Got Heat

En hållbar energisektor på Gotland i en föränderlig tid

ivl
SVENSKA
MILJÖINSTITUTET

Rapportnummer: C11079
Författare: Sofia Klugman, Nathalie Fransson, Maria Lidberg, Olga Lysenko, Érika Mata, Sahar Safarianbana, Akram Sandvall, Sofia Klugman, Maria Vigren, och Karl Vilén.

Medel från: Energimyndigheten, P2022-00456

ISBN: 978-91-7883-782-3
Fotograf: W. Carter

[Spillvärme; Restvärme; Gotland; Industri; Energipilot Gotland; Energisystemmodellering; TIMES; Hållbarhetsanalys; LCA; Social hållbarhet; Samarbete; Riskmatris]

Summary

Through a government assignment to the Swedish Energy Agency, Gotland has been singled out as a pilot area to drive the transition to a sustainable energy system. One of the goals of the roadmap that the Swedish Energy Agency has reported in the *Energy Pilot Gotland* is to have an efficient and fossil-free energy system by 2030 with local production from various renewable energy sources, which can function independently of each other and of imports. Considering this direction, waste heat comes into play as an opportunity for both improved efficiency in the energy system and as an opportunity to connect the electricity and heating systems with the industries. Furthermore, any future establishments on Gotland will impact its energy system. Current plans include several wind and solar farms, as well as industries that could be prospective sources of excess heat. This creates opportunities for Gotland to develop a flexible and efficient heating sector that, which coupled with other sectors could contribute to releasing valuable bioresources currently used for heating.

In this context, this report summarizes the results of the project *Got Heat - Waste Heat Utilization for a Sustainable Heating Sector at Gotland*, funded by the Swedish Energy Agency. The project is executed by IVL Swedish Environmental Institute, in collaboration with Region Gotland, Gotlands Energi Aktiebolag, BRS Networks AB, Maston AB, and OX2 AB between September 2022 and December 2024. Communication and dissemination of results takes place through the project's reference group - which in addition to the implementing parties includes representatives from the companies Heidelberg Materials and WA3RM - and through several different activities and channels.

In Got Heat project, scenarios are developed for Gotland's heating sector and its couplings with the electricity sector and industry, with the aim of examining various aspects of waste heat utilization, such as the impact of location, replacement of existing heat production and the possibility of using waste heat to attract new establishments to the island. The scenarios are analyzed with an energy system model that describes Gotland's heating sector and the linkages with the electricity and industry sectors. Synergies and goal conflicts between different sustainability aspects for the scenarios are analyzed. Work on collaborative aspects of waste heat is featured through analysis of risks and opportunities.

Sammanfattning

Gotland har genom ett regeringsuppdrag till Energimyndigheten pekats ut som ett pilotområde för att driva på omställningen till ett hållbart energisystem. Ett av målen från färdplanen som Energimyndigheten har rapporterat inom *Energipilot Gotland* är att vid 2030 ha ett effektivt och fossilfritt energisystem med lokal produktion från olika förnybara energikällor, som kan fungera oberoende av varandra och av import. I ljuset av denna utstakade riktning kommer restvärme in som en möjlighet till både förbättrad effektivitet i energisystemet och som möjlighet att koppla samman systemen för el och värme med industrisektorn. Dessutom står Gotland inför stora förändringar, med ökat elbehov till koldioxidinfångning vid cementproduktionen, flera planer på sol- och vindkraftsparker och etableringar av nya restvärmegenererande industrier.

Denna rapport sammanfattar resultaten av projektet *Got Heat - Spillvärmeutnyttjande för en hållbar värmesektor på Gotland*, finansierat av Energimyndigheten.

Fyra scenarier som spänner upp en stor variation av utveckling för energisystem och industri på Gotland har analyserat (BAU – baseras på dagens situation, men inkluderar beslutade förändringar såsom förstärkt fastlandskabel och koldioxidinfångning vid cementproduktionen; FHVY – storskalig havsbaserad vindkraft byggs i kombination med ny elintensiv industri; IK – samma som FHVY men utan fastlandskabel; IC – som BAU men utan cementindustri).

Baserat på resultat från tekno-ekonomiska scenariooptimering, ses att elsektorn förväntas möta en över en fördubbling av det totala elbehovet på Gotland i de scenarier där cementproduktionen i Slite finns kvar (BAU, FHVY, IK), på grund av introduktion av koldioxidinfångning. Om havsbaserad vindkraft byggs ut i kombination med att ny industri etableras kan elbehovet närmare fyrdubblas (FHVY, IK). I basscenariot (BAU) möts den ökade efterfrågan främst med ökad import från fastlandet, en markant utbyggnad av solceller samt landbaserad vindkraft. Med storskalig havsbaserad vindkraft (FHVY) exporteras en stor mängd el till fastlandet, och landbaserad vindkraft fasas ut. Ett scenario utan fastlandskabel (IK) kombinerar havsbaserad vindkraft med lokal användning och kompletteras med solceller och en biodieselgenerator. Ett scenario utan cementproduktion (IC) leder däremot till minskat elbehov och ingen ny kraftproduktion. Marginalkostnaderna för elproduktion varierar kraftigt mellan scenarierna beroende på elförsörjningen och investeringarna. Detta påverkar om

de optimala teknikvalen för värmeförsörjningen att bli mer eller mindre elberoende.

Värmesektorn präglas av minskat värmebehov i hushåll och lokaler över tid. I scenarier med havsbaserad vindkraft (FHVY och IK) tillkommer värmebehov från växthus nära restvärmekällor. Användningen av värmepumpar är utbredd i dessa scenarier, medan pelletspannor dominerar där vindkraft till havs saknas. Fjärrvärmeexpansion sker främst i tätbebyggda områden och gynnas av tillgång till el från havsbaserad vindkraft. Biobaserade värmepannor fasas gradvis ut och ersätts av värmepumpar som utnyttjar havsvattnets värme samt andra källor beroende på scenario.

I de scenarier där cementindustrin finns kvar och särskilt då ny elintensiv industri etableras blir restvärmeutnyttjande en central del av värmesystemet och används via fjärrvärmenät i Visby och Slite. Det finns dock stora mängder tillgänglig restvärme som inte används, eftersom användningen begränsas av höga ledningskostnader och ojämn tillgång. Istället blir värmepumpar som nyttjar havsvatten ekonomiskt fördelaktiga. Analysen av samarbetsfrågor för utnyttjande av restvärme visar att för att möjliggöra ett större utnyttjande av industriell restvärme och kyla krävs att flera riskfaktorer hanteras genom en kombination av tekniska, regulatoriska och organisatoriska lösningar. Nyckeln ligger i att skapa förutsättningar för långsiktigt hållbara samarbeten och investeringar som balanserar målkonflikter.

De fyra scenarierna skiljer sig åt beträffande hållbarhetsaspekter. I basscenariot (BAU) är markanspråken en utmaning med risker för negativ miljöpåverkan och social acceptans, medan det finns potential för lokala samarbeten och en ökad attraktivitet kopplad till klimatneutral energiförsörjning. Scenariot med havsbaserad vindkraft (FHVY) medför både möjligheter och utmaningar, såsom ökad industriell utveckling, lokal kunskapsuppbyggnad och sysselsättning men också risker för låg social acceptans och minskad attraktionskraft för turism och boende. Minskat markanspråk och bidrag till global uppvärmning kompenseras av en större miljöpåverkan från användningen av resurser och mineraler. För scenariot utan fastlandskabel (IK) nås inte samma miljöfördelar för den globala uppvärmningen, samtidigt som potentialen för ökad sysselsättning är stor, och scenariot utan cementproduktion (IC) har minst negativ miljöpåverkan men innebär betydande förändringar i det lokala näringslivet. Alla scenarier innebär att olika hållbarhetsaspekter och utmaningar behöver *hanteras* för att potentialen ska realiseras.

Innehållsförteckning

Summary **3**

Sammanfattning **4**

1 Inledning – Gotlands energisystem står inför stora förändringar **9**

1.1 Syfte och frågeställningar 11

2 Metod **12**

2.1 Scenarier för energisystemets utveckling på Gotland 12

2.1.1 Data gällande restvärme 13

2.1.2 Utformning av scenarier 13

2.2 Modellering av Gotlands energisystem 15

2.3 Hållbarhetsanalys 17

2.3.1 Bakgrundsanalys - hållbarhet 17

2.3.2 Revidering utifrån lokal kunskap 19

2.3.3 Metodutveckling – hållbarhetsindikatorer 20

2.3.4 Scenarioutvärdering 24

2.4 Samarbetsfrågor för restvärme 24

2.4.1 Intervjuade aktörer 25

2.4.2 Riskbedömning 26

2.5 Avgränsningar 28

3 Värme och el på Gotland idag **30**

3.1 Elsystemet 30

3.2 Fjärrvärme 31

3.3 Värmeanvändare 34

3.3.1 Byggnader, lokaler och industrier 34

3.3.2 Växthus 36

3.4 Källor till restvärme 37

4 Framtidsplaner för Gotlands energisystem **39**

4.1 En ny fastlandskabel för ökad överföringskapacitet för el till och från ön 39

4.2 Mer vind- och solkraft på land 39

4.3 Havsbaserad vindkraft 40

4.4 Koldioxidinfångning från cementproduktionen i Slite 40

4.5 Vätgasproduktion i Roma 40

4.6 Metanolproduktion från solenergi 41

4.7 Biokraftvärmeverk 41

4.8 Växthus med integrering av restvärme 41

4.9 Värmelager 41

4.10 Förändrat värmebehov i byggnadsbeståndet 42

4.10.1 Värmebehov för befintligt byggnadsbestånd 43

4.10.2 Värmebehov för tillkommande byggnadsbestånd 43

5 Framtidsscenarier för Gotlands energisystem 46

5.1 Referensscenario (BAU) 46

5.2 Ingen cement (IC) 48

5.3 Havsbaserad vindkraft med industriutveckling i Ygne (FHVY) 48

5.4 Ingen fastlandskabel (IK) 49

6 Resultat av optimering med TIMES-Gotland 51

6.1 Elsektorns väg till klimatneutralitet 51

6.2 Värmesektorns väg till klimatneutralitet 53

6.2.1 Fjärrvärmesektorns utveckling 55

6.2.2 Restvärmeanvändning 58

7 Hållbarhetsanalys 60

7.1 Identifierade hållbarhetsaspekter 60

7.2 Resultat och analys av scenarier 68

7.2.1 Sociala aspekter 68

7.2.1.2. Social acceptans för etableringar 71

7.2.1.3. Attraktionskraft 75

7.2.1.4. Lokala samarbeten 76

7.2.2 Miljöbedömning 77

7.2.3 Sammanvägd bedömning 82

8 Nyttjande av restvärme 86

8.1 Resultat från tidigare studier 86

8.1.1 Drivkrafter, framgångsfaktorer och hinder 86
8.1.2 Kritiska faktorer för effektiva kontrakt för restvärmeåtervinning 88
8.2 Intervjuer om förutsättningar för restvärmesamarbeten 90
8.2.1 Drivkrafter och målsättningar 90
8.2.2 Aktuella diskussioner om restvärmesamarbete 91
8.2.3 Ekonomiska förutsättningar – lönsamhet viktig, men inte allt 92
8.2.4 Attraktivitet och acceptans – naturmiljön är prioriterad på Gotland 93
8.2.5 Drömscenariot – pålitlig leverantör och flexibel mottagare 94
8.2.6 Temperaturfrågan – växande tillgång på 60°C 95
8.2.7 Ö-perspektivet – främjar samarbete 95
8.3 Riskanalys och riskmatris 96
8.3.1 Risker för restvärmesamarbete 96
8.3.2 Risker relaterad till EU-taxonomi 97
8.3.3 Analys genom riskmatris 100
8.4 Vägar framåt för större restvärmeutnyttjande 112
9 Diskussion och slutsatser för Gotlands väg framåt 114
10 Referensförteckning 117
Bilagor 123
Bilaga 1 Värme- och elbehov för byggnader 123
Bilaga 2 Restvärmekällor per region på Gotland 131
Bilaga 3 Modellering av energisystemscenarier 133
Bilaga 4 Hållbarhetsaspekter 137
Bilaga 5 Riskmatris 139

1 Inledning – Gotlands energisystem står inför stora förändringar

I ett regeringsuppdrag till Energimyndigheten [1] pekades Gotland ut som ett pilotområde för att driva på omställningen till ett hållbart energisystem. I samband med detta uppdrag, *Energipilot Gotland*, skapade Energimyndigheten en färdplan för energiomställningen på ön, med målsättningen att Gotland redan år 2030 ska ha ett effektivt, fossilfritt och resilient energisystem som inte är beroende av import från fastlandet och som består av lokal produktion från olika förnybara energikällor. I Region Gotlands utvecklingsstrategi [2] från 2021 formuleras hållbarhetsmål utöver klimatmålet för energisystemet. Hållbarhetsmålen kopplar till ekologiska, sociala och ekonomiska dimensioner: år 2040 ska Gotland vara ett tryggt och inkluderande samhälle, en förebild i energi- och klimatomställningen och en nytänkande tillväxtregion med handlingskraft. Riktningen som stakas ut av de båda strategiska dokumenten är alltså en ambitiös energi- och hållbarhetsomställning och i ljuset av denna riktning uppstår möjligheten att dra lärdomar från ön som kan överföras till energiomställningen på nationell nivå.

Gotlands energisystem står inför en rad stora, potentiella förändringar som går i linje med denna utstakade riktning för energiomställningen. Det finns både beslut och planer som innefattar, bland annat, en förstärkt elanslutning till fastlandet, ny sol- och vindkraft, produktion av vätgas och elektrometanol i anslutning till förnybar elproduktion, samt nya industrier och verksamheter som datahallar. Den planerade koldioxidinfångningen i cementindustrin kommer också att påverka energibalansen på ön. Genom att samordna dessa förändringar kan systemet optimeras med avseende på resurseffektivitet och flexibilitet.

Energiomställningen är komplex och investeringsbeslut som fattas för energisystemet idag påverkar utvecklingen under en lång tid framöver. För att hantera denna komplexitet kan tekno-ekonomisk energisystemmodellering användas som stöd till beslutsfattare och besvara frågor om hur olika energiresurser kan tillvaratas och samordnas på ett optimalt sätt (Krook Riekkola, 2015 [3]). Genom att skapa en modell med olika scenarier för Gotlands värmesektor och dess interaktioner med andra sektorer i energisystemet kan kostnaden för olika tekniker optimeras ihop med deras klimatpåverkan, samtidigt som lokaliseringen av etableringar med restvärme kan beaktas för att bättre kunna matcha med

potentiella användare. Detta hjälper till att skapa en helhetsbild av omställningen som kan vara svår för enskilda aktörer att uppnå på egen hand.

Som komplement till den tekno-ekonomiska energisystemmodelleringen kan scenarier för omställningen utvärderas ur ett holistiskt hållbarhetsperspektiv. Med modellen beräknas tekno-ekonomiskt optimala vägar till ett fossilfritt och klimatneutralt Gotland, med vägarna innebär andra för- och nackdelar som påverkar samhället, människor och natur på olika sätt. Att utvärdera scenarierna med avseende på ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet hjälper till att synliggöra de synergier och målkonflikter som de olika scenarierna innebär [4], [5]. Detta utgör grunden till att kunna hantera målkonflikterna, vilket skapar bättre förutsättningar för att kunna genomföra omställningen i praktiken.

En annan viktig del av att omsätta teori till praktik handlar om att de aktörer som har rådighet över olika energiresurser och processer måste samarbeta över organisationsgränserna för att kunna samordna omställningen. Ett exempel på detta är att tillvarata restvärme från verksamhet på ön till högre grad än idag. Beroende på lokalisering och matchning av flöden i tid och temperaturer, skulle restvärmen eventuellt kunna nyttiggöras i de olika fjärrvärmenäten på ön eller i befintlig eller ny verksamhet med ett värmebehov. Möjligheten att nyttja denna resurs skulle därmed kunna locka nya verksamheter som grönsaksodling i växthus eller landbaserad fiskodling till ön. Persson och Werner [6] samt Persson, Möller och Werner [7] har i sina studier visat på att ett ökat tillvaratagande av restvärme kan utgöra ett betydande bidrag till minskad klimatpåverkan från värmesektorn i EU. I Gotlands fall, där en stor andel av el- och värmesektorn redan består av fossilfri energi [8], skulle en ökad användning av restvärme kunna bidra till att dessa resurser kan frigöras och användas i andra syften. I ljuset av detta, kommer restvärmesamarbete in som en möjlighet till både förbättrad effektivitet i energisystemet och som möjlighet att koppla samman systemen för el och värme med industrisektorn. Tidigare forskning (Päivärinna, 2015 [9], Fransson et al, 2023 [10], Oldershaw et al, 2016 [11]) har visat på att organisatoriska hinder i många fall utgör orsaken till att restvärme inte nyttjas i en högre grad, trots att det är tekniskt och ekonomiskt möjligt. Samarbetsfrågor får därför ett särskilt fokus inom ramen för detta projekt, för att förbättra möjligheten för att restvärme ska kunna tillvaratas i en ökad utsträckning på Gotland.

1.1 Syfte och frågeställningar

Det övergripande syftet med denna studie är att undersöka hur värmesektorn på Gotland kan utvecklas för att bättre tillvarata och integrera befintliga och planerade energiresurser, samt analysera hur detta kan bidra till ett hållbart, konkurrenskraftigt och självförsörjande Gotland. Detta syfte uppnås genom att med energisystemmodellering undersöka förutsättningarna för Gotland att utveckla en flexibel och effektiv värmesektor som samverkar med andra sektorer såsom el och industri, samt genom att utforska möjligheten att tillvarata restvärme från befintliga och framtida källor. Synergier och konflikter i energisystemscenarierna med avseende på ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet utforskas genom hållbarhetsanalys. En fördjupning om förutsättningarna för restvärmesamarbeten på Gotland genomförs för att undersöka aspekter av att gå från teori till praktik för en hållbar energiomställning.

Frågeställningarna som den här studien besvarar är:

1. Vilka alternativa vägar finns för omställningen av Gotlands energisystem och vilka tekniska lösningar kan tillämpas?
2. Vad finns det för synergier och målkonflikter i de olika alternativen med avseende på ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet?
3. Hur ser aktörer på Gotland på att samarbeta kring restvärme för att tillsammans åstadkomma ett ökat tillvaratagande av restvärme i energisystemet? Vad ser de som risker och möjligheter med dessa samarbeten?

2 Metod

Projektet innefattar flera metoder och analyser som kombineras för att kunna ta ett helhetsgrepp om Gotlands energiomställning och svara på studiens frågeställningar. Den första frågeställningen besvaras genom att utveckla och utforska scenarier för Gotlands energisystem och hur det kan komma att förändras från idag till 2050. Dessa scenarier har en kvalitativ dimension som svarar mot de alternativa utvecklingsvägar som energisystemet står inför och vad den regionala utvecklingsstrategin [2] förutspår. Den kvantitativa dimensionen av scenarierna modelleras i verktyget TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System) [12] som utför en teknoekonomisk optimering av energisystemet och beräknar vilka tekniker som når klimatmålen till lägst kostnad. TIMES-modellen väljer ett optimalt värmesystem och navigerar utifrån de scenarier som målas för de angränsande sektorerna el och industri som ändras mellan scenarierna.

Den andra frågeställningen besvaras genom en övergripande hållbarhetsanalys som förankras med lokala aktörer i workshops och utgår från de framtagna scenarierna och en litteraturstudie över viktiga hållbarhetsaspekter för ö-baserade energisystem. En kvantitativ jämförelse av miljöindikatorer ur livscykelperspektiv genomförs dessutom för att jämföra potentiella miljökonsekvenser i de olika scenarierna. Både direkt och indirekt miljöpåverkan beräknas med ett vagga-till-grav-perspektiv. De sociala hållbarhetsaspekterna analyseras baserat på intervjuer med olika representanter från projektets intressenter.

Den tredje frågeställningen angrips främst genom en intervjustudie med aktörer med verksamhet på ön. De tre benen i analysen – utvecklingen och modellering av framtidsscenarier för energisystemet, bedömning av scenariernas hållbarhet, samt analys av förutsättningar för samarbete kring restvärme – beskrivs i detta metodkapitel.

2.1 Scenarier för energisystemets utveckling på Gotland

Scenarion kan utforska och illustrera olika utvecklingsvägar för Gotlands energisystem och undersöka olika sätt att uppnå samma klimatmål, ett fossilfritt energisystem till år 2040, samt regionens vision om ett gott samhälle på Gotland i framtiden. Det första steget i scenarieutvecklingen utgjordes av datainsamling, där målet var att skapa en överblick över dagens energisystem och göra en genomgång

av både beslutade och ej fastställda planer (se Kapitel 4). Till detta moment användes litteratur och dialog med projektkonsortiet och andra aktörer med verksamhet på ön. Eftersom planerna var mer och mindre konkretiserade handlade datainsamlingen också om att göra kvalificerade antaganden tillsammans med de berörda aktörerna.

Kartläggningen av värme- och elsystemen användes dels för att kunna visualisera energisystemet och dess geografiska aspekter med hjälp av GIS (Geographic Information Systems) [13], dels i utformningen av kvalitativa scenarier och modelleringen av dessa. GIS-modellen användes för att beräkna värmedensiteten på Gotland uppdelat i zoner. Den användes även för att beräkna värmebehovet för uppvärmning och tappvarmvatten för respektive byggnadskategori, dvs hushåll och lokaler för kommersiell och industriell verksamhet.

2.1.1 Data gällande restvärme

För att uppskatta tillgänglig restvärme i temperaturer och flöden över året användes en kombination av dialog med aktörer på Gotland och schablonberäkningar. För restvärmeuppskattning från matbutiker uppmättes deras yta och baserat på detta beräknades tillgänglig restvärme baserat på schablondata. För matproducenter med stora kyllager fördes en dialog med ett urval av matproducenter och liknande antaganden gjordes för övriga baserat på detta. På Gotland finns även ett stort antal växthus i varierande storlekar för produktion av grönsaker och växter. 20 växthus identifierades och dess storlek mättes upp med hjälp av kartverktyg. Storleken har sedan kopplats till ett värmebehov baserat på Jordbruksverkets statistik (200 kWh/kvm, år för grönsaksproduktion och 150 kWh/kvm, år för växter) [14]. Vattenburen uppvärmning är det vanligaste uppvärmningssystemet och temperaturen på vattnet i rören bör ligga runt 30–50°C [15]. För ett urval av växthus (4 stycken) togs kontakt för att uppskatta bränsletillförseln till uppvärmning. Dialog om värmebehov och eventuell användning av restvärme fördes även med ett urval av växthus [16]. För uppskattning av värmebehov vid nyetablering av storskaliga växthus fördes en dialog med Wa3rm [17] som har ett intresse av att anlägga stora växthus i anslutning till restvärmekällor.

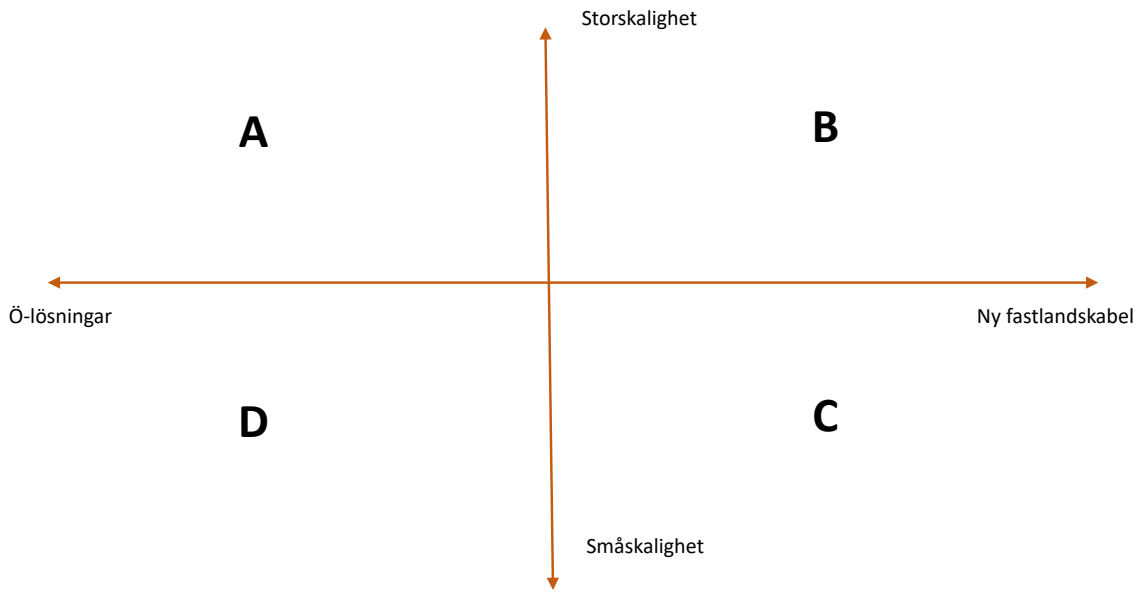
2.1.2 Utformning av scenarier

En första iteration av de kvalitativa scenarierna skapades av projektmedlemmar på IVL som då utgick från kartläggningen, från olika strategiska dokument och från

vägledning från projektkonsortiet. Målet var att scenarierna skulle representera stora vägval för energisystemet som kan ske i en nära framtid. Viktigt var också att scenarierna skulle utformas så att de alla hade möjlighet att uppnå klimatneutralitet och bidra till Gotlands utvecklingsmål om hållbarhet och konkurrenskraft. De två centrala parametrarna som dessa scenarier utgick ifrån var *energisystemets skala* (småskalig produktion och användning eller storskalig produktion och användning) *och energisystemets förbindelse med fastlandet* (helt oberoende eller förstärkt förbindelse av elsystemet i form av ny fastlandskabel). Dessa två parametrar visualiserades som en x-axel och en y-axel som därigenom gav upphov till fyra olika scenarier i de resulterande kvadranterna (Figur 1). Ett kompletterande basscenario med mer konservativa antaganden om utvecklingen togs också vidare i analysen. Det andra steget i utformningsprocessen var att vidareutveckla den första grovskissen av scenarierna i samverkan mellan projektets utförargrupp och de gotländska projektparterna.

Detta illustreras genom att variera två parametrar som skulle innebära stora skillnader mellan utfallen för energisystemets framtida utseende.

De två parametrarna (eller vägvalen) valdes utifrån litteratur och dialog med projektkonsortiet och berör energisystemets skala (småskaligt respektive storskaligt energisystem) samt elsystemets sammankoppling med fastlandet (ö-lösning respektive förstärkt fastlandskabel). Baserat på de fyra kvalitativa inriktningarna i respektive kvartil i Figur 1, utformades möjliga framtidsbilder för Gotlands energisystem. Scenariot i kvartil D (ö-lösningar, småskaligt) valdes att utgöra ett basscenario eftersom det bygger på mer försiktiga antaganden om energisystemets utveckling och som innebär en mindre förflyttning från det energisystem som finns på Gotland idag. Resultatet av scenarioutformningen beskrivs i Kapitel 5.



Figur 1 Schematisk bild över de två axlar som tillsammans bildar fyra kvalitativa framtidsscenarier för Gotlands energisystem.

För att representera scenarierna i modelleringsverktyget är det dock ingående antaganden om elsystemet och industrisektorn som skapar skillnaderna mellan de olika utvecklingsvägarna. Detta beror på att verktyget utför en teknoekonomisk optimering, där man vill låta modellen välja den lösning som når klimatneutralitet till lägst kostnad.

2.2 Modellering av Gotlands energisystem

Datamodellering är en metod att studera stora och komplexa system, som en regions hela energisystem. I detta projekt har modelleringsverktyget TIMES använts. Det är ett verktyg för att modellera energisystem på en lokal, regional, nationell eller internationell nivå [12]. En TIMES-modell kan användas för att optimera energisystem på medellång till lång sikt. Modellen drivs av krav på energitjänster, t.ex. el- och värmebehov, och minimerar den totala systemkostnaden. Med modellen kan man studera förändringarsmöjligheter i energisystemet och analysera deras konsekvenser

Den nya modellen som har utvecklats inom projektet, TIMES-Gotland, inkluderar el-, värme-, bebyggelse- och industrisektorerna i Gotlands energisystem och deras interaktioner med de (inter)nationella energimarknaderna. Medan värme- och elsektorerna är representerade i detalj geografiskt och tidsmässigt över året, är

industrisektorn representerad i mindre detalj. I modellen är ön indelad i sex regioner för att representera energitillgången och -efterfrågan mer i detalj, se Figur 2. Respektive region delas även in i områden baserat på bebyggelsens täthet per kvadratkilometer. Detta görs för att kostnaden för eventuell fjärrvärmeutbyggnad ska kunna varieras beroende på värmebehovets täthet. Modellens tidshorisont är perioden mellan 2020 (basåret) och 2050. Varje år är uppdelat i 672 tidssegment, vilket representerar fyra veckor under olika årstider, uppdelade på sju dagar och 24 timmar.

Figur 2 Regionindelning i TIMES-Gotland.

Energibehovet som ska mötas i modellen omfattar: 1) värmebehov för bostäder (småhus- och flerbostadshus) och lokaler och små industrier (växthus), 2) efterfrågan på el för icke-uppvärmningsändamål i bostäder och lokaler och industriella processer, och 3) energibehovet för teknologier såsom produktion av vätgas och ammoniak. Hur stora dessa behov är varierar mellan de valda scenarierna. Värmebehovet i bebyggelsen beskrivs i avsnitt 4.10.

Data gällande prestanda och kostnader för värme- och elproduktionstekniker, energidistribution och nedströms tekniker som elektrolysörer har främst erhållits från Danska Energistyrelsen, 2023 [18].

2.3 Hållbarhetsanalys

En hållbarhetsanalys görs i syfte att identifiera synergier och målkonflikter mellan olika hållbarhetsaspekter, för att undvika att minskad negativ påverkan inom en dimension leder till ökad negativ påverkan inom ett annat [4] [5]. Det är viktigt att hållbarhetsanalysen initialt tar ett brett grepp och täcker alla hållbarhetsdimensioner samt tar ett lokalt perspektiv, för att förstå potentiella synergier och möjliggöra avvägningar mellan miljömässiga, ekonomiska och sociala faktorer [4] [5]. Mot den bakgrunden har en hållbarhetsanalys genomförts för de scenarier som utarbetats för energisystemets utveckling på Gotlands, för att undersöka om andra hållbarhetsaspekter som behöver beaktas vid de olika vägar till klimatneutralitet som scenarierna innebär samt om det finns lokala förutsättningar på Gotland som kan ha påverkan på scenarierna.

Hållbarhetsanalysen har bestått av fyra delmoment, som presenteras nedan under respektive rubriker.

2.3.1 Bakgrundsanalys - hållbarhet

Bakgrundsanalysen har sammanställts utifrån kunskap från tidigare projekt, en litteraturstudie samt intervjuer. Som ett första moment för att identifiera relevanta hållbarhetsaspekter som skulle kunna vara relevanta för hållbarhetsanalys av energisystemscenarier genomfördes en screening av olika hållbarhetsramverk. Relevanta *målsättningar* har identifierats i syfte att kunna relatera resultaten till önskvärd utveckling: de globala målen för hållbar utveckling, Agenda 2030 [19] (eller SDG, *Sustainable Development Goals*), Sveriges miljökvalitetsmål [20] samt Gotlands Regionala Utvecklingsstrategi, RUS, *Vision och mål för 2040* [2].Hållbarhetsramverk som användes var munkmodellen (*the Doughnut Economics model*) [21], hållbarhetsaspekter listade i Global Reporting Initative (GRI) hållbarhetsrapporteringsstandard [22] samt de subkategorier för sociala hållbarhetsaspekter som listas i metoden för Social livscykelanalys [23]. Information kring *hållbarhetsaspekter* har sammanställts och analyserats för att fördjupa förståelsen för vilka aspekter som kan vara relevanta för hållbarhetsanalys av energisystemsscenariermed fokus på öar. Därtill bygger hållbarhetsanalysen i detta projekt vidare på erfarenheter från tidigare arbete i [24].

Där fokuseras på miljömässiga och socioekonomiska konsekvenser av en framväxande satsning på industriell symbios i Sotenäs genom användning av livscykelanalys (LCA) och socioekonomisk bedömning, med deltagande från olika intressenter som viktig komponent. Därtill har erfarenheter från ett tidigare industrisymbiosprojekt på Gotland [25] använts. I det projektet genomfördes en hållbarhetsbedömning genom att använda en kombination av livscykelanalys och semi-kvalitativ analys av sociala och ekonomiska aspekter. 15 KPI:er utarbetades, som därefter bedömdes baserat på sannolikhet för positiv eller negativ påverkan på indikatorn. En kvalitativ analys av varje indikator i varje scenario genomfördes, vilket resulterade i ett sammanlagt score för respektive scenario [26].

Därtill har en genomgång av lämpliga *metoder och angreppssätt för hållbarhetsanalys* respektive *metoder för att involvera lokala intressenter* i hållbarhetsanalys genomförts. Urvalet av litteratur har i första hand relaterat till studier av energi- och värmesystem eller andra utvecklingsprojekt i ett ö-perspektiv, men andra studier har ingått. Slutligen har en intervju med sekretariatet för Clean Energy for EU Islands genomförts för att ytterligare fördjupa förståelsen för kontexten. Bakgrundsanalysen för hållbarhetsbedömning presenteras i kapitel 7.1. Resultatet från genomgången av ovanstående ramverk och tidigare erfarenheter resulterade i en bruttolista med ett stort antal aspekter, både sociala, ekonomiska och miljömässiga (se Bilaga 4 Hållbarhetsaspekter) av relevans för projektets fokus.

Under en workshop med IVL:s team diskuterades urvalet av hållbarhetsaspekter i relation till de då preliminära scenarierna som hade arbetats fram. Deltagarna fick i mindre grupper identifiera utmaningar för de man ansåg som de utifrån bruttolistan viktigaste hållbarhetsaspekterna i relation till ett givet scenario och göra en uppskattning av storleken på utmaningen (från väldigt liten till väldigt stor). Dialogen var öppen och underlaget var öppet för att inkludera även andra aspekter än de som hade valts ut. Resultatet användes som vägledning i det efterföljande arbetet.

Genomgången av metoder för hållbarhetsanalys visade att det finns många olika metoder och tillvägagångssätt. Förutom att bygga vidare på erfarenheterna från [26] och använda LCA-metodik i kombination med en kvalitativ analys av sociala aspekter, har även inspiration hämtats från andra studier för att anpassa till rapportens frågeställningar. En sådan är Sustainability assessment framework for scenarios [27], SAFS, kombinerar forskningsfälten framtidsstudier och hållbarhetsbedömning. I studien hävdar författarna att det kan vara problematiskt att tillhandahålla kvantitativa siffror för framtida scenarier och argumenterar för

en kvalitativ bedömning. Sociala och miljömässiga dimensioner av hållbarhet är representerade, medan den ekonomiska dimensionen inte inkluderas. Ramverket utgår från ett konsumtionsperspektiv, till skillnad från ett produktionsperspektiv. De inkluderar alltså effekter som sker utanför de regionala eller nationella gränserna. Dessutom beaktar ramverket samhället som en helhet, snarare än en enskild teknik och ett deltagande förhållningssätt rekommenderas. De använder en indikatorbaserad strategi och livscykeltänkande ingår implicit, det vill säga det antyds att alla effekter ska analyseras utifrån ett vagga-till-grav-perspektiv.

Alla Got Heat-scenarion ska leda till ett fossilfritt energisystem år 2040 på mest kostnadseffektivt sätt. Modellen räknar ut det energisystem som uppfyller målet om fossilfrihet år 2040 samtidigt som behov av el och värme möts till lägsta kostnad sett från det totala systemet. På detta sätt finns ett samhällsekonomiskt perspektiv inräknat i modellens scenarioresultat och vi har därför utelämnat att undersöka detta ytterligare i hållbarhetsanalysen.

2.3.2 Revidering utifrån lokal kunskap

Ytterligare dimensioner adderades och underlaget för hållbarhetsbedömning reviderades med hjälp av lokala kunskap. Resultatet presenteras i kapitel 7.1.

Logical Framework Approach [28] används bäst på befintliga projekt, för att planera, genomföra och följa upp mot given målsättning. Enligt metoden är intressenter viktig för alla steg i utformningen av projektet. I det här projektet har de kollaborativa och deltagande elementen av metoden använts när aspekter och indikatorer av relevans för den gotländska kontexten har utforskats samt vid utformningen av workshop för lokal förankring. *Logical Framework Approach* användes för att sätta ramarna för workshopen, med deltagande moment, formulering av målsättningar och kartläggning av hållbarhetsaspekter.

För hållbarhetsanalysen identifierades följande relevanta intressentgrupper: Representanter för industri, entreprenörer/företag, invånare på Gotland, lokala intresseföreningar, Region Gotland/Gotlands kommun, Länsstyrelsen samt andra relevanta näringsgrenar. Intressenter från dessa grupper har involverats under projektets gång.

Huvudaktiviteten var en workshop med företag och lokala representanter för olika sektorer och intressen med syfte att lyfta upp viktiga lokala perspektiv men också att bygga nätverk och fånga upp möjliga synergier och målkonflikter. Workshopen

genomfördes under en halvdag i Visby med relevanta intressenter. Deltagare representerade olika industriaktörer, Region Gotland, kommunalt bostadsbolag, Jordbruk, Länsstyrelsen och lokal näringslivsutveckling. Workshopen tog sin utgångspunkt i Gotlands RUS, vision och mål för 2040 [2]. En viktig ingångsfråga var hur vi ser till att uppfyllandet av klimatmålen inte har stor negativ påverkan på andra mål.

Under workshopen användes tre av de framtagna scenarierna, samt referensscenariet som utgångspunkt. De tre scenarier som diskuterades var ”Ingen cement”, ”Havsbaserad vindkraft med industriutveckling i Ygne” och ”Ingen kabel”. Ett antal hållbarhetsaspekter (se Bilaga 4 Hållbarhetsaspekter) presenterades och därefter fick deltagarna i grupper diskutera dessa i relation till ett scenario utifrån frågor om risker, möjligheter, osäkerhetsfaktorer, mål etc. Resultatet sammanställdes och gav indikationer på vilka aspekter som intressenterna ansåg vara viktigast utifrån olika perspektiv. Resultatet från bakgrundsanalysen och workshopen analyserades av IVL:s arbetsgrupp och resulterade i att ett antal aspekter inkluderas i hållbarhetsbedömningen.

2.3.3 Metodutveckling – hållbarhetsindikatorer

Identifierade hållbarhetsaspekter har kopplats till indikatorer där så varit möjligt, för att kunna bedöma måluppfyllelsegrad. Resultatet beskrivs i kapitel 7.2.

För bedömning användes samma femgradiga skala som i [26] vilket också liknar de referensskalor som används i metodiken för social livscykelanalys [23]. Basscenariet har använts som baseline och övriga scenarier har utvärderats utifrån om utvecklingen väntas bli positiv eller negativ för respektive hållbarhetsaspekt, på en femgradig skala, i jämförelse med baslinjen. Liknande scenarier med små skillnader har bedömts lika.

För att göra bedömningen har olika metoder använts för respektive aspekt. Där det varit möjligt har kvantitativa mått använts för bedömning. För andra aspekter har en kvalitativ analys, utgående från intervjuer, använts.

2.3.3.1 Livscykelanalys

För bedömning av miljöaspekterna användes LCA-metodik [29], [30]. LCA gör det möjligt att kvantifiera direkt och indirekt miljöpåverkan av en produkt, tjänst eller aktivitet under dess livscykel. I detta arbete används LCA för att bedöma och därmed också kunna jämföra potentiella miljökonsekvenser i de olika scenarierna.

Proceduren bygger på de rekommendationer som ges i ISO 14040 [31] och ISO 14044 [32]. Enligt standarderna omfattar den tillämpade LCA tre huvudsteg: (1), mål- och omfattningsdefinition och specifikation av funktionell enhet och systemgräns (2), livscykelinventeringsdata (3), livscykelkonsekvensbedömning och tolkning av resultat.

Målet med att använda LCA i hållbarhetsanalysen har varit att studera och kunna jämföra miljöindikatorer kopplade till **produktion, användning och bortskaffande av de tekniker som beaktats för de olika scenarierna.** LCA har utgått från resultatet av energimodelleringen av Gotlands energisystem och därmed också den teknik för el och värme som ingår i de olika scenarierna, dvs. produktion av elektricitet, värme, vätgas och ammoniak, växthusodling (med antagande om att det som produceras är gurkor), cementproduktion samt CCS-teknik.

Underlaget till livscykelanalysen baseras på modelleringsresultaten som presenteras i kapitel 6. För att jämföra olika scenarier har all bedömning gjorts för 2040 när alla har uppfyllt målet om neutrala koldioxidutsläpp. Ett vagga-till-grav-perspektiv har använts. I denna studie har metoden EF 3.1 (environmental footprint) använts för att bedöma miljöpåverkan från olika system. Miljöindikatorer inbegriper klimatförändringar, försurning, övergödning, toxicitet för människor, ozonnedbrytning, resursutplåning, vattenanvändning och markanvändning. Ecoinvent v3.9 och Sphera-databasen har använts som bakgrundskälla för data om livscykelinventering (LCI) och LCA utförs med hjälp av LCA for expert-mjukvara (GaBi) [33] som beräknar miljö- och energiindex och listar de största bidragen i systemens livscykel.

