

Teknologiska innovationssystem inom energiområdet

En sammanfattning av rapporten "Teknologiska innovationssystem inom energiområdet: En praktisk vägledning till identifiering av systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden "

ER 2014:31

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas via
www.energimyndigheten.se
Orderfax: 08-505 933 99
e-post: energimyndigheten@cm.se

© Statens energimyndighet

ER 2014:31

ISSN 1403-1892

Förord

Energimyndigheten har i regleringsbrevet för budgetåret 2013 fått i uppdrag att genomföra analyser på energiområdet enligt metoder för så kallade teknologiska innovationssystem (inklusive tjänster).

Syftet med uppdraget är att kartlägga, analysera och diagnostisera innovationssystem för att identifiera systemets styrkor och svagheter, exempelvis olika drivkrafter eller hinder för utveckling och kommersialisering. Uppdraget ska också ge underlag för inriktning på fortsatt analysverksamhet. En viktig fråga i analyserna är att klargöra vilka svagheter som kan åtgärdas av systemets aktörer och vilka som motiverar ett särskilt politiskt åtagande med avrapportering senast den 31 december 2014. Uppdraget redovisas kortfattat i denna sammanfattning till rapporten ”Teknologiska innovationssystem – en praktisk vägledning för identifiering av systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden inom energiområdet”.

Arbetet har skett genom samarbete med SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Chalmers Tekniska Högskola, Lindköpings universitet och Lunds universitet. Från Energimyndigheten har följande personer deltagit: Anders Holmgren, Alice Kempe, Jonas Lindmark, Andreas Gustavsson, Tobias Walla, Magnus Henke, Mats Bladh, Susanne Karlsson och Ulf Malmquist.

I arbetet med uppdraget har även en referensgrupp deltagit bestående av Elisabeth Lidbaum, Näringsdepartementet, Karla Anaya-Carlsson, VINNOVA samt Bengt Boström och Mikael Fjällström från Energimyndigheten.

För arbete med information och redigering har Louise Quistgaard, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, och Gunilla Strömberg, Energimyndigheten, deltagit.

Erik Brandsma
Generaldirektör

Ulf Malmquist

Sammanfattning

Syftet med denna rapport är att illustrera hur ett praktiskt inriktat ramverk, teknologiska innovationssystem (TIS), kan användas av analytiker och beslutsfattare vid departement och myndigheter för att analysera strategiskt viktiga teknikområden samt identifiera systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden.

I rapporten analyseras fem TIS centrerade kring havsbaserad vindkraft, marin energi, solceller, elektrifierade tunga fordon och bioraffinaderier. För varje TIS identifieras systemsvagheter som bromsar områdets vidare utveckling, vilka som kan åtgärdas av systemets aktörer och vilka som motiverar särskilda politiska åtaganden. Rapporten utgör därmed ett underlag för att formulera åtgärder för att åstadkomma ökad innovation, teknikspridning och industrialisering inom ovan nämnda teknikområden.

Studien har även möjliggjort en jämförande analys av likheter och skillnader mellan flera teknikområden, och därmed stärkt möjligheten att dra slutsatser för både analytiker och beslutsfattare. Det framgår tydligt att det finns stora skillnader mellan områdena – de är starka respektive svaga av olika orsaker. Detta visar att tekniks specifika analyser, liksom tekniks specifika åtgärder, är motiverade.

Samtidigt har områdena gemensamma drag. Systemets aktörer, där även politiska beslutsfattare ingår, har t.ex. varit bra på att ta fram ny kunskap genom forskning och experimentell utveckling, vilket resulterat i nya tekniklösningar och kunskapsnätverk. Men de har varit sämre på att skapa tidiga nischmarknader som ger utrymme för fortsatt lärande och kostnadsreduktion. Sådana nischer kan ibland skapas av marknadens aktörer, men ofta krävs politiska styrmedel. De behövs för att investeringar i kunskapsutveckling ska kunna nyttiggöras och för att en bred industriell utveckling inom nya områden skall göras möjlig i Sverige.

Vidare presenteras lärdomar kring vad en aktiv teknikpolitik innebär. Två huvudargument som förs fram är att framväxten av ny teknik är en central del av samhällsbygget och därför bör vara ett politikområde bland många samt att den skarpa uppdelningen som ibland görs mellan ”tekniks specifika” och ”teknikneutrala” styrmedel bör avdramatiseras. I stället befinner sig alla styrmedel på en skala mellan dessa två extremer och olika typer av mer specifika och mer neutrala stöd behövs i olika faser av innovationssystemets utveckling.

För att lyckas med en aktiv teknikpolitik behövs en hög grad av koordinering mellan myndigheter och departement samt specifik kunskap om framväxande teknikområden så att ”rätt” typ av åtgärder kan sättas in vid ”rätt” tidpunkt av ”rätt” aktör. TIS-ramverket lyfts här fram som en metod för att skapa ett sådant underlag. Slutligen presenteras en metod för projektbedömningar som syftar till att stötta handläggare i utvärderingar av projekt inom nya teknikområden.

Rapporten i sin helhet riktar sig särskilt till beslutsfattare och handläggare vid myndigheter, departement och politiker, men även andra organisationer och individer med intresse av att högt ställda klimatmål ska kunna nås samtidigt som en positiv näringslivsutveckling möjliggörs.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
2	Analys av teknologiska innovationssystem	3
2.1	Bakgrund till TIS	3
2.2	Analysgång för att identifiera svagheter	4
2.3	Policyrelevans	8
3	Empiriska mönster	9
3.1	Utvecklingsfas och mål	9
3.2	Starka och svaga funktioner i förhållande till målen	11
3.3	Systemsvagheter	14
4	Teknikpolitiska lärdomar	16
4.1	Ett pragmatiskt förhållningsätt till teknikpolitik	16
4.2	Styrmedelsportföljens utformning	16
4.3	Koordinering av teknikpolitiska insatser	18
4.4	En dynamisk och lärande syn på styrmedel	18
5	Ett systemperspektiv på projektbedömning	20
6	Slutsatser och rekommendationer	22
7	Referenser	24

1 Introduktion

Enligt regleringsbrevet för budgetåret 2013 ska Energimyndigheten genomföra så kallade ”teknologiska innovationssystemsanalyser”.

”Statens energimyndighet ska genomföra analyser på energiområdet enligt metoder för s.k. teknologiska innovationssystem (inklusive tjänster). Syftet med uppdraget är att kartlägga, analysera och diagnostisera innovationssystem för att identifiera systemets styrkor och svagheter, t.ex. olika drivkrafter eller hinder för utveckling och kommersialisering. Uppdraget ska också ge underlag för inriktning på fortsatt analysverksamhet. En viktig fråga i analyserna är att klargöra vilka svagheter som kan åtgärdas av systemets aktörer och vilka som motiverar ett särskilt politiskt åtagande.”

Mot denna bakgrund är syftet med föreliggande rapport att illustrera hur ett praktiskt inriktat analytiskt ramverk; teknologiska innovationssystem (TIS), kan användas av analytiker och beslutsfattare vid departement och myndigheter för att analysera strategiskt viktiga teknikområden och identifiera systemsvagheter, vilka som kan åtgärdas av systemets aktörer och vilka som motiverar särskilda politiska åtaganden.

I rapporten analyseras utvecklingen av havsbaserad vindkraft, marin energi, solceller, elektrifierade tunga fordon samt avancerade bioraffinaderier. De är strategiskt viktiga områden vars framväxt delvis har prioriterats av Energimyndigheten och inom vilka Sverige bedöms ha goda möjligheter att utveckla en konkurrenskraftig och exportorienterad industri.¹ För vart och ett av områdena presenteras specifika slutsatser med avseende på vilka systemsvagheter som bromsar områdets vidare utveckling och vilken typ av politiska åtaganden som kan krävas för att åtgärda dessa svagheter. Åtgärdernas utformning ligger dock utanför detta uppdrag.

Vidare diskuterar rapporten mer generellt hur en aktiv teknikpolitik, som även innefattar koordinering av beslut vid olika myndigheter och departement, kan bidra till framväxten av nya teknikområden. En nödvändig förutsättning för att kunna bedriva en sådan politik är att berörda beslutsfattare har en tillräcklig förståelse för systemets dynamik för att kunna avgöra om särskilda politiska åtaganden är motiverade och, när så är fallet, kunna skapa rätt förutsättningar vid rätt tidpunkt. TIS-ramverket är en metod för att skapa en sådan förståelse.

Rapporten riktar sig främst till beslutsfattare och handläggare på Energimyndigheten, Miljödepartementet och Näringsdepartementet, men även till andra myndigheter, politiker, organisationer och individer som har ett intresse av

¹ För en mer utförlig beskrivning av hur områdena valts ut, se huvudrapporten ”Teknologiska innovationssystem inom energiområdet, ER 2014:23” samt förstudien (Hellsmark m. fl., 2013).

att högt ställda klimatmål ska kunna nås samtidigt som en positiv näringslivsutveckling möjliggörs.

