



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS 20001

Examensarbete 30 hp
Februari 2020

Utvärdering av stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar

Sanna Börjeson



UPPSALA
UNIVERSITET

**Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten**

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Evaluation of the Economic Support for Advanced Technologies and System Solutions

Sanna Börjeson

The aim of this thesis is to evaluate the results of the economic support for advanced technologies and system solutions within urban environment that the Swedish Environmental Protection Agency (Naturvårdsverket), on behalf of the Swedish Government, announced during 2016-2018. The purpose of the support was to create opportunities for increased use of new innovations that effects the city's environmental, social and economic sustainability. The main focus of this thesis is to perform an assessment of the sustainability performance of the supported technologies as well as the projects technical maturity development. Through the development of an indicator system, a systematic analysis of each innovation project has been carried out. The results show that support has been given to a wide range of projects within different fields and, consequently, the identified effects on sustainable urban development varies. However, to a high degree, the projects led to reduced operating costs compared to conventional technical solutions, reduced energy consumption, better air quality and reduced transport needs. Moreover, the findings show that the main challenges of technical maturity development and market introduction is a lack of research and development funding.

Nyckelord: Hållbara städer, Technology Readiness Level (TRL), Dödsskuggans dal, Stadsinnovationer

Handledare: Muge Apayadin-Jönsson
Ämnesgranskare: Mikael Höök
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS 20001

Sammanfattning

Städerna befolkas av en allt större del av jordens population, en utveckling som å ena sidan främjar social och ekonomisk utveckling, men ställer nya krav på utformning och resurseffektivitet. Urbaniseringen innebär en ökad produktion och konsumtion av varor och städerna står idag för majoriteten av de totala utsläppen av koldioxid, vilket är främsta orsaken till att klimatförändringar sker. Andra följder av urbaniseringen är att städernas ekosystem skadas av buller, urbana värmeöar samt vatten och luftföroreningar.

För att skapa goda förutsättningar för städernas tillväxt har begreppet *hållbar stadsutveckling* fått ett allt större fokus. Definitionerna av en *hållbar stad* är många, men i centrum står resurseffektivitet och låg miljö- och klimatbelastning samtidigt som ekonomisk och social utveckling gynnas. Ofta lyfts nya innovationer fram som en lösning för att uppnå social, ekonomisk samt ekologisk hållbarhet.

Sverige har varit särskilt progressiva inom innovationssatsningar i utvecklandet av hållbara städer. En av flera satsningar på nya innovationer är Naturvårdsverkets ekonomiska stöd för spetstekniker och avancerade systemlösningar. Syftet med innovationssatsningen har varit att skapa möjligheter för ett ökat nyttjande av teknik som ger goda effekter på stadens miljömässiga, sociala samt ekonomiska hållbarhet. Utlysningar om innovationsmedel hölls i flera omgångar mellan 2016–2018. Ett 60-tal projekt från olika aktörer beviljades stödmedel.

I detta examensarbete har ett indikatorsystem utformats för att systematiskt studera de projekt som beviljats stöd för spetstekniker och avancerade systemlösningar. Studien har fokuserat på att bedöma projektens hållbarhetseffekter samt innovationernas tekniska mognadsutveckling. Indikatorsystemet har konstruerats inom ramen för DPSIR-modellen vilken är en konceptuell metod, utvecklad av den Europeiska miljöbyrån, för miljötillståndsbedömningar. Utgångspunkten för indikatorsystemet är att projektens ekonomiska, sociala och ekologiska hållbarhet samt innovationens mognadsgrad kan prövas. Teknisk mognadsutveckling bedömdes utifrån ramverket Technology Readiness Level (TRL-modellen). Modellen introducerades av NASA under 70-talet, men är idag allmänt etablerad vid framtagning av ny teknik. För att nå en djupare förståelse för satsningens resultat intervjuades även tre stödberättigade innovationsprojekt.

Resultatet visade att *stödet för stadsinnovationer* engagerat ett flertal olika aktörer. Hit hör först och främst aktiebolag, kommuner och universitet. Även kommunala bolag, myndigheter, stiftelser och ideella föreningar har beviljats innovationsstöd. Dessutom beviljades stödmedel för en rad olika sektorer. Resultaten visade att digitala verktyg behandlades av en fjärdedel av projekten, följt av sektorkategorierna energi, vatten och avlopp, byggnader och byggande, transporter, ekosystemtjänster och odling samt avfallshantering. Följaktligen har satsningar på stadens olika hållbarhetsområden

genomförts genom innovationsprogrammet. Studien fann också att projekten förväntas bidra till ekologiska, sociala såväl som ekonomiska hållbarhetseffekter.

Vidare visade resultaten att främsta orsaken till att ett projekt inte togs till en implementeringsfas och marknadsintroduktion var avsaknaden av finansiering. Svagast chanser att erhålla finansiering identifierades mellan TRL 4–6. Därmed drog slutsatsen att projektens möjligheter för att nå en implementering bekräftar innovationsteorin om ”Dödsskuggans dal”. Projekt med starka ekonomiska incitament samt projekt som drevs i samspel med olika aktörer påvisades ha starkast mognadsutveckling. Framtida studier bör syfta till att studera längre tidsserier. På så sätt kan genomförda innovationsprojekt följas upp och långsiktiga hållbarhetseffekter samt spridningseffekter som *stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar* resulterat i kan studeras.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Naturvårdsverket.....	2
1.2 Stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar	3
1.3 Problemformulering.....	4
1.4 Frågeställningar	4
1.5 Angreppssätt.....	4
1.6 Rapportens upplägg.....	5
2. Bakgrund	6
2.1 Sveriges innovationsklimat	6
2.1.1 Tripplehelix-perspektivet	7
2.2 Konceptuell förståelse för orsak och effektsamband inom miljörapportering	8
2.3 Ramverk för utformning av indikatorsystem.....	9
2.3.1 Jämförelse av standardiserade mått för städers hållbarhet	9
2.3.2 Utformning av indikatorsystem för analys av Jining City	12
2.3.3 Utformning av indikatorsystem för analys av grön infrastruktur	14
2.4 Innovationers grad av marknadsnärhet	15
2.4.1 Definitioner av TRL-nivåer	17
2.4.2 Dödsskuggans dal.....	19
3. Material och metod	20
3.1 Tillvägagångssätt.....	20
3.2 Litteraturstudie	20
3.3 Konstruktion av indikatorsystem	21
3.3.1 Datamaterial	22
3.3.2 Val av indikatorer	23
3.3.3 Spetsteknikers och systemlösningars marknadsnärhet	24
3.3.4 Jämförelse av projektansökan och slutrapport.....	25
3.3.5 Skattning av detaljrikedom	25
3.4 Statistisk dataanalys	26
3.5 Intervjuer	27
3.6 Avgränsningar.....	27
3.6.1 Mångfaldsmålet.....	28
3.6.2 Kostnadseffektivitet och additionalitet	28
4. Resultat.....	29
4.1 Aktör och sektoruppdelning av innovationsprojekt	29
4.1.1 Kostnadsanalys av beviljade projekt	31
4.2 Innovationernas mognadsgradsutveckling	32

4.2.1	Projektens möjligheter för en framtida implementering	35
4.3	Innovationernas hållbarhetseffekter.....	37
4.3.1	Hållbarhetseffekter med högst inrapporteringsfrekvens.....	37
4.3.2	Projektens hållbarhetsprestanda utifrån antal uppnådda effekter	39
4.3.3	Jämförelse av hållbarhetseffekter mellan projektansökan och slutrapport	40
4.3.4	Projektens mognadsutveckling i relation till dess hållbarhetseffekter	43
4.3.5	Mognadsutveckling i relation till storleken av stödbelopp och total investering	45
4.3.6	Projektens mognadsutveckling ur ett aktör- och sektorperspektiv	46
5.	Fallstudier.....	48
5.1	Morgondagens Mobilitetshus	48
5.2	Webbapplikation för samarbete och synliggörande av trädens värden	50
5.3	AI för plantolkning	52
6.	Analys	54
6.1	Nyckelfaktorer för stark mognadsutveckling	54
6.2	Hinder för implementering av innovationsprojekt.....	55
6.3	Stödets effekt på hållbar stadsutveckling.....	56
7.	Diskussion.....	58
7.1	Metodutmaningar inom <i>mätbarhet</i> och <i>tillgänglighet</i>	58
7.2	Metodutmaningar vid prövningen av teknisk mognad	59
7.3	Avsaknad av väldefinierade mål och tydliga systemgränser	60
7.4	Stödets effekt på en ökad sysselsättningsgrad	62
7.5	Stödet för stadsinnovationers <i>additionalitet</i>	63
7.6	Utvärdering av stödets <i>kostnadseffektivitet</i>	64
7.7	Nya innovationsidéer eller marknadsnära forskning?	65
8.	Slutsatser.....	67
9.	Referenser	68
Appendix A: Indikatorsystem ISO 37120:2018		73
Appendix B: Indikatorsystem Li m.fl. (2009)		75
Appendix C: Indikatorsystem Pakzad m.fl. (2017).		77
Appendix D: Indikatorsystem Stöd för spetstekniker och avancerade systemlösningar..		78
Appendix E: Beviljade stödprojekt.....		80

1. Inledning

Städerna utgör endast någon procent av jordens yta, medan de befolkar 55 % av jordens population (World Bank 2018). Ett värde som förväntas stiga till 68 % redan år 2050. Människor söker sig i allt större utsträckning till städerna för att få tillgång till nya livsmöjligheter. Hit hör framförallt ett större utbud av arbets- och utbildningstillfällen. Även bättre boende, ökade möjligheter för ett politiskt och kulturellt engagemang, liksom mer moderna ideal så som en ökad jämställdhet lockar människor, främst unga, till att lämna sina hem på landsbygden (UN 2019). Samtidigt som urbaniseringen främjar social och ekonomisk utveckling, ställs nya krav på städernas utformning och resurseffektivitet. Urbaniseringen är direkt korrelerad med en ökad produktion och konsumtion av varor, tjänster och infrastruktur vilket, utan en hållbar styrning, kan få negativa effekter på stadens ekosystem. Buller, luft och vattenföroreningar utgör några av de följder som påverkar både miljö, klimat samt människors hälsa och välbefinnande (Li m.fl. 2009).

Idag är förbränningen av fossila bränslen den största bidragsgivaren av koldioxidutsläpp och andra växthusgaser och därmed främsta orsaken till klimatförändringar. Av de totala utsläppen av växthusgaser står städerna för upp till 75 %. Samtidigt är städerna särskilt utsatta för klimatförändringar (Dent m.fl. 2016) till följd av att 80 % av världens städer ligger vid kuster och floder vilket gör de särskilt känsliga för förhöjda havsnivåer, översvämningar och extremt väder (Pachauri m.fl. 2015).

Ett uppfyllande av Parisavtalets klimatmål om en medeltemperaturökning som understiger 2° C, kräver att en tredjedel av världens oljereserver, hälften av gasreserverna, samt över 80 % av nuvarande kolreserver bör förbli outnyttjade fram till 2050 (McGlade & Ekins 2015). Ett ambitiöst mål med avseende på att fossila bränslen utgör 80 % av den globala energiproduktionen (The World Bank 2015). För att alla världens länder ska hålla sina löften om minskade utsläpp har behovet av hållbara och lokala energisystem identifierats som allt viktigare (Fagerberg 2018). Såväl ekonomiska, miljömässiga och sociala incitament driver övergången mot hållbara energisystem som minskar en stads energiberoende av fossila, i regel importerade, bränslen (Dent m.fl. 2016).