2.3.3.2 Social hållbarhetsbedömning

För bedömning av sociala aspekter har intervjuer använts, vilka genomfördes digitalt via Teams och individuellt med olika representanter för projektets intressenter. Intervjuerna var semistrukturerade och utgick från en intervjuguide och med hållbarhetsaspekterna: jobbskapande; social acceptans för etableringar; lokala samarbeten samt attraktionskraften avseende Gotlands förmåga att locka till sig och behålla nya invånare. Dessa tillsammans utgjorde de temaområden vilket intervjun fokuserade på. Syftet med intervjuerna var att undersöka intervjupersonernas bedömning av hur dessa hållbarhetsaspekter påverkades i framtidsscenarierna, vilka presenterades för intervjupersonerna.

Insamlad intervjudata har därefter sammanställts och olika teman har uttolkats ur materialet. Citat har använts för att stödja och underbygga tolkningarna.

För analys av jobbskapande i olika scenarier har även en kvantitativ skattning av antalet arbetstillfällen som skapades som resultat av omställningen i de olika scenarierna gjorts. Denna analys genomfördes med hjälp av litteraturvärden för jobbskapande, så kallade *jobbfaktorer.* Detta eftersom skattningen var framåtblickande och därför inte kunde utgå från empiriska värden för skapade arbetstillfällen på ön.

Metoden för analysen utgick från Ram et al. [34]. Det totala antalet skapade jobb definierades som summan av antal jobb vid varje enskilt steg i värdekedjan för respektive tekniskslag: 1) tillverkning av komponenter och utrustning, 2) konstruktion, 3) installation, 4) drift och underhåll och 5) demontering.

För varje delsteg i värdekedjan beräknades antal jobb år 2040 enligt följande ekvation:

$$Antal\ jobb = jobbfaktor_{kraftslag\ x} * installerad\ kapacitet\ (2040 - 2020)_{kraftslag\ X} * mognadsfaktor_{kraftslag\ X} * regional\ justeringsfaktor_{produktionsregion\ x} \qquad \text{(Ekvation 1)}$$

Antal jobb betecknar alltså antalet arbetstillfällen som skapas i respektive scenario. Jobbfaktorn för ett givet tekniskslag hämtades från framförallt [34] och redovisas i Tabell 1 nedan. Skillnaden i installerad kapacitet av olika energislag mellan år 2020 (basår) och 2040 (år för scenarierna) representerar beräkningen just det antal jobb som uppstår eller försvinner jämfört med dagsläget. Mognadsfaktorn i ekvationen följde samma metodantaganden som i [34], som i sin tur utgick från OPEX-data i Bogdanov et al. [35] och speglade den förutspådda minskningen i rörliga drifts- och underhållskostnader för respektive tekniskslag, se Tabell 2 nedan. Den regionala justeringsfaktorn handlar om att antalet arbetstillfällen som skapas av en viss teknik kan antas variera beroende på region, eftersom den ekonomiska utvecklingen och arbetsmarknaden har olika struktur i olika delar av världen. I analysen av Ram et al. [34] varierade dessa faktorer mellan 1 (USA) och 7.5 (södra Afrika), men i den här analysen sattes faktorn till 1, för att göra en något mer konservativ skattning.

För att kunna föra resonemang kring hur många lokala arbetstillfällen som kunde tänkas skapas utfördes även en känslighetsanalys där arbetstillfällen som skulle genereras från steg 1) i värdekedjan inte räknades med i analysen. Detta metodval gjordes i syfte att reflektera att tillverkningen av komponenter och utrustning sannolikt skulle utföras någon annanstans än på Gotland. De andra stegen i värdekedjan ansågs kunna i större utsträckning kunna leda till att jobbtillfällen

skapades på ön. Av denna anledning finns två versioner av jobbfaktorn för respektive teknik, en där tillverkningen är inräknad och en där detta steg i värdekedjan är exkluderat.

Tabell 1 Jobbfaktorer för olika tekniskslag som energisystemmodellen kan välja bland. Faktorerna har enheten "antal jobb/MW" och anger hur många jobb som genereras per installerad effekt. Faktorerna ingår i ekvation 1. Faktorer hämtade ur [34].

Teknik för produktion av el och värme	Jobbfaktor (hög, inklusive tillverkning av komponenter) [Antal jobb/ MW]	Jobbfaktor, (låg, exklusive tillverkning av komponenter) [Antal jobb/ MW]	Not
Landsbaserad vindkraft	0,64	0,6	
Havsbaserad vindkraft	1,3	0,64	
Solceller,	2,1	1,9	Medelvärde för små- och storskalig solkraft
Gasturbin, bioolja	1,3	1,3	
Gasturbiner, biogas	2,9	1,3	
Fliseldad värmepanna (storskalig)	1,1	0,94	
Värmepumpar	0,74	0,63	Medelvärde av små- och storskalig
Solvärme	1,2	1,1	
Värmepanna, biogas	0,29	0,26	Antogs vara samma som naturgaseldad värmepanna
Pelletseldad värmepanna (småskalig)	1,6	1,4	
Elpanna	0,19	0,16	
Värmepanna, bioolja	0,29	0,26	
CCS	0,00015	0,00015	Enhet: jobb/tCO_2
Vätgas-produktion	0,22	0,18	

Värt att notera om jobbfaktorerna är att de i Ram et al, 2022 [34] anges uppdelade per steg i värdekedjan. Enheten för de olika stegen i värdekedjan varierar, där några steg har enheten "jobbår per installerad MW" och andra har "jobb per installerad MW". Skillnaden mellan när enheten anges som "jobbår" och bara "jobb" är att i fallet med "jobbår" antas arbetsinsatsen ske endast i ett kort skede under kraftverkets livslängd, till exempel vid byggnation eller vid demontering. Om något ger upphov till två "jobbår" innebär det att en person kan arbeta på heltid i två år, eller att två personer kan arbeta heltid i ett år. För att tillåta att siffror med denna enhet skulle kunna sammanslås med övriga har siffrorna som dessa tillfälliga jobb representerar dividerats med en antaganden livslängd om 25 år.

Resultatet av denna förenkling blir något missvisande i fråga om när i tid som arbetstillfällena uppstår, men eftersom detta undersöks vid året 2040 och inte kontinuerligt över perioden ansågs detta vara en acceptabel förenkling.

Tabell 2 Mognadsfaktorer över perioden 2020–2040 för olika tekniker i energisystemet. Från [35]

Teknik för produktion av el och värme	Mognadsfaktor över perioden 2020–2040
Landsbaserad vindkraft	0,83
Havsbaserad vindkraft	0,73
Solceller	0,66
Gasturbin, bioolja	1,00
Gasturbiner, biogas	1,00
Fliseldad värmepanna (storskalig)	1,00
Värmepumpar	0,72
Solvärme	1
Värmepanna, biogas	1,0
Pelletseldad värmepanna (småskalig)	1,5
Elpanna	0,76
Värmepanna, bioolja	1,32
CCS	0,32
Vätgas-produktion	0,39

2.3.4 Scenarioutvärdering

Slutligen har de scenarier som tagits fram och modellerats enligt 2.1 och 2.2 analyseras utifrån de hållbarhetsaspekter som identifierats enligt 2.3.1 – 2.3.3. Scenariot Business As Usual (BAU) har använts som referens som övriga scenarier har jämförts mot för att identifiera var utvecklingen vänas bli positiv eller negativ och vilka frågor som kan behöva hanteras för att minska negativ påverkan. Avslutningsvis har en bredare diskussion förts för varje scenario, där även synergier och målkonflikter mellan olika hållbarhetsaspekter för scenarierna analyserats.

2.4 Samarbetsfrågor för restvärme

Med utgångspunkt i de tidigare studier om hinder, drivkrafter, framgångsfaktorer och risker med restvärmesamarbete som sammanfattas i sektion 8.1, har vi genomfört en studie om förutsättningarna för restvärmesamarbeten i den gotländska kontexten.

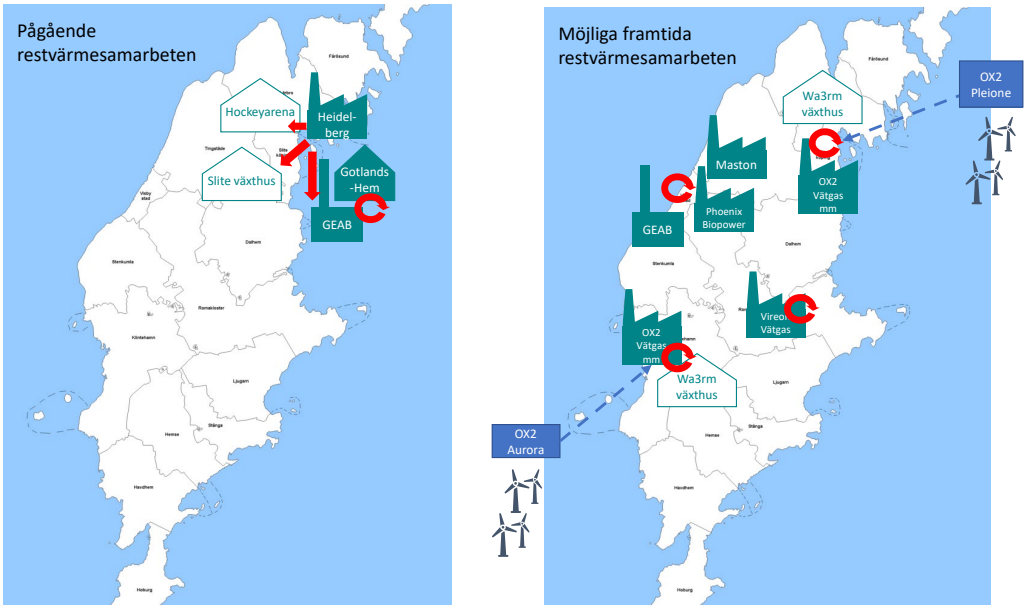
2.4.1 Intervjuade aktörer

De intervjuade aktörerna är utvalda baserat på att det finns tekniska möjligheter att matcha värmeöverskott med värmebehov. Möjligheterna har för varje aktör identifierats från konkreta samarbetsmöjligheter som antingen redan finns idag eller som kan uppstå beroende på framtidsscenario. Resultatet från intervjuerna presenteras i sektion 8.2

Totalt har representanter för åtta företag intervjuats om förutsättningarna för restvärmesamarbeten. Av dessa representerar tre företag som kan vara intresserade av att ta emot restvärme, och fem är företag som kan leverera restvärme. Två av företagen har redan ett pågående restvärmesamarbete med varandra. Tre av företagen har befintlig verksamhet på Gotland medan fem har olika långt framskridna planer för etablering. I Tabell 3 redovisas nyckelinformation om de intervjuade företagen. I Figur 3 illustreras pågående restvärmesamarbeten (vänstra bilden) och potentiella restvärmesamarbeten som beaktas i denna studie (högra bilden).

Tabell 3 Nyckelinformation om de utvalda åtta företag från vilka representanter intervjuades.

Roll i restvärme-samverkan	Verksamhet	Ägarskap	Antal anställda	Marknad
Mottagare (pågående samarbete)	Fjärrvärmebolag	Aktiebolag	150 (varav 34 inom värme)	Gotland
Mottagare	Fastighetsägare	Offentligt bolag	145	Gotland
Mottagare	Växthus och fiskodling (potentiell)	Aktiebolag	30	Primärt Sverige och Norden.
Leverantör (pågående samarbete)	Cementproduktion	Aktiebolag	50 000 globalt (varav 360 i Sverige)	Koncernen: Global. Svenska dotterbolag: Regional marknad kring Östersjön.
Leverantör	Bränsleproduktion från solenergi (potentiell)	Aktiebolag	3	?
Leverantör	El- och värmeproduktion baserad på förgasning av biomassa (potentiell)	Aktiebolag	11	Primärt Sverige och Norden. Sekundärt EU, USA, Asien.
Leverantör	Vätgasproduktion och vätgastankstation (potentiell)	Aktiebolag	25	Primärt Norden. Sekundärt Europa.
Leverantör	Havsbaserad vindkraft, vätgas och Power2X (potentiell)	Aktiebolag	200	Europa och Australien.



Figur 3 Pågående och möjliga framtida restvärmesamarbeten på Gotland. Pågående restsamarbeten finns i Slite, möjliga framtida restvärmesamarbeten finns i Visby, Slite, Klintehamn och Roma.

2.4.2 Riskbedömning

En riskanalys görs av de tilltänkta restvärmsamarbetena på Gotland. En riskmatris genereras, baserat på rangordning av parametrarna för svårighetsgrad för konsekvens och sannolikhet, beskriven i Tabell 4 [36], [37]. Utifrån matrisen analyseras konsekvenser för tilltänkta investeringar på Gotland.

Tabell 4 Rangordning av riskmatrisparametrarna för svårighetsgrad för konsekvens (K) och sannolikhet (S) [36], [37].

Rang-ordning	Sannolikhet	Konsekvens	Konsekvenser angående personskada	Konsekvenser angående miljöskador	Konsekvenser angående tillgångsförlust
5	Mycket troligt (förekommer ofta): En gång per månad	Katastrofal/dödlig	Dödsfall	Flera miljöer påverkad	Stor utrustning skada; behandla avstängning över sex månader
4	Trolig (återkommande men ej frekvent): En gång per år	Mycket allvarlig	Fraktur, sjukhusvistelse >24 h, arbetsoförmåga >4 veckor	Stor lokal effekt	Måttlig utrustning skada; behandla avstängning över en månad
3	Möjligt (kan inträffa,	Allvarlig	Belastning/vridning,	Lokaliserad effekt	Mindre utrustning skada; Behandla

	men ovanligt): En gång per 10 år		stukning/kramp/ luxation, oförmåga > 3 dagar		avstängning inom veckor
2	Avlägsen (förekommer sällan): En gång per 25 år	Marginell	Liten skärning, nötning/ repa/skrapa, grundläggande behov av första hjälpen, ingen sjukhusvistelse	Mindre effekt	Transitprocess avstängningar
1	Osannolikt (nästan aldrig): En gång per 100 år	Obetylig	Obehag, lätta blåmärken, självhjälpsåter hämtning	Lätt/ingen effekt	Produktionsbortfall kvantitet/kvalitet liten

Tabell 5 Riskmatris efter ökande frekvens av händelser och ökande svårighetsgrad av konsekvens.

		Konsekvens				
		Mycket liten (1)	Liten (2)	Medel (3)	Stor (4)	Mycket stor (5)
Sannolik-het	Mycket stor (5)	Acceptabel risk	Låg risk	Medel risk	Hög risk	Kritisk risk
	Stor (4)	Acceptabel risk	Acceptabel risk	Låg risk	Medel risk	Hög risk
	Medel (3)	Ingen speciell risk	Acceptabel risk	Acceptabel risk	Låg risk	Medel risk
	Liten (2)	Ingen speciell risk	Ingen speciell risk	Acceptabel risk	Acceptabel risk	Låg risk
	Mycket liten (1)	Ingen speciell risk	Ingen speciell risk	Ingen speciell risk	Acceptabel risk	Acceptabel risk

Analysen inkluderar risker som har identifierats i tidigare studier, som presenteras under kapitel 8.3.1, samt övriga risker som har identifierats under intervjuerna kring samarbetsfrågor som presenteras under kapitel 2.4.1 och 8.2. Dessutom inkluderas en identifikation av aspekter relaterat till EU-taxonomi med påverkan på fjärrvärmesektorn, och tidigare kunskap om taxonomin presenteras i rubrik 8.3.2. Baserad på dessa, har vi tagit fram en enkät med tre delar som presenteras i kapitel 8:

- Externa riskfaktorer, utanför samarbetet: 4 frågor/risk

- Interna riskfaktorer, inom samarbetet: 17 frågor/risk

- Riskfaktorer relaterade till Eus taxonomi: 6 frågor/risk

Svar samlades via e-post (4 svar), samt under workshopen (7 svar), och presenteras i Tabell 27 respektive Tabell 28 i Bilaga 5 Riskmatris.

Under en workshop med IVL:s team diskuterades riskfaktorer som hade listats i enkät i relation till aktörers roll och perspektiv. Workshopen genomfördes under en halvdag i Visby med företag och lokala representanter för olika sektorer och intressen med syfte att lyfta upp viktiga lokala perspektiv men också att bygga nätverk och fånga upp möjliga synergier och målkonflikter. Deltagare representerade olika industriaktörer, Region Gotland, kommunalt bostads- och energibolag, och lokal näringslivsutveckling. Riskmatrisen presenterades som koncept, sedan alla riskfaktorer samt hur sammanfattningen hade tagits fram. EU-taxonomin presenterades också. Under tre olika arbetsmoment, varje med fokus på en av de tre risk-grupper ovan beskriven (dvs, externa, interna och taxonomi-relaterat risker), deltagarna delades i mindre grupper. Varje deltagare fick identifiera 2-3 risker som den kände mest relevanta, sedan hela gruppen diskuterade och kontextualiserade alla utvalda risker utifrån tre frågor: *Vad orsakar risken? Vilka är konsekvenser? Hur skulle den kunna lösas?* Diskussion antecknades som *mindmap*, och presenteras i Tabell 29 i Bilaga 5 Riskmatris. Dialogen var öppen och underlaget var öppet för att inkludera även andra risker än de som hade valts ut. Slutligen svarade varje deltagare till enkät, dvs rankade varje risk genom olika nivåer för sannolikhet och konsekvens. Enkätresultat sammanställdes på plats, presenterades för deltagare, och sammanfattande kommentarer samt övriga synpunkter samlades.

Resultatet från bakgrundsanalysen och workshopen, dvs enkät och *mindmaps*, analyserades av IVL:s arbetsgrupp och presenteras under rubrik 8.3.3. Eventuella otydligheter har undersökts med kompletterande frågor via mejl eller telefonsamtal.

2.5 Avgränsningar

I projektet undersöks främst värmesektorn och dess kopplingar till elsektorn och industrisektorn. Transporter omfattas dock inte.

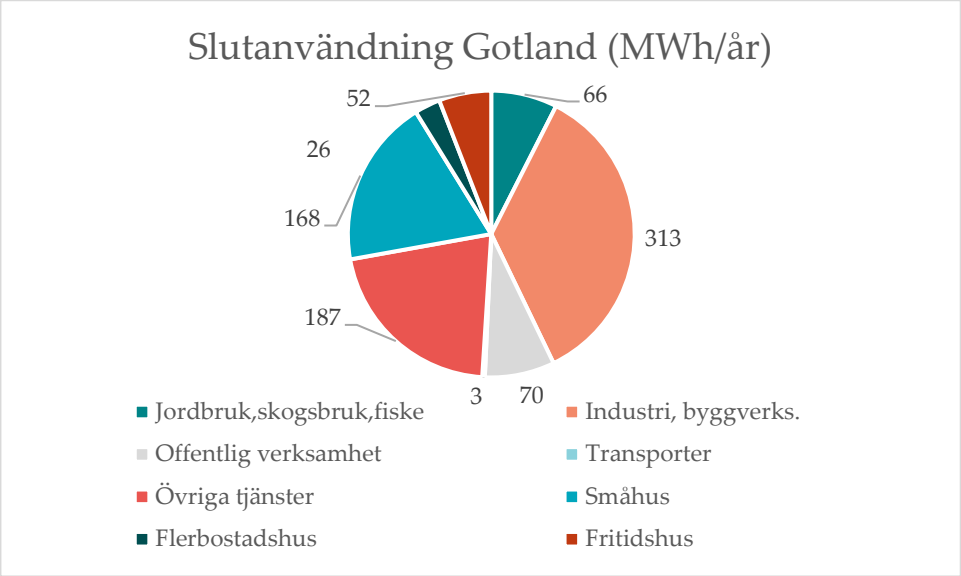
Projektets modelleringsresultat visar på kostnadsoptimala scenarier för att uppnå ett klimatneutralt energisystem på Gotland. För dessa scenarier analyseras även utmaningar ur olika hållbarhetsaspekter. Nästa steg skulle kunna vara att föreslå policy och styrmedel för att stötta denna energiomställning och för att hantera utmaningarna. Detta behandlas dock ej i rapporten.

3 Värme och el på Gotland idag

Att förstå hur energisystemet på Gotland ser ut idag är viktigt för att se vilka förändringar som de olika scenarierna innebär jämfört med utgångsläget. Det här kapitlet beskriver dagens energisystem på Gotland, med mest detaljerad beskrivning av värmesektorns sammansättning eftersom projektets syfte är att undersöka hur värmesektorns utveckling kan bidra till Gotlands energimål. Beskrivningen innefattar hur användningen av energi ser ut bland olika användare och hur detta behov möts med olika sorters produktion, samt hur infrastrukturen för distribution av el och värme ser ut på ön. Olika källor till restvärme och potentiella användare av denna restvärme kommer också att beskrivas. Med hjälp av denna kartläggning kan möjligheten att integrera restvärme i värmesektorn utforskas.

3.1 Elsystemet

Den totala elanvändningen på Gotland var 884 GWh år 2022 [38]. Den största elanvändningen var i industrisektorn följt av tjänstesektorn och småhus. Elproduktionen på Gotland år 2022 var drygt hälften så stor som slutanvändningen, totalt 452 GWh, varav vindkraft utgjorde merparten, 421 GWh. Resterande el överfördes från fastlandet, ca 430 GWh. Installerad vindkraftseffekt var 180 MW.

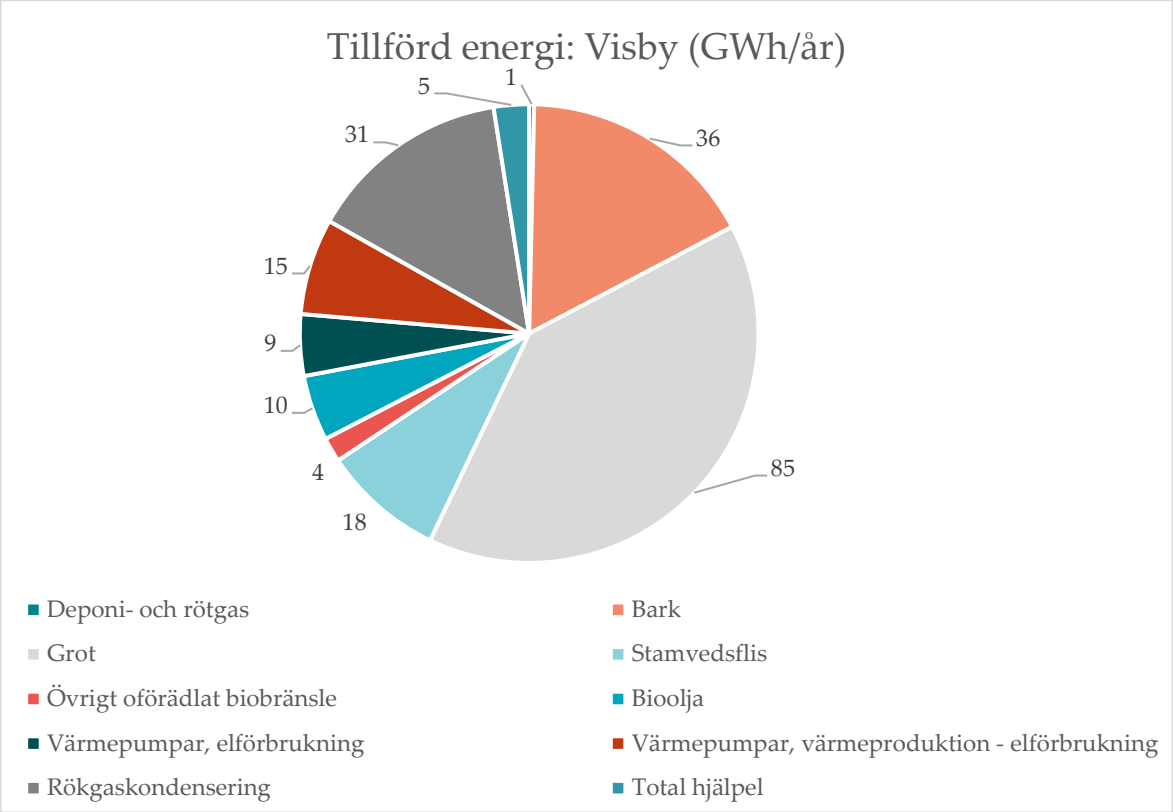


Figur 4 Slutanvändning av el på Gotland år 2022 [38].

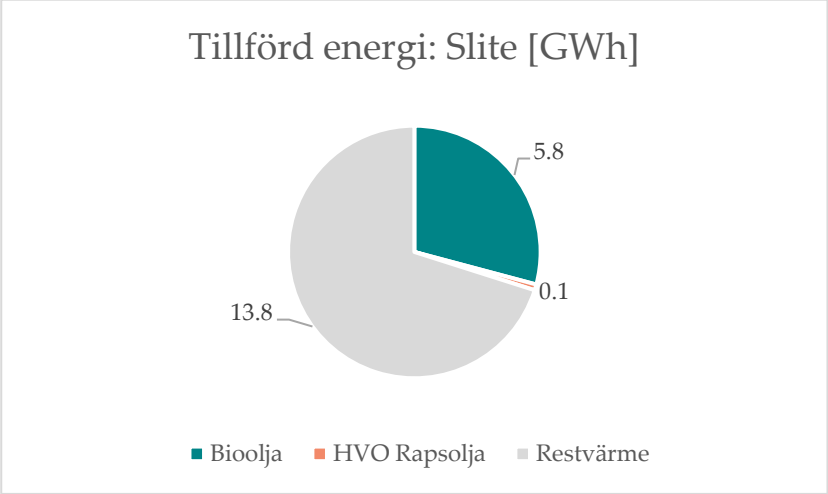
Dagens anslutning till fastlandet består av två kablar om 160 MW vardera. Deras tekniska livslängd kommer att ha uppnåtts efter år 2035 [39].

3.2 Fjärrvärme

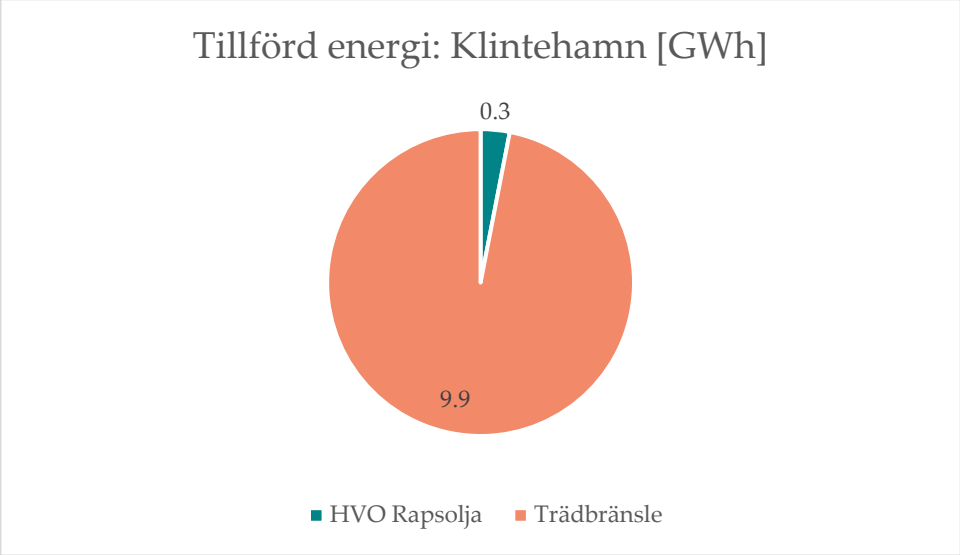
På Gotland finns fyra fjärrvärmenät som alla ägs och drivs av Gotlands energi AB (GEAB). Fjärrvärmenäten finns i Visby, Slite, Klintehamn och Hemse. Tillförd energi i Visby fjärrvärmenät 2022 var 210 GWh [40], vilket gör det nätet till det absolut största på ön. Detta kan jämföras med de små näten i Slite om 20 GWh, i Klintehamn om 10 GWh och i Hemse om 15 GWh. Fjärrvärmenät i Visby förses till största del med energi från olika sorters biobränslen, där ungefär 40 % utgörs av skogsbruksrestprodukten grot (grenar och toppar) och bark. Rökgaskondensering, som är en sorts värmeåtervinning från förbränningsprocesser i kraftvärmeverk, utgör ungefär 15 %. I Slites nät utgör restvärme från cementtillverkningsprocessen på Heidelberg Materials Cement (f.d. Cementa) den största andelen av tillförd energi. Fjärrvärmenäten i Klintehamn och Hemse domineras i sin tur av olika sorters biobränslen: åkergrödor respektive grot. Figurerna nedan visar tårtdiagram över tillförd energi per bränsle för de olika fjärrvärmenäten.



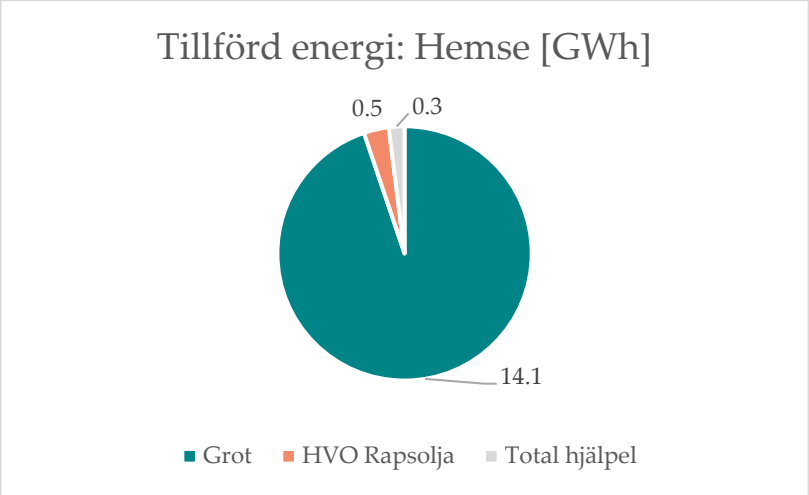
Figur 5 Bränsle- och eltillförsel i Visbys fjärrvärmenät 2022. Grot och bark står för mer än hälften av bränsletillförseln [40].



Figur 6 Bränsletillförsel i Slites fjärrvärmenät 2022. Restvärme från Heidelberg Materials utgör majoriteten av värmetillförseln [40].



Figur 7 Bränsletillförsel i Klintehamns fjärrvärmenät 2022. I Klintehamn utgör trädbränsle nästan all bränsletillförsel med en liten andel HVO som spetslast [40].



Figur 8 Bränsletillförsel i Hemses fjärrvärmenät 2022. Grot utgör i princip all bränsletillförsel i Hemse [40]. .

Det kan alltså konstateras att fjärrvärmesystemen på Gotland idag inte använder några fossila bränslen. Istället är olika sorters biobränslen, både primära biobränslen och restprodukter, den främsta energikällan på ön.

3.3 Värmeanvändare

I detta avsnitt beskrivs dagens värmeanvändning uppdelat på hushåll, kommersiella och industriella lokaler, samt industriella processer. En fördjupning görs för värmebehov i växthus.

3.3.1 Byggnader, lokaler och industrier

Baserat på zonindelningen av Gotland som beskrivs i kapitel 2.2, beskrivs dagens värmebehov för småhus, flerbostadshus, lokaler och industrier. Såsom beskrivs i metodkapitel 2.1 användes en GIS-modell för att beräkna värmedensiteten i de olika zonerna. Fördelningen av värmebehov visas i Tabell 6 och Tabell 7.

Tabell 6 Värmebehovet för bostäder i olika områden på ön [13]. Se Figur 2 för regionindelning.

Delområde	Värmebehov (GWh/år)
VIS	368
SLT	139
ROM	78
KLN	82
LGN	91
HEM	163

Tabell 7 Värmebehovet för uppvärmning av yta i enheten TJ/km² inom respektive sektor och för de sex regionerna på Gotland indelade i zoner baserat på värmedensitet, för basåret 2020.

Zon	Sektor	VIS	LGN	KLN	HEM	ROM	SLT
A1	Värme-densitet (GWh/km2)	23,8		13,0	21,5		11,9
	Hushåll GWh)	118,1		6,0	7,0		5,9
	Kommersiella och industriella lokaler (GWh)	163,9		8,6	13,2		8,4
	Industriella processer (GWh)	0,4		0,1	0,0		3,6
A2	Värmedensitet (GWh/km2)	0,9	3,7	1,2	1,1	4,1	1,9
	Hushåll (GWh)	20,2	8,4	4,3	4,7	6,2	4,9
	Kommersiella och industriella lokaler (GWh)	18,2	2,0	3,9	4,2	8,3	2,0
	Industriella processer (GWh)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A3	Värmedensitet (GWh/km2)	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
	Hushåll (GWh)	30,9	66,7	49,4	93,9	48,6	93,1
	Kommersiella och industriella lokaler (GWh)	10,8	13,3	9,7	40,0	15,0	25,3
	Industriella processer (GWh)	1,3	0,5	0,2	0,4	0,7	1,3

3.3.2 Växthus

Utifrån dialog med ett urval av växthus på Gotland konstaterades att dessa växthus värms upp av biobränslen (pellets, flis) eller fossila bränslen (diesel, olja),

eller en kombination där fossila bränslen möter topplasterna. De större växthusen kör helårsproduktion och har därmed värmebehov hela året (primärt under vintermånaderna) medan de mindre växthusen har delårsproduktion och därmed drastiskt lägre behov av uppvärmning.

Gotlands största växthus ligger i Slite och är kopplat till fjärrvärmenätet, som i majoritet försörjs av restvärme från cementproduktionen. I energisystemmodellen tar vi enbart med Slite Gurka av de befintliga växthusen, som har värmebehovet ca 10 GWh per år.

3.4 Källor till restvärme

Det här avsnittet beskriver befintlig verksamhet som ger upphov till restvärme, som antingen redan är integrerad i energisystemet idag eller skulle kunna tillvaratas i energisystemet i framtiden.

Heidelberg Materials Cements verksamhet (tidigare Cementa) ger varje år upphov till ungefär 16 GWh som levereras till olika värmeanvändare via fjärrvärmenätet i Slite. Tillförseln av restvärme är konstant över året förutom två veckors stopp för revision. Under revisionsperioden används en reservpanna.

I Visbyområdet finns två befintliga datacenter med ett kylbehov på cirka 1,2 GWh per år vardera, jämnt fördelat över året. Temperaturen på köldkretsen är designad för 17/25°C respektive 15/20°C. Denna restvärme tillvaratas i Visbys fjärrvärmenät.

Avloppreningsverk finns i Visby, Slite, Roma, Klintehamn och Hemse. I Visby används delvis värmen i avloppsvattnet för fjärrvärmeproduktion.

I matbutikers kylanläggningar genereras värme som behöver kylas bort. På Gotland finns uppskattningsvis runt 30 matbutiker med året-runt verksamhet där restvärmen skulle kunna nyttjas. Restvärmen uppskattas till 70°C. Butikernas storlek har skattats med hjälp av kartbilder och deras ungefärliga värmebehov har beräknats med hjälp av [41]. På grund av butikernas interna värmebehov finns mer värme tillgängligt på sommaren än på vintern. Summerat över året finns ungefär 15 GWh restvärme.

Tabell 8 Sammanfattande tabell över existerande restvärmekällor till restvärme på Gotland. Restvärmen tillvaratas redan i vissa fall och i andra fall är restvärmen en outnyttjad resurs.

Verksamhet	Energi	Temperatur	Plats	Används idag
Cementproduktion, Heidelberg Materials Cement	16 GWh	Högtempererad, används direkt i fjärrvärmenätet	Slite	Ja
Datacenter	Ca 2,4 GWh	Köldkrets: 17/25 °C respektive 15/20 °C	Visbyområdet	Nej
Avloppsreningsverk (5 st)	25 GWh	10–20 °C	Visby, Slite, Roma, Klintehamn, Hemse	Ja delvis, i Visby
Matbutiker (ca 30 st)	Ca 15 GWh	Ca 70 °C	Utspritt över ön	Nej [13]
Kylanläggningar hos matproducenter (t.ex. Protos, Ryftes, Widegrens, Skags, Rydbergs)	13 GWh	38–45 °C	Visby, Fole, m.fl.	Delvis (en viss andel används till uppvärmning av lokaler [16])

Kylanläggningar finns också hos de gotländska matproducenterna där företagen Protos, Ryftes, Widegrens, Skags och Rydbergs har ingått i vår analys. Faktiskt data har erhållits från Protos och Ryftes, övriga är approximerade utifrån denna data. Företaget Gotlands ägg har redan ett pågående restvärmeprojekt på plats. Även hos Protos och Ryftes återanvänds en del av värmen för uppvärmning av närliggande lokaler.

Den sammanställda mängden tillgänglig restvärme per region finns i Bilaga 2.

4 Framtidsplaner för Gotlands energisystem

Som nämnts i Avsnitt 1 i den här rapporten står Gotlands energisystem inför flertalet stora potentiella förändringar. Sammantaget består dessa förändringar av beslutade och ännu ej beslutade planer om tillkommande elproduktion från vind- och solkraft, ökad elöverföringskapacitet till och från ön, samt förändringar i el- och värmebehov som följd av nya industrietableringar och ny- och ombyggnationer i bostadsbeståndet. Dessa planer spänner upp ett stort utfallsrum för hur energisystemet kan komma att se ut i framtiden. Syftet med det här avsnittet är att göra en genomgång av planerna och, i den mån det är möjligt, återge dess kvantitativa aspekter. Informationen som återfinns i denna genomgång har också använts som indata i energisystemmodelleringen, utifrån hur scenarierna har definierats. Detta beskrivs mer ingående i Avsnitt 5.

4.1 En ny fastlandskabel för ökad överföringskapacitet för el till och från ön

I maj 2023 beslutade Svenska Kraftnät att bygga ut transmissionsnätet mellan Gotland och fastlandet med två 220 kV/200 MW växelströmskablar. Kablarna beräknas vara i drift år 2031 och kommer därmed förbättra förutsättningarna på ön för att både importera och exportera elektricitet [42].

4.2 Mer vind- och solkraft på land

Enligt färdplanen för energiomställning på Gotland, Energipilot Gotland 2019, är målet att installerad vindkraft på land ska öka från 180 MW till 380 MW år 2035. Målet för installerad mängd solkraft är att den ska öka från 3 MW till 30 MW år 2035. År 2022 var den ackumulerade installerade effekten för solceller 20 MW. En konkret plan som bidrar till att uppfylla detta mål är Sunna Group ihop med Roma Grus, som ska bygga en solcellspark på 3,5 MW [43]. Även Fortum undersöker möjligheterna till en storskalig solpark med kapacitet på cirka 90 MW på Södra Gotland [44].

4.3 Havsbaserad vindkraft

Vindkraftföretaget OX2 har haft planer på att etablera två storskaliga havsbaserade vindkraftsparker [45] och dessa planer har inkluderats i projektet. Den första parken, Aurora, är planerad sydväst om Gotland och kommer då att kopplas till Gotland någonstans på västra sidan av ön, förslagsvis i Klintehamn eller Ygne. Aurora planeras vara 5,5 GW och producera 24 TWh energi per år. I samband med vindkraftsparken finns planer på att producera vätgas med elektrolysörer på Gotland. Denna process skulle då generera stora mängder restvärme. I modelleringssyfte antas att en 500 MW PEM-elektrolysör installeras vid respektive park, som vardera resulterar i 328 GWh restvärme årligen [16], med en temperatur om cirka 55°C. Vid Aurora antas även vidareförädling av vätgasen till ammoniumnitrat motsvarande cirka Gotlands årsbehov produceras vilken uppskattas generera 23,6 GWh restvärme i temperaturintervallet 90–138°C (antas fjärrvärmekvalitet). Den andra vindkraftsparken, Pleione, är planerad utanför Gotlands östkust och troligt är att den kommer in i Sliteområdet. Även här antas vätgasproduktion med en 500 MW elektrolysör. Aurora antas vara i drift 2029 och Pleione 2033.

4.4 Koldioxidinfångning från cementproduktionen i Slite

Heidelberg Materials Cement plan är att börja fånga in och lagra CO_2 från processerna år 2035 (Carbon Capture and Storage, CCS). Detta innebär en kraftig ökning av elbehovet till fabriken, från dagens 45 MW till 250 MW (årlig elanvändning ökar från drygt 300 GWh till 2000 GWh). El behövs bland annat för att separera CO_2 från övriga rökgaser och till komprimering. Utöver en stor mängd el kommer även högtempererad värme från processerna att användas till CCS, vilket gör att restvärmen från cementfabriken kommer få lägre temperatur än i dagsläget. Uppskattningsvis kommer 72 MW ha temperatur över 60°C, och 380 MW mellan 20 och 60°C.

4.5 Vätgasproduktion i Roma

Gotland Vätgas har planer på att uppföra en vätgastankstation med tillhörande elektrolysör i Roma. Elektrolysören kommer delvis att försörjas med el från den närliggande solcellsparken på 3,5 MW som ska byggas [43]. Elektrolysören

kommer vara på 3 MW och antas generera 2,4 GWh restvärme per år med en temperatur på 60°C. Enligt plan ska elektrolysören vara på plats till slutet av 2024.

