
RAPPORT

Nordisk Energiforskning

Energisystem i glesbygd

Stockholm 2011-06-13

Sweco Energuide AB Energy Markets

Rose-Marie Ågren
Sofia Klugman
Pär Lydén
m.fl

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	3
1 Inledning	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Syfte	4
1.3 Avgränsningar	4
2 Metod och definitioner	5
2.1 Ramverk	5
2.2 Definitioner	5
2.3 Systemgränser	6
2.4 Kartläggning	7
3 Energisystem och hållbar produktion	8
3.1 Perspektiv på energisystem	9
3.2 Energianvändning och energieffektivisering	9
3.3 Eldistribution	11
3.4 Produktion	13
4 Befintliga energisystem och regional potential för hållbar utveckling	26
4.1 Val av områden	27
4.2 Finland	28
4.3 Färöarna	34
4.4 Grönland	36
4.5 Island	40
4.6 Norge	43
4.7 Sverige	46
5 Översikt och slutsatser	51
5.1 Energisystemen idag – likheter och olikheter	51
5.2 Potentialer och hinder	54
5.3 Visioner, initiativ och framtida strategier för innovation och ny teknologi	59
5.4 Slutsatser	61
6 Förslag till vidare studier	64
7 Referenser	65

Sammanfattning

Föreliggande rapport syftar till att ge en översikt av energiförsörjningen i några valda glest befolkade områden i Norden, med fokus på småskalighet och omställning till hållbara energisystem. Rapporten innefattar Grönland och Färöarna i sin helhet, medan Island, Norge, Finland och Sverige beskrivs genom en analys av sju exemplifierande kommuner. Kommunerna är valda utifrån glesbygdsbegreppet ur ett energiperspektiv vilket både innefattar helt bortkopplade områden, kännetecknade av så kallad ö-drift-problematik samt perifera områden, ofta lokaliserade i utkanten av de nationella transmissionsnäten.

Utöver kartläggningen av glesbygdsområdena innefattar rapporten även en beskrivning av tekniklösningar för småskalig förnybar energiproduktion som är, eller skulle kunna vara applicerbara i den nordiska glesbygden.

Gemensamt för de nio kartlagda områdena är det som till synes kan framstå som en paradox – en god potential för utbyggnad av lokal förnybar energi förblir outnyttjad tillförmån för en hög grad av import av fossila bränslen alternativt import av extern elenergi via en kraftkabelanslutning. Motsägelsen beror på begränsningar i den teknik som idag används i områdenas energisystem och som hindrar att lokala energiresurser utnyttjas. Rapporten poängterar därför vikten av teknik för energilagring och utveckling av smarta elnät för att möjliggöra en robust styrning av energisystemet. Vikten av möjligheten till anpassade institutionella lösningar för att bättre approachera glesbygdproblematiken berörs översiktligt. Ett exempel på detta är reglering av nätanslutningar.

Rapporten noterar också att ingen av de intervjuade personerna ser begränsningar i tillgänglighet till energi som ett faktiskt problem när det gäller samhällsutveckling eller livskvalitet. Detta kan tänkas bero på att andra problem, t.ex. infrastrukturproblem eller avfolkningsproblematik, som är mer överskuggande alternativt att samhället har anpassats till en lägre tillgänglighet. Rapportens slutsats är dock att låg leverans kvalitet i kombination med nuvarande energisystem på sikt utgör en begränsning för både klimatomställning och samhällsutveckling.

Slutligen uppmärksammar rapporten det arbete och de initiativ som finns för uppbyggnaden av regionala hållbara energisystem i de kartlagda områdena. Visionen om en fossilfri framtid skapad genom uppbyggnaden av ett energisystem utgående ifrån de lokala energipotentialerna finns där - och i vissa fall även i kombination med de möjligheter ett sådant energisystem skapar för en positiv lokal näringslivs- och samhällsutveckling.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Studien, som initierades av Nordiska Ministerrådets arbetsgrupp för glest befolkade områden (TBO), ska verka som en uppföljning till en mini-grön bok som lades fram 2006. Tanken är att ta fram en översikt av energiförbrukning och resurser för de glest befolkade områdena i Norden, samt beskriva visioner och framtida strategier för innovation och ny teknologi.

1.2 Syfte

Studien syftar till att ta fram en översikt av nuvarande energiförbrukning och resurser på Grönland, Island, Färöarna, och de glest befolkade områdena i Norge, Sverige och Finland. Studien omfattar även en mindre behovsanalys för att undersöka hur länderna kan arbeta vidare och utveckla deras nuvarande energisystem.

Tanken är att en del av studien också bör lägga fram de olika skillnaderna mellan Nordens glest befolkade områden och se på hur de hanterar de olika utmaningarna med energiförsörjning.

Studien ska således speciellt se på den diversifierade problematiken mellan de olika regionerna som är glest befolkade och utvärdera hur de har hanterat och idag hanterar olika energisystemlösningar för att säkra energitillgången. Resultatet av jämförelsen kan därmed ge en översikt av energiförsörjningsmodeller för glest befolkade områden och statuera goda exempel såsom mindre goda.

Resultatet av studien är tänkt att kunna användas som bakgrundsmaterial för beslutsfattare och näringsliv samt intresseorganisationer inom energiområdet i respektive berörd region.

1.3 Avgränsningar

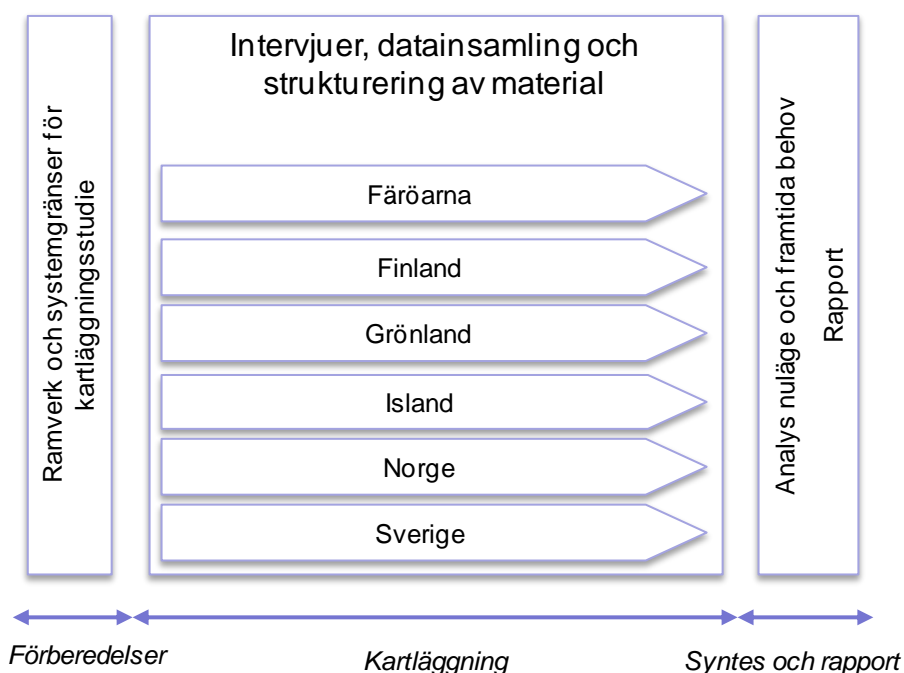
Rapporten har fokus på befintliga energiresurser, befintliga hållbara energikällor samt alternativa energiförsörjningssystem.

För Finland, Island Norge och Sverige har några specifika områden valts ut för att mer kvantitativt och kvalitativt beskriva olika situationer och möjligheter till lösningar. Grönland och Färöarna beskrivs i sin helhet.

2 Metod och definitioner

2.1 Ramverk

Kartlägningsstudien har genomförts i tre delar; Förberedelser, Kartläggning och Syntes och rapport. Förberedelsefasen har utgjorts av detaljering av ramverk för hur kartläggning och analys skall genomföras. Kartläggningen utgör datainsamling och intervjuer med energiexperter på nationell/regional nivå samt lokala företrädare. Resultatet struktureras och utgör indata till en övergripande syntes och analys samt författande av denna rapport. Genomförandet visas schematiskt i figur 1 nedan.



Figur 1: Schematisk bild över genomförandet

2.2 Definitioner

Studien har använt Nordiska ministerrådets definition och innefattar geografiska områden inom Norden med permanentbosättningar som antingen är bortkopplade eller ligger i periferin i det centrala energiöverföringsnätet. Med det centrala energiöverföringsnätet åsyftas det nordiska transmissionsnätet för el. Definitionen utvecklas till att innefatta två olika typer av områden:

- Helt bortkopplade områden, kännetecknade av så kallad ö-drift-problematik
- Perifera områden, kännetecknade av att utbyggd överföringskapacitet och design inte är tillräcklig för att svara mot en eller flera premisser:
 - Önskad tillgänglighet och elkvalitet

- Nätstabilitet
- Överföringskapacitet (både import och potentiell export av lokal produktion)
- Enkel (tid och teknik) och kostnadseffektiv (anslutningskostnad i förhållande till nyttjande) nyanslutning.

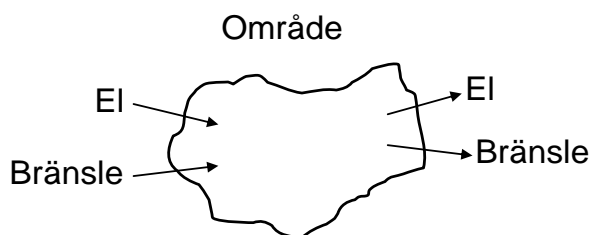
Perifera områden kännetecknas även av höga kostnader (per överförd kWh) för nätutbyggnad, avsaknad av möjlighet till anslutning av andra centrala energinät såsom gas och fjärrvärme eller annan yttre energitillgång.

2.3 Systemgränser

Studien har studerat dessa två typer av områden (i Norge, Island, Grönland, Färöarna, Finland och Sverige) separat i syfte att på ett korrekt sätt fånga deras respektive problematik och möjligheter.

Studien infattar inte transportsektorn. Detta innebär att systemet avgränsas till:

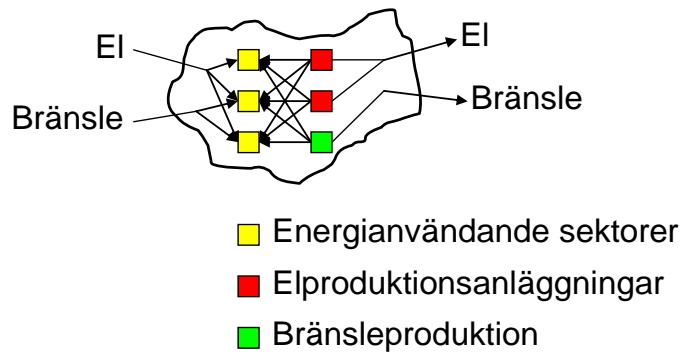
Tillförsel av bränsle och elenergi för användning till ljus, värme och kraft (i hushåll och industri) till det geografiskt avgränsade området – illustrerat i figur 2 nedan.



Figur 2: Systemgränser

Omvandling, distribution och användning inom systemet illustreras i figur 3 och kan delas upp i:

- Omvandling av bränsle till/produktion av - el, varmvatten, fjärrvärme och kyla inom det geografiskt avgränsade området
- Distribution av bränsle, el, varmvatten, fjärrvärme, kyla inom det geografiskt avgränsade området.
- Omvandling av distribuerade nyttor (lokalt i hushåll och industri) inom det geografiskt avgränsade området.
- Användning - ljus, värme och kraft (i hushåll och industri) inom det geografiskt avgränsade området.



Figur 3: Omvandling, distribution och användning

2.4 Kartläggning

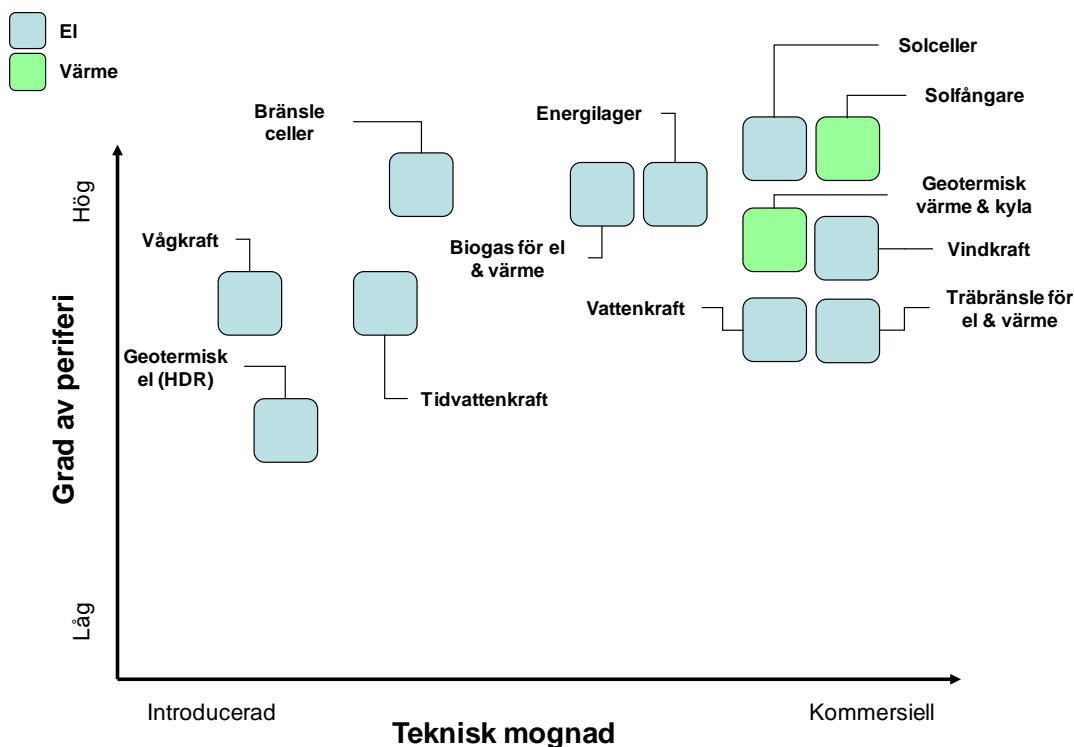
Kartläggningen har genomförts under perioden 15 november till 15 december 2010 medels huvudsakligen datainsamling från officiella statistikdatabaser, intervjuer med medlemmar i Nordiska arbetsgruppen för glest befolkade områden (TBO) samt regionala och nationella experter inom energiområdet, elnätsföretag och elbolag samt kommunal och statlig förvaltning. I kapitel 9 listas de personer som intervjuats.

3 Energisystem och hållbar produktion

Följande kapitel erbjuder en genomgång av alternativa energiproduktionsresurser i småskaliga hållbara energisystem som kan ersätta fossila lösningar i gleset befolkade områden i Norden. Kapitlet tar också upp perspektiv på användning och distribution.

Syftet är att ge en något djupare plattform för läsaren med avseende på olika tekniker för småskaliga hållbara energisystem som alternativ till fossila energiförsörjningssystem. Självklart är det möjligt och i många fall nödvändigt att kombinera dessa tekniker inbördes och även i kombination med fossila energisystem.

Figur 4 nedan utgör en översiktlig sammanställning över olika småskaliga tillämpningars möjligheter att fungera i olika grad av perifera system. Märk att inom var och en av teknikslagen innefattas lösningar med varierande teknisk mognad och tillämpbarhet i perifera system.



Figur 4: Småskaliga tillämpningar med varierande teknisk mognad och deras tillämpningar i olika grad av perifera system

Med hög grad av periferi avses helt bortkopplade områden samt perifera områden kännetecknade av icke tillräcklig utbyggd överföringskapacitet. Med låg grad av periferi avses tillgång till starka och stabila elnät.

3.1 Perspektiv på energisystem

Inte sällan likställs småskalig energiproduktion med hållbara energilösningar – att varje hushåll ska bli självhushållande på energi – och framhålls då som ett ideal och som en möjlig lösning på den globala energiproblematiken. Sanningen är dock långt ifrån lika entydig. Ett visst ansvar för effektivisering understödjande produktion ligger på den enskilda fastighetsägaren, men de mest effektiva – både ekonomiskt och ur miljöperspektiv – lösningarna återfinns ofta i gemensamma storskaliga lösningar. Anledningarna är flera. Dels uppnås ofta högre effektivitet och verkningsgrad vid stora anläggningar, dels öppnas möjligheten att exploatera andra typer av resurser som inte varit möjligt om kostnaderna inte kunde delas och högre flexibilitet i val av bränsle som skapar bättre ekonomi. Dessutom kan en effektivare hantering av balansen mellan produktion och förbrukning alltid hanteras effektivare på en aggregerad nivå med många sammanlänkade produktionsanläggningar och energiförbrukare.

Småskaliga energisystem möter därför ofta en problematik som inte återfinns i de större systemen. Småskaligheten försämrar verkningsgrad och effektivitet. Kapitalfördjupningen är ofta lägre på grund av att gemensamma investeringar inte lika lätt kan möjliggöras och därmed blir ofta utnyttjandet av ny teknik lägre. Energibalansen blir svårare att hantera.

Samtidigt som det finns andra typer av svårigheter att hantera i småskaligheten är det heller inte så att lösningar för en hållbar energiframtid saknas. En gemensam nämnare för områdena med småskaliga energisystem i Norden är tillgången på hållbara energikällor. Samtidigt öppnar allt högre globala energipriser tillsammans med ny teknik och en ökad miljömedvetenhet för lönsamma exploateringar av dessa. Ny teknik gör det också möjligt att hantera energibalansen – genom utbyggnad av distribution och exempelvis utvecklade tekniker för energilagring.

Småskaliga lösningar är dock i vissa fall både ekonomiskt och miljömässigt motiverade t ex vid hög grad av periferi och god tillgång till lokala energiresurser.

3.2 Energianvändning och energieffektivisering

Den renaste kilowattimmen är den som aldrig behövs produceras är ett faktum och att en effektiviserad energianvändning är en stor outnyttjad potential i de flesta energisystem, små som stora. En ökad energieffektivitet med 20 % är också ett av de huvudmål som definieras i EU kommissionens energi- och klimatpaket, det så kallade 20-20-20-paketet.

Energieffektiviseringar består delvis av reducerat energibehov genom exempelvis förbättrad isolering av fastigheter eller energisnåla belysningsystem. Alternativt består effektiviseringen i ett teknikskifte som i sig innebär ett minskat energibehov – exempelvis elfordon. En tredje möjlighet är effektiviserade energianvändningsprocesser eller storskaliga lösningar som medför en effektivare omvandlingsprocess än vad som är möjligt med enskilda småskaliga lösningar. Här kan exempelvis centrala fjärrvärmesystem nämnas som exempel.

Ett inneboende problem för många av de glesbefolkade områdena i Norden är att just småskaligheten och/eller glesheten inte gör det möjligt (samhällsekonomiskt och/eller

finansIELt lönsamt) att bygga storskalig energiproduktion vilket i sin tur leder till en lägre energieffektivitet.

Småskaligheten skapar också sämre förutsättningar att balansera energiförbrukning och produktion vilket i sin tur ytterligare försämrar möjligheten till samma effektivitet som i större energisystem. Utifrån förutsättningarna för småskaliga energisystem finns det dock metoder för att skapa en effektivare energianvändning.