För att tackla en negativ stadsutveckling lyfts begreppet *hållbar stadsutveckling* eller så kallade *Sustainable Cities* allt oftare fram i klimatdebatten (Cohen 2018). Världsbanken definierar *hållbara städer* som ”motståndskraftiga städer som kan anpassa sig, mildra och främja ekonomiska, sociala och miljömässiga förändringar” (World Bank 2013). Förenta nationernas miljöprogram (UNEP), gör en mer specifik beskrivning av konceptet som den resurseffektiva staden som kan kombinera större produktivitet och innovation med lägre kostnader och minskad miljö påverkan samtidigt som det ger ökade möjligheter för hållbara konsumentval och en hållbar livsstil (UNEP 2000). Utformningen av nya energistrategier för att minska städernas energiberoende tar även allt större plats inom olika staters visioner om hållbara städer (Dent m.fl. 2016).

Sveriges regering har i likhet med UNEP lyft fram främjandet av innovationer i sin strategi för hållbara städer (Miljö och energidepartementet 2018). Hållbara innovationer innebär utvecklingen av en ny produkt, process, service eller teknik som uppfyller dagens samhällsbehov, främjar social och ekonomisk utveckling och samtidigt utnyttjar jordens naturresurser på ett långsiktigt hållbart sätt (Tello & Yoon 2008).

En utredning av Naturvårdsverket menar att satsningar på hållbara innovationer är ett kostnadseffektivt sätt att bemöta framtidens klimat och energiutmaningar inom stadsutveckling (Naturvårdsverket 2015). Ny miljöteknik kan tillsammans med politiska styrmedel och incitament för beteendeförändringar hos både hushåll och företag bidra till att uppnå miljö kvalitetsmålen både snabbare och effektivare. Samtidigt ger satsningar på miljöinnovationer nya jobb, stärker Sveriges konkurrenskraft och gynnar en långsiktig hållbar tillväxt (Boons m.fl. 2013; Fagerberg 2018; Ferreira m.fl. 2020). Sveriges möjligheter att exportera miljöteknik motiveras dels genom att klimat, miljö och energifrågor idag vägs allt tyngre i samhällsdebatten vilket har vidgat den internationella marknaden för nya hållbarhetslösningar. Därtill ser man en ökad efterfrågan av ny miljöteknik till följd av att industrialiseringen nått nya tillväxtmarknader. Särskilt uppmärksammas tillväxttakten i storstäder där man sett en ökad efterfrågan av lösningar inom sektorer som vatten, luft, avfall, energi, och transporter (Naturvårdsverket 2015).

Naturvårdsverket slutsatser stärks av aktuell forskning på området. Användningen av ny teknik stödjer utvecklingen av kunskapssamhället. Det leder i sin tur till efterföljande uppfinningar som förbättrar levnadsvillkoren inom sektorer så som medicin, transport, produktion och energianvändning (Villeneuve m.fl. 2017). Dessutom har utvecklingen av nya innovationer identifierats som en framgångsfaktor för att ta sig ur en ekonomisk svacka och nå en långsiktig ekonomisk tillväxt och en ökad sysselsättningsgrad (Szopik-Depczyńska 2015; Foray & Phelps 2010).

1.1 Naturvårdsverket

Naturvårdsverket grundades 1967 och är en statlig myndighet för miljöfrågor som formellt leds av Miljödepartementet. Myndigheten har regeringen som uppdragsgivare och har en central roll i miljöarbetet inom Sverige, EU såväl som internationellt. I Naturvårdsverkets uppdrag ingår det att ha en drivande, stödjande och samordnande funktion i miljöarbetet och myndigheten ansvarar särskilt över frågor som rör klimat, luft, mark, biologisk mångfald, förorenade områden, kretslopp och avfall, miljöövervakning samt miljöforskning (Riksdagsförvaltningen 2019).

Naturvårdsverkets långsiktiga syfte är att verka för riksdagens fastställda generationsmål som innebär att för nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser (Naturvårdsverket 2019a). Verksamheten finansieras genom statliga medel där anslaget går till miljöövervakning, miljöinformationsförsörjning, miljöforskning samt internationellt miljö- och klimatsamarbete. I myndighetens uppdrag ingår även att fördela statliga anslag till andra aktörer (Riksdagsförvaltningen 2019).

Till exempel bedriver Naturvårdsverket det miljöpolitiska investeringsstödet Klimatklivet som under åren 2015–2018 förmedlat 4.7 miljarder kronor till lokala och regionala åtgärder som innebär minskad utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser. Förutom att syfta till miljömålet *begränsad klimatpåverkan* ska stödet även stödja spridningen av ny teknik, bättre hälsa och en ökad sysselsättningsgrad. Under 2019 har anslaget ökat med ytterligare 1.5 miljarder kronor (Naturvårdsverket 2019a).

En föregångare till Klimatklivet är det tidigare klimatinvesteringsprogrammet Klimp. Mellan 2003–2012 investerades knappt 6 miljoner kronor i projekt vars syfte var att minska utsläpp av växthusgaser, stödja en energiomställning och minska energianvändningen (Naturvårdsverket 2013).

1.2 Stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar

Under åren 2016–2018 har Naturvårdsverket på uppdrag av regeringen genomfört utlysningar om stöd för spetstekniker och avancerade systemlösningar för hållbar stadsutveckling (Näringsdepartementet 2016). Stödets syfte har varit att skapa möjligheter för ett ökat nyttjande av spetsteknik och avancerade systemlösningar i stadsmiljön som kan ge transformativa eller mycket goda effekter på stadens hållbarhet (miljömässigt, socialt och ekonomiskt). I första hand avser bidraget att stödja projektering, planering och förstudier. Den nya tekniken ska kunna nyttiggöras vid renovering, förvaltning, samt vid byggandet av nya stadsdelar. Med spetsteknik avser Naturvårdsverket en ny generation avancerad teknik med hög miljöprestanda och betydande innovationsgrad. Avancerade systemlösningar hänvisar till en integrering av tekniska eller andra delsystem i en stad så att betydande synergieffekter och miljönytta uppnås (Naturvårdsverket 2019b).

Under projekttiden ska beviljade projekt ta fram det underlag som krävs för att en framtida beställare av lösningen ska kunna ta beslut om investering. Hit hör tekniska utredningar och tester gällande de lokala förutsättningarna, utformning av kalkyler för investeringskostnad och drift samt framtagning av hållbara finansieringslösningar. Utlysningens övergripande målsättning är att koncepten ska vara färdigutvecklade för implementering eller marknadsintroduktion när projektet är genomfört. Efter projekttiden ska det inte krävas ytterligare studier eller projekteringsarbete. Stödet syftar även till att leda till investeringar i Sverige (Naturvårdsverket 2019b).

Satsningen genomförs som en del av regeringens investeringar för klimatet. Stödet har gått till projektering, förstudier och pilotprojekt för 62 olika satsningar inom samhällskategorierna digitala verktyg, avfallshantering, transporter, byggnader och byggande, energi, ekosystemtjänster samt vatten och avlopp. Kriterier för bedömning av ansökan har utgjorts av innovationsgrad, alltså att konceptet varit nyskapande i den tillämpning som föreslagits, samt att konceptet haft potential att bidra till transformativa eller mycket goda effekter på stadens hållbarhet. Med transformativa innovationer hänvisas till tekniker och metoder med minst 80 procent bättre miljöeffekt än konventionella lösningar (Naturvårdsverket 2019c). Slutligen har även en bedömning

gjorts av projektägarnas kapacitet, potential och vilja att genomföra såväl projektet som de åtgärder och investeringar som det är tänkt resultera i (Naturvårdsverket 2019b).

I regeringsuppdraget för *stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar* finns även målet att bevilja projekt med en mångfald av olika lösningar och aktörer. Fem utlysningar av stödet har skett mellan 2016–2018 och alla projekt som beviljats stöd slutfördes senast juli 2019. Totalt har 68 miljoner kronor investerats i de olika projekt (Näringsdepartementet 2016).

Stödets enskilda storlek provas och regleras utifrån förordningen (2016:448) om Stöd för strategisk användning av spetsteknik för hållbar stadsutveckling. Naturvårdsverket har främst tillämpat ”Stöd för miljöstudier” enligt artikel 49 i kommissionens förordning (EU) nr 651/2014. Där utgår maximalt 50–70 procent finansiering från Naturvårdsverket beroende på företagets storlek. I ett fåtal fall har andra artiklar tillämpats och då kan Naturvårdsverket finansiera 100 % av projektkostnaderna. Dock har Naturvårdsverket prioriterat projekt med medfinansiering av projektägarna (Naturvårdsverket 2019b).

1.3 Problemformulering

Naturvårdsverket är skyldiga att redovisa en utvärdering av *stödet för spetsteknik och avancerade systemlösningar* genom att studera dess genomförande och resultat. Slutsatserna ska lämnas in till näringsdepartementet den 20 mars 2020 för kunna utnyttjas vidare vid investeringar via andra program som Klimatklivet (Naturvårdsverket 2019d).

Detta examensarbete ämnar utgöra en del av underlaget för Naturvårdsverkets utvärdering. Studien fokuserar på att genomföra en bedömning av stödprojektens hållbarhetsprestanda samt konceptens tekniska mognadsutveckling.

1.4 Frågeställningar

- Vilka typer av projekt har fått stöd och hur ser de olika aktörerna ut?
- Vilka hållbarhetseffekter förväntas till störst grad?
- Vad begränsar ett innovationsprojekts möjligheter för att marknadsintroduceras och vilka projekt har haft bäst tekniska mognadsutveckling?

1.5 Angreppssätt

Grunden för denna studie utgörs till stor del av projektansökningar och slutrapporter som de stödberättigade själva rapporterat in till Naturvårdsverket. För att kunna genomföra en bedömning av stödprojektens hållbarhetsprestanda har ett indicatorsystem utvecklats och möjliggjort för en systematisk analys av varje stödprojekt. Där har projektens rapporterade effekter kategoriserats och klassificeras utifrån en mängd både kvalitativa och kvantifierbara hållbarhetsindikatorer. Utgångspunkten för indicatorsystemet har utgjorts av kategorierna *ekonomisk hållbarhet*, *social hållbarhet*, *ekologisk hållbarhet* samt *innovationens mognadsgrad*.

Efter övergripande analys har tre kompletterande intervjuer med projektledare från olika stödberättigade innovationsprojekt genomförts för att ge en djupare insikt i projektens genomförande och resultat. Genom att exemplifiera fördjupade studier i ett urval av projekt har en kvalitativ förståelse för stödets resultat nåtts.

1.6 Rapportens upplägg

Rapporten inleds med en övergripande redogörelse över konceptet hållbar stadsutveckling och innovationers roll samt en redogörelse för hur bedömningsramverk av hållbarhet kan konstrueras. Vidare presenteras ett metodavsnitt som beskriver det för studiens syfte konstruerade indikatorsystemet. Därefter följer studiens resultat, fallstudier, analys, diskussion och slutsats. Av läspraktiska skäl används ibland benämningen stadsinnovationer synonymt med spetstekniker och avancerade systemlösningar för hållbar stadsutveckling.

2. Bakgrund

I takt med att konceptet hållbar utveckling anammats allt mer har det skett en ökad efterfrågan på konkreta ramverk för bedömning, planering och förvaltning av städer (Li m.fl. 2009; Huovila m.fl. 2019). Städernas ekosystem påverkas av såväl sociala, ekonomiska, miljömässiga och kulturella faktorer. Dess komplexitet och den stora mängden tillgänglig data kan utgöra en dålig beslutsgrund utan tillgång på de rätta verktygen för att göra objektiva, evidensbaserade bedömningar (Li m.fl. 2009).