4.6 Metanolproduktion från solenergi

Maston AB [46] har diskussioner om att demonstrera metanolproduktion med solenergi på Gotland, en möjlig lokalisering är i Visbyområdet. Solenergin kommer komma från en solhybridpark där en stor mängd solvärme kommer att finnas i överskott. Genom bland annat solkoncentratorer, elektrolys och koldioxidinfångning från luften ska metanolproduktion demonstreras. Uppskattningsvis motsvarande 50 GWh per år för en demonstrationsanläggning på 200 MW metanolproduktion. Temperaturen på värmen går att justera och antas tillräckligt hög för inmatning på fjärrvärmenätet (temperaturintervall 65-125°C). I modellen antas en sådan produktion kunna vara på plats 2030.

4.7 Biokraftvärmeverk

Phoenix Biopower [47] är intresserade av att etablera ett biokraftvärmeverk på Gotland. Först som en pilot till 2026 och sedan fullskalig demonstration till 2030. Biokraftvärmeverket behöver lokaliseras i närheten av ett fjärrvärmenät och finns med som investeringsalternativ i modellen.

4.8 Växthus med integrering av restvärme

Wa3rm [17] har ett intresse av att anlägga stora växthus i anslutning till restvärmekällor för effektiv uppvärmning. I projektet så antas växthus i storleksordningen 10 hektar uppföras i anslutning till de elektrolysörer som drivs av havsbaserad vindkraft. Uppskattningsvis behöver ett växthus på 10 hektar 40 GWh värme med en temperatur på minst 45°C men gärna 65°C.

4.9 Värmelager

Det finns olika typer av energilager för långtidslagring av värme. Bergrumslager, borrhålslager, groplager och akvifärlager är de energilager som inledningsvis har undersökts inom detta projekt. Erfarenheten från tidigare projekt [48] är att bergrumslager endast är ekonomiskt försvarbart om det finns ett befintligt bergrum att tillgå. Register över befintliga bergrum saknas dock eftersom denna

typ av information är inom försvarets intressen vilket gör den sekretessbelagd. Bergrum som energilager har därför uteslutits som alternativ. Akvifärlager har också uteslutits som alternativ då rullstensåsar på Gotland som skulle kunna vara lämpliga för akvifärlager är alldeles för grunda och belägna inom vattenskyddsområde och fungerar som viktiga grundvattentillgångar idag [49].

De två typer av energilager som kvarstår är **borrhålslager och groplager**. Gotland består till stora delar av bergarter med en lägre värmeledningsförmåga, dock ska de flesta bergarter (om inte alla) vara kompatibla med geoenergi oavsett lambda-värde [50]. Idag finns det geoenergianläggningar i form av bergvärme vilket gör borrhålslager till ett alternativ att överväga. För närvarande pågår en förstudie där GEAB och Vattenfall undersöker möjligheten att anlägga ett groplager i ett gammalt kalkbrott. Erfarenheter från pågående förstudie är att storleken på gropen och avstånd till befintlig fjärrvärmeledning är viktigt. På Gotland finns det kalkbrott/kalkgropar ur bruk på flera ställen, vilket skulle ge möjlighet till lägre investeringskostnader då det redan finns en grop. För groplager antas att gropen ej finns, vilket innebär att investeringskostnaden är högre än om det funnits en befintlig grop att nyttja.

Både borrhålslager och groplager, samt övriga värmelagers tillämpbarhet begränsas av skyddsområden såsom vattenskydd. Exempelvis i vattenskyddsområden som utgör delar av Visby får energilager ej uppföras, därför har placering av etablering och tänkt energilager stämts av mot vattenskyddsområden på Gotland.

Möjligheten till utnyttjande av geoenergi och borrhålslager bestäms av ett antal faktorer som till stor del styrs av lokala geologiska förutsättningar, bebyggelse, infrastruktur, skyddade områden (vattenskydd, miljöskydd, naturvård) med mera [51].

4.10 Förändrat värmebehov i byggnadsbeståndet

Värmebehovet för byggnadsbeståndet kommer att utvecklas över tid. Nedan beskrivs hur utvecklingen av värmebehovet antas ske för befintligt byggnadsbestånd samt för tillkommande byggnadsbestånd. Dessa utgör grunden för referensscenariet och baseras på en prognos över befolkningsökningen [52] och andra nödvändiga antaganden, som beskrivs nedan.

4.10.1 Värmebehov för befintligt byggnadsbestånd

Vid uppskattning av framtida värmebehov från befintligt byggnadsbestånd har hänsyn tagits till energieffektivisering och klimatpåverkan. Värden för energieffektivisering av bostäder är baserade på historisk takt och utgår ifrån Energimyndighetens energistatistik för flerbostadshus och småhus på Gotland mellan åren 2010 och 2020. För lokaler har värdet för energieffektivisering av lokaler antagits lika med värdet för flerbostadshus. Klimatets påverkan på värmebehovet är baserat på data från en rapport av Energiforsk [53]. I rapporten anges värmebehovet minska för Gotlands bostäder med 7% och för lokaler med 13% vid 2 graders uppvärmning, som förväntas inträffa någon gång mellan 2050–2080. I TIMES-Gotland antas värmebehovet minska motsvarande att 2 graders uppvärmning inträffar år 2050. Följande värden antas för hur värmebehovet för befintligt byggnadsbestånd på Gotland kommer att utvecklas över tid:

- Energieffektivisering av uppvärmning i småhus, per 5-årsperiod: -5%
- Energieffektivisering av uppvärmning i flerbostadshus, per 5-årsperiod: -8%
- Energieffektivisering av uppvärmning i lokaler, per 5-årsperiod: -8%
- Klimatpåverkan på bostäders värmebehov, per 5-årsperiod: -1%
- Klimatpåverkan på lokalers värmebehov, per 5-årsperiod: -2%

Värmebehovet för vart femte år från 2020 till 2050 har beräknats utifrån nuvarande värmebehov och ovanlistade värden för energieffektivisering och klimatpåverkan. Värmebehovet har beräknats för respektive zon på Gotland.

4.10.2 Värmebehov för tillkommande byggnadsbestånd

Värmebehovet förväntas öka på grund av befolkningstillväxt som medför nybyggnation av både bostäder och lokaler. Uppskattningen av tillkommande värmebehov från nytt byggnadsbestånd har gjorts genom följande tillvägagångssätt:

1. Först uppskattades befintlig uppvärmd area för småhus, flerbostadshus och lokaler för respektive zon genom att dividera uppvärmningsbehov för respektive zon för år 2022 med genomsnittligt uppvärmningsbehov per kvm (Tabell 9).

Tabell 9 Genomsnittligt uppvärmningsbehov för befintliga småhus, flerbostadshus och lokaler.

Genomsnittligt uppvärmningsbehov:	
Småhus	139 kWh /m^2,år
Flerbostadshus	185 kWh /m^2,år
Lokaler	147 kWh /m^2,år

2. En prognos över befolkningsökningen på Gotland 2023-2032 [54] visar den totala förändringen i antal boenden på ön (från 61 029 år 2023 till 60 955 år 2032) samt hur befolkningen förväntas att öka i olika delområden på Gotland. För dessa områden beräknades en procentuell befolkningsökning per år för respektive delområde som även antas för perioden 2032-2050. Då delområden i prognosen inte är geografiskt identiska med de zoner som nyttjas i denna studie har vissa antaganden fått göras.

Tabell 10 Indata för beräkningar.

Procentsatser som används vid beräkning uppvärmd area baserade på prognos över befolkningsökning	2020–2030 (Visby, Klintehamn, Hemse)	2030–2050 (Visby, Klintehamn, Hemse)	2022–2050 (Ljugarn, Roma, Slite)
Visby + Förorter	5,9%	7,2%	
Klintehamn / Väst	3,2%	4,0%	
Hemse / Syd	3,9%	4,9%	
Ljugarn / Öst			4,8%
Roma / Mitten			4,8%
Slite / Norr			3,6%

3. Då befolkningsstatistiken ej har detaljeringsnivå på zonerna A1-A3 har även antaganden för fördelningen mellan zonerna gjorts. För Visby och Klintehamn är dessa baserade på planerade byggnadsprojekt, där hänsyn tagits till utvecklingen av Visborgsområdet [55] för Visby och program för Klintehamn [56]. För resterande zoner antas samma procentuella ökning för hela zonen.
4. Tillkommande lokalers uppvärmningsarea antas till 75% av ökningen av flerbostadsarean, vilket är det Energimyndigheten antar i sina scenarier för Sverige [57].
5. Utifrån befintlig uppvärmd area och procentuell ökning av befolkningen för respektive område och zon har en uppskattning av tillkommande uppvärmd area beräknats.
6. För att beräkna tillkommande värmebehov [58] och elbehov [57] har följande värden använts, se Tabell 11. Elbehovet per kvadratmeter antas vara konstant över tid.

7. Vid beräkning av tillkommande uppvärmningsbehov har även påverkan av klimatförändringarna (varmare klimat i framtiden) tagits i beaktning och utgått från de värden som anges för befintliga byggnader i avsnittet ovan.

Tabell 11 Indata vid beräkning av värme- och elbehov på grund av tillkommande byggnader.

Uppvärmningsbehov, inklusive tappvarmvatten:	
Småhus	75 kWh /(m^2, år)
Flerbostadshus	40 kWh /(m^2, år)
Lokaler	20 kWh /(m^2, år)
Elbehov, fastighetsel, hushållsel:	
Småhus	36 kWh /(m^2, år)
Flerbostadshus	57 kWh /(m^2, år)
Lokaler	124 kWh /(m^2, år)

Beräknade värden för uppvärmnings- och elbehov för befintligt och tillkommande byggnadsbestånd för perioden 2025–2050 finns presenterade i Bilaga 1.

5 Framtidsscenarier för Gotlands energisystem

Det här kapitlet beskriver de scenarier som har modellerats i TIMES-Gotland. Som tidigare nämnts i metodkapitlet (kapitel 2) är syftet med scenarierna att visa på att det finns olika vägar till ett klimatneutralt energisystem. Gällande de framtidsplaner som beskrivs i Kapitel 4, ingår planer som redan är beslutade om i alla scenarier, medan de potentiella förändringarna varierar mellan scenarierna.

I alla scenarierna antas befolkningsmängden öka på Gotland, men i olika omfattning beroende på vilken utvecklingsväg som industrin antar. Vindkraft på land och solceller antas kunna öka i omfattning enligt målen som formulerats i rapporten Energipilot Gotland (Energimyndigheten, 2019), det vill säga till 380 MW installerad effekt vindkraft och 30 MW installerad effekt solceller år 2035. I scenarierna i energisystemmodelleringen sätts solkraft och landbaserad vindkraft som investeringsalternativ för modellen, vilket innebär att modellen fritt väljer mellan kraftslagen för att kunna uppnå klimatneutralitet på det mest kostnadseffektiva sättet. I alla scenarier förutom ”Ingen cement”, antas Heidelberg Materials installera koldioxidinfångning (CCS) år 2035. Beskrivning av skillnaderna mellan scenarierna följer nedan.

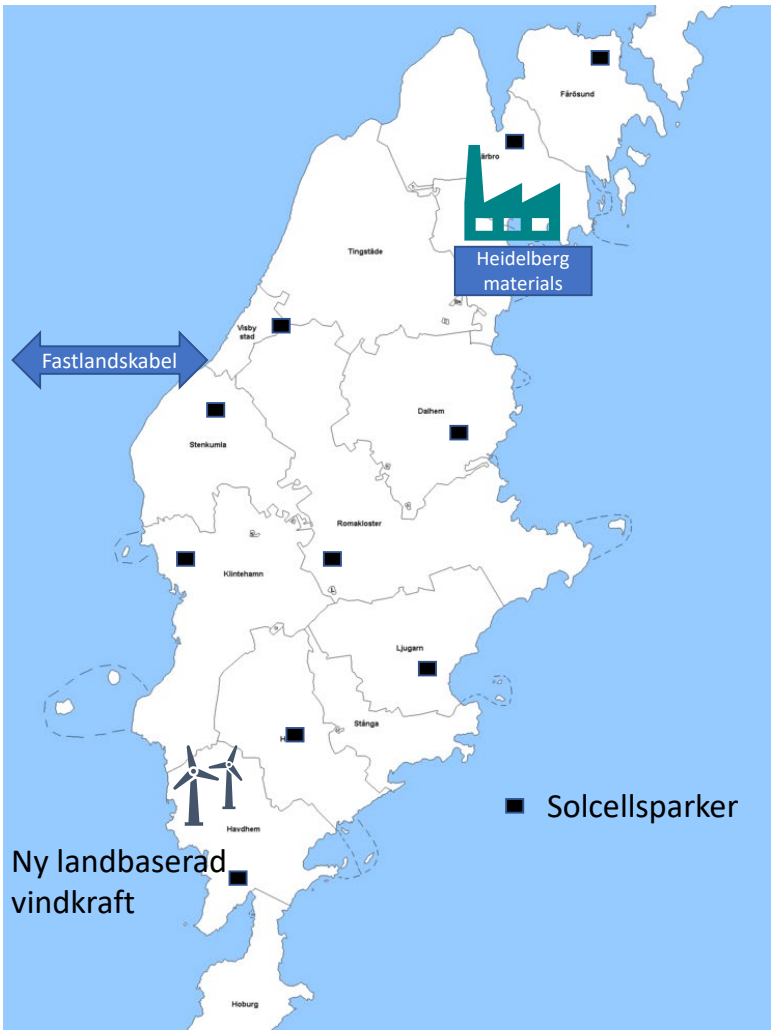
Tabell 12 Beskrivning av de olika framtidsscenarierna och deras respektive beteckning.

Scenario, förkortning	
FHVY	Fast havsbaserad vindkraft + industri i Ygne
IC	Ingen cement
IK	Ingen fastlandskabel, innehåller havsbaserad vindkraft och ny industri i Klintehamn.
BAU	Business as usual, referensscenario

5.1 Referensscenario (BAU)

Gotland fortsätter att utvecklas i samma storleksordningar som dagen situation – ett så kallat *business-as-usual*-scenario (BAU). Fastlandskabeln förnyas år 2031 (2x220 MW). Enbart befintliga verksamheter och redan beslutade verksamheter finns på ön och deras restvärmeanvändning och -behov finns tillgängliga för att optimera värmesystemet. Bland beslutade förändringar finns utökning av

vindkraft på land. Heidelberg Materials har även beslutat att installera CCS år 2035 som kräver en ökad eleffekt till 250 MW. Befolkningsökningen sker enligt tidigare statistiska prognoser (6% till 2022-2032, 15% till 2050, baserat på regionens prognos från Statisticon [59] till 2032 och antaget att samma ökning fortsätter linjärt efter 2032.).



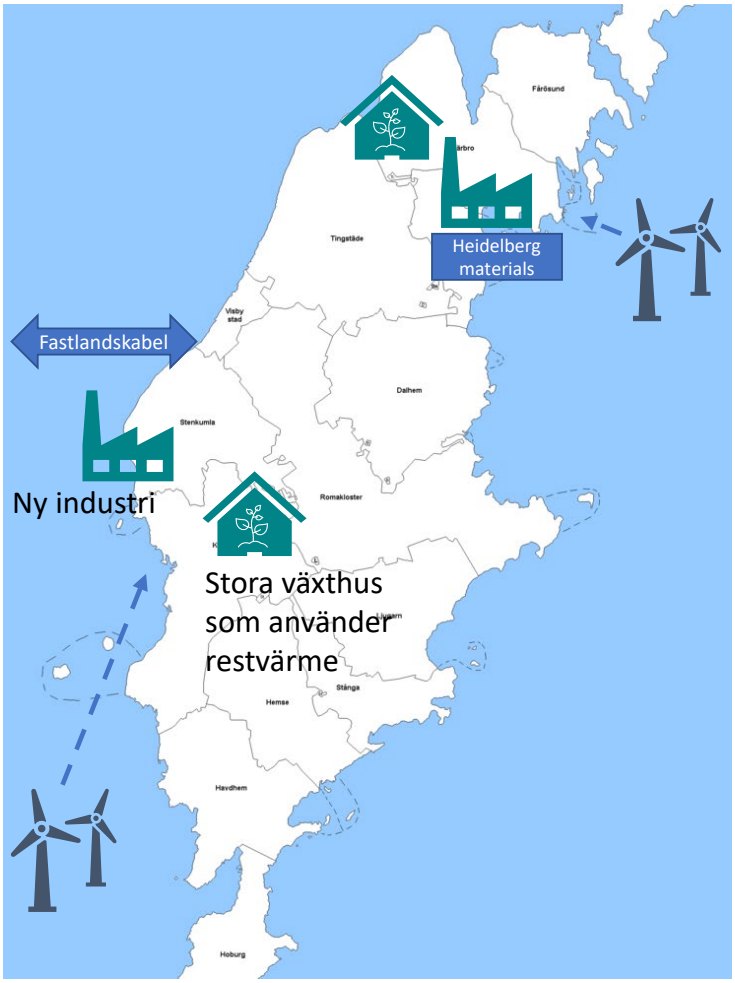
Figur 9 Illustration över referensscenariot, kallat "business-as-usual" (BAU). Scenariot motsvarar kvadranten märkt med ett "C" i Figur 1.

5.2 Ingen cement (IC)

Detta scenario är identiskt med referensscenariet BAU, men med det viktiga antagandet att cementindustrin på ön läggs ner. Befolkningsökningen blir inte lika stor (10% ökning linjärt från 2022–2050, varav ingen ökning i Slite). Anledningen till att detta scenario har studerats är för att se hur cementindustrin påverkar Gotlands energisystem och vilka resultat som är generaliserbara för öar utan tung industri.

5.3 Havsbaserad vindkraft med industriutveckling i Ygne (FHVY)

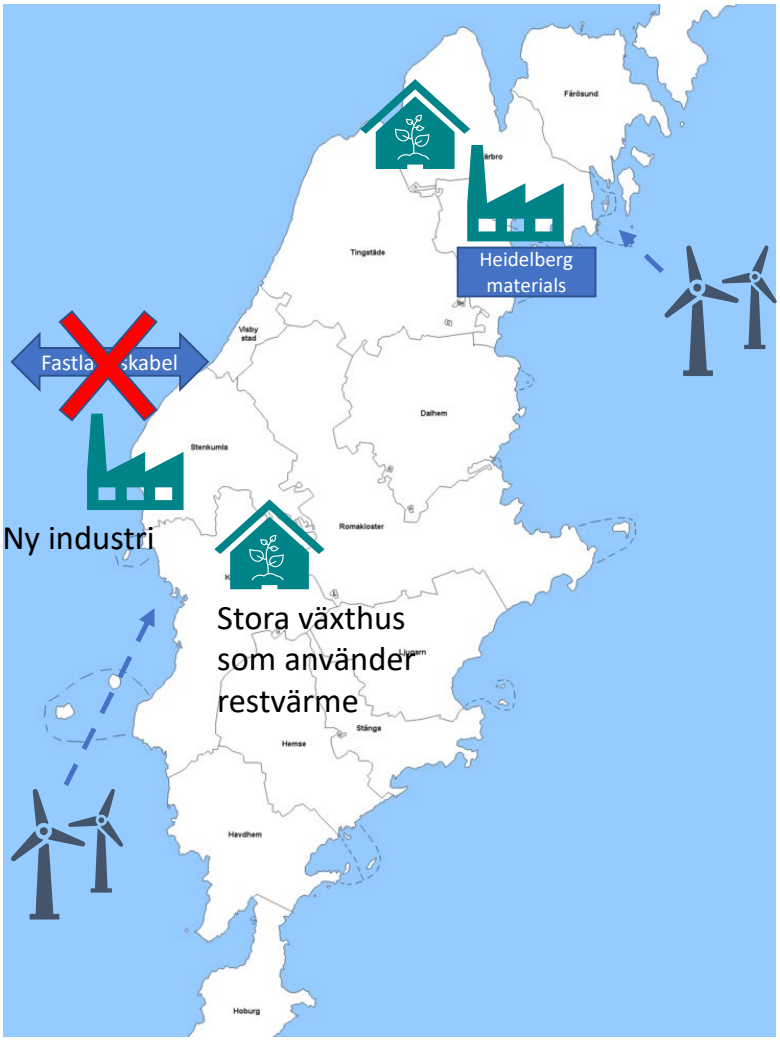
Stora industrietableringar sker på Gotland. Den nya fastlandskabeln uppförs till 2031 enligt plan. Scenariot präglas av två stora havsbaserade vindkraftsparker och de industrier som förläggs i anslutning till de platser där transmissionskablar från dessa ansluter till Gotland, varav en i detta scenario antas vara i Ygne nära Visby, för att ta tillvara den producerade elen samt restvärmen. Den andra vindkraftsparken antas ansluta i Slite. I närhet till anslutningspunkterna etableras elektrolysörer för vätgasproduktion i både Ygne och Slite som genererar stora mängder restvärme. I Ygne antas även produktion av konstgödsel ske. I anslutning till elektrolysörerna etableras stora växthus som kan ta tillvara på en del av restvärmen. En mindre elektrolysör etableras i Roma i anslutning till en solcellspark och i Visbyområdet etableras metanolproduktion som drivs med el och värme från en nyetablerad solhybridpark. De nya industrierna skapar jobbmöjligheter som driver en snabbare befolkningsökning i Visbyregionen där den nya industrin etableras (20% ökning linjärt från 2022–2050, istället för 15% som i BAU). Överskottet av värme i närheten till Visby öppnar upp för möjligheten att förse kunder med absorptionskyla. I detta scenario ingår även en ytterligare utbyggnad av solceller.



Figur 10 Illustration över scenariot "Havsbaserad vindkraft med industriutveckling i Ygne" (FHVY). Scenariot motsvarar kvadranten märkt med ett "B" i Figur 1.

5.4 Ingen fastlandskabel (IK)

Detta scenario är som FHVY men utan fastlandskabel. Anledningen till att detta scenario har studerats är att illustrera hur en ös energisystem kan utvecklas mot fossilfrihet även utan koppling till fastlandet.



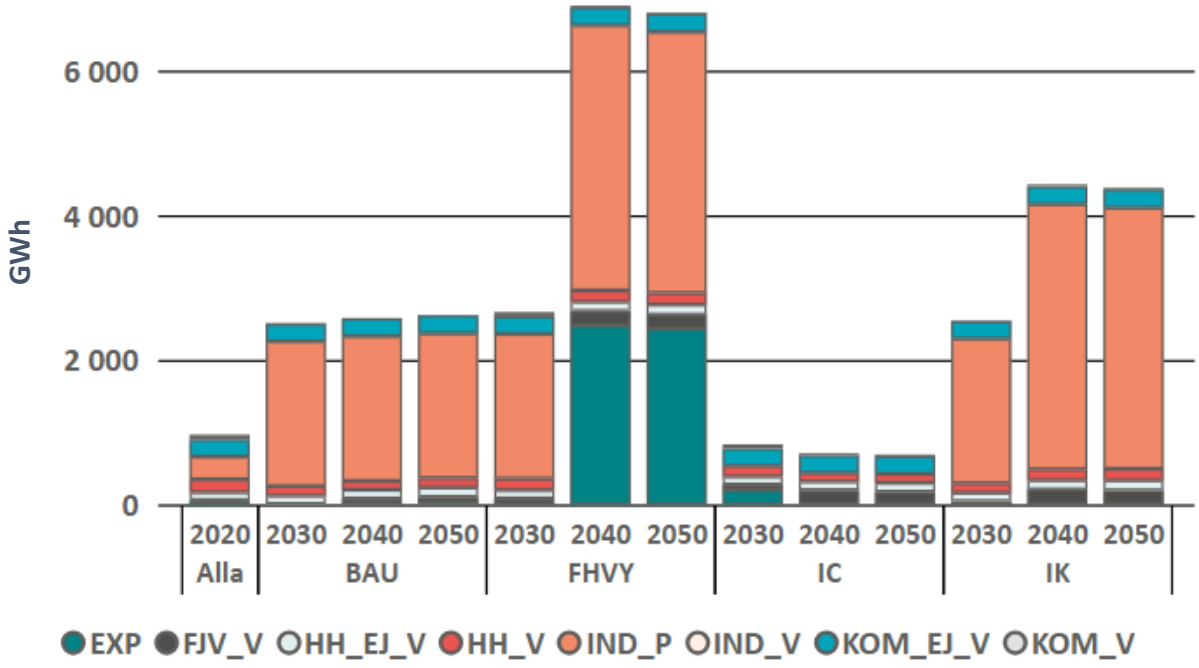
Figur 11 Illustration av det scenario IK - Ingen fastlands-kabel. Scenariot motsvarar kvadranten märkt med ett "B" i Figur 1.

6 Resultat av optimering med TIMES-Gotland

I detta kapitel presenteras den kostnadsoptimala vägen i de fyra scenarierna till ett klimatneutralt Gotland från år 2020 till 2050. Resultaten visas först för elsektorn och sedan för värmesektorn med fördjupning för fjärrvärme och restvärmeutnyttjande.

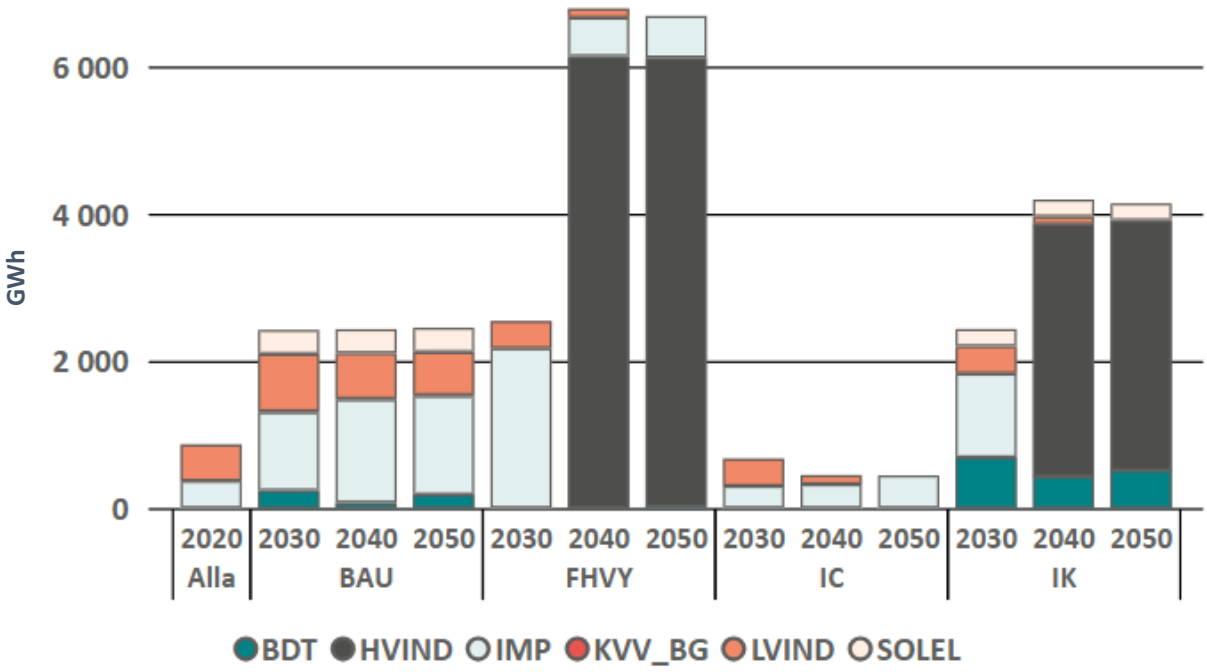
6.1 Elsektorns väg till klimatneutralitet

I alla scenarier, oavsett om havsbaserad vindkraft byggs och med den ny industriutveckling sker eller ej, kommer elbehovet på Gotland minst fördubblas pga. koldioxidinfångningen vid cementproduktionen i Slite, se Figur 12. En mindre mängd av den ökade elanvändningen går även till produktion av fjärrvärme med värmepumpar.



Figur 12 Elbehov i de fyra scenarierna år 2020, 2030, 2040 och 2050. EXP – Export av el till fastlandet, FJV_V – Fjärrvärmeproduktion värmepump, HH_EJ_V – Hushållsel (ej uppvärmning), HH_V – Hushåll el till uppvärmning, IND_P – Industriprocesser, KOM_EJ_V – Verksamhetsel kommersiella lokaler (ej uppvärmning), KOM_V – El till uppvärmning kommersiella lokaler

I BAU-scenariot tillgodoses den ökade efterfrågan på el främst med ökad elimport från fastlandet kombinerat med en stor ökning av solceller, ca 210 MW, och landbaserad vindkraft går från dagens 180 MW till 300 MW, se Figur 13. En biodieselturbin används för att balansera kraftbehovet vid höga elpriser.



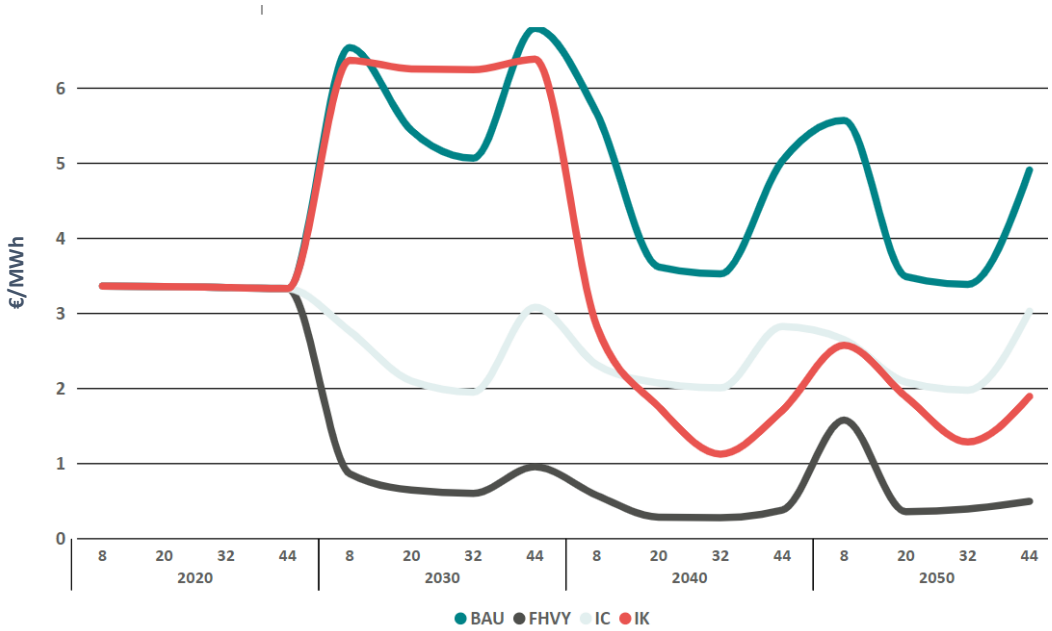
Figur 13 Elproduktion i de fyra scenarierna år 2020, 2030, 2040 och 2050. BDT – Biodieselturbin, HVIND – Havsbaserad vind, IMP – Import av el från fastlandet, KVV_BG – Kraftvärmeverk biogas, LVIND – Landbaserad vindkraft, Solel – Solceller.

I scenariot utan cementproduktion på Gotland (IC) minskar elbehovet med 70%. Resultatet för energisystemet blir att det inte byggs någon ny kraftproduktion. Det återinvesteras inte heller i landbaserad vindkraft, så på sikt återstår endast import från fastlandet.

I scenariot med storskalig vindkraft till havs (FHVY) ingår även att nya elintensiva industrier etableras, varvid elbehovet på Gotland ökar ca 4 gånger jämfört med dagsläget plus att en stor mängd el exporteras till fastlandet. Resultatet bli ratt den landbaserade vindkraften fasas ut på sikt och inga investeringar görs i solceller.

I scenariot utan fastlandskabel (IK) ingår storskalig vindkraft till havs och nya elintensiva industrier. Resultatet blir att den landbaserade vindkraften fasas ut på sikt, men solceller byggs i stor skala, ca 150 MW. En biodieselgenerator används för att balansera elbehovet vid låg vindkraftsproduktion.

Marginalkostnaden för elproduktion på Gotland varierar stort mellan scenarierna, se Figur 14. I alla scenarier ses en variation mellan årstiderna. I BAU-scenariot går marginalkostnaden upp pga det ökade elbehovet till koldioxidinfångning i cementproduktionen i kombination med att elpriset från fastlandet tidvis är högt. Med ny storskalig vindkraft till havs går marginalkostnaden ned då den ofta kan producera el billigare än att genom att importera el från fastlandet. Detta gäller särskilt då man både har vindkraft till havs och fastlandkabel (FHVY). Om fastlandskabeln skulle tas bort, men det ändå finns vindkraft till havs (IK), går marginalkostnaden först kraftigt upp, men sedan ned då vindkraften har byggts. Kostnaden blir dock inte lika låg som i FHVY eftersom biodieselturbin används de tidpunkter då vindkraften har låg elproduktion.

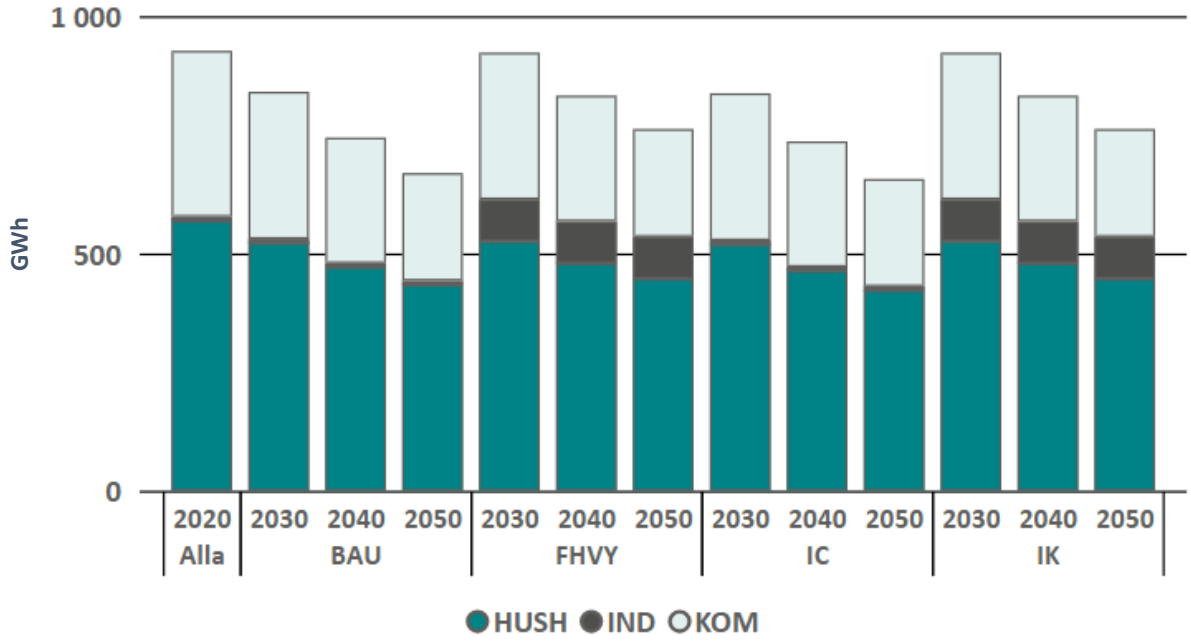


Figur 14 Marginalkostnaden för elproduktion på Gotland för de fyra olika scenarierna för de fyra modellerade veckorna på året (v.8, v.20, v.32, v.40) år 2020, 2030, 2040 och 2050.

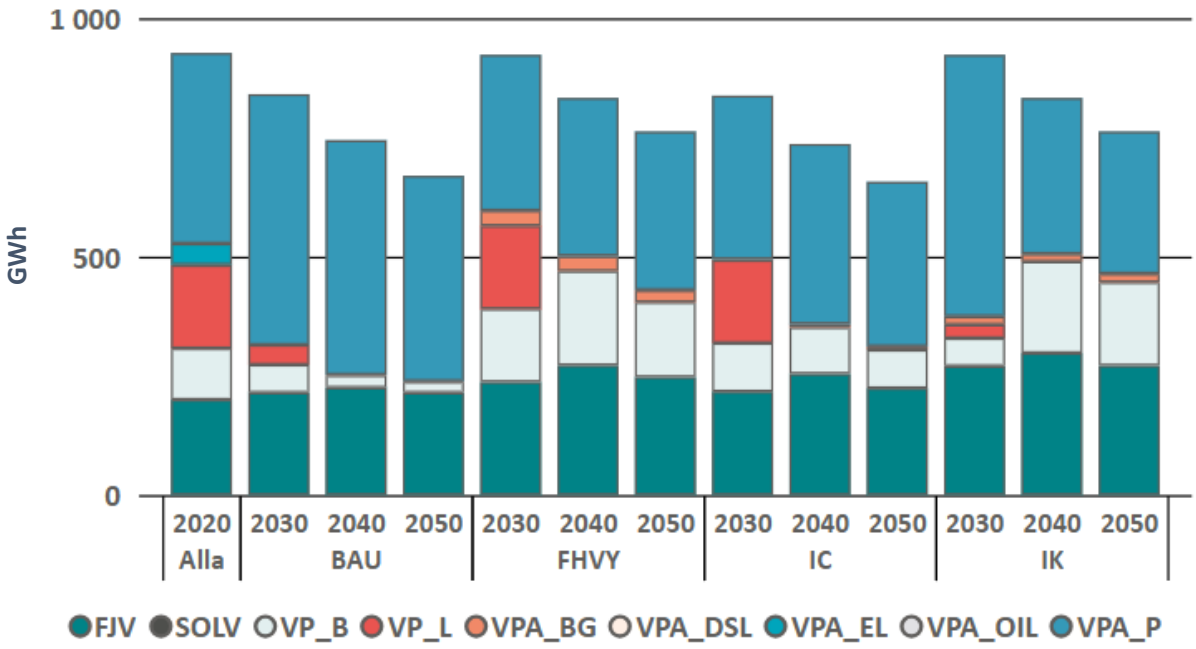
6.2 Värmesektorns väg till klimatneutralitet

Värmebehovet i de fyra scenarierna visas i Figur 15, där hushållens och lokalernas värmebehov antas minskas med tiden. I scenarierna med vindkraft till havs, FHVY och IK, antas att ett värmebehov tillkommer för stora växthus som anläggs på Gotland i närheten av restvärmekällor. Resultaten visar på stor skillnad i hur värmesektorn utvecklas beroende på tillgången på el, se Figur 16. I de scenarier där

det byggs vindkraft till havs, FHVY och IK, används värmepumpar i hög utsträckning. Utan vindkraft till havs används istället mer pelletspannor. I samtliga scenarier utvidgas användningen av fjärrvärme; allra mest då det byggs vindkraft till havs.



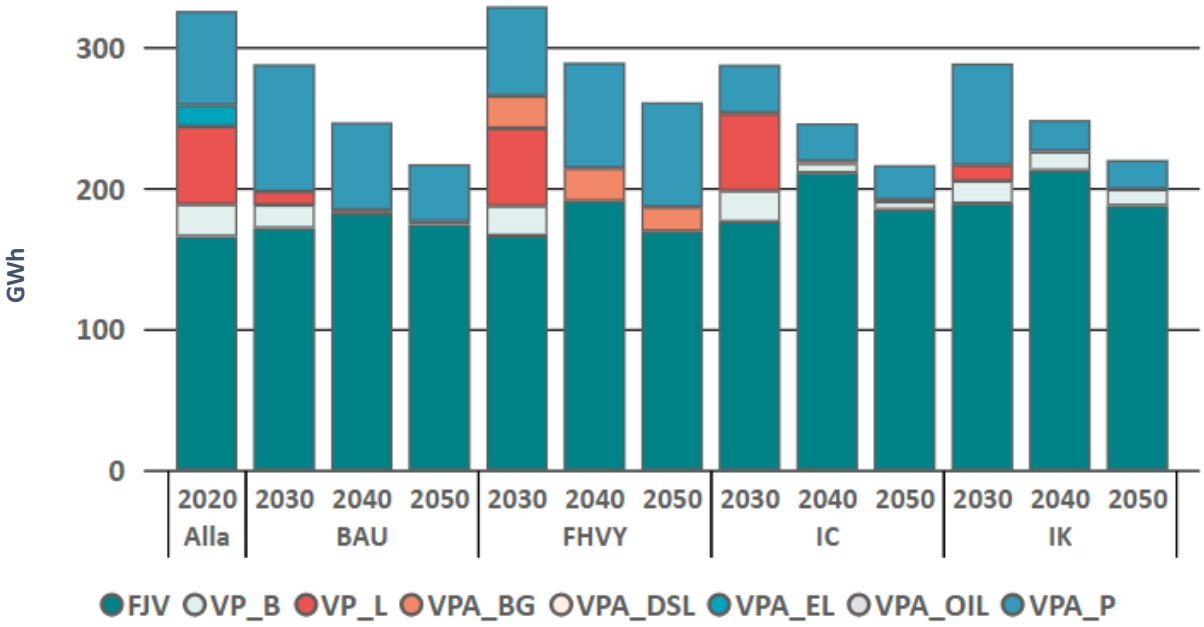
Figur 15 Värmebehovet för hela Gotland i de fyra scenarierna för år 2020, 2030, 2040 och 2050. HUSH – Hushåll, IND – Industribyggnader (växthus), KOM – Lokaler.