Användning av högvärdig och lågvärdig energi

Vanligt förekommande är en överanvändning av högvärdig energi (elektricitet) och underanvändning av lågvärdig energi (värme) vilket för med sig ett lågt energiutnyttjande vid kemiska energiomvandlingsprocesser (förbränning). En typisk dieselgenerator med en verkningsgrad på 35 % spiller alltså 65 % av den kemiskt lagrade energin i bränslet som värme, vilket med rätt teknik enkelt kan tillgodogöras för uppvärmning av fastigheter. I storskaliga energisystem är tekniken väl utvecklad genom kraftvärmeanläggningar och når verkningsgrader runt 90 %. För småskaliga kraftvärmeanläggningar blir verkningsgraden ofta lägre, men tekniken är väl utvecklad (se även 3.4.4) och skapar ofta en betydande effektivisering i energianvändningen.

Även i system enbart bestående av högvärdig distribuerad energi från vind- och vattenkraft finns förutsättningar för en effektivare användning av lågvärdig energi för uppvärmning genom tillämpning av värmepumpsystem (se även 3.4.10).

Effektiv hantering av energibalansen

Balansen mellan producerad och förbrukad energi är en avgörande faktor i alla energisystem – stora som små – men ställs ofta på sin spets vid energi i små system. På grund av att systemet är uppbyggt kring en eller ett fåtal produktionsanläggningar krävs det samtidigt en reglerbarhet och tillförlitlighet hos dessa anläggningar, egenskaper som utmärker en dieselgenerator framför ett vindkraftverk. Möjligheten till en effektiv småskalig hantering av energibalansen finns i kombinationen av produktionsanläggningar, lagring och distribution. Exempelvis vindkraft kombinerat med dieselgenerator eller småskalig kraftvärme minskar både installerad effekt och utnyttjningstid på dieselgeneratoren.

Lagring av energi (se även 3.4.9) skapar också goda möjligheter för att hantera balansen samtidigt som ett energilager kan vara nödvändigt för att den ekonomiska kalkylen för utbyggnad av förnybar energi skall visa på lönsamhet. Exempelvis distribuerad lagring av lågvärdig energi i värmelager kan omvandla en överproduktion av vindkraft till värme vid en senare tidpunkt. Pumpkraftverk eller nyare teknik inom vätgas (se även 3.4.8) kan med en acceptabel verkningsgrad förflytta högvärdig energi från tidpunkt till en annan. Småskalig distribution av både hög- och lågvärdig energi skapar förutsättningar för att delas jämnt ut energiutnyttjandet mellan flera fastigheter och samtidigt dela på produktion och lager.

Ny teknik för belysning, maskiner, elektronik och isolering av fastigheter

Förutsättningar för stora energisystem i fråga om reducerat energianvändande utan reducerad livskvalitet går också att tillämpa i små energisystem. Modern belysningsteknik, moderna hushållsapparater och effektiviserade industriella processer innehåller ofta stora potentialer för energibesparingar.

Modern belysning genom lågenergialternativ är fyra gånger mer effektiv varför det också finns EU-direktiv som innebär en successiv utfasning av gammal belysningsteknik från och med september 2009. En genomgång av fastigheternas isolering kan också ge reduktioner av uppvärmningsbehovet.

I småskaliga energisystem ger också denna typ av reduktioner av energibehovet en snabbare ekonomisk återkoppling då effektiviseringarna gör det möjligt att reducera installerad effekt på produktionsanläggningen och därmed inte bara spara i de rörliga kostnaderna utan även i de fasta.

3.3 Eldistribution

Allt eftersom det moderna samhället ökar vårt beroende av avbrottsfri kraft av hög kvalitet ställs högre krav på elnätet som levererar den. Och samtidigt som vårt elberoende ökar skapar nya produktionsmetoder såsom småskalig vindkraft och nya förbrukningsmönster såsom värmepumpar nya förutsättningar för elnätets konstruktion och flexibilitet för att en hög elkvalitet skall kunna upprätthållas. Generellt blir en kostnadseffektiv design av ett elnät svårare med sjunkande kundtätthet och i fall av ö-drift av mindre nätområden ställs problematiken på sin spets. Svårigheterna nätkonstruktören ställs inför kan uttryckas i tre grundläggande krav:

Elkvalitet

Elkvalitet definieras av en internationell IEC-standard men åsyftar i princip en stabil spänning, nätfrekvens och förekomsten av övertoner. En stabil spänning och nätfrekvens förutsätter i sig en ständig absolut balans mellan produktion och förbrukning och är en nödvändighet för att både elproduktion och elförbrukande utrustning skall fungera. Större ändringar i balansen, exempelvis orsakade av en plötslig lastökning, en oplanerad produktionsändring, ett ledningsbrott eller ett åsknedslag orsakar temporära störningar i elkvaliteten vilket i sig kan orsaka skador eller avbrott i produktionsenheter och förbrukare. Större och så kallade starka nät har bättre resurser att hantera dessa situationer medan helt åtskilda nät eller nät med en svag överföringsförbindelse till ett större nät har svårare att parera denna typ av händelser. Inslag av vindkraft eller annan ej styrbar produktion ökar dessutom utmaningarna ytterligare i denna typ av nät, varför elnätets konstruktion och tillgången till alternativ produktion i många fall kan vara avgörande för möjligheten att bygga ut förnybar elproduktion. Övertoner orsakas ofta av modern elektronik och utgörs av energiinnehåll i andra frekvenser än nätfrekvensen. Övertoner kan skapa stora skador på både elektronik och elektriska maskiner.

Leveranskvalitet

Leveranskvalitet är elnätets förmåga att leverera avbrottsfri kraft till kunderna i ett elnät. Mycket korta avbrott brukar sorteras under elkvalitetsbegreppet, medan avbrott på någon till några minuter definieras som elavbrott och sorteras under leveranskvalitetsbegreppet. Vid konstruktionen av elnätet finns möjlighet att välja lösningsalternativ som minimerar förekomsten av avbrott såsom redundanta matningsvägar, automatik för omkopplingar eller ledningsalternativ med statistiskt sett lägre felfrekvens. När elnätet väl är byggt spelar självklart också underhåll eller reinvesteringar i nätet en avgörande roll för felfrekvensen.

Nät med låg kundtätthet konstrueras ofta med ett minimum av redundans och automatik då kostnaden per ansluten kund ofta redan vid de enklare konstruktionsalternativen blir mycket hög. Historiken visar även att underhållet har en tendens att bli eftersatt i områden med låg kundtätthet.

Sammanlagt innebär detta att elnätskunder i glest befolkade områden i högre grad drabbas av elavbrott och därigenom också tvingas att vara bättre förberedda på elavbrott vilket i sin förlängning kan innebära att kunden tar en extrakostnad som konsekvens av låg leveranskvalitet.

Överföringskapacitet

Överföringskapacitet utgör elnätets förmåga att föra över energi. Traditionellt har elnät i Norden konstruerats för att överföra stora mängder energi från ett mindre antal produktionsanläggningar såsom vatten- och kondenskraftverk via allt mer avsmalnande distributionsnät ner till enskilda småkunder. De lokala nätens överföringskapacitet i mer perifera områden dimensioneras efter befintlig last i området, vilket ofta leder till relativt svaga nätkonstruktioner där större last eller produktionsförändringar kan inverka på elkvaliteten. I samband med utbyggnad av hållbar energiproduktion är ofta det befintliga nätet därmed en begränsning – perifera områden går från en energiimport till en energiexport. Ofta är stora – och kostsamma – nätinvesteringar nödvändiga. Samma sak kan gälla ett område med ö-drift. I och med en investering i produktion kan en anslutning till det nationella nätet bli lönsam.

Elnätets uppgift

Elnätets konstruktion är därmed en viktig faktor att ta hänsyn till vid en översyn av energisystemet i glest befolkade områden. En god och ändamålsenlig konstruktion möjliggör en förbättrad levnadsstandard genom ökad kvalitet och kapacitet och möjlighet av export av förnyelsebar energi. Motsatsen kan begränsa den lokala utvecklingspotentialen och hushåll och industri får bära extrakostnader för alternativa lösningar.

3.4 Produktion

I detta avsnitt beskrivs tekniker för elproduktion och värme/kylaproduktion lämpliga för tillämpningar i småskaliga hållbara energisystem. Vissa av teknikerna har även storskaliga tillämpningar men fokus för beskrivningen ligger på det småskaliga. Syftet är att lyfta fram möjliga tekniker för lokalt utnyttjande av tillgängliga energiresurser.

3.4.1 Vattenkraft

Begreppet småskalig vattenkraft (Small hydro) är inte entydigt definierat men internationellt så börjar en övre gräns på 10 MW bli alltmer accepterat. Småskalig vattenkraft kan även delas upp i minivattenkraft (Mini hydro), vanligen < 500 kW, och mikrovattenkraft (Micro hydro), vanligen < 100 kW.¹

Konstruktionen för småskalig vattenkraft beror till stor del på hur det ser ut på platsen. För större vattenkraftverk så däms oftast vattnet upp, vilket ger möjligheter till att reglera vattenflödet. För de mindre kraftverken, mikro- och minikraftverk, finns vanligtvis ingen möjlighet att anlägga en damm, utan här förlitar man sig istället på att det ständigt finns ett tillräckligt flöde vatten tillgängligt. Dessa vattenkraftverk benämns då strömkraftverk.

Att ha reglerbara vattenkraftverk har flera fördelar. Dels kan vattnet lagras då efterfrågan på elektricitet är liten, dels kan vattenkraften användas som reglerkraft för att se till att rätt frekvens hålls i elnätet. Med en stor andel reglerbar vattenkraft i energisystemet blir det enklare att föra in andra källor som har en mer oregelbunden produktion, exempelvis vindkraft.

Vattenkraft är en förnybar energikälla som trots detta har ett antal miljöproblem förknippande med byggnationen av ett vattenkraftverk. Bland de större problemen kan nämnas blockeringen av fiskens vandringsväg, permanent ändrade förhållanden för biologin kring kraftverket och dammen, minskad syresättning av vattnet då forsar dämns upp och ändringar av det naturliga flödet. Då en uppdamning sker på en plats där det tidigare funnits organiskt material bildas den starka växthusgasen metan när det organiska materialet bryts ner på botten.

Då mikrovattenkraftverken ofta är strömkraftverk försvinner eller minskas flera av ovanstående miljöproblem, men samtidigt så försvinner också fördelen med reglerbarheten. En förenklad reglerbarhet kan dock åstadkommas med åtgärder på användarsidan. Kraftverket går på konstant last, men när förbrukningen varierar kan man med shuntkopplingar koppla in och ut en "dummy"-last (till exempel ett värmeelement). Detta är förutsatt att det finns ett överskott på produktionssidan. Anläggningar av denna typ finns installerade på flera ställen i Norge (i mikroskala).

Finns det lämpliga vattendrag i närheten så kan småskalig vattenkraft utgöra en bra lösning som energikälla till platser som inte är anslutna till ett större elnät. Beroende på förutsättningarna så kan mini- och mikrovattenkraftverk utgöra en del av energiförsörjningen,

¹ [www.seanz.org.nz/intrototechnologies/microhydro].

då principen med små vattenkraftverk utan reglerbara magasin ger en stor osäkerhet i tillgängligheten. Problem kan uppstå vid dåligt med nederbörd eller vid kalla temperaturer då vattnet kan frysa.

3.4.2 Vindkraft

Storskaliga vindkraftverk på land ligger normalt i storleksordningen 1 – 3 MW installerad effekt. Navhöjden på dessa verk är mellan 70 meter till drygt 100 meter. Beroende på vindförhållanden ger ett verk på 2 MW installerad effekt mellan 4 – 7 GWh el per år².

Vindförhållandena varierar kraftigt beroende på läge och höjd ovan mark. Beroende på marktyp minskar vindhastigheten ju närmare marknivån som verket placeras. I skogsområden minskar vindhastigheten snabbt vilket ger mycket dåliga vindar (och dessutom turbulenta) vid de höjder som är aktuella för småskalig vindkraft. Detta påverkar potentialen för småskalig vindkraft. För småskalig vindkraft är trolig navhöjd från under 10 meter upp till 30 meter eller något högre. (Baserat på vad som är standard på marknaden. Högre verk är möjliga för att till exempel kunna tillgodogöra sig goda vindar på högre höjd i skogsområden.)



Figur 5: Vindkraftverk installerat på villatomt i södra Sverige. Installerad effekt 5,5 kW. (Källa: www.winden.se)

Tre typverk som kan vara aktuella för småskaliga tillämpningar är:

- Ett "bygglovsfritt" verk med 3 meter i rotordiameter. Effekt 2,2 kW och navhöjd 10 meter.

² Bygger på antagandet om 2000 till 3500 fullasttimmar per år.

- Ett något större verk. 5 kW och 5 meters rotor och navhöjden 20 meter.
- Gårdsverk, 20 kW med 10 meters rotor och 30 meter torn.

I nedanstående tabell ges nyckeltal för de tre verkstyperna. Produktionen ökar som synes mycket kraftigt med ökad medelvind. Observera att när det gäller ekonomi så finns mycket stora skillnader i prisnivåer på befintliga verk. De priser som anges är för konkurrenskraftiga alternativ.

Tabell 1: Nyckeltal för typverk för småskaliga tillämpningar.

Effekt	2,2 kW	5 kW	20 kW
Rotordiameter	3 m	5 m	10 m
Navhöjd	10 m	20 m	30 m
Kostnad exkl. moms	Ca 50 000 kr	Ca 110 000 kr	Ca 480 000 kr
Produktion 4 m/s	2 000 kWh/år	4 400 kWh/år	24 500 kWh/år
Produktion 4,5 m/s	2 800 kWh/år	6 100 kWh/år	33 300 kWh/år
Produktion 5 m/s	3 600 kWh/år	7 900 kWh/år	42 500 kWh/år
Produktion 5,5 m/s	4 500 kWh/år	9 900 kWh/år	51 700 kWh/år
Produktion 6 m/s			60 500 kWh/år

Produktionen i tabellen ovan har beräknats från verkets effektkurva³ och en fördelning av vinden härledd ur medelvinden. Data från verkliga verk har använts. Dessa småskaliga verk har stor yta i förhållande till installerad effekt, vilket innebär att man uppnår högre andel av fullast vid lägre vindstyrkor än för stora verk. 10 % förluster har antagits. Om turbulensen är stor (t.ex. i stads- eller skogsmiljö) kan detta vara en underskattning, åtminstone för horisontalaxlade vindkraftverk.

I och med att produktionen och användningen varierar kommer det att uppkomma situationer då ett elöverskott fås som kan matas ut på nätet. I tabellerna nedan beskrivs elöverskottet för eluppvärmda respektive ej eluppvärmda villor med 2 kW eller 5 kW installerad vindkraftseffekt. För villor som idag har elvärme är överskottet begränsat. För villor utan elvärme blir överskottet större.

Tabell 2: Produktion och överskott för eluppvärmd villa (17 MWh/år) och 2 kW vindkraftverk. Produktion och överskott anges i MWh/år.

Vind	Produktion	Överskott (timbasis)	Överskott (månadsbasis)
4,0 m/s	2,0	0,04	0
5,0 m/s	3,6	0,2	0

Tabell 3: Produktion och överskott för eluppvärmd villa (17 MWh/år) och 5 kW vindkraftverk. Produktion och överskott anges i MWh/år.

Vind	Produktion	Överskott (timbasis)	Överskott (månadsbasis)
4,5 m/s	6,1	1,0	0
5,5 m/s	9,9	2,5	0,2

³ Anger hur stor produktionen är vid en given momentan vindhastighet.

Tabell 4: Produktion och överskott för ej eluppvärmd villa (6 MWh/år) och 2 kW vindkraftverk. Produktion och överskott anges i MWh/år.

Vind	Produktion	Överskott (timbasis)	Överskott (månadsbasis)
4,0 m/s	2,0	0,3	0
5,0 m/s	3,6	1,0	0

Tabell 5: Produktion och överskott för ej eluppvärmd villa (6 MWh/år) och 5 kW vindkraftverk. Produktion och överskott anges i MWh/år.

Vind	Produktion	Överskott (timbasis)	Överskott (månadsbasis)
4,5 m/s	6,1	2,9	1,0
5,5 m/s	9,9	5,9	3,9

För fritidsbostäder, som har en ojämn användningsprofil över året, kommer överskottet att bli ännu större. Detta gäller speciellt som det har antagits att ett större verk (5 kW) kan installeras på fritidstomterna. Även lantbrukare med ett gårdsverk kommer att få ett betydande överskott under delar av tiden.

I de fall som det inte finns elnät att sälja överskottet till krävs någon form av ellager för att vindkraft ska vara ett intressant alternativ för andra tillämpningar än för eluppvärmda villor. I avsnittet 3.4.9, "Energilager" beskrivs några olika möjligheter för ellagring.

3.4.3 Vågkraft

Det finns flera olika system för att utvinna den energi som finns i vågorna, så kallad vågkraft, men de allra flesta kan sorteras in i någon eller några av följande klasser:

- En oscillerande vattenpelare (OWC) består av en kammare med en öppning under vattnet genom vilken vattenpelaren i kammaren står i förbindelse med det vågpåverkade vattnet utanför. Inuti kammaren är luft instängd och när vattnet oscillerar strömmar luften genom en turbin.
- Vattentransportsystem som samlar vatten från infallande vågor för att skapa en höjdskillnad för att driva en eller flera lågtrycksturbiner.
- Oscillerande kroppar består av system som med varierande teknik låter vågorna sätta en kropp i rörelse och utnyttjar denna rörelse för att driva en generator.

Vågkraft befinner sig i dagsläget i en utvecklingsfas, där det sker en hel del projekt men ännu så länge är de kommersiella anläggningarna få. De främsta utmaningarna med att utvinna vågenergi är att kunna hantera variationer i vågeffekt och ha en konstruktion som klarar av påfrestningarna från stormar och den korrosiva miljö som havet utgör. Samtidigt som konstruktionen inte får vara så dyr att projektet blir ekonomiskt olönsamt.

Såväl Vattenfall som Fortum satsar på utveckling av vågkraft. Fortum har en pilotanläggning utanför Lysekil på svenska västkusten och en anläggning som testas i Portugal.

Anläggningen utanför Lysekil består totalt av 10 stycken bojar som flyter på ytan och rör sig upp och ner med vågorna. Genom en vajer som är förbunden med en generator på botten alstras energi.

Anläggningen utanför Portugal utnyttjar strandnära bottenvågor. Konstruktionen liknar mest en dörr vars gångjärn är förankrade i botten medan dörren svänger fram och tillbaka med vågornas rörelser. Vattenfall har ett projekt utanför Runde tillsammans med det lokala elnätbolaget Tussa AS. Tanken är att detta projekt ska ge tillräckligt med el för 24 hushåll. Vattenfalls övergripande mål är att ha en installerad effekt från vågkraft på 50 MW till år 2012.