I många fall har indikatorsystem varit lösningen för hantering och kommunikation av komplexa data. Med indikatorer som grund kan beslutfattare även utforma och följa upp mätbara mål samtidigt som indikatorer skapar ett gemensamt språk och transparens för spridning av resultat. Indikatorsystem kan beskrivas som kvantitativa, kvalitativa eller beskrivande åtgärder vars främsta funktion är kvantifiering, förenkling och kommunikation (Huovila m.fl. 2019).

Följande kapitel presenterar den bakgrund som är nödvändig för att förstå problemformuleringen och valet av metod. Avsnitt 2.1 ger en kortfattat beskrivning av hur innovationsarbetet i Sverige ser ut. Här ges även en redogörelse för de faktorer som bedöms gynna ett innovationsklimat. Avsnitt 2.2 ämnar ge en konceptuell förståelse för hur innovationssatsningar och städers hållbarhet relaterar till varandra. Avsnitt 2.2 beskriver även hur valet av bedömningsindikatorer vid utvärderingar av innovationsprojekt kan påverka städers framtida hållbarhetsutveckling. I avsnitt 2.3 presenteras en övergripande bild av hur indikatorsystem tidigare utformats för att testa städers och innovationers hållbarhetsprestanda. Slutligen ges i avsnitt 2.4 en redogörelse för hur en innovations tekniska mognadsgrad kan bedömas och vilka konsekvenser en sådan bedömning har på forsknings och utvecklingsprocessen.

2.1 Sveriges innovationsklimat

Det finns en medveten och uttalad agenda att Sverige ska vara progressiva i möjliggörandet för nya innovationer (Persson 2018). Satsningar på hållbara innovationer genomförs inte bara av Naturvårdsverket utan även av myndigheter så som Energimyndigheten och Boverket (Boverket 2017; Energimyndigheten 2019). Sedan 2001 finns en egen myndighet med uppgift att stödja det svenska innovationssystemet. Vinnova arbetar för att utveckla *Sveriges innovationsförmåga för att bidra till hållbar tillväxt*. År 2015 förändrades Vinnovas uppdrag i samband med att FN:s 193 medlemsländer antog den historiska resolutionen Agenda 2030 för hållbar utveckling. Idag arbetar myndigheten aktivt utifrån de 17 globala målen för att uppnå en socialt, miljömässigt och ekonomiskt hållbar värld år 2030 (Vinnova 2019).

Det finns underlag för att Sveriges aktiva satsningar på innovationer för hållbar utveckling har gett resultat. I artikeln *Innovation in sustainable development: an investigation of the EU context using 2030 agenda indicators* presenterar författarna Szopik-Depczyńska m.fl. (2018) en analys av de europeiska ländernas innovationsgrad i

relation till hur de presterar enligt Agenda 2030. Studien utgår specifikt för EU:s officiella bedömningsramverk för FN:s nionde hållbarhetsmål Hållbar industri, innovationer och infrastruktur (FN 2015).

Resultaten visar en sammanslagen diagnostik av medlemsstaternas grad av innovativitet byggd på tre olika indikationsgrupper. I den första indikatorgruppen utvärderas ett medlemslands interna satsning på forskning och utveckling, det vill säga medlemsstatens inhemska bruttoutgifter på forskning och utveckling (FoU). Vidare analyseras andelen jobb inom mellan- och högteknologiska samt kunskapsintensiva yrken. Sista indikationsgruppen reflekterar patentansökningar till europeiska patentverket (EPO). Gällande patentansökningarna lyfter författarna frågan om huruvida det är ett rättvist mått på innovation. Slutsatsen är dock att tillsammans med övriga indikatorer som används i studien, möjliggör patentanalysen för bedömning av nivån på innovativitet hos de analyserade EU-länderna (Szopik-Depczyńska m.fl. 2018). Graden av innovativitet redovisas för år 2010 till 2015 där Sverige utmärker sig särskilt i resultatet med en årlig innovationstillväxt på 1,09 %. Det innebär en förstaplats i rankningen följt av Storbritannien (0.76 %) och Slovakien (0.72 %) (Szopik-Depczyńska m.fl. 2018).

Att Sverige presterat framgångsrikt i studien förklaras framförallt av den relativt starka ekonomin som under en längre tid möjliggjort satsningar inom infrastruktur, industri och nya teknologier. En annan anledning som lyfts är att Sverige varit framgångsrika i att implementera de riktlinjer för satsningar på innovation som Organisationen för Ekonomiskt Samarbete och Utveckling (OECD) tagit fram som en följd av hållbara innovationers bevisade positiva påverkan på ekonomisk tillväxt. Här lyfts politisk styrning, riktlinjer och incitament fram som en avgörande roll för en ökad utveckling av innovationer. Centralt är skapandet av plattformar för kunskapsutbyte, satsningar på kunskapsutveckling och entreprenörskap, samt skapandet av kommunikationsvägar för efterfrågning av produkter och tjänster (Szopik-Depczyńska m.fl. 2018).

2.1.1 Tripplehelix-perspektivet

De riktlinjer som OECD lagt fram kan kopplas till Tripplehelix-perspektivet som är en relativt etablerad metod för att skapa ett gynnsamt innovationsklimat. I många modeller för innovation ligger fokus på kunskapsutbytet mellan kund och leverantör. Tripplehelix-modellen motsätter sig inte betydelsen av utbytet mellan kund och leverantör, men lyfter framförallt fram samarbetet mellan universitet, näringsliv och offentliga sektorn som en framgångsfaktor i skapandet av att bygga en kunskapsinfrastruktur som leder till tillväxt och entreprenörskap. Särskilt gynnsamma har denna typ av samverkan varit när de etablerade parterna har en gemensam agenda (Etzkowitz & Zhou 2018). Tillexempel finns forskningsunderlag som menar att möjligheterna för att hitta lösningar inom hållbar stadsplanering ökar när den offentliga sektorn går samman med näringsliv och universitet. Det till följd av risken för eventuella intressekonflikter som annars skulle kunnat hindra projekt från att implementeras minskar (Verlinde & Macharis 2016).

Tripplehelix-modellen förklarar även att innovationsklimatet gynnas när de tre olika aktörerna vågar ta sig an nya uppgifter och därmed verka utanför de traditionella ramarna. Vid ett Tripplehelix-samarbete kan till exempel en aktör inom näringslivet, som i regel stått för att vara den producerande aktören, ta sig an rollen att generera ny kunskap inom företaget och involvera fler i offentligt beslutfattande. Universitet, som stått för den kunskapsgenererande rollen kan genom samarbetet ta ett större engagemang inom affärsverksamhet. Slutligen menar Tripplehelix-modellen att i en överlappande innovationskultur breddar den offentliga sektorn sina arbetsuppgifter. Till exempel kan offentliga sektorn vidga sin styrande och normgivande roll genom att agera som riskkapitalist (Etzkowitz & Zhou 2018).

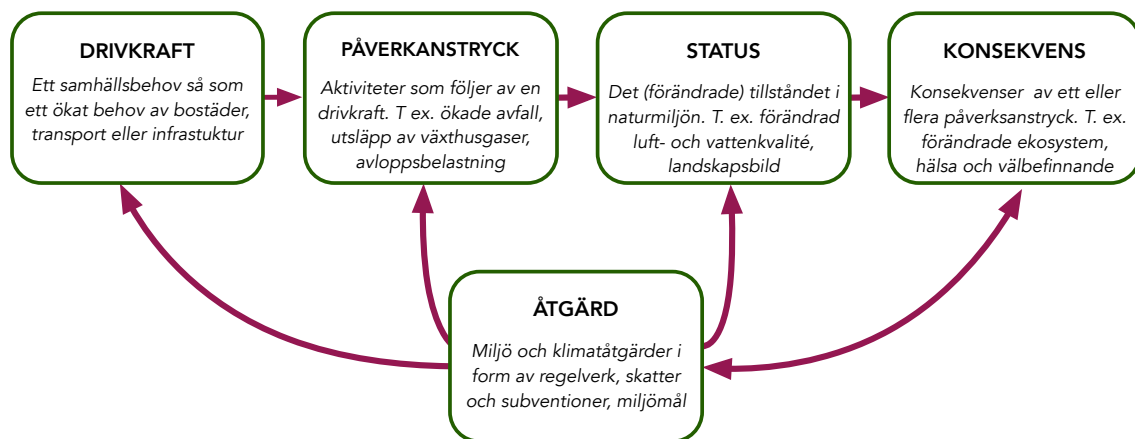
Sedan Tripplehelix-perspektivets introduktion under 1990-talet finns det idag flera varianter och utformningar av modellen. Det så kallade Quadruplehelix-perspektivet går ett steg längre och antar även ett medborgar-/användarperspektiv där vikt läggs på att inkludera medborgare i hela innovationskedjan (Schütz m.fl. 2019).

2.2 Konceptuell förståelse för orsak och effektsamband inom miljörapportering

Den idéram som i miljösammanhang fått störst genomslag för att utgöra underlaget vid konstruktionen av olika indicatorsystem är Pressure-State-Response (PSR)-modellen. PSR-modellen togs under 90-talet fram av OECD och var ursprungligen tänkt att användas vid miljötillståndrapportering. PSR – modellen beskriver orsakssamband där en påverkanstryck, *Pressure*, sker på miljön vars status, *State*, förändras. Hit hör förändringar i naturmiljön så som luftkvalité, vattenkvalité eller landskapsbild. *Response*, svarar mot de åtgärder som ska motverka eller mildra problemen. Hit hör till exempel nya miljölagar, skatter och subventioner samt utveckling av bedömningsmodeller (Gari m.fl. 2015).

Några år efter lanseringen av PSR-modellen utökades den av europeiska miljöbyrån (EEA). Idén var att göra ramverket mer tillämpningsbart genom att även inkludera bakomliggande förhållanden i miljön. DPSIR-modellen ger en mer utvecklad konceptuell förståelse för hur olika indikatorer förhåller sig till varandra och kan därmed redogöra för samband mellan miljö och samhälle (Gari m.fl. 2015).

DSPIR-modellen kartläggs i Figur 1 med dess två nya komponenter: Drivkraft (*Driving force*), samt konsekvens (*Impact*). Här innebär drivkraft ett samhällsbehov som skapar ökade sociala eller ekonomiska aktiviteter, till exempel ett ökat transportbehov eller ett behov av utbyggnad av infrastruktur eller bostäder. Driftkraften leder till ett påverkanstryck, *Pressure* som i sin tur förändrar miljöns status, *State*. En konsekvens, *Impact*, på ekosystemet uppstår av på ett eller flera påverkanstryck och avser såväl förändringar inom hälsa, samhällsekonomi eller ekosystemtjänster (Gari m.fl. 2015).



Figur 1. DPSIR-modellen. Källa Gari m. fl (2015). Justerad av författare.

Idealt ska modellen redogöra för effekterna som följer miljö och klimatpolitiska åtgärder. I modellen ser vi att samhällets åtgärder kan riktas såväl mot systemets drivkrafter som mot påverkanstryck, miljösystemets status eller mot konsekvenserna (Gari m.fl. 2015).

2.3 Ramverk för utformning av indikatorsystem

Samtidigt som det har skett en stor ökning av utbudet av bedömningsverktyg för att mäta städers hållbarhet har en ny problematik för hållbarhetsbedömningar vuxit fram. Huovila m.fl. (2019) samt Li m.fl. (2009) lyfter två utmaningar när det kommer till beslutsfattareshöjigheter att göra objektiva, effektiva bedömningar av en stads hållbarhet. De menar att det finns svårigheter i att välja bland de hundratals olika indikatorsystem som idag finns tillgängliga, men också att indikatorsystem vanligtvis är utvecklade för ett specifikt användningsändamål som kräver expertkunskap för förståelse och tillämpning (Li m.fl. 2009; Huovila m.fl. 2019).