Figur 16 Värmeförsörjning för hela Gotland i de fyra scenarierna för år 2020, 2030, 2040 och 2050. FJV – Fjärrvärme, SOLV – Solvärme, VP_B - Bergvärmepump, VP_L - Luftvärmepump, VPA_BG – Värmepanna biogas, VPA_DSL – Värmepanna diesel, VPA_EL – Värmepanna el, VPA_OIL – Värmepanna olja, VPA_P – Värmepanna träpellets.

6.2.1 Fjärrvärmesektorns utveckling

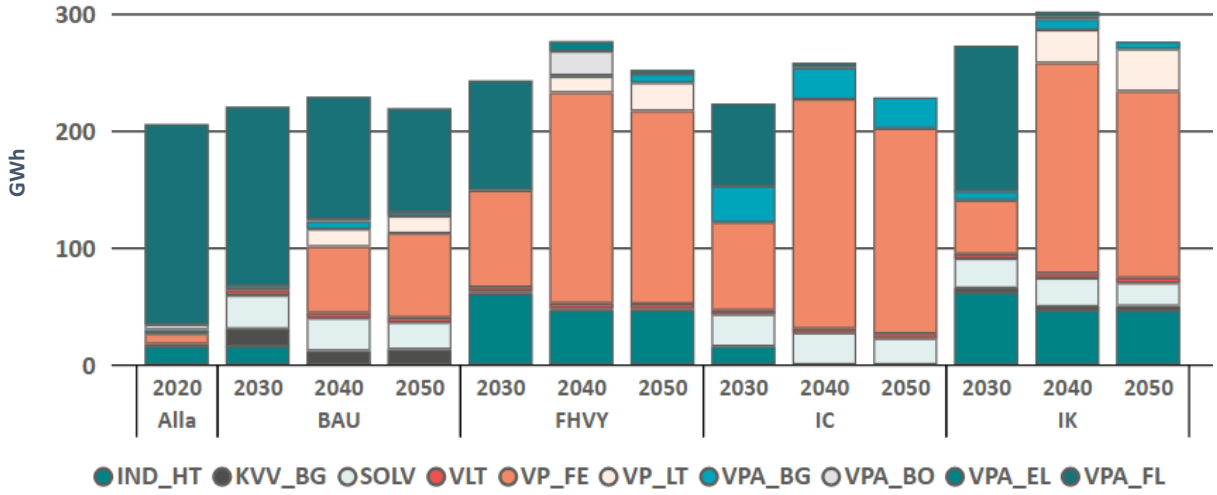
Totalt på Gotland ökar fjärrvärmetillförsel från 200 GWh år 2020 till mellan 215 – 270 GWh år 2050 (Figur 16). I de scenarier där vindkraft etableras till havs, FHVY och IK, gynnas fjärrvärmen av den stora tillgången på el som kan användas i värmepumpar som nyttjar havsvattentemperaturen. Fjärrvärmeutvidgningen sker endast inom de mest tätbebyggda zonerna (A1) i de fyra regioner där det redan finns fjärrvärmenät (VIS, HEM, KLN och ROM). Detta beror på att det är dyrare att bygga ut ledningsnät i glesare delar av bebyggelsen. I Figur 17 visas som exempel Visbys tätbebyggda del, zon A1. Fjärrvärmen utgör en allt större andel av värmeförsörjningen i denna zon i samtliga scenarier.



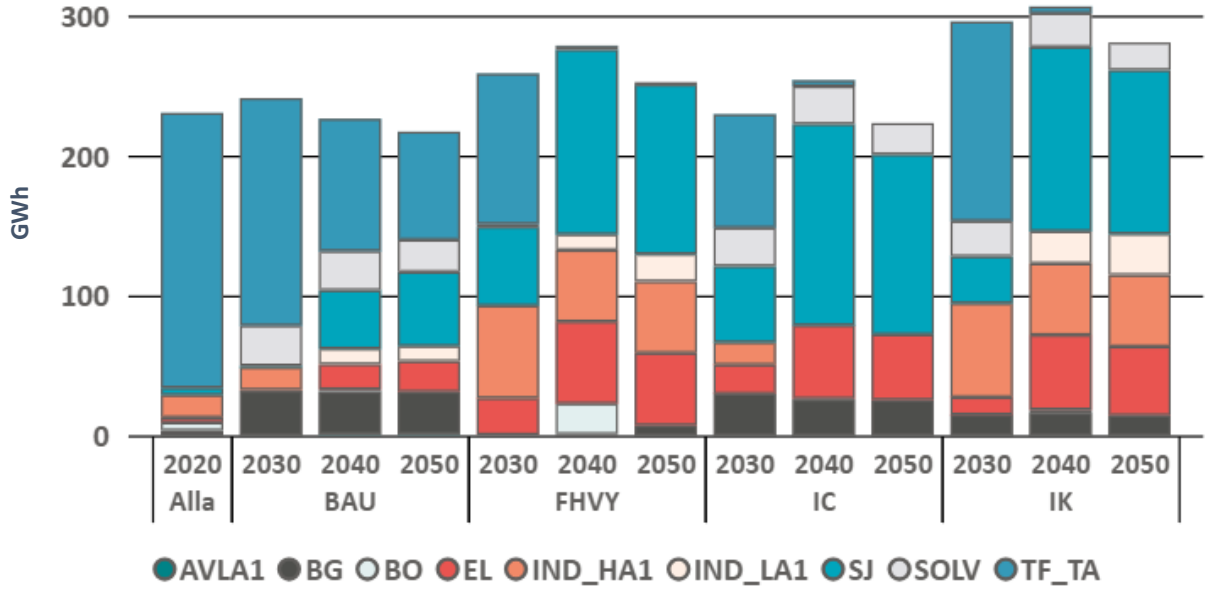
Figur 17 Värmeförsörjning i den tätbebyggda delen av Visby (zon A1) år 2020, 2030, 2040 och 2050. FJV – Fjärrvärme, VP_B - Bergvärmepump, VP_L - Luftvärmepump, VPA_BG – Värmepanna biogas, VPA_DSL – Värmepanna diesel, VPA_EL – Värmepanna el, VPA_OIL – Värmepanna olja, VPA_P – Värmepanna träpellets.

Fjärrvärmens produktionsmix påverkas starkt av el- och industrisektorns utveckling på Gotland. I samtliga scenarier ses dagens biobaserade värmepanna minska i användning, för att helt fasas ut i alla scenarier förutom BAU, se Figur 18 som visar anläggningstyp och Figur 19 som visar bränsle- och elanvändning till fjärrvärmeproduktion. Istället används en värmepump som utnyttjar havsvattnets värme. Detta beror på den goda tillgången på el då havsbaserad vindkraft byggs (FHVY och IK) samt den stora sänkningen av elbehov om cementproduktionen läggs ned (IC). Beroende på scenario kompletteras detta främst med solvärme (BAU, IC och IK), industriell restvärme med hög temperatur (FHVY och IK), värmepump som använder industriell restvärme av lägre temperatur (BAU, FHVY och IK) och värmepanna som eldar bioolja (främst IC).

Det kan noteras att inga nya värmelager anläggs, trots att modellen har ett flertal möjligheter till detta. Däremot utnyttjas den befintliga värmeackumulatorns kapacitet i större utsträckning än in dagsläget.



Figur 18 Fjärrvärmeproduktion per anläggningstyp totalt på Gotland i de fyra scenarierna för år 2020, 2030, 2040 och 2050. IND_HT – Industriell restvärme hög temperatur, KVV_BG – Kraftvärme biogas, SOLV – Solvärme, VLT – Värmelager ackumulatortank, VP_FE – Värmepump förnybar energi (havsvärme), VP_LT – Värmepump lågtemp restvärme, VPA_BO – Värmepanna bioolja, VPA_EL – Värmepanna flis, VPA_FL – Värmepanna flis.



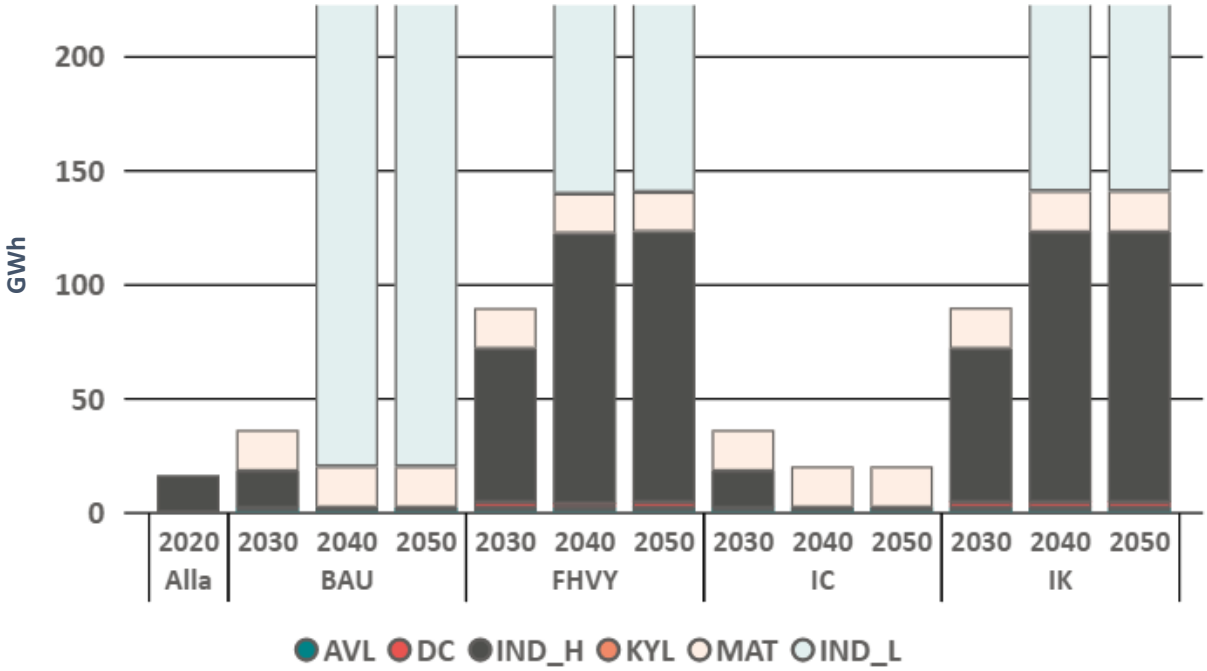
Figur 19 Bränslen och el till fjärrvärmeproduktion totalt på Gotland i de fyra scenarierna för år 2020, 2030, 2040 och 2050. AVLA1- Avloppsvärme A1-zoner, BG – Biogas, BO – Bioolja, EL – El, IND_HA1 – Industriell restvärme högtempererad i A1-xoner, IND_LA1 – Industriell restvärme lågtempererad i A1-zoner, SJ – Sjövärme, SOLV – Solvärme, TF_TA – Träflis och träavfall.

6.2.2 Restvärmeanvändning

Den totala mängden restvärme som finns tillgänglig vid olika temperaturer i scenarierna visas i Figur 20. Före år 2040, från det att cementproduktionen börjat med koldioxidinfångning och eventuella nya elintensiva industrier har etablerats på Gotland, finns mycket stora mängder restvärme av lägre temperatur, runt 60°C, tillgänglig. Mängden är utanför skalan i Figur 20, och sträcker sig mellan 3000 – 4000 GWh/år.

Restvärme utnyttjas genom fjärrvärmenätet i samtliga scenarier. Den används dock enbart i Visby och Slite och då genom fjärrvärmenätet. Andelen restvärme av levererad fjärrvärme är i dagsläget ca 8% och stannar i denna härad i BAU-scenariet. I scenariet IC går nyttjandet av restvärme ner till noll eftersom cementproduktionen läggs ned och inga nya stora industrier tillkommer. I scenarierna FHVY och IK ökar andelen restvärme i fjärrvärmen till 20-30% eftersom både cementproduktion finns kvar samtidigt som ny elintensiv industri etableras. Restvärme används inte till växthus utanför fjärrvärmenätet, som modellen hade möjlighet att göra i Klintehamn i scenarier IK där storskalig industri och växthus byggs i Klintehamn.

Anledningen till att inte mer restvärme utnyttjas är den höga kostnaden för att dra ledningar i kombination med att tillgången på industriell restvärme inte alltid matchar i tid med värmebehovet. Detta gör att värmepumpar som nyttjar havets värme blir mer ekonomiskt fördelaktiga ur systemperspektiv.



Figur 20 Utnyttjad industriell restvärme år 2020 och tillgänglig industriell och urban restvärme av olika temperatur år 2030, 2040 och 2050 för de fyra scenarierna. Den industriella lågtempererade restvärmen sträcker sig utanför skalan, till mellan 3000 – 4000 GWh i BAU, FHVY och IK. AVL – Avloppsreningsverk, DC – Datacenter, IND_H – Industriell högtempererad, IND_L – Industriell lågtempererad, KYL – Kyllager, MAT – Matbutiker.

7 Hållbarhetsanalys

Som tidigare beskrivits under 2.3 görs en hållbarhetsanalys i syfte att identifiera risker, möjligheter och målkonflikter och för att inte måluppfyllnad inom ett område får negativa konsekvenser för ett annat. I det här kapitlet beskrivs de målsättningar som hållbarhetsanalysen relaterar till, relevanta referenser till liknande analyser och vilka aspekter och KPIer som använts samt själva resultatet av hållbarhetsanalysen.

7.1 Identifierade hållbarhetsaspekter

De globala målen (Agenda 2030; SDG) och därtill kopplade delmål och indikatorer följs upp årligen för Gotland och sammanställs i Kolada (Rådet för främjande av kommunala analyser RKA, 2024). SDG-indikatorerna kan inte direkt användas för att mäta hållbarhetsprestanda direkt kopplat till de olika scenarierna, men vissa indikatorer har bäring på området. Nedan presenteras en genomgång av delmål och indikatorer för Gotland av relevans för projektet.

Tabell 13 Urval av de globala mål som anses vara av särskild relevans för hållbarhetsanalysen i projektet.

Mål	Relevans	Uppföljning av indikatorer
Mål 4. Säkerställa en inkluderande och rättvis utbildning av god kvalitet och främja möjligheter till livslångt lärande för alla	I viss utsträckning när det gäller utbildning, färdighets- och kompetensutveckling	Indikatorerna som följs upp relaterar inte direkt till kompetensutveckling eller kompetensförsörjning för specifika branscher.
Mål 5. Uppnå jämställdhet och alla kvinnors och flickors egenmakt	I viss utsträckning i förhållande till bransch/sektor – typer av arbetstillfällen som skapas och jämställdhet i ledande befattningar	Uppföljningen av indikatorer för Gotland för området pekar på att målen nås.
Mål 6. Säkerställa tillgång till och hållbar förvaltning av vatten och sanitet för alla	I relation till dricksvatten, vattenkvalitet, vattenstress	Uppföljningen av indikatorer för Gotland pekar på att man är långt ifrån att nå målet vad gäller grundvattenförekomst.
Mål 7. Säkerställa tillgång till överkomlig, tillförlitlig, hållbar och modern energi för alla	I relation till förnybar och fossilfri energi	Indikatorerna för Gotland pekar på att målen för området inte nås i nuläget
Mål 8. Främja varaktig, inkluderande och hållbar ekonomisk tillväxt, full och produktiv sysselsättning med anständiga arbetsvillkor för alla	I fråga om jobbskapande, innovation och entreprenörskap samt anständiga arbetsvillkor.	Indikatorerna som följs upp för Gotland pekar på att målen inte helt nås, t.ex. vad gäller sysselsättning eller förvärvsarbete.
Mål 9. Bygga motståndskraftig infrastruktur, främja en inkluderande och hållbar industrialisering och främja innovation	I förhållande till hållbar och motståndskraftig infrastruktur, industriutveckling, ren teknik och eftermonteringsindustrier	Indikatorerna pekar på att mål om företagsklimat på Gotland inte nås
Mål 11. Göra städer och bosättningar inkluderande, säkra, motståndskraftiga och hållbara	I relation till inkludering och lokalt deltagande i beslut och utvecklingsprocesser	Uppföljning av indikatorer för Gotland visar att målen inte helt nås.
Mål 12. Säkerställa hållbara konsumtions- och produktionsmönster	I förhållande till resursanvändning	Indikatorerna som följs för Gotland relaterar inte till resursförbrukning för utbyggnad av energisystem
Mål 13. Vidta omedelbara åtgärder för att bekämpa	När det gäller utsläpp av växthusgaser, klimatåtgärder	Målet för de totala växthusgasutsläppen för Gotland nås inte i nuläget.

klimatförändringarna och deras konsekvenser		
Mål 14. Bevara och nyttja haven och de marina resurserna på ett hållbart sätt för en hållbar utveckling	I förhållande till påverkan på kustekosystem, övergödning, försurning	Indikatorerna som följs upp för Gotland relaterar inte till utbyggnad av energisystem
Mål 15. Skydda, återställa och främja ett hållbart nyttjande av landbaserade ekosystem, hållbart bruka skogar, bekämpa ökenspridning, hejda och vrida tillbaka markförstöringen och hejda förlusten av biologisk mångfald	När det gäller markanvändning och inverkan på skyddade områden, natur och biologisk mångfald	Indikatorerna för uppföljning av Gotlands mål uppfylls till stor del i nuläget.

För Gotlands län görs i [60] en bedömning av uppfyllelse av Sveriges Miljökvalitetsmål. Många insatser i länet bedöms bidra positivt till omställningen mot ett mer hållbart samhälle, samtidigt konstateras att det behövs fler insatser. Miljöaspekter behöver integreras tydligare i beslut och utveckling. Målet om bara naturlig försurning är nära att uppfyllas för Gotland och trenden pekar åt fortsatt positiv utveckling. I övrigt bedöms de flesta mål inte uppfyllas och utvecklingen går åt fel håll för flera av målen. Målet om ingen övergödning bedöms inte uppfyllas, inte heller grundvatten av god kvalitet, levande skogar, ett rikt odlingslandskap eller ett rikt växt- och djurliv. För målet om begränsad klimatpåverkan görs ingen regional bedömning.

Den regionala utvecklingsstrategin (RUS) [2] bryter ner Agenda 2030 och annan relevant styrning till mål på en regional nivå.

Region Gotlands vision och mål för Gotland 2040 är ”Gotland – en kreativ ö med plats för hela livet. Gotland är fyllt av livskraft och kreativitet. Här kan människor och verksamheter utvecklas och bidra till en bättre värld. Här finns närhet och plats för alla delar av livet, i alla åldrar.” [2], s. 19:

RUS innehåller tre övergripande mål för Gotland 2040 (s. 19):

- ”Gotland är ett tryggt och inkluderande samhälle med livskvalitet för alla
- Gotland är en förebild i energi- och klimatomställningen
- Gotland är en nytänkande tillväxtregion med utvecklingskraft”

Utvecklingen följs genom effektmål med ett antal uppföljningsbara indikatorer:

”Effektmål 2020:

1. En god, jämlik och jämställd hälsa
2. En trygg och attraktiv livsmiljö med goda uppväxtvillkor
3. God beredskap och god förmåga att hantera samhällsstörningar
4. God utbildningsnivå och goda förutsättningar för livslångt lärande
5. Ett klimatneutralt
6. Ett energisystem baserat på förnybar energi
7. Säkrad tillgång till vatten av god kvalitet och kvantitet
8. Hållbara kretslopp
9. Säkrad biologisk mångfald
10. God konkurrenskraft och tillväxt i näringslivet
11. En inkluderande arbetsmarknad där kompetensen möter behoven
12. God tillgänglighet och hållbara kommunikationer”

Alla tre övergripande mål och ett flertal av effektmålen bedöms relevanta för projektet.

I projektet Strategic Roadmap for Gotland Industrial Symbiosis Park [25] gjordes en SWOT-analys som identifierade nyckelområden som är avgörande för en hållbar utveckling av Gotland. Jordbruk, turism, mat och dryck är tillsammans med mineralförädling viktiga näringar. Gotland har stora förutsättningar för att utveckla förnybara energilösningar, cirkulärt och hållbart jordbruk och havsodling. Det finns också en väletablerad tradition av samarbete på ön, inklusive industriella nätverk. Energi- och vattenbrist är stora utmaningar, liksom övergödning och överfiske i Östersjön. Kompetensförsörjning är en annan utmaning, tillsammans med en äldre befolkning, lägre disponibel inkomst än riksgenomsnittet. Den politiska situationen i Östersjöregionen är instabil [61].

I andra studier som analyserat hållbarhetsaspekter för projekt i liknande kontext är det ett antal aspekter som återkommer. Här följer en genomgång av studerade aspekter/kriterier i ett antal relevanta studier.

Martin och Harris [24] använde en kombination av LCA och socioekonomisk analys för hållbarhetsbedömning av industriell symbios i Sotenäs. De sociala och ekonomiska aspekterna var jobbskapande och förmågan att behålla jobb som ett resultat av projektets genomförande och drift; förbättring och förstärkning av den lokala kompetensbasen; påverkan på FoU och lokal innovation; regional identitet/

stolthet/känsla av värde; samhällsengagemang; projektets ekonomiska bärkraft (samt hur det påverkar lokalsamhället); påverkan på kostnaderna för viktiga processinsatser (inklusive energi, vatten och material); påverkan på försäljningsvärden till följd av vidareförsäljning av biprodukter; påverkan på operativ effektivitet och flexibilitet för enskilda verksamheter; påverkan på kostnader från miljö- och annan regelefterlevnad; förbättring av säkerheten på medellång och lång sikt för tillgång till viktiga resurs (t.ex. mark, malm, vatten etc); inverkan på företagets risk- och ansvarsprofil till följd av resurssynergier; nytta från förbättrade relationer med myndigheter och externa intressenter; påverkan på nettobidragen till den lokala ekonomin som ett resultat av synergieffekter projektgenomförande och drift.

I Harris et al. [26] utarbetades 15 hållbarhets-KPI:er, som användes för att utvärdera scenarier som togs fram som ett led i arbetet med att utveckla en ny park för industriell symbios på Gotland. En kvalitativ analys av varje indikator i varje scenario genomfördes, vilket resulterade i en sammanlagd poängsättning för respektive scenario.

Indikatorerna som togs fram för bedömning var följande:

- Påverkan på miljöstrategisk integration och cirkulär ekonomi
    - Bidrag till nollutsläpp av växthusgaser och självförsörjning med energi för ön
    - Symbiotiska utbyten och cirkulär ekonomi – hållbar användning av material och regenerativa produkter*
    - Grund finns för industrier - vad gäller verksamhet eller kapacitet
    - Kunskapslänkar/samarbetsmöjligheter med befintliga organisationer
    - Långsiktiga innovativa/strategiska möjligheter (FoU) för framtida välstånd
- Sociala indikatorer
    - Att behålla och skapa jobb
    - Förbättra och stärka lokal kompetensbas/kapacitet
    - Samhällsengagemang – kan dra nytta av plattformen och processen för IS-parken
    - Regional identitet, med känsla av stolthet och värde
    - Hälsa och välbefinnande för arbetare och samhället
- Ekonomiska indikatorer

- Parkens ekonomiska (och tekniska) livskraft (som leder till att förbättra samhället och ön)
- Inverkan på kostnaderna för viktiga resursinsatser - energi, vatten och material
- Tillgång/säkerhet på medellång och lång sikt till affärsresurser (mark, malm, energi, vatten etc.)
- Potentiell marknadsföring för företag från IS-parkens deltagande och/eller synergier
- Potentiell marknadsföring för region – för industri- och forsknings-”turister”

Moodie et al. [62] granskade processen kring utvecklingen av rättvisa transitionsplaner (TTJP) för bland annat Gotland, utifrån en teknisk, social och rumslig dimension. Medborgarnas engagemang i övergångsprocessen och skyddet av utsatta samhällsmedlemmar från negativ socioekonomisk påverkan behandlas i den sociala dimensionen. Den sociala demografiska analysen inkluderade migration, förmågan att behålla utbildad arbetskraft, jämställdhetsaspekter. Moodie et al. menar att risken för att jobb försvinner på grund av omställningen på Gotland anses låg, däremot att risken för brist på arbetskraft är reell, personer i arbetsför ålder sjunker på Gotland [63] och måste i större utsträckning förlita sig på inflyttning, vilket i sin tur kräver prisvärda boenden och tillförlitlig hälso- och sjukvård. Över hälften av kvinnorna på Gotland arbetar inom offentlig sektor, medan männen (80 %) arbetar i sektorer som påverkas av klimatomställningen (Region Gotland, 2018).

Barney et al. [64] integrerade energi- och ekonomiska moduler med LCA och flermålsanalys (MCDA) för att utvärdera fossilfria energisystem för öar. De rangordnade långsiktig energiplanering och utvecklingsscenarier för EU:s öar, där Gotland ingick. För studien gjordes en genomgång av indikatorer, KPIs, som vanligtvis används för hållbarhetsbedömning av energisystem och pekar på de vanligaste för att täcka in de olika dimensionerna av hållbarhet är Energiutbyte per invånare, [kWh/invånare], Sparad CO2-ekvivalent per invånare, [kg/invånare], Utjämnade energikostnader, LCOE, [euro/kWh] samt lokal sysselsättning i arbetsår per invånare.

Antunes et al. [65] granskade studier där MCDA hade tillämpats för att bedöma hållbarhet och genomförbarhet för både energisystem och specifika teknologier. De granskade analyserna innehöll tekniska, ekonomiska, miljömässiga och sociala kriterier. Tekniska var t.ex. tillgänglighet, effektivitet, säkerhet, tillförlitlighet.

Sociala var exempelvis hälsa och säkerhet, utvecklingsmöjligheter i form av jobbskapande och regional tillväxt samt acceptans (hos användaren och i bredare social bemärkelse). Miljökriterier innefattade både lokala och globala aspekter såsom övergödning och försurning, utsläpp till luft, markanvändning, visuella- och ljudföroreningar, påverkan på naturmiljön, klimat- och resurspåverkan etc. De ekonomiska kriterierna handlade bland annat om direkta och kringkostnader och ekonomisk påverkan. I analysen pekar man på att det finns brister i data samt risker kopplat till subjektivitet som gör kriterierna svårbedömda, varför känslighetsanalyser är viktiga.

Bezbradica et al. [66] använde MCDA för den kommande förnyelsen av vindkraftsparker i Burgsvik på Gotland. De utförde analysen med hjälp av verktyget Promethee II. Studien innehöll fyra scenarier, 14 kriterier (energi, ekonomiska, miljö, sociala, tekniska) och sju relevanta intressenter. Urvalet av kriterier involverade olika intressentgrupper för att representera olika perspektiv och fånga olika dimensioner av hållbarhet. Intressenterna deltog även i viktningen av kriterierna. Kriterier var: (Energi:) AEP – Årlig energiproduktion MWh/år; (Ekonomi:) investeringskostnader, drift & Underhållskostnader, återbetalningstid, internationell avkastning, lönsamhetsindex, (Miljö:) Påverkan på fåglar, användning av havsyta, besparing av CO2-utsläpp, visuell påverkan, (sociala:) störning till havs, lokal acceptans, (Tekniska:) risker, avveckling / konstruktionssynergi.

Lindblom [67] använde Sustainability Development Goals (SDG) som underlag för en hållbarhetsbedömning av olika energilagringslösningar för Östergarnslandet på Gotland. Man studerade CO2 och vattenkonsumtion för olika lösningar. Rent ekonomiska faktorer i modelleringen var NPC, COE, Operating cost, investment cost, renewable fraction, excess electricity. I hållbarhetsanalysen lyfts att transparens kring den ekonomiska planen och att lokal acceptans är en viktig faktor samt kopplingen till SDG 8. De studerade sociala aspekterna relaterade till SDG 3: människors hälsa kopplat till minskade utsläpp till luft samt SDG 4: utbildning. Därtill nämns de sociala villkoren i produktionen av förnybara energilösningar, exempelvis mänskliga rättigheter och barnarbete relaterat till produktion av batterikomponenter. Det är ovanligt att denna aspekt lyfts.

I en intervju med Clean Energy For EU Islands Secretariat [68] lyftes framför allt följande faktorer fram som viktiga att beakta i en hållbarhetsanalys:

- **LCOE** – (Levelized cost of energy), dvs kostnaden under livstiden för energiproduktionen, inklusive särskilda stödsystem för förnybar energi kopplade till öar.
- **Miljöaspekter** genom miljökonsekvensbeskrivning, där aspekter som **markanvändning** kan vara extra viktiga vad gäller öar (”effektiva fotavtryck”), använda befintlig industrimark, bevara jordbruksmark; balansen bevara landskap och vindkraftverk.
- **Deltagande** en viktig samhällsfråga, att människor involveras i processen, och kanske särskilt på öar, på landsbygden bör så mycket som möjligt lokalsamhällen involveras både i planeringen, strategin och investeringarna i förnybar energiteknik.
- Lokalsamhället som avgör **acceptansen**, som är ytterligare en viktig aspekt. Framför allt på öar i södra Europa har man haft utmaningar med att hitta kompromisser mellan miljöskydd och utbyggnad av förnybar el, och att få acceptans både lokalbefolkning och styrande för ny teknik.

Baserat på litteraturgenomgång och bearbetning enligt tidigare beskriven metod givet Gotlands specifika kontext och utmaningar och input från lokala intressenter har följande hållbarhetsaspekter identifierat som särskilt viktiga:

Påverkan på miljön:

- Vattenanvändning
- Markanvändning
- Resursförbrukning
- Övergödning
- Global uppvärmning

Påverkan på människor och samhälle:

- Jobbskapande
- Social acceptans
- Attraktionskraft
- Lokala samarbeten

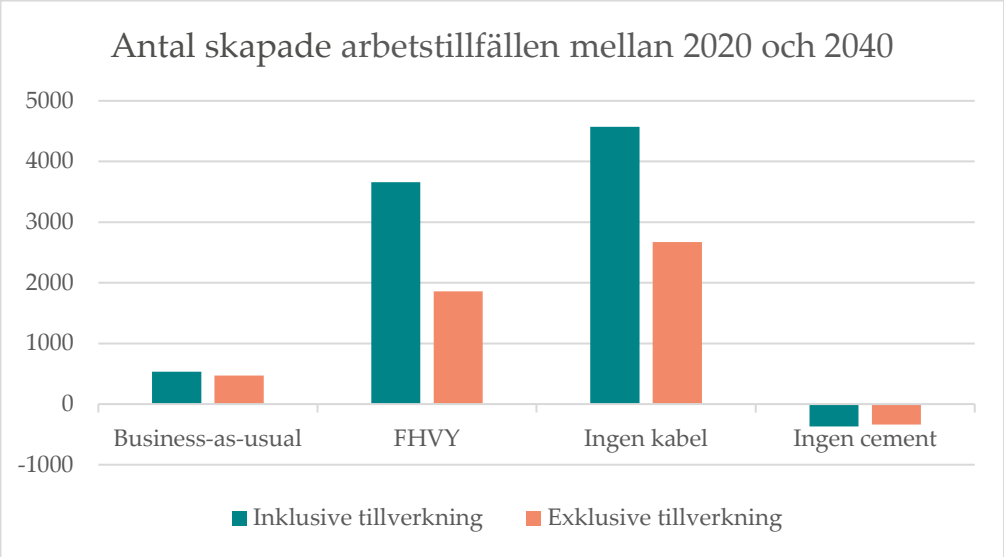
7.2 Resultat och analys av scenarier

7.2.1 Sociala aspekter

Undersökta aspekter är jobbskapande, social acceptans, attraktionskraft och lokala samarbeten.

7.2.1.1. Arbetstillfällen som skapas i omställningen

De olika scenarierna innebär förändringar i energisystemet och industrins sammansättning, där vissa tekniker för energiförsörjning och energianvändning ökar medan andra försvinner. Därför uppskattas förändringen i antalet arbetstillfällen mellan 2020 och 2040 utifrån förändringarna som anges i de olika scenarierna. En detaljerad beskrivning av tillvägagångssättet i analysen av jobbskapande finns i rapportens metodkapitel. Nedan presenteras resultatet av beräkningen av antalet skapade arbetstillfällen år 2040 i de olika scenarierna.



Figur 21 Antal skapade arbetstillfällen i de fyra scenarierna Business-as-usual, FHVY (=havsbaserad vindkraft med industriutveckling i Ygne), Ingen kabel och Ingen cement. År 2040 jämfört med år 2020.

De två scenarierna i mitten innebär störst antal skapade arbetstillfällen, vilket är ett inte helt oväntat resultat eftersom energisystemets totala kapacitet antas öka under perioden 2020–2040 och den största expansionen orsakas av etableringarna med havsbaserad vindkraft. Även i *Business-as-usual*-scenariot förutsätts att energisystemet expanderar, vilket i sin tur skapar jobb. Det enda scenariot där

antalet arbetstillfällen minskar under perioden är Ingen cement, där cementproduktionen på Gotland upphör.

Skillnaden mellan de höga och låga staplarna är särskilt påtaglig i de två mittersta scenarierna, där havsbaserad vindkraft utgör en stor del av elproduktionen. Anledningen till den stora skillnaden mellan högscenariot och lågscenariot är att den så kallade *jobbfaktorn* (på engelska *employment factor*) i den höga versionen är högre, eftersom den innefattar arbetstillfällen som skapas högt upp i värdekedjan för respektive teknik, d.v.s. i steget där komponenter och utrustning tillverkas. I lågscenariot har detta delsteg uteslutits ur jobbfaktorn, eftersom dessa jobb kan antas ske någon annanstans än på Gotland. Övriga steg i värdekedjan antas åtminstone principiellt kunna leda till att nya arbetstillfällen skapas på Gotland, d.v.s. stegen konstruktion och installation, drift och underhåll, samt demontering.

Det finns stora osäkerheter invävda i jobbfaktorerna och således även i resultaten. Detta till trots är de relativa skillnaderna mellan de olika scenarierna tillräckligt stora för att man ska kunna anta det sannolikt att scenarierna med havsbaserad vind lär leda till fler nya arbetstillfällen än de övriga scenarierna, samt att scenariot där cementproduktionen upphör och där ingen havsbaserad vindkraft byggs lär leda till att ett antal arbetstillfällen försvinner. *Var* jobben skapas kan dock inte fastställas utifrån denna analys, utan beror istället på andra faktorer och detta diskuteras i efterföljande delar i det här kapitlet.

Kvalitativ undersökning av frågan om arbete och arbetstillfällen på Gotland
I tillägg till detta har en kvalitativ analys genomförts med hjälp av intervjuer. Nedan följer en sammanställning av intervjusvaren om scenariernas konsekvens för jobbskapande och arbetstillfällen.

Vid scenarier med etablering av havsbaserad vindkraft träder ett mönster fram i intervjusvaren. Det pekar på skillnaden i jobbskapande för själva etableringen av de havsbaserade vindkraftsparkerna, och de arbetstillfällen för service och underhåll som därefter behövs. För etableringsfasen finns behov av personal för själva byggnationerna samt tekniker och ingenjörer. Här anses att dessa kan komma att vara personer utifrån Gotland som i större utsträckning kommer till ön för att arbeta tillfälligt med uppbyggnaden. Det görs en jämförelse med den Gröna omställningen i norra Sverige där många gästarbetare tillkommit och det i vissa fall funnits undermåliga boenden för dessa grupper. Det påtalas även att det kan bli en koncentration av män som arbetar i de här yrkena i denna industri.

Efter etableringsfasen tillkommer arbetstillfällen för den service och underhåll av parkerna och den infrastruktur som behövs runt om. Här nämns mekaniker, drift och underhållspersonal. Generellt lyfts det fram risker i de fall utbyggnaden ska gå väldigt fort, och när befolkningen ökar så kan problem uppstå om utbyggnaden av offentlig sektor och välfärd inte hänger med i samma takt. Scenarierna driver på ett behov av människor som kan arbeta inom omsorg, service, skola osv, vilka i dagsläget domineras av kvinnlig arbetskraft.

Kompetensförsörjningen är en knäckfråga;
”Gotland har ju haft en väldigt god arbetsmarknad och har fortfarande en relativt god arbetsmarknad, och vårt problem är inte hög arbetslöshet, vare sig bland kvinnor eller män. Utan snarare en oro för framtiden och hur vi ska klara att kompetensförsörja, framför allt offentlig sektor.”
Jämställdhetsstrateg, *Länsstyrelsen* Gotland

Andra branscher som kan tillkomma/utökas är kopplat till den vätgas som kan genereras via parkerna. Vätgasen i sig kan skapa nya affärsområden: för konstgödselproduktion, lagring, samt för användning till transporter, och på så sätt skapa nya arbetstillfällen.

För scenariot *Ingen cement*, dvs att Heidelberg Materials har lagt ned sin verksamhet i Slite, lyfts fram att detta skulle kunna vara positivt för andra näringar och nyetableringar av energiproduktion och -lagring, då i dagsläget en stor del av energin går till cementproduktionen. De stora markområden som tas i anspråk av cementproduktionen skulle kunna användas till andra näringar, t.ex. till att expandera turismen på denna yta och generera fler arbetstillfällen inom turismnäringen. En aspekt som lyfts fram är att ifall Heidelberg Materials lägger ned sin verksamhet är det framförallt manlig arbetskraft som blir utan arbete, och det gäller även för de underentreprenörer som är har sin utkomst från detta företag.

Heidelbergs omställning till att bli CO_2- neutrala med CCS-teknik innebär också jobbskapande, och där behövs det ny typ av kompetens för den typen av arbeten. Här antas det även att det handlar om en del tillfälliga jobba för ombyggnation hos Heidelberg.

Synpunkter framkommer om att ska cement produceras så kan detta mycket väl göras på Gotland där man kommit långt i utvecklingen jämfört med andra

cementfabriker runt om i världen, särskilt med tanke på utvecklingen mot mer CO_2-neutral cement.

Ett skifte i opinionen beskrivs gällande vattenfrågan, framförallt kopplat till stenindustrin. Tidigare har arbeten och arbetstillfällen varit prioritet nummer ett och vattenfrågan nummer två, men nu har ett skifte inträffat och opinionen ändrats och frågan om vattentillgång är högsta prioritet.

En viss konkurrens om arbetskraft lyfts fram. I och med att de allmännyttiga fastighetsbolagen på ön behöver personal för renovering och nybyggnation av bostäder, kommer dessa att få konkurrera med övriga aktörer i de fall byggnadsplanerna som beskrivs i scenarierna, kommer att bli verklighet. Detta skulle kunna föra med sig en ansträngd situation på Gotland under några år.

Det är betydelsefullt att Gotlands Universitet finns på ön och här är det viktigt att man kopplar ihop utbildningen och de kurser som krävs för t.ex. utvecklingen av vindkraften. Etableringen av ett Universitet på Gotland anses även ha bidragit positivt till den befolkningsmängd som Gotland har i dagsläget och att Universitetet i sig kan locka till sig nya invånare.

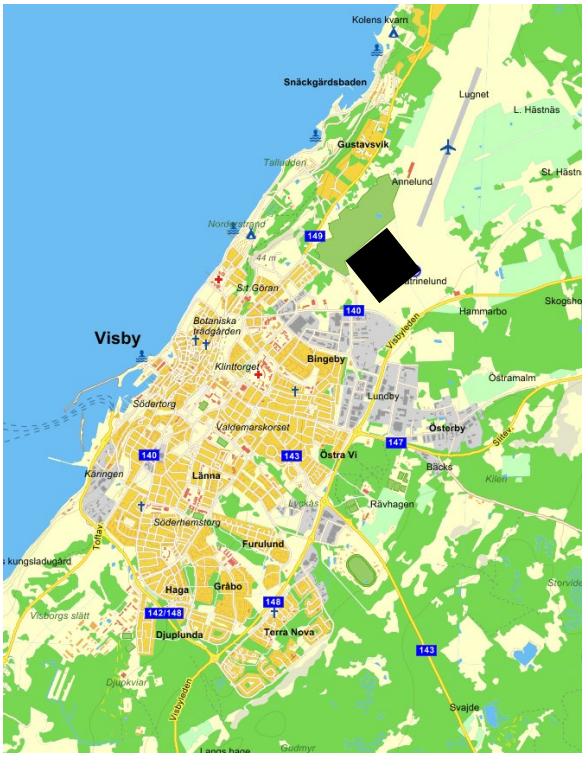
Relaterat till var jobben kommer att skapas utifrån scenarierna, påpekas att medborgarna vill bo i Visby, samtidigt som det anses omöjligt att bygga så mycket mer som skulle behövas i Visby, vilket talar för att man bygger någon annanstans där det finns byggbar mark. En synpunkt lyfts fram om att Gotland, varandes en liten ö, inte kommer att kunna bygga upp en till ”stor” stad förutom Visby, dvs där folk vill bo.

7.2.1.2. Social acceptans för etableringar

Den sociala acceptansen dvs vad människor tycker och tänker i form av acceptans eller motstånd inför för etableringarna vid de olika av scenarierna, beskrivs i följande avsnitt.

