

## Ansökan till Göteborg Energis stiftelse för Forskning och Utveckling

Från

RISE Research Institutes of Sweden AB

Organisationsnummer: 556464-6874

Renewable Energy

Projektledare: Anders Wickström

Box 857, 50115 BORÅS

anders.wickstrom@ri.se 070-2610071

Projekt:

### Systemperspektiv för effektiv produktion och användning av vätgas via koppling till fjärrvärme

Medfinansiärer: Energimyndigheten, Karlstads Energi (KEAB), Stockholm Exergi (STOEX), Tekniska verken, Linköping (TVL), Mälarenergi, Siemens Energy, Finspång

### Projektutförare

Projektet leds av RISE med utförare och sammansättning av medarbetare enligt bilaga 3.

### **Sammanfattning: Max 240 ord på svenska.**

*Projektets mål och kort sammanfattning. Målet måste vara tydligt så att resultaten kan bedömas i slutändan och svara på följande frågor: Vad ska resultaten användas för och av vem? När och hur kan resultaten användas?*

I omvandlingen el-vätgas-el uppstår biprodukter som idag betraktas som förluster. Verkningsgraden i processen blir därför endast cirka 30 %. Detta gör denna process olönsam i Sverige, med dagens marknadsförutsättningar.

Projektet kommer undersöka möjligheten för att göra processen lönsam för regionala kraftbolag genom att se på möjligheterna att tillvarata och hitta avsättning för biprodukterna, varmt vatten, het ånga och syrgas, i syfte att skapa mervärden i processen. Värmen kan utnyttjas som resurs i existerande fjärrvärmeanläggning eller annan process och därigenom generera intäkter. Syftet är att öka verkningsgraden i hela processen till minst 60 %.

Syrgasen kan om, inte annat mer värdefullt användningsområde hittas, utnyttjas vid förbränning av biomassa eller avfall, vilket effektiviserar förbränningen och minskar/elimineras kväveföreningar i rökgaserna.

Projektet kommer också att optimera processerna samt analysera hur styrmedel påverkar lönsamheten.

Resultaten är viktiga för alla energibolag som producerar fjärrvärme och funderar över hur lönsamheten kan öka. Genom samverkan mellan el-, fjärrvärme-, transportsystem skapas ökad effektivitet och flexibilitet samtidigt som skogsråvara kan sparas. Omställningen av energisystemet mot ökad hållbarhet skyndas på.

Denna ansökan avser en delfinansiering för delar som Energimyndigheten anser ligger utanför deras [utlysning och program Termo](#). Men helheten är avgörande för att projektet ska kunna leverera ett slutresultat och svar på frågan: Kan vätgasproduktion bli kommersiellt lönsam för ett större energibolag?

## Bakgrund/problembeskrivning/forskningsfronten på området:

*Bakgrundsbeskrivning och problembeskrivning med översikt och analys över befintliga forskningsresultat på området, nuvarande marknads- eller kunskapsläge och relevanta referenser.*

Kommunala och regionala system för fjärrvärme har funnits under många år men alltid med ett tydligt fokus på värmeproduktion som huvuduppgift i energisystemet. Samtidigt ökar utbyggnaden av förnybara energikällor, i huvudsak vind- och solkraft. Det leder till mer intermittent elproduktion och framöver ännu större prisvariationer. Vi har under år 2020 till och med upplevt negativa elpriser. Samtidigt kan elpriserna stiga kraftigt i perioder med låg vind. Under juni månad 2020 kom extremvärme till Sverige, med låga vindar som följd. Elpriset var uppe i 200 €/MWh. Det visar på hur prisskillnaderna skapar incitament att lagra energi i södra Sverige för att säkra elbehovet i perioder med lite vindkraftsproduktion. Här kan fjärrvärmeanläggningarna spela en viktig roll för energisystemets totala effektivitet och ekonomi.

För att möta de energipolitiska målen om ett helt förnybart elsystem och 50 % effektivare energianvändning, är samverkan kring fjärrvärme med andra energislag betydelsefull för att uppnå målen på vägen mot ett hållbart energisystem. Sveriges stora användning av fjärrvärme skapar en unik möjlighet, där svenska aktörer har förutsättningar att vara konkurrenskraftiga på både regionala och globala marknader.

RISE har, genom bland andra undertecknad sökande, varit remissinstans till Svenskt Näringsliv, som initierat och delfinansierat en modellering av Sveriges framtida elförsörjning. Arbetet har letts av Dr. Staffan Qvist och en remissutgåva finns ”Modellering av svensk elförsörjning; Teknisk underlagsrapport; Metodik och Ingångsvärden; Version 3.4; 2020/01/23”. I rapporten har, bland många andra tekniker, lagring av energi som vätgas analyserats. Med de förutsättningar och ingångsparametrar som ansatts förefaller det osannolikt att få lönsamhet i denna form av energilagring.

Flera examensarbeten rörande vätgaslagring har också genomförts de senaste åren.

Läs mer i bilaga 5 som avser ansökan till Energimyndigheten.

Förslaget i denna ansökan tar fasta på de ekonomiska svårigheterna, till följd av de stora förlusterna. Genom kontakter med energibolag och andra aktörer finns tankar på hur vätgaslagring kan göras mer effektiv genom nya och kombinerade tekniker. Genom att tillvarata den värme som uppstår som förluster vid energiomvandling till- och från vätgas så kan vätgaslagring visa sig vara ett lönsamt alternativ. Om fjärrvärme kan skapas också från den värme som alstras i vätgasomvandlingen, som idag räknas som förluster, så blir det ekonomiska utfallet väsentligen bättre både i vätgasprocessen men också i fjärrvärmeaffären.

I flera olika tidigare projekt har RISE analyserat delar och tekniska detaljer i elektrolyprocessen och bränslecellstekniken. I detta projekt fokuserar vi på ett systemperspektiv för integrering av vätgaslagring i fjärrvärmeanläggningar för att öka totalsystemets verkningsgrad och energieffektivitet. RISE har även erfarenhet av andra projekt där samverkan mellan fjärrvärmesystem och elkraftsystemet studerats, då främst med fokus på styrning av värmepumpar.

Länder utan vare sig vattenkraft eller kärnkraft, exempelvis Danmark och Nederländerna, satsar stort på vätgas som energilager, så även Tyskland, se exempelvis [German Offshore Wind to Hydrogen Project Takes Off](#). Utvecklingen inom detta område kommer därför att gå fort, vilket förväntas leda till lägre priser på ingående komponenter. Det är viktigt att Sverige följer utvecklingen inom EU och tar del av de möjliga stödsystem som finns.

Detta projekt riktar in sig på en ny möjlighet för att skapa lönsamhet i vätgaslagring. Genom det partnerskap och starka stöd som visats från både stora svenska energibolag, en ledande aktör inom vätgastekniken samt en högskola, ser vi fram emot en konstellation och samlad kunskap att ta energilagringens utmaningar ett stort steg framåt.

En finansiering av detta projekt har sökts genom Energimyndighetens [utlysning och program Termo](#). Energimyndigheten (EM) hälsar 2020-10-22 ”Det är ett intressant projekt och jag förstår er ambition att inkludera flera aspekter kring vätgas för att göra en fullständig kalkyl. Men för att finansieras inom programmet Termo behöver fokus vara på värme, d.v.s. hur värmeöverskottet från vätgas kan nyttiggöras och delar som ligger utanför kan tyvärr inte inkluderas i denna utlysning”

Efter en bantning, som inkluderar att AP6, AP7, AP8 och AP10 stryks helt svarar EM 2020-11-04: ”Tack för förslaget, ni har arbetat in våra synpunkter på ett bra sätt. Jag ber dig nu uppdatera ansökan i e-kanalen vad gäller mål, genomförande och budget.”

Baserat på detta svar har jag tro på att det bantade projektet kommer att godkännas av EM. Men de delar som strukits, inklusive vätgasens potentiella värde för andra ändamål, syrgasens potentiella möjligheter både för att förbättra förbränningen av sopor och biomassa samt möjliga systemtjänster till elnätet, är alla avgörande för att projektet ska kunna leverera ett slutresultat och svar på frågan:

**Kan vätgasproduktion bli kommersiellt lönsam för ett större energibolag?**

Därför är det så viktigt att denna del av projektet får er finansiering istället.

### **Idé/hypotes/föreslagen lösning/omfattning av projektet:**

*Beskriv idén, föreslagen lösning / hypotes och begränsningar i arbetet.*

Detta projekt tar ett systemperspektiv på möjlig samverkan mellan variabel elproduktion och lagringsmöjligheter i anslutning till fjärrvärmeproduktion. Huvudsyftet är att nyttiggöra överskottsvärme som uppstår vid energiomvandling för lagring. I omvandlingen el-vätgas-el (P2P) uppstår biprodukter som idag betraktas som förluster och gör denna process olönsam i Sverige, med dagens marknadsförutsättningar. Verkningsgraden i processen blir då endast cirka 30 %.

Genom att tillvarata och hitta avsättning för biprodukterna, varmt vatten, het ånga och syrgas, skapas mervärden i processen. Värmen kan utnyttjas som resurser i existerande fjärrvärmearläggning eller annan process och därigenom generera intäkter. Syrgasen kan, om inte annat mer värdefullt, användas som ersättning till luft vid förbränning av biomassa eller avfall, vilket effektiviserar förbränningen och minskar/elimineras kväveföreningar i rökgaserna. Därigenom förbättras möjligheterna med Carbon Capture genom att rökgasen blir en renare blandning av vattenånga och koldioxid.

För att öka möjligheterna till lönsamhet i systemet kan vätgas alternativt också användas till fordonsbränsle eller andra typer av industriella processer.

Med ett batteri- eller kondensatorpaket kan elektrolysprocessen optimeras samtidigt som systemtjänster till elnätet kan erbjudas, vilket skapar ytterligare mervärde och systemeffektivitet. Processen och tankarna visas i Bilaga 1.

Syftet är att öka verkningsgraden i hela processen med minst det dubbla, alltså från cirka 30 % till minst 60 %, och därigenom göra den lönsam för regionala kraftbolag. Det minskar samtidigt behovet av annat bränsle till fjärrvärme.

Genom ett systemperspektiv kan marknadsförutsättningarna för vätgaslagring därigenom ändras från förlust till vinst samtidigt elsystemet blir mer robust.

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

Ett naturligt nästa steg, om resultaten visar på lönsamhet i Sverige, blir ett demonstrationsprojekt för att validera tekniken och slutsatserna.

## Metod:

*Beskriv hur projektet ska genomföras och vilka metoder man kommer att använda. Beskriv hur metoderna är lämpliga för att uppfylla målen. Beskriv tillgång på utrustning eller kritiska kompetenser. Beskrivning av forskargrupp.*

Projektet startar med ett kickoff-möte (anpassat utifrån Corona-läget) där alla deltagare får lära känna varandra och vilka samlade erfarenheter som den stora gruppen besitter. Projektet är indelat i ett antal arbetspaket (AP 1 – 12, se nedan). Varje AP får en delprojektledare och projektdeltagare fördelas in i respektive APn utifrån intresse och erfarenheter. När alla har förstått och insett inriktningen på projektet kommer både tekniska och ekonomiska förslag fram.

Projektet kommer att skapa en simuleringsmiljö och bygga ihop olika fristående komponenter och delsystem. En viktig aspekt som kommer att genomföras är att modellera den operativa strategin för att integrera alla systemets komponenter och maximera vinsten. Olika operativa strategier kommer att jämföras för att tillhandahålla olika tjänster såsom att undvika produktions-begränsning, minska effektoppar, prisarbitrage, säsongslagring etc.

RISE leder och samordnar arbetet vilket inkluderar att fånga upp resultat från respektive AP och skicka interna (och eventuellt externa) informationsbrev månadsvis genom projektet.

I tillägg kommer [Sverige att ta fram nationell vätgasstrategi](#). Detta projekt avser att ha en nära relation och informationsutbyte med de personer som arbetar med denna nationella strategi.

Även EU har tagit fram en strategi [A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe](#). Det kommer att genomföras enorma satsningar, särskilt i länder som saknar både vattenkraft och kärnkraft. Projektet kommer kontinuerligt att följa och utvärdera dessa satsningar i EU.

Nedan listas projektets genomförande i punktform per arbetspaket. I bilaga 4 finns en detaljerad tids- och kostnadsöversikt för respektive AP och utförare.

1. Intern och extern kommunikation samt handledning examensarbeten. Arbetet inkluderar att skapa fördjupade kontakter och samarbeten mellan olika aktörer som tillsammans behöver samverka för att uppnå 100 % robust förnybar elproduktion. Paketet startar med ett svenskt Kickoff-möte där alla parter träffas och arbetsuppgifter fördelas och koordineras. Det blir också ett uppföljningsmöte då merparten av arbetet genomförts, för att gå igenom slutsatser och följa upp eventuella synpunkter. Leverans: Månadsvis internt projektinformationsbrev.
2. Omvärldsspaning för att:
  - a. följa utvecklingen i EU och dess vätgasstrategi [EU Commission plans for future and clean hydrogen](#) i syfte att få del av ett investeringsstöd för finansiering av en svensk pilotanläggning.
  - b. skapa en överblick över den teknik (elektrolysörer, lagringsmöjligheter, bränsleceller och vätgasturbinlösningar) som finns idag och förväntas finnas i framtiden. Det gäller prestanda, kapacitet, priser och annan information som har bäring för energilagring genom vätgas.

Leverans: Månadsvis internt PM om utveckling och teknik kring vätgaslagring.

3. En övergripande dimensionering av de ingående komponenterna i vätgaslagret utifrån AP2, väderstatistik och elprisvariationer över tid.  
Utgår i denna ansökan. Förväntad finansieras av Energimyndigheten.
4. Tekniska förslag och lösningar på hur vätgaslagrets ”förluster” kan utnyttjas.  
Utgår i denna ansökan. Förväntad finansieras av Energimyndigheten.
5. En teknisk och ekonomisk jämförelse mellan vätgasturbin och bränsleceller  
Utgår i denna ansökan. Förväntad finansieras av Energimyndigheten.
6. En analys över vätgasens potentiella värde och möjligheter för distribution som bränsle för framdrift av fordon eller andra industriella processer. Leverans: Teknisk delrapport

7. En analys över syrgasens potentiella värde och möjligheter inom industri, sjukvård eller annan verksamhet, inklusive som komplement eller ersättning till luft vid:
  - a. förbränning i kraftvärmeprocessen för bättre effektivitet
  - b. förbränning av avfall för bättre effektivitet och eliminering av stödoeljebränsle

Förbränning med ren syrgas istället för luft skapar också potential för effektivare ”Carbon Capture” genom att rökgasen innehåller färre kväveföreningar.

Leverans: Tekniska delrapporter för respektive område

8. En analys över systemets potential och möjliga värde för att tillhandahålla systemtjänster till elnätet. Leverans: Teknisk delrapport
9. En övergripande analys över styrningen av hela systemet.  
Utgår i denna ansökan. Förväntad finansieras av Energimyndigheten.
10. En utredning kring vilka skatteeffekter som påverkar en energiomvandling från el till vätgas och senare åter till el, drivmedel eller annan avsättning. Hur påverkar skatter då delar av förlusterna återförs som värme i fjärrvärmenäten? Utredningen inkluderar även andra styrmedel, som kvotplikt för elcertifikat, vilka kan få konsekvenser för vätgaslagringens kommersiella möjligheter.  
Leverans: Delrapport
11. En kostnads- och affärsmodell för ett energibolag, som tar hänsyn till de positiva tillskotten.  
Utgår i denna ansökan. Förväntad finansieras av Energimyndigheten.
12. Sammanställning av resultat och slutsatser samt medverkan i seminarier och konferenser.  
Utgår i denna ansökan. Förväntad finansieras av Energimyndigheten.

## Tidplan/fördelning resurser:

*Bifoga ett gant-schema och beskriv fördelningen av arbetet per kompetens.*

Projektets tidplan och fördelning resurser framgår av planeringen nedan. De grönmarkerade cellerna anger de månader och aktiviteter som finansieras av Energimyndigheten.

Finansieringen från både Energimyndigheten och Göteborg Energis stiftelse för Forskning och Utveckling är avgörande för ett framgångsrikt projekt.

Även om finansieringen kommer från flera håll så kommer projektet att drivas som ett sammanhållet projekt.

Total arbetskostnad per AP																											
		Månad																									
		->																									
AP	2020	2021													2022											Total	
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1		10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10	220
2		20	20	20	20	20	20		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		20	20	20	20	20	20	440
3																											0
4																											0
5																											0
6										30	30	30	55	55													200
7											75	75	75	75	75												375
8											30	30	30	30	30												150
9																											0
10														50	50	50	50										200
11																											0
12																											0
	0	30	30	30	30	30	30	0	30	60	165	165	190	240	185	80	80	30	30	0	30	30	30	30	30	30	1585

I bilaga 4 framgår mer i detalj hur arbetskostnader är fördelat på arbetspaket och projektutförare.

## Kostnadsberäkning ink. timpriser personal:

År	Kost. (tkr)	Kost. (tkr)	Kost. (tkr)	Tot. (tkr)	Tot.
	2020	2021	2022	Total	Andel
Lönekostnader RISE	0	570	480	1050	54%
Lönekostnader MDH	0	60	40	100	5%
Lönekostnader KEAB	0	35	65	100	5%
Lönekostnader STOEX	0	35	65	100	5%
Lönekostnader TVL	0	35	65	100	5%
Lönekostnader MälareE	0	35	65	100	5%
Lönekostnader Siemens	0	20	15	35	2%
Köpta tjänster				0	0%
Utrustning				0	0%
Material				0	0%
Laboratoriekostnader				0	0%
Resor				0	0%
Övriga kostnader				0	0%
Indirekta kostnader	0	199	163	362	19%
<b>Summa</b>	<b>0</b>	<b>989</b>	<b>958</b>	<b>1947</b>	<b>100%</b>

Timpriser för personal är SEK 1000.

För RISE lönekostnader tillkommer overheadkostnader på 30 % . Motsvarande OH för MDH är 46%.

## Finansiering:

Projektets finansiering framgår av planeringen nedan. Samtliga industripartners medverkar i projektet utan extern finansiering. Av arbetets totala budget på 1947 tkr söker vi 1512 tkr från Forskningsstiftelsens utlysning.

Förväntad finansiering från Energimyndigheten är 4032 tkr.

Finansiering	(tkr)	(tkr)	(tkr)	(tkr)	(%)
Från	2020	2021	2022	Total	Total
GEAB forskningsstiftelse	0	829	683	1512	78
In-kind från industrin KEAB	0	35	65	100	5
In-kind från industrin STOEX	0	35	65	100	5
In-kind från industrin TVL	0	35	65	100	5
In-kind från industrin MälareE	0	35	65	100	5
In-kind från industrin Siemens	0	20	15	35	2
Summa kontanter	0	829	683	1512	78
Summa in-kind, industri	0	160	275	435	22
<b>Summa</b>	<b>0</b>	<b>989</b>	<b>958</b>	<b>1947</b>	<b>100</b>



## Beskriv nyttan för Göteborg Energi:

*Fonden för forskning och utveckling i Göteborg Energi bidrar till sådan forskning och sådant utvecklingsarbete som har eller kan antas ha betydelse för Göteborg Energis verksamhet. Beskriv hur resultat kan vara till nytta för Göteborg Energi. Detta är en viktig del för beviljande av medel.*

Projektets mål, som har betydelse för Göteborg Energis verksamhet, inkluderar:

- att presentera tekniska förslag och lösningar på:
  - hur förlusterna i elektrolysen (varmt vatten) kan tas tillvara som värme till en existerande fjärrvärmeanläggning eller annan process och därigenom generera intäkter.
  - hur förlusterna i bränsleceller kan tas tillvara som värme till en existerande fjärrvärmeanläggning eller annan process.
  - hur förlusterna i en vätgasturbin, t ex kombinerat med en ångturbin, kan tas tillvara och användas i en existerande fjärrvärmeanläggning eller annan process.
  - hur syrgasen kan användas för effektivare förbränning av både bibränsle och avfall
- en teknisk och ekonomisk jämförelse mellan vätgasturbin och bränsleceller för omvandling av vätgas till el och värme
- en analys över vätgasens potentiella värde och möjligheter för distribution som bränsle för framdrift av fordon eller andra industriella processer
- en utredning kring vilka skatteeffekter och andra styrmedel som påverkar en energiomvandling från el till vätgas
- en modell i programkoden i OptiCE med förmåga att simulera och optimera ett mer effektivt vätgaslager i en nationell (svensk) kontext
- en kostnads- och affärsmodell för ett energibolag, som tar hänsyn till de positiva tillskott som vätgaslagrets ”förluster” och ”biprodukter” ger. Målet är att visa på hur verkningsgraden i hela processen kan ökas från cirka 30 % till minst 60 % och hur en investering kan göras lönsam
- minst två examensarbeten som bidrar till analyser i olika delar av projektet
- en analys av tekniska och ekonomiska förutsättningar, hinder och effekter av att kombinera processen vätgaslagringen med ett korttidslager för att leverera systemtjänster till elkraftnätet

## Kommunikation:

Projektet kommer att utnyttja ett antal kanaler för redovisning och spridning av resultat:

- Energiföretagen Sverige och deras publikation ”Tidningen Energi”, [www.energi.se/tidningen-energi](http://www.energi.se/tidningen-energi)
- Presentation på minst en internationell konferens
- Minst en vetenskaplig tidskriftsartikel
- Den utvecklade programkoden i OptiCE släpps som öppen källkod i slutet av projektet
- Presentation på Kraftvärmeforum 2022 eller annan nationell konferens i Energiföretagen Sveriges regi
- Minst två (målsättning) publicerade examensarbeten
- Publicering på RI.SE, där resultaten når en bredare allmänhet
- Genom direkta kontakter med andra energibolag som både KEAB och RISE har.
- Minst ett inlägg på LinkedIn, där spridningen genom RISE medarbetare och delningar får stort genomslag i världen