I följande kapitel presenteras olika principer som inom forskningen legat till grund för framtagningen av olika indikatorsystem inom stadsutveckling och innovationsprestanda. Fokus ligger på metoder för utvecklandet av vägledande bedömningsramar och indikatorsystem som kan utformas efter systemnyttjarens intentioner.

2.3.1 Jämförelse av standardiserade mått för städers hållbarhet

Till följd av det stora utbudet av hållbarhetsbedömningar har standardiserade ramverk för bedömning och rapportering av hållbar stadsutveckling efterfrågats för att skapa tydligare vägledning för beslutsfattare och andra intressenter. Standardiserade system har utvecklats av Internationella Organisationen för Standardisering (ISO), Internationella Telekommunikationsunionen (ITU) samt av samarbetet av de tre europeiska standardiseringsorganisationerna CEN, CENELEC och ETSI. Totalt har sex etablerade internationella indikatorstandards utarbetats. Ramverken fokuserar på indikatorer för smarta och hållbara städer, där smarta städer utöver det generella begreppet hållbar stad lägger ännu mer vikt på information och kommunikationsteknologi (ITC) för att hitta lösningar inom hållbar stadsutveckling (Huovila m.fl. 2019). I Tabell 1 redogörs kortfattat

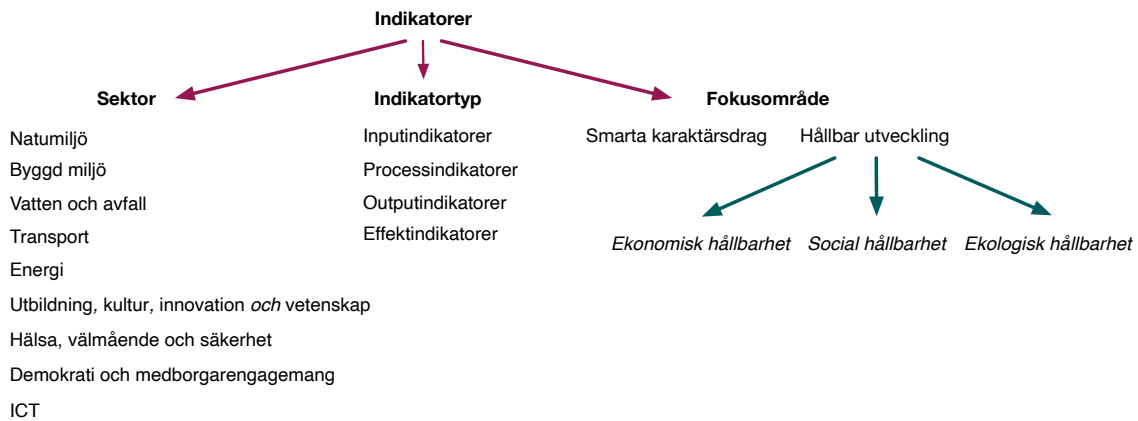
för de olika systemen samt FN:s globala hållbarhetsmål *Hållbara städer och samhällen* (Huovila m.fl. 2019).

Tabell 1. Standardiserade indikatorsystem. Källa Huovila (2019). Reviderad av författare. I den vänstra kolumnen syns systemets betäckning och en kortfattad beskrivning av dess innehåll, i andra kolumnen redogörs för dess fokusområden. I sista spalten redovisas antalet indikatorer som systemet inkluderar.

ISO 37120:2018 Hållbar utveckling av samhällen-resultatindikatorer för samhällstjänster och livskvalitet	Ekonomi, utbildning, energi, miljö och klimatförändringar, finans, styrning, hälsa, bostäder, befolkning och sociala förhållanden, rekreation, säkerhet, fast avfall, sport och kultur, telekommunikation, transport, stad, lokalt jordbruk och livsmedelssäkerhet, stadsplanering, avloppsvatten, vatten	104
ISO/DIS 37122:2018 Hållbar utveckling i samhällen-resultatindikatorer för smarta städer	Ekonomi, utbildning, energi, miljö och klimatförändringar, finans, styrning, hälsa, bostäder, befolkning och sociala förhållanden, rekreation, säkerhet, fast avfall, sport och kultur, telekommunikation, transport, stad / lokalt jordbruk och livsmedelssäkerhet, stadsplanering, avloppsvatten, vatten	85
ETSI TS 103 463 nyckelindikatorer planering och utveckling av hållbara digitala multiservicestäder	Ekonomisk, social, ekologisk och politisk hållbarhet (People, planet, prosperity, governance)	76
ITU-T Y.4901/L.1601 nyckelindikatorer för utvärdering av användarmönster inom informations- och kommunikationsteknik i smarta hållbara städer	ICT, ekologisk hållbarhet, produktivitet, livskvalitet, rättvisa och social integration, infrastruktur	48
ITU-T Y.4902/L.1602 nyckelindikator för mätning av hållbarhetseffekterna av informations- och kommunikationsteknik i smarta, hållbara städer	Ekologisk hållbarhet, produktivitet, livskvalitet, rättvisa och social integration, infrastruktur	30
ITU-T Y.4903/L.1603 nyckelindikatorer för att bedöma smarta städers uppnådda mål för hållbar utveckling	Ekonomi, miljö, samhälle och kultur	52
FN:s globala utvecklingsmål 11 samt relaterade ramverk för utvärdering och analys	FN:s hållbarhetsmål 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6, 11.7, 11a, 11b, 11c, 1.4, 6.3	18

Trots standardiserade indikatorsystem, menar Huovila m.fl. (2019) att problematiken med att ett visst användningsändamål ofta kräver expertkunskap för förståelse och tillämpning

kvarstår. För att skapa vägledande incitament presenterar författarna en jämförande studie där det redogörs för de olika indikatorssystemens lämpade tillämpningsområden. Resultaten nås genom att klassificeras de olika indikatorerna utifrån systemens fokusområde, indikatortyp samt sektor. Författarnas tillvägagångssätt visas i Figur 2.



Figur 2. Tillvägagångssätt för klassificering av indikatorer. Källa Huovila m.fl. (2019).

Fokusområde avser om indikatorn testar hållbarhet (social, ekologisk eller ekonomiskt) hos staden, eller om indikatorn fokuserar på stadens smarta karaktärsdrag. Med smarta karaktärsdrag menas främst användarmönster av innovationer inom ICT. Indikatortyp behandlar vilken typ av bedömning som indikatorn är avsedd för att göra. Där avser *inputindikatorer* de resurser som behövs för implementeringen av ett beslut. Hit hör ekonomiska resurser, men också sociala resurser som kompetens, eller politiska handlingsramar. *Processindikatorer* syftar till analys om en planerad aktivitet genomförts eller inte. Det kan innebära genomförandet av möten eller utbildningar. Vidare innefattar *outputindikatorer* detaljerna av en pågående aktivitet, till exempel antalet elbussar i systemet eller antalet tillgängliga appar för ett specifikt område. *Effektindikatorer* mäter följderna av en *output* avseende mängden och kvaliteten på de aktiviteterna som implementeras. Ofta utgörs *effektindikatorerna* av ett andelsmått för ett önskat resultat hos en viss målpopulation så som användarandelen av en viss parkeringsapp. Slutligen mäter *konsekvensindikatorer* i vilken grad ett nyckelmål har uppfyllts. Till exempel stadens totala energiförbrukning (Huovila m.fl. 2019).

Följaktligen lämpar sig olika indikator typer för användning i olika faser av en stadsutvecklingsprocess. *Inputindikatorer* bör användas vid planeringsstadiet av en kommande implementering, medan *processindikatorer* lämpas att användas för att utvärdera en implementering som just genomförts. Slutligen mäter *output*, *effekt* och *konsekvensindikatorer* inverkar av en implementering på kort, mellan och lång sikt (Huovila m.fl. 2019). Resultaten visade bland annat att ISO 37120:2018 och FN:s elfte globala hållbarhetsmål *Gör städer och bosättningar inkluderande, säkra, motståndskraftiga och hållbara* bör användas vid bedömning av städernas hållbarhet snarare än vid utvärderingar gällande städernas grad av smarta karaktärsdrag. Vid granskningen över indikator typer utmärkte sig ISO 37120:2018 som det system som la mest fokus på

output, effekt och konsekvens av en viss implementering, medan indikatorsystemen ETSI och ITU 4903 hade en jämn fördelning mellan de olika indikator typerna. Författarna lyfte även kritik mot ramverket för FN:s elfte globala hållbarhetsmål. Ramverket inkluderar målet *tänk globalt, agera lokalt*. Formuleringen innebär en problematik gällande praktisk tolkning, tillämpning och utvärdering vid utformningen av städer (Huovila m.fl. 2019).

Avslutningsvis poängteras att medan standardisering av indikatorsystem innebär att det säkerställs viss kvalitetsnivå för indikatorval, beräkning och metoder, är standardiserade modeller alltid en kompromiss. Alla städer har olika behov, förutsättningar, dagordningar och tidsramar. Ett system med förvalda indikatorer kan vara meningslöst för ett specifikt sammanhang på grund av skillnaderna mellan städer. Istället bör standardiserade indikatorsystem betraktas som en utgångspunkt där indikatorer anpassas utifrån den specifika stadens behov (Huovila m.fl. 2019).

2.3.2 Utformning av indikatorsystem för analys av Jining City

Kina hör till de länder som upplever en särskilt snabb urbanisering och industrialisering. Den snabbt expanderande urbana infrastruktur och de drastiska förändringar i städernas utformning, har liksom på många ställen i världen, skapat en ny efterfrågan på hållbara lösningar. Att upprätta effektiva hälsosamma stadssamhällen som tar hänsyn till både människor och ekosystem har blivit en prioritering för regeringar runt om i världen liksom även i Kina (Button 2002; Li m.fl. 2009).

Li m.fl. (2009) har utvecklat en ny typ av bedömningsmetodik och ett system med en mer omfattande uppsättning av indikatorer. Detta för att möjliggöra för en effektiv hållbarhetsbedömning bland Kinas storstäder. Författarna argumenterar för att ett väl utformat indikatorsystem ska dels ta hänsyn till är politiskt styre, de processer som sker i staden samt de framsteg som skett mot en hållbar stadsutveckling. Indikatorsystemet bör även reflektera stadens nuvarande status för ekonomi, miljömässiga och ekologiska och sociala konstruktioner. Samtidigt ska metoden vara utvecklad för att ta hänsyn till följande primära principer:

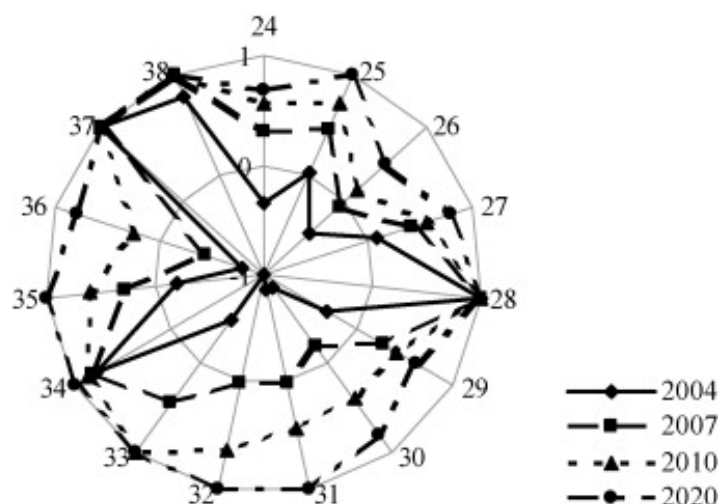
Tabell 2. Primära principer för utformning av indikatorsystem. Källa Button (2002) & Li m.fl. (2009)

Mognad	Indikatorsystemet bör likvärdigt granska de sociala, ekonomiska, ekologiska, miljömässiga och institutionella aspekterna av staden
Objektivitet	Indikatorsystemet bör objektivt återspegla vetenskaplig konsensus inom ämnet hållbar utveckling
Oberoende	Effekterna som indikatorerna mäter bör vara oberoende för att undvika överlappning och autokorrelation

Mätbarhet	Indikatorer bör vara mätbara. Det bör vara möjligt att kvantifiera även kvalitativa indikatorer med lämpliga kvantifieringstekniker
Tillgänglighet	Det bör finnas goda möjligheter för att samla in och kvantifiera data för att tillåta praktisk användning av indikatorsystemet
Dynamik	Indikatorer ska kunna ta hänsyn till temporära, rumsliga eller strukturella förändringar i systemet och därmed återspegla de förändringar som sker i stadens sociala, ekonomisk och ekologiska utveckling
Relativ stabilitet	Indikatorer bör fånga långsiktig snarare än kortsiktiga processer

Utifrån de presenterade grundkoncepten tar Li m.fl. (2009) fram ett system inkluderande 52 olika indikatorer för att testa hållbarheten i mångmiljonstaden Jining City (se Appendix B) i Shandongprovinsen i nordöstra Kina.