De scenarier som inbegriper stora havsbaserade vindkraftsparker samt nya industrietableringar, innebär risk för låg social acceptans, både för vindkraftsparkerna och de nya industrierna. Scenarier utan stora havsbaserade vindkraftsparker och scenariot utan fastlandskabel (BAU och IK) innebär dock att vindkraft på land byggs ut och stora solcellparker etableras. Även detta kan innebära risk för låg social acceptans. I Figur 22 visas storleken på solcellsparker

som behöver etableras. Motsvarande 10 parker med storleken av den svarta rutan behövs. Figur 23 illustrerar hur mycket mer landbaserad vindkraft som behöver byggas i scenarierna. Det motsvarar dagens etablering på Näsudden, som är markerat med röd ring i figuren.



Figur 22 Visualisering av storleken på solcellsparker som behöver etableras i scenarierna BAU, OHV och IK. 10 stycken parker motsvarande den svarta rutan i figuren behövs.

Figur 23 Illustration av hur mycket mer landbaserad vindkraft som behövs i scenarierna BAU, OHV och IK. Ny vindkraftsetablering motsvarar det som idag är byggt på Näsudden, markerat med röd ring i figuren.

Intervjuerna visar på några olika riktningar kopplat till den sociala acceptansen. Det beskrivs att förankring kring etableringarna som följer av de olika scenarierna är viktig och att man måste höra sig för i bygden och förankra kring lokaliseringen, samt att detta behöver ske tidigt i planeringsprocessen.

Vidare beskrivs en generell tveksamhet till storskaliga lösningar vilket kan påverka den sociala acceptansen:
” ...de enorma havsbaserade anläggningarna, det finns alltid en grundläggande motståndskraft […] Behöver vi det här? […] Ska vi bli nåt sorts el-nav? […] Finns en social rädsla för nya stora skiftningar”
Projektledare, Energicentrum Gotland.

Ett mycket utmanande område för den sociala acceptansen berör den utbyggnaden av elnätet som följer av etableringarna, vilket gör att elnät behöver dras över människors tomtmark och lantbruk, vilket är en väldigt svår fråga att hantera.

Funderingar lyfts fram om var nyttan och vinsterna från dessa etableringar av havsbaserad vindkraft kommer att hamna. Är det bygden och Gotland, eller enbart

de internationella företag som bygger parkerna som får ta del av de ekonomiska vinsterna? En oro beskrivs för att detta inte kommer att ge Gotland så mycket nytta tillbaka.

De havsbaserade vindkraftsparkerna är en högaktuell frågeställning i regionens översiktsplanearbete; både under samrådsförfarandet och under granskningstiden. Region Gotland beskriver:
”…ett stort antal yttranden har kommit in gällande vindkraftsetableringar; både positiva och negativa, men ett stort antal som uttrycker en stark oro och är negativt inställda till etableringar både till land och till havs”.
Enhetschef, samhällsbyggnadsförvaltningen, Region Gotland

Att regionen inte har full rådighet över de processer som följer kring den havsbaserade vindkraften anses från regionalt håll vara utmanade när det handlar om att skapa social acceptans för etableringen:
”Regionen har inte full rådighet över processerna som kommer- vi kan peka ut områden i översiktsplanen där vi beskriver att vi är positivt inställda till etablering. Men sen så sker ju prövning och utredning utanför vår kontroll. Vi har inter heller någon inverkan på vilka företag det är, eller hur de anställer personal […] och kommer elen att passera Gotland eller dras det direkt till fastlandet- det är frågor som vi inte riktigt har rådighet över, utan det sker mycket diskussioner på statlig nivå om sådana större infrastrukturfrågor.”
Enhetschef, samhällsbyggnadsförvaltningen, Region Gotland

Bland de positiva synpunkterna via yttranden som nått Region Gotland beskrivs en mer positiv inställning till etableringar av vindkraft till havs, då dessa anses minimera påverkan på landskapsbilden och natur-och kulturvärdena på land.

Samtidigt lyfts kulturmiljöaspekterna fram och hur den unika kustremsan kan komma att påverkas om vindkraftparker etableras till havs. Andra intervjuade tror att det kan bli svårare att få acceptans för landbaserad vindkraft, vilket gör att det sammantaget är en tämligen splittrad bild som träder fram gällande acceptansen för havs- eller landbaserad vindkraft.

Besöksnäringen är en stor och viktig verksamhet för Gotland och en synpunkt lyftes fram det finns en risk att Gotland industrialiseras med vindkraft och blir någon form av energiindustri. Men samtidigt har troligen inte besöksnäringen som helhet tagit ställning i frågan om vindkraft utan är ute och känner sig för.

Det som kan vara en framgångsfaktor för scenarierna är jobbskapandet i form av att det blir en inflyttning och fler som jobbar och bor på Gotland vilket kan bidra till en ökad social acceptans. I en av intervjuerna refereras till nationella undersökningar som visar att kvinnor generellt är mer positiva än män till insatser som skapar klimatneutralitet, vilket skulle kunna vara gällande även på Gotland. En ökad mängd arbetstillfällen för män, särskilt under själva uppbyggnadsfasen för scenarierna, kan skapa arbetstillfällen för män och detta skulle kunna bidra till en högre acceptans för etableringarna även bland män.

7.2.1.3. Attraktionskraft

Avsnittet ger en sammanställning av intervjusvaren om scenariernas konsekvens för Gotlands attraktionskraft i form av förmåga att locka till sig och behålla nya invånare.

Attraktionskraften när det gäller att kunna bo, arbeta samt transportera sig till och från Gotland beskrivs ur några olika synvinklar. En faktor som lyfts fram här är att invånarna har låga medelinkomster, men att bopriserna på ön är höga. Dessutom har kvinnor sämre inkomster än män och där blir priset på bostäder ännu mer känsligt och försvårar för kvinnor att etablera sig på Gotland. Dessutom ökar kostnaden för att transportera sig till och från Gotland. Dessa förhållanden kan tillsammans påverka attraktionskraften i negativ riktning.

En annan skillnad som tas upp i en av intervjuerna är att kvinnor och mäns vardagsliv ser olika ut. Män är rörliga över större områden och reser längre med bil, medan kvinnor oftare reser kollektivt och kortare väg, samt önskar bo närmre förskola etc.

För scenariot *Ingen cement*, dvs om cementproduktionen försvinner, påverkar inte detta så många människor som man kanske tror, och det kan ju dessutom skapas fler nya samarbeten om ett sådant scenario skulle inträffa, menar en av intervjupersonerna.

Region Gotland har via sin översiktsplan i uppdrag är att jobba mot en resurseffektiv bebyggelseutveckling och möjliggöra för nya bostäder och bibehållen service, men också avsätta mark för havs- och markbaserad vindkraftsetablering. Målbilden är att det ska bidra till en ökad inflyttning och befolkningsökning på Gotland. Utifrån kompetensförsörjningsbehovet till

välfärdsorganisationen behöver dessutom Gotland locka till sig människor i arbetsför ålder som kan bemanna den typen av verksamhet.

Själva energiomställningen i sig, skulle också kunna utgöra en attraktionskraft: ”Tänker att vägen mot utveckling mot energiomställning Gotland, förstås skulle kunna vara en bidragande orsak till att man vill bo och leva i ett sådant samhälle kanske… skulle kunna vara attraktivt för några- i en sådan målgrupp! ”
Enhetschef, samhällsbyggnadsförvaltningen, Region Gotland

Vindkraften målar bilden av att Gotland är för omställning och att detta i sig skapar attraktivitet, dvs att det händer något på ön. En jämförelse görs här med det som ses hända i Skellefteå i och med den gröna omställningen.

För attraktionskraften är det viktigt att allt inte koncentreras till en plats och i en radie runt Visby. Utvecklingen måste komma hela Gotland till del, dvs att man inte glömmer bort periferin, är en av de synpunkter som framkommer.

De havsbaserade vindkraftsparkerna kan ha negativ effekt på attraktionskraften då de påverkar siktlinjerna och kusten visuellt. Samtidigt kan dessa etableringar ge en trygg energiförsörjning, vilket skulle kunna påverka i positiv riktning. FHVY skulle även kunna påverka attraktionskraften positivt pga de jobbtillfällen som de förväntas skapa och för ökad växthusodling. Samtidigt beskrivs en oro för att Gotland ska bli en energiindustri för övriga Europa.

Turistnäringen lyfter också upp farhågor om att turismen kan minska pga försämrad utsikt och att naturarvet förstörs beroende av FHVY. Relaterat till dessa beskrivs att en grupp inom besöksnäringen uttrycker oro, samtidigt som insikten om behovet av omställning lyfts fram. En av intervjupersonerna gör antagandet att en majoritet inom denna grupp är för vindkraftparkerna och för den här typen av omställning, vilken kräver en mix av sol- och vindenergi.

7.2.1.4. Lokala samarbeten

Hur olika lokala samarbeten påverkas av scenarierna sammanställs i detta avsnitt.

För scenariot *Ingen cement* så beskrivs att det kommer att uppstå samarbeten med någon form av omställning på norra Gotland. En jämförelse görs med när försvaret lades ned, vilket frigjorde mycket kompetens i regionen. Andra företag kunde

attrahera denna kompetens och därmed växa samt att nya företag kunde startas upp. Det skapades även kulturella samarbeten när försvaret lades ned i Fårösund.

Fler aktörer förväntas bli en del av solcellssamarbeten, samt att solcellsparker skulle kunna utgöra lokala energihubbar eller lokala energisamverkansprojekt runt om på ön.

Ifall scenariot FHVY skulle innebära att det bidrar till förädling av vätgas skulle denna produktion i sig ge lokala samarbeten, där t.ex. Destination Gotland med Gotlandsbåtarna med idéer om att ställa om till vätgasfärjor. Även förädling av vätgasen, för produkter inom jordbrukssektorn, med möjliggörande av t.ex. konstgödselproduktion är något som lyfts fram. En trång sektor är dock tillgång på mark för etableringar där de gotländska hamnarna idag har en liten utbyggnadspotential. Detta beskrivs som problematiskt eftersom vätgasanläggningar eller industrietableringarna kopplade till de större FHVY behöver ligga havsnära.

Det lyfts fram att det finns många entreprenörer på Gotland och vikten av att man nyttjar de lokala nätverken och de lokala förmågorna. Det gäller att hitta dessa lokala entreprenörer och kroka arm med dem för att nå framgång:
”Svårt att komma som stort företag och bara dimpa ned och försöka etablera sig … den kommer möta motstånd. Man måste visa på förståelse och intresse för den lokala marknaden…”
Chef utveckling hållbarhet, Gotlandshem

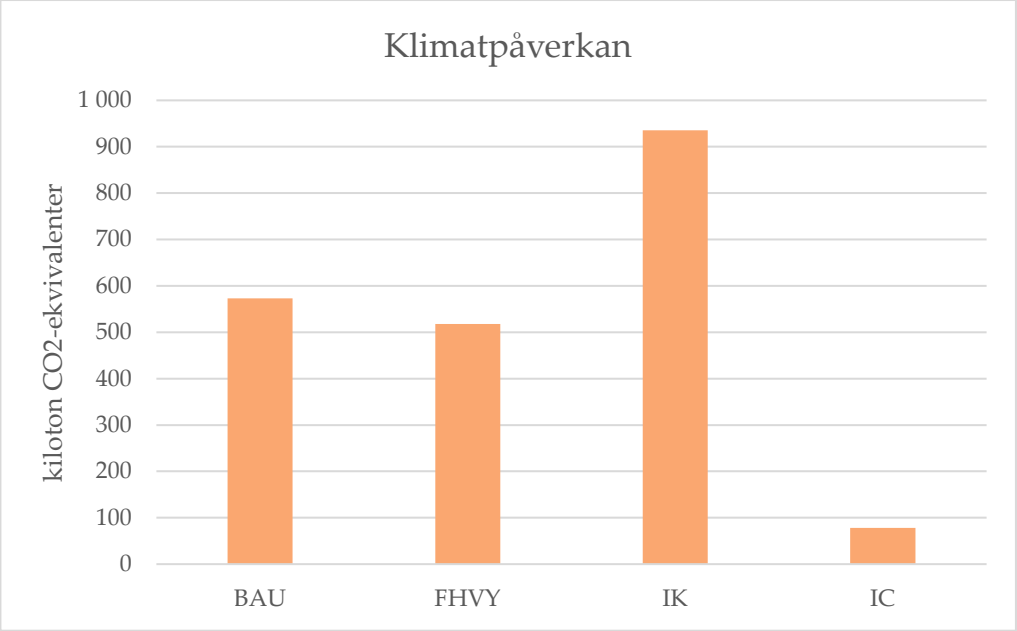
Samarbeten med skolor och utbildningsväsende behöver snabbt komma igång och det handlar om allt från yrkesutbildningar till att universitetet får utvecklas.

7.2.2 Miljöbedömning

En grundlig jämförelse av miljöpåverkan från de fyra scenarier som LCA:n omfattar visas i Figur 24 till Figur 28 (d.v.s. BAU (bas-ingen havsbaserad vindkraft), FHVY (storskalig etablering av havsbaserad vindkraft och stor kabel), IK (likt BAU men utan fastlandskabel) och IC (ingen cementproduktion i Slite). Nedan presenteras resultaten för de miljöaspekter som identifierats i 7.1. Livscykelanalysen innehåller även andra aspekter, såsom försurningspotential, humantoxicitet, och ozon, men endast de för studien mest relevanta aspekterna redovisas.

7.2.2.1 Global uppvärmningspotential (GWP)

Analysen av den globala uppvärmningspotentialen (GWP) för de fyra energiscenarierna på ön visar tydliga effekter baserat på systemets konfiguration, särskilt när det gäller elexport och integrering av havsbaserad vindkraft, se Figur 24. BAU som saknar havsbaserad vindkraft och har både import och export av el fungerar som baseline. Scenariot med ökad havsbaserad vindkraft och exportpotential (FHVY) minskar utsläppen till viss del, men bara måttligt jämfört med BAU. Resultaten tyder på att även om ytterligare havsbaserad vindkraft och exportkapacitet är fördelaktiga, minskar de inte utsläppen drastiskt över en viss nivå på grund av komplexiteten i att hantera högre förnybar kapacitet med exportefterfrågan.



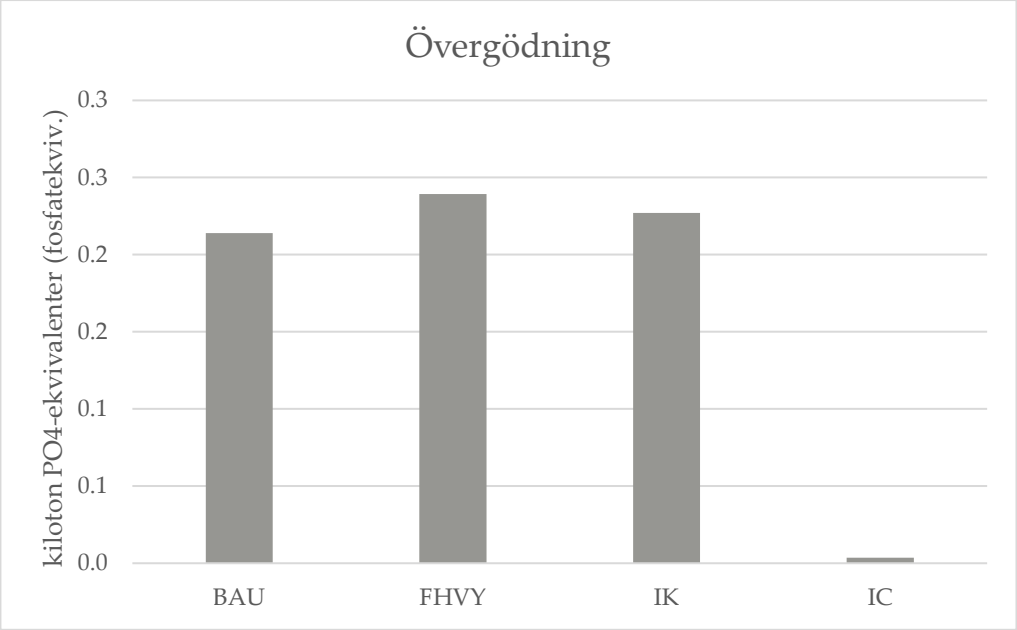
Figur 24 Klimatpåverkan i kiloton CO_2-ekvivalenter (Global Warming Potential=GWP) för de olika scenarierna.

IK-scenariot, som saknar exportkapacitet, visar den högsta GWP-faktorn, vilket tyder på att oförmågan att exportera överskott av förnybar energi leder till högre utsläpp. Däremot resulterar IC-scenariot, som kännetecknas av minskad efterfrågan på el, ingen havsbaserad vindkraft och frånvaron av en cementindustri, i den lägsta GWP-faktorn med en betydande marginal. I övriga scenarier installeras CCS-teknik för cementproduktionen och mot den bakgrunden visar IC-scenariot att genom att minska efterfrågan och avveckla industrier med höga utsläpp kan utsläppen minska dramatiskt, även utan förnybar energi. Om efterfrågan inte minskar och produktionen endast flyttar någon annanstans uppstår inte samma miljövinst. Sammantaget spelar exportflexibilitet och efterfrågestyrning en

avgörande roll för att uppnå lägre GWP, där IK överträffar en genomförbar tröskel för "röd linje" på grund av dess begränsningar i export- och utsläppshantering.

7.2.2.2 Övergödning / Eutrofieringspotential (EP)

I Figur 25 jämförs eutrofieringspotentialen (EP), mätt i kton-PO_4eq, i sju scenarier. Tre av fyra scenarier visar liknande EP-nivåer, runt 0,25 kton-PO_4eq, med mindre variationer, vilket indikerar att skillnader i havsbaserad vindkraft, elexportförmåga och kabelförekomst har begränsad inverkan på eutrofieringspotentialen i dessa konfigurationer. IC-scenariot sticker dock ut med ett betydligt lägre EP, nära noll, på grund av dess minskade efterfrågan på el och frånvaron av industrier med hög påverkan som cement, som är kända bidragsgivare till näringsföroreningar. Detta tyder på att en minskning av den industriella aktiviteten och efterfrågan effektivt kan minska övergödningen.



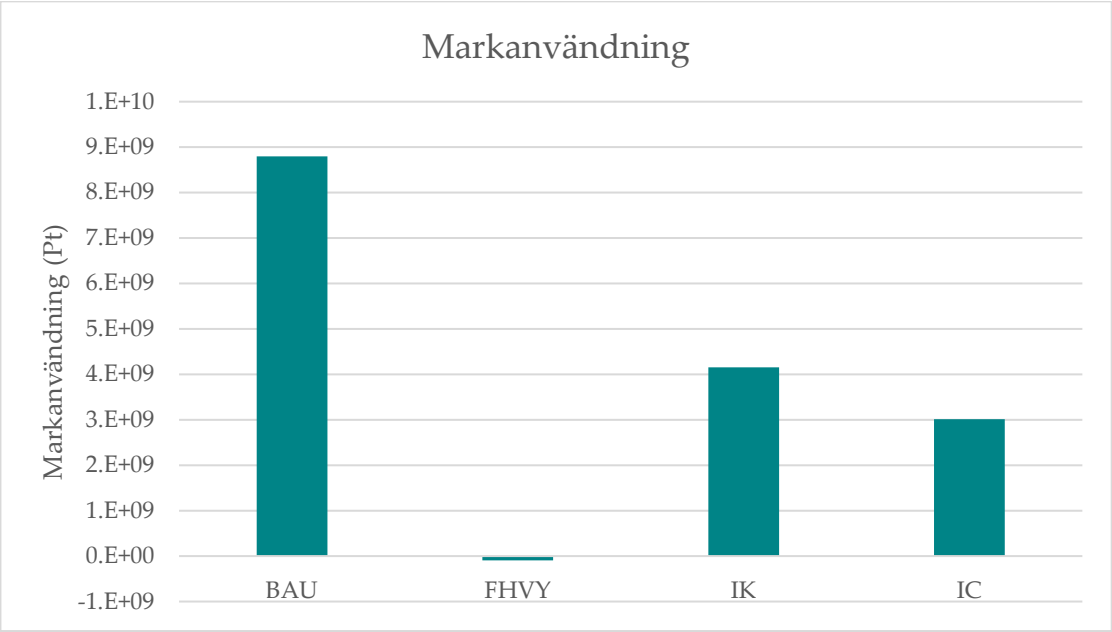
Figur 25 Bidrag till övergödning (Eutrophication Potential=EP) i kiloton fosfatekvivalenter för de olika scenarierna.

7.2.2.3 Markanvändning

Figur 26 visar markanvändningens inverkan på olika scenarier. I LCA beräknas markanvändningspåverkan ofta i enheterna Pt eller Personår. Denna enhet kvantifierar effekterna av förändrad markanvändning på människors hälsa och välbefinnande under loppet av ett år för en person. Det gör det möjligt att

utvärdera de potentiella långsiktiga effekterna av olika markanvändningsmetoder, såsom avskogning, jordbruk eller urbanisering, på mänskliga befolkningar.

Detta kan tillskrivas den betydande elproduktionen från förnybara källor, som i första hand exporteras till fastlandet i stället för att förlita sig på en strategi för elproduktion med blandade nät. Som en följd av detta minskar behovet av mark i dessa scenarier. BAU innebär däremot import av cirka 1400 GWh el från fastlandet, som genereras från en blandning av resurser, vilket resulterar i ett högre markanvändningsvärde. Markanvändningen för FHVY är negativ på grund av att 2500 GWh elexport inkluderas.

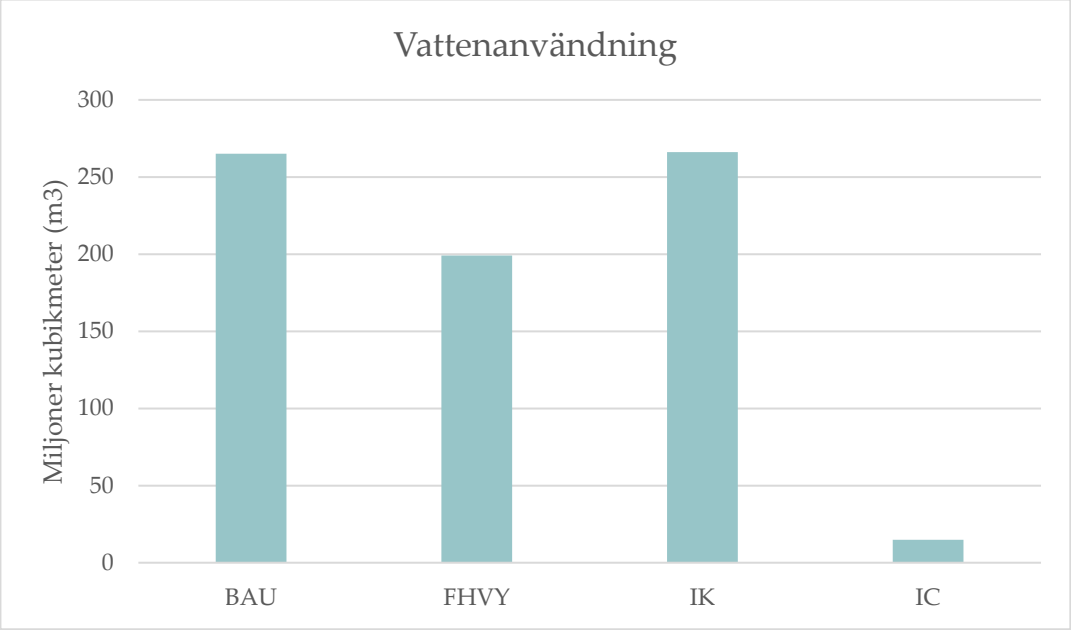


Figur 26 Markanvändning (Pt) i de olika scenarierna.

7.2.2.4 Vattenanvändning

Figur 27 illustrerar vattenförbrukningen mätt i miljoner kubikmeter i olika scenarier. IC-scenariot framstår som det mest fördelaktiga när det gäller vattenanvändning, främst på grund av dess lägre efterfrågan på el, vilket resulterar i minskade behov av elproduktion. Det finns därför inget behov av biogasturbiner, biooljemotorer eller havsbaserade vindkraftverk i detta scenario. Men i takt med att elproduktionen ökar med hjälp av vindkraftverk och importerad el från fastlandet ökar vattenförbrukningen i motsvarande grad. BAU har den högsta vattenförbrukningen på grund av låg nivå av elexport och hög import från

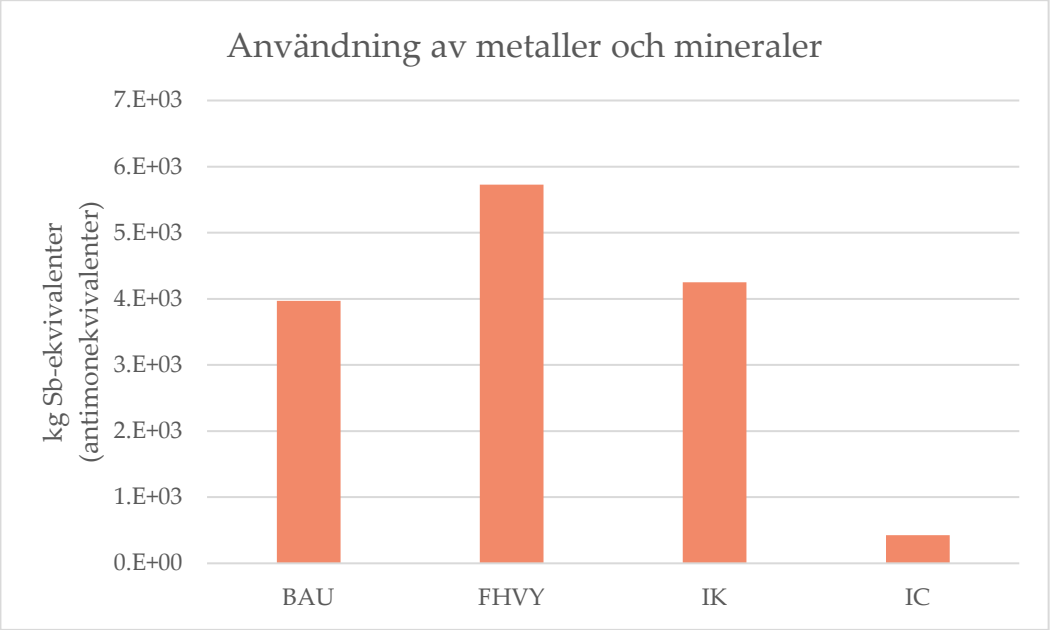
fastlandet. Den importerade elen kommer från Sveriges elnätsmix, som till stor del genereras av vattenkraftverk som kräver stora mängder vatten.



Figur 27 Vattenanvändning (miljoner m3) i de olika scenarierna.

7.2.2.5 Resursförbrukning av mineraler och metaller

Förutom ökad vattenanvändning från den utökade användningen av vindkraftverk kommer det också att finnas en högre efterfrågan på mineraler och metaller. Figur 28 illustrerar variationen i resursanvändning mellan olika scenarier och belyser denna trend. Vindkraftverk består av betydande mängder stål, koppar, aluminium och sällsynta jordartsmetaller, som är viktiga för komponenter som tornet, generatorn och bladen. I takt med att fler vindkraftverk används för att generera elektricitet ökar efterfrågan på dessa råvaror, vilket leder till ökad utvinning och konsumtion av metaller och mineraler.



Figur 28 Användning av mineraler och metaller som används i de olika scenarierna.

7.2.3 Sammanvägd bedömning

För att få en översiktlig bild av hur scenarierna skiljer sig åt för de olika hållbarhetsaspekter som undersökts har resultatet sammanställts i nedanstående tabell, där referensscenariot BAU sätts till 0 och övriga scenarier jämförs med det, positiv eller negativ effekt (se 2.3.4). Det är viktigt att understryka att det är uppskattningar och inga exakta mått. Det ger dock indikationer på vilka frågor som behöver hanteras extra noga framöver. Alla scenarier innebär ett klimatneutralt energisystem baserat på förnybara energikällor, därför ingår inte de parametrarna i jämförelsen.

Avslutningsvis följer också en sammanfattning av risker, möjligheter, synergier och målkonflikter och där scenarierna relateras till målsättningar.

Tabell 14 Sammanvägd bedömning av de olika scenarierna. BAU = Business-as-usual-scenariot, FHVY=Havsbaserad vindkraft med industrietablering i Ygne, IK= Ingen kabel, IC= Ingen cement.

	Miljöaspekter					Sociala aspekter				
Scenario	Global uppvärmnings-potential (GWP)	Eutrofierings-potential	Mark-använd-ning	Vatten-använd-ning	Resurs-använd-ning, mineral-er och metaller	Jobb-skapande *(kvant.)*	Jobb-skapan-de *(kval.)*	Social accep-tans	Attrak-tions-kraft	Lokala sam-arbeten
BAU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FHVY	+1	-1	+2	+1	-2	+2	+1	0	0	+1
IK	-2	-1	+1	0	0	+2	0	0	0	0
IC	+2	+2	+1	+2	+2	-1	0	0	0	0

Gotlands mål om en nytänkande tillväxtregion med utvecklingskraft kan, i olika grad och på olika sätt, alla scenarier ha förutsättningar att bidra till. Alla scenarier innebär också ett fossilfritt energisystem baserat på förnybara energikällor, och bidrar därför till målen om klimatneutralitet och förnybar energi för Gotland. Dock visar analysen att fossilfritt inte direkt kan översättas med klimatneutralt när ett livscykelperspektiv vävs in.

För basscenariot BAU är markanspråken en tydlig utmaning, som både påverkar miljön negativt och kan få negativa konsekvenser för den lokala acceptansen och platsens attraktivitet både för turismnäring och för boenden. Avgörande för utfallet av det senare är involvering av lokalbefolkning och berörda näringar och att nyttan lokalt blir tydlig. Samtidigt kan en klimatneutral energiförsörjning i sig vara attraktivt för människor att bosätta sig på Gotland. Potential för lokala samarbeten kring de nya etableringarna av framför allt solkraft men även med utbildningsväsendet finns i dessa scenarier.

I scenariot med storskalig utbyggnad av havsbaserad vindkraft, FHVY, så har det en något mer negativ miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv jämfört med basscenariot i fråga om övergödning, men står sig liknande i fråga om resursanvändning och något bättre för global uppvärmningspotential. För miljökvalitetsmålet om minskad övergödning skulle scenariot kunna innebära negativ påverkan. För mark- och vattenanvändning har däremot FHVY en lägre påverkan jämfört med basscenarierna. Framför allt för markanvändningen har scenariot väldigt liten påverkan.

Storskaligheten i FHVY innebär risker för motstånd, låg social acceptans och minskad attraktionskraft, samtidigt som det möjliggör industriell utveckling och

restvärmesamarbeten på Gotland. Förankring och deltagande i processen och att nyttan av etableringarna tillkommer gotlänningarna blir viktigt. Många jobb skapas – men utmaningar kan finnas kopplat till arbetsvillkor, boenden och jämställdhet, vilket behöver aktivt hanteras. Det kan finnas utmaningar med att majoriteten av jobben som skapas är inom traditionellt manliga branscher. Om satsningen bidrar till målen om jämställdhet är i mycket beroende av hur utvecklingen styrs och att jämställdhetsperspektiven finns med i planering och genomförande. Detsamma gäller även målen om goda arbetsvillkor och andra sociala mål, där mycket handlar om hur det görs.

FHVY kräver många nya arbetstillfällen samtidigt, inte bara för själva utbyggnaden utan även för kringliggande välfärd och service samt en tryggad kompetensförsörjning och möjlighet till boende. Det verkar finnas en risk för konkurrens om arbetskraft då storskaliga investeringar i energisystemet också kommer kräva arbetskraft till andra näringar, så som upprustning och utbyggnad av fastighetsbeståndet, infrastruktur, vård, skola och omsorg. Är alla delar av samhället riggat för att klara av och stötta en sådan utveckling?

Det är en stor möjlighet för Gotland att bli ett kunskapsnav kring forskning och innovation om grön energi med god samverkan med Universitetet och övriga utbildningsväsendet och på så sätt också bidra till mål inom utbildning och livslångt lärande. Det finns också en stor potential för nya lokala samarbeten i anslutning till utbyggnaden, men vikten av att möjliggöra småskalighet och att nyttja Gotlands entreprenörskraft blir viktig.

Storskalig havsbaserad vindkraft kan påverka attraktionskraften negativt, både för turismen och för viljan att bosätta sig på Gotland, samtidigt som Gotland som energinav i sig kan ha positiv dragningskraft. Här finns flera synergier och stora möjligheter att utbyggnaden av energisystemet samverkar med Gotlands lokala näringsliv, med utbildningsväsendet och övrig samhällsservice.

I scenariot utan fastlandskabel (IK) finns en negativ påverkan på övergödning och klimatet ur ett livscykelperspektiv och kan därför motverka målsättningar för området.

Scenariot ingen cement (IC) har den minst negativa miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv av alla scenarier. Det minskade elbehovet, ingen havsvind och avsaknad av cementindustri, ger lägst utsläpp. Cementa som cementfabrik producerar koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider främst på grund av de höga

temperaturprocesserna och sammansättningen av råvaror och bränslen som används. Att skära bort cement kan därför minska utsläppen avsevärt, även utan förnybara energikällor. Scenariot skulle innebära stor positiv påverkan på målet om förbättrad grundvattentillgång. Även för klimatmål är scenariot positivt ur ett gotländskt perspektiv. De till synes positiva resultaten framför allt avseende miljöpåverkan för scenariot, ska sättas i kontexten att produktion av cement fortfarande behövs och att miljöpåverkan kan flytta någon annanstans.

Utvecklingen för jobbskapande är i ett första skede negativ, men kan å andra sidan på sikt ersättas av annan industri eller näringar där jobb och nya samarbeten kan skapas. Det kan skapas nya möjligheter i kölvattnet av en sådan förändring. Att restvärmen också försvinner i Slite får följder för dem som samarbetar med Heidelberg. Lokalsamhället kring fabriken påverkas negativt men i ett bredare perspektiv innebär scenariot å andra sidan att riskerna och den sociala oron kring etableringar av havs- eller landbaserad energi inte finns på samma sätt i detta scenario.

8 Nyttjande av restvärme

Utöver att de tekniska förutsättningarna ska finnas på plats för nyttjande av restvärme, krävs även att företag ska hitta former för att samarbeta. Ett eller flera företag som har överskott på värme behöver hitta en samarbetsform tillsammans med ett eller flera företag som har ett värmebehov. I detta kapitel görs en analys av förutsättningar för samarbete kring restvärme på Gotland. Analysen har gjorts i samverkan med aktörer på Gotland, och utgör i sig en process för att underlätta framtida samarbete. Metoden beskrivs i sektion 2.4.

Först görs en sammanställning av resultat från tidigare projekt (kapitel 8.1). Sammanfattningen inkluderar identifierade faktorer som behöver stärkas ytterligare i samspelet för att möjliggöra restvärmesamarbete mellan industrier och värmeanvändare, samt insikter kring effektiva kontrakt. Baserad på resultat från både tidigare projekt och intervjuer med aktörer på Gotland presenteras förutsättningar för restvärmesamarbete (kapitel 8.2) samt risker (kapitel 8.3), sedan sammanfattas detta i termer av genomförbarhet för restvärmesamarbete på Gotland, och förslag på väg framåt föreslås (kapitel 8.4).

8.1 Resultat från tidigare studier

I denna sektion sammanställs resultat från tidigare studier gällande drivkrafter, framgångsfaktorer och hinder för restvärmesamarbete, samt resultat gällande effektiva kontrakt som kan användas för att överbrygga vissa hinder.

8.1.1 Drivkrafter, framgångsfaktorer och hinder

Tidigare studier har identifierat drivkrafter för restvärmesamarbeten inom flera av dimensionerna av genomförbarhet, dvs miljöekologisk, teknisk, ekonomisk, sociokulturell och institutionell (Päivärinne, 2017 [9], Fransson et al, 2023 [10], Oldershaw et al, 2016 [11]). Miljömässiga drivkrafter är att restvärmen kan bidra till lägre klimatpåverkan [9], [10] och effektivt resursutnyttjande som bidrar till att nå strategiska mål inom klimat och miljö [10]. Inom de ekonomiska drivkrafterna återfinns kostnadsbesparingar, t.ex. lägre värmekostnad [10] som kan generera lägre kostnad för slutprodukten eller kunden [9]. Den ekonomiska drivkraften är särskilt stark där energi utgör en majoritet av de rörliga kostnaderna [11]. Inom den sociala dimensionen kan restvärme bidra till ett mer attraktivt samhälle genom de positiva hälsoeffekterna från att minska behov av förbränning (och därmed

luftföroreningar, transporter av bränsle) och alternativa kylanläggningar, som kyltorn. Det kan också finnas, som institutionell/regelverk drivkraft, tvingande krav på att utreda restvärmeutnyttjande för att få verksamhetens tillstånd beviljade [10].

Framgångsfaktorer för restvärmesamarbeten som har identifierats i tidigare studier inkluderar (Päivärinne, 2017 [9], Fransson et al, 2023 [10], Kelly et al, 2002 [69], Moser and Jauschnik, 2023 [70], Päivärinne et al, 2015 [71], Lygnerud et al, 2022 [72]):

- Att initialt fokusera på att skapa förståelse mellan de ingående parterna och bygga en relation [10], [69]. Relationsbyggande lyfts även fram som en nyckelfaktor av [70], samt i [9], [71] i kombination med gemensam problemlösning och informationsöverföring mellan parterna.
- Att sätta upp gemensamma mål för samarbetet [9], [10], [71].
- Att släppa kund-leverantörsperspektivet och se det som ett samarbete där man diskuterar t.ex. priset på värmen i stället för att förhandla [10].
- Inom vissa organisationer kan investeringar som klassas som hållbarhetsinvesteringar ha ett lägre krav på återbetalning än investeringar inom den ordinarie verksamheten. Detta kan förbättra de ekonomiska förutsättningarna för ett restvärmesamarbete [10], [71].
- Det är viktigt att restvärmesamarbetet hjälper respektive part nå sina strategiska mål [71].
- Den part som har störst intresse av att få samarbetet på plats accepterar rollen som den anpassliga parten som driver diskussionen framåt. I [10] antog energibolaget den anpassliga rollen i diskussionen med industriparten.
- Upprätthålla en kontinuerlig dialog, inte bara under etableringsfasen av samarbetet, utan genom hela samarbetets löptid [10]. Detta minskar risken för att förståelsen och relationen minskar över tid.
- Etablera ett samarbete som både parterna vinner på med avseende på kostnader och fördelar [72] och där fördelningen är rättvis och tydlig [71].

Angående potentiella hinder för ett restvärmesamarbete, gjordes 2022 en litteraturöversyn [10]. Hindren finns sammanfattade i Tabell 15, inklusive de nya hinder som identifierades under den studien.

*Tabell 15 Lista över potentiella hinder för ett restvärmesamarbete sammanställt från [10] med tillägg från detta arbete. * markerar nya hinder identifierade i studien.*

Marknadshinder
Andra alternativ är billigare
Tekniska utmaningar
Osäkerheter med ny teknik Brist på tekniskt kunnande Risk att industrin inte alltid levererar värme (underhåll, plötsliga driftstopp) Tillgång och efterfrågan matchar inte (i volym, tid eller temperatur)
Policy och reglering
Styrmedel gynnar andra alternativ Regleringar och lagkrav
Koordination (infrastruktur, samarbete och organisation)
Långa avstånd mellan tillgång och efterfrågan Höga initiala kostnader Brist på finansiering Företagen har andra prioriteringar (inte core business) Risk att industrin lägger ner Risken att industrin lägger om sina processer så att mindre restvärme finns tillgängligt Lågt förtroende mellan parterna Bristande kunskap och förståelse för varandras system, processer, organisation och tradition Krav på en kort återbetalningstid för investeringar Tidskrävande att ta fram kontrakt, inköp med mera Svårt att komma överens om pris Olika syn på värmens kvalitet Svårt att komma överens om kontraktslängd Kunskap om lämpliga affärsmodeller saknas *Lång ledtid för att få samarbetet på plats *Organisatoriska utmaningar vid ny typ av drift

8.1.2 Kritiska faktorer för effektiva kontrakt för restvärmeåtervinning

Ett sätt att överbrygga vissa hinder för restvärmesamarbeten kan vara att konstruera effektiva kontrakt mellan parterna. I Wynn et al, 2022 [73] identifierades sju viktiga faktorer att inkludera i kontrakt för restvärmeåtervinning. Faktorerna identifierades specifikt för lågtempererade restvärmelösningar men lämpar sig generellt för alla restvärmesamarbeten. Ett effektivt kontrakt fördelar ägandeskapet, risken och fördelarna mellan de ingående parterna.

1. Låg mognadsgrad för den tekniska lösningen

I Sverige är den tekniska mognaden för enskilda tekniska komponenter hög men sammansättningen i nya system och lösningar för restvärmeåtervinningen kan utgöra en osäkerhetsfaktor och därmed en risk jämfört med konventionella lösningar. Det finns en osäkerhet när det gäller prestanda och effektivitet hos anläggningarna för restvärmeåtervinning. I ett kontrakt kan den låga mognadsgraden hos installationerna kräva en ökad riskpremie för investeringen. Begränsad erfarenhet och kompetens hos projektörer, installatörer och operatörer för denna typ av lösningar ingår i denna faktor.