Rapporten beskriver först bakgrunden till den metodologiska ansatsen TIS och hur den kan användas för att identifiera systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden (se kapitel 2). Kapitel 3 sammanfattar resultaten från analyserna av de olika fallstudier som genomförts samt beskriver generella empiriska mönster och lärdomar från dem. I kapitel 4 sammanfattas ett antal lärdomar kring vad en aktiv teknikpolitik innebär och i kapitel 5 presenteras en sammanfattning av ett systemperspektiv på projektbedömningar. Rapporten avslutas med kapitel 6 som innehåller övergripande slutsatser och rekommendationer till myndigheter och departement kring hur de skulle kunna bygga vidare på arbetet som genomförts i denna studie.

Föreliggande rapport är en sammanfattning av en längre huvudrapport – Teknologiska innovationssystem inom energiområdet, ER 2014:23. I huvudrapporten ges en mer omfattande vägledning till hur ramverket kan tillämpas i praktiken, en detaljerad analys av de olika teknikområdena, och mer utförliga diskussioner kring teknikpolitik och projektbedömningar.

2 **Analys av teknologiska innovationssystem**

2.1 **Bakgrund till TIS**

Teorin och metoderna för analys av teknologiska innovationssystem (TIS) utvecklades med start i slutet av 1980-talet. Ansatsen tar sin teoretiska avstamp i den evolutionära och institutionella ekonomin (Nelson och Winter, 1982; North, 1990) och sätter därmed institutioner och interaktivt lärande (Lundvall, 1992) i centrum. Ramverket har utvecklats av akademiker med bakgrund inom ekonomi, sociologi, teknikhistoria, ekonomisk geografi och ingenjörsvetenskap. I en delvis parallell process har praktiker vid myndigheter och inom politiken drivit på utvecklingen för att få tillgång till ett redskap som kan identifiera verkningsfulla styrmedel (Sharif, 2006; Carlson m.fl., 2010).

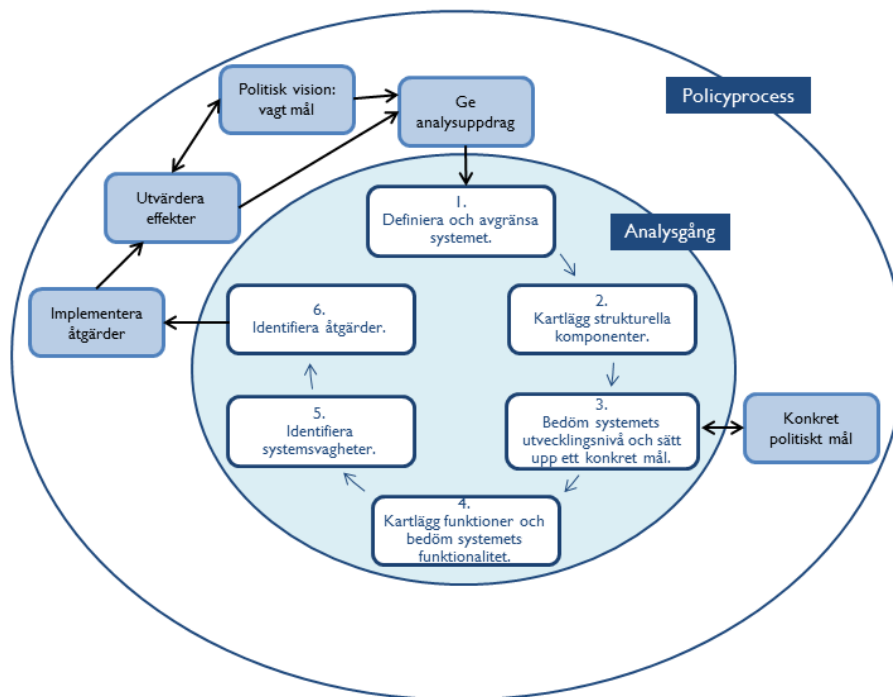
Ett TIS kan definieras som ”... en uppsättning nätverk av aktörer och institutioner som tillsammans samverkar inom ett specifikt teknikområde och bidrar till utveckling, spridning och utnyttjande av varianter av en ny teknik och/eller ny produkt” (Markard och Truffer, 2008, s. 611, vår översättning). Sådana system kan avgränsas utifrån ett kunskapsfält eller en produkt som används inom ett eller flera tillämpningsområden. Ett TIS kan mycket väl vara globalt, men ofta tillämpas nationella systemgränser, antingen därför att det finns en tätare nationell samverkan eller för att resultaten vänder sig till nationella beslutsfattare.

I en tidig fas är alla innovationssystem svaga och en vidare utveckling och spridning av tekniken hindras av ett antal systemsvagheter. Vissa av dem kan hanteras av tekniknära aktörer i innovationssystemet, t.ex. nya eller etablerade företag och forskare. I andra fall krävs insatser av myndigheter och politiker, som även de blir en sorts aktörer i systemet men med en unik uppsättning styrmedel till sitt förfogande. Sådana interventioner kan vara avgörande för att utveckla teknikområden som är av strategisk vikt av sociala, miljömässiga eller andra samhällsekonomiska skäl, och där hindren för utveckling ligger utanför andra aktörers räckvidd.

TIS-ansatsen syftar till att öka den generella förståelsen för innovationsprocesser och att ge underlag för välgrundade innovationspolitiska beslut genom att identifiera olika systemsvagheter. Ansatsen erbjuder därför politiska beslutsfattare på olika nivåer ett alternativ till det perspektiv som utgår från begreppet ”marknadsmislyckande” och som traditionellt förespråkats inom stora delar av den ekonomiska vetenskapen (Klein Woolthuis m.fl., 2005). Genom att utgå ifrån systemsvagheter erhålls en bredare och djupare problembeskrivning, bredare i det avseendet att fler typer av svagheter tas med, och djupare genom att deras orsaker och konsekvenser kan följas i flera led.

2.2 Analysgång för att identifiera svagheter

Analysen av ett teknologiskt innovationssystem ska ses som en del av en större policyprocess (se figur 1). Innan analysen utförs har vanligen en politisk vision eller ett vagt mål för teknikens utveckling resulterat i att någon har fått i uppdrag att analysera TIS:et. Efter analysen implementeras (eventuellt) de åtgärder som analysen resulterar i. Åtgärdernas effekter utvärderas i förhållande till visionen, vilket kan resultera i nya visioner och analysuppdrag. I detta avsnitt diskuteras dock inte dessa för- och efterled närmare, utan fokus ligger på de steg som ingår i själva analysarbetet, d.v.s. de som finns i den inre cirkeln i figur 1.



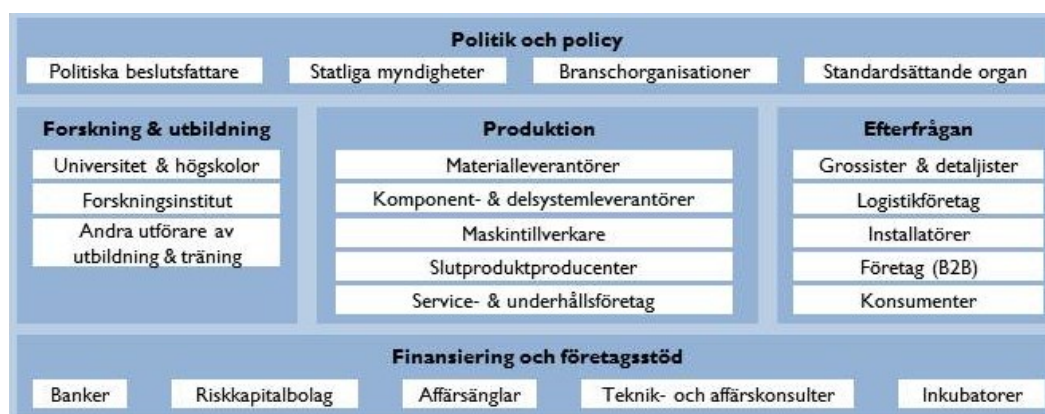
Figur 1: Översikt över analysgången och dess policykontext.

Steg 1

Det första steget i analysen är att definiera och avgränsa det teknologiska innovationssystem som ska analyseras, d.v.s. avgöra vilken teknik och vilka aktörer, nätverk och institutioner som utgör komponenter i det system man vill studera och vilka som istället ska ses som del av systemets omgivning. I princip handlar systemavgränsningen om att definiera vilket teknikområde som står i fokus, men även om att bestämma om det ska definieras med utgångspunkt i ett generiskt kunskapsområde, en produkt eller ett eller flera tillämpningsområden. Vilken avgränsning som görs beror i första hand på syftet med analysen och systemgränsen kan behöva revideras under analysens gång (Bergek m.fl., 2008a).

Steg 2

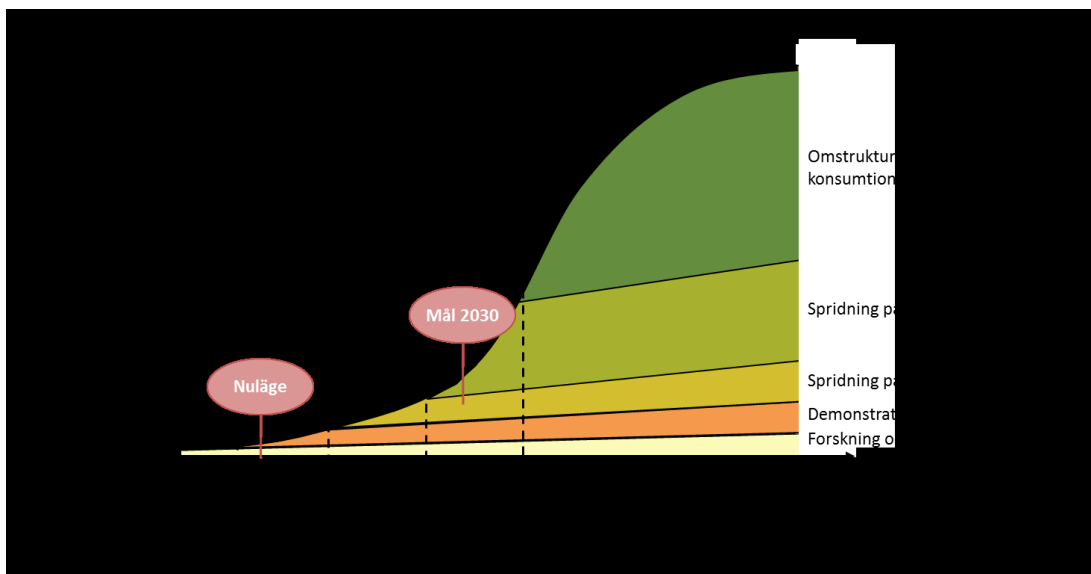
I steg två kartläggs systemets strukturella komponenter, d.v.s. utvecklingen av de tekniker, aktörer, nätverk och institutioner som systemet består av. *Teknik* avser materiella artefakter och kunskap som förs in i eller utvecklas inom systemet. När teknikkomponenten kartläggs bör olika teknikspår identifieras. Med *aktörer* avses individer och olika typer av organisationer som avsätter resurser för att utveckla teknikområdet, t.ex. teknikleverantörer, köpare och användare av tekniken, universitet och högskolor, forskningsinstitut, finansiärer, bransch- och intresseorganisationer (se figur 2). När fler aktörer väljer att bidra till utvecklingen av ett TIS kan *nätverk* bildas, vilka består av formella och informella kontakter mellan olika aktörer som avser att utveckla den gemensamma kunskapsbasen (kunskapsnätverk, t.ex. informella FoU-samarbeten) och/eller förändra rådande institutioner till sin fördel (politiska nätverk). *Institutionerna* anger spelreglerna för aktörerna, definierar vad som är tillåtet, anses önskvärt och legitimt och påverkar förväntningarna på en viss teknik. Det rör sig om såväl ”hårda” aspekter (t.ex. lagar och regleringar) som ”mjuka” aspekter (t.ex. normer, värderingar och föreställningar).



Figur 2: Exempel på TIS-aktörer. Baserad på Hekkert m.fl. (2011).

Steg 3

Den strukturella analysen i steg 2 utgör en bas för att bedöma systemets utvecklingsfas. Det är viktigt eftersom utvecklingsnivån avgör vad som är rimligt att förvänta sig i termer av såväl funktionalitet som output (t.ex. nya produkter eller ekonomisk tillväxt). I princip går det att urskilja fem olika faser (se figur 3): konceptutvecklingsfas, demonstrationsfas, nischmarknadsfas, kommersiell tillväxtfas och mognadsfas.



Figur 3: Teknikens utvecklingsfaser.

Att gå från en fas till en annan är dock inte en linjär process. Även om ett teknikområde har lyckats nå en kommersiell tillväxtmarknad innebär det inte att konceptutveckling, demonstration och utveckling av olika nischmarknader upphör, utan de existerar snarare parallellt (vilket illustreras i figur 3).

Baserat på bedömningen av systemets utvecklingsfas är det möjligt att resonera kring vad som kan anses önskvärt i nästa steg av utvecklingen under en viss tidsperiod framöver och med utgångspunkt i det sätta upp en mer konkret målsättning för TIS:et, t.ex. i termer av spridning eller industriell utveckling. Målet kan utgå från de politiska visioner och mål finns (elektromobilitet, avancerade bioraffinaderier), ett förväntat framtida behov (havsvind) eller vad som anses rimligt och samtidigt något krävande (solceller, marin energi). Målet kan uttryckas i kvantitativa eller kvalitativa termer.

Steg 4

En strukturell analys (steg 2) är en viktig utgångspunkt för att förstå systemets utveckling. För att förstå orsakssambanden i TIS:ets dynamik och kunna identifiera vad som hindrar utveckling, spridning och användande av nya tekniker behövs dock en processororienterad analys. TIS-ramverket utgår här från en uppsättning centrala innovations- och spridningsrelaterade processer – ”funktioner” (se tabell 1). De har identifierats genom litteraturstudier och empiriska tillämpningar av ramverket i en stor mängd fall (se t.ex. Bergek m.fl., 2008b). Att bedöma funktionernas styrka är en väsentlig del av analysen eftersom funktionerna belyser vad som är på väg att hända, varför det sker och om det är tillräckligt för att nå det uppsatta målet.

För att bedöma funktionernas styrka används oftast en fallbaserad metodologi – så även i de analyser som redovisas i denna rapport. Analyserna bygger på intervjuer som kompletterats med patentdata och bibliometriska data, attitydundersökningar och annan sekundärdata rörande t.ex. marknadsutveckling. I fallet solceller

kompletterades intervjumaterialet med en kvantitativ mentometerbaserad undersökning. I fallet bioraffinaderier har även en workshopsbaserad metodologi prövats. En fördel med denna metod är att bilden av systemet tas fram gemensamt av workshopdeltagarna. I forskningssammanhang är det inte en särskilt vanlig metod, men den skulle troligtvis kunna utvecklas ytterligare för att passa in i arbetet vid myndigheter och departement.

Tabell 1: Funktioner (nyckelprocesser) i ett teknologiskt innovationssystem.

Funktion	Definition
<i>Kunskapsutveckling och spridning</i>	är den process genom vilken kunskapsbasen breddas och fördjupas samt kunskap sprids och kombineras i systemet.
<i>Entreprenöriellt experimenterande</i>	är den iterativa och sociala lärandeprocess genom vilken osäkerhet reduceras i systemet.
<i>Resursmobilisering</i>	är den process genom vilken aktörer i systemet bygger upp en resursbas genom att samla ihop och bygga upp finansiellt kapital, humankapital och fysiska resurser (t.ex. infrastruktur).
<i>Utveckling av socialt kapital</i>	är den process genom vilken sociala relationer skapas och upprätthålls.
<i>Legitimering</i>	är den process genom vilken social acceptans skapas för systemets tekniker, aktörer och institutioner bland relevanta intressenter.
<i>Vägledning av aktörernas sökprocesser</i>	är den process som formar aktörernas beslut om hur de ska använda sina resurser, d.v.s. vilka TIS de ska delta i och vilka riktningar de ska följa inom respektive TIS.
<i>Marknads-formering</i>	är den process genom vilken marknader växer fram och formas för systemets produkter (varor och tjänster).

Källa: Bergek m.fl. (2008a; 2008b) med komplement från Perez Vico (2013).

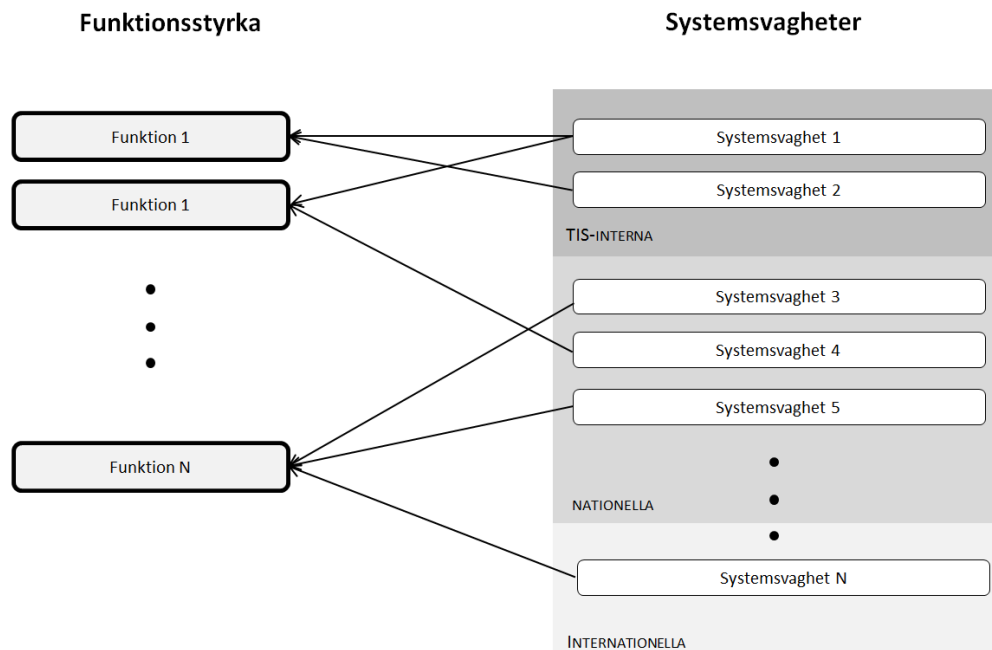
Steg 5 och 6

Att förklara brister i funktionalitet kräver att orsakerna till att funktionerna som bedöms som starka respektive svaga identifieras. I rapporten kallas dessa orsaker för ”systemstyrkor” och ”systemsvagheter”. De kan härröra från TIS:et eller från dess omgivning (nationellt eller internationellt), se tabell 4 för exempel på systemsvagheter.