3.4.4 Tidvattenkraft

Produktion av elenergi från tidvatten utnyttjar skillnader i hög- och lågvatten och de vattenflöden som detta ger upphov till. Tidvattenkraftverk kan delas in i två olika typer:

- Strömkraftverk utnyttjar de strömmar som uppstår på grund av tidvattnets rörelser. Energin produceras i turbiner som designas och placeras så att tidvatten kan strömma genom och producera energi. Grundprincipen kan liknas vid strömkraftverk placerade i andra strömmande vatten, dock ställer tillämpningen andra krav på hur turbinen utformas. Vissa tidvattenturbiner är därför närmast att likna vid vindkraftverk, medan andra har en mer kompakt konstruktion.
- Tidvattenkraft med dammar utnyttjar de stora höjdskillnader i havsvattennivå som tidvattnet kan ge upphov till. I anslutning till kustbandet byggs en dammanläggning som fylls med havsvatten då tidvattnet stiger och töms när tidvattnet sjunker. Energin produceras genom att vattenflödet in och ut ur dammen passerar genom en turbin. Tekniken är konventionell vattenkraftteknik, men ställer krav på relativt höga nivåskillnader för att bli lönsam. Därtill måste det finnas förutsättningar att konstruera dammanläggningen.

Tidvattenkraft i form av teknik för strömkraftverk har utvecklats längre än vågkraft, men befinner sig fortfarande i en utvecklingsfas. På samma sätt som inom vågkraften pågår en hel rad projekt världen över för att utveckla tekniken och en rad turbintekniker har presenterats. Tidvattenkraft med dammar är däremot en mogen teknik⁴, men begränsas av antalet lämpliga platser samt de höga investeringskostnaderna.

Till skillnad från vindkraft är tidvattenkraft förutsägbar i sin produktion på grund av regelbundenheten i tidvattenströmmarna. Förutsägbarheten är i sig en stor fördel då detta tillåter en bättre produktionsplanering, effektivare hantering av reglerkraft och därigenom ett effektivare energisystem.

⁴ Världens största anläggning är Rance tidvattenkraftverk, med en årlig energiproduktion om 600 GWh. Anläggningen invigdes 1966.

3.4.5 Geotermisk energi

El producerad från geotermisk energi

Från geotermisk energi så har hittills främst naturlig hydrotermisk energi nyttjats till elproduktion, vilket är möjligt då det finns hålrum i marken som innehåller ånga eller hett vatten. Den befintliga elproduktionen från geotermisk energi är därför relativt billig men också koncentrerad till ett litet antal områden i närheten av kontinentalplattornas gränser, där dessa hetvattenkällor ligger närmast jordytan samt att marken har tillräcklig genomsläpplighet.

Numer undersöker man möjligheterna att öka antalet områden där geotermisk energi kan utvinnas genom den så kallade HDR-tekniken (Hot Dry Rock). Denna teknik innebär att berggrund med dålig genomsläpplighet eller brist på vatten bearbetas så att den ändå lämpar sig för utvinning av geotermisk energi. Berggrunden "spräcks" genom att vatten under högt tryck injiceras via ett injiceringshål. Vattnet öppnar de existerande sprickorna och skapar nya. Då tillräcklig berggrundsvolym är spräckt och genomsläppligheten är lagom så borrar själva produktionshålet. Idealt så skapas ett slutet system, där kallt vatten pumpas ner i injiceringshålet, varvid det hettas upp av den varma, spräckta klippan, för att återtas till ytan via produktionshålet.

För både användning av naturlig hydrotermisk energi och HDR-tekniken kan själva energitvinningen ske på två olika sätt. Dels via den konventionella ångturbinstekniken och dels via binär cykeltekniken. Ångturbinstekniken kräver att vattnet/ångan håller en temperatur på 160°C, medan binär cykeltekniken kan användas för vattentemperaturer ner till 85°C. I det sistnämnda fallet så används en vätska med lägre kokpunkt än vatten för att driva turbinen.

Kapacitetsfaktorn för geotermisk energi kan bli upp mot 90 % samtidigt som geotermiska kraftverk kräver betydligt mindre land och förbrukar avsevärt mindre vatten per producerad enhet. Geotermiska kraftanläggningar kan också byggas upp modulvis vilket gör det enkelt att öka den installerade effekten, samtidigt som det kan finnas ekonomi försvarbart i relativt små anläggningar.

De nackdelar som finns är framförallt svårigheten att bedöma potentialen för en given plats. Det krävs kostsamma undersökningar av berggrund såsom genomsläpplighet, hårdhet och egenskaper hos markvattnet, exempelvis korrosion. Det är också svårt att förutspå tillgången på vattnet och resultaten är ofta osäkra. Detta beror på att förutsättningarna kan variera rejält även för korta avstånd.

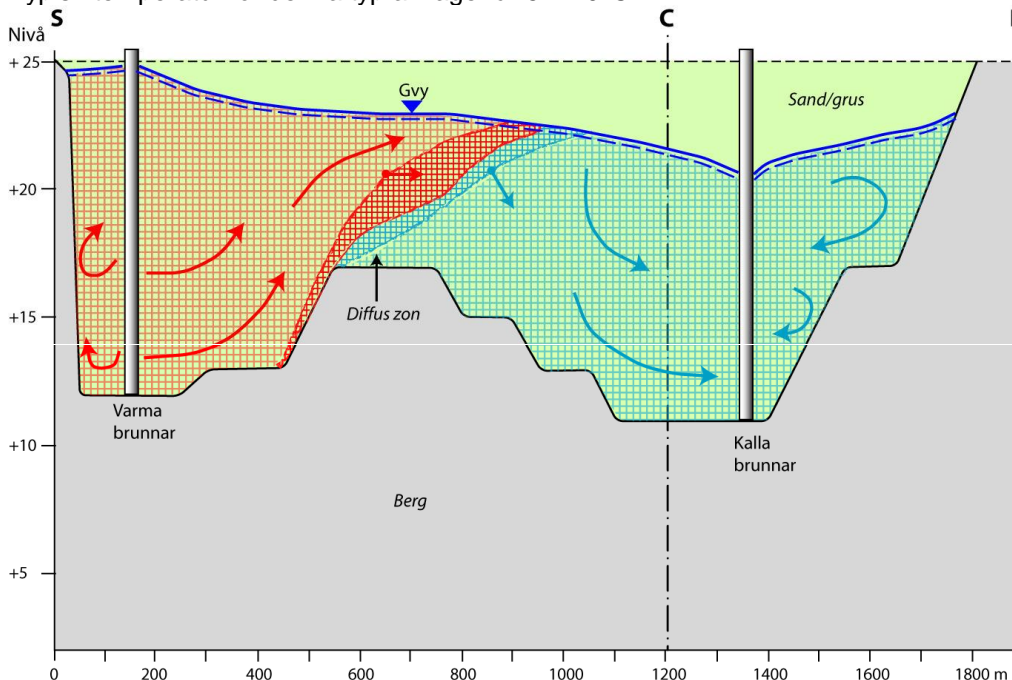
Kostnaden för ett geotermiskt kraftverk beror självklart till stor del på den valda platsen men investeringen ligger i storleksordningen 640 – 2 400 k€/MW och den löpande kostnaden kan uppskattas till 16-80 €/MWh. Grovt sett så fördelas investeringskostnaden på 50 % för identifiering och undersökning av området samt borrning av injicerings- och produktionshål. 40 % går till anläggningen och rörläggning. Ett HDR-demonstrationsprojekt slutfördes i slutet av 2007 i Landau-Pfalz, Tyskland, och andra var då under uppbyggnad i Soultz-sous-Fortêts, Frankrike och Cooper Basin, Australien.

Värme/kyla producerad från geotermisk energi

Geotermisk energi i form av lågtempererat vatten kan användas som en energikälla. I huvudsak finns tre teknologier för detta: borrhålslager, akviferlager och grundvattensbrunnar.

I grundvattensbrunnar används grundvattnet och tekniken är beroende av att vatten kan flöda genom berggrunden. Ett par meter ned har berggrunden ungefär samma temperatur som den genomsnittliga utomhustemperaturen. Efter att värmen/kylan i vattnet har använts återförs vattnet till marken en bit från brunnen.

Ett akviferlager fungerar på ett liknande sätt, dock återförs det använda vattnet till akviferen och pumpas upp igen när behovet skiftar från uppvärmning till kylning eller tvärtom. På detta sätt kan kallt vatten pumpas upp på sommaren och varmt vatten pumpas upp på vintern. Typisk temperatur för denna typ av lager är 5 – 20°C.



Figur 6: Schematisk illustration över principen för ett akviferlager (Källa: Sweco)

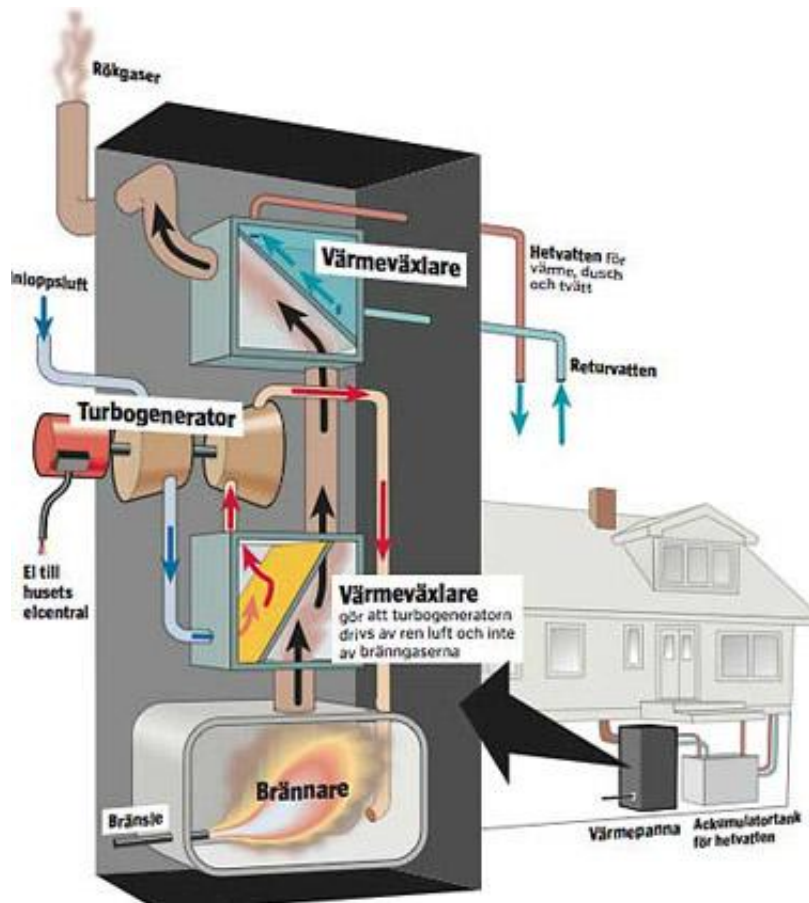
Det tredje alternativet är borrhålslager som använder fast berggrund. Samma temperaturer som vid akviferlager är vanligt även för borrhålslager. Borrhålslager har också fördelen att tekniken enkelt kan appliceras decentraliserat, exempelvis i anslutning till enskilda huskroppar.

3.4.6 Bioenergi

Träbränslen för värme- och elproduktion

Förbränning av ved och pellets är vanligt för småskaliga tillämpningar. Främst används det för värmeproduktion, både för uppvärmning av hus och för tappvarmvattenproduktion.

Möjlighet finns även för kombinerad el- och värmeproduktion genom mikroturbiner.



Figur 7: Schematisk illustration över kombinerad el- och värmeproduktion i mikroformat. (Källa: www.ecoprofile.se)

Mikroturbiner i form av kombinerade el- och värmepannor i småhus är en teknik som håller på att utvecklas. Enligt Ny Teknik installeras 5000 kombinerade el- och värmepannor varje år i EU och Japan⁵.

Elproduktionen i en mikroturbin är beroende av värmebehovet och blir därför störst på vintern när värmebehovet är störst. Ungefär 1 del el produceras på 2 delar värme. Under de kallaste vintermånaderna kan ett visst elöverskott produceras.

Biogas för värme- och elproduktion

⁵ Tidskriften Ny Teknik, 2006

Rötbart avfall är en resurs som i många fall inte är fullt utnyttjad. Det kan till exempel handla om rötbart material från reningsverk, hushållsavfall, restaurangavfall och jordbruksavfall. Förutom att rötning är ett sätt att producera biogas är det även ett sätt att bli kvitt organiskt avfall. Den rest som blir kvar efter rötningen kan i många fall användas till jordförbättringsmedel inom jordbruket.

Gödsel från lantbruk med djur har ofta god potential att användas på plats, till så kallad gårdsgas. Annat biologiskt avfall såsom exempelvis avfall från fiskeindustri kan med fördel transporteras till större anläggning för biogasproduktion.



Figur 8: Gårdsgasanläggning på Stora Svenstorp utanför Götene. Gödselbrunnen har blivit röt-kammare. (Källa: Götene Gård)

Biogas kan användas direkt för förbränning och ge värme eller både el och värme. Alternativt kan gasen uppgraderas till fordonbränsle. Det sistnämnda kräver dock viss storskalighet.

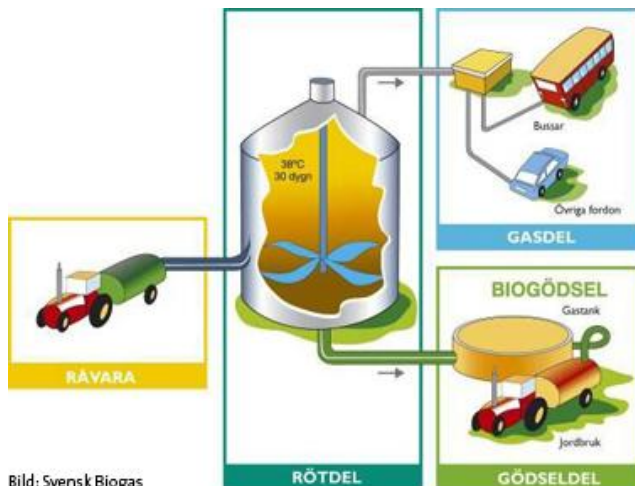


Bild: Svensk Biogas

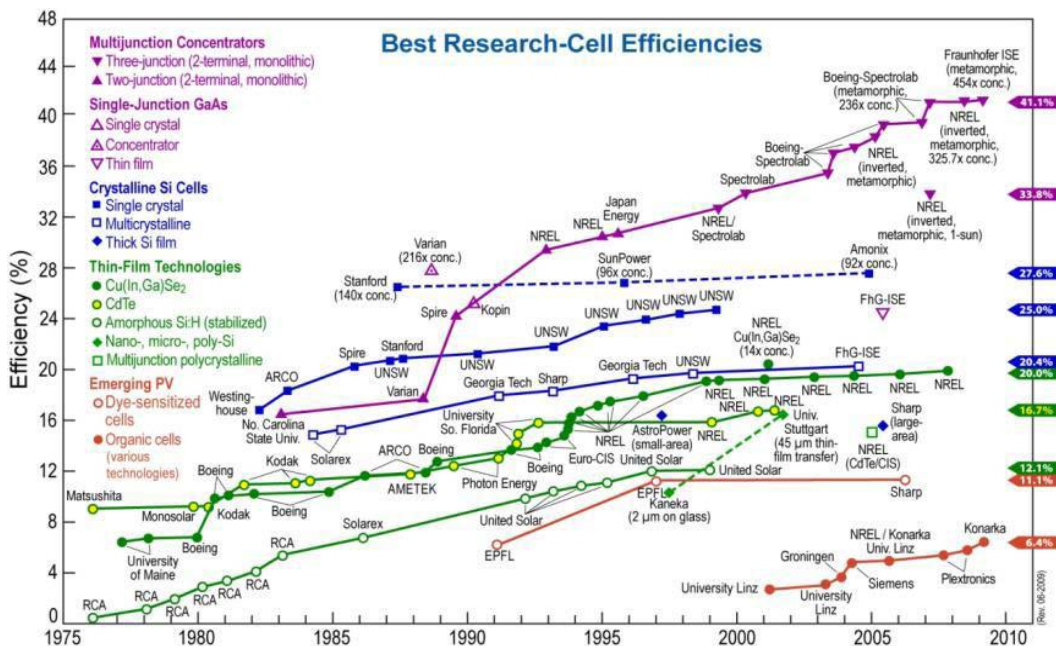
Figur 9: Produktion av fordonsgas. Restproduktion från rötningen blir biogödsel. (Källa: Svensk Biogas)

3.4.7 Solenergi

Solceller - elproduktion

De bästa solcellsmoduler som finns på marknaden i dagsläget har en verkningsgrad på ca 19 %. I Sverige ligger de moduler som vanligen installeras idag på 13 – 15 % verkningsgrad. Den el som går till elnätet blir dock mindre, främst pga verkningsgraden i växelriktaren. Ca 75 % är normal verkningsgrad i växelriktare. Istället för 13 – 15 % erhålls i därför en total systemverkningsgrad på ca 10 – 11 %. Elproduktionen per installerad kW varierar stort beroende på solförhållandena. I Sverige blir eluttaget ca 850 kWh per installerad kW vilket motsvarar ca 110 kWh per m² och år.

Själva solcellerna som modulerna byggs upp av har dock högre verkningsgrad. Figur 10 nedan visar den historiska utvecklingen för olika tekniker. I figuren visas även koncentrerande system där speglar eller linser fokuserar solljuset mot solcellerna. För koncentrerande system har en verkningsgrad på strax över 40 % uppnåtts.



Figur 10: Historisk utveckling av verkningsgrad för olika solcellstekniker. (Källa: National Research Energy Laboratory)

Den vanligaste tekniken har historiskt varit och är fortfarande kristallina kiselceller. Tunnfilmstekniken är dock på frammarsch. Tunnfilmssolceller svarade för 22 % 2009. Enligt European PhotoVoltaic Industry Association (EPIA) förutspås en ökning till 25 % till 2014.

I takt med att produktionen av solceller har ökat har priset sjunkit. Särskilt mycket sjönk priserna år 2009. I Tyskland som installerade mest solceller i världen under 2009 sjönk priset för färdiginstallerade solcellssystem med 27 % från kvartal 1 2009 till kvartal 1 2010,

Solfångare - värmeproduktion

Solfångare som producerar värme är en billigare teknik än solceller. Energiuttaget är ca 300 – 530 kWh värme per m² och år i Sverige för plattsolångare. Vakuumsolfångare är effektivare och ger ca 450 – 775 kWh värme per m² och år i Sverige. Kostnaden för själva solångaren är mellan 2000 – 6000 kr per m² beroende på teknikval och storlek. Kostnad tillkommer för ackumulatortank och installation.

Vanligtvis dimensioneras solångare så att de täcker tappvarmvattenbehovet under halva året. I Sverige behövs då ca 5 m².

En möjlighet är även att koppla en varmluftsfläkt till solångarsystemet för att använda solenergin till uppvärmning.

3.4.8 Vätgas/Hydrogen

Väte är ingen energikälla i sig eftersom det inte finns några större naturliga förekomster och det krävs energi för att producera vätgas, men däremot så kan vätgasen användas för att lagra energi.

Vätgasen bildas antingen genom elektrolys av vatten eller via ångreforming. Vid elektrolysen så krävs en strömkälla för att spjälka vattenmolekylerna till syre- respektive vätgas. Verkningsgraden för elektrolys ligger på 60-70 %, men har fördelen av att kunna användas även i liten skala. Ångreforming är billigare än elektrolys och går ut på att ett kolvätebaserat bränsle, exempelvis naturgas, ångreformas. Detta innebär att man låter vatten reagera med bränslet under högt tryck och hög temperatur.