2. Inget ramverk på plats för restvärmeåtervinning

När det gäller avtal skapar det faktum att det inte finns någon standardiserad metod för att fördela riskerna och nyttorna mellan restvärmeleverantören och mottagaren ett hinder för samarbetet. Om investeringen kräver mycket tid och pengar för att nå fram till ett effektivt avtal kan ambitionen att genomföra investeringen minska.

3. Värdet av restvärme är subjektivt

För effektiva avtal måste värdet av värmen vara väl definierat. För mottagare av värme kan värdet vara starkt kopplat till temperatur och säsong vilket behöver regleras i kontraktet.

4. Lång återbetalningstid

Återbetalningstiden för ett restvärmesamarbete kan vara lång beroende på värmens temperatur, volym och behovet av initiala investeringar. Tillräckligt långvariga kontrakt är därmed en förutsättning för att det ska vara effektivt. Under långa tidsperioder kan många oväntade saker hända som påverkar investeringen i återvinning av restvärme. Kontraktet bör därför innehålla en omförhandlingsklausul för att minska investeringsrisken.

5. Begränsad förståelse om partners verksamhet

Det är viktigt att alla parter förstår varandras verksamhet och processer för att kunna ta hänsyn till faktorer som årliga underhållsperioder, tidsperioder med lägre/högre aktivitet etc. De ingående parterna kan komma från fundamentalt olika organisationer där en eller flera inte har energi som kärnverksamhet.

6. Skapa incitament för alla parter

Kontraktet bör utformas så att samtliga ingående parter har ett tydligt incitament att ingå och upprätthålla restvärmesamarbetet. Tydlighet i kontraktet gällande ägandeskap, underhåll, pris, övervakning etc. bidrar till ett effektivt kontrakt.

7. Nedläggning av restvärmekälla

Det finns alltid en risk att restvärmeleverantören lägger ner sin verksamhet eller lägger om sina processer som genererar restvärmen. En risk som behöver uppmärksammas i kontraktet. Risken kan vara olika stor beroende på hur stor volym av sin totala värme som mottagaren får från den enskilda leverantören.

8.2 Intervjuer om förutsättningar för restvärmesamarbeten

Som beskrivs i metodkapitlet 2.4 har vi intervjuat aktörer om förutsättningar för samverkan. En sammanställning över de totalt åtta intervjuade aktörerna återfinns i kapitel 2.4.1. De förutsättningsaspekter vi frågar om tar utgångspunkt i resultat från tidigare studier som beskrivs ovan och inspel på de workshops som arrangerats under projektet. I det följande presenteras resultaten av intervjuerna utgående från tematiska rubriker som respondenterna gav särskild relevans.

8.2.1 Drivkrafter och målsättningar

Respondenterna anger framför allt två primära drivkrafter för att gå in i restvärmesamarbeten: Affärsmässiga och miljömässiga.

Affärsmässiga och ekonomiska drivkrafter handlar om att stärka oberoendet och kunna styra sina egna kostnader i högre andel eller stärka sitt business-case ytterligare genom att intäkterna ökar. Det varierar mellan respondenterna hur viktigt restvärmesamarbete uppfattas vara för det egna företaget, från centralt för företagets utveckling till mer av en bonus om förutsättningarna är gynnsamma.

Miljöaspekter, och främst relaterat till minskade klimatutsläpp och ett mer effektivt resursutnyttjande, exemplifieras i att restvärmesamarbete ses som en del som tillsammans med andra insatser bidrar till hållbarhetsmålen. Restvärmesamarbete anses rimma väl med flera av företagens klimat- och hållbarhetsmål. Alla

intervjuade aktörer har, mer eller mindre preciserade, mål om att bli fossilfria själva och/eller vara en del av lösningen för att uppnå ett fossilfritt energisystem genom sina tekniska lösningar.

De större aktörerna har minskningsmål för den egna verksamheten, som preciseras på olika nivåer av verksamheten. Det handlar om att ”gotlänningar och företag kan transportera, producera och leva fossilfritt på vår ö” (GEAB), ”klimatneutralt till 2040” (Gotlandshem), en ”färdplan bortom netto-noll” (Heidelberg) och att ”öka den förnybara energiproduktionen och minska utsläpp i linje med 1,5 graders-målet” (OX2). De unga och mindre bolagen med innovativa lösningar präglas av hållbarhetsvision snarare än konkreta mål och delmål. De vill vara en del av lösningen för att uppnå grön omställning och fossilfrihet. De vill ”utveckla lösningar för återvinning och cirkulering” (Maston), erbjuda teknik för att fasa ut det fossila och ”lösningar för klimatet” (Phoenix), kapa kundernas utsläpp och ”möjliggöra nollutsläpp” (Vireon) och att undvika GHG-emissioner och ”se avfallsströmmar som möjligheter” (WA3RM).

Hos flera av företagen är också social hållbarhet, såsom jobbskapande och jämställdhet, viktiga frågor. Sociala aspekter nämns inte i samma utsträckning som drivkraft för restvärmesamarbeten, men några aktörer antyder att det finns drivkrafter i att värmen kommer samhället till dels på ett tydligt sätt.

8.2.2 Aktuella diskussioner om restvärmesamarbete

Fyra av de intervjuade företagen har erfarenhet av restvärmesamarbeten, direkt eller indirekt. GEAB får värme av Heidelberg Materials i Slite sedan flera decennier. GotlandsHem får restvärme genom fjärrvärmenätet i Slite. Heidelberg skickar även restvärme för att driva en kylmaskin i Slites ishall och till Slite. VA3RM har ännu ingen verksamhet på Gotland men genom sin etablering i Frövi i Region Örebro har de erfarenhet av samarbete om restvärme med Billeruds pappersbruk.

Företagen nämner dessutom samarbeten kring cirkulära flöden som finns redan idag. Några exempel är att fasta trädbränslen är restprodukter från skogsbruket, tillverkning av HVO baserat på restflöden, flygaska som används i industriprocesser eller bottenaska som sprids till åkermark som näringsåterföring.

Bland de som inte har aktiva samarbeten finns intresse och positiv inställning till framtida möjligheter. Några diskussioner har inletts. Exempelvis har Vireon pratat med Roma grus och Sockerbruket och tidigare har GEAB haft samtal med datacenter m fl. För övriga har inte diskussioner inletts utan möjliga samarbeten är på idéstadiet.

8.2.3 Ekonomiska förutsättningar – lönsamhet viktig, men inte allt

Samtliga respondenter uppger att en investering i restvärmesamarbete, precis som andra investeringar, ska ha ekonomisk bäring. För alla aktörer förutom GEAB är värme inte kärnverksamhet. Man ser gärna att restvärmen bidrar till lönsamhet, men framför allt ska den inte påverka förutsättningarna för huvudverksamheten för mycket. Vireon och Maston anger att nyttjande av restvärme kan vara ett sätt att stärka affärsmöjligheten för deras tekniker. Flera anger även att de specifika avkastningskraven varierar från fall till fall. Heidelberg uppger att det främsta kravet för alla deras investeringar är de leder till bättre klimatavtryck eller mindre miljöpåverkan. Avkastningskrav kan bero på vad grunden till en investering är, t ex om det är lagkrav.

Gällande typ av affärsupplägg som företagen föredrar, pekar de som har överskott av värme på att de föredrar att den operativa delen sköts av mottagande part. Exempelvis Phoenix Biopower uppger att de har mycket att göra operationellt i dagsläget och inte vill att ett nytt samarbete ska påverka organisationens övriga uppgifter. Maston anger att de kan ta investeringen själv men skulle föredra att samäga anslutningen med GEAB, även om de är öppna även för andra förslag. GEAB anger att det varierar från fall till fall hur investering, ägarskap och vinst skulle fördelas. WA3RM anger att de äger infrastrukturen i den befintliga anläggningen i Frövi, men att de är öppna för andra upplägg också. Denna flexibla inställning delas av flera av respondenterna. Exempelvis OX2 uppger att affärsupplägget ligger inom varje projekt att utreda och att det beror på vilken partner de samarbetar med. GotlandsHem lyfter att även om de har intern kapacitet att äga och hantera infrastruktur, så föredrar de att köpa fjärrvärme på grund av enkelheten.

8.2.4 Attraktivitet och acceptans – naturmiljön är prioriterad på Gotland

Respondenterna fick frågan om och hur deras verksamhet generellt, och restvärmesamarbete specifikt, kan bidra till Gotlands mål om ökad attraktivitet för att fler ska bli åretruntboende. De fick även reflektera över acceptans för industrietableringar och om restvärmesamarbete påverka acceptansen.

Det främsta sätt som respondenterna tror att nya verksamheter och utbyggnad av gamla verksamheter kan bidra till Gotlands attraktivitet är genom skapandet av nya arbetstillfällen. Det handlar både om arbete för okvalificerad arbetskraft och högkvalificerad. Exempelvis behövs mycket okvalificerad arbetskraft om VA3RM anlägger växthus och fiskodling, och Heidelbergs utbyggnad av CCS vid cementproduktionen beräknas bidra med ca 100 nya arbetstillfällen, varav hälften är högkvalificerade. Heidelberg understryker även att när de bygger ut sin verksamhet skapar det även arbete åt underentreprenörer på ön. Phoenix Biopower uppskattar att 30–50 heltidstjänster skapas per anläggning, plus indirekta arbetstillfällen om ytterligare 50-100%. OX2 säger att så stora vindkraftparker som de planerar kommer behöva kontinuerlig service, hamnverksamhet, shipping och servicepersonal. Särskilt under den långa byggfasen kommer arbetskraft behövas. Även deras planer på Power-2-X och vätgasproduktion kommer att skapa arbetstillfällen.

Vireon nämner även att det kan vara positivt att nya verksamheter bidrar till ett mer varierat arbetsliv med nya jobbmöjligheter. Även GEAB lyfter att de med energifrågor som är väldigt aktuellt och kan gå före i hållbarhetsarbete och energiomställningen. Genom att ha spännande projekt igång bidrar de till Gotlands attraktionskraft. Beroende på flödet av restvärme (intermittent eller jämnt flöde) kan det krävas olika smarta lösningar för att distribuera, vilket kräver kompetensförstärkning. I workshopen som genomfördes i WP5 definieras attraktionskraft som ”Gotlands förmåga att locka till sig och behålla nya invånare” (se Tabell 26 i Bilaga 4).

Både OX2, Maston och Phoenix Biopower nämnde mer stabil elförsörjning och högre självförsörjningsgrad gällande el som positivt för Gotlands attraktivitet. Ett stabilare nät och bättre elförsörjning över lag kommer att öppna upp möjligheter för etableringar på Gotland.

Vireon menar att en etablering av deras verksamhet kan bidra till Gotlands klimat och miljöambitioner så att Gotland som föregångsregion stärks.

När det gäller acceptans för stora industrier, nya som gamla, svarar de flesta respondenterna att restvärmesamarbete har liten påverkan i jämförelse med andra värden. Framför allt bedöms det viktigaste vara att bevara naturmiljön. Även om det är positivt med restvärmesamarbete har det liten påverkan. Phoenix Biopower nämner att marginalkostnaden för restvärme är mycket låg, ner mot noll, och kan därmed bidra till lägre uppvärmningskostnader för boende och verksamma på ön.

8.2.5 Drömscenariot – pålitlig leverantör och flexibel mottagare

Respondenterna fick svara på frågan om hur deras drömscenario för ett restvärmesamarbete ser ut. Generellt sett svarar de aktörer som vill använda restvärme att de önskar samarbeta med en långsiktigt stabil motpart, som har mer restvärme på vintern än sommaren, och vid en hög temperatur. De aktörer som har överskott på restvärme svarar å sin sida att de önskar en flexibel mottagare av värme, som klarar av tillfälliga stopp i leveransen och lägre temperaturer. Här finns alltså en diskrepans som pekar på ett antal frågor som behöver klaras ut för framtida samarbeten.

Utöver de generella aspekter som nämns ovan, lyfter GEAB att de helst önskar samarbeta med en aktör som bidrar med något positivt till Gotland. Verksamheten bör vara fossilfri och helst helt förbränningsfri. Motparten bör även ha en stabil verksamhet med en långsiktig marknad för att man ska vilja satsa på ett samarbete. Även WA3RM pekar på vikten av långsiktig stabilitet och att kontrakt bör sträcka sig 20 år fram i tiden. De önskar även att restvärmen är ”äkta spill” för att de ska kunna betrakta den som hållbar. WA3RM önskar i drömscenariot även ha tillgång till högre temperatur på restvärmen eftersom det öppnar upp fler möjligheter för vad värmen kan användas till.

GotlandsHem menar att för att få ett väl fungerande samarbete måste motparten vara ett väl fungerande företag. De lyfter även vikten av att ha ett bra avtal, med möjlighet att lämna samarbetet om motparten inte uppfyller sina åtaganden. Det är även viktigt att ansvarsfördelningen tydligt regleras i avtal. Precis som GEAB föredrar GotlandsHem ett samarbete med en hållbar industri som gynnar Gotland och att restvärmen då bidrar till den cirkulära lösningen. Rent praktiskt är det att föredra att restvärmen går in på ett fjärrvärmenät som deras fastigheter är kopplade på, även om de också är öppna för direkt samarbete med en part som har restvärme.

Bland aktörer som kan tillhandahålla restvärme lyfts vikten av deras kärnverksamhet inte ska påverkas av värmeleveranser. Värmeleveranser ses som en bisyssla som gärna får göra nytta lokalt och bidra till ökad resurseffektivitet, men inte störa kärnverksamheten. De säger att de gärna vill hitta en avsättning för restvärmen för att därigenom uppnå högre verkningsgrad. OX2 påpekar att direktavsättning för restvärmen är bättre än att behöva använda värmepump.

Som en lösning på problemet med eventuellt instabil värmeleverans nämner Heidelberg möjligheten att ha värmelager.

8.2.6 Temperaturfrågan – växande tillgång på 60°C

Flertalet aktörer som kan få värme över från sin verksamhet har max 60–70°C. Detta kan inte användas direkt i GEAB:s fjärrvärmenät i dagsläget, utan skulle för att kunna användas behöva kompletteras med värmepump för att erhålla en högre temperatur. Detta är dock elkrävande. Från modelleringsresultaten (sektion 6.2.2) ses att det i vissa framtidsscenarier finns ett underskott av el, vilket gör det dyrt att använda värmepumpar. Då blir det svårt att tillgodogöra sig värmen i dagens högtempererade fjärrvärmenät. Andra scenarier innebär tvärtom att det finns överskott på el, vilket gör det billigt att använda värmepumpar.

Även Heidelberg som idag levererar högtempererad värme till fjärrvärmenätet kommer i framtiden ha lägre temperatur tillgänglig. Planen är att från år 2029 börja fånga in CO_2 från cementproduktionen. För att göra detta på ett energieffektivt sätt kommer den högtempererade värmen användas, och restvärmen kommer maximalt vara 60°C.

Möjligheten att använda värme av lägre temperatur är god på Gotland, redan idag men eventuellt ännu mer i framtiden. Företag som VA3RM som bygger sina affärsmöjligheter på restvärmetillgång har därför goda förutsättningar att etablera verksamhet.

8.2.7 Ö-perspektivet – främjar samarbete

Några av respondenterna har pekat på aspekter som är specifika för Gotland som ö. Det rör sig dels om att leveranser av bränslen och el från fastlandet har begränsad tillförlighet eller kapacitet. GEAB exemplifierar med att de behöver ha ett större bränslelager som backup när en stor del av värmen kommer från restvärme, ifall vädret begränsar fartygens framkomlighet i ett läge då restvärmen

fallerar. Detta skulle innebära att en ny inköpsstrategi behövs om mer restvärme ska kopplas in. De behöver till exempel se över vad de behöver för back-up-pannor.

Phoenix Biopower lyfter att frågan med stabil elförsörjning är särskilt utmanande på Gotland eftersom det är en ö. De ser att deras tekniska lösning skulle göra särskild nytta för Gotlands elnät på grund av detta.

Heidelberg lyfter att samarbetsklimatet på Gotland påverkas av att det är en ö. Det blir ett starkare ömsesidigt beroende mellan företagen på ön vilket kan främja utvecklingen av samarbeten. Exempelvis är Heidelberg beroende av elleverans från GEAB medan GEAB är beroende av Heidelberg som restvärmeleverantör till fjärrvärmenätet.

8.3 Riskanalys och riskmatris

I tidigare projekt har risker med att investera i restvärme för både nya och tilltänkta samarbeten identifierats. Det finns kända tekniska samt organisatoriska risker med restvärmesamarbeten. Resultat från dessa projekt samt litteratur presenteras under rubrik 8.3.1. En ny riskfaktor för investeringar i fjärrvärmesektorn är EU taxonomin vilken påverkar hur medel kan investeras framöver. Utöver krav på att uppfylla DNSH-kriterier (Do No Significant Harm) finns flera aspekter som ej är klargjorda för sektorer relevanta för restvärme såsom fjärrvärmesektorn. T.ex. ställs krav på att verksamhet skall vara ”effektiv”, utan att definiera begreppet. Byggnader skall uppvärmas enligt klass A, utan förtydligande av vad det innebär för uppvärmningssystemet, och biobränsle kan komma att ses som en övergångsteknik snarare än en hållbar långsiktig investering. EU-taxonomins relaterade risker presenteras under rubrik 8.3.2. Den resulterande riskanalysen och riskmatris presenteras under rubrik 8.3.3.

8.3.1 Risker för restvärmesamarbete

Klugman et al. ,2021 [74] och Lygnerud et al., 2022 [75] utvärderade, med hjälp av en riskmatris, affärsrisken för industriell värme- och kylaåtervinning, och fann att riskerna varierar mellan europeiska länder, industrisektorer och med val av teknik. Den största delen av riskerna kan dock minskas med väl utformade kontrakt och genomtänkta partnerarrangemang, dvs med att underlätta för de inblandade parterna att lära sig om varandras processer. Risken för industriell nedläggning, som uppfattats som stor i tidigare studier med svensk erfarenhet [76], har

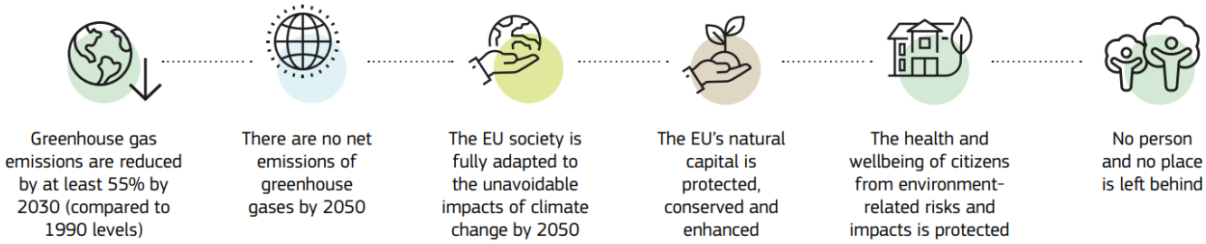
identifierats som en risk med allvarliga konsekvenser men mycket låg sannolikhet. Andra risker som har identifierats ha de högsta riskpoängen (sannolikhet gånger konsekvens) i de härledda riskvärmekartorna är:

- **Bristen på regelverk eller osäkerhet i regelverket** för återvinning av restvärme. Som ett resultat finns det ingen standardisering för hur värmen ska återvinnas. För vissa länder är inte tillståndsprocesser etablerade för processer för återvinning av restvärme.
- **Bristen på tekniskt kunnande** får höga riskpoäng i de länder som historiskt saknar fjärrvärme och fjärrkyla. Det finns en risk att den kompetens som behövs inte finns eller att konstruktioner görs på ett ineffektivt sätt.
- För många anses processen att **komma överens om prissättning** innebära en hög risk: detta är ofta ett resultat av att de två parterna inte vet hur den andra partens processer fungerar (t.ex. att restvärme på sommaren är inte särskilt mycket värt för en fjärrvärmeleverantör).
- **Endast en huvudvärmekälla** får också höga riskpoäng; helt enkelt för att ett starkt beroende skapas där intressenterna är beroende av en resurs utanför dess egen kontroll. Från att vara självständig införs ett beroende av en extern del.
- I Sverige har **användning av värmepump** för exploatering av industriell överskottsvärme visat sig öka risken för att samarbetet avslutas i förtid. Användningen av absorptionskylare kan vara analog i den meningen att den ökar systemets komplexitet och ökar efterfrågan på el.

Betydelsen av vissa risker minskar med tiden. **Risken för industriell nedläggning** upplevs till exempel vara lägre när relationen väl är etablerad och i gång. **En stor volym värmeåtervinning** ses också som en mer riskfylld investering innan den genomförs medan de stora volymerna efter genomförandet istället har en stabiliserande effekt. Andra risker blir dock ibland mer uttalade efter investering, som **upplevda skillnader i värdet på restvärmen** då priset ska omförhandlas.

8.3.2 Risker relaterad till EU-taxonomi

EUs taxonomi syftar till att hjälpa till att skala upp investeringar i projekt och aktiviteter som är nödvändiga för att nå målen för den europeiska Gröna given [77] – dvs planen för att göra EU:s ekonomi miljömässigt hållbar, i enlighet med principer och mål som illustreras i Figur 29.



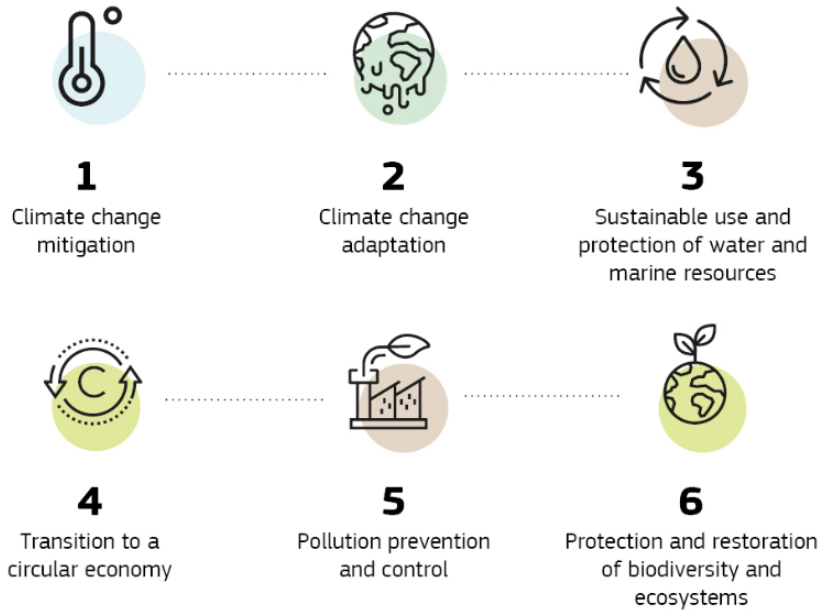
Figur 29 EU-taxonomins principer och mål. Källa: https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/

För detta behöver vi pålitliga verktyg för att stödja företag i deras omställning mot en hållbar ekonomi och klimatneutralitet. EU-taxonomin är ett verktyg för att hjälpa investerare att identifiera miljömässigt hållbara ekonomiska aktiviteter, främja en övergång till en koldioxidfri framtid och vägleda finansiering mot lösningar för att motverka klimatkrisen och förhindra ytterligare miljöförstöring:

- Den skapar en referensram för investerare och företag;
- Den stöder företag i deras ansträngningar att planera och finansiera sin omställning;
- Den skyddar mot ”greenwashing”;
- Den hjälper till att påskynda finansieringen av de projekt som redan är hållbara och de som behövs i omställningen.

Taxonomiförordningen publicerades i Europeiska unionens officiella tidning den 22 juni 2020 och trädde i kraft den 12 juli 2020. Artikel 9 i taxonomiförordningen anger sex klimat- och miljömål. Taxonomiförordningen anger också fyra övergripande villkor som en ekonomisk verksamhet måste uppfylla för att kvalificeras som miljömässigt hållbar:

- Att ge ett väsentligt bidrag till minst ett miljömål;
- Att inte göra någon betydande skada (DNSH) för något av de andra fem miljömålen;
- Överensstämmelse med minimisäkerhetsgarantier; och,
- Att uppfylla de tekniska screeningskriterierna som anges i de delegerade akterna för taxonomin.



Figur 30 Klimat- och miljömål som anges i Artikel 9 i taxonomiförordningen.

Företag som faller under tillämpningsområdet för Corporate Sustainability Reporting (CSRD) måste i sina årsredovisningar rapportera i vilken utsträckning deras verksamhet omfattas av EU-taxonomin (Taxonomy-eligibility) och uppfylla kriterierna i de delegerade akterna för taxonomi (taxonomi-anpassning). Andra företag som inte omfattas av CSRD kan besluta att lämna ut denna information på frivillig basis för att få tillgång till hållbar finansiering eller av andra affärsrelaterade skäl.

Rapporteringsskyldigheterna och tidslinjerna för företag anges i den delegerade lagen om offentliggörande som kompletterar artikel 8 i taxonomiförordningen. Den delegerade lagen om offentliggörande anger innehåll, metodik och presentation av information som ska lämnas av finansiella och icke-finansiella företag om andelen miljömässigt hållbar ekonomisk verksamhet i deras verksamhet, investeringar eller utlåningsverksamhet.

Risker relaterade till EU-taxonomin handlar dels om de osäkerheter och otydligheter som fortfarande finns i uttolkningen, och dels om risken att inte uppfylla kraven och därmed inte få tillgång till finansiering. Krav som eventuellt inte alltid lyckas uppfyllas när det gäller restvärmesamarbeten, kan vara följande:

- Företag faller ej under tillämpningsområdet för Corporate Sustainability Reporting (CSRD) och vill ej volontärt följa denna rapportering.

- Värmesamarbetet ger inte ett väsentligt bidrag till minst ett miljömål.
- Samarbetet gör betydande skada (DNSH) för något av de andra fem miljömålen.
- Samarbetet överensstämmer ej med minimisäkerhetsgarantier.
- De tekniska screeningskriterierna som anges i de delegerade akterna för taxonomi uppfylls ej.
- Den ekonomiska aktiviteten är ej associerad med NACE kod D35.30.

8.3.3 Analys genom riskmatris

Alla risker som undersökts, fördelat i tre kategorier som presenterats under kapitel 2.4.2, listas i Tabell 16 **Error! Reference source not found.**. Tabellen visar också de genomsnittliga värderingar av alla svar från enkät och workshop (se metod i kapitel 2.4.2), som presenteras i Tabell 27 respektive Tabell 28 i Bilaga 5 Riskmatris.

Tabell 16 Värdering av risker (i) identifierade i tidigare projekt, ii) identifierade i intervjuer från kapitel 9.2, iii) från implementering av EU taxonomin. Riskvärdet är sannolikhet gånger konsekvens.

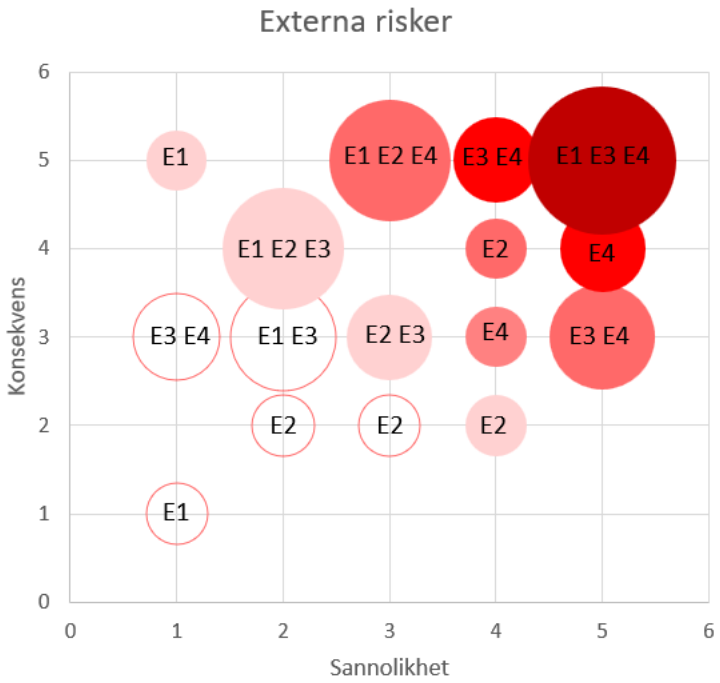
Externa riskfaktorer, utanför samarbetet	Sannolikhet (1-5)	Konsekvens (1-5)	TOT Riskvärde
E1. Kommunalt stöd saknas eller är osäkert (påverkar planprocess)	2,5	4,2	10,4
E2. Brist på tekniskt kunnande	3,0	3,8	11,5
E3. Otydliga regler/regelverk	3,7	3,9	14,4
E4. Tidslinjen blir förlängd	4,5	4,2	19,0
Riskfaktorer relaterade till EUs taxonomi	**Sannolikhet (1-5)**	**Konsekvens (1-5)**	**TOT Riskvärde**
T1. Företag faller ej under tillämpningsområdet för Corporate Sustainability Reporting (CSRD) och vill ej volontärt följa rapporteringskyldigheterna	2,5	2,8	7,1
T2. Värmesamarbetet ger inte ett väsentligt bidrag till minst ett miljömål	2,2	1,8	4,0
T3. Samarbetet gör betydande skada (DNSH) för något av de andra fem miljömålen	1,7	2,5	4,2
T4. Samarbetet överensstämmer ej med minimisäkerhetsgarantier	2,0	2,3	4,5
T5. De tekniska screeningskriterierna som anges i de delegerade akterna för taxonomi uppfylls ej	1,5	1,5	2,3
T6. Den ekonomiska aktiviteten är ej associerad med NACE kod D35.30	1,3	1,5	1,9
Interna riskfaktorer, inom samarbetet	**Sannolikhet (1-5)**	**Konsekvens (1-5)**	**TOT Riskvärde**
I1. Uppdaterade industriella processer som tar bort den restvärmegenererande processen	3,2	3,8	12,1
I2. Tekniska problem med värmepump	1,8	2,0	3,5
I3. Intern användning av värmen istället för att sälja den	1,5	2,8	4,1
I4. Små värmevolymer	1,8	2,5	4,4
I5. Den industriella verksamheten (kärnverksamheten) upphör	1,8	3,0	5,3
I6. Värmemottagaren investerar i andra lösningar	2,8	4,3	11,7
I7. Svårt att komma överens om pris	1,8	2,0	3,5
I8. Oförutsägbar värmetillförsel	2,0	1,8	3,5
I9. Energi är inte en kärnverksamhet	2,7	2,7	7,1
I10. Restvärme är den enda eller huvudsakliga källan till värme	3	2,25	6,8
I11. Ökade kostnader för bränsleberedskap (för att ha beredskap för utebliven leverans av restvärme)	1,5	1,8	2,6
I12. Samarbetsparterna har stor skillnad i organisationens storlek.	2,0	2,3	4,5
I13. Värmen kommer från verksamhet med obeprövad teknik (ökad risk för avbrott)	2,3	2,8	6,2

I14. Samarbetsparterna har olika kärnvärden.	2,8	3,0	8,5
I15. Skada uppstår, exempelvis på miljö	1,5	3,0	4,5
I16. Negativt anseende, pga att andra intressen störs (t ex rekreation)	1,9	2,6	5,0
I17. Samarbetspart har skakig ekonomi eller ägarstruktur	2,5	3,3	8,3

De mest relevanta externa riskfaktorer som identifierats har ett genomsnittligt *medelhögt* (13,8) totalt riskvärde, som bygger på *medelstor* (3,4) sannolikhet och *stor* (4,0) konsekvens. Interna riskfaktorer har värderats som *små* med ett genomsnittligt totalt riskvärde 6,0, som bygger på *liten* sannolikhet (2,2) och konsekvens (2,7). Till sist har *inga speciella* risker identifierats relaterade till EU-taxonomi, med ett genomsnittligt totalt riskvärde (4,0) som bygger på *liten* sannolikhet (1,8) och *liten* konsekvens (2,1). Nedan beskrivs mer i detalj hur de olika intervjuade har värderat olika risker, inklusive exempel från diskussion som presenteras i Tabell 29 i Bilaga 5 Riskmatris.

8.3.3.1 Externa riskfaktorer

Externa risker har värderats med ett genomsnittligt medelhögt (13,8) totalt riskvärde. Variation mellan intervjuade, dvs alla svar som presenteras i Tabell 27 respektive Tabell 28 i Bilaga 5, illustreras i Figur 31 som resulterande riskmatris, efter ökande riskfrekvens för händelser och ökande svårighetsgrad av konsekvens.



Figur 31 Spridning av bedömning av externa risker, efter ökande sannolikhet för händelser och ökande svårighetsgrad av konsekvens. Storleken på bubblorna motsvarar antalet svar. Riskerna är inskrivna i bubblorna med numreringen av risker (E1-E4) som beskrivs i Tabell 16.

Fyra risker inkluderats bland externa risker och listas i Tabell 16. Under workshopens diskussioner preciserades vad riskernas orsaker, vilka konsekvenser de kan få, samt hur de kan hanteras. I det följande presenteras resultatet från dessa diskussioner.

- **Kommunalt stöd saknas eller är osäkert (E1)**. Risken orsakas av flera faktorer. Bristen på tydligt kommunalt stöd är en avgörande orsak, då detta påverkar planprocessen och andra viktiga delar av projekten. På Gotland finns det ofta motstridiga intressen som försvårar enighet kring projektens genomförande. Dessutom kan flaskhalsar uppstå i kommunens bemanning, särskilt om många projekt ska hanteras samtidigt. Detta leder till att resurser inte räcker till. En annan betydande faktor är de begränsade möjligheterna till nybyggnation. Visby har exempelvis svårt att expandera på grund av begränsad mark, och liknande utmaningar finns i Klintehamn och Slite. De nämnda orsakerna leder till en rad *konsekvenser*. Förseningar är en av de mest framträdande, då långsamma planprocesser och resursbrist fördröjer byggprojekt. Dessa förseningar medför också ökade kostnader och riskerar att störa tidsplanerna, vilket kan försvåra både genomförandet och slutförandet av projekten. Vidare begränsar svårigheterna att hitta

lämplig markutvecklingen av ny infrastruktur och bostäder, särskilt i områden där behovet är som störst. *Lösningar* för att hantera dessa utmaningar inkluderar flera insatser. Kommunen kan stödja fjärrvärme på ett mer planmässigt sätt och förorda dess användning vid nybyggnationer, vilket skapar en stabil grund för framtida projekt. Att införa ett lagkrav om att bygglov ska behandlas inom tio veckor skulle kunna minska förseningarna och ge tydligare tidsramar. Dessutom är det viktigt att förbättra förberedelser och planering. Med god framförhållning kan resurser fördelas effektivt och riskerna för flaskhalsar och förseningar minimeras.

- **Brist på tekniskt kunnande (E2)**. *Risken orsakas av* flera faktorer. För det första når inte signalerna om kompetensbehoven fram till utbildningsväsendet, vilket leder till bristande anpassning. Både företagen och offentliga aktörer visar ofta på otillräcklig planering. Särskilt mindre bolag lever "här och nu" utan att identifiera sina framtida behov i tid, vilket resulterar i utebliven planering och kompetensutveckling av personal. Budgeteringsfel är också en betydande faktor, liksom bristen på balans mellan kompetenser som behövs under installation och drift – där fokus ofta ligger för mycket på den första fasen. Delvis ny teknik i hela systemet medför också risker, då det saknas förståelse för processen från produktion till slutanvändning. Dessutom kan det uppstå missmatch i leveranskedjan, där potentiella leverantörer ibland inte inser de möjligheter som finns. Dessa brister kan ha som *konsekvenser* att hela utbyggnaden stoppas, och processerna blir både kostsamma och fördröjda. Långsiktig framgång hotas när satsningar fallerar över tid på grund av bristande planering för drift och underhåll. Bristen på kompetens och personal för storskaliga utbyggnader innebär också att projekt kan bli omöjliga att genomföra. På systemnivå förhindras samarbeten som skulle kunna ta tillvara restvärme, vilket resulterar i slöseri och miljömässiga konsekvenser. Samarbeten uteblir, varumärkets rykte påverkas negativt, och viktiga synergier går förlorade. För att hantera riskerna krävs ett antal *åtgärder*. Det behövs bättre överhörning och dialog mellan olika ansvarsområden och sakområden inom regionen. Investeringar och planering måste prioriteras, och en scenariomodell kan hjälpa till att beräkna behovet av olika typer av kompetenser. Projektsamarbeten och löpande dialoger är avgörande för att förbättra förståelsen och samarbetet mellan aktörer. Vidare kan utbildningar, särskilt snabbfotade alternativ som

yrkeshögskoleutbildningar, bidra till att fylla kompetensluckor på kort sikt. Med dessa insatser kan riskerna reduceras och långsiktiga mål säkras.

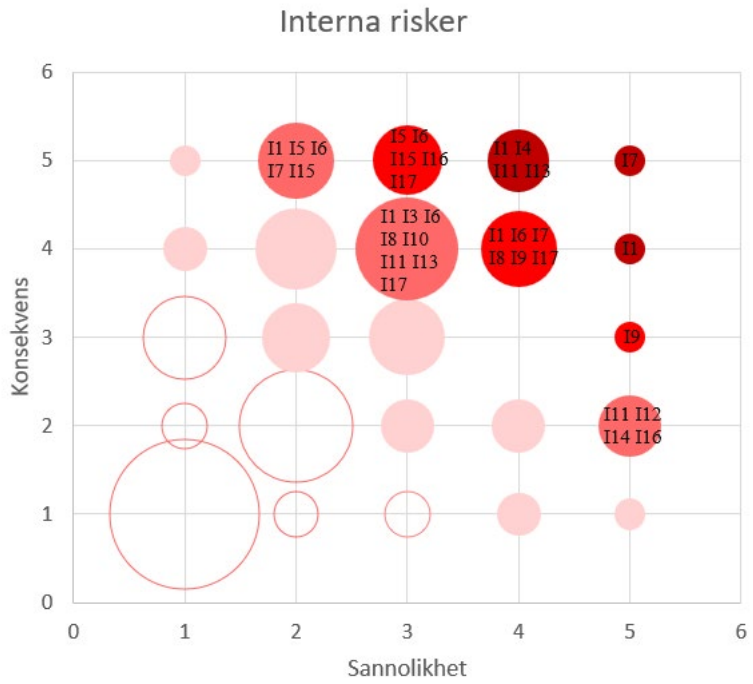
- **Otydliga regler/regelverk (E3)**. *Risken orsakas av* att generella regler är svåra att tillämpa i verksamheterna, vilket skapar en komplexitet som försvårar både efterlevnad och effektivitet. Många olika aktörer är ofta inblandade i samarbeten, vilket ytterligare komplicerar situationen. Guider och riktlinjer kommer från respektive instans, vilket innebär att aktörer måste navigera mellan flera olika källor. Privata aktörer har inte samma försörjningsansvar som offentliga aktörer, vilket skapar skillnader i ansvarsfördelning och regeluppfyllnad. Många unika fall förekommer, och det saknas ett regelverk som täcker alla typer av samarbeten. Denna komplexitet leder till flera negativa *konsekvenser*. För det första resulterar det i höga kostnader och investeringar som kan vara svåra att bära, särskilt för mindre aktörer. Miljöfusk blir också en risk, vilket leder till konkurrens på olika villkor och skadar både rättvisa och hållbarhet. Samarbeten präglas ofta av osäkerheter, eftersom det tar lång tid att arbeta fram väl genomarbetade avtal. Även om sådana avtal ger större trygghet, blir processen långsam och osäker, med frågor som "har vi missat något?" som ofta uppstår. Osäkerhet kring vad som är tillåtet, exempelvis när det gäller skatter, förvärrar situationen ytterligare och kan skapa flaskhalsar i samarbetet. För att minska dessa risker kan flera *åtgärder* vidtas. Det är viktigt att tillgängliggöra stöd och verktyg som gör det enklare att navigera genom ansökningsprocesser, fylla i dokument och förstå kraven. En förenklad process skulle spara tid och minska osäkerheter. Dessutom skulle en bättre samordning mellan producenter och köpare, exempelvis genom att införa en funktion som fungerar som "mäklare," kunna underlätta samarbeten och bidra till tydligare ansvarsfördelning.

- **Tidslinjen blir förlängd (E4)** (pga tillståndsprocesser, rättigheter att utnyttja marken etc). *Risken uppstår på grund* av flera faktorer som förlänger och komplicerar tillståndsprocesserna. Detta gäller särskilt projekt som havsbaserade vindkraftverk, nya industrier och dragning av ledningar. En central utmaning är att komma överens om ersättning för mark, vilket ofta överlappar med andra konflikter, exempelvis de som rör markägares motstånd. Markägare kan motsätta sig ledningsdragning av olika skäl, som att det påverkar utsikten eller försvårar jordbruk/odling, exempelvis genom hinder för att köra traktor runt stolpar. Dessa faktorer tillsammans gör processen utdragen och konfliktfylld. *Konsekvenser* skulle kunna bli att

projekt inte blir av eller att initiativ överges. Detta innebär i sin tur förlorade möjligheter till utveckling och (energi)effektivisering. För de projekt som ändå genomförs kan kostnaderna bli betydligt högre än planerat, vilket påverkar både lönsamheten och tidsramarna negativt. *Åtgärder* för att minska risker inkluderar att ledningar förläggas parallellt med befintlig infrastruktur, vilket både minskar påverkan på omgivningen och förenklar tillståndsprocesserna. Det är också viktigt att hålla sig utanför gränserna för områden med kulturhistoriskt värdefulla byggnader, för att undvika ytterligare konflikter och hinder. Genom att noggrant planera och placera infrastruktur med hänsyn till både praktiska och kulturella aspekter kan processerna bli smidigare och mindre konfliktfyllda.

