

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Solbaserade mikronät i Sverige – potential för framtiden	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Solar based microgrids in Sweden - potential for the future	
Universitet/högskola/företag RISE	Avdelning/institution Samhällsbyggnad
Adress Box 857 501 15 Borås	
Namn på projektledare Martin Warneryd	
Namn på ev övriga projektdeltagare Kersti Karltorp, Maria Håkansson, Peter Kovacs	
Nyckelord: 5-7 st Solceller, Mikronät, Lokalsamhälle, Institutioner, Fallstudier,	

Förord

Denna rapport sammanfattar arbetet som utförts i projektet Solbaserade mikronät i Sverige – potential för framtiden som finansierats av Energimyndigheten i forskningsprogrammet El från Solen. Vi i projektgruppen vill tacka alla medverkande som bidragit till resultaten och insikterna som skapats av detta arbete. Ett stort tack till de personer som bidragit med fakta och erfarenheter från de båda studerade fallen, Simris i Skåne och Blue Lake Rancheria i Kalifornien. Därtill ett stort tack till de personer som varit med i referensgruppen för värdefull input under resans gång: Staffan, Jan-Erik och Peder från EON, Karin och Johanna från Energimarknadsinspektionen, Lars från KTH, Ritwik från ABB, Anna från Power Circle och Magnus från RISE.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	2
Inledning/Bakgrund	4
Genomförande	5
Resultat	7
Artikel 1: Unpacking the complexity of community microgrids: A review of institutions' role for development of microgrids	7
Artikel 2: Working title – Energy communities 2.0: Community microgrids in the era of decentralization	11
Simris	11
Blue Lake	13
Konceptualisering av mikronät i en svensk kontext	15
Diskussion	15
Publikationslista	16
Referenser, källor	17

Bilagor	17
---------------	----

Sammanfattning

Framväxten av mikronät i världen visar att framtidens elsystem kan bli både 100% förnybart, resilient och bidra till att den sociala hållbarheten stärks. Men för att detta skall kunna ske behöver regelverk anpassas till ett decentraliserat elsystem, och det holistiska värdet som dessa mikronät erbjuder förstås och tas till vara i finansierings och affärsmodeller.

Omställningen av energisystemet och den ökade andelen förnybar el leder till utmaningar för det existerande elnätet. Mikronät som lokalt kan reglera och balansera variabla produktionskällor har den senaste tiden börjat implementeras i existerande elnät. Detta projekt har tittat på olika drivkrafter till mikronät i världen samt studerat institutionell utveckling och effekter av dessa mikronät. Förutom att kunna integrera utbyggnaden av förnybar kraft så är en viktig anledning till denna framväxt att möta behoven av ett åldrande elnät och en ökad efterfrågan från elektrifiering av transport- och industrisektorn. Liknande legala hinder finns för implementering av mikronät i världens länder då alla har centraliserade system idag. Därför finns det möjlighet att inspireras av regelverk som tagits fram i andra länder då de löser liknande barriärer som finns i Sverige. En rad olika positiva effekter för lokalsamhället har framkommit i projektet. Exempelvis så har sammanhållningen stärkts, den lokala ekonomin förbättrats och kunskapen om elnäten ökat vilket sammantaget leder till att den sociala hållbarheten förbättrats i samband med dessa mikronät. Nästa steg ifrån detta projekt är att undersöka hur det är möjligt för intresserade aktörer att faktiskt implementera mikronät i Sverige. Vilka praktiska utmaningar finns, vilka finansiella lösningar kan fungera och hur kan implementeringen ske med respekt till de regelverk som finns och inom kort kommer att uppdateras för att harmoniera med EU övergripande direktiv.

Summary

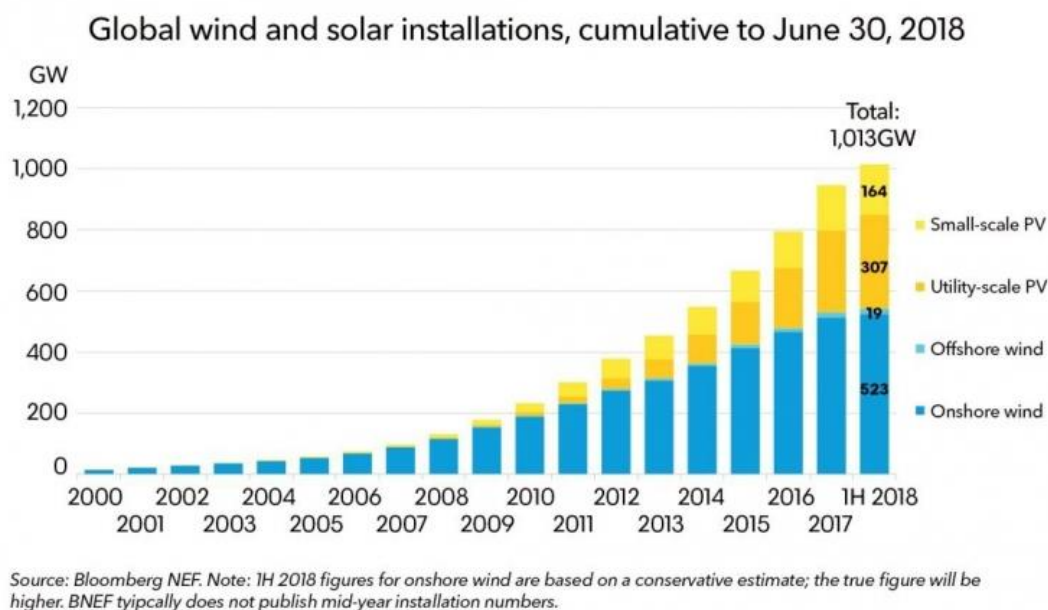
The global growth of microgrids are showing that the electricity system of the future can be 100% renewable, resilient and increase social sustainability. But to realize this, current legislations need to adapt to the logics of a decentralized electricity system, and the holistic value that microgrids offer need to be fully understood and captured through finance and business models.