Vätgasen kan sedan användas direkt via förbränning eller som bränsle till bränsleceller. Vid förbränning så kan konventionella metoder användas och det finns idag bilar som går att köra på vätgas. Principen är den samma som för en vanlig gasbil som drivs av metan. Verkningsgraden vid förbränning av vätgas ligger på ungefär 40 %, vilket är något högre än för bensindrivna förbränningsmotorer. Bränslecellen fungerar enligt samma principer som elektrolys fast reaktionen går åt andra hållet. Detta innebär att vätgas får reagera med syret i luften varvid vatten, värme och elektrisk energi bildas. Verkningsgraden för bränsleceller ligger på ungefär 60-70 %. I dagsläget är det dock ett mycket högt pris på bränsleceller, ungefär 5 500 USD per kilowatt.

Vid förbränning av vätgas bildas vatten och kväveoxider, medan energiutvinningen via bränsleceller i stort sett endast ger vatten som restprodukt. Därmed beror vätgasens miljöpåverkan dels på vilket primärbränsle som användes vid vätgasframställning, dels på transporten av vätgasen.

I Utsira kommun i Norge fanns från 2004 en vindkraftanläggning som var kombinerad med ett vätgaskraftverk. Det handlade om ett fullskaleprojekt för att uppnå självförsörjning av el. Då de två vindkraftverken på 600 kW ger ett överskott av energi så brukas överskottet till att skapa vätgas via elektrolys. Ett av de två verken var kopplat till vätgasproduktionen. När vindkraftverken sedan ger ett underskott på energi så används vätgasen för att producera el. Försöket är nu avvecklat.

På Grönland har en vätgasanläggning etablerats för att kunna utnyttja överskottskapaciteten från ett vattenkraftverk. Denna demonstrationsanläggning omfattar en elektrolysanläggning, ett vätgaslager och en bränslecellsenshet. Invigningen skedde i mars 2010.

På flera andra ställen i Norden så arbetas mycket med vätgas till transportsektorn, bland annat via byggnationen av tankstationer t ex på Island.

3.4.9 Energilager

Några av de förnybara energikällorna som är av intresse idag är utvinning av energi från solen och vinden. Dessa energislag har den nackdelen att elproduktionen från dem varierar mycket och sällan matchar förbrukningen – framförallt toppförbrukningen. Därför har det hittills krävts att dieselgeneratorerna funnits kvar för att täcka behovet då de förnybara källorna inte räcker till. Detta har gjort att det nu satsat hårt på att hitta metoder för att kunna lagra energin och därigenom kunna matcha tillgång och efterfrågan "fossilfritt".

Två sätt att lagra energi har redan nämnts, dels pumpkraftverk som i dagsläget är det mest etablerade sättet, dels i form av vätgas. Andra möjliga energilager är följande:

Olika typer av batterier, där litiumjonbatterier är den batterityp som slagit igenom för bärbara produkter och de anses lovande även för storskalig lagring. Denna batterityp har hög energitäthet jämfört med andra batterier men är också relativt dyra. I Presidio, Texas har man nyligen tagit en Natrium-Svavel (NaS) batterisystem i bruk (2010-04-08). Systemet kan leverera 4 MW i 8 timmar (32 MWh) och består av 80 stycken moduler till en totalkostnad av 25 miljoner USD. NaS-batterierna har en snabb svarstid vilket gör att spänningsvariationer och momentana avbrott kan hanteras.

En annan batterityp är flödesbatterier som finns i en rad olika sorter. Den gemensamma nämnaren är att de använder flytande elektrolyter som lagras i tankar. Flödesbatterierna har lång livslängd men förhållandevis låg energitäthet. I Alaska finns det en provanläggning med Vanadin Redox Batteriet (VRB), som är ett exempel på flödesbatteri. Det är Alaska Center for Energy and Power (ACEP) som ansvarar för testerna och det har visat sig att det finns ett antal tekniska utmaningar som måste lösas innan tekniken kan anses redo för kommersiellt bruk.

Superkondensatorer, fungerar som vanliga kondensatorer men har en större inre yta, vilket gör att den kan lagra tusentals gånger mer laddning. Superkondensatorerna är väldigt snabba att ladda upp och ur så de kan användas i fordon för att ta hand om energin vid inbromsning. Superkondensatorerna har längre livslängd än batterier men de har samtidigt lägre energiinnehåll per viktenhet.

Det går också att lagra energi genom att pumpa ner komprimerad luft i berggrum i marken. Den komprimerade luften kan sedan användas för att driva en turbin, antingen direkt som ren luft eller uppblandat med naturgas. I tyska Huntorf så finns en anläggning på 290 MW. Denna typ passar bra för storskalig lagring men lagringsformen genererar förluster i form av värme och har en verkningsgrad på cirka 75 %. Ifall man har ett berggrum på 100 000 m³ och som fylls med luft som komprimeras till 80 bars tryck så kan detta generera 300 MWh.

Som tidigare nämnts så är en lagringsmöjlighet för elektricitet att låta överskottsenergin gå till elektrolys av vatten för att därigenom bilda vätgas. Man kan också ta detta ett steg vidare genom en kemisk reaktion med koldioxid, vilket ger metan, alltså naturgas framställd på syntetiskt vis. Verkningsgraden vid omvandling av ström till metan ligger på cirka 60 % och den stora fördelen är att metanet kan lagras enklare än vätgasen. Det är ett tyskt forskningsprojekt i Baden-Württemberg som har byggt en liten provanläggning. 2012 ska en anläggning med 10 MW effekt byggas.

Pumpkraftverk

Pumpkraftverk är ett sätt att lagra elektricitet. I ett pumpkraftverk pumpas vatten från en lägre reservoar till en högre när el skall lagras och flödar sedan åter när el skall genereras. Pumpkraftverken har i en verkningsgrad på ca 75 %, det vill säga att man får tillbaka 75 % av den investerade energin. Denna möjlighet ställer stora krav på förutsättningarna, men om dessa finns så är det en teknik som är en av de mest effektiva för just elektricitetslagring⁶.

Om magasinet är stort kan pumpkraft användas för att jämna ut säsongsmässiga variationer i konsumtionen, medan mindre magasin bäst lämpar sig för att jämna ut dygnsmässiga variationer.

3.4.10 Värmepumpar och kylmaskiner

Värmepumpar och kylmaskiner är i grunden samma typ av maskin och kan användas för båda syftena. El används för att "pumpa" temperaturen från en "energibrunn" till önskad temperatur. Ju mindre temperaturintervall som behövs "pumpas" desto bättre blir prestandan.

Kylmaskiner använder ofta utomhusluft som energibrunn. Alternativa energibrunnar är utluft från ventilation, borrhål i berggrunden och grundvatten. De två sistnämnda är exempel på geotermiska energibrunnar.

För att värmepumpar/kylmaskiner ska anses ha god miljöprestanda gäller det att elen som driver dem kommer från förnybar källa.

Kyla till ventilation kan även produceras med värme (minst 55°C) och vatten, med hjälp av sorptiv kyla (DesiCooler eller motsvarande). Tekniken innehåller en absorptionstork, vilket gör tekniken extra intressant vid behov av luftavfuktning.

⁶ Investeringar i småskalig vattenkraft vid befintliga dammar - En studie av teknik-, ekonomi- och miljöfrågor, Sven Lees Februari 2006, Institute of Technology Linköping University S-581

4 Befintliga energisystem och regional potential för hållbar utveckling

Följande kapitel omfattar en översikt av valda nordiska regioner med avseende på:

- Energibalans
- Tillgänglighet och pris på energi
- Brister i leverans kvalitet
- Potential
- Intressanta exempel/projekt
- Samhällsutveckling och livskvalitet
- Behov för utveckling

Tabell 6 visar en översikt av nuvarande energisystemlösningar för studerade områden som beskrivs mer i detalj under respektive landsavsnitt i detta kapitel.

Tabell 6: Översikt av nuvarande energisystem i studerade områden.

Teknik	Färöarna	Grönland	Grímsey	Kökar	Brändö	Kittilä	Vilhelmina	Tanum	Røst
Elnät				✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fossil produktion	✓	✓	✓					✓	
Fossildrivna reservkraft			✓	✓			✓		✓
Vattenkraft	✓	✓					✓		
Vindkraft	✓			✓				✓	
Vågkraft									
Tidvattenkraft									
Geotermisk									
Träbränsle (värme)					✓	✓	✓	✓	
Biogas									
Solceller									
Solfångare								✓	
Vätgas									
Energilager									
Värme-pumpar							✓	✓	

4.1 Val av områden

Sverige är till stora delar ett glesbefolkat land. Trots detta är elnätet utbyggt till nära 100 %. Tillgängligheten i elnätet är dock mycket varierande i olika delar av landet. För studien av glesbebyggda områden i Sverige har två kommuner valt ut dels utgående från Energimarknadsinspektionens statistik över lokalnät med flest antal avbrott per kund och dels med utgångspunkt att få med en kommun med öar med



Figur 11: Karta över val av områden

permanentboende befolkning. Svenska kraftnäts utvärdering av stadsbidragen för restelektrifiering från 2003 användes även för att se vilka län som tidigare har haft många fastigheter som sök bidrag för nätanslutning. De kommuner som har valts ut är Vilhelmina kommun i Västerbottens län (södra Lappland) och Tanums kommun i Västra Götalands län (västkusten).

Efter kontakter med TBO-arbetsgruppen samt den Åländska landskapsregeringen och en översiktlig analys av Fingrids stamnät med kommuner som inte hade ett omfattande stamnät identifierades några områden med glesbygdsproblematik med avseende på energiförsörjningen. De kommuner som slutligen valdes ut var Kökar, Brändö och Kittilä. Områden på Åland valdes med rekommendationer av Ålands landskapsregerings el- och energienhet. Kommunerna är små skärgårdskommuner. I finska Lappland valdes Kittilä kommun från områden med lägre leveranskvalitet, god potential för förnybar energiproduktion, samtidigt som elefterfrågan (i och med gruvsdrift) är hög.

För Island identifierades potentiellt intressanta områden har identifierats genom en semikvantitativ bedömning baserad på inhämtande av publik data/information tillgänglig via Internet, pressmeddelanden, nyheter/nyhetsarkiv, företag, myndigheter, kommun, högskolor/universitet etc, intervjuer, rapporter och andra kontaktytor. De områden som identifierades som potentiellt intressanta var Grímsey och Flatey. Flatey består av ett fåtal bofasta vilket gör att ett konverteringsstöd till förnybart alternativ för egen hushållning av värme och el är mer motiverat och kostnadseffektivt, varför Grímsey valdes.

För Norge identifierades Røst som ett exempel på den typiska kustkommunen i glesbygden i Norge. Kommunen är avskild från fastlandet, har ett högt beroende av eltilförsel via en kraftkabel från fastlandet, och avsaknad av annan energitillförsel. Samtidigt har kommunen en god potential för förnybar energiproduktion. Kommunen är samtidigt belägen i Lofoten, vilket generellt är ett energimässigt underskottsområde.

Grönland och Färöarna ingår i sin helhet i studien. Båda regioner tillförs energi från avskilda energisystem och identifieras utifrån flera av de faktorer som definierar ett perifert energisystem.

4.2 Finland

Kartläggningen av Finland delas in i dels Åland där kommunerna Brändö och Kökar ingår samt, Kittilä kommun beläget i finska Lappland. I denna kartläggning ses Åland som en del av Finland och det sammanhängande nordiska elsystemet.

4.2.1 Åland

Åland har mycket goda förutsättningar för en storskalig utbyggnad av vindkraft. Potentialen överstiger det regionala behovet av elkraft vilket därmed innebär att Åland skulle kunna bli en nettoexportör av förnybar energi. Genom att Ålands stamnät är anslutet till det svenska stamnätet och en ny likströmsförbindelse till det finska stamnätet är under utbyggnad finns också de grundläggande förutsättningarna för att en sådan nettoexport skulle kunna vara möjlig. Hinder finns dock i form av utbyggnadskostnader av det Åländska regionala elnätet samt svårigheter i tillståndsprocessen, bland annat på grund av naturskyddshänsyn.

Utbyggnaden av åländsk vindkraft har pågått sedan mitten av 1990-talet och står idag för cirka 20 % av den totala elförbrukningen. Utbyggnaden drivs framförallt av lokala aktörer såsom Ålands Vindenergi Andelsbolag eller Ålands elandelslag vilka också planerar ett flertal projekt som kommer att öka andelen förnybar produktion på Åland avsevärt.

Ålands landskapsregering införde 2009 ett räntebidrag för etablering av större vindkraftparker i syfte att skapa bättre förutsättningar för etablering av vindkraft. Från och med 1 januari 2011 har Finland infört inmatningstariffer för förnybar energi (bl.a. vindkraft). Åland kommer i nuläget inte att inkluderas i systemet för inmatningstariffer.

Vindkraften skapar förutsättningar att möta nationella och internationella klimatmål. Samtidigt skapar en åländsk exploatering av vindenergi möjligheter för en regional utveckling av näringslivet genom möjlighet till utveckling av energiföretag inom produktion såväl som utveckling av kompetens inom miljö och energiteknik, vilket i sin förlängning skapar ytterligare förutsättningar för ett utvecklat näringsliv.

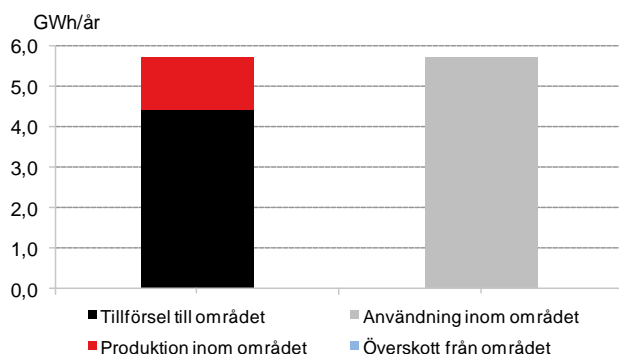
4.2.2 Brändö

Brändö kommun har 482 bofasta invånare, 110 km² i landyta och beläget i östra delen av Ålands skärgård.

Energibalans

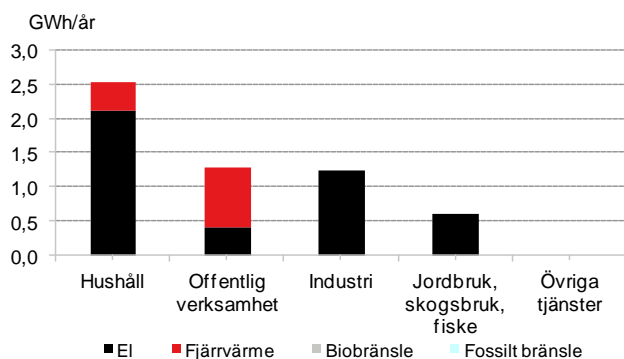
Ålands Elandelslag är nätägare på Brändö. I Brändö finns en värmecentral för produktion av närvärme byggd 2007 som går på i huvudsak flis. Den är på 500 kW och förser via kulvertar närvärme till kommunens skola/bibliotek, Brändöhallen, Solkulla/Hemgården(äldreomsorgen) och två stycken radhuslängor.

Energibalans Brändö kommun



Figur 11: Energibalans Brändö kommun. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Brändö tillförs energi dels genom en kraftkabel från fastlandet och dels genom egen värmeproduktion från en värmecentral. Inget överskott av energi produceras.

Slutanvändning per sektor Brändö kommun



Figur 12: Slutanvändning per sektor i Brändö kommun. Lokalt producerad värme tillförs hushåll och offentliga lokaler

Utöver hushåll finns viss kommunal service och näringsverksamhet i form av jordbruk och fiske.

Tillgänglighet och pris på energi

El används i ganska stor utsträckning till uppvärmning av bostäder och lokaler. Biobränsle används av enskilda hushåll men statistiska uppgifter saknas. Totalt är 611 kunder anslutna till elnätet. Utöver dessa finns ett okänt antal sommarstugor som inte är anslutna till elnätet och har troligen enskilda lösningar för framförallt elproduktion.

Elnätstariffen till hushåll är 5,6 cent/kWh för en hushållskund med 25 A säkring och 20000 kWh/år i elförbrukning. Därutöver tillkommer energipriset som är nordiskt elmarknadspris plus elskatt.

Brister i leveranskvalitet

Brändö har två sjökabelanslutningar, en från Finland och en från Åland, för elleveranser. Redundant kraftförsörjning skapar förutsättningar för en god leveranskvalitet. Brändö hade under 2010 tre korta elavbrott.

Kan jämföras med Ålands elandelslag genomsnittliga avbrottsfrekvens som är 3,1/år och elanslutning respektive en genomsnittlig avbrottslängd på 36 minuter.

Potential

Potential finns för utbyggnad av vindkraftverk och ökad fliseldning.

Samhällsutveckling och livskvalitet

Lokala företrädare anser inte att energin är för dyr och att tillgängligheten är för låg för att hindra etablering av företag. Istället skapar energisektorn – genom vindkraften – en möjlighet till regional utveckling.

Behov för utveckling

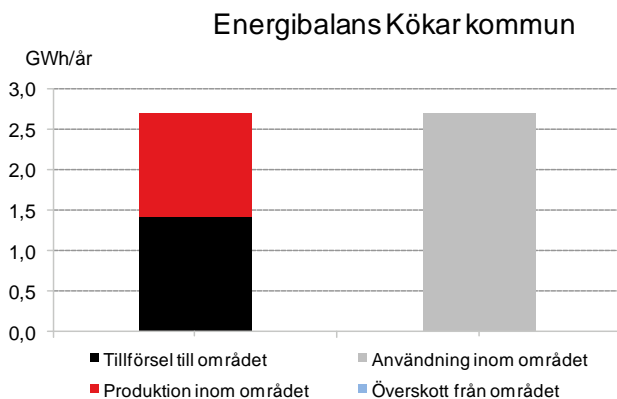
I intervjuerna framkommer att en lokal utveckling som stödjer produktion av framförallt billig energi efterfrågas.

4.2.3 Kökar

Kökar kommun har 261 bofasta invånare, 60 km² i landyta och beläget i sydöstra delen av Ålands skärgård.

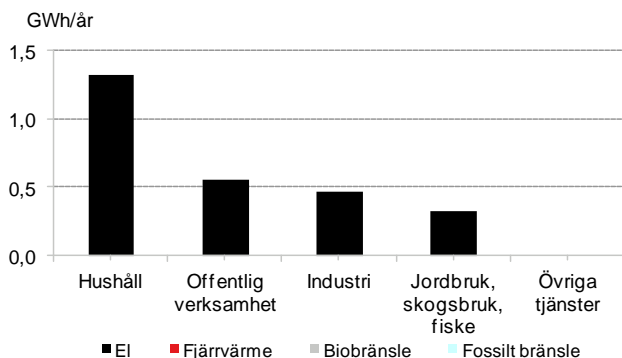
Energibalans

Ålands Elandelslags är nätägare på Kökar och Ålands Vindenergi Andelslag äger och driver ett 500 kW vindkraftverk på Kökar som varit i drift sedan 2009.



Figur 13: Energibalans Kökar kommun. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Kökar tillförs energi dels genom en kraftkabel från fastlandet och dels genom ett vindkraftverk placerat på ön. Vindkraftsproduktionen utgör cirka hälften av Kökars energibehov. Ett eventuellt överskott vissa timmar kan exporteras via kraftkabeln.

Slutanvändning per sektor Kökar kommun



Figur 14: Slutanvändning per sektor i Kökar kommun.

Utöver hushåll finns viss kommunal service och näringsverksamhet i form av jordbruk och fiske.

Tillgänglighet och pris på energi

El används i ganska stor utsträckning till uppvärmning av bostäder och lokaler. Totalt är 378 kunder anslutna till elnätet. Utöver dessa finns ett okänt antal sommarstugor som inte är anslutna till elnätet och troligen har enskilda lösningar för framförallt elproduktion.

Elnätstariffen till hushåll är 5,6 cent/kWh för en hushållskund med 25 A säkring och 20000 kWh/år i elförbrukning. Därutöver tillkommer energipriset som är nordiskt elmarknadspris plus elskatt.

Brister i leverans kvalitet

Kökar har endast en sjökabelanslutning från det finländska fastlandet. Vid risk för längre avbrott transporteras mobila dieseldrivna aggregat till Kökar. Ålands elandelslag genomsnittliga avbrottsfrekvens som är 3,1/år och elanslutning respektive en genomsnittlig avbrottslängd på 36 minuter.

Potential

Storskalig exploatering av lokala hållbara energiresurser begränsas på grund av begränsningar i distributionssystemet genom att elkabeln från Kökar är för liten för att man skall kunna exportera el. Därför byggs inte fler vindkraftverk trots goda vindförhållanden och att kommunen gärna ser att det byggs flera vindkraftverk.

Potentialen för fliseldning är god i och med att det finns tillgång till bränsle.

Samhällsutveckling och livskvalitet

Lokala företrädare anser inte att energin är för dyr och att tillgängligheten är för låg för att hindra etablering av företag.

Behov för utveckling

Utbyggnad av vindkraft och en eventuell utbyggnad av biobränsleanvändning.

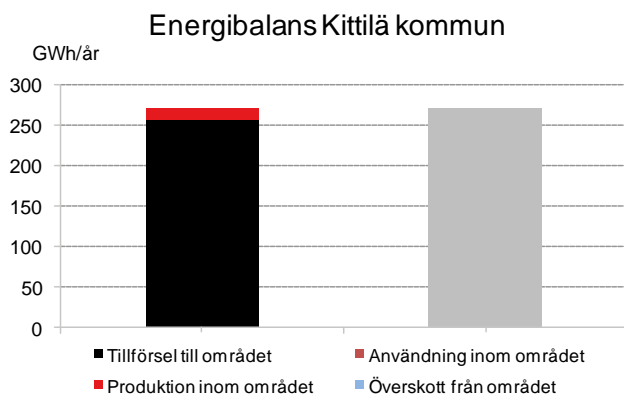
4.2.4 Kittilä kommun

Kittilä kommun har 6 160 bofasta invånare, en yta på 8 300 km² och är beläget i norra Lappland i Finland. I kommunen finns en av Europas största guldgruvor samt en av Finlands större skidanläggningar.

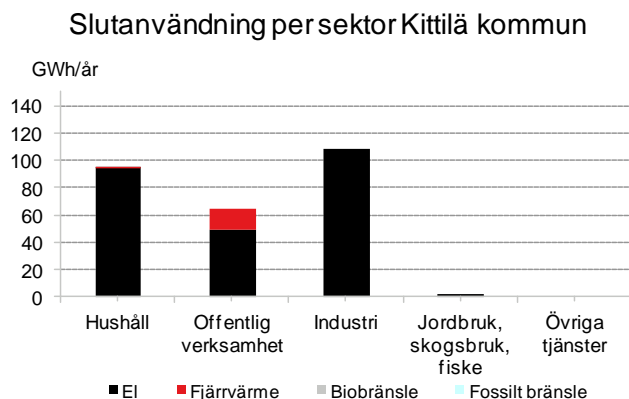
Energibalans

Elanvändningen i Kittilä kommun är långt över medelvärdet för användning av el i Finland. Det finns mycket semesterboende och över hälften av hushållens elanvändning kommer från semesterboenden. Industris elanvändning domineras av gruvindustri. Medelförbrukning är ungefär 41 000 kWh/anslutning pga. industri och turism (Finlands genomsnitt är ungefär 30 000 kWh/anslutning).

Det finns inga elproduktionsanläggningar i Kittilä kommun. Fjärrvärmenätet försörjs av en 11 MW fliseldad värmepanna och är begränsat till mycket litet område med 27 kunder huvudsakligen inom kommunal förvaltning och service samt några hushåll.



Figur 15: Energibalansen Kittilä kommun. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Kommunen tillför energi dels genom elkraft och dels genom egen produktion av fjärrvärme.



Figur 16: Slutanvändning per sektor i Kittilä kommun.

Tillgänglighet och pris på energi

Elnätet i Kittilä kommun tillhör Rovakaira Oy. Tillgängligheten på elkraft är god (väl utbyggt elnät), fjärrvärmesystemet är dock bara utbyggt i begränsad omfattning och är primärt inriktat mot värmeförsörjning av offentliga lokaler.

Elnätstariffen till hushåll är 3,4 cent/kWh för en hushållskund med 25 A säkring och 20000 kWh/år i elförbrukning. Därutöver tillkommer energipriset som är nordiskt elmarknadspris plus elskatt.

Brister i leverans kvalitet

Trots det höga elberoendet är leverans kvaliteten relativt låg (jmf Vilhelmina kommun). Under 2010 registrerades exempelvis 10 enskilda avbrott varav det längsta varade över 9 timmar.

Potential

I regionen finns god potential för både vindkraft och en utbyggd biobränsleproduktion. Fortum planerar tillsammans med Forststyrelsen utbygganden av totalt 18 vindkraftverk (totalt 36–54 MW) i kommunerna Kittilä och Sodankylä, vilket innebär att närmare 40 % av kommunernas elförbrukning kan bestå av lokal vindkraftsproduktion.

Samhällsutveckling och livskvalitet

Lokala företrädare anser inte att energin är för dyr och att tillgängligheten är för låg för att hindra etablering av företag. Dock kan en ökad exploatering av de lokala energipotentialerna utgöra en möjlighet för näringslivsutveckling.

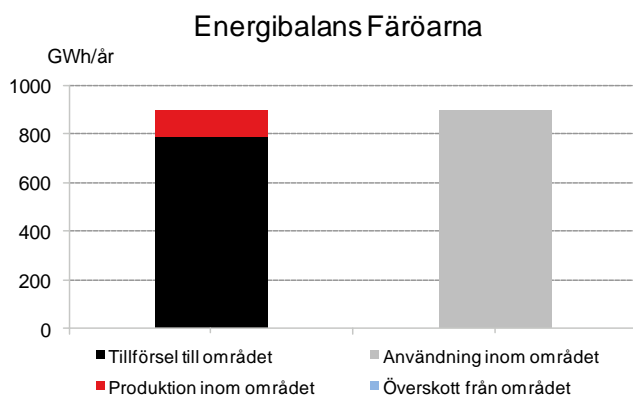
Behov för utveckling

Utveckla det lokala näringslivet så förutsättningarna stärks för en effektiv exploatering av de lokala hållbara energiresurserna (jämför Åland, kapitel 4.2).

4.3 Färöarna

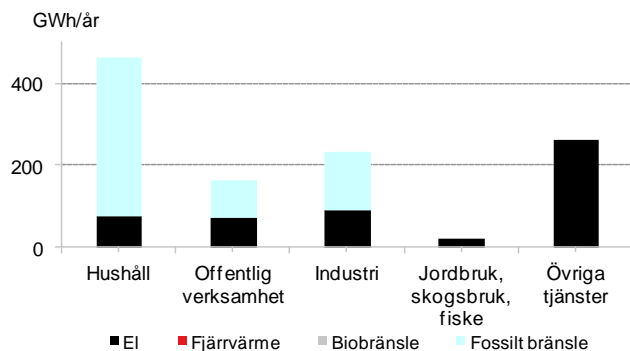
Färöarna är ett ö-samhälle med en landyta om 1 400 km² och med ca 50 000 invånare. Färöarna är inte elektriskt anslutet till något annat elnät i Europa. Huvudnäringen är fiske. På senare tid har fynd av olja gjorts men det är osäkert om fälten är lönsamma utvinna.

Energibalans



Figur 17: Energibalans Färöarna. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Energi tillförs primärt genom import av fossilt bränsle. Därutöver sker tillförsel av egenproducerad vattenkraft och en marginell produktion av vindkraft. Färöarna är en nettoimportör av energi.

Slutanvändning per sektor Färöarna



Figur 18: Slutanvändning av energi på Färöarna. Hushållens stora användning av fossilt bränsle utgörs till största delen av eldningsolja för uppvärmning.

Elproduktionen på Färöarna var 249 GWh 2008. 60 % var fossilbaserat, 37 % vattenkraft och 3 % vindkraft. Merparten av uppvärmning sker genom oljepannor hos varje hushåll. Några värmepumpar finns installerade i samband med ett pilotprojekt, bland annat kontoret till Energidepartementet Jarðfeingi (42kW).

Tillgänglighet och pris på energi

Det färöiska statsägda elbolaget SEV är huvudsaklig leverantör av energi och är också nätagare. Ett typiskt hushåll betalar 23 cent/kWh för både nät och el (inklusive moms).

Potential

Färöarna har ett mål om att 75 % av elproduktionen skall komma från förnybara källor till 2020.

Det har tidigare genomförts undersökningar av geoenergipotentialer för Färöarna och goda potentialer har identifierats. Ett antal försöksanläggningar har etablerats. Geoenergi med värmepumpar är ett bra alternativ till oljeeldade värmepannor genom klimatet med relativt hög minimi- och medeltemperatur samt en lång uppvärmningssäsong.

Intressanta exempel

Hösten 2010 arrangerades en konferens på Färöarna om pumpkraftverk och då speciellt i kombination med vindkraft. SEV, Jarðfeingi och det privatägda elproduktionsföretaget Røkt har genomfört undersökningar och identifierat lämpliga städer för pumpkraftverk. SEV har också lagt fram planer på en utbyggnad av vindkraft stabiliserad med batterier.

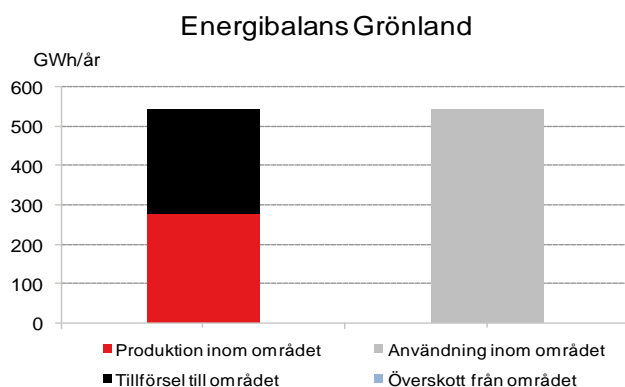
På Nólsoy startes under våren 2011 ett vind-till-värme projekt där vindkraft i används för att tillföra värmeenergi till hushållen via ett separat elnät. I hushållen finns en elpatron och ackumulatortank för möjlighet att lagra energi. Nólsoy är anslutet till det regionala elnätet på Färöarna.

Färöarna och elbolaget SEV har undersökt möjligheterna att producera energi från vågkraft och tidvattenkraft. Potentialen för produktion av tidvattenkraft har blivit kartlagd och är betydande och preliminära försök med att utnyttja tidvattenenergi är startade.

4.4 Grönland

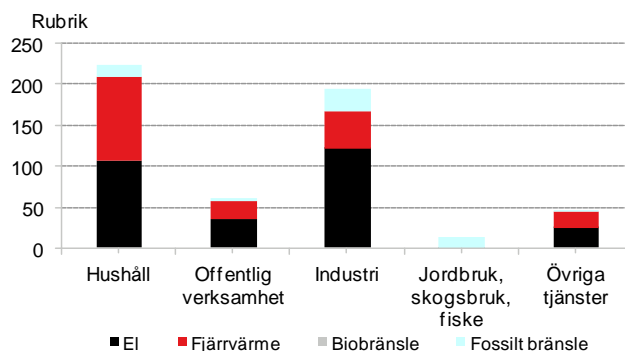
Grönland har ca 57 000 invånare och är med sina 2,2 miljoner km² världens största ö. Av den totala ytan är ca 340 000 km² isfritt (kusterna). De tidigare 18 kommunerna slogs 2009 samman till fyra kommuner. Befolkningen är mycket ojämnt fördelad: Västgrönland hyser 91 % av befolkningen, medan motsvarande siffror för Östgrönland är 6,3 % och Nordgrönland 1,6 %.

Energibalans



Figur 19: Grönlands energibalans. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Tillförsel av energi sker dels genom import av olja vilken används för både el- och värmeproduktion och dels av egenproducerad vattenkraft.

Slutanvändning per sektor Grönland



Figur 20: Slutanvändningen av energi på Grönland.

Grönland förbrukar generellt sett mycket energi, till stor del beroende på det kalla klimatet. Dessutom finns det flera små byar som ligger väldigt utspritt vilket gör det svårt att etablera en sammanhållen kostnadseffektiv energiförsörjning.

Tillgänglighet och pris på energi

Företaget Nukissiofiit har ansvaret för el- och vattenförsörjningen på Grönland samt en viss del av värmeförsörjningen. Värme produceras även av kommuner och då med olja som bränsle. Enskilda hus kan också ha en egen dieselgenerator för värmeproduktion.

Idag är bara två städer sammanbundna med elnät. Planer finns dock för en sjökabel som ska binda samman södra delarna med huvudstaden. Statusen är osäker, bland annat pga. tekniska utmaningar, då havet utanför kusten är djupare än de lämpliga 400 meter.

Energikostnaden i Nuuk är ca 21 cent/kWh, övriga Grönland betalar närmare det dubbla. Kostnaden inkluderar både nät och energi.

Potential

Generellt så finns de bästa potentialerna för vind i de sydliga delarna av landet. Vindkraft värderas som ett gott och billigt komplement till vattenkraft och solenergi. De säsongsmässiga variationerna med mest vind under höst- och vintermånaderna, gör att överskottsenergi kan användas till uppvärmning och därför kan en relativt stor andel vindkraft installeras. För att utnyttja vindkraften optimalt så krävs en upprustning av elnätet, främst i de mindre samhällena. En anpassning erfordras även till det arktiska klimatet.

Solenergi, särskilt i form av solvärme, växer på Grönland. Detta beror på lägre priser på solfångare, högre bränslepriser samt på utbildning och information. Under sommarhalvåret finns goda möjligheter att utnyttja solenergi för att ersätta oljeförbränning. Fortsätter solceller att falla i pris så kommer de att bli mycket attraktiva i mindre samhällen, där elpriset idag är högt. Primärt är solenergillämpningar lämpligt vid inlandsisen pga. av stort solinfång.

Vattenkraft är den mest utbredda förnybara energikällan på Grönland. De största städerna har eller kommer att få tillgång till vattenkraft. Mindre standalone anläggningar finns redan hos en del fåruppfödare. Reglerbarheten är en stor fördel.

Med Grönlands många djupa fjordar och strömställena kan *tidvattenskraftverk* vara intressanta i isfria områden. Lämpligt där två fjordar möts och skapar tillräckliga nivåskillnader till att utnyttja strömmen. Priset och kvaliteten på de nuvarande anläggningarna gör att denna teknologi inte är intressant i dagsläget för Grönland.

Biogas baserat på avfall från fiskeindustrin och olika blandningar med spillvatten och växt/algmaterial undersöks i dagsläget av ARTEK. Det finns en potential för biogas baserat på dessa material, men det krävs ytterligare undersökningar innan den praktiska nyttan kan utvärderas.

Intressanta exempel

Fjärravläsning: Grönland kommer att införa fjärravläsning på totalt 43 000 el-, vatten och värmemätare. Målet är att utbytet ska vara klart 2012.

Utvidgning av fjärrvärmnätet: Det finns en strategi som bygger på en utbyggnad av de enskilda fjärrvärmnäten i de större städerna.

Disco Bay

I Ilulissat så finns en *solfångare* som är anpassad till Grönländskt klimat, där fokus är att bidra till rumsuppvärmningen (inte varmvatten vilket annars är vanligast). Anläggningen är placerad på en förskola och förväntas kunna täcka 16-20% av värmebehovet motsvarande ungefär 20 000 kWh.

I Uummannaq samt tillhörande samhällen körs ett projekt i samarbete med Center för Arktisk Teknologi, ARTEK, och de lokala skolorna. Bl.a. ser man på möjligheterna att utnyttja förnybara energikällor som *sol- och vindenergi samt mikrovattenkraft*. Dessutom undersöker man möjligheterna att använda *avfall från fiskeverksamheten* till att göra biogas för uppvärmning. Detta skulle teoretiskt sett kunna ersätta 17% av energibehovet. Det planeras för ett pilotförsök under sommaren 2011.

I Uummannaq ska ett *mikrovattenkraftverk* på effekt mellan 1500 – 2500 Watt testas.

Central

Ett 6 kW testanläggning för *vindkraft* har installerats i Sarfannguaq.

I Sisimuit testas ett *mikrovattenkraftverk* som generar effekter mellan 275 – 500 Watt.

Undersökningar pågår om möjligheterna att anlägga ett aluminiumsmältverk i Maniitsoq då det finns *stora vattenkraftpotentialer* som inte är utnyttjade där. Genom att anlägga två verk, ett i Tarsartuup Tasersua och ett i Tasersiaq skulle kraftproduktionen täcka de 600 – 750 MW som ett smältverk kräver.

I samhället Assaqtuaq testas en *hybridanläggning*. Anläggningen installerades 2009 och består av fem solcellspaneler och två mikrovindkraftverk. Solcellerna har en samlad effekt på 425 kW och utgör huvudförsörjningen medan vindkraftverken ska hålla liv i batterierna under vintern. Anläggningen ska komplettera samhällets nuvarande 16 kW dieselgenerator.

Capital

I Nuuk invigdes, den 22 mars 2010, Grönlands första *vätgasanläggning*, som ska användas både för produktion och användning av vätgas. Nukissiorfiit vill prova möjligheterna att kunna utnyttja överskottskapaciteten från vattenkraftanläggningen till att producera vätgas. Anläggningen innehåller en elektrolysdel, ett vätgaslager och en bränslecellsenhet. Målet är att anläggningen ska öka kunskapen om vätgas och bränsleceller. Vätgasanläggningen är också mobil vilket gör det möjligt att flytta runt den till olika platser.

Nukissiorfiit planerar att bygga till deras huvudkontor, samtidigt vill de bland annat installera ett ny *geoenergi*anläggning som ska användas som värmekälla för tillbyggnaden. Anläggningen kommer att bestå av några djupa borrhål i berget, samt en värmepump som kan utvinna energi av värme från berget.

Värmepumpen utvinna värmen från berget och avger denna värme till ett vattenburet värmesystem i byggnaden. Installationen kommer att kompletteras med överskottsvärme från serverrummet, där överskottsvärmen kommer att pumpas ner i berget. Projektet ska demonstrera en miljövänlig energiförsörjning, samt utveckla kunskapen kring geoenergi. För tillfället står dock projektet på stand-by på grund av problem med finansieringen.

Samhällsutveckling och livskvalitet

Möjligheten att etablera ett aluminiumsmältverk på Grönland för att kunna ta tillvara på de vattenkraftpotentialer som finns undersöks. All olja som används importeras och detta är en stor kostnad för Grönland som land.

Tidigare har man satsat på elvärme i Nuuk men nu räcker dock inte kapaciteten från vattenkraftverket till, så en övergång till satsning på fjärrvärme är aktuellt.

Behov för utveckling

Den energi som inte kommer från de fyra (ett femte håller på att byggas och ett sjätte förundersöks) vattenkraftverken kommer från olja. Pga. stora avstånd och små byar så kommer storskalig vattenkraft inte att vara ett alternativ överallt. Ev. kan, efter de sex ovan nämnda verken, det finnas potential för ett eller två till, men i de mindre samhällena kommer inte oljan att ersättas på rätt så många år.

Transportsektorn är en storförbrukare av fossila bränslen. Idag sker i stort sett alla transporter på Grönland med flyg eller båt. Här krävs en utbyggd infrastruktur för att möjliggöra andra transportalternativ.

Forskningsprojekt om industri/kommunsamarbete inom värmeförsörjning pågår.

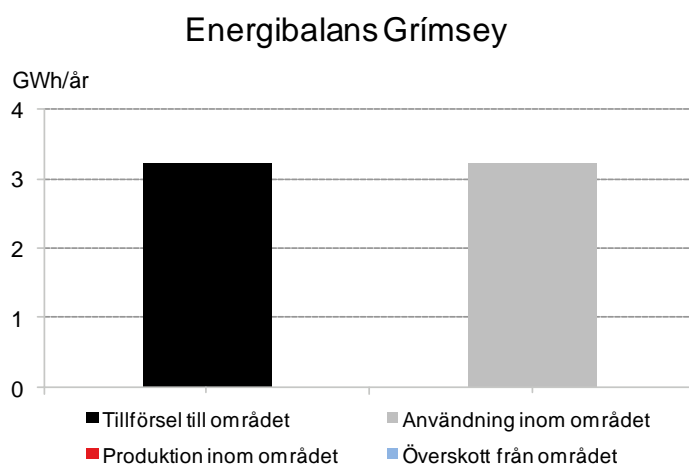
Effektivare distributionsmetoder av el och värme behövs.

4.5 Island

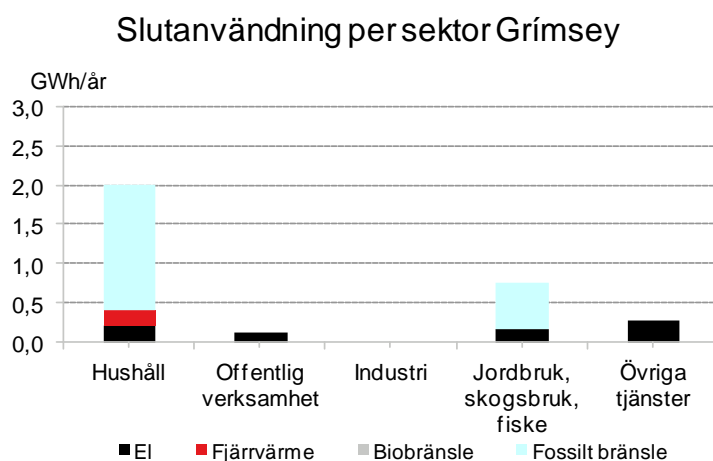
4.5.1 Grímsey

Ön Grímsey har cirka 100 bofasta invånare, en yta på dryga 5 km² och är belägen 4 mil utanför Islands nordkust. På Grímsey finns ingen egen tillgång på bränslen idag, samtliga mängder importeras och priset på olja tillsammans med den isländska krisen har bidragit till en mycket hög prisnivå för försörjningen av Grímsey.

Energibalans



Figur 21: Energibalansen för Grímsey. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Tillförsel av energi sker uteslutande genom införsel av fossilt bränsle som lokalt omvandlas till el och värme.



Figur 22: Slutanvändning av energi på Grímsey. Fossilt bränsle används direkt för uppvärmning. El för hushållsel, kraft och belysning. Vid elproduktionen skapas även värme som tillvaratas i ett centralt värmesystem.

Grímsey är ett av få områden som ej är anslutet till det nationella nätet och står för en betydande del av användningen av olja för att försörja hushåll med el och värme.

Island subventionerar befolkningen på ön, dvs. mellanskillnaden verklig kostnad och den kostnad som befolkningen betalar för sin el-/värmeförbrukning. Grímsey betalar samma priser som landsbygden på Island. Energisystemet på ön hanteras av energibolaget RARIK.

Kostnaden för staten har på senare år ökat markant och en omställning från fossilt bränsle till en mindre kostsam energikälla och även förnybar skulle leda till att Island dels kan utnämnas sig som "100 % förnybar" och få ner kostnaderna långsiktigt, vad gäller uppvärmning och elförsörjning på ön.

Tillgänglighet och pris på energi

Island har undersökt möjligheten att lägga sjökabel, men situationen för underhåll som kan uppstå och framförallt risken för omgivningens säkerhet pga. fisket som bedrivs på ön gör att det inte är aktuellt. En skada vid fel tillfälle skulle leda till svåra/kostsamma oplanerade underhållsåtgärder och ett beroende av olja under tider där efterfrågan är som störst.

Invånarna på Grímsey betalar idag samma pris som övrig befolkning på den isländska glesbygden, vilket är ca 8 cent/kWh vilket inkluderar kostnad för både el och nät. Detta är ett subventionerat pris, den verkliga energikostnaden uppgår till hela 28 cent/kWh. Staten genom RARIK står för mellanskillnaden. Kostnaden är omfattande och har sedan den ekonomiska krisen ökat betydligt.

Brister i leverans kvalitet

Begränsningen ligger i den totala kostnaden för att ansluta sjökabeln till transmissionsnätet på fastlandet är för dyr då risken är hög för skada på kabel som kan ge svåra och kostsamma underhållssituationer. Island ser över möjligheter till etablering av ett eget energisystem för Grímsey.

Potential

Energieffektivisering bedöms som en viktig komponent i omställningsprocessen till Grímseys framtida energisystem. Lågenergilampor har delats ut till befolkningen på Grímsey med förklaring om vad resultat skulle vara om samtliga på ön ersätter befintlig belysning med dessa.

Vindkraft i kombination med andra alternativ som ex. *jordvärme, väteanläggning* (ex. Utsira i Norge). Framst för elproduktion, del i elproduktion och överskott i elproduktion för uppvärmning. Men, dieselaggregaten behövs som reservkraft i någon utsträckning för att täcka upp då vindkraften inte producerar vid dåliga vindförhållanden. För att eliminera behovet av reservkraft måste el från vindkraften kunna lagras. Det är goda vindförhållanden på ön och en vindanalys är gjord som visar på möjligheter.

Avfallsförbränning med el och värmeproduktion har också en potential. Man har nyligen genomfört en utredning (jan 2010) gällande möjligheterna till produktion via avfall. Avfallet för bränsle är tänkt att transporteras i omgångar till ön.

Samhällsutveckling och livskvalitet

Nuvarande energisystem utgör ingen flaskhals för samhällsutvecklingen. Företagandet och sysselsättningen på ön kretsar runt fiske i olika former och ett nytt energisystem skulle inte locka till någon större expansion. En av anledningarna är aktuell prissättning, dvs. att befolkningen idag inte behöver betala energisystemets verkliga kostnad. Island måste beakta aktuell prissättning vid val/investering av ett "nytt energisystem".

Uppvärmning och hushållselen för den enskilde är inte för dyr, men för staten så är prislappen dyr och ökande. Tillgängligheten i energisystemet på ön är tillräcklig idag för etablering av företag.

Livskvaliteten förbättras/försämras inte av det befintliga systemet då kostnaden inte speglar den verkliga bilden. Den negativa inverkan som det befintliga energisystemet ger kommer ur att det är ett fossilt bränsle som används och att det är landets "enda" område som fortfarande använder ett fossilt bränsle för elförsörjning i normalfallet.

Behov för utveckling

Det föreligger ett behov för Grímsey att delta i Islands gemensamma omställning till ett fossilfritt samhälle och samtidigt hitta ett energisystem som kan leverera kraft och värme till ett pris som är lika eller lägre än dagens mindre subventionerade energipris. En högre kostnadsbild skulle utgöra en orsak till ytterligare avbefolkning av ön. Befolkningen på Island är generellt öppen för ny teknik men historiken med ett billigt elpris väger tungt. Inriktningen för området är att hitta ett hållbart alternativ till dagens oljeberoende men alltså inte till ett högre pris än vad dagens energisystem kan leverera.

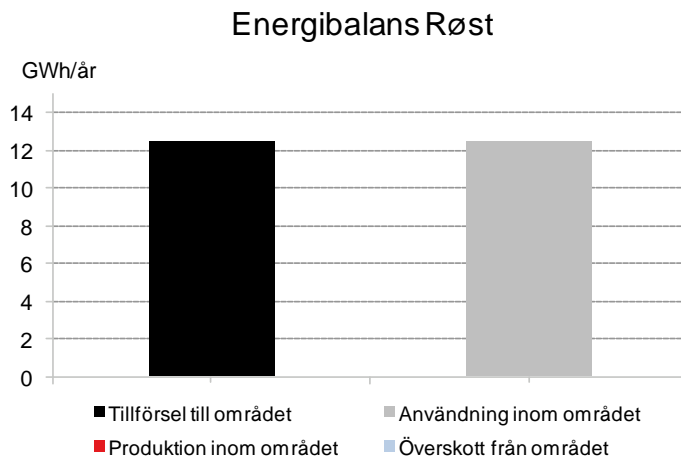
En möjlig potential i samhällsutvecklingen är turismnäringen på ön. Grímsey erbjuder havsfiske och har ett rikt fågelliv som redan idag lockar turister till ön. Ett hållbart energisystem är en del i ett hållbart samhälle som kan göra det möjligt för lokalbefolkning att bo kvar och utveckla nya näringar.

4.6 Norge

4.6.1 Røst

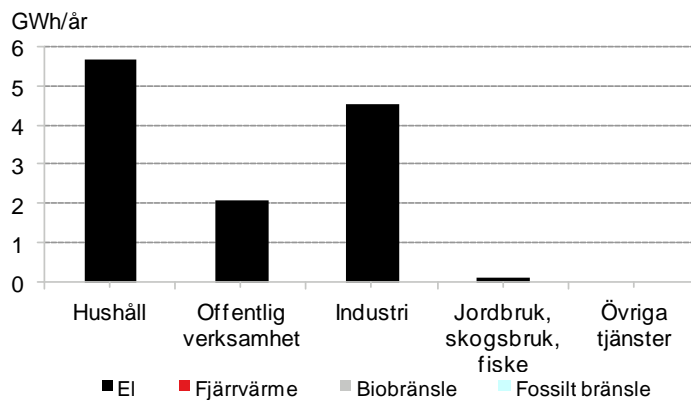
Røst är en mindre ö-kommun tillhörande Lofoten. Kommunen har cirka 600 invånare och en landyta om 11 km². Røsts huvudnäringar är fiske och turism.

Energibalans



Figur 23: Energibalansen för Røst. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Energitillförsel sker uteslutande genom en kraftkabelanslutning till fastlandet.

Slutanvändning per sektor Røst



Figur 24: Slutanvändningen av energi på Røst. Elenergi används uteslutande för både värme kraft och belysning.

Tillgänglighet och pris på energi

Sjökabeln som går ut till Røst byttes ut under 2009. Bristen på el har tidigare varit ett problem för Røst. I Lofoten generellt är det stora utbyggnader på gång för det regionala nätet. Røst har förutom elkabelanslutning även ett stort dieselaggregat som körs vid bortfall och störningar på kabelförbindelsen mellan Røst och Værøy

Elnätstariffen till hushåll är 5 cent/kWh för en hushållskund med 25 A säkring och 20000 kWh/år i elförbrukning. Därutöver tillkommer energipriset som är nordiskt elmarknadspris plus elskatt.

Brister i leveranskvalitet

Förutom kraftkabeln från fastlandet har Røst en dieselgenerator som redundanter elförsörjning.

Potential

Som resten av Lofoten har Røst en stor vindkraftpotential. Vindkraft Nord har sökt om koncession för en mindre vindpark på Røst, 6MW och ca 22 GWh per år. Enligt NVE har Røst en årsmedelvind på 9,0–9,5 m/s.

Røst har också en outnyttjad potential i vågkraft och tidvattenkraft som kan tänkas utvecklas på sikt. Røst har ett årsgenomsnitt på 30-40 kW/m med vågkraft. Storskalig utbyggnad av produktion kräver dock nätutbyggnad.

På politisk nivå diskuteras också att öppna områden kring Lofoten för olje- och gasutvinning. Detta skulle också medföra ett ökat behov av elkraft.

Styrmedel för att effektivisera energianvändningen i Norge riktar sig huvudsakligen till näringslivet. En förändring är på gång för att möta 20-20-20-målen och planer finns att skärpa kraven på nya bostäder.

Intressanta exempel

Utsira byggdes som ett demonstrationsprojekt för att visa att man kan ge en fullgod försörjning i ett stand-alone system utan att tillföra bränsle. Det skulle från början bara drivas i två år men driften blev förlängd med två år till, så det bör finnas ett bra erfarenhetsunderlag. 10 hushåll blev bortkopplade från det vanliga nätet och anslutna till vind/vätgas-systemet. Vindresursen var bättre än väntat, och driftstiden på kraftproduktion från vätgas har blivit kort (det nämns 10-tals timmar). När demonstrationsprojektet avslutades (kostnaden per kWh levererad har säkert varit mycket hög) kopplades vindturbinen om för att leverera till nätet, vilket fungerar väl.

Storflåtan gård ligger nordväst om Oslo och har tidigare varit helt avskilt från elnätet i området. Från början stod en dieselgenerator för energitillförseln, men senare fick nätägaren statligt bidrag (NVE) till utbyggnaden av en hybridanläggning, vilken kombinerade solceller med ett dieselaggregat. Tillförlitlighet och andra miljömässiga konsekvenser har dock resulterat i Storflåtan gård arbetat för att bli anslutna till lokalnätet.

Samhällsutveckling och livskvalitet

Enligt de personer som har intervjuats fanns vissa begränsningar tidigare men nu med den nya uppgraderade kabeln är leveranskvaliteten tillfredställande samtidigt som möjligheter finns att etablera en vindkraftspark på ön.

Behov av utveckling

Utökad kabelkapacitet och ett nytt nät för vindkraftparken, vilket också den lokala nätägaren (Lofotkraft) arbetar med. Røst har genom detta projekt fått en ny kraftkabel installerad, vilken möjliggör utbyggnaden av den planerade vindkraftparken.

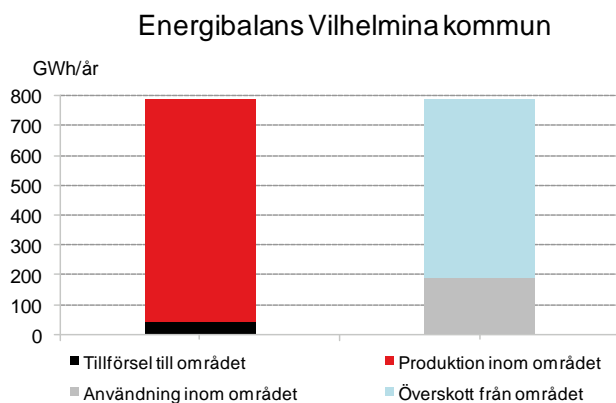
4.7 Sverige

4.7.1 Vilhelmina kommun

Vilhelmina kommun har ca 7 200 bofasta invånare, en yta på 8800 km² och beläget i nordvästra Sverige, Västerbottens län.

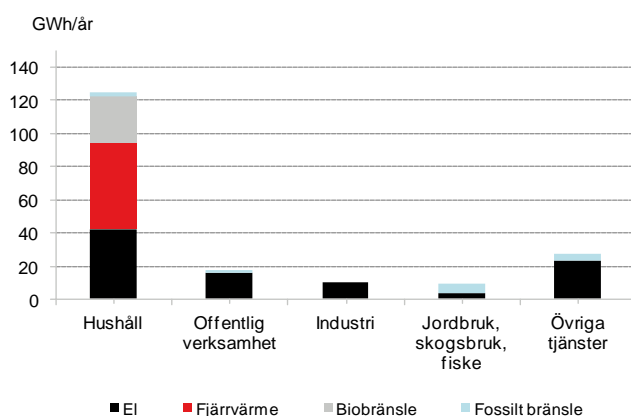
Energibalans

Ett stort överskott av elenergi levereras från Vilhelmina kommun. Elen generas främst genom vattenkraft (688 GWh år 2009) men även till en mindre del genom vindkraft (2,8 GWh år 2009).



Figur 25: Energibalansen för Vilhelmina kommun. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Vilhelmina har en positiv energibalans såtillvida att en nettoutförsel är möjlig på grund av den stora vattenkraftproduktionen. Kraften matas dock in direkt på det nationella överföringsnätet och återförs via distributionsnätet.

Slutanvändning per sektor i Vilhelmina kommun



Figur 26: Slutanvändningen i Vilhelmina kommun. Biobränsle, el och fjärrvärme utgör hushållens energianvändning. Fossilt bränsle ingår endast marginellt.

Slutanvändningen av energi i Vilhelminas kommun domineras av hushållssektorn.

Tillgänglighet och pris på energi

Elnätet i Vilhelmina tillhör Vattenfall Eldistribution Norra området som är ett av de nät som har allra mest störningar i Sverige (Energimarknadsinspektionen). Fjärrvärme finns i centralorten Vilhelmina.

Elskatten är reducerad i Vilhelmina pga. att det tillhör norra Sverige. Motivet för lägre elskatt i norra Sverige är dels att uppvärmningen är dyrare där än i södra delarna av landet på grund av kallare klimat och dels att mycket av kraften kommer därifrån, alltså en form av kompensation till dem som bor i områden vars naturresurser används på annat håll.

Elnätstariffen till hushåll är 7,9 cent/kWh för en hushållskund med 25 A säkring och 20000 kWh/år i elförbrukning. Därutöver tillkommer energipriset som är nordiskt elmarknadspris plus elskatt.

Brister i leveranskvalitet

Investering i reservkapacitet förekommer både för företag och för privatpersoner som ett sätt att hantera de brister som föreligger i energiförsörjningens leveranskvalitet. Från intervjun med Vilhelmina kommuns energirådgivare framkom ett antal exempel på detta:

Större företag har ofta möjlighet till egen elproduktion genom dieselmotorer.

Privatpersoner kan ha pellets- eller vedkaminer som värmereserv.

Batteribackup till kaminer för att driva pumpar vid strömavbrott förekommer.

Vedspisar (både gammaldags och moderna) som kan användas till matlagning och ibland även till hetvattenproduktion förekommer.

Vilhelmina kommuns energirådgivare menade att det finns ett intresse hos privatpersoner för vindkraft. Dessutom är solceller vanligt till fritidshus som inte är elnätsanslutna.

”Norrbottnens och Västerbottnens energi- och klimatoffensiv” beskriver olika möjligheter för att utnyttja förnybara energiresurser. Bland annat föreslås fjärr-/närvarme baserat på lokalt tillgängliga bränslen, t.ex. närvarme baserat på en kombination av bio och sol. Även småskalig biobränslebaserad kraftvärme från biogas, gengasmotor, ORC eller externeldad gasturbin beskrivs som intressant för landsbygden. Detta kräver dock att anläggningarna blir effektivare och driftsäkrare. Syftet beskrivs bland annat som att kunna öka försörjningstryggheten.

Potential

Mycket god potential för vindkraft (1000 – 2000 GWh/år) och träbränslen (ca 500 GWh/år) finns i Vilhelminas kommun. Viss potential finns även för sol, torv och småskalig vattenkraft.

Samhällsutveckling och livskvalitet

Enligt de personer som har intervjuats ses inte den bristande tillgängligheten i elnätet som en flaskhals för samhällsutveckling eller livskvalitet.

Behov för utveckling

Utnyttjandet av skogsresurser kräver bl.a. utveckling av skogsbilvägar, teknikutveckling för att ta tillvara på spill avverkning mm. Många projekt pågår kring detta.

Många vindkraftsprojekt i kommunen har erhållit tillstånd. Förstärkning av elnätet samt anslutning till stamnätet utgör kostsamma tilläggsinvesteringar i samband med vindkraftsetablering i regionen. En flaskhals ses i aktörernas ekonomiska resurser.

Länsstyrelsen är en drivande kraft och är inblandad i ett flertal projekt kring utnyttjande av lokala energiresurser.

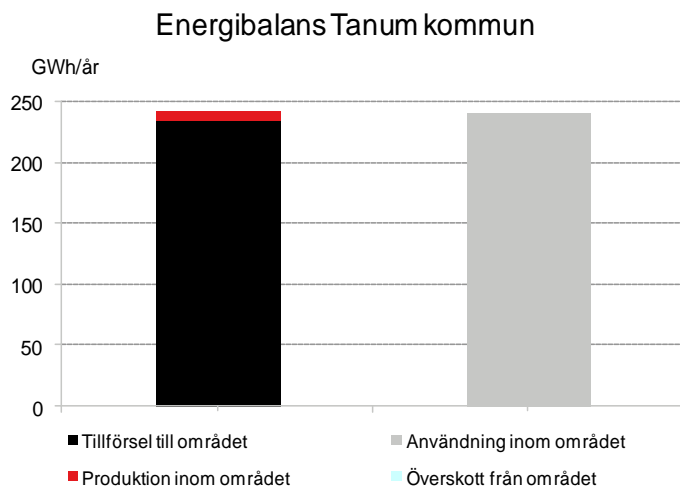
I november 2008 hölls en lokal folkomröstning för invånarna i Vilhelmina i norra Sverige angående samarbete med Vattenfall för att utveckla den befintliga vattenkraften och på så sätt få ut mer energi. Invånarna röstade nej och Vattenfall lade ner förstudien⁷. Vattenfall arbetar generellt med näringslivsutveckling i ett tjugotal kommuner i norra Sverige där de äger vattenkraft, däribland Vilhelmina. Detta arbete bedrivs via initiativet Inlandskraft.

4.7.2 Tanums kommun

Tanums kommun har ca 12300 bofasta invånare, en yta på dryga 2300 km² (varav 900 km² landyta) och beläget i Bohuslän på svenska västkusten.

Energibalans

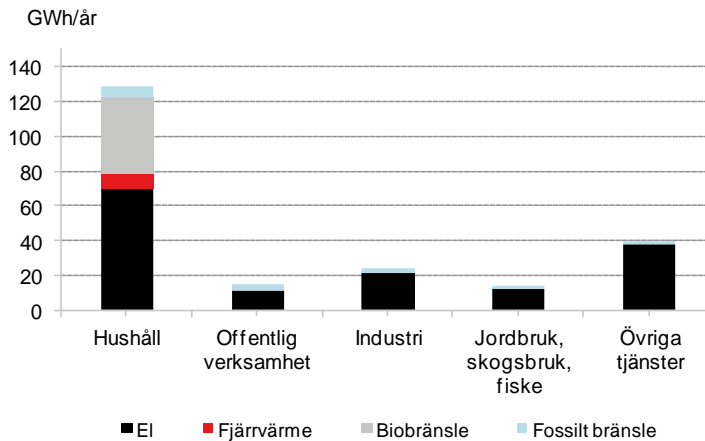
En mindre del energi produceras inom området, ca 8000 MWh/år från vindkraft (enligt SCB:s statistik från 2009). Den allra mesta energin importeras.



Figur 27: Energibalans Tanums kommun. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Tillförsel av energi sker primärt genom det regionala elnätet och i mindre utsträckning av egenproducerad vindkraft.

⁷ Anledningen till ett nej i folkomröstningen var i huvudsak att utvecklingen av vattenkraften ansågs få stora negativa konsekvenser för Vojmån i och med det ändrade vattenflödet. Detta ställdes mot ja-sidans argument om ekonomiska fördelar för kommunen i form av arbetstillfällen och ekonomisk kompensation.

Slutanvändning per sektor i Tanums kommun



Figur 28: Slutanvändning av energi i Tanums kommun. Diagrammet inkluderar endast elkraft, fjärrvärme och fjärrkyla enligt rapportens systemgränser, se avsnitt 2.3. Biobränsle, el och fjärrvärme utgör hushållens energianvändning. Fossilt bränsle ingår i mindre utsträckning.

Slutanvändningen av energi domineras av hushållssektorn.

Tillgänglighet och pris på energi

Elnätet i Tanums kommun har inte ett av de nät med flest antal avbrott i Sverige, men det är långt ifrån ett av de nät med minst avbrott. På grund av att en stor andel av befolkningen bor utanför tätort och även på öar finns en viss problematik kring tillgänglighet på el. Elnätet är fullt utbyggt med förbehåll för att det eventuellt kan finnas öar som inte har elnät. I centralorten Tanumshede finns fjärrvärme.

Elnätstariffen till hushåll är 5,4 cent/kWh för en hushållskund med 25 A säkring och 20000 kWh/år i elförbrukning. Därutöver tillkommer energipriset som är nordiskt elmarknadspris plus elskatt.

Brister i leverans kvalitet

Kommunen har en tydlig och genomarbetad energi- och klimatstrategi (Energiplan och klimatstrategi, Tanums kommun 2010 – 2020) som bland annat innebär att de vill äga energiproduktion och gå i bräschen för utvecklingen inom förnybar energiproduktion. Bland annat har kommunen själv tänkt bygga vindkraft och de har även solvärmeanläggningar till äldreboende med mera.

Ett exempel på lokal energiförsörjningslösning i Tanums kommun är en skogsby i nordöstra delen av kommunen, Bullaren, med 10 nybyggda hus har man valt att inte ansluta sig till elnätet. Istället har de investerat i solceller, solfångare, ved och pellets. Man har fossilbaserad elproduktion för toppbehov och reservkraft. Husen i Bullaren har egen energiförsörjning till varje hus. Exempelvis har ett hus ett batteridrivet elnät som laddas av solceller med en peakeffekt på ca 700 W, kompletterat med bensindriven elgenerator.

Generatoren går ganska lite eftersom all elutrustning är mycket energisnål. Värme kommer från vedeldning mot en ackumulatortank, kompletterat med solvärme.

Potential

God potential för *träbränslen, vind och sol*. Även *biogas* har potential, inget rötas idag. Tre gånger dagens vindkraftskapacitet planeras, dvs. ca 160 MW (Planprogram för vindkraftsplanering – Tanum 2008). Vindkraft planeras dock inte i kustlinjen utan bara i skogen för att bevara naturvärden och värna turismen som är den starkast framväxande sektorn.

Samhällsutveckling och livskvalitet

Enligt de personer som har intervjuats ses inte den bristande tillgängligheten i elnätet som en flaskhals för samhällsutveckling eller livskvalitet.

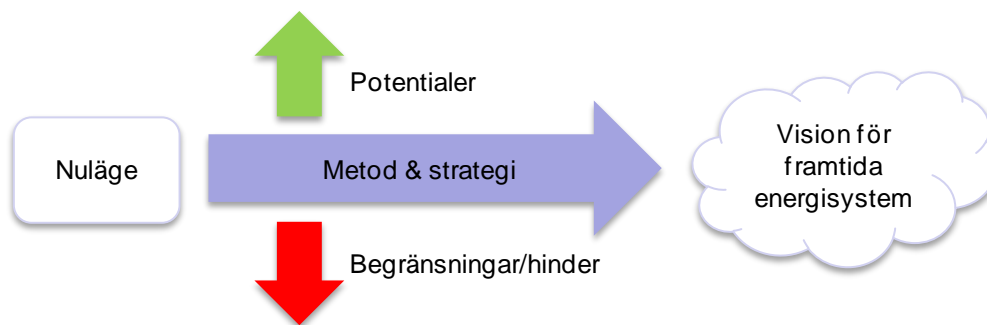
Behov för utveckling

Elnätet behöver förstärkas för att vindkraften ska kunna utvecklas.

5 Översikt och slutsatser

Föreliggande rapport har kartlagt nuläget för energisystemen nio glest befolkade områden runt om i Norden. Gemensamt för de nio är det som till synes kan framstå som en paradox – en god potential för utbyggnad av lokal förnybar energi förblir outnyttjad till förmån för en hög grad av import av fossila bränslen alternativt import av extern elenergi via en kraftkabelanslutning. Samtidigt tycks visionen om en fossilfri framtid skapad genom uppbyggnaden av ett energisystem utgående ifrån de lokala energipotentialerna finnas där - och i vissa fall även kombineras med de möjligheter ett sådant energisystem skapar för en positiv lokal näringslivs- och samhällsutveckling.

Dagens energisystem och potentialer för hållbar energiutvinning tillsammans med visioner och ett framtida system kommer i det här analyskapitlet att ställas mot de begränsningar och hinder för en sådan förändring. Metoder och strategier bör utformas utifrån detta.



Figur 29: Från nuläge till ett framtida energisystem.

5.1 Energisystemen idag – likheter och olikheter

De nio studerade glesbygdsområdena skiljer sig i storlek och karaktäristik. Avseende energisystemets nuvarande struktur går en tydlig skiljelinje mellan de områden som har och de som saknar en extern elnätanslutning. Skillnaden utgörs i första hand av behovet av fossilt bränsle. Fossilt bränsle och extern elnätanslutning kan därmed ses som substitut. Skiljelinjen mellan ovan nämnda typområden utmärks också genom att avsaknad av extern elnätanslutning tycks ha stimulerat en högre grad av diversifiering av det lokala energisystemet. Anledningen är att alternativa lösningar har haft svårt att konkurrera med en historiskt sett billig elleverans. Av historiska skäl har områden skilda förutsättningar.

Tabell 7: Extern elanslutning och import av fossilt bränsle verkar som substitut. Elnätsanslutna områden har historiskt haft färre incitament att diversifiera sitt energisystem. Stor diversifiering innebär flera energikällor tillämpas, låg att endast en energikälla ingår i systemet.

Område	Invånare	Extern elanslutning	Energibalans	Behov av fossilt bränsle	Diversifiering energisystem
Färöarna	50 000	Nej	Nettoimport	Stort	Stor
Grönland	57 000	Nej	Nettoimport	Stort	Stor
Grimsey	100	Nej	Nettoimport	Stort	Låg
Kökar	260	Ja	Nettoimport	Litet	Mellan
Brändö	480	Ja	Nettoimport	Litet	Mellan
Kittilä	6160	Ja	Nettoimport	Litet	Mellan
Vilhelmina	7 200	Ja	Nettoexport	Litet	Mellan
Tanum	12 300	Ja	Nettoimport	Litet	Mellan
Røst	600	Ja	Nettoimport	Litet	Låg

Tillgängligheten och priset på energi framkommer inte som ett problem för något av områdena. Samtliga områden har möjlighet att tillföra den kraft området behöver, antingen i form av fossilt bränsle eller i form av elkraft.

Samtliga områden förutom Färöarna och Grönland tillhör ett större energisystem som alla dessutom har en avreglerad elmarknad. För de områden som tillhör Norge, Finland och Sverige innebär detta att elpriset sätts på den nordiska elmarknaden och elnätskostnaden jämnas ut över hela kollektivet i nätägarens koncessionsområde. För exempelvis de åländska områdena innebär det att de har samma nätkostnad som övriga abonnenter tillhörande Ålands Elandelslag, för abonnenter på Røst innebär det samma nättariff som övriga abonnenter på Lofoten. Både el och värme på Grimsey subventioneras av isländska staten.

Leveranskvaliteten tycks dock variera mellan områdena. Vilhelmina kommun är ett av de områden i Sverige med högst avbrottsfrekvens. I intervjun med energiansvarig i kommunen framkom inte detta som ett problem för samhälls- och näringslivsutveckling. Samtidigt har det fått den sidoeffekten att både hushåll och lokalt näringsliv i relativt stor utsträckning investerar i alternativa energiförsörjningskällor att sätta in när elnätet brister. I övriga områden kan en varierande grad av redundans noteras.

Tabell 8: Tillgänglighet på energi, elpris och leverans kvalitet. Kökar och Brändö har båda en leveranskvalitet som betecknas som mellangod trots skilda tekniska förutsättningar. Anledningen är att fel som drabbar övriga Åland också får genomslag här.

Område	Energitillgång	Elpris [cent/kWh] ⁸	Leveranskvalitet
Färöarna	God	23	God/varierar inom området
Grönland	God	21-40 (varierar inom området)	God/varierar inom området
Grimsey	God	8,0 (el & nät) Subventionerat pris	God/tre redundanta dieselaggregat
Kökar	God	13	Mellan/enkel kraftkabel, reservaggregat vid behov
Brändö	God	13	Mellan/redundanta kraftkablar
Kittilä	God	10	Låg/varierar inom området
Vilhelmina	God	16	Låg/varierar inom området
Tanum	God	14	Mellan/varierar inom området
Røst	God	11	God/enkel kraftkabel, reservaggregat på plats.

Även om intervjuade från samtliga områden inte ser någon direkt begränsande effekt på samhällsutveckling påfört av det befintliga energisystemet, framkommer begränsningar istället vid behov av utveckling av energiförsörjningen. I majoriteten av områdena utgör begränsningar i elnät (eller alternativ teknik för energilagring och energiexport) en central begränsning för en vidare exploatering av de lokala energiresurserna.

Detta gäller både de elnätsanslutna områdena och de som saknar sådan anslutning. Medan befintliga energisystem är väl utbyggda för tillförsel av önskad energi utifrån (se Tabell 8) är motsatsen ofta inte möjlig. Det kan noteras att befintligt energisystem har inbyggda begränsningar för att lokalt möjliggöra nyttjande av lokal energipotential, och därmed bryta ett oljeberoende, samtidigt som teknikbegränsningar finns för att möjliggöra en lokal energiprodukt. Framförallt vindkraften påverkas i stor utsträckning av denna problematik, men även exploatering av andra kraftkällor påverkas, här kan bland annat den grönländska vattenkraftpotentialen nämnas.

⁸ Eltariffen består normalt av en fast och en rörlig del. Elpriset är beräknat för en 25A säkringstarriff, elförbrukning på 20 000kWh med ett nordiskt elspotpris om 50 €/MWh (medelpriset 2010 på Nordpool spot var 53 €/MWh, medan tioårsmedelvärdet var 33 €/MWh). Hänsyn är också tagen till energiskatt i respektive område.

5.2 Potentialer och hinder

5.2.1 Översikt av potentialer och begränsningar/hinder

Identifierade kvalitativa potentialer redovisade i kapitel 4 finns sammanställda i tabell 9 nedan. Alla potentialer har någon form av begränsning för en finansiell lönsamhet men då dessa potentialer många gånger också har en samhällsekonomisk lönsamhetsaspekt är lönsamhets- eller kostnadsaspekten endast undantagsvis angiven som en begränsning.

Tabell 9: Översikt av potentialer och begränsningar i regionerna.

Region	Potential	Begränsningar/hinder
Finland	God potential för fliseldning, bränsle finns för lokala behov.	
Kökar	God potential för vindkraft. Kommunen ser gärna att det byggs fler vindkraftverk.	Elkabeln från Kökar är ej dimensionerad för att kunna exportera el.
Brändö	Åland som helhet har mycket goda förutsättningar för en storskalig utbyggnad av vindkraft. Potentialen överstiger det regionala behovet av elkraft vilket därmed innebär att Åland skulle kunna bli en nettoexportör av förnybar energi.	Tröskeeffekter finns i form av utbyggnadskostnader av det Åländska regionala elnätet samt svårigheter i tillståndsprocessen, bland annat på grund av naturskyddshänsyn.
Kittilä	Kittilä har god potential för vindkraft. Fortum och finska Forststyrelsen inleder ett samarbete om 18 stycken vindkraftverk på 2 - 3 MW styck i området Kyolavaara-Keulakkopää i finska Lappland.	Svårigheter i tillståndsprocessen
	Torv och skogsråvara	
Färöarna	Färöarna har en god potential för vindkraft och tidvattenenergi samt en begränsad potential för ytterligare vattenkraft.	Begränsade möjligheter att exportera energiproduktion.
	SEV har genomfört undersökningar och funnit platser där pumpkraftverk i kombination med vindkraft kan bli aktuellt. SEV har planer på en vindkraftpark stabiliserat med batterier.	
	Färöarna har en god potential för geotermisk energi och ett antal testanläggningar finns redan.	
	Projekt på Nólsoy där vindkraft tillsammans med mindre värmelager i småhus används för uppvärmning.	
	Planer på att påbörja utvinning av vågkraft	Endast för produktion av värme
Island	Vindkraft i kombination med andra alternativ som ex. jordvärme, väteanläggning.. Framst för elproduktion, del i elproduktion och överskott i elproduktion för uppvärmning. Det är goda vindförhållanden på ön och en vindanalys är gjord som visar på möjligheter.	Naturvärden och turism
Grimsey		Reservkraftverk eller energilager erfordras
	Avfallsförbränning med el och värmeproduktion har också en potential	Avfall transporteras till ön.
	Energieffektiviseringsåtgärder	

Region	Potential	Begränsningar/hinder
Grönland	Laststyrning genom att påverka efterfrågesidan. Med noggrant utformad reglering av marknaden, kan tusentals laster kopplas till och från för att skapa en stabil och förutsägbar balanstjänst.	Marknadsregler som ger en balansering via en realtidsstyrning på efterfrågesidan saknas.
	Geotermisk värme skulle kunna vara en möjlighet i begränsade delar av Grönland.	Höga kostnader för denna typ av anläggning
	En teoretisk vattenkraftpotential som skulle kunna försörja stora delar av Europa med elektricitet.	Kräver nya sätt att lagra energi.
	Generellt så finns de bästa potentialerna för vind i de sydliga delarna av landet. Vindkraft värderas som ett gott och billigt komplement till vattenkraft och solenergi.	För att utnyttja vindkraften optimalt så krävs en upprustning av elnätet, främst i de mindre samhällena. Arktiskt klimat - installation och underhåll.
	Under sommarhalvåret finns goda möjligheter att utnyttja solenergi för att ersätta oljeförbränning.	
	Vattenkraft är den mest utbredda förnybara energikällan på Grönland. De största städerna har eller kommer att få tillgång till vattenkraft. Mindre standalone anläggningar finns redan.	Nederbörds mängder ojämnt fördelade i landet
	Med Grönlands många djupa fjordar och strömställan kan tidvattenkraftverk vara intressanta i isfria områden. Lämpligt där två fjordar möts och skapar tillräckliga nivåskillnader till att utnyttja strömmen.	Priset och kvaliteten på de nuvarande anläggningarna
	Biogas baserat på avfall från fiskeindustrin och olika blandningar med spillvatten och växt/algmaterial undersöks i dagsläget av ARTEK.	
Norge	Vindkraft	Utökad kabelkapacitet och ett nytt nät för vindkraftparken erfordras.
Røst	Vågkraft och tidvattenkraft	
Sverige	Mycket god potential för vindkraft (1000 – 2000 GWh/år)	Förstärkning av elnätet samt anslutning till stamnätet utgör kostsamma investeringar.
Vilhelmina	Mycket god potential för träbränslen (ca 500 GWh/år)	
	Viss potential för sol, torv och småskalig vattenkraft.	Utveckling av skogsbilvägar, teknik-utveckling för att ta tillvara på spill avverkning mm
Tanum	God potential för träbränslen, vind och sol. Även biogas har potential, inget rötas idag.	Elnätet behöver förstärkas för att vindkraften ska kunna utvecklas. Naturvärden och turism

5.2.2 Översikt av teknikinriktning för utvecklingsprojekt

I kartläggningen har ett antal utvecklingsprojekt med fokus på energiförsörjning i perifera områden identifierats i de nordiska länder och de finns närmare beskrivna under respektive region i kapitel 4. I tabell 10 nedan har dessa initiativ sammanställts för att ge en överblick i ett nordiskt perspektiv. Det bör poängteras att sammanställningen inte gör anspråk på att vara heltäckande utan ska mer ses som en indikation.

Tabell 10: Översikt av teknikinriktning för utvecklingsprojekt i regionerna.
* Avser områden i denna kartläggning

Teknikinriktning	Finland*	Färöarna	Grönland	Island*	Norge*	Sverige*
Energianvändning	■	■	■	■	■	■
Vattenkraft		■	■			■
Vindkraft	■	■	■	■	■	■
Vågkraft		■	■			
Tidvattenkraft		■				
Geotermisk energi		■	■			
Träbränsle	■			■		■
Biogas			■			■
Solceller			■			■
Solfångare			■			
Vätgas		■	■			
Energilager		Pumpkraftverk	■			
Värmepumpar			■			

5.2.3 Småskaliga energisystem som projekteras av elbolag vs system som drivs individuellt

Beroende på val av systemlösning och vem som väljer lösning kan olika konsekvenser identifieras, vilka kan värderas som för- eller nackdelar beroende på vilket perspektiv man väljer att anlägga. I tabell 11 nedan redovisas några olika konsekvenser som identifierats inom olika områden som teknik, kompetensbehov, lokal utveckling, ekonomi och legalt i en jämförelse mellan småskaliga energisystem som projekteras av elbolag vs system som drivs individuellt.

Tabell 11: Perspektiv på småskaliga energisystem som drivs av elbolag eller av enskilt hushåll

	Småskaliga energisystem som projekteras och drivs av elbolag	Småskaliga energisystem som drivs individuellt (hushåll)
Teknik	Elbolag tenderar att använda storskaliga lösningar för småskaliga tillämpningar vilket leder till enklare teknik pga kostnadsaspekter Bristande leverans kvalitet som en följd av enklare teknik med låg redundans	Enskilda hushåll tenderar att använda kortsiktig robust teknik med lätthanterliga kända bränslen – olja och ved. Bristande leverans kvalitet som en följd av låg redundans
	Låg prioritering av underhåll och reinvesteringar i och med småskalighet – få kunder Bristande leverans kvalitet som en följd av eftersatt underhåll	Löser energiförsörjningen utifrån ett individuellt perspektiv – inga system- eller samordningshänsyn tas Bristande leverans kvalitet som en följd av endast avhjälpande underhåll
Kompetensbehov	Kräver väl utvecklade dokumentationssystem och effektiv styrning av fältpersonal för att hantera avsaknad av kännedom om lokala förhållanden	Viss utveckling av individens kompetens för eget energisystem (lokala förhållanden)
	Tillgång till bredare och djupare kompetensbas	Avsaknad av en bred och djup kompetensbas fördröjer införandet av ny teknik och skapar stort beroende av externa specialistkompetenser
Lokal utveckling	Utveckling av kompetens och lokalt näringsliv begränsas Den lokala samhällsnyttan får stå tillbaka för den nationella samhällsnyttan och näringslivsnyttan.	Begränsad utveckling av kommersiell kompetens Den lokala samhällsnyttan får stå tillbaka för den individuella nyttan
	Slutanvändaren tillåts inte ta ansvar och vara delaktig i energiförsörjningen	Kräver ökat ansvarstagande hos användaren
Ekonomi	Tillgång till kapital/kapitalstark ägare	Begränsningar i kapital vilket kan medföra att ej optimala lösningar väljs och potentialer ej utnyttjas
	Kostnader regleras av statlig reglering (elnät), elförsäljningsbolag eller energibolag – användaren har väldigt lite inflytande	Kontroll och påverkan på kostnader för energiförsörjningen
	Effektiv exploatering av storskaliga energipotentialer genom kapitalstyrka och teknisk kompetens	
Legalt	Lagstiftning som ger en skyldighet att tillhandahålla energiförsörjning	Reservkraft och autonom produktion i enskilda fastigheter är tillåtet i lagstiftningen i alla regioner?

Utöver de två alternativ vars konsekvenser redovisats i tabellen ovan finns även alternativet med ett småskaligt energisystem som drivs som en lokal mindre sammanslutning av ett antal hushåll och/eller mindre företag. Detta alternativ medger ett antal fördelar som de två ovan redovisade alternativen inte har. Några exempel är sammanställda i tabell 12 nedan. Värderingen i för- respektive nackdel har utgångspunkt i att ett hållbart system med lokal utveckling och lokal samhällsekonomisk lönsamhet eftersträvas.

Tabell 12: Perspektiv på energisystem som drivs av en mindre lokal sammanslutning

Småskaliga energisystem som drivs som drivs i en lokal mindre sammanslutning		För- eller nackdel
Teknik	Möjliggör diversifiering av teknisk lösning och utvecklat och mer optimerat system utifrån lokala förutsättningar	+
	Underhåll och reinvesteringar kan hanteras mer professionellt iom att kostnader delas av flera och underhållet kan bättre anpassas efter användarnas behov/önskemål	+
Kompetensbehov	Viss utveckling av användarnas kompetens och kännedom om det gemensamma systemet	+
	Möjliggör utveckling av kompetens för det gemensamma systemet	+
Lokal utveckling	Utveckling av kompetens och lokalt näringsliv Den lokala samhällsnyttan prioriteras	+
	Slutanvändaren en del i ett kollektivt ansvar Kräver en samverkan mellan individer	+/-
Ekonomi	Kapital ej individknutet, produktivare kapitalhantering	+/-
	Inflytande på kostnader för energiförsörjningen	+
Legalt	Tillåts ej i nuvarande lagstiftning med avseende på nätkoncessioner.	-

En minsta kritisk massa erfordras för att möjliggöra ett lyft av det kollektiva till en sådan nivå att tillräcklig robusthet uppnås (finansiellt, kompetensmässigt, tekniskt systemmässigt, gruppdynamiskt, tillräckligt hög grad av individberoende). Goda exempel i denna riktning kan vara Elandelsföreningen på Åland, Vindkraftsandelstföreningar och vindkraftskooperativ.

5.3 Visioner, initiativ och framtida strategier för innovation och ny teknologi

Nedan följer en översikt av intressanta regionala initiativ, handlingsplaner och nätverk inom förnybar energiproduktion som berör de nio glesbefolkade områdena ingående i studien.

Etablering av NordSESIL (Nordic Network for Sustainable Energy in Isolated Locations), vilket är ett nätverk för intressenter i förnybar energiproduktion i glesbefolkade områden i Norden. Nätverket har anordnat konferenser, workshops och verkar för kunskapsutbyte i ämnet. Avslutades december 2010.

Grönland

Grönlands utspridning rent geografiskt gör att många områden är helt beroende av fossila bränslen. Landsstyret använder sig av ett brett spektrum av åtgärder för energibesparingar t ex kampanjer, nya byggregler och öppna ramar för klimatforskningsprojekt. Insatser för att reducera användningen av fossila bränslen är inriktat på de relevanta målgrupperna och infrastrukturen.

Färöarna

Men EU:s klimatmål "20-20-20" som utgångspunkt har Färöarna formulerat har ett mål om att 75 % av elproduktionen ska komma från förnybara källor 2020.

Det lokala energibolaget Jarðfeingi anordnade under hösten 2010 en konferens i ämnet energilagring i vatten.

Island / Grímsey

Året 2001 initierade politikerna på Island en nämnd med uppgift att identifiera möjligheter till ett hållbart energisystem för Grímsey. År 2003 presenterades en rapport med alternativ och beslut om inriktning togs att undersöka möjligheter för uppvärmning genom jordvärme och elförsörjning genom vindkraft. Strategin är fortfarande aktuell för att hitta ett hållbart energisystem för Grímsey.

Finland / Åland (Kökar och Brändö)

Åländska landskapsregering arbetar aktivt tillsammans med lokala aktörer inom näringslivet för att stimulera utbyggnaden av vindkraft. Målet är dels att öka produktionen av förnybar energi, men också att utveckla det lokala näringslivet.

Finland / Kittilä

Hela regionen har en stor potential för en utvecklad produktion av biobränslen såsom skogsråvara, biodiesel och torv. Samtidigt råder ett underskott av detsamma varför en rad initiativ för att utveckla produktionen (och en utökad användning) har tagits av det lokala näringslivet.

Sverige / Vilhelmina

Nenet och Norrbottens och Västerbottens energi- och klimatoffensiv är ett initiativ för att skapa samhälls- och näringslivsutveckling inom miljöteknik och förnybar energi. Bland annat föreslås fjärr-/närvarme baserat på lokalt tillgängliga bränslen, t.ex. närvarme baserat på en kombination av biobränsle och solenergi.

Sverige / Tanum

Tanum har tagit fram en Energiplan och klimatstrategi för kommun åren 2010 – 2020. Dokumentet behandlar både energianvändning och potential för energieffektivisering såväl som produktion av förnybar energi. I Sverige skall varje kommun tillhandahålla en sådan plan vilket rätt använt kan utgöra en god plattform för utveckling.

I Tanums kommun finns god potential för vindkraft, vilket exploateras av lokalt näringsliv. Som grund finns ett Planprogram för vindkraftsplanering.

Norge / Røst

Pågående koncessionsansökan om vindkraftutbyggnad av Vindkraft Nord AS (Inlämnad till NVE 2005). Ansökan innehåller en planerad utbyggnad om totalt 6 MW installerad effekt med en årsproduktion om 22 GWh. Potentialen är dock större, men begränsas i nuläget kraftkabelns överföringskapacitet.

5.4 Slutsatser

5.4.1 Stor potential för vindkraft

I majoriteten av studerade områden kan vi konstatera att vindpotentialen för vindkraft är stor. Svårigheter finns att tillgodogöra sig energin genom olika begränsningar vilka huvudsakligen utgörs av tekniska och ekonomiska begränsningar vilka kan bestå i:

- ett fullgott elnät för att möjliggöra distribution av energiförsörjningen inom området saknas
- ett fullgott elnät för att möjliggöra en eventuell export från området saknas
- kompletterande produktionsanläggningar (vattenkraft, energilager etc) för att reglera och stabilisera energiförsörjningen saknas
- en "smart" styrning av energisystemet – kunder, nätet och produktionsanläggningar inkl energilager saknas
- höga investeringskostnader för nätanslutningar

5.4.2 Samhällsutveckling och livskvalitet

En lokal potential för t ex vindkraft innebär inte självklart att fördelarna kommer det lokala området till nytta. Ett tydligt exempel är Vilhelmina kommun där området har en stor nettoexport av el från vattenkraft samtidigt som området har ett av Sveriges sämsta elnät (leverans kvalitet) och egna alternativ till elnätet förekommer både bland hushåll och näringslivet. Historiska val och skeenden verkar i detta fall begränsat framtida samverkan mellan elbolag och lokala invånare. Resultatet från den lokala folkomröstning för invånarna i Vilhelmina i norra Sverige som genomfördes 2008 angående samarbete med Vattenfall för att utveckla den befintliga vattenkraften och på så sätt få ut mer energi resulterade i att invånarna röstade nej och Vattenfall lade ner förstudien.

Ökat utnyttjande av lokala energiresurser på lokal nivå ses generellt inte som ett acceptabelt alternativ till elnätsutbyggnad i Sverige. Koppling till elnät är något som närmast betraktas som en mänsklig rättighet. Denna inställning framkommer särskilt i statliga direktiv och genom nätbolagens arbete med driftsäkerhet. Att istället för elnät basera elproduktion på lokalt försörjningssystem är bara aktuellt för extremt svåråtkomliga områden eller som en "kul grej" enkom för entusiaster.

5.4.3 Institutionella begränsningar

Institutionella begränsningar finns i form av lagrum som reglerar nätverksamheten på de marknader som är avreglerade. I Sverige t ex avgränsas nätverksamheten till att inte bedriva produktion eller handel med el annat än tillfälligt i syfte att ersätta utebliven el vid avbrott eller täcka sina nätförluster.

Vad författarna känner till i dagsläget ges inga separata koncessioner till ö-drift inom ett geografiskt avgränsat område i Sverige, Norge, Finland och på Island, som alla har en avreglerad elmarknad med skilda juridiska personer för nätverksamhet och elproduktion och handel. Även om det i Norge under vissa förutsättningar kan finnas fog för undantag från nätanslutning och detta i sin förlängning skulle kunna skapa utrymme för ö-drift har principen aldrig tillämpats för permanentboende och praxis är att nätanslutning alltid tillämpas.

5.4.4 Har regionerna liknande behov?

Alla studerade områden har likartade behov med avseende på möjlighet till och teknik för energilagring och utveckling av smarta elnät för att möjliggöra en robust styrning av energisystemet som omfattar kunder, nätet och produktionsanläggningar inkl energilagrar.

Att i högre utsträckning arbeta för användandet av ny teknik och utvecklade former av energisystem kan också vara av stor vikt för att undvika att i glest befolkade områden etablera upplevelsen av att få något som inte är "lika bra" som det alla andra får.

Gemensamt för flera av de studerade områdena, i kustområde respektive i fjälltrakt, är att turismen är en näring som växer sig allt starkare. Detta bör beaktas vid satsningar inom energiområdet. Å ena sidan behöver tillgängligheten på energi blir mer stabil men å andra sidan bör lokala resurser utnyttjas med bevarande av naturvärden starkt i åtanke.

Det är intressant att notera att de intervjuade personerna inte ser låg tillgänglighet till energi som ett faktiskt problem när det gäller samhällsutveckling eller livskvalitet. Detta kan antingen bero på att det finns andra problem, t.ex. andra infrastrukturproblem eller avfolkningsproblematik, som är mer överskuggande, eller så beror det på att de som bor i de aktuella områdena är så pass vana vid elavbrott att man exempelvis vet hur man ska hantera det och därför inte ser det som ett större bekymmer i det korta perspektivet.

På lite längre sikt och utifrån ett klimatomställningsperspektiv kan dock problem identifieras för den lokala samhällsutvecklingen vid osäker infrastruktur för energiförsörjning. T ex kan expansionen av elbilar i dessa områden försvåras och i vissa fall helt utebli. Som nämns i kapitel 3.3 kan ett elnät med låg kvalitet och kapacitet på detta sätt begränsa den lokala utvecklingspotentialen och även påföra hushåll och industri extrakostnader för alternativa lösningar. När man kommer till ett fall där reservkapacitet i hög utsträckning blir nödvändig för industrier och privatpersoner bör en ekonomisk avvägning göras i frågan om en förstärkning av elnätet är att föredra. Det är dock inte alltid givet att elnätsförstärkning är det bästa; det kan i vissa fall vara mer ekonomisk att garantera elförsörjning genom lokal reservkapacitet i någon form.

För det omvända fallet kan en mycket god tillgång till billig och hållbar energiförsörjning attrahera näringslivetableringar till en hög grad. Som exempel kan planerna på ett aluminiumkraftverk på Grönland nämnas. Detta finns redan realiserat på Island.

En diskussion som belyser skillnaden mellan pris och kostnad för el bör lyftas i detta sammanhang. Kostnaden för konstruktion och underhåll av elnät fördelas på hela kundkollektivet trots högre kostnader i glesbygden jämfört med tätorter. Detta bidrar till att kundens pris inte alltid är kopplat till elnätsföretagets motsvarande kostnad.

Ur elnätskundernas perspektiv och även ur samhällsekonomisk synpunkt är det relevant att lyfta fram de verkliga kostnaderna så att alternativen kan begrundas på ett konstruktivt och rationellt vis.

För att undvika att hamna i en situation där glesbygden ses som stora miljöbovar på grund av utebliven implementering av nya klimatanpassade lösningar, som är framtagna för icke-glesbygdsområden, är det av stor vikt att lyfta fram nya framtidsinriktade och klimatanpassade lösningar anpassade för perifera områden.

6 Förslag till vidare studier

Som diskuteras i kapitel 3.1 är storskaliga energilösningar oftast mer effektiva än småskaliga, både ekonomiskt och miljömässigt sett. För perifera områden med goda resurstillgångar kan det dock förekomma fall där småskaliga lösningar vore att föredra. Denna avvägning bör göras så förutsättningslöst som möjligt. Kriterier för en sådan avvägning bör vidareutvecklas i en djupare studie.

En intressant möjlighet är att utveckla teknik kring energidistribution i småskaliga nät. T.ex. att etablera en gemensam värmecentral eller elproduktion och distribution enbart för en mindre by eller samhälle.

Utöver tekniska hinder finns även institutionella begränsningar för småskaliga nätlösningar. Förslagsvis bör regelverken ses över för att minska denna typ av hinder.

Ytterligare institutionella begränsningar finns gällande möjligheten att ansluta sig till elnät i grannländer. Eftersom detta kan vara den minst kostsamma lösningen i vissa gränsområden bör regelverken ses över även på denna punkt.

Alternativ för småskaliga lösningar behöver utvecklas så att balansproblematik mellan produktion och förbrukning kan hanteras på ett effektivt sätt. T.ex. behövs satsningar på utveckling av olika former av energilagring.

7 Referenser

Land	Namn	Företag, organisation
Finland	Henrik Juslin	Ålands landskapsregering, inspektör vid el- och energienheten
	Hannu Lipponen	Arbets- och näringsministeriet, specialforskare vid energiavdelning
	Kalevi Luoma	Kommunförbundet, energiingenjör
	Jan Wennström	Ålands Elandelslag, VD
	John Wrede	Brändö kommun, kommundirektör
	Kurt Forsman	Kökars kommun, kommundirektör
	Mikko Kangasniemi	Rovakaira Oy, utvecklingschef
	Arto Junttila	Koillis-Lapin Sähkö, VD
Färöarna	Terji Nielsen	SEV
	Kari Mortesen	TBO – gruppen
Grönland	Margrethe Sørensen	Phd in Sociology Senior Adviser, MS Consult
Island	Sigurdur Ingi Fridleifsson	TBO-gruppen och The National Energy Authority
	Helga Bardadóttir	TBO-gruppen och Ministry of Industry
	Albert Albertsson	Vice VD HS Orka
	Ragnheiður Ólafsdóttir	Miljöchef Landsvirkjun
Norge	Egil Arne Østingsen	Lofotkraft, FASIT ansvarlig
	Arnfinn Ellingsen	Ordfører Røst kommune
	Knut Hofstad	TBO-gruppen
Sverige	Håkan Hanson	Tanums kommun, Energi- och klimatstrateg
	Patrik Sällström	Västerbottens länsstyrelse, Klimat och energi
	Marie Holmgren	Vilhelmina kommun, energirådgivare
	Roger Lindmark	Vattenfall eldistribution Norra området, informatör
	Christina Oettinger-Biberg	TBO-gruppen, Näringsdepartementet