8.3.3.2 Interna riskfaktorer

Interna riskfaktorer, inom samarbetet med ett genomsnitt total riskvärde 6,0, som bygger på sannolikhet 2,2 och konsekvens 2,7. Variation mellan intervjuade illustreras i Figur 32 som resulterande riskmatris för interna risker, efter ökande frekvens av händelser och ökande svårighetsgrad av konsekvens.



Figur 32 Spridning av bedömning av interna risker, efter ökande sannolikhet för händelser och ökande svårighetsgrad av konsekvens. Storleken på bubblorna motsvarar antalet svar. Numren på de risker som har givits högst riskpoäng är inskrivna i respektive bubbla med numreringen av risker (I1-I17) som beskrivs i Tabell 16.

Av 17 risker som inkluderats bland externa risker och listas i Tabell 16, valdes följande risker för diskussion under workshopen:

- **Uppdaterade industriella processer som tar bort den restvärmegenererande processen (I1).** Risken uppstår främst på grund av målkonflikter och tekniska begränsningar. Ett exempel är Heidelbergs CCS, som kräver högvärdig värme. Om endast lågvärdig värme finns tillgänglig uppstår problem med att tillgodose behovet. En annan orsak är företags vilja att energieffektivisera sin verksamhet, vilket kan minska mängden tillgänglig restvärme för kunderna. Samtidigt finns en motsatt risk – om företag inte effektiviserar kan detta leda till långsiktiga konkurrensnackdelar. Dessa målkonflikter gör det svårt att balansera företagens behov av utveckling med tillgången på restvärme för andra aktörer. Bland d*e potentiella konsekvenserna,* det kan bli omöjligt att leverera värme, antingen helt och hållet eller med rätt temperatur, vilket kan försvåra både drift och kundrelationer. Dessutom kan avtalen för restvärme begränsa företagens möjligheter att göra nödvändiga förbättringar och energieffektiviseringar, vilket i sin tur påverkar deras lönsamhet och hållbarhet. Detta kan skapa en ond cirkel där utveckling och effektivisering hämmas på grund av kortsiktiga lösningar och avtal som inte är flexibla. För att hantera dessa risker krävs en rad *strategier.* Om lägre temperatur på restvärmen är det enda tillgängliga alternativet, kan en sänkning av temperaturen i nätet vara en möjlig lösning. Det är också viktigt att göra saker i rätt ordning och att tänka långsiktigt vid investeringar. Avtalsskrivningen spelar en avgörande roll – att inkludera ersättningsklausuler och andra flexibla mekanismer i avtal kan ge både företag och kunder bättre förutsättningar för utveckling och effektiv användning av restvärmen.

- **Små värmevolymer (I4).** *Risken orsakas* av flera faktorer. En av de främsta orsakerna är avsaknaden av styrning för att främja restvärmesamarbeten, vilket skapar osäkerhet och hindrar samverkan. Dessutom är värmevolymerna ofta för små för att motivera investeringar i infrastruktur och teknologi. En ytterligare utmaning är kopplad till frågan om miljönytta – det är oklart vem som ska ta på sig kostnaden för att säkerställa och finansiera gemensamma miljöfördelar, vilket försvårar långsiktiga lösningar. *Konsekvenser kan* bli att avsaknaden av styrning och lösningar kring restvärme leder till att affärsmöjligheter går förlorade. Företag och aktörer missar potentiella vinster och samhället går miste om miljöfördelar som annars skulle kunna uppnås genom effektivare utnyttjande av restvärme. *För att lösa problemen krävs konkreta åtgärder.* Det skulle behöva

införas incitament eller styrmedel som gör det kostsamt att agera felaktigt, till exempel genom att begränsa möjligheterna till dispenser som försvagar miljömålen. Dessutom behöver ansvarsfördelningen klargöras, och det är avgörande att identifiera den aktör som ska stå för kostnaden att säkerställa den gemensamma miljönyttan. Med dessa åtgärder kan riskerna hanteras och affärsmöjligheter realiseras.

- **Oförutsägbar värmetillförsel (I8).** *Risken orsakas* av en alltför stor variation i förutsättningarna, vilket skapar osäkerhet i samarbetet mellan olika parter. När förhållandena är svårbedömda blir det svårt att upprätthålla en stabil och förutsägbar arbetsprocess, vilket ökar risken för missförstånd och ineffektivitet. Som *konsekvens*, den oförutsägbara situationen gör samarbetet mindre attraktivt för involverade parter. När tilliten till processens stabilitet brister, kan detta leda till att intresset för att delta i samarbetet avtar, vilket i sin tur påverkar projektets framgång negativt. En *lösning* är att engagera fler parter i samarbetet och utveckla flera alternativa planer, såsom plan B, C och vidare, för att hantera olika scenarier. Att också upprätta back-up-lösningar som involverar aktörer utanför det egna bolaget kan skapa en bredare och mer robust grund för att möta oförutsedda utmaningar.

- **Energi är inte en kärnverksamhet (I9).** *Risken uppstår* på grund av ett bristande intresse för energi som inte ses som en del av kärnverksamheten. Frågan prioriteras därför ofta ner till förmån för andra områden som anses mer centrala för organisationens mål. Detta kan medföra att det är svårt för företagen att engagera sig i energirelaterade frågor och investeringar, vilket försvårar ett framgångsrikt samarbete inom detta område. *Konsekvensen* av den låga prioriteringen av energi blir tydlig i flera aspekter. Det kan saknas tillräcklig energikompetens inom organisationen, vilket begränsar förmågan att fatta välgrundade beslut i energifrågor. Tid och investeringsmedel allokeras istället till kärnverksamheten, vilket ytterligare förstärker obalansen. Om det dessutom finns en kunskapsklyfta mellan samarbetspartners – där den ena har energikompetens och den andra inte – kan detta skapa misstro och utmaningar i samarbetet. För att hantera dessa problem krävs flera *åtgärder*. Ett första steg är att skapa avtal om samarbetet som inkluderar utrymme för flexibilitet och förändring. Det är också viktigt att bygga en ömsesidig förståelse för varandras arbete och prioriteringar, vilket stärker samarbetet. Att anlita en konsult eller låta ett energiföretag agera som en tredje part kan ge det tekniska stöd som behövs.

Myndighetskrav kan också fungera som en drivkraft för att säkerställa engagemang. Slutligen kan joint ventures eller energirådgivning bidra till att skapa en balanserad och kompetent grund för arbetet med energi.

- **Värmen kommer från verksamhet med obeprövad teknik (I13) (ökad risk för avbrott).** *Risken uppstår* på grund av flera faktorer. Organisationer sitter ofta fast i sina budgetar, vilket begränsar möjligheterna att snabbt hantera problem. Bristande planering inför avbrott är en annan viktig orsak, särskilt eftersom det ibland saknas kompetens för att både identifiera orsaker och genomföra nödvändiga åtgärder vid störningar. Det är också vanligt att problem tillåts förvärras innan de åtgärdas, vilket är ytterligare en kompetensfråga. En bidragande faktor är att Sverige tidigare har exporterat mycket av sitt kunnande, men nu importerar teknik från företag som ibland saknar grundläggande förståelse för systemens funktion och behov. Dessa brister leder till flera negativa *konsekvenser*. Samarbetet mellan olika aktörer kan bli ansträngt och präglas av missnöje, vilket försvagar den övergripande effektiviteten. Detta "muttrande" i samarbetet riskerar att skapa en kultur av frustration och bristande förtroende, vilket i sin tur påverkar förmågan att hantera framtida utmaningar. För att möta dessa risker och konsekvenser krävs en rad *åtgärder*. Det tekniska kunnandet behöver stärkas för att säkerställa att problem kan lösas snabbt och effektivt. Planeringen bör samordnas för att täcka alla faser av ett projekt eller en process, inklusive möjliga avbrott. Att skapa stora värmelager kan också ge utrymme för reparationer utan att verksamheten drabbas akut. Slutligen kan systemet modulariseras, så att flera reservlösningar finns tillgängliga om en del fallerar, vilket ökar systemets robusthet och tillförlitlighet.

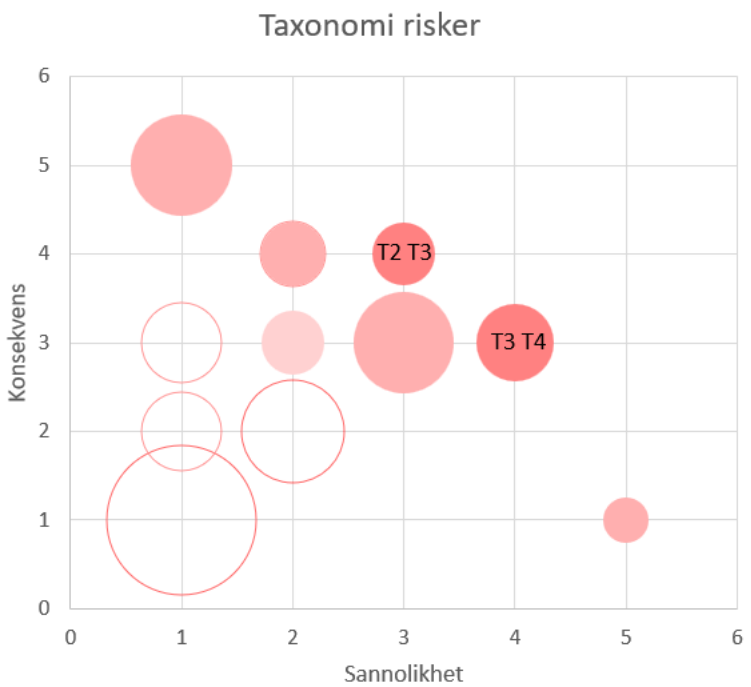
- **Samarbetsparterna har olika kärnvärden (I14)**. *Risken* orsakas av motstridiga intressen inom miljö och hållbarhet, exempelvis spänningar mellan strävan efter fossilfrihet och förnybara alternativ eller olika synsätt på miljöprofilering. Det finns också skillnader i hur systemgränser definieras, både geografiskt och funktionellt, som när Heidelbergs lokala miljöpåverkan ställs mot globala mål. *Konsekvensen* av dessa olikheter är att aktörer ibland blir ovilliga att samarbeta, vilket försvårar samordnade insatser och framsteg. För *att lösa* detta kan man arbeta för att identifiera en minsta gemensam nämnare som alla parter kan enas om, eller involvera en tredje part som kan fungera som en neutral aktör och arbeta med båda sidor för att skapa förutsättningar för samarbete.

- **Skada uppstår, exempelvis på miljö (I15).** *Risken uppstår* främst på grund av oklara ansvarsförhållanden, exempelvis vid sanering, vilket gör det svårt att avgöra vem som ska ta ansvar för att åtgärda problem. Detta är också kopplat till miljöfrågor, då det fortfarande inte finns tydliga riktlinjer för hur vissa produkter ska återvinnas. *Konsekvensen* av dessa brister kan vara betydande skador på miljön, med osäkerhet kring om det ens är möjligt att återställa de drabbade områdena. Detta skapar också problem inom försäkringsområdet, där svårigheten att få återförsäkring kan försvåra långsiktig planering och hantering av risker. För *att lösa* dessa utmaningar är det avgörande att inkludera tydliga försäkringsklausuler som klargör ansvarsområden och säkerställer att de ekonomiska riskerna kan hanteras på ett hållbart sätt.

- **Samarbetspart har skakig ekonomi eller ägarstruktur (I17).** *Risken uppstår* framför allt eftersom det handlar om en ny bransch med ny teknik och osäkra intäktsmodeller. Policys och regler för branschen är ännu inte fullt utvecklade, och många företag är nya och saknar etablerad erfarenhet. Dessutom påverkar osäkra råvarupriser, exempelvis inom havsbaserad vindkraft, riskbilden ytterligare. *Konsekvensen* av dessa faktorer är att aktörer tenderar att vara mer försiktiga, med mindre omfattande samarbeten och pilotprojekt, vilket i sin tur kan leda till att värmeleveranser inte sker enligt plan. För *att hantera* detta behövs åtgärder som bygger på gedigen branschkännedom och planering. Att upprätta "äktenskapsförord" mellan samarbetspartners, till exempel genom exitklausuler, kan skapa tryggare förutsättningar för långsiktiga samarbeten och minska risken för oväntade problem.

8.3.3.3 Riskfaktorer relaterade till EU-taxonomin

Taxonomi-relaterade risker värderades med ett genomsnitt total riskvärde 4,0, som bygger på sannolikhet 1,8 och konsekvens 2,1. De identifierade nivåer brukar klassas som *acceptabel*. Variation mellan intervjuade presenteras i Figur 33 som riskmatris.



Figur 33 Spridning av bedömning av risker relaterade till EU-taxonomin, efter ökande sannolikhet för händelser och ökande svårighetsgrad av konsekvens. Storleken på bubblorna motsvarar antalet svar. Numren på de risker som har givits högst riskpoäng är inskrivna i respektive bubbla med numreringen av risker (T1-T5) som beskrivs i Tabell 16.

Av de sex risker som listas i Tabell 16, valdes följande risker för diskussion under workshopen:

- **Värmesamarbetet ger inte ett väsentligt bidrag till minst ett miljömål (T2)**. *Risken uppstår* om den fossilbaserade industrin inte kan erbjuda restvärme som är godkänd enligt EU:s taxonomi för hållbara investeringar. Detta är särskilt problematiskt eftersom dagens fjärrvärmesystem redan är koldioxidneutralt, men kan ändå riskera att inte klassas som grönt inom taxonomin. *Konsekvensen* av detta är att fjärrvärme inte får den gröna stämpel som behövs för att attrahera hållbara investeringar och främja dess utveckling. För *att lösa* detta krävs åtgärder för att säkerställa att restvärmen från industrin uppfyller taxonomins krav, vilket stärker fjärrvärmens position som en hållbar och långsiktig energilösning.

- **Samarbetet gör betydande skada (DNSH) för något av de andra fem miljömålen (T3).** *Risken uppstår* till följd av flera faktorer. Ny industri innebär en minskning av naturkapitalet, vilket påverkar Gotlands ekologiska och ekonomiska balans. Stigande havsnivåer utgör ytterligare en utmaning, särskilt när det gäller ledningsdragning och annan

infrastruktur. Klimatanpassning blir därmed en nödvändighet för att möta framtida utmaningar. *Konsekvenserna* av dessa förändringar kan vara långtgående, men det finns *lösningar* som kan mildra effekterna. Att bygga på så kallad "fulmark", exempelvis gamla kalkbrott, kan minska belastningen på värdefulla naturområden. Dessutom bör planeringen ta hänsyn till höjda havsnivåer, något som redan har beaktats i Gotlands översiktsplan, där en tvåmeters höjning har inkluderats som ett framtida scenario.

8.4 Vägar framåt för större restvärmeutnyttjande

För att möjliggöra ett större utnyttjande av industriell restvärme och kyla krävs att flera riskfaktorer hanteras genom en kombination av tekniska, regulatoriska och organisatoriska lösningar. Nyckeln ligger i att skapa förutsättningar för långsiktigt hållbara samarbeten och investeringar som balanserar målkonflikter och säkerställer tillförlitlig tillgång på restvärme.

Reglering och styrning
En av de största utmaningarna är den regulatoriska osäkerheten. För att hantera detta krävs införande av tydligare regelverk och standardisering för återvinning av restvärme. Etablerade tillståndsprocesser och snabbare bygglovsprocedurer är också avgörande för att minska flaskhalsar och möjliggöra snabb implementering av projekt.

Tekniska lösningar och infrastruktur
Tekniska lösningar behöver utvecklas för att hantera både oförutsägbar värmetillförsel och komplexa krav på infrastruktur. För att utnyttja lågvärdig värme föreslås anpassning av temperaturnivåer i värmenäten. Modularisering av system och byggande av stora värmelager kan minska sårbarheten vid avbrott, samtidigt som de ger kontinuitet och flexibilitet i värmeleveranser. Att planera ledningsdragning parallellt med befintlig infrastruktur och undvika kulturhistoriskt känsliga områden kan effektivisera tillståndsprocesser och minska miljöpåverkan.

Samarbete och kompetensutveckling
Samarbeten mellan aktörer behöver stärkas genom tydliga ansvarsfördelningar, flexibla avtal och bättre dialog. En mäklare som samordnar samarbeten och ansvar

kan bidra till att minska målkonflikter och skapa långsiktiga lösningar. Investeringar i utbildning och tekniskt kunnande är avgörande för att säkerställa att problem som uppstår vid avbrott snabbt kan lösas och för att identifiera framtida kompetensbehov. Att engagera fler aktörer och utveckla alternativa planer (plan B, C osv.) kan göra systemen mer robusta och samarbetsklimatet mer stabilt.

Hållbara lösningar och innovation
För att främja innovation och energieffektivisering bör avtalen vara flexibla och inkludera ersättningsklausuler. Detta möjliggör utveckling utan att låsa in aktörer i kortsiktiga lösningar. Dessutom kan gemensamma initiativ, såsom joint ventures, och ökat fokus på energifrågor inom organisationer skapa en bättre balans mellan affärsmål och hållbarhet. Myndighetskrav och styrmedel som gör det kostsamt att agera mot miljömål kan ytterligare stärka incitamenten för hållbara samarbeten.

Hantera miljöpåverkan och klimatförändringar
För att minska miljöpåverkan föreslås att nyetablering av industri (som kan generera restvärme) riktas mot mindre värdefull mark, som gamla kalkbrott, vilket minskar belastningen på naturområden. Klimatanpassning krävs också för att hantera stigande havsnivåer, med åtgärder som redan har beaktats i Gotlands översiktsplan. Genom att inkludera dessa anpassningar i tidiga planeringsfaser kan systemets långsiktiga hållbarhet säkras.

Genom att adressera dessa områden och implementera de föreslagna lösningarna kan restvärmeutnyttjandet effektiviseras och bidra till såväl ekonomisk som ekologisk hållbarhet.

9 Diskussion och slutsatser för Gotlands väg framåt

Resultaten visar på vilka sätt utvecklingen av elsektorn, industrisektorn och värmesektorn på Gotland är sammankopplade. Genom att betrakta sektorerna som ett gemensamt system har synergier kunnat identifieras. Men även om alla de scenarier som har studerats når målet om ett fossilfritt energisystem på Gotland år 2040, bär de med sig olika utmaningar för samhället och miljön. Genom att komplettera den tekno-ekonomiska analysen med analys av ekologisk och social hållbarhet har risker identifierats och förslag på hur de kan hanteras har kunnat tas fram.

De fyra scenarier som har optimerats med tekno-ekonomisk energisystemmodellering, spänner upp en stor variation av utveckling för energisystem och industri på Gotland. Resultat visar att elsektorn förväntas möta en över en fördubbling av det totala elbehovet på Gotland i de scenarier där cementproduktionen i Slite finns kvar (BAU, FHVY, IK), på grund av introduktion av koldioxidinfångning. Om havsbaserad vindkraft byggs ut i kombination med att ny industri etableras kan elbehovet närmare fyrdubblas (FHVY, IK). I basscenariot (BAU) möts den ökade efterfrågan främst med ökad import från fastlandet, en markant utbyggnad av solceller samt landbaserad vindkraft. Med storskalig havsbaserad vindkraft (FHVY) exporteras en stor mängd el till fastlandet, och landbaserad vindkraft fasas ut. Ett scenario utan fastlandskabel (IK) kombinerar havsbaserad vindkraft med lokal användning och kompletteras med solceller och en biodieselgenerator. Ett scenario utan cementproduktion (IC) leder däremot till minskat elbehov och ingen ny kraftproduktion. Marginalkostnaderna för elproduktion varierar kraftigt mellan scenarierna beroende på elförsörjningen och investeringarna. Detta påverkar om de optimala teknikvalen för värmeförsörjningen att bli mer eller mindre elberoende.

Värmesektorn präglas av minskat värmebehov i hushåll och lokaler över tid. I scenarier med havsbaserad vindkraft (FHVY och IK) tillkommer värmebehov från växthus nära restvärmekällor. Användningen av värmepumpar är utbredd i dessa scenarier, medan pelletspannor dominerar där vindkraft till havs saknas. Fjärrvärmeexpansion sker främst i tätbebyggda områden och gynnas av tillgång till el från havsbaserad vindkraft. Biobaserade värmepannor fasas gradvis ut och ersätts av värmepumpar som utnyttjar havsvattnets värme samt andra källor beroende på scenario.

I de scenarier där cementindustrin finns kvar och särskilt då ny elintensiv industri etableras blir restvärmeutnyttjande en central del av värmesystemet och används via fjärrvärmenät i Visby och Slite. Det finns dock stora mängder tillgänglig restvärme som inte används, eftersom användningen begränsas av höga ledningskostnader och ojämn tillgång. Istället blir värmepumpar som nyttjar havsvatten ekonomiskt fördelaktiga. Analysen av samarbetsfrågor för utnyttjande av restvärme visar att för att möjliggöra ett större utnyttjande av industriell restvärme och kyla krävs att flera riskfaktorer hanteras genom en kombination av tekniska, regulatoriska och organisatoriska lösningar. Nyckeln ligger i att skapa förutsättningar för långsiktigt hållbara samarbeten och investeringar som balanserar målkonflikter.

De fyra scenarierna skiljer sig åt beträffande hållbarhetsaspekter. I basscenariot (BAU) är markanspråken en utmaning med risker för negativ miljöpåverkan och social acceptans, medan det finns potential för lokala samarbeten och en ökad attraktivitet kopplad till klimatneutral energiförsörjning. Scenariot med havsbaserad vindkraft (FHVY) medför både möjligheter och utmaningar, såsom ökad industriell utveckling, lokal kunskapsuppbyggnad och sysselsättning men också risker för låg social acceptans och minskad attraktionskraft för turism och boende. Minskat markanspråk och bidrag till global uppvärmning kompenseras av en större miljöpåverkan från användningen av resurser och mineraler. För scenariot utan fastlandskabel (IK) nås inte samma miljöfördelar för den globala uppvärmningen, samtidigt som potentialen för ökad sysselsättning är stor, och scenariot utan cementproduktion (IC) har minst negativ miljöpåverkan men innebär betydande förändringar i det lokala näringslivet. Alla scenarier innebär att olika hållbarhetsaspekter och utmaningar behöver *hanteras* för att potentialen ska realiseras.

Under slutskedet av arbetet med denna studie, november 2024, beslutade regeringen att avslå alla havsbaserade vindkraftsplaner i närheten av Gotland (Regeringskansliet, 2024 [78]). Avslaget motiverades med att vindkraftsplanerna står i konflikt med försvarets intressen. Detta gör att scenarierna med storskaliga vindkraft till havs är mindre aktuella.

Sammanfattningsvis visar studien att Gotlands energisystem har goda möjligheter att ställa om till icke-fossilt i en variation av framtider med olika industri- och samhällsutveckling. Men risker, möjligheter, synergier och målkonflikter måste hanteras noggrant för att säkerställa att energisystemets utveckling inte bara når

klimatmålen utan också blir resurseffektivt och stöder Gotlands långsiktiga hållbarhet och attraktionskraft.

10 Referensförteckning

[1] Miljö- och energidepartementet, ”Uppdrag att möjliggöra att Gotland blir en pilot för ett hållbart energisystem”, 2018. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.energimyndigheten.se/globalassets/klimat--miljo/gotlandsuppdraget/uppdraget.pdf

[2] Region Gotland, ”Vårt Gotland 2040 - regional utvecklingsstrategi för Gotland”. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://rus.gotland.se/wp-content/uploads/2021/05/Fullst%C3%A4ndig-version_V%C3%A5rt-Gotland2040.pdf

[3] A. K. Riekkola, ”National Energy System Modelling for Supporting Energy and Climate Policy Decision-making: The Case of Sweden”.

[4] F. Fuso Nerini *m.fl.*, ”Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals”, *Nat Energy*, vol. 3, nr 1, s. 10–15, jan. 2018, doi: 10.1038/s41560-017-0036-5.

[5] M. Lehtveer *m.fl.*, ”Actuating the European Energy System Transition: Indicators for Translating Energy Systems Modelling Results into Policy-Making”, *Front. Energy Res.*, vol. 9, sep. 2021, doi: 10.3389/fenrg.2021.677208.

[6] U. Persson och S. Werner, ”District heating in sequential energy supply”, *Applied Energy*, vol. 95, s. 123–131, juli 2012, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.02.021.

[7] U. Persson, B. Möller, och S. Werner, ”Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heat synergy regions”, *Energy Policy*, vol. 74, s. 663–681, nov. 2014, doi: 10.1016/j.enpol.2014.07.015.

[8] Energimyndigheten, ”Energipilot Gotland Färdplan för att möjliggöra att Gotland blir pilot för ett hållbart energisystem”, ER 2019:09, 2019. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.energimyndigheten.se/globalassets/klimat--miljo/gotlandsuppdraget/energipilot-gotland-er-2019_09_webb.pdf

[9] S. Päivärinne, ”Utilisation of Excess Heat Towards a Circular Economy: Implications of interorganisational collaborations and strategic planning”, Ph.D., Linköping University, Linköping, Sweden, 2017. doi: 10.3384/diss.diva-143193.

[10] N. Fransson *m.fl.*, ”Ett klimatneutralt Kiruna 2025 med hjälp av spillvärme”, 2023.

[11] J. Oldershaw, Morrell of Modano, G, Besseling, J, och Slater, S, ”Barriers and Enablers to Recovering Surplus Heat in Industry: a qualitative study”, GOV.UK. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.gov.uk/government/publications/barriers-and-enablers-to-recovering-surplus-heat-in-industry-a-qualitative-study

[12] R. Loulou, G. Goldstein, A. Kanudia, A. Lettila, och U. Remme, ”Loulou et al 2016 -Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-I”. International Energy Agency. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://iea-etsap.org/docs/Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-I_July-2016.pdf

[13] H. Segerström, *Heat atlas of Gotland : A GIS-based support tool for modelling the heat sector*. 2023. Åtkomstdatum: 16 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-100737
[14] Jordbruksverket, ”Energianvändning i växthus 2020. Tomat, gurka och prydnadsväxter.”, 2022.
[15] I. Christensen, T. Hansson, och S.-E. Svensson, ”Energi i växthusodling, energianalys och energieffektiv odlingsteknik – underlag till utbildningsmodul”, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp, 2010.
[16] F. Munters, ”Spillvärmeåtervinning på Gotland - En analys av potentiella spillvärmesamarbeten ur ett sociotekniskt perspektiv”, Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten, Examensarbete, 2023. [Online]. Tillgänglig vid: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-510282
[17] ”About Us | WA3RM”. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://wa3rm.com/about-us/
[18] Danish Energy Agency, [Online]. Tillgänglig vid: https://ens.dk/en/analyses-and-statistics/technology-catalogues
[19] Regeringskansliet, ”Agenda 2030 för hållbar utveckling”. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/
[20] Naturvårdsverket, ”Sveriges miljömål”. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.sverigesmiljomal.se/
[21] ”About Doughnut Economics | DEAL”. Åtkomstdatum: 08 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://doughnuteconomics.org/about-doughnut-economics
[22] ”GRI - GRI Standards English Language”. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/gri-standards-english-language/
[23] United Nations Environment Programme, ”Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA)”. Åtkomstdatum: 08 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2021/12/Methodological-Sheets_2021_final.pdf
[24] M. Martin och S. Harris, ”Prospecting the sustainability implications of an emerging industrial symbiosis network”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 138, s. 246–256, nov. 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.07.026.
[25] S. Harris, H. Johansson, A. Bhasin, S. Klugman, och M. Martin, ”Strategic Roadmap for Gotland Industrial Symbiosis Park”, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 2023. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-4181
[26] S. Harris, M. Martin, S. Klugman, A. Bhasin, och H. Johansson, ”Report on the Identification and Assessment of Options for GISP Development”, 2020.
[27] Y. Arushanyan, E. Ekener, och Å. Moberg, ”Sustainability assessment framework for scenarios – SAFS”, *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 63, s. 23–34, mar. 2017, doi: 10.1016/j.eiar.2016.11.001.
[28] ”Logical Framework Approach - LFA - EXACT External Wiki - EN - EC Public Wiki”. Åtkomstdatum: 08 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid:

https://wikis.ec.europa.eu/display/ExactExternalWiki/Logical+Framework+Approach+-+LFA

[29] D. Burchart-Korol, S. Jursova, P. Folega, J. Korol, P. Pustejovska, och A. Blaut, ”Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic.”, *Journal of Cleaner Production*, nr 202, s. 476–487, 2018.

[30] M. Kannangara, F. Bensebaa, och M. Vasudev, ”An adaptable life cycle greenhouse gas emissions assessment framework for electric, hybrid, fuel cell and conventional vehicles: Effect of electricity mix, mileage, battery capacity and battery chemistry in the context of Canada.”, *Journal of Cleaner Production*, nr 317, 2021.

[31] I. O. F. Standardization, ”Environmental management: life cycle assessment: principles and framework”. Geneva: ISO, 2006.

[32] I. Standard, ”Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines”. London: ISO, 2006.

[33] Sphera, ”Sustainability Software & Operational Risk Management”. [Online]. Tillgänglig vid: https://sphera.com/

[34] M. Ram, J. C. Osorio-Aravena, A. Aghahosseini, D. Bogdanov, och C. Breyer, ”Job creation during a climate compliant global energy transition across the power, heat, transport, and desalination sectors by 2050”, *Energy*, vol. 238, s. 121690, jan. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2021.121690.

[35] D. Bogdanov *m.fl.*, ”Low-cost renewable electricity as the key driver of the global energy transition towards sustainability”, *Energy*, vol. 227, s. 120467, juli 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.120467.

[36] P. K. Marhavilas, M. Filippidis, G. K. Koulinas, och D. E. Koulouriotis, ”The integration of HAZOP study with risk-matrix and the analytical-hierarchy process for identifying critical control-points and prioritizing risks in industry – A case study”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 62, s. 103981, nov. 2019, doi: 10.1016/j.jlp.2019.103981.

[37] M. Qi, Y. Liu, R. S. Landon, Y. Liu, och I. Moon, ”Assessing and mitigating potential hazards of emerging grid-scale electrical energy storage systems”, *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 149, s. 994–1016, maj 2021, doi: 10.1016/j.psep.2021.03.042.

[38] Statistiska Centralbyrån, ”Slutanvändning (MWh), efter län och kommun, förbrukarkategori samt bränsletyp. År 2009 - 2022”, Statistikdatabasen. Åtkomstdatum: 17 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__EN__EN0203__EN0203A/SlutAnvSektor/

[39] Tidningen Energi, ”Gotland får två nya kablar från fastlandet”. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.energi.se/artiklar/2023/maj-2023/gotland-far-tva-nya-kablar-fran-fastlandet/

[40] ”Tillförd energi - Energiföretagen Sverige”, Energiföretagen. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/tillford-energi/

[41] S. Nielsen och K. Sperling, ”Design guidelines for optimized integration of WH/RES sources in DHC networks (D2.5)”, REWARDHEAT, 2021.

[42] ”Svenska kraftnät bygger ut transmissionsnätet till Gotland”. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.svk.se/press-och-nyheter/press/svenska-kraftnat-bygger-ut-transmissionsnatet-till-gotland---3349234/

[43] Sunna Group, ”Gemensam satsning på Gotlands största solcellsanläggning”, Sunna group. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://sunnagroup.com/gemensam-satsning-pa-gotlands-storsta-solcellsanlaggning/

[44] A. Wennberg, ”Planer för storskalig solpark på södra Gotland”, Solenerginyheter. Åtkomstdatum: 17 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.solenerginyheter.se/20230825/3282/planer-storskalig-solpark-pa-sodra-gotland

[45] OX2, ”Our projects”. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.ox2.com/projects/www.ox2.com/projects/

[46] Maston, ”About us”, Maston. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.maston.se/aboutus

[47] Phoenix Biopower, ”Solutions”, Phoenix Biopower. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://phoenixbiopower.com/solutions-2

[48] N. Fransson *m.fl.*, ”Ett klimatneutralt Kiruna”.

[49] M. Erlström, ”SGU”.

[50] J. Acuna, 08 juni 2023.

[51] M. Erlström, D. Sopher, och P. Dahlqvist, ”Berggrunden på Sudret, Gotland Underlag för bedömning av grundvattentillgångar, geoenergipotential samt koldioxidinlagring”, Sveriges geologiska undersökning, Uppsala, SGU-rapport 2022:11, 2022.

[52] ”Den framtida befolkningen i Sveriges län och kommuner 2024–2040”, Statistikmyndigheten SCB. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningsframskrivningar/befolkningsframskrivningar/pong/publikationer/den-framtida-befolkningen-i-sveriges-lan-och-kommuner-20242040/

[53] A. Sandgren, N. Fransson, J. Gode, E. Nyholm, J. Holm, och G. Strandberg, ”Klimatförändringarnas inverkan på fjärrvärme och fjärrkyla”, 2021:741. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://energiforsk.se/media/29510/klimatforandringarnas-inverkan-pa-fjarrvarme-och-fjarrkyla-energiforskrapport-2021-741.pdf

[54] Statisticon, ”Delområdesprognos 2024-2033 Region Gotland”, Uppsala. Åtkomstdatum: 17 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://gotland.se/region-och-politik/regionfakta-och-statistik/befolkningsstatistik

[55] *Strukturplan Visborg - direktiv för arbetet med stadsbyggnad inom Visborgsområdet 2016-2025*.

[56] Region Gotland, ”Program Klintehamn 2030”. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://gotland.se/bygga-bo-och-miljo/samhallsplanering/oversiktsplan-och-detaljplaner/oversiktsplanering/program-klintehamn-2030

[57] Energimyndigheten, ”Scenarier över Sveriges energisystem 2023”, Energimyndigheten, R 2023:07, 2023.
[58] Boverket, ”Förslag till svensk tillämpning av nära-nollenergibyggnader”, 2015:26, 2015. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/forslag-till-svensk-tillampning-av-nara-nollenergibyggnader-2.pdf
[59] Region Gotland och Statisticon, ”Delområdesprognos 2023-2032”. 2023.
[60] E. Vejlens, ”Regional uppföljning av miljömålen i Gotlands län”, 2023:9, 2023.
[61] H. Johansson, ”Task 2.2 – Regional Strengths and Opportunities”, 2020. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-4181
[62] J. Moodie, C. Tapia, L. Löfving, N. S. Gassen, och E. Cedergren, ”Towards a Territorially Just Climate Transition—Assessing the Swedish EU Territorial Just Transition Plan Development Process”, *Sustainability*, vol. 13, nr 13, s. 7505, juli 2021, doi: 10.3390/su13137505.
[63] Statistiska Centralbyrån, ”Population 16-95+ years of age by region, level of education, age and sex. Year 2008 - 2023”, Statistikdatabasen. Åtkomstdatum: 12 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/en/ssd/START__UF__UF0506__UF0506B/UtbBefRegionR/
[64] A. Barney, H. Polatidis, och D. Haralambopoulos, ”Decarbonisation of islands: A multi-criteria decision analysis platform and application”, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 52, s. 102115, aug. 2022, doi: 10.1016/j.seta.2022.102115.
[65] C. H. Antunes och C. O. Henriques, ”Multi-Objective Optimization and Multi-Criteria Analysis Models and Methods for Problems in the Energy Sector”, i *Multiple Criteria Decision Analysis*, vol. 233, S. Greco, M. Ehrgott, och J. R. Figueira, Red., i International Series in Operations Research & Management Science, vol. 233. , New York, NY: Springer New York, 2016, s. 1067–1165. doi: 10.1007/978-1-4939-3094-4_25.
[66] M. Bezbradica, H. Kerkvliet, I. M. Borbolla, och P. Lehtimaki, ”Introducing multi-criteria decision analysis for wind farm repowering: A case study on Gotland”, i *2016 International Conference Multidisciplinary Engineering Design Optimization (MEDO)*, Belgrade, Serbia: IEEE, sep. 2016, s. 1–8. doi: 10.1109/MEDO.2016.7746546.
[67] J. Lindblom, ”Alternative Energy Storage Solutions and Future Scenario of the Austerland Energy System”.
[68] R. Novo, ”Intervju om Clean Energy for EU Islands Secretariat”, 12 september 2023.
[69] M. J. Kelly, J. Schaan, och H. Joncas, ”Managing alliance relationships: Key challenges in the early stages of collaboration”, *R & D Management*, vol. 32, nr 1, s. 11–22, 2002, doi: 10.1111/1467-9310.00235.
[70] S. Moser och G. Jauschnik, ”Using Industrial Waste Heat in District Heating: Insights on Effective Project Initiation and Business Models”, *Sustainability*, vol. 15, nr 13, s. 10559, juli 2023, doi: 10.3390/su151310559.

[71] S. Päivärinne, O. Hjelm, och S. Gustafsson, ”Excess heat supply collaborations within the district heating sector: Drivers and barriers”, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 7, nr 3, s. 033117, maj 2015, doi: 10.1063/1.4921759.

[72] K. Lygnerud, S. Klugman, N. Fransson, och J. Nilsson, ”Risk assessment of industrial excess heat collaborations – Empirical data from new and ongoing installations”, *Energy*, vol. 255, s. 124452, sep. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.124452.

[73] H. Wynn, E. Wheatcroft, och K. Lygnerud, ”ReUseHeat: Efficient Contractual Forms and Business Models for Urban Waste Heat Recovery (D2.3).”, 2022.

[74] S. Klugman, J. Nilsson, K. Lygnerud, A. Nilsson, och N. Fransson, ”Business and risk models for industrial WH/C recovery and exploitation towards replication”, D3.4, 2021.

[75] K. Lygnerud, S. Klugman, N. Fransson, och J. Nilsson, ”Risk assessment of industrial excess heat collaborations – Empirical data from new and ongoing installations”, *Energy*, vol. 255, s. 124452, sep. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.124452.

[76] K. Lygnerud och S. Werner, ”Risk assessment of industrial excess heat recovery in district heating systems”, *Energy*, vol. 151, s. 430–441, maj 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.03.047.

[77] European Commission, ”The European Green Deal”. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2019-640-final

[78] R. och Regeringskansliet, ”Havsbaserad vindkraft”, Regeringskansliet. Åtkomstdatum: 17 december 2024. [Online]. Tillgänglig vid: https://www.regeringen.se/regeringens-politik/miljo-och-klimat/havsbaserad-vindkraft/

Bilagor

Bilaga 1 Värme- och elbehov för byggnader

Tabell 17 Värmebehovet från det befintliga beståndet småhus (GWh).

Zon	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Visby	**78,87**	**76,18**	**71,85**	**67,76**	**63,91**	**60,28**	**56,85**
A1 - Visby – övrigt	23,18	22,39	21,11	19,91	18,78	17,71	16,71
A1 - Visby + förorter - SH & DHW	9,75	9,41	8,88	8,37	7,90	7,45	7,03
A2 - Visby + förorter [2,5 km]	16,24	15,69	14,80	13,96	13,16	12,41	11,71
A3 - Visby + förorter	29,70	28,69	27,06	25,52	24,07	22,70	21,41
Klintehamn	**55,68**	**53,78**	**50,72**	**47,84**	**45,12**	**42,55**	**40,13**
A1 - Klintehamn – övrigt	2,55	2,47	2,33	2,19	2,07	1,95	1,84
A1 - Klintehamn + förorter - SH & DHW	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11
A2 - Klintehamn [1,0 km]	4,27	4,13	3,89	3,67	3,46	3,27	3,08
A3 - Klintehamn	**48,69**	**47,03**	**44,35**	**41,83**	**39,45**	**37,21**	**35,10**
Hemse	92,10	88,96	83,90	79,13	74,63	70,39	66,39
A1 - Hemse + förorter – övrigt	1,59	1,53	1,45	1,36	1,29	1,21	1,14
A1 - Hemse + förorter - SH & DHW	0,40	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29
A2 - Hemse [1,0 km]	4,29	4,14	3,90	3,68	3,47	3,28	3,09
A3 - Hemse						65,59	61,86
Ljugarn	**72,69**	**70,21**	**66,22**	**62,45**	**58,90**	**55,55**	**52,40**
A1 - Ljugarn	-						
A2 - Ljugarn	8,09	7,82	7,37	6,95	6,56	6,18	5,83
A3 - Ljugarn	64,60	62,39	58,85	55,50	52,35	49,37	46,56
Roma	**50,29**	**48,58**	**45,81**	**43,21**	**40,75**	**38,44**	**36,25**
A1 - Roma	-						
A2 - Roma	3,51	3,39	3,20	3,02	2,85	2,68	2,53
A3 - Roma	46,78	45,18	42,62	40,19	37,91	35,75	33,72
Slite	**96,07**	**92,79**	**87,52**	**82,54**	**77,85**	**73,42**	**69,25**
A1 - Slite + förorter – övriga	1,84	1,78	1,68	1,58	1,49	1,41	1,33
A1 - Slite + förorter - SH & DHW	0,24	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17
A2 - Slite [1,0 km]	4,81	4,64	4,38	4,13	3,90	3,67	3,46
A3 - Slite	89,18	86,14	81,24	76,62	72,27	68,16	64,28

Tabell 18 Småhus värmebehov tillkommande bestånd (GWh).

