

Reportage | Revolutionerande metod kan lösa klimatkrisen

CO₂ blir till sten – så kan växthuseffekten bekämpas

På Island omvandlas koldioxid till sten. På mindre än två år mineraliseras gasen, något man tidigare trodde skulle ta hundratals år. Den revolutionerande metoden är både kostnadseffektiv och miljövänlig och kan appliceras över hela världen för att bekämpa klimatkrisen.

Nästan all energi på Island är förnybar: vattenkraft och geotermisk energi. Hellisheiði kraftverk ligger vid vulkanberget Hengill med tre aktiva vulkaner. Inget utbrott har skett på 2 000 år men lava ligger fortfarande på ytan.



” Det är dags att agera

Många olika forskningsexperiment utförs vid kraftverket, bland annat ett samarbete med Climeworks i det EU-stödda CarbFix2-projektet där CarbFix-metoden används för att fånga in CO₂ med luftdammsugare för att få bort CO₂ som redan har släppts ut i atmosfären. En fläkt suger in luft.

CO₂ absorberas av och lagras i ett filter. När luften släpps ut innehåller den mycket mindre CO₂ än innan: 420 ppm innan och mindre än 100 ppm efteråt. Denna process är dock dyrare än CarbFix-metoden som går ut på att fånga CO₂ direkt vid utsläppskällan.





- Även om utsläppen från ett geotermiskt kraftverk är en bråkdel jämfört med fossila bränslekraftverk vill man på isländska Hellisheiði, världens tredje största geotermiska kraftverk och styrt av Siemens processkontrollsystem, ändå minimera effekten av utsläppen av geotermiska gaser.
- Forskare och tekniker har utvecklat en kostnadseffektiv och miljövänlig metod för att fånga in koldioxid och svavelväte och skicka tillbaka dem till berggrunden där de på bara två år mineraliseras, en process man tidigare trodde skulle ta flera hundra eller tusentals år.
- Kraftverkets koldioxidavtryck har minskat med en tredjedel. En tidsplan finns för att bli helt koldioxidneutrala och till och med ta bort mer koldioxid än vad som släpps ut.



Den globala medeltemperaturen ökar – i Sverige ännu mer än globalt – med ödesdigra konsekvenser som följd. Koldioxid är den gas som bidrar mest till den förstärkta växthuseffekten.

I ett framgångsrikt forskningsprojekt lett av Reykjavik Energi fångas koldioxid in och omvandlas till sten.

– Nästan all koldioxid, över 95 procent, som fångas in och injiceras under jord omvandlas till sten på mindre än två år. Det är en oerhörd framgång jämfört med den tidigare uppfattningen att mineraliseringsprocessen skulle ta flera hundra eller tusentals år, säger Edda Aradóttir som arbetar på Reykjavik Energis R&D-avdelning och är chef för det så kallade CarbFix-projektet.

Projektet, som egentligen består av både CarbFix och SulfFix, går ut på att fixera kol (carbon) och svavel (sulfur).

– Målet med CarbFix och SulfFix är att utveckla nya metoder för att fånga koldioxid- och svavelväteutsläpp och omvandla dem till sten, säger Edda Aradóttir.

Smith & Norland på Island har Siemens i Sverige som kontaktkland. "Ett mycket positivt samarbete", säger Sigurður Rúnar Jónsson, elingenjör på Smith & Norland och ansvarig för Siemens automations- och drivteknik, med Johan Sidfäldt som kundansvarig på Siemens.

Omvandlar gas till sten. Den vulkaniska berggrunden på Island är fylld med energi som ger el och varmvatten. Det geotermiska kraftverket Hellisheiði, ägt och drivet av ON Power som är en del av Reykjavik Energi, förser Reykjavik med elektricitet och varmvatten för fjärrvärme. Även om utsläppen från ett geotermiskt kraftverk är en bråkdel jämfört med fossila bränslekraftverk – Hellisheiðis ekologiska fotavtryck var redan innan projektet bara fem procent per MW – vill man ändå minimera effekten av utsläppen, framförallt koldioxid, CO₂, och svavelväte, H₂S. Därför har forskare och tekniker vid Hellisheiði sedan 2007 arbetat för att utveckla en metod för att mineralisera koldioxid och svavelväte i berggrunden.

– Projektet är ett framgångsrikt samarbete mellan Reykjavik Energi, ON Power och Islands universitet med forskare från Nordamerika och Europa samt andra företag som vi samarbetar med, säger Magnús Þór Arnarson, kemiingenjör på ON Power.

Enkel separeringsprocess → mineralvatten injiceras under jord. I kraftverket utvinns energi från vulkanberggrunden i form av ånga och vatten. Forskarna i projektet har utvecklat metoder för att fånga de geotermiska gaserna i ångan och återföra dem ned i berggrunden som de härstammar från där de omvandlas till och

Forts. nästa sida



Edda Aradóttir började i projektet som student 2011 då det var ett rent R&D-projekt. "Vi visste att stenar absorberar CO₂ och att det sker långsamt vid ytan. Vi började imitera den processen." Idag är hon chef för projektet. Här i en av injiceringsstationerna där vattenlösta gaser injiceras i berggrunden. Allt mineraliserar; inga gaser läcker ut. Vattnet som används är kondenserad ånga.

Forts. fr. föreg. sida

lagras permanent som sten. Hela processen styrs av Siemens processkontrollsystem.

– Metoden vi utvecklade för att fånga och mineralisera CO₂ och H₂S är enkel, ekonomisk och miljövänlig och går ut på att separera dem från andra geotermiska gaser i skrubbersystemet. Under skrubbingen löses CO₂ och H₂S upp i vatten och ett slags mineralvatten bildas som sedan injiceras under jorden i basalt, säger Edda Aradóttir.

Basalt, en magmatisk bergart av vulkaniskt ursprung, innehåller höga halter av kalcium, magnesium och järn och dessa kemikalier reagerar med CO₂ och H₂S och bildar mineraler som kalkspat (från CO₂) och kattguld (från H₂S).

– De vattenlösta gaserna injiceras två kilometer ned i jorden eftersom vi använder kraftverkets rör som tidigare användes för att injicera bara det geotermiska vattnet. För mineraliseringsprocessen borde det räcka med 500 till 800 meter, säger Edda Aradóttir.

Häpnadsväckande kort mineraliseringsprocess. Projektet har bevisat att mineraliseringen bara tar två år. Mineralerna kan sedan vara stabila i århundraden eller till och med miljontals år.

Kostnaden för att samla in och injicera gaser vid Hellisheiði är under 25 euro/ton – tio procent av vad konventionella metoder för att samla in och lagra kol och svavel kostar.

– Det beror på att processen är så enkel och att vi använder vatten som finns i anläggningen. 25 000 ton vatten per ton CO₂ går åt och vattnet återanvänds om och om igen, säger Magnús Þór Arnarson.

Den framgångsrika metoden kan användas var som helst där det finns koldioxidutsläpp i närheten av basalt och vatten, förutsättningar som finns på många platser på jorden. Havsvatten och andra bergarter forskas för närvarande på och reagerar på liknande sätt. Processen kan dessutom tillämpas i samband med att koldioxid sugas in direkt från luften.

Minskat koldioxidavtryck. Sedan 2014 har sura gaser fångats in och injicerats i jorden i detta pilotprojekt på Hellisheiði.



Sigurður Rúnar Jónsson, elingenjör på Siemens försäljningsagent och distributör Smith & Norland, Johan Sidfäldt, kundansvarig på Siemens, Edda Aradóttir, chef för CarbFix- och SulfFix-projektet, och Magnús Þór Arnarson, kemiingenjör på ON Power. Kraftverket har en kapacitet på 303 MW elektricitet och 133 MW varmvatten. I bakgrunden syns kondensångan.

I slutet av 2018 hade 66 000 ton sura gaser samlats in och injicerats, vilket innebär minskade utsläpp från kraftverket med över 40 procent.

– Vårt koldioxidavtryck har minskat med en tredjedel. 2030 ska vi ha minskat det med 60 procent. Vi är fortfarande i lärofasen men vi arbetar efter en tidslinje för att bli helt koldioxidneutrala och även ta bort mer koldioxid än vi släpper ut, säger Edda Aradóttir.

Dags att agera. Utmaningen ligger nu hos politikerna. Så länge det är nästan gratis att släppa ut CO₂ är det svårt att få företag att agera klimaträtt. Kostnaden har dock stigit – att släppa ut ett ton CO₂ kostar idag 25 till 30 euro – och kommer fortsätta att stiga menar Edda Aradóttir.

– Många fokuserar på nästa kvartal och saknar en långsiktig vision där det är vettigt att ta itu med detta idag. Det

Sverige satsar på minusutsläpp

Sveriges regering införde i juni ett investeringsstöd för miljöteknik som leder till minusutsläpp. Satsningen sker inom ramen för Industrilivet.

Industrilivet lanserades i 2018 års budget och innebär att 300 miljoner kronor per år satsas under 2018–2040 för att stödja svensk industri i omställningen mot nollutsläpp av växthusgaser. Industrilivet utvecklas nu för att också ge stöd till investeringar i teknik som kan leda till negativa utsläpp genom att avskilja, transportera och geologiskt lagra växthusgaser som tagits ut ur atmosfären.

Regeringen tillförde därför Industrilivet 100 miljoner kronor för 2019 för ett investeringsstöd för miljöteknik som leder till minusutsläpp. Dessutom bedömdes behovet av åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser från industrin öka varför ytterligare 100 miljoner kronor tillfördes för 2019.

Sverige ska senast 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären och därefter uppnå negativa utsläpp, enligt riksdagens beslut 2017.

[regeringen.se/pressmeddelanden/2019/06/regeringen-satsar-pa-negativa-utslapp](https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2019/06/regeringen-satsar-pa-negativa-utslapp)



Styrning och övervakning från kontrollrummet med Siemens processkontrollsystem.

är fortfarande för billigt att förorena men när det känns i budgeten kommer det börja hända saker. Det vore bra att kunna sluta med fossila bränslen men det kommer inte att hända än och aldrig helt. Då är detta ett sätt att göra det mer miljövänligt. Vi tror att vi kan göra skillnad. Det är dags att agera.* ■

Gas blir till sten

Från Hellsheiði kraftverk vid vulkanberget Hengil utanför Reykjavik förs vatten och ånga samt lite geotermiska gaser upp från den heta underjorden.

Vatten och ånga separeras och den 180°C heta ångan används i fyra turbiner för att producera el. Från kondensvattnet som bildas när ångan kallnar extraheras gaser som sedan komprimeras och skickas till en skrubber där reaktiva gaser separeras från väte. I botten av skrubberkolonnen förs gasblandningen – CO₂, H₂S och H – in och vattenduschas från toppen. CO₂ och H₂S löses upp i vattnet, som i en stor sodamaskin, och hamnar i botten medan H, som inte löses i vatten, hamnar i toppen med en liten del CO₂. Vattenlöst CO₂ och H₂S leds sedan till injiceringsstationen där de pumpas ned i den magmatiska bergarten basalt 2 km under jorden. CO₂ och H₂S reagerar med basalten och blir till mineraler på bara två år. Mineralerna kan sedan vara stabila i århundraden eller till och med miljontals år.

Med dagens kapacitet tas 1/3 av anläggningens CO₂-utsläpp och 70 procent av H₂S-utsläppet hand om och återförs till berggrunden. Fokus har hittills varit på svavelväte, som inte är en växthusgas men illaluktande och giftig i hög koncentration. I nästa fas ligger fokus på att ta hand om ännu mer CO₂.

Projektet arbetar nu med att

- applicera metoden på att fånga in CO₂ med luftdammsugare för att få bort CO₂ som redan har släppts ut. Detta görs i samarbete med schweiziska Climeworks i EU-stödda CarbFix2-projektet
- exportera metoden till nya injektionsplatser med olika bergarter på Island och i Tyskland, Italien och Turkiet inom EU-stödda GECO-projektet
- utveckla metoden ytterligare så att den kan användas offshore för permanent mineralgrävning av CO₂ under havsbotten
- simulera och utveckla koldioxid och vätgas som produkter
- erbjuda konsult hjälp till företag som vill applicera metoden för att minska sina utsläpp.



Injiceringsplatsen Húsmúli en dryg kilometer från kraftverket.



Kompressorrummet med motorer och processinstrument från Siemens, där vattnet och gaserna pumpas till "sodamaskinen", skrubberkolonnen.

*Efter vårt besök har Reykjavik Energy bildat dotterbolaget CarbFix med Edda Aradóttir som vd.

CarbFix-projektet initierades 2006 och formaliserades 2007 av fyra partner: Reykjavik Energi, Islands universitet, CNRS i Toulouse och Earth Institute vid Columbiauniversitetet. Sedan dess har flera universitet och forskningsinstitutioner deltagit i projektet genom EU-finansierade underprojekt.

Reykjavik Energi (Orkuveita Reykjavíkur) erbjuder elektricitet, geotermiskt vatten för uppvärmning och kallt vatten för konsumtion och brandsläckning åt 20 kommuner på Island. Huvudägare är Reykjavik stad och tjänsterna erbjuds genom dotterbolagen Veitur Utilities, ON Power och Reykjavík Fibre Network. På de geotermiska kraftveken Hellsheiði och Nesjavellir genereras elektricitet och varmvatten.

Smith & Norland i Reykjavik är Siemens försäljningsagent och distributör på Island för Siemens hela sortiment. På Island finns dessutom tre Siemens Solution Partner: Efla, Verkís och Raftákn. 1929 började Paul Smith importera Siemensutrustning till Island. 1956 grundades Smith & Norland hf med Sverrir Norland som vd, en titel han behöll i 51 år. Idag är Sverrir son Jón Norland vd. Typiska kunder är kraftverk och fiske- och fiskerelaterad industri samt metallindustri och annan energikrävande industri som etablerar sig på Island tack vare billig energiproduktion.

carbfix.com or.is sminor.is

Styrsystem: Simatic PCS 7 och T3000
Processinstrument: flödesmätare Sitrans FM Magflo,
 Sitrans FUS SonoFlo
Motorer: Simotics

siemens.se/industri siemens.se/hallbar-utveckling