När alla funktioner är analyserade, sammanställs systemsvagheter för att se om det är möjligt och lämpligt att aggregera dem till ett fåtal, mer övergripande, påverkande faktorer. Ofta illustreras kopplingen mellan funktioner och systemsvagheter med någon form av figur (se figur 4, som är den illustration som används genomgående i huvudrapporten).

Genom att kombinera kunskap om funktionernas styrka i relation till systemets utvecklingsfas och det mål som satts upp för systemet (steg 3) med kunskap om

systemstyrkor och systemsvagheter är det sedan möjligt att på ett systematiskt sätt föreslå åtgärder som kan leda till att målet nås.



Figur 4. Exempel på illustration av kopplingen mellan funktioner och systemsvagheter.

2.3 Policyrelevans

Den största nyttan med TIS-ramverket från ett policyperspektiv är att identifiera och förklara systemsvagheter inom ett visst teknikområde. Genom att använda ramverket kan därmed svar ges på bl.a. följande frågor:

- 1 Vilka systemsvagheter finns i ett TIS, hur har dessa uppstått och hur bromsar de systemets utveckling?
- 2 Vilka systemsvagheter kan tekniska aktörer åtgärda på egen hand och vilka svagheter måste beslutsfattare vid myndigheter och inom politiken adressera genom särskilda åtgärder?
- 3 Hur bör dessa åtgärder (styrmedel) utformas för att vara så verkningsfulla som möjligt?

Genomförandet av TIS-studier möjliggör även systematiska jämförelser av systemsvagheter mellan olika länder inom samma teknikområde och mellan olika teknikområden i samma land. Den typen av studier kan ge värdefull information om t.ex. lyckade insatser på ett område som också kan användas i andra fall. I följande avsnitt sammanfattas empiriska mönster från den fem fallstudier som genomförts enligt metoden för teknologiska innovationssystemsanalyser.

3 Empiriska mönster

I huvudstudien genomförs TIS-analyser av fem empiriska områden: havsbaserad vindkraft, marin energi, solceller, tunga elektrifierade fordon samt avancerade bioraffinaderier. För vart och ett av områdena identifieras systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden. I det här avsnittet sammanfattas dessa analyser.

Först diskuteras utvecklingsfas och mål. Därefter beskrivs de empiriska mönster i form av funktionsstyrkor som framträder ur en jämförande analys. Slutligen diskuteras ett antal systemsvagheter som identifierats inom respektive område. För mer ingående beskrivningar och analyser hänvisas till huvudrapporten.

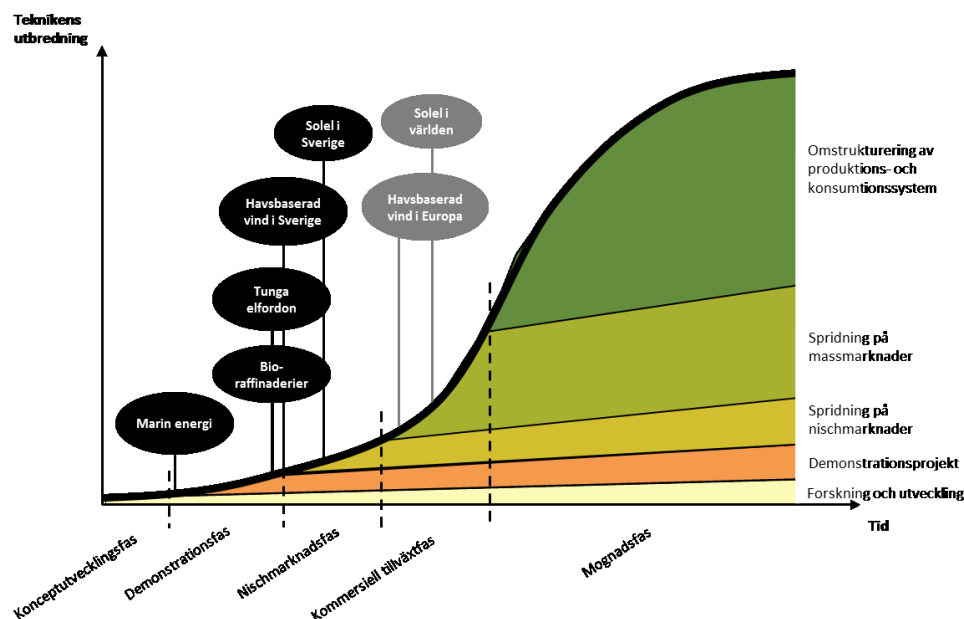
3.1 Utvecklingsfas och mål

Alla fem TIS:en (med en svensk avgränsning) befinner sig i någon av de tre tidigaste utvecklingsfaserna (se figur 5). Alla är områden som Sverige satsat forskningsresurser på under lång tid, men i olika omfattning. Samtidigt skiljer sig Sveriges position i den internationella teknikutvecklingen på ett betydande sätt mellan de olika områdena.

Området marin energi befinner sig i en konceptutvecklingsfas och tidig demonstrationsfas både i Sverige och internationellt. Bedömningen är att Sverige ligger långt fram i den internationella utvecklingen med ett antal intressanta teknikutvecklingskoncept och internationellt framträdande entreprenöriella bolag. Dessa har tillgång till en lokal havsmiljö lämpad för att ta fram och testa olika typer av koncept innan de installeras i mer krävande miljöer som t.ex. kring de brittiska öarna. Även om Sveriges resurspotential för marin energi är mindre än i många andra europeiska länder är bedömningen att Sverige har goda förutsättningar att utveckla en i huvudsak exportorienterad industri på området. Några politiskt satta och konkreta mål för områdets utveckling finns inte och Energimyndigheten föreslår i dagsläget inte heller mål för enskilda tekniker, men för denna studie formuleras målet som att svenska produkter skall finnas installerade utomlands i en betydande grad år 2030 (se tabell 2).

Sverige ligger internationellt sett också långt framme inom tunga elektrifierade fordon och avancerade bioraffinaderier. Båda områdena bedöms ligga i en sen demonstrationsfas och är i Sverige redo för att gå in i en nischmarknadsfas. Internationellt är området tunga elektrifierade fordon i början av en nischmarknadsfas och Volvo AB har en framträdande position inom den internationella utvecklingen. Det mål som använts i studien ligger i linje med FFF-utredningen (SOU 2013:83) som menar att drygt 80 % av de svenska stadsbussarnas och distributionslastbilarnas trafikarbete bör ske med eldrift för att regeringens vision om fossilfrihet på sikt skall kunna nås samt att svensk industri skall vara världsledande på området till år 2030 (se tabell 2).

Inom området avancerade bioraffinaderier ligger Sverige internationellt sett i framkant med en mycket väl utbyggd forskningsinfrastruktur, flera fungerande teknikkoncept, entreprenöriella teknikutvecklingsbolag samt en skogs- och kemiindustri med värdefulla materiella och immateriella tillgångar. Målet som ställts upp för analysen är att det i Sverige byggs 8-12 anläggningar i kommersiell skala som producerar ca 20 TWh drivmedel och kemikalier år 2030. Även detta mål ligger i linje med FFF-utredningens slutsatser.



Figur 5: Teknikområdenas utvecklingsfas.

Havsbaserad vindkraft och solceller har avslutat demonstrationsfasen. Solceller befinner sig i en nischmarknadsfas och havsbaserad vindkraft befinner sig i ett vänteläge. Det betyder att Sverige ligger tydligt efter den internationella utvecklingen där dessa tekniker har gått in i en kommersiell tillväxtfas. Detta gäller i synnerhet solceller som växer mycket snabbt på en global skala. Utmaningen för dessa områden handlar därmed om att nyttiggöra internationella erfarenheter och bygga upp en industri inom vissa nischer och samtidigt bygga ut kapacitet som utnyttjar den stora potential som finns för förnybar elproduktion från havsbaserad vindkraft och solceller i Sverige.

För havsbaserad vindkraft och solceller finns inga officiella mål och Energimyndigheten föreslår i dagsläget inte heller mål för enskilda tekniker. För att denna studie skall kunna generera meningsfulla och användbara resultat, formuleras ett mål om 30 TWh elproduktion från havsbaserad vindkraft i kombination med en markant ökad närvaro av svenska företag i den europeiska värdekedjan till år 2030. För området solceller antas två mål som anses vara realistiska och tillräckligt ambitiösa. Två mål krävs för att ta hänsyn till att värdekedjans olika delar påverkas på helt skilda sätt av det globala systemets

utveckling. För värdekedjans nedre del sätts målet att det installeras 1 GW per år i Sverige 2030 (medför en sammanlagd kapacitet på ca 5-10 TWh år 2030) och för den övre delen (produktion av maskiner, material, celler, moduler och kringkomponenter) att förädlingsvärdet når 6–10 miljarder kr per år 2030.

Fallen illustrerar spännvidden i mognadsgrad och relation till omvärlden som kan finnas mellan olika teknikområden. De visar också på att mål kan sättas på olika sätt och med olika utgångspunkter.

Tabell 2: Mål för de fem TIS:en för år 2030.²

Område	Havsbaserad vindkraft	Marin energi	Solceller	Elektrifierade tunga fordon	Avancerade bioraffinaderier
Spridningsmål	30 TWh	NA	1 GW/år	83 % av stadsbussar och distributionslastbilar ska vara elektrifierade	NA
Industri-mål	Väsentligt ökad närvaro av svenska företag i industrin	Svenska produkter installerade utomlands	6–10 miljarder kr/år i värdekedjans övre delar	Svensk industri skall vara världsledande	20 TWh/år (produktion av drivmedel och kemikalier)

3.2 Starka och svaga funktioner i förhållande till målen

Måluppfyllelse för respektive område kan anses önskvärt för att nå högt ställda klimatmål och för att gynna industriell utveckling på respektive område i Sverige. Målen är dock utmanande och kräver politisk intervention på olika sätt.

För att avgöra vad som krävs för att nå målen har TIS-analyser genomförts på respektive område enligt den metod som presenterades i avsnitt 2. Förmågan har bedömts utifrån de centrala innovationsprocesser; ”funktioner”, som presenterades i tabell 1.

Varje funktion har bedömts på en tregradig skala där ”svag” betyder att funktionen är långt ifrån så stark som krävs för att nå målet, ”medel” att funktionen är på god väg att bli tillräckligt stark och ”stark” att funktionen är tillräckligt stark för att målet ska kunna nås. Bedömningarna visar på skilda funktionella mönster i de olika områdena (se tabell 3). I solcellsfallat har separata bedömningar gjorts för de två målen i tabell 2 (installation respektive komponenttillverkning).

För att finna generella mönster vägs också funktionsstyrkan i de olika teknikområdena samman enligt en enkel modell, där en svag funktion erhåller noll poäng, medelbetyg ger en poäng och en stark funktion två poäng. Även om

² Vänligen se huvudrapporten ”Teknologiska innovationssystem inom energiområdet, ER 2014:23” för en mer utförlig förklaring till hur de olika målen tagits fram.

betygen inte är helt jämförbara då olika forskare gjort bedömningarna i de olika fallen visar sammanställningen ett tankeväckande mönster som möjligtvis säger en del om det svenska innovationssystemets karaktär.

Särskilt tydligt är att *entreprenöriellt experimenterande och kunskapsutveckling* nästan genomgående bedöms som *medel* eller *stark*. Alla fem teknikområden har varit föremål för statliga forsknings-, utvecklings- och demonstrationssatsningar sedan årtionden. Dessa tidiga satsningar har möjliggjort en långsiktig kunskapsuppbyggnad och medverkat till att lärandenätverk med nationella och internationella kopplingar byggts upp. Ett relativt brett experimenterande har skett inom varje område, där olika tekniska lösningar utvecklats, testats, förkastats och förfinats.

Funktionerna *vägledning av aktörernas sökprocesser, legitimering, resursmobilisering* och *utveckling av socialt kapital* bedöms däremot i flertalet fall som *svag* eller *medel*. Orsakerna skiljer sig mycket mellan olika TIS och några generella mönster går inte att påvisa. I fallen elektrifierade tunga fordon och bioraffinaderier bidrar visionen om en fossilfri fordonsflotta i kombination med god tillgång till forskningsfinansiering till en relativt stark sökprocess. Det har gjort att vissa aktörer väljer att ägna sig åt utveckling av områdena. Samtidigt försvagas funktionen av att visionen inte omvandlats till särskilt konkreta åtgärder, vilket gör att andra potentiella nyckelaktörer valt att inte söka sig till områdena. Inom flera TIS finns det ett stort stöd för förnybara alternativ hos allmänheten vilket stärker funktionen *legitimering* (Hedberg och Holmberg, 2014). Samtidigt försvagas funktionen för t.ex. området havsbaserad vindkraft av konkurrerande intressen (försvaret och kärnkraft), eller på grund av ett svagt engagemang hos den etablerade industrin som i fallet solceller och avancerade bioraffinaderier. *Resursmobilisering* bedöms som en svag funktion i flera fall då det saknas modeller för finansiering av storskaliga projekt som vindkraftparker till havs och bioraffinaderier eller riskvilligt kapital till uppbyggnad av ny industrikapacitet som i solcellsfall.

Slutligen bedöms funktionen *marknadsformering* vara svag för alla fem teknikområdena. Gemensamt för alla områden är att de är beroende av politiskt skapade nischmarknader för att nå en tillväxtfas. Det har funnits demonstrations- och investeringsstöd på såväl nationell som lokal nivå, och det finns ett antal mer generella styrmedel, t.ex. CO₂-skatt, undantag från energiskatter och elcertifikat som skapar goda förutsättningar för spridning av tekniker som nästan är konkurrenskraftiga med etablerad teknik. De styrmedel som finns är därmed anpassade främst för teknik som befinner sig antingen i demonstrationsfasen eller på gränsen till en kommersiell tillväxtfas. Genomgående saknas hemmamarknader för teknikområden som befinner sig däremellan, dvs. i nischmarknadsfasen.

Tabell 3: Funktionernas styrka i de fem fallen (från kapitel 3-7).

Funktioner	Havsbaserad vindkraft	Marin energi	Solceller ^a Installation /Industri	Elektrifierade tunga fordon	Bioraffinaderier	Summa	Styrka
Entreprenöriellt experimenterande	Medel	Medel	Medel /Svag	Stark	Medel	6 /5	Medel-Stark
Kunskapsutveckling och spridning	Medel	Medel	Medel /Medel	Medel	Stark	6	
Vägledning av sökprocessen	Medel	Svag	Stark /Svag	Svag	Medel	4 /2	Svag-Medel
Legitimering	Svag	Medel	Medel /Medel	Medel	Medel	4	
Utveckling av socialt kapital	Svag	Svag	Stark /Medel	-	Medel	3 ^b /2 ^b	
Resursmobilisering	Svag	Svag	Stark /Svag	Medel	Svag	3 /1	
Marknadsformering	Svag	Svag	Svag /Medel ^c	Svag	Svag	0 /1	Svag

^a För området solceller delades analysen upp gällande installations- och komponentindustrimålen i tabell 2.

^b Observera att den maximala poängen är 8 och inte 10 eftersom funktionen endast är bedömd i fyra av fem fall.

^c Bedömningen baseras på den globala marknadsformeringen – inte på den svenska.

3.3 Systemsvagheter

Tre huvudsakliga observationer kan göras med avseende på de systemsvagheter som identifierats (se tabell 4). För det första är systemsvagheter många och uppvisar en stor variationsrikedom. Till exempel dominerar samverkansproblem mellan branschens aktörer och mellan offentliga aktörer i kombination med brist på marknadsincitament i fallet marin energi. Det kan jämföras med fallet havsbaserad vindkraft, där svagheter till övervägande del är av institutionell karaktär på nationell nivå och fallet elektrifierade tunga fordon där de institutionella problemen inte bara finns på nationell nivå (ekonomiska styrmedel som inte gör åtskillnad mellan ny och mogen teknik), utan även på lokal nivå i form av kommunala och regionala upphandlingskrav.

Den andra observationen är att systemsvagheter inte är oberoende. I vissa fall bör stärkandet av en funktion, genom att en systemsvaghet åtgärdas, leda till att även andra funktioner stärks vilket kan innebära att andra systemsvagheter inte behöver riktade åtgärder. Om till exempel det institutionella ramverket kring solelförsäljning utvecklas så att marknadsformeringen för solcellsinstallationer stärks kommer det troligtvis att påverka både kunskapsnivån och utvecklingen av tätare kunskapsnätverk. Å andra sidan innebär sådana kopplingar även att en systemsvaghet kan låsa andra och därmed kraftigt minska effekten av vissa åtgärder om inte dessa koordineras med andra (se avsnitt 4.2).

Den tredje observationen är att privata aktörer – enskilt eller i grupp – kan åtgärda vissa systemsvagheter på egen hand, medan andra kräver insatser från offentliga aktörer. Flera systemsvagheter är av sådan art att det skulle kosta orimligt mycket för mindre grupper av privata aktörer att åtgärda dem eller kräva en mycket omfattande, långsiktig och komplex koordination av en stor mängd aktörer. I dessa fall krävs teknikpolitiska insatser.

Tabell 4: Systemsvagheter som observeras i de fem fallen och som i många fall kräver särskilda politiska åtaganden (TIS interna (mörkgrå), nationella (ljusgrå) och internationella (vit)).

Havsbaserad vindkraft	Marin Energi	Solceller	Elektrifierade fordon	Bioraffinaderier
Avsaknad av regelverk för koordinering av investeringar i parker och elnät	Bristfällig områdeskunskap och samverkan hos offentliga aktörer	Låg kunskap om solenergis potential i världen och Sverige	Saknas ledande leverantörer av delsystem och för oberoende utvärdering	Avsaknad av långsiktiga styrmedel i nischmarknadsfas
Stora risker och dyrt kapital	Tids- och resurskrävande test- och demonstrationsaktiviteter	Osäkerhet kring det institutionella ramverket för solelmarknaden	Små och fragmenterade satsningar på användarsidan	Svag koordinering mellan departement, myndigheter och regionala aktörer
Brist på specialistutbildningar på olika nivåer	Bristande samverkan mellan branschens aktörer	Underutvecklade nätverk mellan svenska aktörer i olika delar av värdekedjan	Systemet är framför allt koncentrerat kring fordon och fordonstillverkare	Svagt industriellt deltagande och industriell mottagarkapacitet
Elcertifikatsystemet	Osäker marknadspotential	Små resurser till FoU inom solarkitektur och industridesign	Styrmedel gör ingen åtskillnad mellan ny och mogen teknik	Svaga samarbeten över kunskaps- och organisationsgränser
Teknikneutralitet och kortsiktighet	Avsaknad av politisk målbild	Underutvecklade modeller för finansiering av större installationer	Fossilfritt och bränslesubstitution snarare än energieffektivitet	Otydliga roller, samarbeten, ägande och finansiering av forskningsinfrastrukturen
Konkurrerande intressen: basindustrin, landbaserad vindkraft och konkurrens om havet	Svaga marknadsincitament	Ont om kapital för uppskalning i Sverige	Kräver samverkan mellan olika institutionellt åtskilda aktiviteter; saknas rutiner för att väga samman intressen	Konkurrens från fossila råvaror och alternativ användning av råvara
Nordsjötekniken dominerar teknikutvecklingen		Låg nivå på kompetens och engagemang kring solenergi i etablerad svensk industri	Väsentligt högre investeringskostnad	
Förslag på modesta mål och begränsande regelverk från EU-kommissionen		Hård internationell konkurrens med många företagskonkurser i världen	Fokus på bussapplikation; begränsade synergier med lastbilar	

4 Teknikpolitiska lärdomar

Steget efter identifieringen av systemsvagheter är att genomföra åtgärder som kan förväntas stärka systemets dynamik. Som nämntes i föregående avsnitt har olika aktörer i varierande grad möjlighet att påverka olika systemsvagheter men staten och andra offentliga aktörer har ett särskilt ansvar samt en unik uppsättning redskap, som ofta kallas ”styrmedel”.

Att utforma en väl fungerande politik är emellertid en stor utmaning för myndigheter och politiker och i detta avsnitt diskuteras några teknikpolitiska lärdomar. Avsnittet börjar med att argumentera för ett pragmatiskt förhållningssätt till teknikpolitiken. Därefter diskuteras olika lärdomar kring utformningen av en styrmedelsportfölj. Behovet av koordinering av olika instrument i denna portfölj betonas därefter och avsnittet avslutas med en diskussion om teknikpolitiskt lärande.

4.1 Ett pragmatiskt förhållningsätt till teknikpolitik

Teknik är en central del av samhällsbygget och det finns legitima skäl för teknikpolitiska insatser. TIS-ansatsen erbjuder en metod som tillför en mer komplett problembeskrivning och en mer precis vägledning än den konventionella ansatsen som utgår från ”marknadsmisslyckande”.

Insatserna behöver oftast ha tekniks specifika inslag då varje system är unikt i vissa avseenden. Detta går stick i stäv mot den ofta förespråkade idén att styrmedel bör vara ”teknikneutrala” (Azar and Sandén, 2011). Det går emellertid inte att strikt särskilja ”tekniks specifika” och ”teknikneutrala” styrmedel utan det rör sig snarare om en skala från mer generellt till mer specifikt. Skalan gäller inte bara för *marknadsformering* utan för styrmedel i alla innovationssystemets dimensioner. Exempelvis kan forskningsfinansiering, utbildningsinsatser och infrastrukturinvesteringar vara mer eller mindre tekniks specifika. Det går inte att säga att varken mer specifika eller mer generella styrmedel är bättre i sig. Vilka kombinationer av styrmedel som bör användas beror i stället på vilka systemsvagheter som behöver åtgärdas för att uppnå ett givet mål. Ett pragmatiskt förhållningssätt är därför att rekommendera vid utformningen av styrmedelsportföljen.

4.2 Styrmedelsportföljens utformning

Det finns många lärdomar med avseende på hur en portfölj av styrmedel bör se ut. I detta avsnitt pekas först på att val av styrmedel beror på TIS:ets utvecklingsfas samt att det finns starka ömsesidiga beroende mellan olika styrmedel.

Som visades i figur 5 befinner sig de olika TIS:en i skilda utvecklingsfaser och ett TIS i en konceptutvecklingsfas kan förväntas kräva en annan uppsättning styrmedel än ett TIS i en nischmarknadsfas. Denna uppsättning, som kan omfatta

många olika styrmedel, behöver dessutom sannolikt ändras för att TIS:et skall kunna byta fas. Detta skifte behöver inte gå från mer teknikspecifikt till mer generellt, utan kan även omfatta en motsatt rörelse. Till exempel kan nya utbildningsprogram behöva skapas för att säkra tillförsel av specialiserat humankapital när ett TIS kommer in i en nischmarknadsfas.

Det stora antal systemsvagheter som identifierades i de olika fallstudierna (tabell 4) innebär att det finns behov av en portfölj som balanserar olika satsningar. En central lärdom är att en systemsvaghet som försvagar TIS:ets dynamik medför att effekterna av andra åtgärder uteblir. Ett tydligt mönster i tabell 3 var att styrkan i flera system ligger i *entreprenöriella experiment* och *kunskapsutveckling och kunskapsspridning* medan *marknadsformering* bedöms vara mycket otillräcklig för att de uppsatta målen skall kunna uppnås. Systemsvagheter som blockerar *marknadsformering* behöver därför åtgärdas för att gjorda satsningar på *kunskapsutveckling* och *entreprenöriellt experimenterande* skall få önskvärd effekt. I fallet elektrifierade tunga fordon förväntas exempelvis marknadsutvecklingen under de närmaste 5-10 åren spela en stor roll för om en tidig, och världsledande, satsning på teknikutveckling kommer att få någon effekt – politiska styrmedel kommer att ha stor betydelse för utgången.

De mer teknikneutrala styrmedel som i huvudsak används i Sverige för att stödja *marknadsformering* ger inte företag i Sverige ett utrymme på hemmaplan för ett tidigt samspel med kompetenta kunder, hantering av tekniska barnsjukdomar, referensinstallationer bortom mindre forskningsrelaterade demonstrationsanläggningar och en försäljning som kan finansiera ny produktutveckling och möjliggöra olika skalfördelar. Det innebär att innovativa svenska företag blir hänvisade till utländska marknader med högre etableringskostnader i en fas som redan domineras av mycket stora osäkerheter och där det kan skada företagets trovärdighet om de inte kan påvisa ett intresse från en hemmamarknad. Det innebär också att lärande inte utvecklas i användarledet vilket kan försvåra inhemsk spridning av teknik som utvecklats utomlands. Att skapa en tidig hemmamarknad innebär naturligtvis en kostnad men denna kan lätt överdrivas.

För att nå målen kan även styrmedel krävas som underlättar för *mobilisering av kapital och kompetent arbetskraft*. Tillgången till kapital, på rimliga villkor, påverkas av de politiska, tekniska och marknadsmässiga risker som möter investerare. Den politiska risken kopplad till tillgången på framtida marknader betonas i fallet bioraffinaderier där aktörerna inte vågar göra de investeringar i mångmiljardklassen som behövs för att ta nästa steg i utvecklingen. I fallet marin energi understryks att det finns betydande tekniska och politiska osäkerheter som innebär att investeringar bedöms ha en mycket hög finansiell risk (vilket fördyrar kapitalet). Även för havsbaserad vindkraft och tillverkning av solceller betonas vikten av tillgång till kapital. En särskild lösning kan krävas inom finanssektorn för att frigöra kapital till industriell utveckling som gagnar långsiktig hållbarhet, bland annat genom att lyfta över en del av de tekniska och marknadsmässiga riskerna till samhället i stort. Samtidigt finns det naturligtvis frågor kring vem

skall ta kostnaderna och de legala förutsättningarna. Systemsvagheter här tycks ligga på en mer generell nivå och styrmedlen behöver utformas därefter.

Även tillgången till kompetent arbetskraft behöver säkerställas. Detta gäller t.ex. elektroingenjörer, ingenjörer som är specialiserade på havsbaserad vindkraft, personal som skall driftsätta och driva bioraffinaderier samt högspecialiserad arbetskraft, ofta med doktorsgrad, som kan utveckla nya solcellsmaterial och produktionsprocesser. I portföljen behöver det således även finnas styrmedel som syftar till att säkra tillgång till humankapital.

4.3 Koordinering av teknikpolitiska insatser

Utan en *marknadsformering* och *mobilisering* av kapital och kompetent arbetskraft kan effekten av satsningar på tidig *kunskapsutveckling* och *entreprenöriella experiment* kraftigt reduceras vilket illustrerar vikten av att koordinera de teknikpolitiska insatserna. Två ytterligare exempel ges på koordineringsutmaningar som är mindre uppenbara.

Det första exemplet rör behovet av koordinering mellan teknikstödjande myndigheter och tillståndsmyndigheter. En genomgång av Havs- och vattenmyndighetens yttranden gällande havsbaserad vindkraft visade att myndigheten under tillståndsprövningen tagit hänsyn till lokala samhällsekonomiska miljökostnader men inte globala samhällekonomiska intäkter i form av minskad klimatpåverkan, vilket direkt motverkat Energimyndighetens satsningar på marin energi och havsbaserad vindkraft.

Det andra exemplet är tunga elektriska fordon där steget mot laddhybrider och helelektriska bussar kräver koordination mellan flera verksamheter. Trafikbolagen måste acceptera en viss stilleståndstid för laddning, vilket får konsekvenser både för linje- och tidsplaneringen och för det samlade fordonsbehovet. Beställarna behöver bygga och utbyta erfarenheter kring olika tekniska aspekter rörande fordonsutformning, batteristorlek och laddningssystem. Eldistributionsbolagen behöver beräkna kapacitet och projektera eventuell förstärkning av det lokala eldistributionsnätet samt samverka med stadsplaneringen för bästa möjliga placering och utformning av laddstationer.

Koordinering är av särskild vikt vid övergången från en fas till en annan eftersom förutsättningar då ändras och en rad förändringar i TIS:et måste till. Detta betonas särskilt i fallet bioraffinaderier där det argumenteras att när teknikområdet går in i en nischmarknadsfas ställs ökade krav på koordinering hos berörda myndigheter och departement eftersom alla instrument för att stimulera en vidare utveckling inte finns inom en enskild myndighet.

4.4 En dynamisk och lärande syn på styrmedel

Det politiska beslutsfattandet står inte vid sidan om och skapar styrmedel baserade på en högre insikt; det politiskt möjliga påverkas av den sociotekniska utvecklingen. När ett TIS växer förändras maktbalansen vilket kan stärka dess

legitimitet och förändra förutsättningarna, inte bara för industrin utan även för den reella möjligheten att införa kraftfulla styrmedel. Kraftfullare styrmedel kan i sin tur leda till ytterligare tillväxt, och därmed ytterligare förändringar av maktbalansen mellan den nya teknikens förespråkare och dess motståndare. Styrmedelsportföljer, liksom teknisksystem, växer således fram.

En konsekvens av denna dynamiska syn på styrmedel är även att lärande är en naturlig del av styrmedelutvecklingen. Ett TIS är ett komplicerat system vilket gör det krävande att identifiera och värdera de faktorer som hindrar dess dynamik. Det är även ett komplext system med många möjliga återkopplingsmekanismer. Dessa återkopplingar gör det svårt att förutsäga vilka effekter ett styrmedel kommer att få. Teknikpolitiken behöver därför ha en "experimentell" karaktär som tar fasta på att misstag och brister är en del av en normal läroprocess. Svårigheten att utforma en perfekt styrmedelsportfölj är inte ett argument för att undvika intervention utan istället ett argument för ett kontinuerligt lärande bland myndigheter och politiker och för periodvisa utvärderingar som underlättar lärandet. Lärande och kunskapsutveckling är således en viktig funktion, inte bara i innovationssystemets tekniska och affärsmässiga delar, utan även hos myndigheter och i de politiska församlingar där styrmedlen utformas och uttolkas.

Tabell 5. Ett urval av teknikpolitiska lärdomar.

10 teknikpolitiska lärdomar
1. Framväxten av ny teknik är en central del av samhällsbygget och bör därför vara ett legitimt politikområde av många.
2. I jämförelse med "marknadsmislyckanden", ger "systemsvagheter" ett bredare, djupare och mer precist underlag till teknikpolitiska åtgärder.
3. Politiska styrmedel finns på en skala från mer generella till mer specifika. Det går inte att göra en strikt uppdelning på "teknikspecifika" och "teknikneutrala" styrmedel eller säga att det ena i sig är bättre än det andra.
4. Kostnaden för mer teknikspecifika styrmedel, t.ex. skapandet av nischmarknader, kan vara låg i förhållande till den samhällsekonomiska vinsten.
5. Vilken uppsättning av styrmedel som är lämplig beror på vilka systemsvagheter som behöver åtgärdas för att uppnå ett givet mål.
6. I vissa fall kan en åtgärd lösa flera problem samtidigt, men ofta krävs en portfölj av flera styrmedel för att undvika ömsesidiga blockeringar. Exempelvis kan stöd till kunskapsutveckling behöva kombineras med stöd till marknadsformering och resursmobilisering.
7. Styrmedelsportföljen behöver anpassas efter i vilken fas ett givet teknikområde befinner sig, både nationellt och internationellt.
8. Eftersom olika myndigheter och departement kontrollerar olika styrmedel finns ett stort behov av koordination, särskilt i övergången till en ny fas.
9. Lärande och experimenterande är en del av styrmedelsutvecklingen och misstag, brister och stegvisa förbättringar är en del av en normal läroprocess.
10. Teknikpolitiken är delvis en del av innovationssystemen, och legitimiteten för olika politiska åtgärder förändras i takt med innovationssystemens utveckling.

5 Ett systemperspektiv på projektbedömning

Huvudrapporten presenterar en metod för projektbedömningar med utgångspunkt i TIS-ansatsen och Energimyndighetens behov samt utmaningar inom området. Projektbedömningar förstås brett i rapporten. De inkluderar utvärdering av myndighetens satsningar på forskning och innovation och affärsutveckling, d.v.s. teknikutvecklingsprojekt och större demonstrationsprojekt såväl som projekt där syftet är att utveckla och kommersialisera en teknisk produkt eller process. TIS-perspektivet lämpar sig väl för att täcka denna variation av aktiviteter, då dess kategorier är utformade att greppa över så många förutsättningar för teknikutveckling som möjligt. Typiska utmaningar för teknikutveckling inom energisektorn är t.ex. långa utvecklingstider, dyra produkt- och processtest, spårberoenden, och stora initiala investeringar. Dessa utmaningar är avgörande för om projekt lyckas eller inte och bör därför inkluderas i bedömningarna av allt från avancerade teknikutvecklings- till affärsutvecklingsprojekt.

Energisektorns utmaningar leder till behov av ett systemperspektiv på projektbedömning. Det betyder att ett traditionellt fokus på teknik och marknad kompletteras med institutionella, beteendemässiga och politiska faktorer och deras samspel, i bedömningen av ny teknologi. För att åstadkomma detta utvecklades TIS-ramverket för att på så sätt skapa ett antal frågor som kan vägleda handläggare vid bedömning av projekt. Intervjuer med handläggare på myndigheten ledde till identifiering av tre huvudutmaningar vid projektbedömningar:

- 1 *Komplexitet och brus i förståelsen av innovationen.* En viktig utmaning är att reducera komplexitet och brus i förståelsen av innovationen som projektet avser.
- 2 *Samordningen av resurser.* Detta innebär bl.a. att försäkra sig om att projekt och bolag har de finansiella, personella och infrastrukturella resurser som krävs för att realisera projektet.
- 3 *Nyttiggörande och kommersialisering.* Ofta saknas förståelse av hur spridning av innovation skall gå till, och vilka strategier och resurser som krävs för detta.

Dessa nyckelutmaningar är centrala, då de representerar barriärer för projektframgång. De TIS-relaterade utvärderingsfrågor som presenteras i rapporten utgår från dessa nyckelutmaningar. Det blir på så sätt tydligt för handläggare och andra bedömare vilka typer av utmaningar som föranleder ett visst fokus i TIS-analysen.

I huvudrapporten analyseras fem teknikområden med hjälp av TIS-ramverket och dess funktioner (se tabell 6), där svagheter och styrkor påverkar systemets

utveckling och möjligheter till att nå de mål som satts till år 2030. Dessa analyser har utgjort ett empiriskt material för att ta fram frågor som utgår från just dessa funktioner för att bedöma projekt. Sammanlagt sex funktioner har använts för att skapa frågor vid projektbedömning och varje funktion motsvarar tre sådana frågor. Dessa har i sin tur ordnats under de nyckelutmaningar som beskrivits ovan. Då utmaningarna för ett visst projekt har identifierats kan handläggare adressera just de frågor som är mest relevanta från ett TIS-perspektiv. Man kan också tänka sig att samtliga frågor adresseras i projektbedömningsprocessen och därigenom identifieras projektets specifika nyckelutmaningar som måste åtgärdas.

Tabell 6: Projektbedömning och funktionsanalys

Utmaningar	TIS-funktioner	Projektbedömningsfrågor
Innovationskomplexitet	Kunskaps-utveckling och spridning	1. Finns tillgång på kritisk kunskap för utveckling och införande? 2. Finns lärandenätverk och FoU-samarbeten tillgängliga? 3. Hur ser spridning av FoU, expertis och komplementär kunskap för värdekedjans olika delar?
	Entreprenöriellt experimenterande	4. Vilken är tillgången till teknisk och affärsmässig experimentell kunskap? 5. Hur ser riskdelning vid experiment ut? 6. Finns standarder för experiment/test?
Resurssamordning	Resursmobilisering	7. Finns tillgång på riskvilligt kapital? 8. Finns variation i riskkapitalet (privat/offentligt)? 9. Vilken är förväntad tillgång på komplementära resurser och kunskap?
	Vägledning av aktörernas sökprocesser	10. Finns intresse från näringsliv/policyaktörer? 11. Hur ser långsiktighet i satsningar och tillståndskrav? 12. Finns standardiseringsprocesser och harmonisering nationellt/internationellt?
Nyttiggörande	Legitimering	13. Hur ser opinionsbildning och lobbyverksamhet ut? 14. Finns accepterade fördelar av teknologi relativt alternativ (inkl. etiska aspekter)? 15. Hur ser kostnader för införande ut (inkl. kostnadsdelning)?
	Marknads-formering	16. Hur stabila är marknadsstödjande funktioner? 17. Hur ser offentliga satsningar ut (omfattning, spridning, upphandlingsperioder, timing)? 18. Finns nischmarknader tillgängliga?

Frågornas relevans skall ses i sitt sammanhang och hur de viktas måste avgöras från fall till fall. Möjligheten att besvara dessa frågor varierar också givet det specifika projektet och dess komplexitet. De kan därför inte ses (i alla fall inte i dagsläget) som checklistor för en projektbedömning, utan bör snarare användas för att skapa en mer komplett bild av en satsnings förutsättningar, och som utgångspunkter för relevanta frågor i bedömningsprocessen.

6 Slutsatser och rekommendationer

Syftet med denna sammanfattande rapport samt huvudrapporten har varit att illustrera hur ett praktiskt inriktat ramverk, teknologiska innovationssystem (TIS), kan användas av analytiker och beslutsfattare vid departement och myndigheter för att analysera strategiskt viktiga teknikområden samt identifiera systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden.

Teknikområdena havsbaserad vindkraft, marin energi, solceller, elektrifierade tunga fordon och avancerade bioraffinaderier har analyserats. Systemsvagheter har identifierats som hindrar vart och ett av områdenas vidare utveckling samt motiverar särskilda politiska åtaganden. En jämförande analys har också genomförts av fallen där empiriska mönster, lärdomar för analytiker och teknikpolitik identifierats, och en metod för projektbedömningar har utvecklats. Nedan ges fem konkreta och praktiska rekommendationer kring hur resultaten skulle kunna användas och hur arbetet kan vidareutvecklas.

Upprätta en konkret handlingsplan för varje område

I huvudrapporten lyfts ett antal systemsvagheter fram för respektive teknikområde och politiska åtaganden identifieras. Att föreslå konkreta åtgärder för respektive område har inte ingått i detta uppdrag.

På de områden där det finns politiska ambitioner är nästa steg att gå vidare med en analys av vilka konkreta åtgärder som kan tänkas vara lämpliga för att hantera de systemsvagheter som identifierats. Syftet med en sådan analys blir därmed att identifiera en policyportfölj bestående av specifika och generella styrmedel samt andra typer av åtgärder, för att sedan utreda dess vidare implementering. En konkret handlingsplan för utvalda områden skulle på så vis kunna upprättas.

Forskargrupperna som tillsammans med Energimyndigheten genomfört denna studie kan bidra i ett sådant arbete. Upprättandet av själva handlingsplanen är dock snarare en politisk än akademisk process och skulle därför behöva organiseras på ett annat sätt.

Stärk koordineringen av insatser på energiområdet

En tydlig slutsats från genomförd studie är att koordineringen av insatser mellan olika myndigheter, departement och aktörer på regional nivå behöver stärkas. Idag saknas en tydlig systemsyn på styrmedelsutformningen vilket gör att vissa insatser blir verkningslösa därför att andra insatser uteblir eller till och med motverkar de första. Koordineringsinsatser bör dessutom intensifieras när ett specifikt område närmar sig en ny fas i utvecklingen då övergången ofta kräver en ny uppsättning styrmedel. En rekommendation är därför att identifiera vem som tar ett övergripande ansvar för att följa utvecklingen av framväxande teknikområden inom energiområdet och ser till att insatser inom olika departement och myndigheter koordineras. En förutsättning för koordination är att analyser på

strategiskt viktiga teknikområden genomförs med jämna mellanrum, eller att ett systematiskt angreppssätt som TIS utvecklas till att bli en etablerad arbetsmetod vid myndigheter och departement.

Utveckla ramverket som en etablerad metod vid myndigheter och departement

För att möjliggöra en stärkt koordinering och att rätt typ av insatser utformas och sätts in vid rätt tillfälle finns möjligheten att utveckla TIS-ramverket så att det passar den dagliga verksamheten vid myndigheter och departement. Ett sätt att vidarutveckla och anpassa ramverket skulle kunna vara att ta över ansvaret för genomförda TIS-studier, driva dem vidare samt identifiera och genomföra ytterligare TIS-studier inom strategiskt viktiga områden. Som komplement kan kapacitetshöjande insatser behövas för de analytiker och handläggare som blir ansvariga att driva arbetet vidare. Sådana insatser skulle till exempel kunna bestå av att forskargrupperna bakom genomförd studie får en roll som expertråd och ”bollplank” samt att en utbildningsinsats genomförs. En sådan insats skulle kunna bestå av ett antal seminarium eller kurstillfällen som går parallellt med att analyserna genomförs och ramverket anpassas till myndighetens dagliga verksamhet.

Utveckla huvudrapporten

Som stöd för vidare TIS-studier vid departement och myndigheter men även i bredare grupper med intresse för teknikpolitiska studier och TIS-analyser finns möjligheten att vidareutveckla huvudrapporten på ett eller flera sätt efter att den har publicerats på Energimyndighetens hemsida.

Beroende på intresse finns det två möjligheter till vidare utveckling som båda skulle kunna genomföras. Den första möjligheten är att vidarutveckla rapporten till en handbok på svenska som används av analytiker och handläggare vid departement och myndigheter, företrädesvis i kombination med en utbildningsinsats. Den andra möjligheten är att översätta rapporten till engelska och utveckla den till en bok för en internationell publik.

Förslag på vidare forskning

Även om det existerar omfattande forskning kring teknologiska innovationssystem så betyder det inte att området är ”färdigforskat”. Även denna mer praktiskt inriktade studie har mött metodologiska utmaningar som motiverar vidare forskningsinsatser. Det skulle därför kunna vara av strategiskt värde att fortsätta bygga upp forskningskompetensen inom området teknologiska innovationssystemsstudier, teknikpolitik och styrmedelsanalys med särskild inriktning mot omställning till hållbara teknikersystem. Som det är idag finns relativt få forskare på området. En vidare insats skulle avse att vidareutveckla forskningen på området samt att stärka förmågan att genomföra mer omfattande tillämpningar av metodiken.

7 Referenser

- Azar, C., Sandén, B.A., 2011. The elusive quest for technology-neutral policies. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1, 135-139.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., Rickne, A., 2008a. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy* 37, 407-429.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Sandén, B.A., 2008b. 'Legitimation' and 'development of positive externalities': Two key processes in the formation phase of technological innovation systems. *Technology Analysis and Strategic Management* 20, 575-592.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., and Elg, L., 2010. Reflections on the co-evolution of innovation theory, policy and practice: The Emergence of the Swedish Agency for Innovation Systems, in R. Smits, S. Kuhlmann & P. Shapira, eds., (2010): *Innovation policy, theory and practice. An International handbook*, Elgar Publishers.
- Hedberg, P., Holmberg, S., 2014. Svenska folkets åsikter om olika energikällor 1999 - 2013. SOM-institutet, Göteborgs universitet, Göteborg.
- Hekkert, M., Negro, S., Heimeriks, G., Harmsen, R., 2011. *Technological Innovation System Analysis: A manual for analysts*. Faculty of Geosciences Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Universiteit Utrecht, Utrecht, the Netherlands.
- Hellsmark, H., Hellström, T., Bergek, A., Jacobsson, S., Mossberg, J., Vico, E.P., Sandén, B., Sarasini, S., 2013. Teknologiska innovationssystem i energisektorn: Identifiering av prioriterade områden och frågeställningar för vidare analys. Rapport till Energimyndigheten. SP Rapport 2013:ETx6026, Borås.
- Klein Woolthuis, R., Lankhuizen, M., Gilsing, V., 2005. A system failure framework for innovation policy design. *Technovation* 25, 609-619.
- Lundvall, B.-Å., 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London.
- Markard, J., Truffer, B., 2008. Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research Policy* 37, 596-615.
- Nelson, R.R., Winter, S.G., 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- North, D.C., 1990. *Institutions, Institutional Change and Economics*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.

Perez Vico, E., 2013. The Impact of Academia on the Dynamics of Innovation Systems: Capturing and explaining utilities from academic R&D Department of Energy and Environment. Chalmers University of Technology, Gothenburg.

Sharif, N., 2006. Emergence and development of the National Innovation Systems concept. *Research Policy* 35, 745-766.

SOU, 2013:84. Fossilfrihet på väg, in: Statens offentliga utredningar (Ed.), Stockholm.