Zon	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Visby + Förorter	**1,00**	**2,48**	**3,93**	**5,35**	**6,73**	**8,08**
A1 - Visby + Förorter	0,20	0,50	0,79	1,07	1,35	1,62
A2 - Visby + Förorter [2,5 km]	0,70	1,73	2,75	3,74	4,71	5,66
A3 - Visby + Förorter	0,10	0,25	0,39	0,53	0,67	0,81
Klintehamn / Väst	**0,31**	**0,93**	**1,51**	**2,07**	**2,62**	**3,16**
A1 - Klintehamn / Väst	0,28	0,84	1,36	1,86	2,36	2,84
A2 - Klintehamn / Väst [1,0 km]	0,03	0,09	0,15	0,21	0,26	0,32
A3 - Klintehamn / Väst	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hemse / Söder	0,68	1,90	3,06	4,20	5,31	6,39
A1 - Hemse / Söder	0,01	0,04	0,07	0,09	0,11	0,14
A2 - Hemse / Söder [1,0 km]	0,03	0,09	0,14	0,20	0,25	0,30
A3 - Hemse / Söder	0,64	1,77	2,85	3,91	4,95	5,95
Ljugarn / Öst	**0,57**	**1,49**	**2,40**	**3,28**	**4,14**	**4,99**
A1 - Ljugarn / Öst						
A2 - Ljugarn / Öst	0,06	0,17	0,27	0,37	0,46	0,55
A3 - Ljugarn / Öst	0,50	1,33	2,13	2,92	3,68	4,43
Roma / Mitten	**0,39**	**1,02**	**1,63**	**2,23**	**2,82**	**3,39**
A1 - Roma / Mitten						
A2 - Roma / Mitten	0,03	0,07	0,11	0,16	0,20	0,24
A3 - Roma / Mitten	0,36	0,95	1,52	2,08	2,62	3,16
Slite / Norr	**0,56**	**1,47**	**2,35**	**3,22**	**4,07**	**4,89**
A1 - Slite / Norr	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11
A2 - Slite / Norr [1,0 km]	0,03	0,07	0,12	0,16	0,20	0,24
A3 - Slite / Norr	0,52	1,36	2,19	2,99	3,78	4,54

Tabell 19 Flerbostadshus värmebehov befintligt bestånd (GWh).

Zon	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Visby + Förorter	**90,47**	**85,44**	**77,53**	**70,35**	**63,84**	**57,93**	**52,56**
A1 - Visby + Förorter	85,23	80,49	73,04	66,28	60,14	54,57	49,52
A2 - Visby + Förorter [2,5 km]	4,02	3,80	3,45	3,13	2,84	2,58	2,34
A3 - Visby + Förorter	1,21	1,15	1,04	0,94	0,86	0,78	0,71
Klintehamn / Väst	**4,11**	**3,88**	**3,52**	**3,20**	**2,90**	**2,63**	**2,39**
A1 - Klintehamn / Väst	3,27	3,09	2,81	2,55	2,31	2,10	1,90
A2 - Klintehamn / Väst [1,0 km]	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
A3 - Klintehamn / Väst	0,80	0,75	0,68	0,62	0,56	0,51	0,46
Hemse / Syd	**13,80**	**13,04**	**11,83**	**10,73**	**9,74**	**8,84**	**8,02**
A1 - Hemse / Syd	5,11	4,82	4,38	3,97	3,60	3,27	2,97
A2 - Hemse / Syd [1,0 km]	0,38	0,36	0,32	0,29	0,27	0,24	0,22
A3 - Hemse / Syd	8,32	7,86	7,13	6,47	5,87	5,33	4,83
Ljugarn / Öst	**2,53**	**2,39**	**2,17**	**1,97**	**1,78**	**1,62**	**1,47**
A1 - Ljugarn / Öst	-						
A2 - Ljugarn / Öst	0,29	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17
A3 - Ljugarn / Öst	2,23	2,11	1,91	1,74	1,58	1,43	1,30
Roma / Mitten	**4,39**	**4,15**	**3,76**	**3,42**	**3,10**	**2,81**	**2,55**
A1 - Roma / Mitten	-						
A2 - Roma / Mitten	2,71	2,56	2,32	2,10	1,91	1,73	1,57
A3 - Roma / Mitten	1,69	1,59	1,44	1,31	1,19	1,08	0,98
Slite / Norr	**7,82**	**7,39**	**6,70**	**6,08**	**5,52**	**5,01**	**4,55**
A1 - Slite / Norr	3,81	3,60	3,27	2,96	2,69	2,44	2,21
A2 - Slite / Norr [1,0 km]	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
A3 - Slite / Norr	3,96	3,74	3,39	3,08	2,79	2,54	2,30

Tabell 20 Flerbostadshus värmebehov tillkommande bestånd (GWh).

Flerbostadshus värmebehov tillkommande bestånd (GWh)						
Zon	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
Visby + Förorter	**0,46**	**1,14**	**1,81**	**2,46**	**3,09**	**3,72**
A1 - Visby + Förorter	0,09	0,23	0,36	0,49	0,62	0,74
A2 - Visby + Förorter [2,5 km]	0,37	0,91	1,44	1,97	2,48	2,97
A3 - Visby + Förorter						
Klintehamn / Väst	**0,01**	**0,03**	**0,04**	**0,06**	**0,08**	**0,09**
A1 - Klintehamn / Väst	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,09
A2 - Klintehamn / Väst [1,0 km]						
A3 - Klintehamn / Väst						
Hemse / Syd	**0,04**	**0,11**	**0,18**	**0,25**	**0,32**	**0,38**
A1 - Hemse / Syd	0,02	0,04	0,07	0,09	0,12	0,14
A2 - Hemse / Syd [1,0 km]	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
A3 - Hemse / Syd	0,02	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
Ljugarn / Öst	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,05**	**0,06**	**0,07**
A1 - Ljugarn / Öst						
A2 - Ljugarn / Öst	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
A3 - Ljugarn / Öst	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Roma / Mitten	**0,01**	**0,04**	**0,06**	**0,08**	**0,10**	**0,12**
A1 - Roma / Mitten						
A2 - Roma / Mitten	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07
A3 - Roma / Mitten	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Slite / Norr	**0,02**	**0,05**	**0,08**	**0,11**	**0,13**	**0,16**
A1 - Slite / Norr	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,08
A2 - Slite / Norr [1,0 km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A3 - Slite / Norr	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08

Tabell 21 Lokaler (kommersiella/industriella) värmebehov befintligt bestånd (GWh).

Zon	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Visby + Förorter	**198,26**	**189,33**	**175,10**	**161,94**	**149,77**	**138,52**	**128,11**
A1 - Visby + Förorter	169,19	161,56	149,42	138,19	127,81	118,20	109,32
A2 - Visby + Förorter [2,5 km]	18,20	17,38	16,07	14,87	13,75	12,72	11,76
A3 - Visby + Förorter	10,88	10,38	9,60	8,88	8,22	7,60	7,03
Klintehamn / Väst	**21,99**	**21,00**	**19,42**	**17,96**	**16,61**	**15,36**	**14,21**
A1 - Klintehamn / Väst	8,56	8,17	7,56	6,99	6,46	5,98	5,53
A2 - Klintehamn / Väst [1,0 km]	3,83	3,66	3,39	3,13	2,90	2,68	2,48
A3 - Klintehamn / Väst	9,60	9,17	8,48	7,84	7,25	6,71	6,20
Hemse / Syd	**57,25**	**54,66**	**50,56**	**46,76**	**43,24**	**40,00**	**36,99**
A1 - Hemse / Syd	13,21	12,61	11,67	10,79	9,98	9,23	8,54
A2 - Hemse / Syd [1,0 km]	4,15	3,96	3,66	3,39	3,13	2,90	2,68
A3 - Hemse / Syd	39,89	38,09	35,23	32,58	30,13	27,87	25,77
Ljugarn / Öst	**15,45**	**14,75**	**13,64**	**12,62**	**11,67**	**10,79**	**9,98**
A1 - Ljugarn / Öst							
A2 - Ljugarn / Öst	2,03	1,94	1,79	1,66	1,53	1,42	1,31
A3 - Ljugarn / Öst	13,42	12,81	11,85	10,96	10,14	9,37	8,67
Roma / Mitten	**23,25**	**22,20**	**20,53**	**18,99**	**17,56**	**16,24**	**15,02**
A1 - Roma / Mitten							
A2 - Roma / Mitten	8,35	7,97	7,37	6,82	6,31	5,83	5,39
A3 - Roma / Mitten	14,90	14,23	13,16	12,17	11,26	10,41	9,63
Slite / Norr	**35,60**	**33,99**	**31,44**	**29,08**	**26,89**	**24,87**	**23,00**
A1 - Slite / Norr	8,44	8,06	7,45	6,89	6,37	5,89	5,45
A2 - Slite / Norr [1,0 km]	1,94	1,85	1,71	1,58	1,47	1,35	1,25
A3 - Slite / North	25,22	24,09	22,28	20,60	19,05	17,62	16,30

Tabell 22 Lokalers (kommersiella/industri) värmebehov tillkommande bestånd (GWh)

Zon	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Visby + Förorter	**0,17**	**0,43**	**0,68**	**0,92**	**1,16**	**1,39**
A1 - Visby + Förorter	0,05	0,13	0,20	0,28	0,35	0,42
A2 - Visby + Förorter [2,5 km]	0,12	0,30	0,47	0,65	0,81	0,98
A3 - Visby + Förorter						
Klintehamn / Väst	**0,00**	**0,01**	**0,02**	**0,02**	**0,03**	**0,04**
A1 - Klintehamn / Väst	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
A2 - Klintehamn / Väst [1,0 km]						
A3 - Klintehamn / Väst						
Hemse / Syd	**0,02**	**0,04**	**0,07**	**0,09**	**0,12**	**0,14**
A1 - Hemse / Syd	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
A2 - Hemse / Syd [1,0 km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A3 - Hemse / Syd	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09
Ljugarn / Öst	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
A1 - Ljugarn / Öst						
A2 - Ljugarn / Öst	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,003
A3 - Ljugarn / Öst	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Roma / Mitten	**0,01**	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,04**	**0,04**
A1 - Roma / Mitten						
A2 - Roma / Mitten	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
A3 - Roma / Mitten	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Slite / Norr	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,04**	**0,05**	**0,06**
A1 - Slite / Norr	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
A2 - Slite / Norr [1,0 km]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A3 - Slite / Norr	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03

Tabell 23 Elbehov från befintligt byggnadsbestånd 2022–2050 (GWh).

Zon	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Visby + Förorter	**211**	**211**	**211**	**211**	**211**	**211**	**211**
Småhus	16,63	16,63	16,63	16,63	16,63	16,63	16,63
Flerbostadshus	26,70	26,70	26,70	26,70	26,70	26,70	26,70
Lokaler (kommersiella, industri)	167,36	167,36	167,36	167,36	167,36	167,36	167,36
Klintehamn / Väst	**31**	**31**	**31**	**31**	**31**	**31**	**31**
Småhus	11,74	11,74	11,74	11,74	11,74	11,74	11,74
Flerbostadshus	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Lokaler (kommersiella, industri)	18,56	18,56	18,56	18,56	18,56	18,56	18,56
Hemse / Syd	**71**	**71**	**71**	**71**	**71**	**71**	**71**
Småhus	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42
Flerbostadshus	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Lokaler (kommersiella, industri)	48,32	48,32	48,32	48,32	48,32	48,32	48,32
Ljugarn / Öst	**29**	**29**	**29**	**29**	**29**	**29**	**29**
Småhus	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33
Flerbostadshus	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Lokaler (kommersiella, industri)	13,04	13,04	13,04	13,04	13,04	13,04	13,04
Roma / Mitten	**31**	**31**	**31**	**31**	**31**	**31**	**31**
Småhus	10,61	10,61	10,61	10,61	10,61	10,61	10,61
Flerbostadshus	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Lokaler (kommersiella, industri)	19,63	19,63	19,63	19,63	19,63	19,63	19,63
Slite / Norr	**52**	**52**	**52**	**52**	**52**	**52**	**52**
Småhus	20,26	20,26	20,26	20,26	20,26	20,26	20,26
Flerbostadshus	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Lokaler (kommersiella, industri)	30,05	30,05	30,05	30,05	30,05	30,05	30,05

Tabell 24 Elbehov för ny (tillkommande) bebyggelse 2025–2050 (GWh).

Zon	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Visby + Suburbs	**2,22**	**3,34**	**3,37**	**3,37**	**3,37**	**3,37**
Småhus	0,48	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Flerbostadshus	0,66	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
Lokaler (kommersiella, industri)	1,08	1,62	1,63	1,63	1,63	1,63
Klintehamn / West	**0,18**	**0,38**	**0,36**	**0,36**	**0,36**	**0,36**
Småhus	0,15	0,31	0,29	0,29	0,29	0,29
Flerbostadshus	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Lokaler (kommersiella, industri)	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Hemse / South	**0,48**	**0,9**	**0,9**	**0,9**	**0,9**	**0,9**
Småhus	0,33	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59
Flerbostadshus	0,06	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
Lokaler (kommersiella, industri)	0,10	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Ljugarn / East	**0,30**	**0,51**	**0,51**	**0,51**	**0,51**	**0,51**
Småhus	0,27	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Flerbostadshus	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Lokaler (kommersiella, industri)	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Roma / Middle	**0,24**	**0,40**	**0,40**	**0,40**	**0,40**	**0,40**
Småhus	0,19	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Flerbostadshus	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Lokaler (kommersiella, industri)	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Slite / North	**0,34**	**0,56**	**0,56**	**0,56**	**0,56**	**0,56**
Småhus	0,27	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Flerbostadshus	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Lokaler (kommersiella, industri)	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Bilaga 2 Restvärmekällor per region på Gotland

Tabell 25 Tillgång till restvärmekällor i MWh per år för låg- och högtempererad värme uppdelat per område på Gotland.

	Temperatur	Region	VIS	LGN	KLN	HEM	ROM	SLT
Industriell högtempererad restvärme*	>80°C	A1	0	0	7,8/ 7,8/ 0/ 0	0	0	15,8 / 15,8 / 576/ 576
		A2	0/51/ 51/ 51	0	0	0	0	0
		A3	0	0	0	0	0	0
Industriell lågtempererad restvärme **	20-60°C	A1	0	0	0	0	0	0/ 0/ 3024/ 3024
		A2	0	0	0	0	0	0
		A3	0/ 0/ 442 / 442	0	0/ 0/ 442 / 442	0	0/ 0/ 2,4/ 2,4	0/ 0/ 328/ 328
Datacenter, lågtempererad restvärme	17-25°C	A1	2,5	0	0	0	0	0
		A2	0	0	0	0	0	0
		A3	0	0	0	0	0	0
Livsmedelsbutiker, lågtempererad restvärme	70°C	A1	6,7	0	0,8	1	0	1
		A2	0,5	0,2	0	0	1	0
		A3	0	0,2	0	1,6	0,2	4,6
Kylsystem, lågtempererad restvärme	38-45°C	A1	9	0	0	0	0	0
		A2	0	0	0	0	3	0
		A3	0	3	9	0	3	0
Avloppsrening, lågtempererad restvärme	10-20°C	A1	19,4	0	0	0	0	0
		A2	0	0	2,8	0	0	0
		A3	0	0	0	0	0	2,8

Siffrorna anges på formatet 2020/ 2030/ 2040/ 2050 om de varierar över tid

* A1 i Klintehamn (KLN) representerar en befintlig industriell anläggning från vilken restvärme används i Klintehamns fjärrvärmesystem. A1 i Slite (SLT) motsvarar cementproduktion utan CCS (perioden innan 2030) och med CCS efter 2030. A2 i Visby (VIS) motsvarar restvärme från en solvärmeanläggning.

** A1 i SLT motsvarar cementproduktion med CCS. A3 i ROM och SLT är restvärmen från vätgasproduktion. I VIS and KLN är A3 restvärme från production av vätgas och ammoniak. Dessa restvärmekällor varierar beroende på scenario.

Bilaga 3 Modellering av energisystemscenarier

Scenario description and assumptions:
All scenarios are oriented towards reaching the climate target of net-zero CO2 emissions by 2040.

Tabell 26 Composition of the four main scenarios.

Scenario	DH type (Conv DH/ LTDH)	Non-residential building heat/ ELC demand change between 2020 - 2050		Industrial heat/ ELC demand change between 2020 - 2050	Residential building Heat/ ELC demand change between 2020 - 2050			
BAU		Yes	(On-shore, 2035, 380)	(2035, 30)	Yes	Population prognosis by Statista, combined with energy efficiency prognosis and climate change.		Population prognosis by Statista, combined with energy efficiency prognosis and climate change.
	VIS	(2031, 2*220)	Not fixed.	Not fixed.	-	-34%/ +1.7%	-	-20%/ +4%
	LGN	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.4%	-	-22%/ +3%
	KLN	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.4%	-	-6%/ +2.5%

	HEM	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.6%	-	-25%/ +3.1%
	ROM	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.5%	-	-25%/ +3%
	SLT	-	Not fixed.	Not fixed.	(Cement with CCS, A1, 378 @20-60grader, 72MW @>60 grader)	-35%/ +0.4%	0/ +640%	-27%/ +2.2%
IC		Yes	(On-shore, 2035, 380)	(2035, 30)	No			
	VIS	(2031, 2*220)	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.64%	-	-29%/ +1.35%
	LGN	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.13%	-	-30%/ +0.12%
	KLN	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.22%	-	-30%/ +0.15%
	HEM	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.26%	-	-28%/ +0.31%
	ROM	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.15%	-	-31%/ +0.21%
	SLT	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0%	-100%/ -100%	-31%/ 0
FHVY		Yes	(On-shore, 2035, 380)	(2035, 30)	Yes			
	VIS	(2031, 2*220)	(Off-Shore, 2029, 5500)	Not fixed.	(PV-T, A2, 67)	-33%/ +1.5%	Green house heat 10 MW, 40 GWh/ 10MW ELC demand	-9%/ +7.1%

					(Hydrogen, A3, 60) (Ammonium nitrate, A3, 3)			
	LGN	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.24%	-	-22%/ +3%
	KLN	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.4%	-	-6%/ +2.5%
	HEM	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.45%	-	-25%/ +3.1%
	ROM	-	Not fixed.	(Solar PV, 2024, 3.5)	(Hydrogen, A2, 0.3)	-35%/ +0.27%		-25%/+ 3%
	SLT	-	(Off-Shore, 2033, 3900)	Not fixed.	(Cement with CCS, A1, 378@20-60grader, 72MW @>60 grader) (Hydrogen, A3, 60)	-35%/ +0.32%	Green house heat 10 MW, 40 GWh/ 10MW ELC demand 0/ +640%	-27%/ +2.2%
IK		No	(On-shore, 2035, 380)	(2035, 30)	Yes			
	VIS	-	Not fixed.	Not fixed.	(Solar PV-T, A2, 67)	-33%/ +1.5%	-	-12%/ +6.5%

	LGN	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.24%	-	-2%/ +3%
	KLN	-	(Off-Shore, 2029, 5500)	Not fixed.	(Hydrogen, A3, 60) (Ammonium nitrate, A3, 3)	-35%/ +0.52%	Green house heat 10 MW, 40 GWh/ 10MW ELC demand	+18%/ +4.8%
	HEM	-	Not fixed.	Not fixed.	-	-35%/ +0.45%	-	-25%/ +3.1%
	ROM	-	Not fixed.	(Solar PV, 2024, 3.5)	(Hydrogen, A2, 0.3)	-35%/ +0.27%		-5%/ +3%
	SLT	-	(Off-Shore, 2033, 3900)	Not fixed.	(Cement with CCS, A1, 378@20-60grader, 72MW @>60 grader) (Hydrogen, A3, 60)	-35%/ +0.32%	Green house heat 10 MW, 40 GWh/ 10MW ELC demand 0/ +640%	-27%/ +2.2%

Abbreviations: Conventional district heating (Conv DH), Low-temperature district heating (LTDH),

Bilaga 4 Hållbarhetsaspekter

Tabell 27 Bruttolista över hållbarhetsaspekter som har bedömts som relevanta för projektet.

Kategori	Aspekt	Kommentar/exempel
Sociala	Jobbskapande	Antal och typer av jobb som skapas, bibehållande av jobb, lönenivåer, anständiga arbetsvillkor
	Effekter på lokalsamhälle	Nytta för lokalsamhället, skatteintäkter, fördelning av välstånd, effekter på natur och kulturarv
	Inkludering	Rättvisa, jämställdhet, mångfald, inkludering, engagemang i lokalsamhället, inkludering i beslutsfattande
	Hälsa och säkerhet	Hälsa på arbetsplatsen och i samhället
Ekonomiska	Ekonomisk bärkraft och risk	Kort – och långsiktigt
	Teknologisk utveckling	Teknikutveckling, innovation och nya företag, produkter och tjänster, förstärkning av den lokala kompetensbasen
Miljö	Vattenrelaterade aspekter	Tillgång till vatten, risk för övergödning och försurning
	Klimatförändringar	Utsläpp av växthusgaser, klimatanpassning
	Resursförbrukning	Resursförbrukning, abiotisk utarmningspotential, kemiska risker, cirkulär potential, regenerativa produkter

Preciserade till nästa steg (workshop): Vad finns det för möjligheter och risker i scenarierna.

Tabell 28 Preciseringar av respektive hållbarhetsaspekt.

Kategori	Aspekter
Sociala	• Jobbskapande, / jobbtillfällen • Social acceptans för etableringar • Lokala samarbeten • Attraktionskraft: Gotlands förmåga att locka till sig och behålla nya invånare
Ekonomi och samhälle	• Säkerhetsläge och infrastruktur • Konkurrens om utrymme till havs (havsbaserad vindkraft vs militära intressen) • Självförsörjning (ö-perspektivet) • Innovationsmiljö för framtida samhällsekonomisk utveckling • Påverkar det andra näringsgrenar, t.ex. turism, jordbruk eller fiskenäring
Miljö	• Vattenanvändning • Resursanvändning • Påverkan på djurliv • Övergödning och försurning • Markanspråk och konkurrens om mark

Bilaga 5 Riskmatris

Tabell 29 Enkätsvar samlade under workshopen for alla Deltagare (D), med respektive värderingar (1-5) för riskers Sannolikhet (S), och Konsekvens (K).

	D #1		D #2		D #3		D #4		D #5		D #6		D #7		D #8	
Externa riskfaktorer, utanför samarbetet	**S**	**K**	**S**	**K**	**S**	**K**	**S**	K	S	**K**	**S**	**K**	**S**	**K**	**S**	**K**
Kommunalt stöd saknas eller är osäkert (påverkar planprocess mm)			3	5	2	4	1	5	3	5	1	1			5	5
Brist på tekniskt kunnande	3	5	3	5	3	3					3	2	4	4	2	4
Otydliga regler/regelverk			2	4	4	5					3	3	5	3	5	4
Tidslinjen blir förlängd (pga tillståndsprocesser, rättigheter att utnyttja marken etc)			4	5	5	5	5	5	5	3	3	5	4	3	5	3
Riskfaktorer relaterade till EUs taxonomi																
Företag faller ej under tillämpningsområdet för Corporate Sustainability Reporting (CSRD) och vill ej volontärt följa rapporteringsskyldigheterna			3	3							2	3	3	3	1	2
Värmesamarbetet ger inte ett väsentligt bidrag till minst ett miljömål			1	1	2	2	4	3	4	3	1	1			1	1
Samarbetet gör betydande skada (DNSH) för något av de andra fem miljömålen			1	1	2	2	1	1	4	3	1	5			1	3
Samarbetet överensstämmer ej med minimisäkerhetsgarantier			1	1	3	4					1	1			3	3
De tekniska screeningskriterierna som anges i de delegerade akterna för taxonomi uppfylls ej			1	1							1	1			3	3
Den ekonomiska aktiviteten är ej associerad med NACE kod D35.30			1	1							1	1			2	3

Interna riskfaktorer, inom samarbetet																
Uppdaterade industriella processer som tar bort den spillvärmegenererande processen			2	5	4	5	5	4	3	4	1	1			1	1
Tekniska problem med värmepump			2	2	2	2					1	1			1	1
Intern användning av värmen istället för att sälja den			1	1	1	3					1	3			1	3
Små värmevolymer			1	1	1	1					1	3			1	3
Den industriella verksamheten (kärnverksamheten) upphör			1	1	3	5					1	1			1	1
Värmemottagaren investerar i andra lösningar			2	5	3	5					3	3			3	3
Svårt att komma överens om pris			1	1	2	5					1	1			1	1
Oförutsägbar värmetillförsel			1	1	1	2					1	1			1	1
Energi är inte en kärnverksamhet			1	1	2	1	5	3	4	2	1	1			1	1
Spillvärme är den enda eller huvudsakliga källan till värme			1	1	1	5					5	1			5	1
Ökade kostnader för bränsleberedskap (för att ha beredskap för utebliven leverans av spillvärme)			2	2	4	5					1	1			1	1
Samarbetsparterna har stor skillnad i organisationens storlek.			1	1	1	1					3	1			3	1
Värmen kommer från verksamhet med obeprövad teknik (ökad risk för avbrott)			2	1	2	4					1	3			1	3
Samarbetsparterna har olika kärnvärden.			3	5	3	3	3	4	4	2	3	1			3	1
Skada uppstår, exempelvis på miljö			1	3	2	4					1	1			1	1
Negativt anseende, pga att andra intressen störs (t ex rekreation)	3	4	1	1	3	3					1	1			1	1
Samarbetspart har skakig ekonomi eller ägarstruktur			1	1	3	4	3	3	3	5	1	3			1	3

Tabell 30 Enkätsvar samlade via e-post for alla Deltagare (D), med respektive värderingar (1-5) för riskers Sannolikhet (S), och Konsekvens (K).

	D #1			D #2			D #3		D #4		
Externa riskfaktorer, utanför samarbetet	**S**	**K**	**Kommentar**	**S**	**K**	**Kommentar**	**S**	**K**	**S**	**K**	Kommentar
Kommunalt stöd saknas eller är osäkert (påverkar planprocess mm)	1	1	Projektet har inte sökt stöd ifrån kommunen	5	5	Det kommunala planmonopolet och vetot kan helt soppa planerad verksamhet. Dessutom kan mycket dyra förseningar uppstå.	1	3	2	4	Kommunalt stöd är viktigt för våra projekt
Brist på tekniskt kunnande	3	2	Till viss del ny teknik, utbildning behövs	4	2	Utbildning och information.	1	3	2	3	Inga kommentarer
Otydliga regler/regelverk	3	3	Ny teknik	5	5	Ökar risken i projekt.	2	2	2	3	Ibland otydliga regler/krav från investerare kan påverka projekt
Tidslinjen blir förlängd (pga tillståndsprocesser, rättigheter att utnyttja marken etc)	3	5		5	5	Fördyrningar som kan omöjliggöra projekt.			5	4	Baserade på WA3RM första projekt, detta kan påverka projekt ganska mycket och har hög sannolikhet
Riskfaktorer relaterade till EUs taxonomi (se Powerpoint som förklarar vad detta är)											
Företag faller ej under tillämpningsområdet för Corporate Sustainability Reporting (CSRD) och vill ej volontärt följa rapporteringskyldigheterna	2	3		5	1	Icke tvingande för mindre företag	1	2	3	3	WA3RM behöver inte rapportera enligt EU CSRD, och vissa projekt samarbetare måste rapportera men vet inte hur detta är en risk till oss. Kanske det kan även hjälpa mer företag tänker på hur de kan återvinna restströmmar.

Värmesamarbetet ger inte ett väsentligt bidrag till minst ett miljömål	1	1	Betydande miljövinster	2	2	Ekonomi är viktigare än miljömålen för genomförandet.	2	2	1	3	Värmesamarbetet kommer att bidra till ett eller flera miljömål
Samarbetet gör betydande skada (DNSH) för något av de andra fem miljömålen	1	5		1	5	Genomförbarhetshinder	1	3	3	4	Detta kan bli en risk, eftersom sådana stora restvärme projekt kan kräva mycket mark, energi, vatten, infrastruktur, osv
Samarbetet överensstämmer ej med minimisäkerhetsgarantier	1	1		1	5	Genomförbarhetshinder			2	4	Beroende på vilka EU Taxonomin aktivitet vi fokus på, det finns jättemånga minimisäkerhetsgarantier
De tekniska screeningskriterierna som anges i de delegerade akterna för taxonomi uppfylls ej	1	1		1	5	Genomförbarhetshinder	2	2	2	4	Beroende på vilka EU Taxonomin aktivitet vi fokus på, det finns många EU Taxonomin screeningskritierier
Den ekonomiska aktiviteten är ej associerad med NACE kod D35.30	1	1	Alla inom EU för anläggningen relevanta krav och certifieringsstandarder ställs inom projektet	1	5	Genomförbarhetshinder			1	2	Om WA3RM projekt är fokuserade på restvärme, de kommer att vara associerad med NACE kod D35.30
Interna riskfaktorer, inom samarbetet											
Uppdaterade industriella processer som tar bort den spillvärmegenererande processen	1	1	Anläggningen är beroende av att kylningen/fjärrvärmeleveransen sker fortsatt, om detta installerades ifrån start.	5	1	Icke tvingande för mindre företag	1	2	2	4	Inom Europa, industriella processer är redan ganska effektiva
Tekniska problem med värmepump	1	1		2	2	Ekonomi är viktigare än miljömålen för genomförandet.	2	2	1	3	WA3RM restvärme projekt beroende på värmepumpar
Intern användning av värmen istället för att sälja den	1	3	Tilläggsinvestering av kyltorn eller annat behövs.	1	5	Genomförbarhetshinder	2	2	3	4	WA3RM projekt kan vara fokuserande på restvärme, eller andra restprodukter
Små värmevolymer	1	3	Tilläggsinvestering av kyltorn eller annat behövs.	1	5	Genomförbarhetshinder	2	2	3	3	WA3RM projekt behöver ganska hög temperatur restvärme

Den industriella verksamheten (kärnverksamheten) upphör	1	1	M h t omvärldens behov av vätgasbaserade förnybara bränslen utgör detta en låg risk.	1	5	Genomförbarhetshinder	2	2	2	5	WA3RM projekt behöver ganska stabil industrisamarbetare, med stabila aktiviteter/restvärme
Värmemottagaren investerar i andra lösningar	3	3	Möjlighet/Risk som brukar styras av prissättning hos värmeproducenten samt strategiska beslut.	1	5	Genomförbarhetshinder	3	2	3	4	Inga kommentarer
Svårt att komma överens om pris	1	1	Avseende anläggningens låga produktionskostnad vs biobränslen mm.	5	1	Icke tvingande för mindre företag	3	2	3	3	Beroende på varje avtal/projekt
Oförutsägbar värmetillförsel	1	1	Baserat på att det finns värmelager + e-bränsle i solvärmeanläggningen.	2	2	Ekonomi är viktigare än miljömålen för genomförandet.	2	2	3	4	Det kan påverka WA3RM projekt mycket, och våra operatörer av våra projektanläggningar
Energi är inte en kärnverksamhet	1	1	Energi är kärnverksamheten	1	5	Genomförbarhetshinder	4 *	1 *	1	1	WA3RM bara jobbar med projektsamarbetare som har relevanta reströmmar (värme, osv)
Spillvärme är den enda eller huvudsakliga källan till värme	5	1		1	5	Genomförbarhetshinder	1	1	3	4	WA3RM projektanläggningar kan ha också reserv värmesystem
Ökade kostnader för bränsleberedskap (för att ha beredskap för utebliven leverans av spillvärme)	1	1	Egen bränsleproduktion	1	5	Genomförbarhetshinder	2	2	3	4	Inga kommentarer
Samarbetsparterna har stor skillnad i organisationens storlek.	3	1	Idag okänt hur mycket kapacitet som kan uppföras m h t andra parters beslut	1	5	Genomförbarhetshinder			4	2	Inga kommentarer
Värmen kommer från verksamhet med obeprövad teknik (ökad risk för avbrott)	1	3	Solvärmeteknik är äldre och beprövad teknik sedan många år, medan elektrobränsleteknik är nytt.	5	1	Icke tvingande för mindre företag	2	2	1	4	WA3RM projekt behöver ganska stabil industrisamarbetare, med stabila aktiviteter/restvärme
Samarbetsparterna har olika kärnvärden.	3	1		2	2	Ekonomi är viktigare än miljömålen för genomförandet.	4	1	1	4	WA3RM bara jobbar med projektsamarbetare som har samma fokus på hållbarhet/ESG
Skada uppstår, exempelvis på miljö	1	1	Kända hanteringsprocesser inom industriell verksamhet	1	5	Genomförbarhetshinder	2	3	2	4	WA3RM måste akta om hur vi påverka skogen, biologisk

											mångfald, vatten, osv med våra stora projekt
Negativt anseende, pga att andra intressen störs (t ex rekreation)	1	1	Beror på lokalisering, bör hanteras i strategier och samråd osv	1	5	Genomförbarhetshinder	2	2	2	4	WA3RM måste akta om hur vi påverka skogen, biologisk mångfald, vatten, samhället, osv med våra stora projekt
Samarbetspart har skakig ekonomi eller ägarstruktur	1	3	Kan vara en risk om projekten och avtal mm hanteras på fel sätt.	3	2	Beror på partners funktion i samarbetet. Bra lösningar kommer hitta annan finansiering/ägare.	2	3	2	4	WA3RM försöka att jobba med projektsamarbetare som har bra finansiell status

*Värmeenergi är inte kärnverksamhet

Tabell 31 Sammanfattning av diskussion om risker under workshopen.

Risk #	Vad orsakar risken?	Konsekvens?	Hur lösa?
1	T.ex. Heidelbergs CCS behöver högvärdig värme, bara lågvärdig värme kvar	Kan inte leverera värme alls eller till rätt temperatur	Om lägre temp, sänka temp i nätet; Gör saker i rätt ordning; Långsiktighet i investeringar
1	Målkonflikt. Företag vill energieffektivisera, men då försvinner spillvärme - tillgången för kunden. OBS! Men motsatsen är också viktig, risk om företag inte effektiviserar.	Hindrar eventuellt företaget/säljaren att göra förbättringar/effektiviseringar om avtalet för spillvärme hindrar	Avtalsskrivningen, ersättningsklausuler
4	Utebliven styrning av spillvärmesamarbeten; För små värme volymer för att investera; Om miljönytta - vem kan betala?	Affärsmöjligheter uteblir	Ska kosta att göra fel! (uteblivna dispenser); Identifiera den som betalar för den gemensamma miljönyttan
7	övervärdering i pris (när efterfrågan uppstår)		
8	För stor variation	Det oförutsägbara gör samarbetet ointressant	Engagera fler parter i samarbetet (ha en plan B, C, osv); Back-up även utanför det egna bolaget
9	Bristande intresse; Nedprioritering av frågan		Skapa avtal om samarbetet med utrymme för förändring; Skapa förståelse för varandras samarbeten
9	Energi ej kärnverksamhet	Saknas energikompetens; Prioritering av kärnverksam-tid, -investeringsmedel; Om obalans i kunskapsnivå mellan partners där den ena har energikompetens och den andra inte, kan leda till misstro.	Få in konsult; Energiföretag går in som tredje part Myndighetenskrav; Joint venture; Energirådgivning.

13	Sitter fast i sina budgetar; Bristande planering för avbrott kompetensfråga vid avbrott (orsak & åtgärd); Man låter "fel" gå för långt innan åtgärd – kompetensfråga; "vi har exporterat kunnande, nu importerar vi teknik från företag som inte har grundkunskapen"	Muttrande; … i samarbetet	Teknisk kunnande; Samordna planering för alla faser; Stora värmelager för att hinna reparera; Modularisera systemet - om en faller ifrån finns fler
14	Motstående miljö/hållbarhets-intressen (t.ex. fossilfritt vs förnybart; eller olika miljöprofil); Olika systems gräns geografiskt, t.ex. Heidelbergs lokala miljöpåverkan	Vill inte samarbeta	Hitta minsta gemensamma kammare? Tredje part som kan jobba med båda
15	Ansvaret oklar för t.ex. sanering; Även relaterat till miljö - efter 40 år vet ingen hur produkterna ska återvinnas	Skada på miljö; Inte säkert på att man kan återställa; Försäkringsfrågor - svårighet att få återförsäkring	Försäkringsklausuler
17	Ny bransch; Ny teknik; Bransch med osäkra intäkter; Policy för bransch är osäker; Nya företag; Osäkra råvarpriser; Ex. havsbaserad vind	Om man insett detta: mindre omfattande samarbete pilot; Större försiktighet; Ingen värmeleverans enligt plan	Förebygg med branschkunskap; "Äktenskaps-förord" ex. exitklausul
18	Motstående intressen. Finns många på Gotland!; Flaskhals med bemanning på kommunen, om mycket ska göra samtidigt.	Försening av bygget; Finns ingenstans att bygga. Ex Visby svårt att växa åt något håll. Även Klintehamn och Slite.	Kommuner stödjer fjärrvärme planmässigt> Förordar fjärrvärme vid nybyggnation; Lagkrav att svara inom 10v på bygglov; Om man är förberedd, kan annan planera upp. God framförhållning.

19	Signalen om behoven kommer inte fram till utbildningsväsendet; Bristande planering, både inom företagen och det offentliga ofta mindre bolag som har behoven - lever "här och nu"; Man har inte i tid sett behoven, inte gjort panering, inte kompetensutveckling av personal; Budgeteringsfel; Olika kompetens som behövs vid installation och drift - man fokuserar på första fasen för mycket.	Stoppa hela utbygganden; kostsamma och fördröjda processer; Satsningar fallerar over tid då man inte planerat för drift och underhåll; Saknas personal för storskaliga utbyggnader	Överhörning och dialog mellan olika ansvarsområden (över olika sakområden inom regionen); Investering; Planera; En scenariomodell som kan hjälpa oss att beräkna behovet av olika typer av kompetenser
19	Delvis ny teknik i hela systemet; Från avtal till ROI; Brist på förståelse för processen från produktion till slutanvändaren; Missmatch …?; Tänkbar leverantör inser ej möjligheten	Inget tillvaratagande av restvärme, samarbetet bir ej av!; Negativ inverkan på varumärket; Miljömässig konsekvens: slöseri	Projektsamarbeten; På sikt kommer problemet/risken att lösas; Löpande dialoger; Utbildningar - snabbfotade! Exempelvis inom Yrkeshögskoleutbildningarna
20	Generella regler svåra att tillämpa i verksamheterna	Hög kostnad/ investering; Miljöfusk - leder till konkurrens på olika villkor	Svårt…
20	Många olika aktörer som ofta är inblandade i samarbete; Guiderna kommer från respektive instans, aktörer måste gå till/titta på alla; Privat aktör inte samma försörjningsansvar som en offentlig; Många unika fall. Det saknas regelverk som	Väl genomarbetade avtal ger större trygghet, men här blir det många kreativa avtal; Tar väldigt långt tid; Skapar osäkerhet, "har vi missat något?" osäkerheter i vad man får göra och in, t.ex. skatter.; Flaskhals?	Tillgängliggöra stöd och verktyg Göra det enklare att ta sig igenom ansökningsprocessen, fylla i dokument, osv.; Samordning mellan producent och köpare, dvs "mäklare".

	täcker alla samarbeten		
21	Tillståndsprocesser långa (ex havsvind) även för nya industrier och ledningsdragning; Komma överens.; Ersättning för mark; Överlappar med 18; Motstånd från markägare, för ledningsdragning Utsikt; Odlingsmark hinder att köra med traktor runt stolpar.	Kanske inte blir av, ger upp; Fördyrning.	Förlägga ledningen parallellt där det redan finns; Hålla sig bortom gräns för kulturbyggnader.
23	OM fossilbaserad industri inte har taxonomi-giltig spillvärme; Dagens fjärrvärme är redan Co2 neutralt	Klassas ej som grön i taxonomin	
24	Ny industri minskar naturkapitalet; Stigande havsnivå påverkar ledningsdragning; Klimatanpassning.		Bygg på "fulmark" t.ex. gamla kalkbrott; Planering för höjd havsnivå. Gotland översiktsplan har tagit hänsyn till 2m-höjning.

STOCKHOLM
Box 21060, 100 31 Stockholm

GÖTEBORG
Box 53021, 400 14 Göteborg

MALMÖ
Nordenskiöldsgatan 24
211 19 Malmö

KRISTINEBERG
(Center för marin forskning och innovation)
Kristineberg 566
451 78 Fiskebäckskil

SKELLEFTEÅ
Kanalgatan 59
931 32 Skellefteå

BEJING, CHINA
Room 612A
InterChina Commercial Building No.33
Dengshikou Dajie
Dongcheng District
Beijing 100006
China

© IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB | Tel: 010-788 65 00 | www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem