionen och de positiva sidorna och säger inget om ekonomi, möjlighet att skala upp eller vilka eventuella nya säkerhetsrisker som det för med sig. Under 2025 kan det vara möjligt att följa upp resultat av utvärderingar och bedöma beredskapsnytta, ekonomi, eventuellt förändrad riskbild, osv.

5.4. Vätgasens klimatpåverkan

Ramboll har analyserat vätgasens klimatpåverkan i två livscyklifaser: produktion och användning. I produktionsfasen beaktas faktorer som råvaror, energibehov, energikällor, effektivitet och läckagerisker, vilket resulterar i varierande klimatpåverkan beroende på vald produktionsteknik. När det gäller användningen av vätgas har Ramboll genomfört en övergripande analys av dess potential att ersätta fossila bränslen eller insatsvaror inom

²⁵ Invest in Norrbotten (n.d.) [Grupa Fertiberia planerar att utveckla den första storskaliga anläggningen för produktion av grön ammoniak och konstgödsel i Sverige](#)

²⁶ Jordbruksverket (2023) [Gödselmedelsproduktion i Sverige. Aktuella initiativ, tekniker och förutsättningar.](#)

²⁷ Energimyndigheten (2023) <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1811882/FULLTEXT01.pdf>

²⁸ Källa: <https://press.telia.se/pressreleases/telia-och-pts-genombrott-flera-maanaders-reservkraft-paa-mobilbasstation-med-vaetgas-som-en-av-flera-haallbara-energikaellor-3358562>

olika sektorer. De sektorer där denna potential bedöms vara störst har analyserats i mer detalj, och resultaten presenteras i kapitel 5.5 för respektive sektor

5.4.1. Grundläggande bedömning av vätgasens klimatpåverkan

Växthusgasutsläpp, eller GHG-emissioner, bidrar till växthuseffekten och klimatförändringar, vilket tillsammans kan beskrivas som klimatpåverkan. De vanligaste växthusgaserna inkluderar koldioxid (CO₂), metan (CH₄) och lustgas (dikväveoxid, N₂O) och klimatpåverkan mäts i koldioxidekvivalenter (CO₂e). Det är viktigt att komma ihåg att CO₂ endast är en av de gaser som påverkar klimatet. I vissa analyser, som i GHG Protocol Corporate Standard, krävs det att minst sju specifika växthusgaser inkluderas.

Klimatpåverkan under en produkts livscykel kan delas upp i uppströms och nedströms påverkan. Uppströms påverkan innebär utsläpp som sker innan produkten når användaren, inklusive produktion, transport och tillverkning av råmaterial. Nedströms påverkan innebär utsläpp som uppstår när produkten används, såsom vid förbränning av bränsle (direkta utsläpp) eller hantering av avfall.

Den följande analysen av vätgasens klimatpåverkan baseras på publicerade artiklar och rapporter. Fokus på klimatpåverkan innebär att andra miljöpåverkanskategorier, såsom vattenförbrukning, markanvändning, luftföroreningar och toxicitet, inte behandlas, vilket kan leda till att slutsatser och beslut inte är heltäckande²⁹. En ytterligare utmaning är den osäkerhet som finns kring framtida system och data, där slutsatser ofta baseras på projektioner snarare än uppmätta data.

5.4.2. Klimatpåverkan från produktion av vätgas

Valet av produktionsmetod och energikälla har stor betydelse för vätgasens miljöpåverkan. Grön vätgas, som produceras från förnybara energikällor, har mycket låg klimatpåverkan och är särskilt fördelaktig i länder med låg klimatpåverkan från elproduktionen, som Sverige.

Vätgas kan produceras med olika tekniker, baserade på fossila källor, förnybar elektricitet, biomassa eller kärnkraft. Klimatpåverkan varierar beroende på råvaror, energibehov, energikällor, effektivitet och läckagerisker. Detta avsnitt fokuserar på klimatpåverkan från elektrolys, men nämner också produktion via reformering av naturgas, kolförgasning samt biomassa och bio-metan som jämförelse. För fossila källor redovisas också klimatpåverkan med och utan koldioxidinfångning och lagring (CCS).

Koldioxidavskiljning och lagring (CCS)

CCS är en teknik som kan minska klimatpåverkan vid produktion av vätgas. Den omfattar tre steg: avskiljning (fångst av koldioxid från rökgaser), transport (transport av den avskilda koldioxiden till lagringsplats) och lagring (pumpning av koldioxiden i underjordiska formationer för permanent lagring).

Reformering av naturgas

Den vanligaste metoden för vätgasproduktion idag är reformering av naturgas. Klimatpåverkan beror främst på utsläpp från produktion, förädling och leverans av naturgas. Om vätgasen produceras utan CCS kallas den "grå" vätgas och ger ett utsläpp på cirka 10–12 kg CO₂e/kg H₂. Om CCS används minskar utsläppen till 4,5–9 kg CO₂e/kg H₂ vid 60% avskiljning och till 1,5–6,2 kg CO₂e/kg H₂ vid 93% avskiljning.

Vätgas genom elektrolys

Vid elektrolys används elektricitet för att dela upp vatten till väte (H₂) och syre (O₂). Inga utsläpp sker vid tillverkningsfasen av vätgas från elektrolys. Klimatpåverkan från elektrolys beror på den elektricitet som används. Klimatpåverkan från tillverkning av själva elektrolysören är obetydlig jämfört med påverkan från elanvändningen vid vätgasproduktionen³⁰. Vätgas från elektrolys kallas grön om produktionen sker med förnybara elkällor, rosa om produktionen sker med el från kärnkraft, och gul³¹ om produktionen sker med el från elnätmix. Om man antar en

²⁹ Tasala Gradin, K. (2020). Simplified Life Cycle Assessment Approaches and Potential Impact Shifts (PhD-avhandling, Kungliga Tekniska högskolan, Avdelningen för Maskindesign – Ekodesign, Hämtad från: Simplified Life Cycle Assessment Approaches and Potential Impact Shifts (Hämtad 2025-04-11)

³⁰ Lundberg, S. (2019) Comparative LCA of Electrolyzers for Hydrogen Gas Production, M.Sc. avhandling, Kungliga Tekniska Högskolan, Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad, Hämtad från: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1331089&dswid=-7965> (Hämtad 2025-04-11)

³¹ [Färgkoder vätgas | Vätgasbloggen.se](#)

produktionseffektivitet på 67% skulle en elektricitetskälla med påverkan på 100 g CO₂e/kWh ge vätgas med påverkan runt 5 kg CO₂e/kg H₂ från vätgasproduktionen enligt IEA³².

Klimatpåverkan för grön vätgas är generellt mycket låg. Förnybar elektricitet, till exempel från vind-, vatten, våg- eller solkraft, har inga direkta utsläpp vid tillverkningsfasen av elektriciteten. Däremot finns påverkan uppströms från produktion och konstruktion av infrastrukturen som behövs vid elproduktionen. IEA anger ett intervall på 0,4–2,7 kg CO₂e/kg H₂ för grön vätgas producerad med elektrolys med el från sol- och vindkraft³³.

Rosa vätgas från elektrolys producerad med elektricitet från kärnkraft kan potentiellt ha en ännu lägre klimatpåverkan på 0,1–0,3 kg CO₂e/kg H₂ enligt IEA. Hydrogen Council³⁴ föreslår dock en högre påverkan för rosa vätgas på 0,6 kg CO₂e/kg H₂ som kan uppnås år 2030. Vid kärnkraft bildas även runt 0,115 g av radioaktivt avfall per kg H₂.

Vätgas från bioenergi

Vätgas som produceras med hjälp av bioenergi har mycket liten klimatpåverkan eftersom de direkta utsläppen från biogena källor anses vara netto noll. Det beror på att kolet är en del av den naturliga kolcykeln. Den klimatpåverkan som finns från vätgasproduktion med bioenergi sker uppströms, alltså från råvaruförsörjningen och energiproduktionens försörjningskedja.

Om dessa utsläpp fångas in och lagras med hjälp av CCS kan vätgasen faktiskt minska kol i omlopp, eftersom det tar bort biogent kol från den naturliga kolcykeln. Enligt IEA ger vätgasproduktion från biomassa utan CCS en klimatpåverkan på 1–4,7 kg CO₂e per kg vätgas. Energiforsk³⁵ uppskattar att produktionen från både biomassa och biogas kan orsaka 1–3 kg CO₂e per kg vätgas. Detta kan jämföras med produktion från fossilt kol som orsakar 22–26 kg CO₂e per kg vätgas utan CCS, eller 1,5–3,1 kg CO₂e per kg vätgas med nästan fullständig CCS.

Studier i Sverige visar att vätgas från bioavfall producerar 2,13 kg CO₂e per kg vätgas, och från biomassa (träflis) producerar 1,54 kg CO₂e per kg vätgas³⁶. Detta stämmer med IEA:s och Energiforsks uppskattningar. Energiforsk noterar också att vätgasproduktion från biogas påverkas av metanläckage under drift och lagring. Metanläckage kan vara 0,04–5% från rengöring av biogasen och 0,65–10% från lagring av rötgas. IEA uppskattar att vätgasproduktion med 95% CCS från träflis kan ha en positiv klimatpåverkan på -16 till -21 kg CO₂e per kg vätgas, vilket innebär att det faktiskt tar bort koldioxid från atmosfären.

Tabell 1 visar översiktligt hur vätgasens olika produktionssätt ger olika klimatutsläpp, med och utan koldioxidinfångning.

Tabell 1: Översikt över utsläpp [kg CO₂e/kg producerad vätgas] med olika produktionssätt

Produktionssätt	Utsläpp utan CCS (kg CO ₂ e/kg vätgas)	Utsläpp med CCS (kg CO ₂ e/kg vätgas) med olika avskiljningsgrad (anges i parentes)
Reformering av naturgas	10-12	4,5-9 (60%) och 1,5-6,2 (93%)
Vätgas genom elektrolys (sol/vind)	0,4-2,7	
Vätgas från bioenergi*	1-4,7	Kan vara negativa (95%)

³² För att sätta detta i kontext kan man till exempel titta på EU taxonomins krav vilket är <3 kg CO₂e/kg H₂. Detta krav kräver alltså en elnätmix-emissionsintensitet lägre än 60 g CO₂e/kWh för att producera vätgas via elektrolys som har en lägre påverkan än 3 kg CO₂e/kg H₂. Sveriges genomsnittliga emission mellan 2015–2017 för konsumerad el var ungefär 37 g CO₂e/kWh³². Det är klart lägre än ovan nämnda gränsvärde vilket kan motivera elektrolysproduktion av vätgas från ett klimatperspektiv.

³³ Detta baseras på en emissionsintensitet av elektricitet för solkraft på 17–53 g CO₂e/kWh och för landbaserad vindkraft på 8–18 g CO₂e/kWh. I en svensk kontext anges en klimatpåverkan från grön vätgas producerad med svensk vattenkraft på 0,5 kg CO₂e/kg H₂³³, eller 0,83 kg CO₂e/kg H₂³³, vilket är i linje med de globala källorna.

³⁴ Hydrogen Council (2021) Hydrogen decarbonization pathways – A life-cycle assessment, Hämtad från: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-decarbonization-pathways/> (Hämtad 2025-04-11)

³⁵ Energiforsk (2024) The potential of hydrogen in a Swedish context – Report 2024:1011, ISBN 978-91-89919-11-2, Hämtad från: <https://energiforsk.se/program/vatgasens-roll-i-energi-och-klimatomställningen/rapporter/the-potential-of-hydrogen-in-a-swedish-context/> (Hämtad 2025-04-11)

³⁶ Arfan, M., Eriksson, O., Wang, Z. och Soam S. (2023) Life cycle assessment and life cycle costing of hydrogen production from biowaste and biomass in Sweden, *Energy Conversion and Management*, V. 201, 117262, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117262>.

* Starkt beroende av metanläckage vid drift och lagring

Transport och distribution av vätgas

Få studier har undersökt långdistanstransport av vätgas, och ofta förutsätts det att vätgasen produceras på plats. IEA har studerat transport av vätgas över 10 000 km och konstaterade att omvandlingen av vätgas till en bärare för transport, inklusive produktion, konditionering och omvandling, leder till energiförluster på 45–70%. Detta innebär att växthusgasutsläppen från den elektricitet som används för att producera vätgas ökar med en faktor 2–3 när den slutliga vätgasen levereras. Mer forskning behövs för att förstå den livscykelbaserade miljöpåverkan av olika transportalternativ (t ex vätgaskompression, förvätskning och kemisk bindning till andra molekyler.).

5.4.3. Klimatpåverkan från direkta vätgasemissioner

Klimatpåverkan från utsläpp av vätgas orsakas av bland annat läckage genom värdekedjan och ökad vätgasproduktion för att kompensera för läckaget. Läckage från produktion, transport och användning av vätgas bidrar till vätgasens totala klimatpåverkan. Vätgas påverkar klimatet indirekt genom att förlänga livslängden hos metan, skapa mer ozon och öka vattenångan i atmosfären. Det finns en osäkerhet gällande klimatpåverkan från direkt utsläpp av vätgas. I vissa studier anges sk GWP100 värden (uppvärmningspotentialen över en period på 100 år) på ungefär 11–13 kg CO₂e/kg vätgasutsläpp³⁷. För kortare tidshorisonter (till exempel GWP20) är påverkan tre gånger högre. Mer data behövs för att förstå den verkliga påverkan av direkta vätgasemissioner vid produktion, transport och användning, enligt IEA. Idag bygger majoriteten av tillgängliga data på modeller och inte verklig läckagemängd.

5.4.4. Klimatpåverkan från användning

Den potentiella minskningen av klimatpåverkan från att byta ut fossila produkter mot vätgasbaserade alternativ sammanfattas i tabellen nedan. De sektorer som analyserats är grön ammoniak, flyg, sjöfart, lastbilar och ståltillverkning. En mer detaljerad beskrivning av klimatpåverkan för varje sektor återfinns i kapitel 5.5. Det är viktigt att notera att produktionsmetoden för vätgas påverkar klimatpåverkan från de produkter som använder den. Förnybar elektricitet, såsom sol- och vindkraft, är de mest fördelaktiga alternativen, men variationer i energins klimatpåverkan kan förändra resultatet. Grön vätgas har dock en betydande potential att minska klimatpåverkan i flera sektorer

Tabell 2: Översikt över bedömd klimatpåverkan för övergång från fossila alternativ till fossilfri vätgasanvändning

Sektor	Användningsområde	Bedömd klimatpåverkan
Tung transport	Bränslecellsdrivna lastbilar	Minskning med ca. 90 %
Industri	Fossilfri ståltillverkning	Minskning med ca 90 %
Gödselmedel	Ammoniakproduktion	Minskning med ca 90 %
Flyg	E-bränslen (syntetiskt flygbränsle)	Minskning med ca 63 %
Sjöfart	Vätgas- eller ammoniakdrivna fartyg	Minskning med ca. 75 % - 90 %

5.5. Utmaningar och potential per sektor

Som tidigare beskrivits återfinns den största potentialen för vätgasanvändning i större skala inom sektorer som är särskilt svåra att ställa om – främst där direkt elektrifiering inte är möjlig eller inte lämpar sig av tekniska, ekonomiska eller praktiska skäl.

Nedan presenteras en genomgång av respektive sektors utmaningar och möjligheter att ställa om med hjälp av vätgas. Ramboll bedömer även respektive sektors betalningsvilja och klimatnytta vid en övergång från fossila bränslen till grön vätgas. Vissa delar av industrin, exempelvis stål-, kemi- och gödselmedelsproduktion, använder redan idag fossil gas som insatsvara och kan i många fall ersätta denna med vätgas. Andra delar av industrin kan

³⁷ Muñoz, I. (2023) Literature review on climate effects and leakage rates in a hydrogen economy. 2.0 LCA consultants, Barcelona, Spanien, Hämtad från: <https://lca-net.com/publications/show/literature-review-on-climate-effects-and-leakage-rates-in-a-hydrogen-economy/> (Hämtad 2025-04-11)

använda vätgas för att producera molekyler och kolväten som i sin tur används i framställning av exempelvis elektrobränslen.

5.5.1. Stålintustrin och industriella processer

Bakgrund och utmaningar

Stålintustrin är en central del av Sveriges ekonomi och spelar en viktig roll i exportsektorn. Samtidigt är stålproduktion en av de mest energiintensiva industriprocesserna och står för betydande utsläpp av växthusgaser – globalt cirka 7–9 % av de totala utsläppen, och cirka 10–12 % av Sveriges territoriella utsläpp. Det finns därmed både ett stort behov och en tydlig potential att ställa om sektorn till mer klimatvänliga tekniker.

Att använda grön vätgas för direkt reduktion av järnmalm möjliggör kraftigt minskade utsläpp i stålproduktionen och kan samtidigt stärka svensk industris konkurrenskraft. I norra Sverige pågår redan storskaliga satsningar, där vätgas producerad med fossilfri el används inom stålindustrin. I ÖMS är situationen annorlunda – här är användningen av vätgas ännu begränsad och berör idag andra moment inom ståltillverkning än direkt reducering av malm.

Flera hinder bromsar utvecklingen i ÖMS-regionen: höga initiala investeringskostnader, osäkerhet kring framtida vätgaspriser och teknikutveckling, brist på anslutningspunkter, tillgång och pris på fossilfri el, samt höga kostnader för elektrolysörer. Subventioner och styrmedel efterfrågas för att möjliggöra en bredare marknadsintroduktion.

Potential

Vätgas kan användas i flera moment inom stålindustrin, exempelvis:

- Uppvärmning inför valsning
- Härdning av metaller
- Reducering vid primär produktion
- Drift av gasturbiner

Genom egenproducerad vätgas kan industrin uppnå höga temperaturer utan att vara beroende av fossila bränslen, vilket både minskar klimatpåverkan och stärker hållbarhetsprofilen. I ÖMS finns exempel på industriella tillämpningar: Ovako i Hofors har investerat i en 20 MW elektrolysör för egen vätgasproduktion. Denna lösning kan potentiellt skalas upp till Ovakos andra anläggningar i Hällefors och Boxholm, givet att affärsmodellen visar sig lönsam.

Flera andra stålindustrier i regionen har potential att nyttja vätgaslösningar, exempelvis för att ersätta gasol vid uppvärmning och skärning av metallskrot. I vissa fall används redan små volymer vätgas som skyddsgas eller för vattenproduktion. Alternativt övervägs övergångslösningar som elektrifiering eller användning av biometan i väntan på att vätgasinfrastruktur blir tillgänglig. En större producent av vätgas i regionen skulle kunna sänka tröskeln för fler aktörer att gå över till vätgasbaserade lösningar.

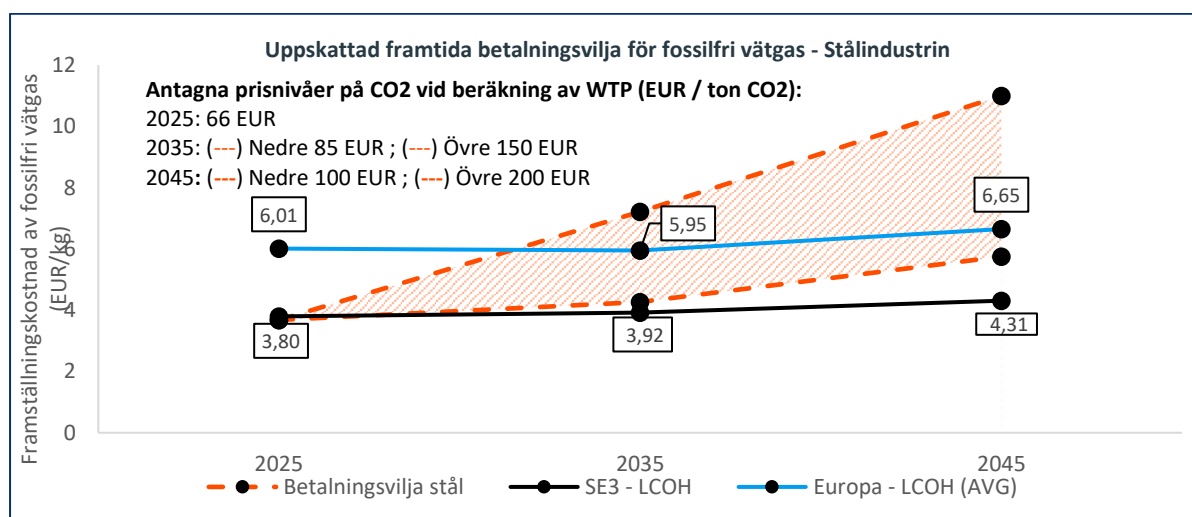
Utöver stålindustrin finns potential inom kemisk industri och gödselproduktion – exempelvis för tillverkning av grön ammoniak eller syntetiska kolväten till flygbränslen och plaster. För att kartlägga aktörer som idag använder gasol kan regionala nätverk som Cleantech Östergötland och IUC Östergötland vara relevanta kontaktpunkter. Även dagens biogasanvändare skulle kunna komplettera eller ersätta biogas med vätgas.

Analys av produktionskostnad och betalningsvilja för vätgas inom stålindustrin

Rambolls analys indikerar att stålindustrin är den enda sektor där betalningsviljan för vätgas redan år 2025 bedöms möta den prognosticerade produktionskostnaden (LCOH) i ÖMS-regionen. Figur 14 nedan illustrerar detta genom att visa ett intervall för betalningsviljan, som speglar olika antaganden om priset på utsläpp inom EU:s utsläppshandelssystem.

På kort sikt möter alltså betalningsviljan kostnadsnivån för fossilfri vätgas. På längre sikt förväntas relationen mellan produktionskostnad och betalningsvilja förbättras ytterligare.

Figur 14 Uppskattad framtida betalningsvilja för fossilfri vätgas inom stålindustrin



Analys av klimatpåverkan

Stål produceras antingen genom:

- Primär produktion: järnmalm omvandlas till stål, ofta i masugnar med koks som reduktionsmedel.
- Sekundär produktion: återvunnet stålskrot smälts i elektriska ljusbågsugnar (EAF), med el som huvudsaklig energikälla.

Cirka 73 % av den globala stålproduktionen sker genom primär produktion – en process med hög klimatpåverkan. Sekundär produktion står för ca. 26 % och är betydligt mer klimatvänlig, men kan inte ersätta primär produktion helt på grund av begränsad tillgång till skrot samt krav på vissa stålqualiteter.

Vätgas kan minska utsläppen inom primär produktion på flera sätt:

- Ersätta naturgas vid direkt reduktion av järnmalm (DRI)
- Delvis ersätta koks i befintliga masugnar

Enligt analyser från Hydrogen Council kan användningen av grön vätgas i DRI-processer, i kombination med elektriska ljusbågsugnar, minska klimatpåverkan med 87–94 % per kg stål jämfört med traditionell masugnsbaserad tillverkning. Dock kan dessa utsläppsminskningar påverkas negativt av vätgasläckage, särskilt i scenarier för 2030 och 2050.

5.5.2. Flyg

Bakgrund och utmaningar

Flyget är en av de snabbast växande transportsektorerna och står idag för 2–3 % av de globala koldioxidutsläppen³⁸, med begränsade möjligheter till elektrifiering. Krav på ökad inblandning av hållbara flygbränslen (SAF) införs från 2025. Trots detta är betalningsviljan för vätgas låg bland flygbolagen, vilket lett till att projekt som Vattenfalls HySkies pausats. Vätgasbaserade initiativ, som RES:s satsning i Ånge, visar ändå viss progression³⁹.

Potential

Potentialen att nyttja vätgas inom produktionen av flygbränsle beror främst på att flyget är svårt att elektrifiera. Batterierna som skulle krävas anses för tunga för kommersiellt flyg. Vätgas kan däremot minska utsläppen genom att bidra till framställandet av hållbara flygbränslen, SAF. Ett flygbränsle som framställs på syntetisk väg med vätgas kallas e-SAF. Efterfrågan på e-SAF bedöms öka i takt med ökande regulatoriska krav.

I dagsläget finns inga kända pågående satsningar i ÖMS-regionen vilket till stor del bedöms bero på att marknaden fortsatt är liten och betalningsviljan låg. Dessutom kräver produktionen en hög eleffekt, vilket idag är svårt att leverera i denna del av Sverige. Flera etableringsförfrågningar som rör hållbart flygbränsle i Östergötland har kommit in, men inte kunnat tas vidare utan möjlighet att tillgodose behovet av eleffekt.

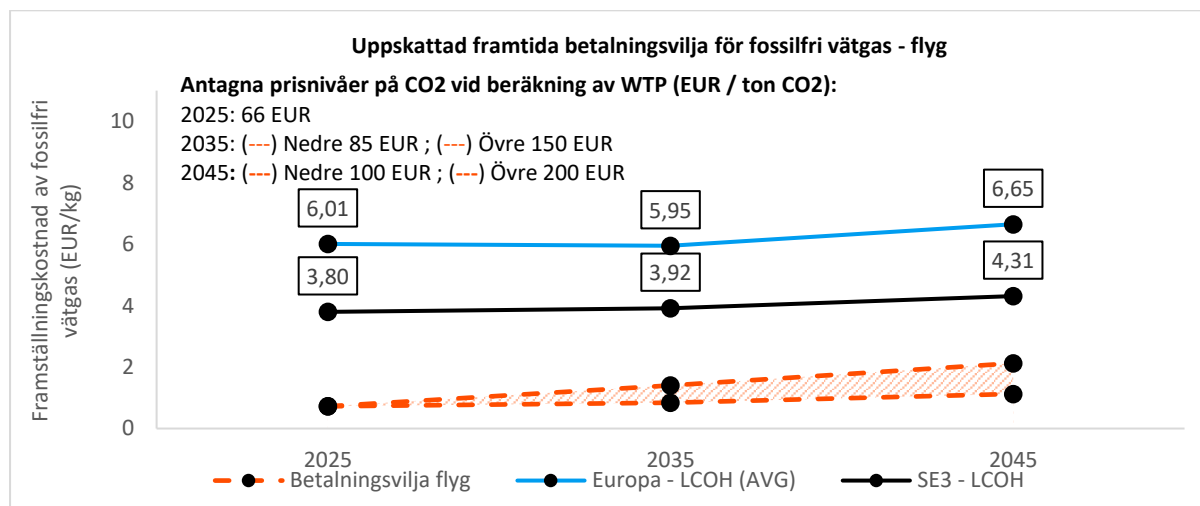
³⁸ Aviation - IEA

³⁹ Grön vätgas i Alby - Res bygger vätgasanläggning

Analys av betalningsvilja

Figur 15 nedan visar att den prognosticerade betalningsviljan för vätgas för användning inom produktion av e-SAF till flygindustrin är låg. Gapet mellan framställningskostnad (LCOH) och betalningsvilja är stort och bedöms så vara under hela den studerade tidsperioden, även vid höga antaganden om CO₂-priser. Därför väntas utvecklingen i huvudsak bli regleringsdriven snarare än marknadsdriven.

Figur 15: Uppskattad framtida betalningsvilja för grön vätgas inom flygindustrin



Analys av klimatpåverkan

E-SAF kan minska klimatpåverkan med upp till 63 % jämfört med fossilt bränsle vid 100 % inblandning (en bränslemix med 30% e-SAF minskar klimatpåverkan med cirka 19%).⁴⁰

Dock kan e-SAF ha högre påverkan inom andra miljö kategorier, till exempel joniserande strålning och markanvändning, kopplat till produktionen av vindkraftverk och katalysatorer. För att undvika suboptimala beslut krävs ett helhetsperspektiv, inklusive påverkan från icke-CO₂-utsläpp och uppströmseffekter från stål- och betongproduktion.

e-SAF:s främsta klimatfördel är frånvaron av fossilt kol, vilket gör att de biogena CO₂-utsläppen inte belastar klimatet. Samtidigt kvarstår stora utsläpp från icke-CO₂-relaterade effekter, som kväveoxider och kondensstrimmor, vilka har betydande strålningspåverkan. Dessa utsläpp är i stort sett lika oavsett bränsletyp och omfattas sällan i klimatjämförelser, vilket kan leda till underskattning av påverkan. Forskning och standardiserade metoder krävs för att bättre förstå och hantera dessa effekter.

Vidare påverkas e-SAF:s klimatavtryck av uppströmsprocesser, särskilt materialanvändning i vindkraftverk, såsom stål, betong och metaller i synteskatalysatorer. Därför är en hållbar omställning i basindustrin en viktig förutsättning för att minska den totala påverkan från e-SAF-produktion.

5.5.3. Sjöfart

Bakgrund och utmaningar

Sjöfartsindustrin är avgörande för den globala handeln men står samtidigt för cirka 3 % av de globala växthusgasutsläppen⁴¹. Branschen är i hög grad beroende av fossila bränslen såsom bränsleolja och flytande naturgas (LNG), vars förbränning genererar betydande klimatpåverkan.

Potential

Omställningen inom sjöfarten drivs än så länge, likt flyget, främst av ökade krav från EU på minskade utsläpp. Regleringarna, som successivt skärps, skapar en växande efterfrågan på hållbara sjöfartsbränslen baserade på vätgas. Den internationella sjöfartsorganisationen IMO beslöt i maj 2025 långtgående regleringar för att säkra att hela den

⁴⁰ Lai Y.Y., Karakaya, E. och Björklund, A. (2022) Employing a Socio-Technical System Approach in Prospective Life Cycle Assessment: A Case of Large-Scale Swedish Sustainable Aviation Fuels. Front. Sustain. 3:912676. doi: 10.3389/frsus.2022.912676

⁴¹ Fourth Greenhouse Gas Study 2020, International Maritime Organization

⁴² [IMO approves net-zero regulations for global shipping](#)

Bakgrund och utmaningar

Tunga vägtransporter står för cirka 5 % av världens totala koldioxidutsläpp, och sektorn är starkt beroende av fossila drivmedel⁴³. Övergången till hållbara bränslen, som vätgas, hämmas idag av höga produktionskostnader, bristande infrastruktur och begränsad tillgång till fordon. Antalet vätgasdrivna lastbilar är fortfarande lågt, och utbyggnaden av tankstationer är i ett tidigt skede.

Flera stora tillverkare utvecklar dock vätgaslastbilar, och flera kommersiella modeller väntas lanseras under 2025. Biodriv Öst framhåller att det finns potential, men att marknadsgenombrottet kräver både skalfördelar och ökad betalningsvilja. I dagsläget är vätgasfordon och drivmedel väsentligt dyrare än deras fossila motsvarigheter, vilket gör att affären i hög grad styrs av kundens betalningsförmåga och externa styrmedel.

För kollektivtrafik i glesbygd, där elnätet ofta är otillräckligt för snabbbladdning, kan vätgasdrivna bussar vara ett alternativ till batteridrift. Samtidigt innebär långa upphandlingsavtal (ofta 10 år) en tröghet för att testa nya tekniker. I dag är marknaden för vätgasbussar outvecklad, och de regionala kollektivtrafikmyndigheterna i ÖMS ser vätgas som potentiellt intressant på längre sikt, men inte som ett alternativ i närtid.

Potential

Fossilfri vätgas, producerad med förnybar el, bedöms ha störst potential inom långväga och tunga transporter, särskilt där batteridrift är mindre lämplig på grund av räckvidd, vikt och tankningsbehov. En fördel med vätgas är att fordonen ökar sin lastkapacitet jämfört med batterielektriska fordon, där batteriernas vikt och volym är en begränsande faktor.

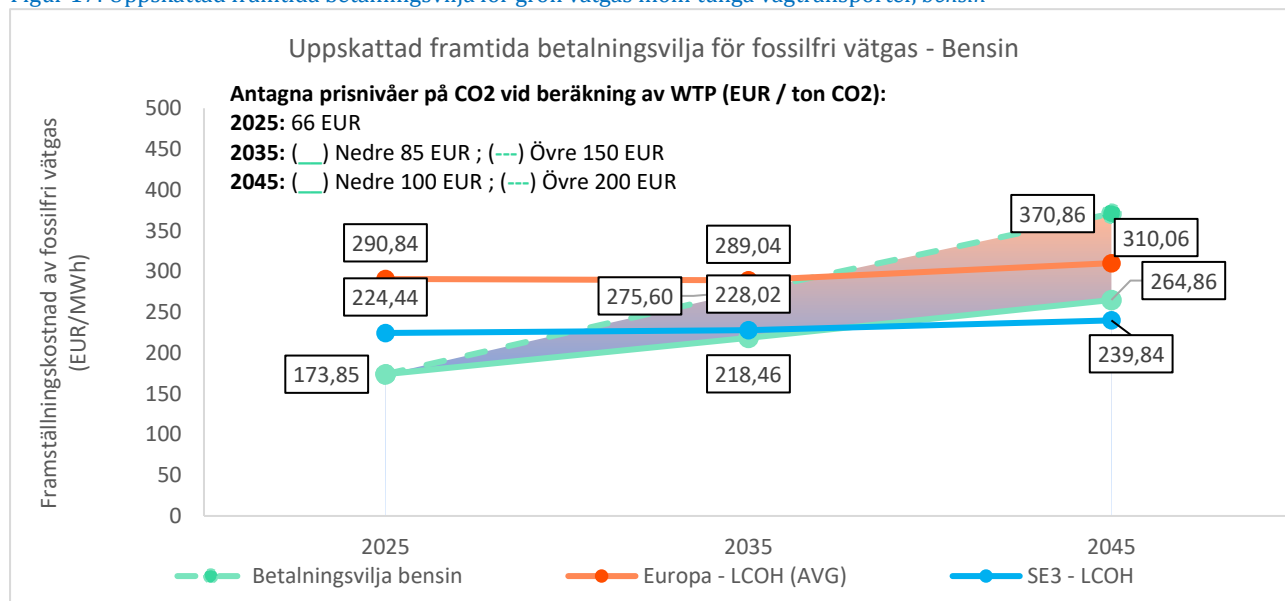
I långdistanstransporter står drivmedelskostnaden ofta för en större andel av fordonets totalkostnad än inköpspriset. Det gör att tillgång till billig grön vätgas kan bli en nyckelfaktor på sikt. Flera aktörer i regionen har därför börjat planera för tankstationer i linje med EU:s TEN-T-förordning, vilket kan bidra till att på sikt minska trösklarna för marknadsintroduktion.

Även andra tunga arbetsmaskiner, skulle kunna använda vätgas i framtiden. Dock finns juridiska hinder för gasdrift i underjordiska miljöer, vilket begränsar tillämpningen i exempelvis gruv- och tunnelprojekt.

Analys av betalningsvilja

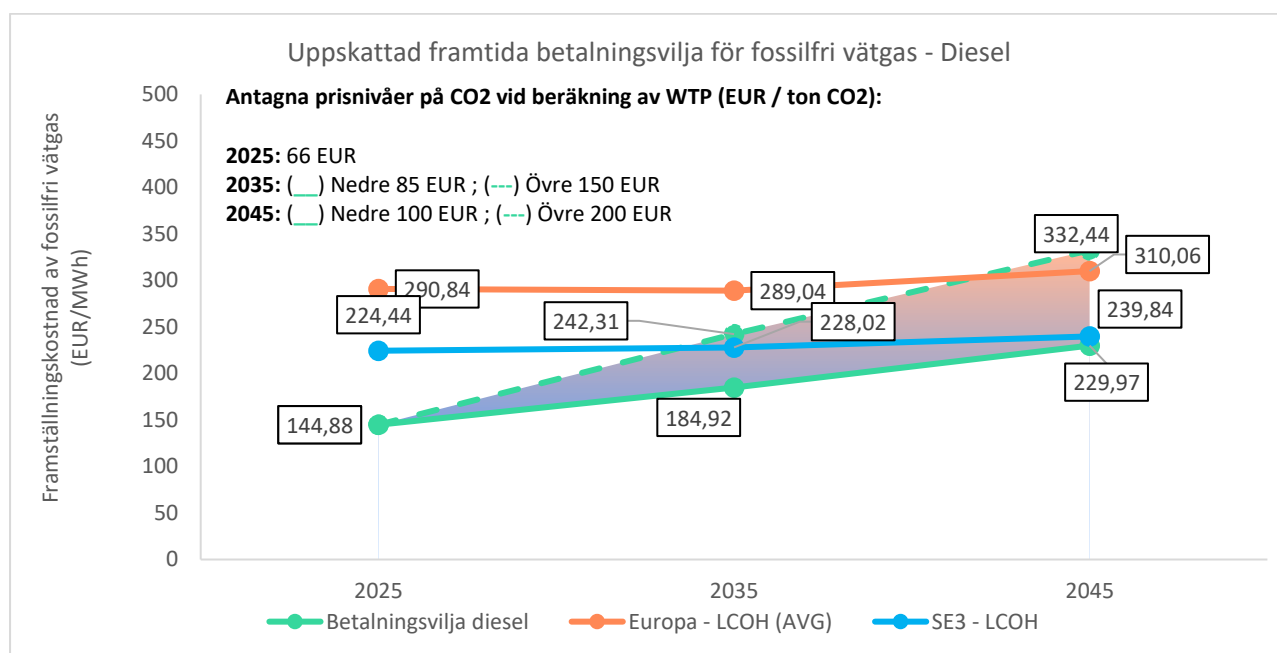
Analysen visar att betalningsviljan för grön vätgas inom tunga transporter idag är relativt låg, men väntas öka snabbt. Redan runt 2030–2035 för bensin och något senare för diesel (beroende på hur mycket priset för CO₂-utsläpp) i det scenario där koldioxidpriset utvecklas kraftigt (høgt scenario), kan betalningsviljan redan runt 2030 komma att motsvara produktionskostnaden för grön vätgas. Detta pekar på att styrmedel och regleringar sannolikt kommer att vara avgörande för tekniskskiftet – snarare än marknad drivna incitament i närtid.

Figur 17: Uppskattad framtida betalningsvilja för grön vätgas inom tunga vägtransporter, bensin



⁴³ Net-Zero Industry Tracker 2024 | World Economic Forum

Figur 18: Uppskattad framtida betalningsvilja för grön vätgas inom tunga vägtransporter, diesel



Analys av klimatpåverkan

Studier visar att grön vätgas och elektrobränslen har mycket hög potential att minska klimatpåverkan från tung trafik^{44,45}. Bränslecellsfordon (FCEV) som drivs med grön vätgas producerad med svensk vindkraft nära tankstationen kan ge upp till 95 % lägre klimatpåverkan (mätt i CO₂e per ton-km) än diesel. Även beige vätgas, producerad från biometan, minskar utsläppen med omkring 75 %, och kan i kombination med CCS (orange vätgas) till och med bli klimatnegativ – om metanläckage och infångning hanteras effektivt. För färgkoder, se not⁴⁶.

Studierna bekräftar potentialen, med utsläppsminskningar på 84–95 % för FCEV jämfört med diesel – beroende på graden av vätgasläckage och typ av elproduktion. Viktigt är att Sverige har en särskilt fördelaktig elmix med låg klimatpåverkan, vilket ytterligare stärker vätgasens roll som ett utsläppseffektivt drivmedel här.

På längre sikt, fram mot 2045, kan ytterligare klimatvinster uppnås om elektrifiering av produktion, tankstationer och vätgasdistribution sker med lågkolenergi källor. Samtidigt krävs teknikutveckling för att minska vätgasläckage, som annars riskerar att urholka klimatvinster.

5.5.5. Gödselmedel och ammoniak

Bakgrund och utmaningar

Ammoniak är en central insatsvara inom flera sektorer och produceras idag nästan uteslutande från fossila råvaror. Globalt står ammoniakproduktionen för cirka 1,3 % av de totala växthusgasutsläppen – motsvarande ungefär hälften av de samlade utsläppen från den internationella flygtrafiken.

Inom jordbruket används ammoniak huvudsakligen som komponent i kvävebaserade gödselmedel som urea och ammoniumnitrat. Inom industrin används det som effektivt köldmedium i kylsystem och som råvara i kemisk industri, exempelvis vid tillverkning av salpetersyra och kväveoxid. Ammoniak används även vid vattenrening och i rengöringsmedel. På senare tid har ammoniak, särskilt e-ammoniak, börjat utvärderas som potentiellt hållbart bränsle inom sjöfarten – ett område där utsläppsminskningsbehoven är betydande.

Potential

⁴⁴Sun, T., Shrestha, S., Hamburg, S.P., Kupers, R. och Ocko, I.B. (2024) Climate Impact of Hydrogen and Methane Emissions Can Considerably Reduce the Climate Benefits across Key Hydrogen Use Cases and Time Scales, *Environ. Sci. Technol.*, V. 58, 5299-5309, Doi: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c09030>

⁴⁵ Hydrogen Council (2021) Hydrogen decarbonization pathways – A life-cycle assessment, Hämtad från: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-decarbonization-pathways/> (Hämtad 2025-04-11)

⁴⁶ Färgkoder vätgas | Vätgasbloggen.se

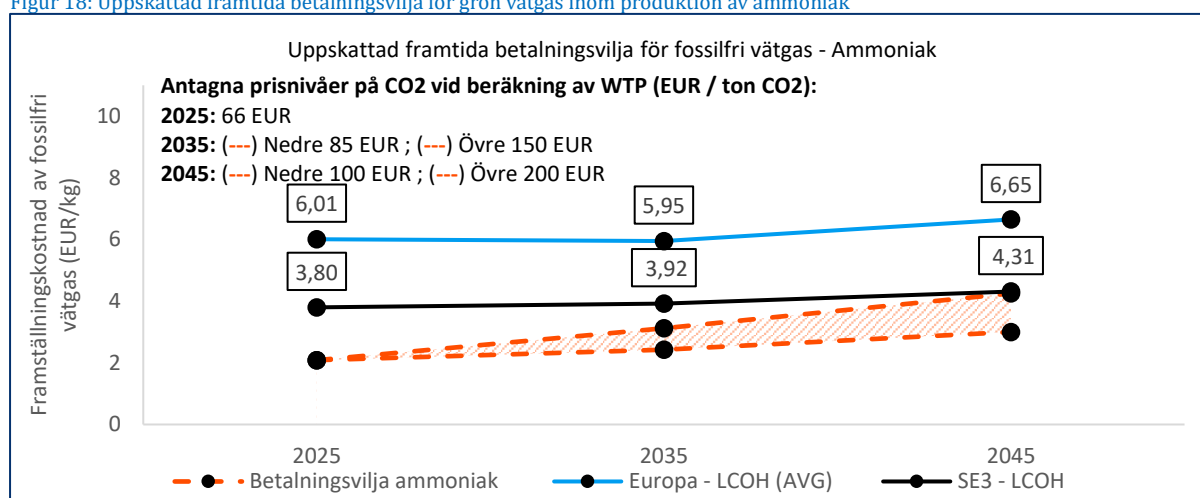
Att tillverka ammoniak med fossilfri vätgas ger upphov till så kallad grön ammoniak, vilket möjliggör betydande klimatvinster jämfört med konventionell tillverkning. Det finns redan ett visst investerarintresse i regionen; tidigare har ansökningar lämnats in för att etablera produktion av fossilfritt gödselmedel i ÖMS, men brist på elnätscapacitet har hittills begränsat utvecklingen.

Ett annat potentiellt användningsområde är mindre, lokala produktionsanläggningar där ammoniak kan framställas med egenproducerad vätgas och förnybar el – exempelvis på lantbruk med solpaneler. Sådana cirkulära lösningar kan stärka livsmedelsförsörjningen genom ökad självförsörjning av gödselmedel, i linje med resonemangen i avsnitt 5.3.

Analys av betalningsvilja

Figur 18 nedan visar att betalningsviljan för grön vätgas inom ammoniakproduktion är låg i dagsläget, men förväntas öka fram till 2035 och 2045. Under förutsättning att koldioxidpriset utvecklas enligt det högsta scenariot bedöms betalningsviljan 2045 kunna motsvara kostnaden för grön vätgasproduktion. Detta indikerar att en omställning till grön ammoniak sannolikt kommer att drivas av styrmedel och regleringar snarare än marknadsmässig lönsamhet på kort sikt.

Figur 18: Uppskattad framtida betalningsvilja för grön vätgas inom produktion av ammoniak



Analys av klimatpåverkan

Dagens ammoniakproduktion baseras till cirka 70 % på naturgas och resterande huvudsakligen på kol, enligt IEA. Den genomsnittliga klimatpåverkan från naturgasbaserad ammoniakproduktion uppgår till omkring 2,1 kg CO₂e per kg NH₃, medan bästa tillgängliga teknik kan minska utsläppen till cirka 1,9 kg CO₂e/kg. Vid användning av kol som råvara kan utsläppen variera mellan 0,5–3 kg CO₂e/kg beroende på processens effektivitet. Dessa siffror inkluderar inte utsläpp från transport eller användning.

Vid produktion av grön ammoniak, där vätgas framställs genom elektrolys med förnybar el, kan utsläppen reduceras kraftigt. Prognoser visar att utsläppen kan minska till cirka 0,187 kg CO₂e/kg år 2030 och ned till 0,09 kg CO₂e/kg år 2050, vilket motsvarar en reduktion med 79–88 % till 2030 och 83–93 % till 2050 jämfört med naturgasbaserad ammoniak⁴⁷.

Det är dock viktigt att beakta att den faktiska klimatpåverkan är starkt beroende av elens koldioxidintensitet samt eventuella utsläpp av väte (H₂) under produktionsprocessen. Om den elektricitet som används vid elektrolys är fossilintensiv kan grön ammoniak i vissa fall ha högre klimatpåverkan än fossil ammoniak utan CCS.

Fossil ammoniaks klimatpåverkan kommer i huvudsak från vätgasproduktionen, inklusive utvinning av naturgas eller kol. Även om CCS-teknik implementeras kvarstår utsläpp som gör att klimatpåverkan förblir högre än för grön ammoniak i de flesta scenarier. Fortsatt teknikutveckling, inklusive förbättrad elektrolysteknik och integrerad CCS, kan förändra detta, men i dagsläget bedöms grön ammoniak som det klimatmässigt mest fördelaktiga alternativet.

⁴⁷ Sun, T., Shrestha, S., Hamburg, S.P., Kupers, R. och Ocko, I.B. (2024) Climate Impact of Hydrogen and Methane Emissions Can Considerably Reduce the Climate Benefits across Key Hydrogen Use Cases and Time Scales, *Environ. Sci. Technol.*, V. 58, 5299-5309, Doi: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c09030>

6. Sammanfattande analys

I detta avsnitt presenterar Ramboll en sammanfattande analys av vätgasens potential och de utmaningar som finns, i Sverige i allmänhet och för regionerna i ÖMS i synnerhet. Vi belyser de åtgärder som vi bedömer att staten, regionerna och kommunerna behöver vidta för att överkomma de största hindren och fullt ut realisera den potential som vätgasen erbjuder.

6.1. Övergripande utmaningar

Bristande tillgång till förnybar energi

Införandet av vätgas i stor skala utgör en elektrifieringsutmaning, där tillgången på konkurrenskraftig, fossilfri och förnybar elektricitet är avgörande. För att producera fossilfri vätgas genom elektrolys krävs stora mängder förnybar el. I ÖMS-regionen råder idag ett underskott på förnybar energi på grund av brister i överföringskapacitet och för att samtliga regioner i dagsläget är nettoimportörer av elektricitet från andra delar av Sverige. En effektivare elanvändning kan också bidra till att frigöra kapacitet.

Bristande elnätskapacitet

En betydande utmaning för många delar av Sverige, inklusive ÖMS-regionerna, är el- och effektskapaciteten. Vattenfall Eldistribution, som är en av regionnätsägare i ÖMS, uppger att alla förfrågningar om anslutning till regionnätet som överstiger 5 MW kräver en nätutbyggnad, vilket bedöms ta cirka 10 år att genomföra.

Hög kostnad för att framställa vätgas

Tekniken för att framställa fossilfri vätgas har funnits länge men det är fortsatt mycket ovanligt med framställande av fossilfri vätgas i Sverige. Det är idag relativt dyrt att framställa fossilfri vätgas i jämförelse med fossila eller fossilfria substitut.

Utmaningar inom distribution och lagring av vätgas

Distributionen av vätgas utgör en betydande utmaning, då det i Sverige, med några få undantag, helt saknas infrastruktur för att distribuera vätgas. Att bygga upp ett distributionsnät i större skala kräver betydande investeringar, samordning mellan aktörer och långsiktiga politiska beslut. Utöver bristen på distributionsnät är lagring och transport av vätgas också utmanande eftersom det krävs kompression eller förvätskning, vilket leder till energiförluster.

Låg betalningsvilja och osäker efterfrågan

En stor utmaning för att öka produktionen och användningen av vätgas är att betalningsviljan för vätgas för närvarande är låg i relation till dess produktionskostnad. Andra fossila alternativ är fortfarande betydligt billigare, vilket påverkar incitamenten för branscher att övergå till vätgas.

Sektorsspecifika utmaningar

Inom industrin är det framför allt de höga initiala kostnaderna och osäkerheten kring framtida priser på vätgas samt de teknologier som behövs för att producera den, som påverkar möjligheterna att implementera vätgaslösningar inom exempelvis stålproduktion. Lokala anslutningspunkter och tillgången till fossilfri el till rätt pris är också avgörande faktorer. Därtill utgör kostnaden för elektrolysörer ett hinder, vilket gör att subventioner efterfrågas.

Inom flygindustrin är betalningsviljan för hållbara flygbränslen fortfarande låg. Trots nya krav på inblandning i flygbränslen, implementeras dessa stegvis, vilket gör att flygbolag i nuläget avvaktar.

För sjöfarten, liksom för flyget, är regleringarna för hållbara alternativ fortfarande i ett tidigt skede och utformade så att kraven på utsläppsminskningar ökar över tid. Just nu är andra alternativ mycket mer prisvärda, och efterfrågan på hållbara alternativ är begränsad.

Inom vägtransportsektorn är produktionen av hållbara bränslen ännu dyrare än fossila alternativ. Det finns få tankstationer för vätgas och ett begränsat antal tunga vätgasdrivna fordon på marknaden, vilket hämmar spridningen av vätgas som drivmedel. Dock utvecklas vätgaslastbilar av stora aktörer och EU-regleringar kommer att driva på uppbyggnaden av tankstationer.

Användningen av vätgas för att producera ammoniak för kvävegödselmedel kan stärka livsmedelsberedskapen, men det finns utmaningar relaterade till explosivitet, vattenkvalitet och ekosystem samt de redan nämnda hindren med betalningsvilja och tillgång till el och effekt.

6.2. Övergripande potential

På lång sikt har vätgas potential att spela en avgörande roll i den gröna omställningen och i arbetet med att avkarbonisera samhället. Genom att ersätta fossila alternativ med vätgas kan klimatutsläppen reduceras kraftigt. EU har en mycket stor påverkan på den framtida vätgasutvecklingen och hela Sveriges energisystem, genom ny och skärpt lagstiftning, vilket Energimyndigheten beskriver inom sina långsiktiga scenarier⁴⁸.

På kort sikt bedöms dock potentialen vara begränsad i ÖMS-regionerna, där det för närvarande finns få företag som använder eller planerar att använda vätgas. De tidigare nämnda utmaningarna gör det svårt att etablera storskalig vätgasproduktion i dagsläget. Det är därför avgörande att fokusera på att övervinna nuvarande hinder och skapa bättre förutsättningar för företag som vill satsa på vätgas.

Ramboll bedömer att elektrifiering och vätgaspotential är tätt sammankopplade. Aktörer som Ramboll har intervjuat är eniga om att kapaciteten i elnäten måste öka för att en vätgasekonomi ska vara möjlig, men att detta tar tid. Det krävs även en ökad tillgång på fossilfri elproduktion. Energibolag som Ramboll har intervjuat ser potentialen i att effektivisera och samordna kapaciteten för att öka tillgången till nätkapacitet. I norra Sverige finns exempel på sådana initiativ, såsom Luleå Energis samordning av aktörer för att öka nätkapaciteten. I Norrbotten satsas det även på att lagra vätgas producerad med vindkraft i underjordiska berggrum⁴⁹. Svenska Kraftnät har också fått i uppdrag att samplanera el- och vätgasnät i norra Sverige. Vätgasproduktion kan dessutom hjälpa till att balansera elnätet genom att producera vätgas när elen är billigast och använda den för att flytta effekt dit den behövs.

När det gäller produktionen av vätgas på kort sikt bedömer Ramboll att det finns viss potential för produktion i mindre skala i ÖMS-regionerna, förutsatt att det finns tillgång till fossilfri el. På längre sikt krävs förbättrade möjligheter för långväga transporter för att kunna skala upp småskalig och lokal distribution. Att arbeta i kluster och utnyttja industriell och urban symbios är viktiga faktorer för att förbättra investeringskalkylen.

Sammanfattningsvis bedömer Ramboll att vätgaslösningar för närvarande inte kan bidra till att öka försörjningstryggheten eller beredskapen, åtminstone inte på kort sikt. Det finns dock vissa pilotprojekt där vätgas kan ha fördelar, såsom vid reservkraftsdrift. Även om det finns utmaningar i dessa lösningar går det inte att dra slutsatsen att de på kort sikt kommer att förbättra försörjningstryggheten generellt.

På lång sikt bedöms potentialen vara stor inom de fem sektorer som beskrivs i avsnitt 5.5: stålindustri och andra industriella processer, flyg (produktion av e-SAF), sjöfart (produktion av e-metanol och e-metan), tunga vägtransporter samt gödselmedel (produktion av grön ammoniak). Dessa sektorer bedöms dock bli aktuella först när betalningsviljan inom respektive sektor ökar.

För att kunna uppfylla den långsiktiga potentialen krävs betydande investeringar för att öka tillgången på fossilfri el, förbättra elnätskapaciteten, utveckla distributionsmöjligheterna och sänka kostnaderna för vätgasproduktionen. Figur 19 summerar betalningsviljan och klimatpåverkan för respektive sektor.

Figur 19: Översikt över sektorernas betalningsvilja och klimatpåverkan

Område	Betalningsvilja	Klimatpåverkan (koldioxidekvivalenter)
Stålindustri och andra industriella processer	Betalningsviljan är i paritet med LCOH redan 2025 för att sedan öka.	Minskade CO ₂ e-utsläpp med ca 90%
Flyg, produktion av e-SAF	Betalningsvilja möter inte LCOH under hela den analyserade perioden (till 2045)	Minskade CO ₂ e-utsläpp med ca 63%
Sjöfart, e-metanol och e-metan	Betalningsvilja möter inte LCOH under hela den analyserade perioden (till 2045)	Minskade CO ₂ e-utsläpp med ca 75–90%
Tunga vägtransporter	Om CO ₂ -kostnaden ökar markant kan betalningsvilja finnas runt 2030-2035	Minskade CO ₂ e-utsläpp med ca 90%
Gödselmedel, grön ammoniak	Om CO ₂ -kostnaden ökar markant kan betalningsvilja finnas runt 2045	Minskade CO ₂ e-utsläpp med ca 90%

⁴⁸ <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/framtidens-energisystem/langsiktiga-scenarier/>

⁴⁹ [HYBRIT: Large-scale storage of fossil-free hydrogen gas successfully proven - Hybrit](#)

6.3. Hur kan staten stödja vätgasutvecklingen i ÖMS?

För att vätgasutvecklingen i ÖMS ska kunna accelerera krävs ett mer aktivt och samordnat statligt engagemang. Ramboll identifierar tre huvudsakliga områden där staten kan spela en avgörande roll: strategisk inriktning och styrning, kunskap och regelverk, samt finansiella riskdelningsmekanismer.

Tydlig nationell inriktning och långsiktiga mål

En av de största osäkerheterna för vätgasaktörer idag är bristen på en tydlig nationell vägkarta för vätgasens roll i den svenska energiomställningen. Staten bör därför formulera och kommunicera en sammanhängande strategi med långsiktiga mål, som klargör hur vätgas ska bidra till Sveriges klimat- och energipolitiska åtaganden.

Detta bör inkludera ett systemperspektiv på styrmedel där ekonomiska incitament och regleringar samverkar för att gynna gröna alternativ och successivt göra fossilbaserade lösningar mindre konkurrenskraftiga.

Samordning av kunskap, regelverk och standarder

En annan nyckelinsats är att stärka den nationella samordningen av kunskap, regelverk och tekniska standarder kring vätgas. I dagsläget upplever många aktörer osäkerhet kring vilka regler som gäller, när de kan förväntas träda i kraft och hur de ska tolkas. Detta skapar tröghet och hämmar investeringar.

Genom att etablera en central samverkansplattform för vätgas, där myndigheter, industri och forskningsaktörer deltar, kan staten bidra till både ökad kunskap och en mer förutsägbar regulatorisk miljö.

Riskdelning och efterfrågestimulans

Utvecklingen av en vätgasmarknad kräver investeringar i både produktion och infrastruktur, men de kommersiella förutsättningarna är ännu svaga. Staten bör därför bidra till att reducera risken för innovativa företag genom riktade stödinsatser som är stabila över tid och tillräckligt omfattande. Särskilt viktigt är att stimulera efterfrågan, exempelvis genom investeringsstöd till slutanvändare, gröna upphandlingskrav, eller långsiktiga stödssystem för industriell omställning. Enligt flera respondenter i studien finns en betydande potential för storskalig vätgasproduktion, men detta förutsätter ekonomiska incitament för att bli realiserbart. Särskilt elektrolysörer bedöms kräva subventioner på upp till 50 % av investeringskostnaden för att vara affärsmässigt gångbara.

6.4. Hur kan regionerna stödja vätgasutvecklingen i ÖMS?

Regionerna har enligt Rambolls bedömning flera roller att spela för att understödja att aktörer kan gå vidare med vätgas. Precis som på den statliga nivån är det viktigt att regionerna har en tydlig politisk viljeinriktning som inkluderar hur regionerna ser på vätgasens roll i den gröna omställningen och vilka planer regionerna har för ett införande av en vätgasekonomi. Regioner är regionala utvecklingsaktörer i nära kontakt med näringslivet, kommunerna, innovationsmiljöer som kluster och science parks samt universitets- och forskningsmiljöer. Det gör att regionerna innehar en bra position att främja samverkan mellan olika aktörer i vätgasens värdekedja och hjälpa till att sänka riskerna för att våga satsa på vätgas, utbilda och höja kunskapen hos aktörer. Regioner har också en viktig roll i att driva på för mer förnybar energi och bättre elnätkapacitet, ett område som är nära förknippat med vätgasanvändning.

Regionala planer som accelererar omställningen

Regional planering för att uppnå fossilfrihet bör innefatta vätgas. Det behöver inte vara en renodlad vätgasstrategi, utan snarare en plan för den gröna omställningen i regionen som innefattar förnybar energi, elnätkapacitet och andra energibärare än el, såsom vätgas. En del i detta kan vara att utveckla regionala scenarier för vätgasens roll på kort och lång sikt, för att tydligare kunna prioritera och vägleda aktörer.

På regional nivå finns det också regeringsuppdrag som länsstyrelserna har, som berör exempelvis klimat- och energistrategier och handlingsplaner för elektrifiering. Många regioner i ÖMS har en nära samverkan med sina länsstyrelser vad gäller klimat- och energifrågor, en samverkan som kan underlätta omställningen.

Det finns exempel på kommuner och regioner som har satt en tydlig inriktning och fått till en samplanering av energiproduktion och behov i olika sektorer som kan bidra till att lösa kapacitetsfrågan. Trelleborgs kommun har ett brett samverkansavtal med mål om att skapa självförsörjande fastigheter och lokal produktion av vätgas. I Luleå samordnas aktörer för att öka utnyttjandet av befintlig nätkapacitet. Region Norrbotten har en samverkansroll i utvecklingsfrågor med kommuner och länsstyrelsen, som främjar den gröna omställningen. Västra Götalandsregionen använder regionala utvecklingsmedel för att stödja elektrifiering och vätgasomställning.

Även i ÖMS-regionerna skulle de regionala organisationerna kunna spela en pådrivande roll för att underlätta etablering av förnybar energi, stärka elnätets kapacitet och identifiera områden där vätgas kan ha en roll. Regionerna kan bidra till att öka förståelsen för nödvändig energinfrastruktur bland kommuner och i dialogen med exempelvis Forsvarsmakten, vilket till exempel Region Norrbotten gör idag. Här kan också ett regionalt etableringsstöd vara ett viktigt verktyg för att påskynda projekt, med särskilda kontaktpersoner eller snabbspår för vätgas- och energiinitiativ.

Främja samarbeten i värdekedjan och sänka tröskeln för företagen

Regionerna kan på olika sätt ta ledningen inom den gröna omställningen, underlätta för de aktörer som vill satsa på vätgas och genomföra proaktiva investeringskartläggningar. De kan bidra till att öka efterfrågan på vätgas, minska risken för aktörer att börja med vätgas, skapa samverkan mellan olika aktörer och stödja industriella och urbana symbioser.

Ett effektivt verktyg är att etablera regionala vätgasplattformar eller forum där olika samhällsaktörer möts för att koordinera behov, projekt och finansieringsmöjligheter. Detta skulle också kunna kompletteras med att regionerna identifierar och utvecklar affärs ekosystem kring nyckelaktörer, vilket stärker värdekedjor, skapar sysselsättning och driver innovation.

Regionen kan även arbeta mer strukturerat med att identifiera lämpliga platser med tillgänglig elnät kapacitet eller där vätgasproduktion ger lokal nytta, exempelvis genom balansering av nätet eller för industrins behov. Det kan även stärka lokala arbetsmarknader.

För att utveckla möjligheterna behövs ett tydligt systemperspektiv där regionala fördelar tas tillvara – såsom närhet till logistiknav, energibolag, restvärme eller specifika branschkluster. Jämförelser med andra regioner (nationellt och internationellt) kan också ge insikter om vilka verktyg och strategier som varit framgångsrika.

Stärka efterfrågan och visa vägen

Regionerna kan själva öka efterfrågan på vätgas genom att använda den i egna fordonsflottor och på olika sätt i den egna verksamheten och således stödja energibolag i att kunna producera vätgas. De kan även samverka med företag som är villiga att dela med sig av goda exempel, vilket kan inspirera andra och bidra till kunskapsöverföring.

Ett viktigt inslag är att samordna offentliga investeringar eller upphandlingar för att stimulera vätgasefterfrågan inom exempelvis kollektivtrafik, byggtransporter eller lokal energiförsörjning.

Minska risker och bidra till finansiering

Regionerna kan stödja företag genom att hjälpa till att minska och dela på risker, exempelvis genom samverkanslösningar, bidrag eller genom att stötta ansökningar till nationella och europeiska finansieringsprogram. De kan också etablera riskdelningsmodeller i samverkan med myndigheter och innovationsstödssystemet, särskilt för små och medelstora företag.

Regioner kan även stötta företag och organisationer i att söka extern finansiering. Regionerna kan verka för att höja kunskapen kring hur extern finansiering kan sökas och bidra i att identifiera relevanta möjligheter för företag och organisationer i regionen.

Skapa samverkan och symbioser

Med ett systemperspektiv kan regionen kartlägga möjligheter till industriell och urban symbios – alltså kopplingar mellan aktörer som kan utnyttja varandras energiflöden eller resurser. Små och medelstora företag har ofta svårt att själva hitta rätt samverkanspartner, och här kan regionen spela en aktiv roll i klusterbildning eller matchning av aktörer.

Höja kompetensen inom vätgas

Regionerna bör ta en ledande roll i att höja kunskapen om vätgasens användningsområden, teknik, säkerhet och roll i energisystemet. Det kan ske genom utbildningsinsatser i samverkan med yrkeshögskolor och lärosäten, kurspaket för kommunala tjänstepersoner eller genom etablering av ett regionalt vätgaskompetenscenter. Genom att säkra tillgång till rätt kompetens stärks regionens attraktivitet som investeringsplats.

6.5. Hur kan kommunerna stödja vätgasutvecklingen i ÖMS?

Kommunerna har en central roll i att möjliggöra utvecklingen av en lokal och regional vätgasekonomi, inte minst genom sitt ansvar för fysisk planering, tillståndprocesser och samhällsutveckling. Ett naturligt första steg är att

säkerställa att översikts- och detaljplanering på kommunal nivå integrerar elektrifiering, vätgasproduktion och användning som en del av framtidens energisystem. Det innebär att redan i tidiga skeden av planeringen beakta frågor som markbehov, elnätsanslutningar, transportlogistik och säkerhetsavstånd för potentiella anläggningar såsom elektrolysörer och tankstationer. En kommun som arbetar med vätgasfrågan i tidiga planeringsskeden är Gällivare kommun där en markanvändningskarta tagits fram som komplement till översiktsplanen.

Kommunerna kan även agera som aktiva möjliggörare genom att tillhandahålla lämplig industrimark för vätgasrelaterade investeringar, underlätta bygglovs- och tillståndprocesser samt stödja etableringar så att de hamnar på rätt plats, exempelvis i närheten av annan energiinfrastruktur eller potentiella användare av vätgas i industri, transport eller offentlig verksamhet. Genom att identifiera möjligheter till samlokalisering, urbana och industriella symbioser samt klusterbildning kan kommunerna bidra till effektivare resursanvändning och stärkt konkurrenskraft i vätgasens värdekedja.

För att påskynda omställningen kan kommunerna också ta fram handlingsplaner eller strategier där vätgas inkluderas som en komponent i bredare klimatomställning. Ett exempel är en pågående förstudie i Strängnäs kommun som gäller möjligheterna med grön vätgas⁵⁰. Vätgas behöver inte ses isolerat, utan som en integrerad lösning tillsammans med elektrifiering, energieffektivisering och ökad andel förnybar energi. Sådana planer kan tydliggöra kommunens ambitioner, identifiera prioriterade åtgärder och skapa långsiktig förutsägbarhet för både kommunala förvaltningar och näringslivsaktörer.

Kommunerna kan även agera förebilder genom att själva använda vätgas där det är tekniskt och ekonomiskt motiverat. Det kan handla om att införa vätgasdrivna fordon i den egna fordonsflottan, utreda möjligheterna att använda vätgas i kommunens fastigheter eller värmeanläggningar, införa miljözoner eller ställa krav i upphandlingar som främjar fossilfria och innovativa lösningar och fordon. På så vis kan kommunen bidra till att skapa en initial efterfrågan på vätgas, vilket i sin tur kan ge incitament för privata aktörer att etablera produktion och distribution.

Vidare kan kommunerna stödja små och medelstora företag genom att fungera som kunskapsnod och samverkansplattform. Det kan ske genom att erbjuda rådgivning, nätverk, seminarier eller genom att samordna innovationsprojekt tillsammans med näringslivet, akademien och det regionala innovationsstödsystemet. Att tidigt kartlägga lokala behov och förutsättningar – exempelvis inom tung transport, industri eller avfallssektorn – är avgörande för att kunna identifiera var vätgasinsatser ger mest nytta.

Slutligen kan kommunen bidra till att minska osäkerheten kring vätgassatser genom att delta i dialoger med nationella myndigheter, exempelvis kring tillämpning av säkerhetsregelverk eller energistöd, samt genom att sprida goda exempel från pionjärkommuner. Ett nära samarbete med regionerna, energibolag och andra nyckelaktörer är viktigt för att vätgaslösningar ska kunna implementeras effektivt och bidra till en sammanhållen och robust energiomställning.

7. Analys av möjliga genomförandeprojekt

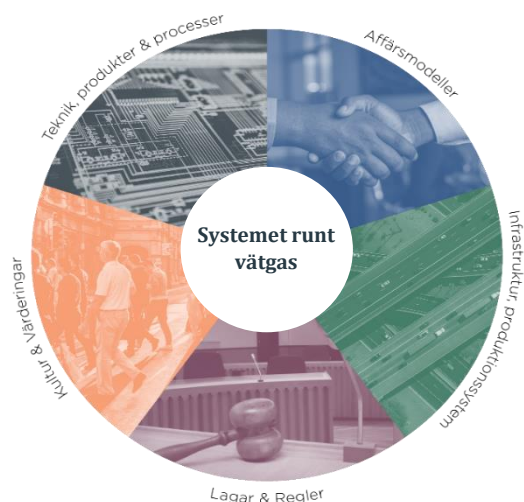
I detta avsnitt presenterar Ramboll en syntes av förutsättningarna för ett genomförandeprojekt inom ramen för ERUF, med fokus på vätgasutveckling i ÖMS. Vi föreslår utvecklingsområden som utgår från näringslivets behov men förankras i ett bredare systemperspektiv. Ett centralt förslag är etableringen av ett regionalt accelerationskontor med uppgift att samordna och driva på den gröna omställningen, där vätgas utgör en integrerad del av ett större energisystem. Vi ser potential för ett sektorsvis ledarskap mellan regionerna, men konstaterar också att de gemensamma utmaningarna, bäst kan hanteras genom ett samlat agerande.

7.1. Fokus på systemförändring

Ett genomförandeprojekt bör utgå från näringslivsutveckling, men samtidigt ta ett helhetsgrepp på de systemförändringar som krävs för att möjliggöra en vätgasekonomi. Figur 20 (se nedan) illustrerar hur olika delar av energisystemet samspelar och hur flera insatsområden behöver adresseras parallellt för att realisera potentialen med vätgas.

Figur 20: Systemperspektiv på vätgas

⁵⁰ <https://solorbioenergi.se/strangnas-kommun-kartlagger-mojligheterna-med-gron-vatgas/>



Vätgas har på sikt stor potential i ÖMS, både som ersättning för fossila bränslen lokalt och som möjliggörare för export av gröna industriprodukter som stål, flyg- och sjöfartsbränsle. Samtidigt finns betydande hinder, särskilt kopplade till tillgången på fossilfri el och kapacitet i elnäten. Om dessa utmaningar hanteras, kan lokal vätgasanvändning utvecklas och exportmöjligheter stärkas på längre sikt. Utifrån vår modell för systemförändring vill Ramboll lyfta fram ett antal nyckelutmaningar, både synliga och mer strukturellt dolda, som måste hanteras för att realisera denna potential.

- **Teknik, produkter och processer:** Vätgaslösningar är ännu i sin linda men växer genom pilotanläggningar och teknikutveckling. För att realisera nyttan krävs synergier och industriell symbios, samt stora mängder fossilfri el.
- **Affärsmodeller:** Dagens producenter och användare har svårt att få ekonomin att gå ihop. Prissättning inom ETS-systemet och slutkunders betalningsvilja är centrala hinder.
- **Infrastruktur och planering:** Kommuner behöver inkludera vätgas i sin fysiska planering. Distributionslösningar och elkapacitet är ofta otillräckliga.
- **Regelverk:** Tillståndprocesser, tillsyn och standarder är upplevda som komplexa och trögrörliga.
- **Kultur och samverkan:** Ett "vänteläge" råder, där aktörer avvaktar varandras initiativ. Ökad kunskap, nätverkande och koordination krävs för att bryta detta mönster.

7.2. Genomförandeprojekt

För att möta de identifierade utmaningarna föreslår Ramboll att regionerna i ÖMS gemensamt ansöker om ett ERUF-finansierat genomförandeprojekt.

Eftersom vätgasen är en del av ett större energiekosystem, bör fokus inte enbart ligga på vätgasutveckling, utan på hur vätgas kan bidra till hela den gröna omställningen. Elektrifieringsbehoven är den gemensamma nämnaren, och en koordinerad strategi krävs för att hantera kapacitetsbrister och främja förnybar elproduktion.

Vi föreslår att ett accelerationskontor etableras med syfte att påskynda den gröna omställningen i de fem regionerna i ÖMS.

Accelerationskontor för att främja den gröna omställningen

För att påskynda den gröna omställningen i ÖMS krävs samordning mellan många olika aktörer – offentliga, privata och akademiska. Denna samordning kan med fördel ledas av regionerna i ÖMS. Ett regionalt accelerationskontor kan inrättas med uppdrag att driva på omställningen i de fem samverkande regionerna och skapa bättre förutsättningar för gröna investeringar, särskilt inom områden som vätgas, elektrifiering och sektorskoppling. Detta görs genom samordning av relevanta befintliga aktörer.

Ett accelerationskontor är en strategisk funktion som stärker innovations- och omställningsförmåga inom ett prioriterat område. Syftet är att åstadkomma systemförändring genom att samla aktörer, mobilisera resurser och skapa strukturer för samverkan och lärande. Kontoret kan arbeta med både "hårda" faktorer som teknik,

affärsmodeller, infrastruktur och styrning – samt ”mjuka” aspekter som regelverk, kultur, kompetens och normer. Arbetssättet bygger på facilitering, behovsdrivna insatser, kontinuerlig omvärldsanalys samt systematisk uppföljning och lärande. Det kan fungera som ett nav för koordinering, kunskapsöverföring och strategisk dialog mellan offentlig sektor, näringsliv och forskning.

Eftersom vätgasen är integrerad i flera samhälls- och energisystem bör kontoret arbeta med samplanering av olika energibärare. Det handlar om att skapa överblick över produktion, efterfrågan och infrastrukturella behov – och därigenom bidra till att lösa utmaningar som till exempel elkapacitet.

Utöver att verka för ökad tillgång till förnybar el och bättre nätkapacitet kan kontoret bidra till att minska trösklarna för företag att satsa på vätgas. Det kan göras genom att främja samarbeten i värdekedjan, identifiera och koppla ihop aktörer, stödja kompetensutveckling och tydliggöra de regionala styrkeområdena (USP:ar). Det är särskilt viktigt i denna relativt tidiga utvecklingsfas att vätgasproduktion sker nära användningen, vilket kan skapa lokal nätnyttä och nya arbetstillfällen. Regionerna kan här spela en aktiv roll genom att peka ut geografiska områden med utvecklingspotential och ta lead i olösta frågor där vätgas kan vara en del av lösningen. På längre sikt kan det även bli aktuellt att ansöka om att etablera en så kallad Hydrogen Valley eller Corridor i någon del av regionen.

För små och medelstora företag är det ofta svårt att själva hitta rätt samarbetspartners och affärsmöjligheter i vätgasekonomin. Här kan accelerationskontoret stödja genom att kartlägga intressenter, identifiera potentiella synergier och främja industriell och urban symbios. Det handlar om att synliggöra möjligheter inom till exempel kluster av industrier, logistiknoder och energisystem – samt undanröja hinder för etableringar. Genom att förena systemperspektiv med lokal förankring kan regionerna bli en möjliggörare för både teknisk utveckling och affärsmässig förnyelse.

7.3. Rekommendationer för genomförandeprojekt

Rekommendationer för ett genomförandeprojekt inom ERUF bör visa på en tydlig potential för att få effekter i näringslivet, bidra till innovation och bidra till regionala klimatmål. För näringslivet handlar det mycket om hur SMF kan komma in i arbetet som entreprenörer eller underleverantörer, för innovation handlar det om att samordna olika forskningsinitiativ där vätgas är en del och för att nå klimatmål handlar det om att prioritera de områden som är långt hängande frukt och där klimatnyttan för vätgasanvändning är stor.

Regionerna kan ta ett systemperspektiv för att få till ett fungerande samverkanssystem. Eventuellt är det någon av innovationsfrämjarna som är bäst lämpad att ha en roll här, men från regionernas organisationer bör det finnas en samordnande roll vilket är Rambolls utgångspunkt.

Förstudien ska ge svar på om det är relevant att gå vidare med ett genomförandeprojekt kring vätgas i ÖMS. Ett sådant projekt bör i enlighet med ERUF-programmets intentioner visa potential att skapa effekt antingen direkt för företag eller genom förstärkta stödstrukturer, med tydliga kopplingar till regionala klimatmål och innovationssystemet.

Regionerna bör inta ett systemperspektiv där samordning, kunskap och innovationsfrämjande åtgärder kombineras. Ramboll rekommenderar att regionernas utvecklingsfunktion har en samordnande roll, medan innovationsfrämjande aktörer kan leda vissa delinsatser.

Föreslaget genomförandeprojekt: Accelerationskontor för grön omställning i östra Mellansverige

Syfte

Att påskynda omställningen till ett fossilfritt och konkurrenskraftigt näringsliv i ÖMS genom att undanröja hinder och samordna insatser inom teknik, investering, policy och kunskap – med särskilt fokus på vätgas och elintensiva sektorer. Genom att agera som en samlande kraft för samverkan, kunskap, innovation och investering i klimatsmarta lösningar kan riskdelning underlättas och den gröna omställningen främjas.

Vad ska projektet innehålla för aktiviteter?

Arbetspaket 1. Ökad innovations- och omställningsförmåga i företag (resultatkedja 1)

Arbetspaketet syftar till att skapa direkta effekter i företag, exempelvis i form av ökad innovationsförmåga, bidra till företagens grönaomställning eller nya investeringar.

Aktivitet 1.1 Innovation och näringslivsutveckling

- Stöd till SMF för teknikomställning, kompetenshöjning inom vätgas, affärsutveckling av samverkansmodeller.
- Främja testbäddar, innovationsmiljöer och piloter för hållbara tekniker

Aktivitet 1.2 Finansieringsstöd

- Rådgivning till företag kring EU-finansiering, Klimatklivet, Industriklivet etc.
- Bistå med rådgivning vid utveckling av ansökningar till regionala och nationella program

Aktivitet 1.3 Vätgasaktiviteter – direkt kopplade till företag

- Främja utvecklingen inom sektorer med stor potential. Regionerna inom ÖMS kan med fördel dela upp ansvaret för sektorerna baserat på regionala förutsättningar.
- Proaktiv investeringskartläggning för att locka investerare. Identifiera lämpliga platser för etablering av elkrävande verksamhet, ex. platser med befintlig nätkapacitet och kommunicera till näringslivet inom och utanför regionerna.

Arbetspaket 2: Ökad förmåga i stödsystemet att främja en grön omställning (resultatkedja 2)

Arbetspaketet syftar till att öka kapaciteten att bidra till en grön omställning i de stödjande strukturer som underlättar företagens omställning, såsom nätverk, kunskapsmiljöer och myndighetsdialoger.

Aktivitet 2.1 Samordning och mobilisering

- Plattform för samverkan mellan myndigheter, akademi, näringsliv. Samla offentliga aktörer, näringsliv, akademi och civilsamhälle i gemensamma initiativ med syftet att minska hindren för regionens gröna omställning. Underlätta samverkan över kommun- och regiongränser och med näringslivet.
- Dialogforum för att få till dialoger mellan centrala aktörer i tidiga skeden av planeringsprocessen, till exempel mellan tillståndsgivande och tillståndssökande parter.

Aktivitet 2.2 Policyanalys och påverkan

- Omvärldsbevakning och påverkan kopplat till EU Green Deal, klimatpolitik, m.m
- Bevaka och tolka policyförändringar (EU Green Deal, nationell klimatpolitik etc.)
- Bedriva påverkansarbete på nationell och kommunal nivå. Vara en röst för vad olika aktörer som vill framåt behöver för stöd från staten, EU, m.fl.

Aktivitet 2.3 Kunskapsspridning och kommunikation

- Seminarier, utbildningar och nätverk inom vätgas och grön omställning
- Fungera som regional kunskapsnod för grön omställning. Arrangera seminarier, workshops och utbildningar riktade till olika målgrupper inom till exempel vätgas.

Vilka utgör primär och sekundär målgrupp

Primär målgrupp:

Den primära målgruppen för genomförandeprojektet är näringslivet, med särskilt fokus på aktörer som kan spela en direkt roll i vätgasens utveckling och implementering i Östra Mellansverige. Detta inkluderar:

- **Små och medelstora företag (SMF)** inom relevanta delar av vätgasens värdekedja, såsom teknikleverantörer, producenter och användare. Dessa aktörer är centrala för att skapa innovationsdrivna affärer och kommersiellt genomslag.
- **Större företag** inom industri, transport och energi, som kan fungera som draglok för investeringar, efterfrågan och systemlösningar.

Projektets aktiviteter gentemot dessa grupper inkluderar affärsutvecklingsstöd, finansieringsrådgivning, testmiljöer och strategisk samverkan kring etablering och investering.

Sekundär målgrupp:

Den sekundära målgruppen utgörs av aktörer som möjliggör, stärker eller koordinerar omställningen genom planering, policy eller kunskap. Dessa omfattar:

- **Kommuner och kommunala bolag**, som spelar en avgörande roll i tillståndprocesser, samhällsplanering och lokal infrastruktur.
- **Regionala utvecklingsaktörer**, såsom regionernas utvecklingsavdelningar, energikontor och länsstyrelser, med ansvar för samordning och systemperspektiv.
- **Innovationsmiljöer, kluster och forskningsaktörer**, som bidrar med kompetens, testbäddar och samverkan mellan akademi och näringsliv.

Projektet riktar sig till dessa aktörer genom aktiviteter som strategisk samverkan, policyutveckling, kunskapsspridning och kapacitetssuppleering – i syfte att skapa ett starkt och koordinerat stödsystem för näringslivets gröna omställning.

Sammanfattningsvis riktas projektets aktiviteter till ett urval målgrupper med tydlig koppling till vätgasens värdekedja, både som användare och som möjliggörare. Genom att anpassa aktiviteter till respektive målgrupps roll – från test och pilot till policy och investering – skapas en helhetsstrategi för att accelerera den gröna omställningen.

Hur ska samverkan ske med andra projekt och initiativ?

Det föreslagna accelerationskontoret utgör inte en ny organisation, utan en koordinerande funktion för att samla och stärka samverkan mellan redan befintliga aktörer och initiativ i Östra Mellansverige. Syftet är att skapa en gemensam plattform där näringsliv, offentlig sektor, akademi och innovationsmiljöer kan mötas i tidiga skeden av utvecklings- och innovationsprocesser. Fokus ligger på att identifiera gemensamma behov, undanröja hinder och skapa helhetslösningar i dialog mellan exempelvis teknikleverantörer, tillståndsmyndigheter, energibolag och investerare.

Samverkan med andra projekt och initiativ är alltså ett av projektets huvudsakliga syften. Genom att synliggöra och koppla samman pågående projekt – exempelvis inom elektrifiering, vätgas, transportomställning och klimatinvesteringar – kan accelerationskontoret underlätta koordinering, sprida kunskap och stärka effekten av befintliga satsningar.

Hur ska det medfinansieras?

Regionerna inom Östra Mellansverige förväntas stå för merparten av den offentliga medfinansieringen, vilket säkerställer förankring i regional utvecklingsplanering och klimatstrategier. Medfinansieringen bör samordnas mellan regionerna för att skapa ett långsiktigt och hållbart genomförande.

Därutöver bidrar involverade företag, kommuner och andra aktörer genom tid, resurser och deltagande i projektets aktiviteter, exempelvis via pilotprojekt, testbäddar, kompetensinsatser eller platsutveckling.

För specifika projekt som initieras eller identifieras via accelerationskontorets arbete kan andra medel sökas, då styrs medfinansieringen av det aktuella projektets involverade parter (ex. från Klimatklivet, Industriklivet, andra nationella program)

Möjlig struktur för accelerationskontoret

- **Samordnande funktion** - en övergripande samordnande enhet placeras vid en regional utvecklingsfunktion för att säkerställa en effektiv och sammanhållen styrning av initiativet. Denna funktion ansvarar för att koordinera insatser på regional nivå, säkerställa att målen uppfylls och att projektens framsteg följs upp kontinuerligt.
- **Lokala kontaktpunkter i deltagande regioner** - för att främja en decentraliserad arbetsstruktur och underlätta regionalt engagemang etableras lokala kontaktpunkter i varje deltagande region.
- **Styrgrupp för projekt** - för varje specifikt projekt bildas en dedikerad styrgrupp som ansvarar för att driva projektet framåt. Dessa styrgrupper har mandat att fatta beslut om resursallokering, tidplaner och andra kritiska faktorer som påverkar projektets framgång.
- **Strategiska partnerskap** - accelerationskontoret kan etablera partnerskap med centrala aktörer inom energiområdet och relaterade sektorer, såsom Energiföretagen, Energiträk, IVL, RISE, Länsstyrelser och universitet. Dessa samarbeten bidrar till att stärka kontorets kompetens, nätverk och kapacitet att möta både kortsiktiga och långsiktiga utmaningar i energiomställningen. Genom dessa partnerskap skapas ett robust stöd för innovation och implementering av nya lösningar inom vätgasområdet.

Bidrag till ERUFs program mål

Projektet främjar målen i "Östra Mellansveriges genomförande av ERUF-programmet 2023–2027"

om att stärka omställningen till en koldioxidsnål ekonomi genom:

- Direkta insatser för minskade växthusgasutsläpp i företag
- Stöd till gröna affärsmodeller och hållbar teknik
- Stärkt regional samverkan och strukturer för klimatomställning
- Främjande av cirkulär ekonomi, hållbara transporter och energiomställning

Bilaga 1: Intervjuer

Namn på organisation	Typ av aktör
Region Östergötland, Region Sörmland, Region Örebro län (industrihubben), Region Uppsala, Region Västmanland samt Länsstyrelsen i Västmanlands län	Regioner och länsstyrelser
Vätgas Sverige, Energiföretagen, Energigas Sverige	Branschorganisationer
Biodriv Öst	Expert-och samverkansorganisation för fossilfri energi
Energimyndigheten	Myndighet
Östgötatrafiken, Region Sörmland, Svealandstrafiken, Gamla Uppsala Buss	Kollektivtrafikförvaltningar/-bolag
Tekniska verken, Vattenfall Research, ESEM, Mälarenergi, Uppsala Vatten, Nordion, Eon, NODRA	Energibolag, elnätsägare, kommunala bolag inom VA
Metacon, Swegan, Siemens Energy, Ovako, Cell Impact Gränges, Linde, Jernbro, Alstom, Impact Coatings, Plagazi, Outokumpu, Hydri, Nitrocapt, Kärrbo prästgård, SSAB, Sandvik, <i>Fagersta Stainless</i> , <i>Explore Skavsta</i>	Industriföretag/jordbruksföretag
Region Örebro innovations AB, Cleantech Östergötland, Energikontor Mälardalen, Agro Västmanland	Innovationsbolag/klusterorganisationer
Oxelösunds hamn, Norrköpings hamn	Hamnar
Uppsala universitet, Sveriges lantbruksuniversitet, Linköpings universitet	Akademin
Region Norrbotten, Västra Götalandsregionen, Region Gävleborg	Regioner (för benchmarks)
Trelleborgs kommun, Gällivare kommun	Kommuner (för benchmarks)

Bilaga 2: Antaganden för analys av LCOH och betalningsvilja

Dessa antaganden har gjorts för att analysera kostnad och betalningsvilja för vätgas:

1. Elpriser

Utvecklingen av elpriser i Sverige kan baseras på Svenska kraftnäts elprisprognos för 2045 där fyra olika scenarios analyseras för att uppskatta framtida elpriser specifikt för 2035 and 2045. Priser från 2025 är nuvarande elpriser, inte från prognos. När det gäller elpriser som används för den genomsnittliga europeiska nivån på LCOH, har de länder eller elprisområden som används varit DK1, DE, ES och FI; 2025 hanterar nuvarande elpriser medan följande år följer inflationstakten.

2. Ökning av effektiviteten hos elektrolysörer

För LCOH baserat på förhållandena 2025 beräknas den antagna effektiviteten till 65%. Givet att effektiviteten hos elektrolysörer antas öka över åren kommer olika projekt att få nytta av dessa tekniska förbättringar. Antagen effektivitet för både 2035 och 2045, har varit 75%, vilket kan ses som ett konservativt antagande.

3. CAPEX och OPEX⁵¹ -minskning över åren

Eftersom CAPEX bidrar med en stor del av LCOH, och eftersom marknaden för att tillverka elektrolysörer förväntas öka när efterfrågan på grön vätgas ökar, antas att det för projekt som startar 2035 kommer att åtnjuta en minskning med 20% av investeringskostnaden (CAPEX) för elektrolysörer. Enligt samma tanke minskar CAPEX med 40% för elektrolysörer för projekt som startar 2045.

4. WTP (betalningsvilja)

Betalningsvilja för ammoniak, stål, maritima bränslen och flygbränslen följer trender som har rapporterats i "The Iberian Green Industrial Opportunity: Green hydrogen" av McKinsey⁵². Här är de huvudsakliga variablerna skillnaden i CAPEX mellan en grön anläggning och en traditionell anläggning, skillnaden i OPEX (driftskostnader) mellan dessa, priset på utsläpp av koldioxid (enligt ETS-systemet) och ett grönt premium som beräknas på CO₂ -priset och utsläpp som sparas in genom att byta till en grön anläggning; samt ett ytterligare grönt premium som stålindustrins kunder annonserar att de är beredda att betala.

⁵¹ CAPEX= *capital expense*, kostnader för nyutveckling eller investeringar, OPEX=*operating expense*, löpande kostnader för drift och underhåll.

⁵² [Sustainable fuel: The Iberian green industrial opportunity | McKinsey](#)