The energy transition and rapid growth of renewable sources put challenges on the current electricity system. Microgrids that can balance and control variable sources locally, have recently started to be implemented in existing electricity grids. This project have studied different drivers for these microgrids around the world, institutional development in the field and effects from these microgrids. In addition with increasing integration of renewable sources, an important driver for these microgrids is to meet the need from aging electricity grids, and at the same time manage the increased demand from electrification of transport and industry sector. Similar legal barriers exist around the world since the centralized structure of the electricity grid is dominant everywhere. Therefore, regulatory updates which are

taken in proactive regions can inspire updates in Sweden since they overcome similar barriers. A number of positive effects can be seen for communities who has implemented microgrids. For example, increased social cohesion, improved local economy and increased knowledge of the electricity system have led to increased social sustainability. Next step going from these results, is to investigate how interested actors actually can implement microgrids in Sweden: what are the practical barriers, which financial arrangements are possible and how can the microgrid be implemented with respect to current legislations which are about to be updated and harmonized within the EU context.

Inledning/Bakgrund

Världens elsystem står inför stora utmaningar för att fortsättningsvis kunna upprätthålla en stabil försörjning av el i framtiden [1]. Utmaningarna inkluderar gamla elnät, minskningen av fossil elproduktion och ökade behov från elektrifieringen av flera sektorer. Ersättningen för fossil elproduktion med förnybara källor skapar stora förändringar i befintliga elsystem. Tillväxten av dessa förnybara källor har varit mycket stor under de senaste decennierna, vilket figur 1 visar.



Figur 1 Ackumulerade installationer av sol och vindkraft fram till juni 2018

Det existerande elnätet baseras på svängmassa från flera roterande generatorer som lättvindigt går att kontrollera för att möta spännings och frekvens variationer [2]. Med ökad förnybar kraft från sol och vind, fås inte denna naturliga svängmassa eftersom dessa källor går igenom växelriktare och inte har i fallet sol eller tar till vara på roterande enheter i fallet vind [3]. Dessa förnybara källor kan således skapa stora störningar på elnätet som är uppbyggt i en hierarkisk radiell struktur baserad på envägsflöden av elektricitet, även i distributionsnäten [4, 5]. Ett elnät som baseras på i allt större utsträckning förnybara källor som vind och sol, behöver fundamentala förändringar i teknisk design, men även sociala strukturer såsom exempelvis design av staden som kraftkälla [6].

Det är här som mikronäten kommer in som ett intressant alternativ. Dessa små nät kan per definition reglera och styra produktionen och lasterna i ett avgränsat område (Mikronätets) [7]. Med hjälp av olika produktionskällor och lagringstekniker, samt styr och ledningssystem kan ett mikronät jämna ut tillgång och efterfrågan i ett förnybart system. Dessutom kan ett mikronät som är inkopplat på nätet välja att köra så kallad ö-drift, dvs koppla bort sig och bli sitt eget självförsörjande system om så behövs [8]. Därmed kan det lilla nätet göra att eventuella störningar på det

yttre nätet inte påverkar den lokala miljön då mikronätet kan fortsätta ge kraft inom sitt område.

Mikronät har funnits redan från början av elektrifieringen av samhället. Även under framväxten av de allt större centraliserade systemen så har man återfunnit mikronät vid avlägsna platser som försörjer en begränsad population [7]. Så historiskt har mikronät fungerat som ett sätt att kostnadseffektivt konstruera elnät vid avlägsna platser där inkoppling på det större nätet varit dyrt eller omöjligt. Men under det senaste decenniet har nya motiv till varför dessa mikronät bör byggas dykt upp.

Detta projekts syfte har varit att öka kunskapen kring implementerade mikronät i existerande elnät världen över, för att kunna se hur denna kunskap passar i en svensk kontext. Att täcka in all kunskap är naturligtvis omöjligt, därför har projektgruppen ytterligare avgränsat området till att fokusera sådana mikronät som är implementerade i lokalsamhällen, samt innehåller solceller som primär produktionskälla. Anledningarna till dessa avgränsningar är att lokalsamhällen täcker in boende och andra verksamheter som berör alla medborgare vilket gör att potentialen för denna implementering är stor. Solceller är den produktionskälla som växer snabbast i världen, och den är också flexibel nog att kunna implementeras i princip överallt, exempelvis mitt i staden, vilket gör den i det närmaste obligatorisk för framtidens decentraliserade elnät. Även om fokus har varit på dessa så kan resultaten ofta generaliseras till andra implementeringar av mikronät, exempelvis kommersiella och inom industrin.

Projektet har pågått mellan 2017 och 2020, dvs 3 år och tre månader. Det har letts av RISE, och projektledare har varit Martin Warneryd. Finansiering har i huvudsak skett från Energimyndighetens program El från Solen, men också en del medfinansiering har funnits från RISE.

Genomförande

Följande sidas tabell visar vilka olika arbetspaket som ingått i projektet.