För att vidare analysera resultatet använder sig författarna av en metod kallad *Full Permutation Polygon Synthetic Indicator* (FPPSI). Förenklat bygger modellen på att man inför en n -sidig polygon som representerar det teoretiska maxvärdet som varje n antal indikatorer i ett indikatorssystem kan anta. Modellen möjliggör dels för geometrisk visualisering av resultat, men också för skattning av sammanslaget hållbarhetsvärde $[0,1]$ för staden. I Figur 3 ser vi ett exempel från studien av Li m.fl. (2008) där metoden används för att testa den ekologiska hållbarheten i staden.



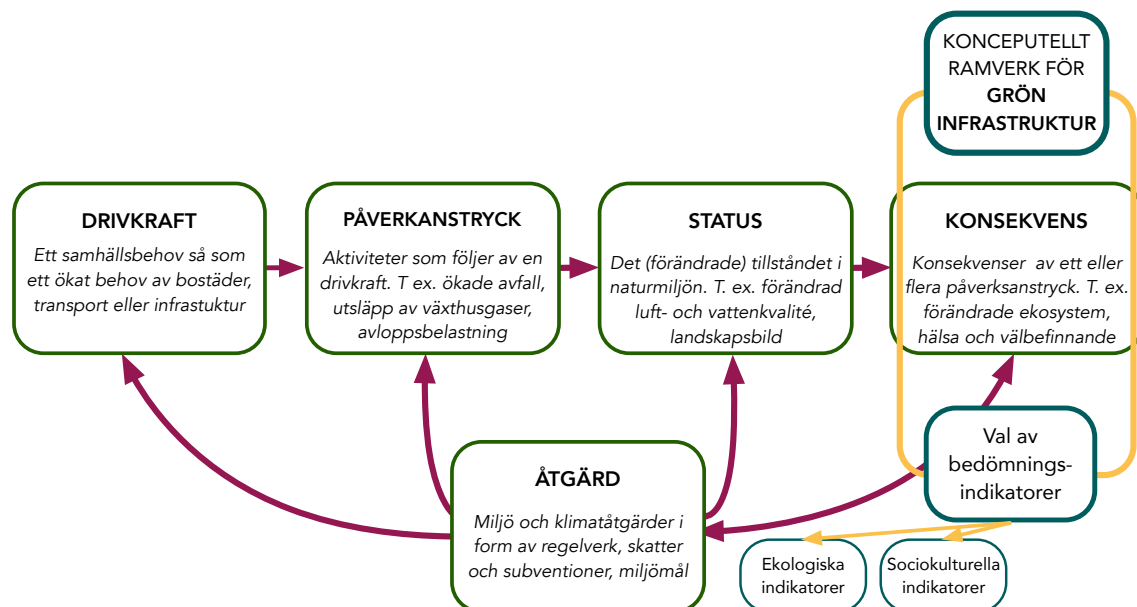
Figur 3. Exempel på FPPSI-metoden. Här redogörs för den ekologiska hållbarheten i Jining City. Varje hörn i polygon som representerar ett särskilt index. Tillexempel visar (24) antal dagar när stadsluftkvalitetsindexet når klass II eller bättre och (25) andelen vattenområden där föroreningsnivåerna ligger under riktvärdesgränsen. Resultaten redovisar för åren 2004 och 2007 samt ger en förväntad prognos för 2010 och 2020.

Källa Li m.fl. (2009).

2.3.3 Utformning av indikatorsystem för analys av grön infrastruktur

Ett begrepp som fått allt större fokus inom ramen för hållbara stadsinnovationer är grön infrastruktur (GI). Grön infrastruktur innefattar nätverk av naturliga och seminaturliga områden som integreras i städerna och verkar för att främja olika ekosystemtjänster som bland annat pollinering, naturlig vattenreglering och naturupplevelser (Naturvårdsverket 2019c). Jämfört med grå eller teknisk infrastruktur som stärker ekonomisk och social utveckling genom specifika åtgärder som exempelvis vägar, avloppssystem, vattenreningsystem och elförsörjning nätverk har grön infrastruktur flera fördelar. Hit hör låga kostnader för implementering, underhåll och drift, låga negativa effekter på miljön och dess reducerande effekt på koldioxidutsläpp (Pakzad & Osmond 2016).

Pakzad & Osmond (2016) presenterar i tidskriftsartikeln *Developing a sustainability indicator set for measuring green infrastructure performance* hur indikatorsystem kan utvecklas för att mäta ekologisk, social och ekonomisk hållbarhetsinverkan hos grön infrastruktur (GI). Syftet är att ge underlag som möjliggör för att rätt åtgärder ska tas vid bedömning av var och hur grön infrastruktur ska implementeras för att nå bäst effekt på stadens hållbarhet. Författarna menar att konceptet av grön infrastruktur (och dess flera fördelar inom hållbar stadsutveckling) bör implementeras direkt i stadsplaneringsprocessen. Konceptuellt innebär det att en komplettering av DPSIR-modellen görs med ett anpassat ramverk som visar effekten och strukturen av grön infrastruktur i relation med social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet. Den sammanlänkade relationen gestaltas i Figur 4. Ramverket klargör det komplexa förhållandet mellan orsak och effekt, identifierar problem som ändrar grön infrastrukturens prestanda samt potentiella lösningar (Pakzad & Osmond 2016).



Figur 4. DPSIR-ramverk för relationen mellan hållbar utveckling och grön infrastruktur.

Med utgångspunkt i definitionen där relationen mellan GI, social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet beskrivs tar författarna även fram ett ramverk för prestandabedömning av grön infrastruktur. Ramverket inkluderar nio nyckelkoncept som relaterar till grön infrastrukturens påverkan inom alla aspekter av hållbar stadsutveckling. Följande koncept bör alltså utgöra grunden vid identifiering av lämpliga resultatindikatorer (Pakzad m.fl. 2017):

- Anpassning och begränsning av klimatförändringar
- Mänsklig hälsa och välbefinnande
- Hälsosamma ekosystem
- Biodiversitet
- Ekonomiska fördelar
- Anpassning till politiska frågor och stadsstrategier
- Nätverk för sociokulturella aktiviteter
- Vattenhantering
- Livsmedelsproduktion

Slutligen resulterar de nio nyckelkoncepten i ett indikatorsystem uppdelat i kategorierna ekologiska, hälso-, sociokulturella samt ekonomiska indikatorer. Indikatorsystemet ger störst utrymme för ekologiska och ekonomiska faktorer. I Appendix C ser vi till exempel att grön infrastrukturens inverkan på luftkvalité och vattenhantering testas. De följande ekonomiska faktorer som induktivt följer av de nämnda ekologiska indikatorer är *värdet* av en förbättrad luftkvalité samt *värdet* av en minskad översvämningsproblematik. Det presenterade indikatorsystemet tar även hänsyn till fördelarna av att använda grön infrastruktur istället för grå infrastruktur. Tillexempel testas värdet av att undvika grå infrastruktur och syftar då främst kostnader för att konstruktion och underhåll.

2.4 Innovationers grad av marknadsnärhet

Mankins (2009) redogör för tre utmaningar som nya systemlösningar genomgår vid forskning och utvecklingen (FoU) och som påverkar projektets framsteg och resultat. Utmaningarna inkluderar risker inom teknologins prestanda, projektets tidsplan och projektets budget. Avgörande för ett innovationsprojekts överlevnad grundas i projektledningens möjligheter att förutse och hantera dessa utmaningar. Genom en stark projektledning kan konsekvenser av budgetöverskridanden, schemabrister och ouppnådda delmål undvikas (Mankins 2009).

För att göra insiktsfulla bedömningar om en teknologis mognad och risker introducerade NASA under 1970-talet *the Technology Readiness Level* (TRL-modellen). Syftet var att skapa ett verktyg för effektiva och kommunikativa utvärderingar av en teknologis grad av mogenhet. Följaktligen kunde risker inom utvecklingsprocessen identifieras och mildras (Mankins 2009).

Behovet av vägledning i beslutsfattande processer gällande en teknologis mognadsprocess blev ännu mer tydliggjort efter att rymdfärjan Challenger, år 1986,

havererade mindre än två minuter efter uppskjutning och alla sju besättningsmedlemmar omkom (Mankins 2009). En utredning av olyckan fann att orsaken var att en O-ring, en packning som skulle hindra läckage av heta gaser under startfasen, inte varit tillräckligt elastisk. Vid utredningen klargjordes också att teknisk personal hade framfört frågan om O-ringens osäkra prestanda för projektledningen, men som ändå valt att gå vidare med uppskjutningen enligt tidsplan (Boin 2008).

Under 1995, tydliggjordes de olika tekniska mognadsnivåerna med specifika definitioner och varje nivå beskrevs med konkreta exempel. Genom att modellen gjorts mer tillämpningsbar fick den också en ökad spridning (Tomaschek m.fl. 2016). I början av 2000-talet hade både USA:s försvarsdepartement (DOD) och Europeiska Rymdorganisationen (ESA) anammat metoden. Idag är modellen allmänt accepterad och används inom såväl teknologiföretag, branschorganisationer och nätverk, men även av myndigheter internationellt liksom i Sverige (Reza Hashemi & Neill 2018). Även Vinnova och Energimyndigheten använder skalan vid utlysningar (BioInnovation 2019).

Trots modellens höga användningsgrad finns fortfarande flera brister. Till exempel är skalan inte optimerad för bedömningar vid utvecklingen av avancerade teknologisystem där flera subsystem har integrerats (Mankins 2009). Följaktligen har skalan i flera omgångar vidareutvecklats för att i en allt högre grad kunna tillgodose FoU-behov.

Sauser m.fl. (2006) presenterar ett koncept för att beräkna ett systems mognadsnivå (SRL) genom att anpassa TRL-skalan mot ytterligare ett index som visar hur väl olika tekniska komponenter integreras med varandra (IRL). IRL-metoden genomför systematisk prövning av interaktionen mellan olika teknikkomponenter. Medan TRL prövar osäkerheterna under teknikens mognadsutveckling, kan IRL användas för att identifiera riskerna vid integrering till andra tekniker och därmed förbättra möjligheterna för en lyckad systemlösning. IRL-skalan är uppdelad i 7 nivåer där den lägsta nivån innebär att man identifierat en möjlig anslutning mellan teknologier i tillräcklig detalj för att kunna förstå hur en framtida integrering kan utformas. I sista steget har integrationen av tekniken verifierats och validerats med tillräcklig noggrannhet för att kunna genomföras (Sauser m.fl. 2002; Austin & York 2015).

Med SRL-skalan görs en sammanslagning av metodiken bakom TRL-skalan och IRL-skalan för att redogöra för den enskilda funktionen hos en teknik, enligt TRL-modellen, liksom hur den kan integreras med annan teknik, enligt IRL. SRL-skalan presenteras i fem nivåer. Det första steget syftar till att det inledande konceptet finjusteras och det utvecklas en strategi för system/teknikutveckling. Sista steget i SRL-skalan innebär att ett supportprogram som operativt stödjer prestandan av systemet hela livscykeln har utformats. SRL-skalans fokus ligger på konceptet funktion i drift, medan TRL-skalans slutnivå är själva lanseringen av teknologi (Sauser m.fl. 2002; Austin & York 2015).

2.4.1 Definitioner av TRL-nivåer

I Tabell 3 redogörs sammanfattat för de nio olika innovationsnivåerna där TRL 1 är den lägsta och TRL 9 är den högsta. Vid TRL 1 har grundforskning resulterat i en observation eller princip som väkt en idé för en mer tillämpad forskning och utveckling. Hit hör upptäckter gällande ett materials egenskaper. Vid det andra steget, TRL 2, kan denna grundupptäkt identifieras med praktiska applikationer eller användningsområden. Medan kostnaderna för att nå det första steget, alltså kostnaderna för grundforskning, kan variera väldigt mycket är merkostnaden för att nå TRL 2 ofta väldigt liten (Mankins 2009).

Tabell 3. Beskrivning av TRL-nivåer. (Mankins 2009).

Nivå	Process	Beskrivning
TRL 9	Kommersiell gångbar	Systemet är beprövat i operationell miljö. Fullt kommersiell gångbar applikation och teknologin är tillgänglig för konsumenten.
TRL 8	Systemdemonstation	Systemet är slutfört och kvalificerat genom tester och demonstrationer i operationell miljö.
TRL 7	Systemutveckling	Systemprototyp är demonstrerad i avsedd operationell miljö.
TRL 6	Systemutveckling	Process, prototyp eller koncept är demonstrerad i relevant miljö med avsedd prestanda.
TRL 5	Teknikutveckling	Process, prototyp eller koncept är validerad i relevant miljö.
TRL 4	Teknikutveckling	Process, prototyp eller koncept har testats i laboratoriemiljö.
TRL 3	Lämplighetstest	Analytiskt och experimentellt stöd för konceptet och dess kritiska funktion finns.
TRL 2	Grundforskning	Teknologikoncept och/eller applikationer är formulerade.
TRL 1	Grundforskning	Basprinciper observerade och antagna.

Vid TRL 3 prövas om konceptidéerna vid TRL 2 är rimliga att gå vidare med. Det görs genom introduceringen av aktiv, tillämpad forskning. TRL 3 innefattar dels analytiska studier av teknologins lämplighet i den uttänkta kontexten samt fysikaliska studier som

verifierar om de analytiska antagandena är korrekta. Kostnaderna för att uppnå det tredje steget är i regel relativt låga (Mankins 2009).

Vid TRL 4 intrigeras innovationens grundelement i småskaliga delprototyper. Dess funktion testas i en laboratoriemiljö och teknologins potential för att utgöra kommersiella systemapplikationer analyseras. Till exempel kan innovationer inom rymdindustrin i detta skede testas i kontrollabb där farkostens data simuleras. Merkostnaden för att ta teknologin till den fjärde nivån är också relativt låg. Samtidigt är möjligheterna för att få forskningsstöd eller annan finansiering ofta begränsade. Det beror på att de låga TRL-nivåerna präglas av långa ledtider samt höga risker (Mankins 2009).

I följande steg, TRL 5, testas teknologin i större prototypskala genom integrering med realistiska element i en verklig miljö. Till exempel skulle i detta skede ett nytt solcellsmaterial testas i en ”vanlig” solcellspanel med strömförsörjning, stödstruktur, etc., och sedan analyseras i en termisk vakuumkammare där solljus simuleras. Merkostnaden för att uppnå TRL 5 är relativt hög. Vid detta stadie är dock chansen för att få sponsorskap eller finansiering i regel hög i takt med att teknologin befinner sig närmare en verklig applikation (Mankins 2009).

I nästa steg, TRL 6, demonstreras prototypsystemet i relevant miljö och med avsedd prestanda. Alla teknologier genomgår inte den sjätte nivån. Vid detta stadie av mognadsprocessen värderas ofta att säkra företagsledningens eller sponsorerers förtroende högre än FoU – krav. Vid det här läget kan också teknologin ha kommit så långt i utvecklingsprocessen att en demonstration av ett storskaligt prototypsystem skulle innebära en demonstration av det faktiska slutsystemet. Merkostnaderna för att nå TRL 6 är höga (Mankins 2009).

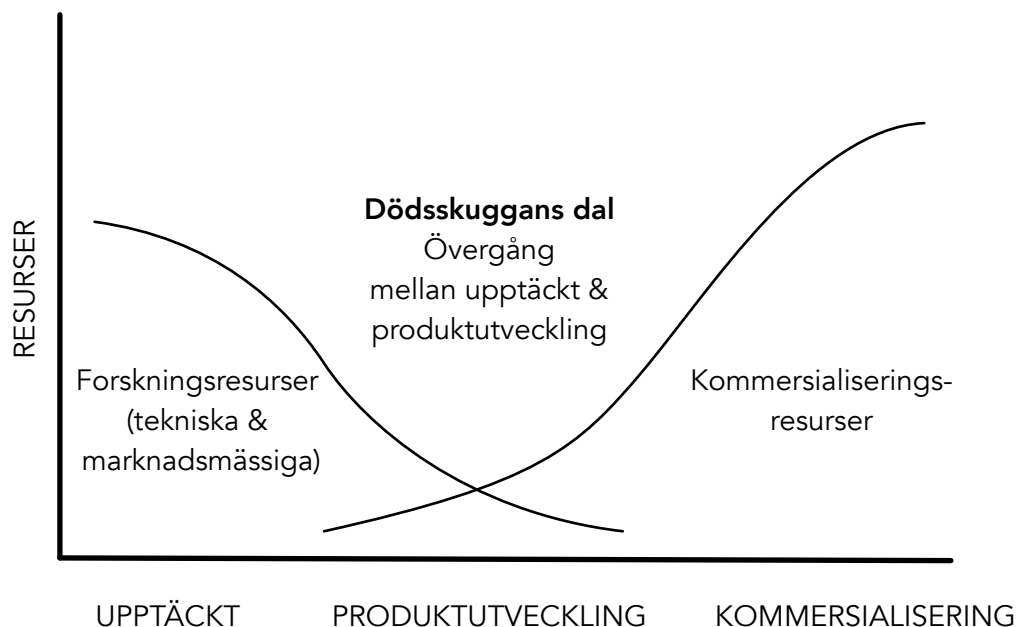
Mognadssteget från TRL 6 till TRL 7 är stort. Här ställs höga krav på teknologin där en systemprototyp testas i den faktiska miljön (tex rymden för NASA) i förkommersiell skala. Det här stadiet drivs ofta av att övertyga företagets FoU-ledningen om produktens prestanda och att de bör gå vidare med en lansering av produkten. Här läggs därför stor vikt att utveckla prototypsystemet så att det är tillräckligt likt den planerade slutprodukten. Följaktligen är merkostnaden för att uppnå TRL 7 hög. Av samma anledning som att alla teknologier inte genomgår TRL 6 blir inte alla teknologier demonstrerade på nivå sju. Däremot passerar alla teknologier (per definition) TRL 8 innan lansering. Vid denna nivå är det faktiska systemet helt utvecklat och verifierat genom flera tester och demonstrationer. Merkostnaden för att nå TRL 8 är hög och står i regel för en faktor 5–10 av kostnaderna för vad TRL 1–7 utgör tillsammans. För att uppnå den åttonde nivån krävs en ordentlig finansieringslösning i form av exempelvis statliga medel, branschinvesteringar eller genom riskkapitalfinansiering (Mankins 2009).

Alla teknologier som resulterar i en kommersiell gångbar produkt genomgår TRL 9. I detta stadie är systemet lanserat och i de flesta fall är det endast mindre korrigeringar så som ”buggfixar” som återstår i utvecklingsfasen. Skillnaden mellan TRL 8 och TRL 9 är

att vid det senare är produkten i drift. Att sätta produkten i drift utgör vanligen en stor kostnad, men betydligt mindre än konstruktionen av produkten (TRL 8) (Mankins 2009).

2.4.2 Dödsskuggans dal

I FoU-litteraturen beskrivs "Dödsskuggans dal" som en undergångsdal under en teknologisk mognadsprocess mellan forskning och kommersialisering (Markham m.fl. 2010; Hudson & Khazragui 2013). För att en vetenskaplig upptäckt ska leda till en konkretiserad innovation, måste den överkomma denna övergång (eng: transition gap) vilket ofta befinner sig mellan 4–7 på TRL-skalan (Upadhyayula m.fl. 2018). Enligt teorin har en upptäckt vid utgångstadiet ofta lovande (finansiella) förutsättningar för en framtida produktkommersialisering, men att dessa utsikter kan förändras under projektets gång, vilket framgår av Figur 5.



Figur 5. Dödsskuggans dal. Här redogörs för tre steg i en forsknings och utvecklingsprocessen: Upptäckt, produktutveckling och kommersialisering. Källa: Markham m.fl. (2010). Justerad av författare.

I inledningsfasen styr nyfikenhetsdriven grundforskning forskningsprocessen framåt samtidigt som det ofta finns goda finansiella resurser till följd av särskilda finansiella startupstöd och grundforskningsmedel. När FoU-processen befinner sig i förstadiet av produktutveckling fattas dock flera kritiska beslut som hänvisar till både teknisk, affärsmässig och kommersiell utveckling av en produkt eller tjänst, samtidigt som behovet av att hitta annan typ av finansiering ökar. I slutskedet av en forsknings och utvecklingsprocess, fångas i regel den marknadsnära forskning i regel upp av riskkapitalister (Markham m.fl. 2010; Upadhyayula m.fl. 2018).

3. Material och metod

I det här kapitlet redogörs för det material som använts och den metod som tillämpades för att utföra studien. I avsnitt 3.1 beskrivs och motiveras studiens tillvägagångssätt. Avsnitt 3.2 beskriver litteraturstudien som genomfördes. Avsnitt 3.3 redogör för hur indikatorsystemet är konstruerat. I avsnitt 3.4 redogörs för hur statistisk dataanalys är utförd. Avsnitt 3.5 beskriver val av fallstudier och metodiken bakom intervjuer. Avslutningsvis beskrivs studiens avgränsningar i avsnitt 3.6.

3.1 Tillvägagångssätt

Syftet med denna studie är att utvärdera effekterna av Naturvårdsverkets *stöd av spetstekniker och avancerade systemlösningar* (se avsnitt 1.3). Första momentet innefattade en litteraturstudie av hur innovationer inom stadsutveckling tidigare har testats. Insikterna från litteraturstudien resulterade ett indikatorsystem utvecklades för att systematiskt analysera varje stödprojekts inverkan på hållbar stadsutveckling (ekologisk, social och ekonomisk) samt innovationernas grad av mognad. Efter att alla projekt testats utifrån indikatorsystemet har en statistisk dataanalys för kvantitativ analys genomförts. Slutligen uppnås en kvalitativ förståelse för stödets inverkan genom fallstudier av ett urval av innovationsprojekt.

3.2 Litteraturstudie

Syftet med en litteraturstudie är att öka förståelsen för ett ämne och undersöka de olika metoder som kan komma att utgöra delar av forskningsprocessen. Det är forskarens jobb att definiera gränserna för litteraturen och understryka vilka aspekter en litteraturoversikt kan ta upp (Race 2008).

En stor del av materialet inom litteraturstudien hämtades från utgivardatabasen ScienceDirect. ScienceDirect är utgivarens Elseviers plattform för vetenskapligt granskad litteratur inom vetenskap och medicin. I databasen ges tillgång till tusentals böcker, tidskriftsartiklar och annat referensmaterial. I viss mån har även databasen Google Scholar använts. Google Scholar är söktjänstens Googles plattform för vetenskapligt granskade tidsskrifter, konferenshandlingar, avhandlingar och avhandlingar, förtryck, tekniska rapporter och annan vetenskaplig litteratur, inklusive domstolsyttranden och patent (Google Scholar 2019). Frekventa nyckelsökord var "Innovation Subsidies Impact Evaluation", "Green Innovation Analysis", "Standardized Indicators for Sustainable Cities", "Sustainability Indicators new Technology", "Developing Sustainability Indicators", "Evaluation Sustainable Cities", samt "Technology Readiness Level".

Alla sökningar fick ett stort utslag med över 10 000 sökträffar. Urvalet gjordes genom att först avgränsa sökningen till material som publicerats efter 2009. Denna avgränsning motiveras av att det under de senaste tio åren skett mycket inom forskningsområdena hållbara städer och hållbara stadsinnovationer. Därefter studerades alla artikelrubrikerna

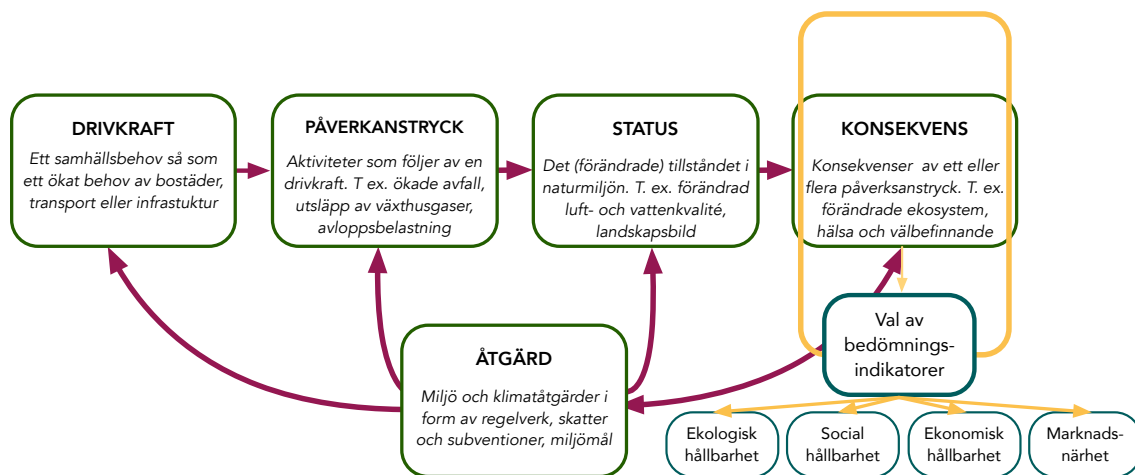
och för varje sökning primärgranskades ett 20-tal abstracts. Slutligen valdes de, för studiens syfte, mest relevanta forskningsartiklarna ut och en hanterbar mängd artiklar kunde studeras noggrannare. Vid urvalet lades stor vikt på den metod som forskarna använt. Särskilt intressanta var artiklar där indikatorsystem använts för att mäta och förstå hållbar stadsutveckling. Urvalet av artiklar inom ämnet Technology Readiness Level föll på de artiklar som gav en bred förståelse av metodologin, istället för att redogöra och analysera mognadsgraden hos specifika teknologier.

Utöver material från ScienceDirect och Google Scholar har tidigare utvärderingar av miljöekonomiska styrmedel tidigare granskats. Utvärderingar har främst hämtats från Riksrevisionens och Konjunkturinstitutets databaser över publicerat material. Riksrevisionens uppgift är att genomföra oberoende granska hur statliga medel investerats och rapportera om eventuella brister (Riksrevisionen 2018). Konjunkturinstitutet är en myndighet under Finansdepartementet som genomför ekonomiska analyser och prognoser över svensk ekonomi. Ett av Konjunkturinstitutet huvudområden är miljöekonomiska analyser med samhällsekonomiska aspekter av hur statliga styrmedel investerats på klimat- och miljöområdet (Konjunkturinstitutet 2019).

En stor del av det vetenskapliga underlaget för detta examensarbete utgår även från Naturvårdsverkets egna publicerade material i form av material på myndighetens hemsida samt andra interna rapporter. Givetvis kan Naturvårdsverket ha en egen agenda av att framstå som en drivande kraft inom miljö och klimatarbetet i Sverige liksom internationellt. Därav finns det risk att materialet från Naturvårdsverket delger en viss vinkling. Oberoende studier har använts för att bekräfta och verifiera Naturvårdsverkets egna resultat för att på så vis redogöra för en så rättvis bild som möjligt.

3.3 Konstruktion av indikatorsystem

Denna studie tar sitt konceptuella avstamp i DPSIR-modellen (se kapitel 2.2). Det finns alternativa ramverk för att studera en stads hållbarhet. Till exempel kan ekosystemmetoden (eng: The Ecosystem Approach) utgöra ett konceptuellt ramverk vid miljötillståndsbedömningar och vid miljöförvaltning (Kay m.fl. 1999). Modellen tar dock främst hänsyn till den ekologiska aspekten av hållbar utveckling, medan DPSIR-modellen tillåter en mer integrerad förståelse av staden (Tscherning m.fl. 2012; Gari m.fl. 2015). Följaktligen förstås, i detta examensarbete, relationen mellan stadsinnovationer och stadens hållbarhet på samma sätt som Pakzad & Osmond (2016) redogör för grön infrastrukturens relation till social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet. Sambandet gestaltas i Figur 6. Av figuren följer att utvärderingen av stadsinnovationer påverkar följande miljö och klimatåtgärder.



Figur 6. DPSIR-ramverk för relationen mellan hållbar utveckling och stadsinnovationer.

I modellen antas att stadsinnovationers hållbarhetinverkan kan i huvudsak undersökas och förstås på samma sätt som prestandan av grön infrastruktur. Antagandet är inte helt självklart. Grön infrastruktur har främst inverkan på stadens ekosystemtjänster, medan stadsinnovationer påverkar flera olika sektorer, där ekosystemtjänster endast utgör en del. Det är inte givet att en stadsinnovation inom exempelvis förnybar energiproduktion kan bedömas utifrån samma modell som grön infrastruktur. Däremot kan implementeringen av grön infrastruktur och installeringen av förnybar energiproduktion både bedömas utgöra hållbara innovationer. Det med motiveringen att de båda koncepten innebär utvecklingen av en ny service eller teknik som uppfyller samhällsbehov, främjar social och ekonomisk utveckling och samtidigt utnyttjar jordens naturresurser på ett hållbart sätt. Därtill dras också slutsatsen att grön infrastrukturs inverkan på hållbar utveckling kan på ett övergripande plan förstås som spets tekniker och avancerade systemlösningar.

Även andra studier har på liknande sätt använt ramverket för att undersöka hur olika typer av spets tekniker eller systemlösningar påverkat stadens utveckling. Apostolaki m.fl. (2019) använder modellen för att undersöka effekterna av att utveckla en integrerad vattenresursförvaltning (Integrated Water Resources Management, IWRM). Feehan & Petersen (2003) använde ramverket för att konstruera en livscykelanalys som studerade effekterna av ett ökat användande av biomassa.

3.3.1 Datamaterial

Det underlag som legat till grund för denna utvärdering är inlämnande projektansökningar, läges- och slutrapporter från stödmottagarna samt ett antal dokumenterade intervjuer med stödmottagarna. I underlaget har stödmottagna själva beskrivit projektens (förväntade) inverkan på en hållbar stadsutvecklings samt beskrivit hur långt projekten kommit i kommersialiseringsfasen. Stödmottagarnas slutrapport ska vara inlämnade senast tre månader efter åtgärden blivit slutförd. På grund av projektens olika utformning är den information som finns tillgänglig ofta av kvalitativ karaktär. För att göra en utvärdering av de övergripande effekterna av stödet krävdes därmed att en systematisk metod utformades för att hantera såväl kvantitativ som kvalitativ data.

3.3.2 Val av indikatorer

Indikatorsystemet i denna studie har utformats utifrån de primära principerna mognad, objektivitet, oberoende, mätbarhet, tillgänglighet, dynamik samt relativ stabilitet (se Tabell 2). Vidare har lämpliga resultatindikatorer identifierats utifrån grundläggande koncept av Pakzad m.fl. (2017) (se avsnitt 2.3.3). Följaktligen skapas resultatindikatorer för stadsinnovationernas hållbarhetsinverkan som tar hänsyn till såväl politiska, sociala, ekonomiska och ekologiska hållbarhetsfaktorer.

Med de redovisade principerna som grund konstruerades sedan ett indikatorsystem där redan existerade indikatorsystem sammanfogades, kompletterades och justerades. Detta gjordes i enlighet med Huovila m.fl. (2019) för att skapa en modell bäst anpassad för att uppfylla indikatorsystemets syfte. Resultatet blev ett indikatorsystem som mäter både kvalitativa och kvantifierbara effekter av projektens inverkan på stadsutvecklingen. Systemet bestående av 49 indikatorer innefattar subkategorierna ekonomisk, social och ekologisk hållbarhet, samt konceptens mognadsgrad (se Appendix D).

Indikatorsystemet utgörs till stor del av indikatorer hämtade från *ISO 37120:2018*, indikatorsystem Li et al (2018), samt indikatorsystem Pakzad m.fl. (2017). I vissa fall har indikatorer hämtats rakt av, men i de flesta fall har indikatorer justerats. Detta eftersom majoriteten av de indikatorer som hämtas från andra system mäter hållbarheten för en stad. I denna studie, mäts inte staden i sig, utan ett projekts eller stadsinnovations inverkan på stadsutvecklingen. För att mäta projektens hållbarhetsinverkan har till exempel en indikator för *stadens bullernivå* justeras till *stadinnovationen minskar stadens bullernivå*.

Att standardsystemet *ISO 37120:2018* ligger till grund för denna studie motiveras utifrån att systemet dels är väl erkänt och accepterat, men även att antal hållbarhetsindikatorer ger hög grad av användarvänlighet (se Appendix A). Systemet utgörs också av en stor del indikatorer som studerar en implementerings effekt och resultat, snarare än indikatorer som lämpar sig bäst vid planeringsfasen av en implementering. Indikatorsystem Li (2018) inkluderande 52 olika indikatorer (se Appendix B). Ett urval av de presenterade indikatorer har ansetts vara lämpliga för användning vid en analys av stadsinnovationers effekt på en hållbar stadsutveckling. Systemet är dock framtaget för att utvärdera kinesiska staden Jining City med sina nära 8 miljoner invånare. Därav följer vissa praktiska svårigheter, men också irrelevans, med att tillämpa hela indikatorsystemet i denna studies kontext (Li m.fl. 2009).

Slutligen användes även indikatorsystem Pakzad m.fl. (2017) (se Appendix C). Till skillnad för *ISO 37120:2018* samt (Li m.fl. 2009) avser Pakzad- systemet att bedöma grön infrastruktur hållbarhetsprestanda och alltså inte för bedömning av en stad. Grön infrastrukturens likheter med stadsinnovationer medför att systemet är väl tillämpningsbart även i denna studie.