Arbetspaket	Beskrivning	Metoder och resultat
1. Projektledning	SP driver projektet framåt och ser till att uppsatta mål nås.	Projektet har letts enligt plan.
2. Litteraturstudie	Kartläggning av existerande solbaserade mikronät i industrialiserade länder samt beskrivning av institutionella och organisatoriska förutsättningar.	En litteraturstudie har genomförts där vi sökt vetenskapliga publikationer i databasen Scopus. Dessa har valts ut genom en kvalitativ bedömning av innehållet. Därtill har lagts till annan litteratur såsom rapporter och tidningsartiklar för att skapa en mer uppdaterad bild av kunskapsläget. Dessa har sedan analyserats och resultaten sammanställts i en vetenskaplig artikel som publicerats i en tidskrift.
3. Konceptualisering	Ett solbaserat mikronät designas med syfte att kunna användas multipelt i det svenska nationella elkraftsystemet.	Detta arbete har bedrivits löpande genom hela projektet. Underlag för denna konceptualisering har varit all insamlad data från de andra arbetspaketen i projektet samt ytterligare samtal med relevanta personer ifrån exempelvis referensgruppen. Resultaten har beskrivits i ett separat dokument som bifogas denna slutrapport. Detta dokument är utformat som en liten agenda för utveckling av mikronät i Sverige med förslag på intressanta marknader samt rekommendationer för att underlätta för denna utveckling.
4. Jämförande fallstudier	Två internationella fall studeras och kontrasteras mot svenska förutsättningar i syfte att på djupet beskriva de effekter som prosumenter och andra intressenter upplever.	Under projektets gång växte mikronätet i Simris, Skåne fram. Det gjorde att vi i samråd med uppdragsgivaren bytte ut ett av de internationella fallen till Simris istället. Det andra fallet har varit Blue Lake Rancheria i norra Kalifornien. Metoder har inkluderat på plats besök och intervjuer med relevanta personer, samt studerande av dokumentation av fallen. Detta har sammanställts i en vetenskaplig artikel som skall sändas in till en tidskrift.
5. Syntes av resultat	Syntetisering av resultat från tidigare arbetspaket	Syntetiseringen har framförallt genomförts genom att resultat från projektet ingår i en licentiat avhandling som skrivits av projektledaren. Denna skall försvaras den 8 juni på högskolan Dalarna i Borlänge.
6. Kommunikation	Framtagande av informationsfilm och spridning av denna	Resultaten har på ett populärvetenskapligt sätt presenterats i ett kort filmklipp där projektledaren beskriver motiven bakom framväxten av mikronät världen över samt hur dessa skulle kunna bidra till ett förnybart energisystem i Sverige, samt vilka direkta barriärer som finns för detta som behöver överkommas.

Resultat

Resultaten för projektet har framförallt sammanställts i två vetenskapliga artiklar, samt bidragit till en licentiatavhandling. Dessutom har en presentation filmats som sammanfattar huvudbudskapen från projektet på ett populärvetenskapligt sätt, samt en konceptualisering av mikronät i en svensk kontext beskrivs och rekommendationer för att driva på denna utveckling ges. Vi kommer nedan ge en kort sammanfattning på svenska av innehållet i de olika vetenskapliga artiklarna.

Artikel 1: Unpacking the complexity of community microgrids: A review of institutions' role for development of microgrids

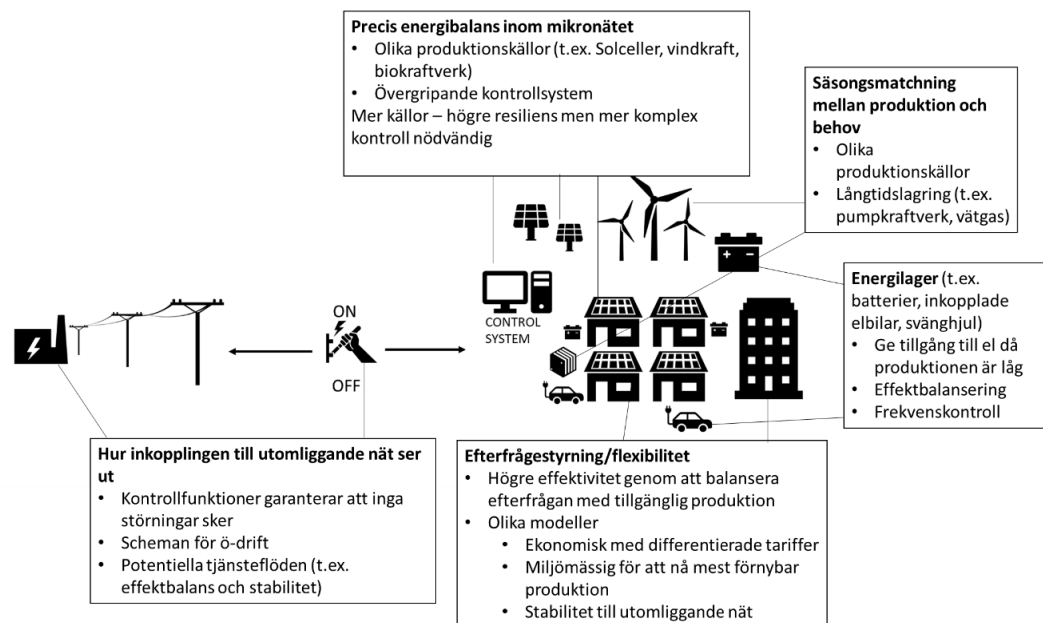
Syftet med denna studie har varit att kartlägga utvecklingen av mikronät implementerade i lokalsamhällen i existerande elnät med ett specifikt fokus på institutioners¹ roll i detta. Frågeställningar har varit: Under vilka förutsättningar utvecklas lokalsamhälles mikronät? Vilka roller har formella och informella institutioner i denna utveckling?

Mikronät implementerade i lokalsamhällen i existerande elnät är en relativt ny företeelse där också flera olika definitioner existerar. I denna artikel så har vi valt att definiera lokalsamhälles mikronät på följande sätt:

”Ett lokalsamhällesmikronät är tekniskt en grupp av sammankopplade laster och produktionskällor inom ett tydligt avgränsat område som är kontrollerbart som en egen enhet i relation med det yttre nätet. Det kan kopplas ihop eller ifrån det yttre nätet för att möjliggöra att det drivs antingen i inkopplat läge eller som ö-drift. Ett lokalsamhällesmikronät är vidare kopplat till sitt specifika samhälle genom fysisk placering och kan ägas av samhället självt eller annan part”

Figur 2 visar hur ett mikronät är uppbyggt utifrån fem nödvändiga funktioner som beskrivits av Abu-Shark [8].

¹ Med institutioner avses det som nobelpristagaren Douglas C North definierade som: “*Institutions are the humanly devised constraints that structure human interaction. They are made up of formal constraints (e.g., rules, laws, constitutions), informal constraints (e.g., norms of behavior, conventions, self-imposed codes of conduct), and their enforcement characteristics. Together they define the incentive structure of societies and specifically economies.*”



Figur 2 Konceptuell bild av mikronät ur ett funktionellt perspektiv

Se licentiatavhandlingen för en vidare genomgång av de olika funktionella komponenterna.

En lista över exempel på existerande mikronät i lokalsamhällen ges nedan:

Namn	Placering	Inkluderade teknologier	Start år
Blue Lake Rancheria	USA	PV, biomass gasifier, batteries	2016
Fort Collins	USA	PV, CHP, fuel cell, back-up diesel, thermal storage	N/A
Borrego Springs	USA	PV, Diesel, community batteries and home storage	N/A
Bronzeville	USA	PV, CHP, back-up, batteries,	2018
Brooklyn	USA	PV, batteries, Smart meters	
Reynolds Landing	USA	PV, Wind, batteries	2017
Simris MG	Sweden	PV, wind turbine, back-up biodiesel, batteries, smart meters, DR system	2017
Aardehuizen	Netherlands	PV, Battery	2015
Feldheim	Germany	PV, Wind turbines, Biogas, Biomass plant, Battery	2011-2016
AM Steinweg	Germany	PV, CHP, Battery	2005

Mannheim Wallstadt	Germany	PV, flywheel, CHP, Battery	2006
Sendai	Japan	PV, Fuel cell, Back-up diesel, battery	2005
White Gum Valley	Australia	PV, Battery	2015

Koncentrationen av exempel från USA och Europa, ger en indikation på var litteraturen har täckt in utvecklingen, men behöver inte nödvändigtvis innebära att utvecklingen i andra regioner står stilla. Det händer mycket i Asien och Australien också, och en viktig slutsats från denna studie är att vidare forskning behövs som täcker in kunskapsläget även från dessa regioner.

Vi har valt att dela in resultaten i fyra större regioner: USA, EU, Asien och Australien. Dessa är sedan beskrivna utifrån drivkrafter, aktörer samt institutionell utveckling i respektive region. Det finns även en paragraf kring framtida utveckling då mycket av litteraturen behandlar möjligheter för mikronät framöver.

I figur 3 sammanfattas de främsta drivkrafterna för de olika regionerna.



Figur 3 Drivkrafter för mikronät hos större regioner i världen

Drivkrafterna för att integrera stora andelar förnybara produktion är liknande i alla regionerna. I övrigt skiljer sig fokus en del. I USA har ett åldrande elnät och ökat medvetande om utsatthet i händelse av kris, lett till flera mikronätsinitiativ. I flera stater uppmuntras mikronät via finansieringsprogram, men de har alla krav på att mikronätet ska öka resiliensen runt den stadsdel eller område där det är tänkt att mikronätet skall implementeras. I EU finns det ett starkare fokus på just lokalsamhället, och drivkraften att öka autonomin för dessa samhällen driver på utvecklingen av mikronät. Dessutom finns mycket smarta nät initiativ där mikronät ofta används som underliggande design. I Asien finns stora problem med växande megastäder och ökad efterfrågan på el när medelklassen växer. Där är mikronät ett möjligt alternativ till att försörja dessa städer. Ökad konkurrens mellan inhemska

aktörer som erbjuder smarta mikronätslösningar är också ett tecken på en växande marknad. Australien skiljer sig från övriga delar i och med att det finns en stark konsumentdriven marknad för mikronät. Här är självförsörjning och minskat beroende av elbolag framträdande drivkrafter.

Dessa drivkrafter formar utvecklingen av institutioner i de olika regionerna, speciellt de formella som härstammar från stater och beslutsfattande organ. Liknande barriärer för mikronätsutveckling går också att finna i de olika regionerna, och som en konsekvens av detta så finns liknande utveckling av regelverk ifrån de mer proaktiva platserna. Detta är en viktig insikt då det antagligen finns möjlighet att jämföra och överföra institutionella ramverk mellan länder, även om de givetvis behöver anpassas på plats.

Några viktiga regler som litteraturen beskriver inkluderar olika typer av kvalitetsreglering, mikronätstariffer, regler för aggregatorer, regler för peer-to-peer handel och regler för medborgarenergigemenskaper. Dessa regler är oftast framdrivna av marknaden, till exempel i USA där dålig kvalitet på elnäten ökar konsumenternas krav på förbättringar ifrån nätbolagen. Men olika initiativ kan också bereda väg för framväxten av andra grupper. De statliga initiativen för ökad resiliens genom mikronät som syns i USA, har också öppnat upp för energidemokrati grupper som ser mikronät som ett sätt att öka medborgarens inflytande i elnätet. Denna växelverkan mellan informella och formella institutioner beskrivs vidare i artikeln och bidrar till förståelsen hur denna dynamik fungerar i framväxten av ett nytt teknikområde.

För att inom ett lokalsamhälle kunna implementera ett mikronät, så visar litteraturen att involvering av medborgarna och ökat socialt värde är nycklar till framgång. Medvetenheten kring detta finns och märks redan i det nya elmarknadsdirektivet som EU släppte under 2019. Men processen är utmanande och det krävs att implementeraren verkligen lyckas öka det sociala värdet i lokalsamhället, som också kommer att öka acceptansen för mikronätet [9].

Resultaten visar också att nätbolaget står ut som en viktig aktör vars attityd och nivå av aktiviteter påverkar utvecklingen och implementeringen av mikronät. Flera initiativ i USA är idag drivna av just nätbolag. I EU, så visar litteraturen att det funnits motstånd mot mikronät från nätbolag historiskt, men på senare tid ses en förändring av attityder, och det EON ledda mikronätet i Simris är ett bevis på detta. Dessutom visar litteraturen ifrån Australien att nätbolag just nu befinner sig i en situation där de måste förhålla sig till utvecklingen, och om de inte uppdaterar deras tidigare affärsmodell så riskerar de att försvinna [10].

Sammanfattningsvis bidrar denna studie med en nulägesbild av utvecklingen av lokalsamhällesmikronät världen över, med ett fokus på institutioner för denna utveckling. Dessa tillämpningar är disruptiva eftersom de erbjuder en reorganisering av det existerande elsystemet, men för att detta skall kunna genomföras så krävs radikala förändringar av nuvarande regelverk. Men dessa förändringar kan mycket väl vara på väg, då exempel dyker upp allt frekventare,

speciellt från de regioner och platser som kommit längst i utvecklingen och implementeringen av mikronät.

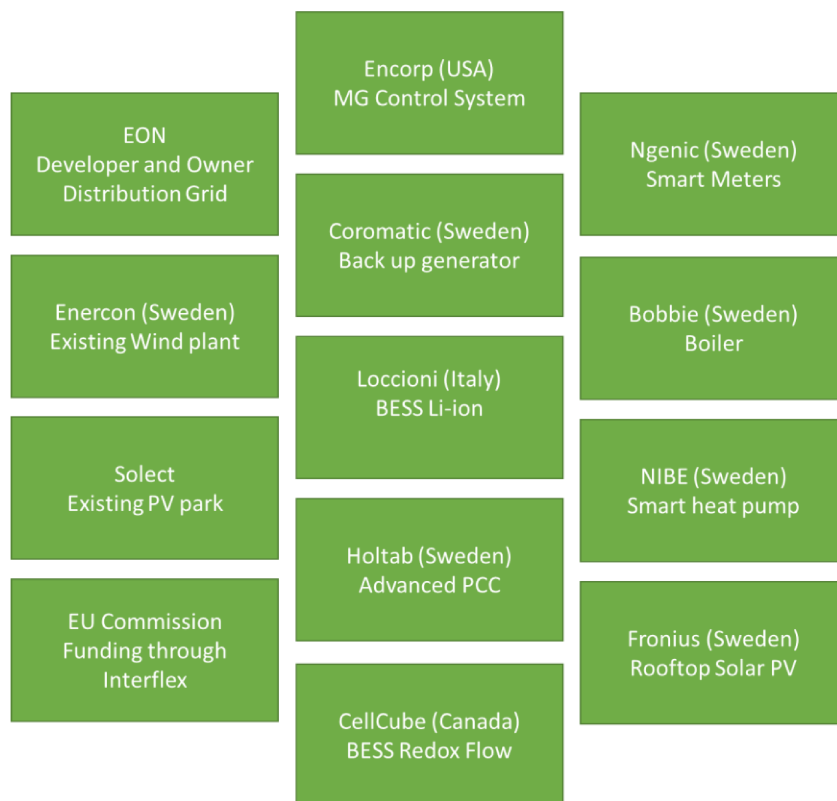
Artikel 2: Working title – Energy communities 2.0: Community microgrids in the era of decentralization

Syftet med denna studie har varit att fördjupa sig i existerande fall och bygga vidare på insikterna från den förra studien. Specifikt vill vi med denna studie ta reda på hur mikronät kan realiseras i kontexter med existerande elnät samt hur dessa påverkar lokalsamhällena de implementeras i.

Metoden för studien har varit att studera två fall på djupet: Simris mikronät i Skåne, och mikronätet i Blue Lake reservatet, Kalifornien USA.

Simris

EON fick idén till detta mikronät efter en direkt fråga om de kunde tänka sig att installera ett lokalt energisystem i en avlägsen by i Norrland, istället för att utvidga existerande nät runt platsen. Efter en utvärdering av egna experter så beslöt sig EON för att testa detta i praktiken. I en första vända försökte EON bygga mikronätet på Åstön utanför Timrå. Men på grund av motstånd från lokalbefolkningen så flyttades planerna till den lilla byn Simris på Österlen. Här fanns dessutom redan ett vindkraftverk och en solcellspark och mikronätet kunde designas kring dessa produktionskällor. Mikronätet byggdes under 2016 och togs i drift 2017. Flera aktörer var involverade i processen och figur 4 ger en översikt vilka leverantörer och andra inblandade partners som deltog.



Figur 4 Aktörer i Simris

EON var den drivande aktören som också hade det övergripande ansvaret för att designen och testningen. Vis av erfarenhet från det tidigare försöket på Åstön, så jobbade EON aktivt med kommunikationen, bland annat så anställdes en särskild kommunikatör som riktade sig mot lokalbefolkningen i Simris vilka därför blev insatta i processen tidigt.

Regelmässigt var det utmanande att få tillstånd att bygga mikronätet eftersom EON inte fick äga batterierna i systemet. Solparken och vindkraftverket ägdes inte utan de hyrdes för ändamålet. Lösningen som användes var att mikronätet blev undantaget reglerna under villkoret att det var ett tidsbestämt projekt som dessutom hade kunskapsutveckling som främsta syfte. Dock är det i dagsläget osäkert om Simris mikronätet får finnas kvar efter det att ursprungsprojektet avslutats vid årsskiftet 2019-2020.

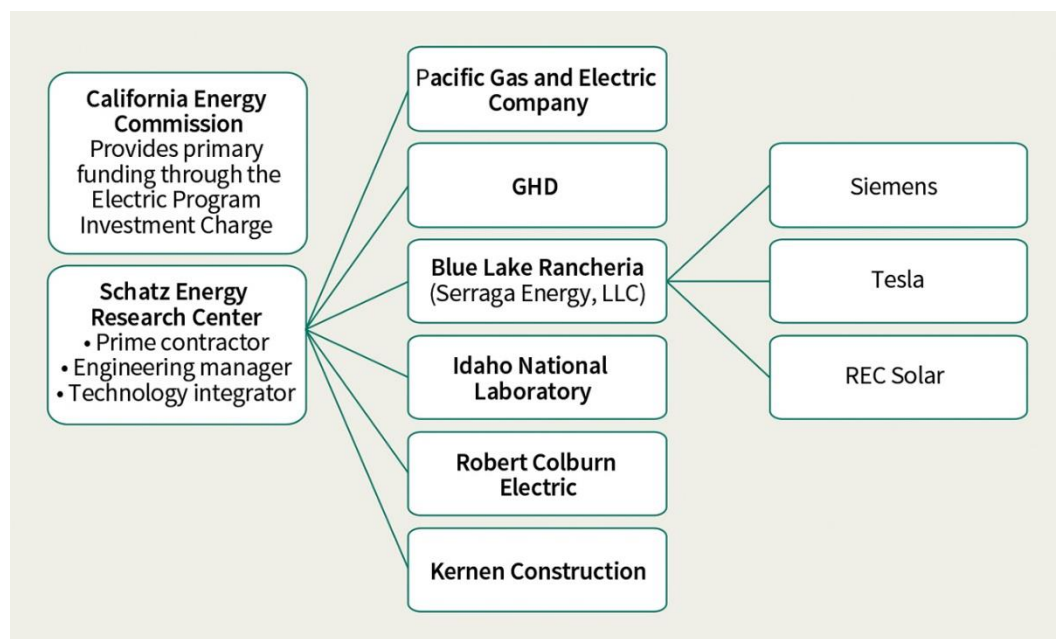
Mikronätet har påverkat livet i byn Simris på flera sätt. Dels har det gett byn stor medial uppmärksamhet eftersom det är det första i sitt slag i Sverige. Men än viktigare så har det bidragit till en ökad medvetenhet om sitt eget energisystem; hur användning och produktion samspelar. I Simris fanns redan en medvetenhet kring hållbar utveckling, och de flesta var väldigt positiva till det förnybara mikronätet som EON planerade. Efter installation har byborna stärkts i denna känsla och mikronätet påverkar gemenskapen i byn, inte minst för att det behövs sammankomster och diskussioner kring EON's planer. Dessutom finns det en positiv känsla i att mikronätet kan förse byn med el ifall strömmen skulle försvinna

på det yttre nätet. Relationen med nätägaren har dessutom stärkts betydligt, även om det finns en vilja hos byborna att i ännu större utsträckning vara involverade i utvecklingen kring mikronätet.

Blue Lake

Mikronätet i Blue Lake kom till genom att ett nationellt laboratorium, Idaho National Lab (INL), tillsammans med Siemens tog fram ett koncept för lokalsamhällesmikronät som de ville testa i praktiken. Först var planen att installera det på östra sidan av USA, men på grund av olika anledningar så hittade man till Kalifornien, kanske främst för att det fanns ett finansieringsprogram, EPIC, som kunde delfinansiera den här typen av initiativ. I INL's nätverk fanns ett forskningscentrum, SERC, på Humboldt State University i norra Kalifornien som tipsade om Blue Lake som ett intressant alternativ. Även i Blue Lake finns en lång erfarenhet av hållbara projekt, bland annat har man tidigare testat att bygga ett förgasningsverk som skulle använda restprodukter från skogsindustrin. Designen gjordes klar 2015 och mikronätet installerades 2016.

Även i detta mikronät var en hel del aktörer involverade, figur 5 visar dessa:



Figur 5 Aktörer i Blue Lake

Under implementeringsprocessen var SERC den drivande aktören. En stor skillnad mot Simris var att Blue Lake reservatet själva äger mikronätet. Nätbolaget, PG&E, har varit inblandade i processen men det är Blue Lake tillsammans med SERC och andra som stått bakom design, test och implementering av mikronätet.

I Kalifornien fanns möjlighet för nätbolaget att helt enkelt sälja infrastrukturen till reservatet, något som dock bedömdes och godkändes av tillsynsmyndigheten California Public Utility Commission. Mikronätet har sedan ursprungsinstallationen utökats med ytterligare batterier och byggnader, och under 2020 kommer även ett nytt resiliens center byggas som kommer att ingå i

mikronätet, troligtvis genom att aggregeras, dvs att byggnaden får ett eget mikronät som kopplas ihop med det befintliga.

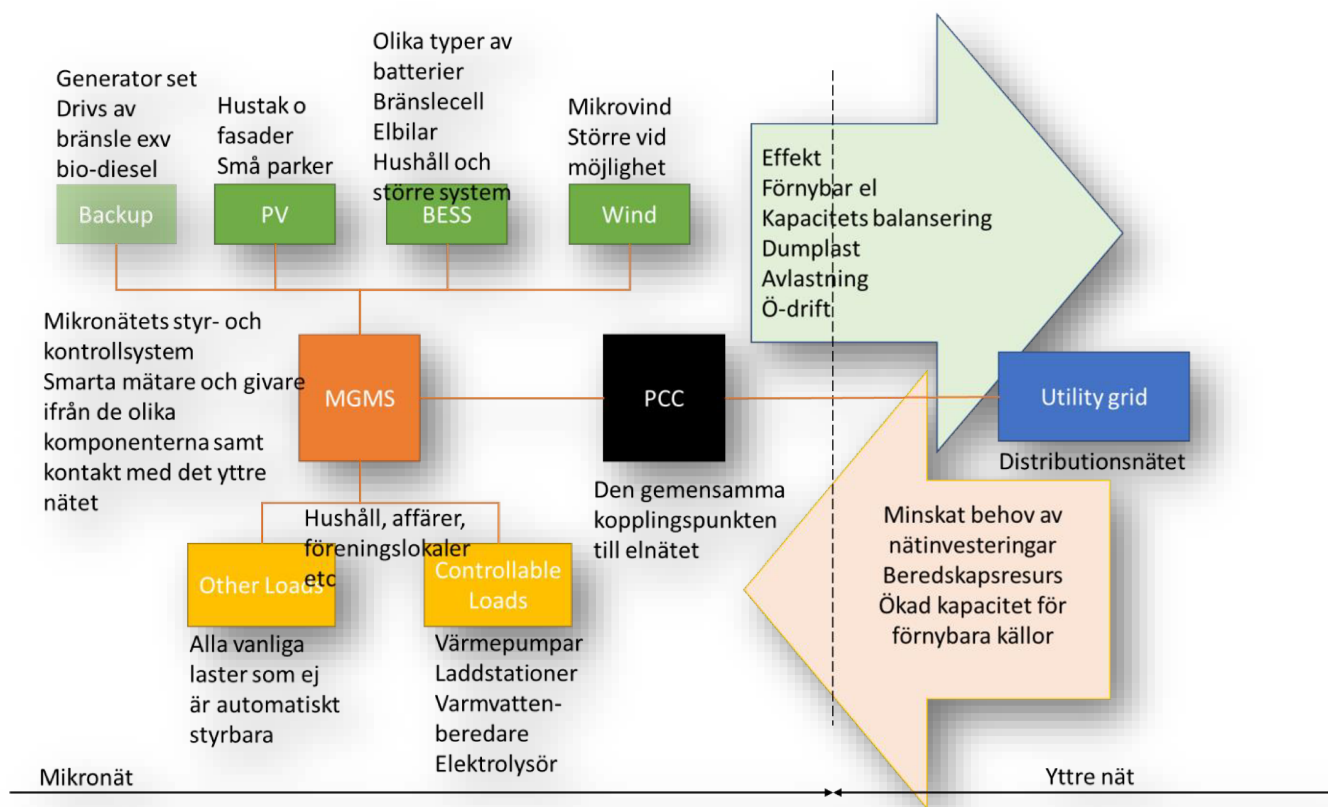
I Blue Lake har mikronätet påverkat lokalsamhället ordentligt. Dels har man förbättrat och ökat omsättningen för den lokala ekonomin. Ett antal nya jobb har också skapats, mestadels operativa sysslor kopplat till mikronätet men också runt byggnader och IT. Vidare har mikronätet lett till utbildningsaktiviteter, dels direkta genom att universitetsstudenter gjort arbeten kopplat till mikronätet, men också genom att inspirera lokalbefolkningen till utbildningar inom ingenjörsämnena och IT.

Den kanske mest framträdande effekten från mikronätet är kopplat till dess resiliensförmåga. Blue Lake har numera formellt blivit certifierat som ett beredskapsläger. I händelse av kris så är Blue Lake det enda stället i regionen som klarar elförsörjning mer än tre dagar utan införsel av diesel. Här bedrivs också beredskapsutbildningar och samverkan med olika myndigheter inom kris och beredskap.

I jämförelse mellan Simris och Blue Lake är det tydligt att ägandet av mikronätet medför fler positiva effekter för lokalbefolkningen. Men även om Simris by inte äger mikronätet som sådant så upplever byborna ändå positiva effekter. I båda fallen har nätbolaget en roll, även om den är tydligast i Simrisfallet så skulle Blue Lake mikronätet inte varit möjligt utan ett bra samarbete med PG&E. Kopplingen till resiliens är väldigt stark i Blue Lake, medan den mer nämns som en positiv bonus i Simris. Detta har troligtvis att göra med de olika kontexterna som mikronäten befinner sig i, och på vilka grunder som de uppförts från början. Ändå kan dessa erfarenheter vara intressanta, då Blue Lake tydligt visar att mikronätet kan tillgodose en ökad resiliens, och därmed bereda väg för ett nytt tänk även i en svensk kontext.

Konceptualisering av mikronät i en svensk kontext

Detta arbetspaket är nedtecknat i ett separat dokument. Här tas erfarenheter från de båda studierna till vara och beskrivs hur mikronät kan nyttiggöras i en svensk kontext. Dokumentet har formen av en kortfattad utvecklingsagenda och ger ett antal rekommendationer för underlättande av mikronätsutveckling i Sverige. En sammanfattande bild visas nedan.



Figur 6 Generell design av ett mikronät som är inkopplat på det yttre nätet

Diskussion

Mikronät drivs fram världen över i syfte att underlätta för omställningen till förnybara energikällor, och i samband med detta uppdatera äldre nät och tillgodose ökade behov och en fortsatt ökad urbanisering. Detta bör givetvis tas i beaktande för svensk del, då vi antagit mål om 100% förnybart till 2040, och det redan nu finns dokumenterade effekt- och kapacitetsbrister i olika delar av det svenska elnätet.

Så mikronät är ett alternativ till att möjliggöra 100% förnybart i Sverige, men denna kostnad är såklart hög och måste jämföras med traditionella nätinvesteringar. Det

som detta projekt dock med enfass vill lyfta fram, är att mikronät kan ge värde på flera nivåer i Sverige. Dels kan beredskapsstrategierna och det inre försvaret medtagas i kalkylen. Lokala lösningar ger också ett bättre perspektiv till utbyggnad av lokal produktion då det kan modulärt byggas på utan ytterligare större nätförstärkningar. Dessutom finns insikter världen över att lokalsamhällesmikronät kan öka den sociala hållbarheten, den lokala ekonomin och höja kunskapen hos medborgaren om elsystemet. Om detta kan omsättas till värde, så kan det också läggas i vågskålen kring vilka strategier man bör ha för framtidens elnät.

I takt med att aktiviteterna kring mikronät ökar i världen kommer också ekonomin för dessa lösningar att förbättras. Fördelen med att vara tidigt ute är givetvis att ge förutsättningar för den inhemska industrin att positionera sig i den globalt framväxande marknaden. Detta projekt har inte undersökt dessa möjligheter närmare, men kontakterna med exempelvis ABB och E.ON m.fl. har ändå gett insikter i att svensk kunskap finns och möjligheterna för ökade aktiviteter är stora.

Det som verkligen behöver ske nu är att titta på möjliga alternativ för implementering av kontinuerliga mikronät i en svensk kontext. Dels har vi för närvarande stora förändringar i regelverk samt ökad tillgång till tekniska lösningar och erfarenheter från implementeringar världen över. Men det är fortfarande så att i Sverige saknas kunskap hur detta i praktiken kan ske. En viss vilja finns, och flertalet aktörer såsom fastighetsägare och medborgarinitiativ har uttryckt intresse kring dessa lösningar, men vet inte riktigt var de skall börja.

Publikationslista

- Warneryd, Martin, Maria Håkansson, and Kersti Karltorp. "Unpacking the complexity of community microgrids: A review of institutions' roles for development of microgrids." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 121 (2020): 109690.

Abstract:

Community microgrids implemented in existing electricity grids can meet both development targets set out in the Paris agreement: 1. mitigate greenhouse gas emissions through increased implementation of renewable energy sources, and 2. to adapt to climate related disturbances and risk of catastrophes. Community microgrids are, however, complex to implement and institutional change is needed to reach their full potential. The purpose of this article is to review existing literature and analyze institutional developments influencing the growth of community microgrids. The literature describes a concentration of microgrid activities in specific regions: USA, EU, Asia and Australia. Varying reasons for implementing community microgrids were found in the different regions but similar institutional developments occurred, albeit with differing emphasis due to contextual specificities. Formal directions do however influence informal institutions even though their aims differ. Power utilities stand out as a critical actor and both formal and informal institutions put pressure on utilities to update their traditional business models. This article illustrates

how informal and formal institutions play a significant role in the growth of community microgrids in existing electricity grids and provide interesting examples which can be utilized by policymakers. Microgrid development is still in a formative phase and further institutional change in the form of updated regulations is needed.

- Mikronät i en svensk kontext, populärvetenskaplig presentation.
<https://www.youtube.com/watch?v=W4e7tgNiNAU&feature=youtu.be>

Referenser, källor

- [1] IEA. Status of Power System Transformation 2019. Paris 2019.
- [2] Lilley W, Hayward J, Reedman L. Chapter 7 - Realizing the Potential of Renewable and Distributed Generation. In: Sioshansi FP, editor. Smart Grid. Boston: Academic Press; 2012. p. 161-83.
- [3] Johnson SC, Papageorgiou DJ, Mallapragada DS, Deetjen TA, Rhodes JD, Webber ME. Evaluating rotational inertia as a component of grid reliability with high penetrations of variable renewable energy. *Energy*. 2019;180:258-71.
- [4] Paatero JV, Lund PD. Effects of large-scale photovoltaic power integration on electricity distribution networks. *Renewable Energy*. 2007;32:216-34.
- [5] Barker PP, De Mello RW. Determining the impact of distributed generation on power systems. I. Radial distribution systems. 2000 Power Engineering Society Summer Meeting (Cat No 00CH37134): IEEE; 2000. p. 1645-56.
- [6] Adil AM, Ko Y. Socio-technical evolution of Decentralized Energy Systems: A critical review and implications for urban planning and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016;57:1025-37.
- [7] Platt G, Berry A, Cornforth D. Chapter 8 - What Role for Microgrids? In: Sioshansi FP, editor. Smart Grid. Boston: Academic Press; 2012. p. 185-207.
- [8] Abu-Sharkh S, Arnold R, Kohler J, Li R, Markvart T, Ross J, et al. Can microgrids make a major contribution to UK energy supply? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2006;10:78-127.
- [9] Wüstenhagen R, Wolsink M, Bürer MJ. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy policy*. 2007;35:2683-91.
- [10] Green J, Newman P. Citizen utilities: The emerging power paradigm. *Energy Policy*. 2017;105:283-93.

Bilagor

- Administrativ bilaga
- "Unpacking the complexity of community microgrids: A review of institutions' roles for development of microgrids." – Publicerad vetenskaplig artikel

- "Energy communities 2.0: Community microgrids in the era of decentralization" Utkast till vetenskaplig artikel med working title – EJ SPRIDNING
- "The social power grid – A licentiate thesis on the role of institutions for decentralizing the electricity system" – Utkast till licentiat avhandling – EJ SPRIDNING
- Solbaserade mikronät i en svensk kontext
- Manus till populärvetenskaplig presentation