3.3.3 Spetsteknikers och systemlösningars marknadsnärhet

För att studera huruvida stödet för statsinnovationer och systemlösningar har resulterat till en breddad marknad för ny miljöteknik granskades varje projekts mognadsutveckling utifrån en anpassad mognadsskala (se avsnitt 2.4 ovan). I ett fåtal fall har stödmottagarna utvärderat sina egna projekt utifrån TRL-skalan, men för majoriteten av projekten grundas prövningen i beskrivningen av utifrån projektens ansökningar samt slutrapporter. Denna bedömningen utgör en del av denna studies möjliga felkällor.

En annan svårighet var att majoriteten av de studerade projekten avsåg att implementera en befintlig teknik i ett nytt sammanhang, eller utveckla en ny komponent för integrering i en systemlösning. Projektens olika karaktär innebar att koncepten i hög grad varierade från att behandla spetstekniker, som idealt testas mot en TRL-skala, till att behandla avancerade systemlösningar, där SRL-skalan kan appliceras. Och samtidigt som TRL-skalan i dess grundform är svårtillämpad för teknologier med flera subsystem fanns det också anledning att inte utgå från SRL-skalan. En SRL-skalan lägger stor vikt på att hela systemet först ska studeras och förstås grundligt (Sauser m.fl. 2002; Austin & York 2015). Det ställer krav på att man vid en bedömning har tillgång till detaljerad information som kartlägger systemet och dess utvecklingspotential, vilket begränsar skalans användarvänlighet. Samtidigt förhöll sig majoriteten av projekten i gränslandet mellan system och spetsteknik och innefattade moment från båda delarna¹. Därtill var det av stor vikt att i denna studie kunna testa alla projekt mot en och samma skala för att undvika att behöva göra en uppdelning mellan dess spets- och systemkaraktärer.

Följaktligen har en anpassning av TRL-skalan och SRL-skalan gjorts för att systematiskt kunna utvärdera de olika projekternas mognad. Resultatet ser vi i Tabell 4. Jämfört med TRL-skalan läggs här större vikt på hur långt projekten kommit gällande en intergagering av den utvecklade tekniken i olika systemlösningar. Skalan benämns härnäst som TRL-skalan, trots att den innefattar aspekter från SRL-skalan.

Tabell 4. Justerad TRL-skala för egen bedömning av stadsinnovationer och avancerade systemlösningar.

Nivå	Process	Beskrivning
TRL 9	Lansering	Konceptet är beprövat i operationell miljö. Fullt kommersiell gångbar applikation och teknologin är tillgänglig för konsumenten.
TRL 8	Detaljplanering	Tekniken är slutförd och kvalificerat genom tester och demonstration i kommersiell skala. Finansieringsmodell för implementering är utformad.

¹ Vid utlysningens första omgång anmodades ansökande att delge om projekten behandlade spetsteknik eller systemlösningar. I en absolut majoritet av fallen angavs både och. Vid senare utlysningar ingick inte dessa uppgifter i ansökningsprocessen.

TRL 7	Detaljplanering	Tekniken är detaljplanerat för implementering i avsett system eller miljö efter pilottester, beräkningar och simuleringar.
TRL 6	Systemutveckling	Tekniken har interagerats i systemet och processer har testats eller simulerats i avsedd miljö och med avsedd prestanda.
TRL 5	Teknikutveckling	Tekniken har interagerats i systemet och processer har testats eller simulerats, men inte i avsedd miljö och/ eller med avsedd prestanda. <i>T. ex. liknande helhetslösningar finns, men inte i Sverige.</i>
TRL 4	Teknikutveckling	Analytiskt och experimentellt stöd för delprocesser, prototyper eller delsystem och dess genomförbarhet finns i avsedd miljö.
TRL 3	Teknikutveckling	Analytiskt och experimentellt stöd för delprocesser, prototyper eller delsystem och dess genomförbarhet finns, men inte i avsedd miljö. <i>T. ex. liknande delsystem finns, men inte i Sverige.</i>
TRL 2	Grundforskning	Teknologikoncept och/eller applikationer är formulerade.
TRL 1	Grundforskning	Basprinciper observerade och antagna.

3.3.4 Jämförelse av projektansökan och slutrapport

Genom indikatorsystemet har de olika projektens hållbarhetseffekter kunnat identifieras och kartläggas. Vid framtida stödutlysningar kan det vara intressant att se i hur grad slutrapporterna motsvarar de förväntningar av hållbarhetseffekter som beskrivs i projektansökningarna. Därför har slutrapporter jämförts med projektansökningarna och för varje effekt studerats enligt Ekvation 1,

$$\sum Hållbarhetseffekt(i)_{Slutrapport} - Hållbarhetseffekt(i)_{Projektansökan} \quad (1)$$

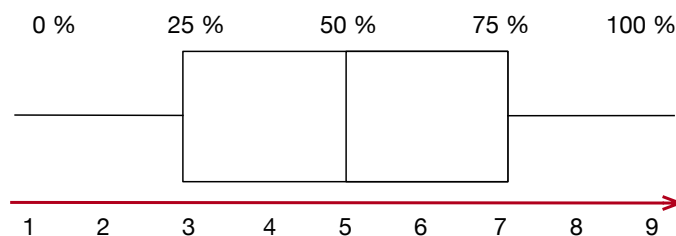
Här visar ett negativt värde att projekten överskattat en effekt vid projektstart, alltså angett fler förväntade effekter än vad som slutrapporterats.

3.3.5 Skattning av detaljriktighet

Varje projekt har skattats med ett värde (1–4) gällande detaljriktighet av kvantitativa data gällande projektansökan samt slutrapport. Här visar ett lågt värde (1) att projektet knappt anger några kvantitativa mått alls, medan ett högt värde (4) betyder att stödmottagarna har kunnat ange flera kvantitativa beräkningar i sina rapporter.

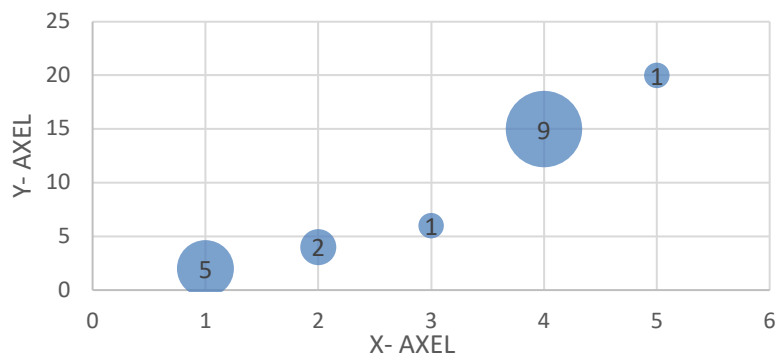
3.4 Statistisk dataanalys

Låddiagram är ett användbart sätt för att visa distributionen av en datauppsättning inom olika populationer. Chuvieco m.fl. (2018) använder låddiagram för att illustrera hur hållbarhetsvanor och attityder varierar mellan studenter från olika länder. I låddiagram delas numeriska data upp i kvartiler om fyra lika stora delar. Tillvägagångssättet redogörs i Figur 7. Den första (nedre) kvartilen utgör en övre gräns för de 25 % observationerna och den tredje (övre) kvartilen motsvarar en övre gräns för 75 % av observationerna. I rektangeln som illustreras mellan den nedre och övre kvartilen ryms därav 50 % av alla värden. Vidare dras en linje längs med den andra kvartilen som redogör för medianen. Medelvärden illustreras med ett kryss. Min och maxvärden utanför den första och tredje kvartilen illustrerar linjer utanför lådan (morrhår). Det finns en maximal gräns för längden på låddiagramens morrhår. Värden som ligger mer än 3 gånger kvartilavståndet betraktas som extremvärden och illustreras istället med en ring utanför låddiagrammet.



Figur 7. Illustration av låddiagram. Källa författare.

Utifrån låddiagrammet kan spridningsmått kvartilavstånd och variationsbredd beräknas. Variationsbredd motsvarar skillnaden mellan det största och minsta värdet och kvartilavstånd är differensen mellan den övre kvartilen och den undre, det vill säga längden på låddiagrammet. Ett annat sätt att illustrera spridning av data är genom ett bubbeldiagram. Ett bubbeldiagram är ett diagram som är en variant på ett punktdiagram. Här presenteras ett antal objekt som bubblor. Två av objektets kvalitativa värden redogörs via koordinater medan en tredje kvantitativ storhet illustreras med bubblans area. En illustration av ett bubbeldiagram visas i Figur 8.



Figur 8. Illustration av bubbeliagram. Bubblornas värden visas av koordinater på X-samt Y-axeln. Den tredje dimensionen gestaltas av bubblornas storlek.

3.5 Intervjuer

För att nå en kvalitativ förståelse för stödets betydelse för stödmottagarna har semistrukturerade intervjuer med tre olika innovationsprojekt genomförts. Intervjuer möjliggör i större grad för att samla in personliga åsikter och uppfattningar från respondenter. Semistrukturerade intervjuer innebär att intervjun dels utgörs av förformulerade frågor men också tillåter för mer öppna och sonderande frågor. Genom att intervjun har förutbestämda frågor som grund kan intervjuer med olika respondenter jämföras med varandra. Vidare ger en semistrukturerad intervju en bra grund för analys samtidigt som de öppnar upp för oförutsedda infallsvinklar och synpunkter. Vid varje intervju hölls en inledningsfas, där syftet med studien och intervju redogjordes för respondenten. Både vid inledningsfasen och avslutningsfasen fanns möjligheter för respondenten att ställa frågor (Gillham 2005).

Valet av fallstudie utgjordes med hänsyn till projektens mognadsutveckling, projektaktör, samt hållbarhetsfokus. För att uppnå en tydligare klarhet i vad som gynnade en stark mognadsutveckling intervjuades projekt med en TRL-utveckling på 3 eller fyra steg. Därtill valdes projekt från olika aktörer för att uppnå ett aktörsperspektiv. För att studera vilken påverkan *stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar* haft på olika hållbarhetsområden valdes projekt med olika hållbarhetsfokus ut. Av praktiska skäl togs även hänsyn till projektens avslutningsdatum. Alla intervjuer hölls med projekt som avslutats under 2019.

Den första intervjun hölls den 8/11 med Gustav Törnqvist, innovationsprojektledare från det kommunala bolaget Uppsala Parkerings AB. Den 11/11 hölls intervju med Anna Koffman, projektledare vid aktiebolaget Calluna AB samt Sascha Benes, projektledare av innovationsprojektet vid Örebro Kommun. Alla intervjuer hölls över telefon och varade i 30–45 minuter. Under intervjuerna fördes intervjuanteckningar.

3.6 Avgränsningar

Totalt beviljades stöd till 62 projekt, varav 60 projekt slutfördes (se Appendix E). Vid genomförandet av detta examensarbete hade inte alla projekt redovisat sina slutrapporter. Därför grundas studiens resultat på 47 av 62 genomförda projekt. Som det tidigare redogjorts för grundas resultaten på det underlag som finns i form av projektansökningar, slutrapporter samt tre kompletterade intervjuer.

Ett underliggande mål med *stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar* är att stödet ska ge spridningseffekter. Det innebär att utöver vara en direkt möjliggörare för ny miljöteknik som har en positiv inverkan på städernas hållbarhet ämnas även att stödet ska ge andra, sekundära effekter. Hit hör bland annat effekter som innefattar ett gynnat innovationsklimat som på sikt ger nya hållbara innovationer, en ökad kunskapsnivå i samhället samt en ökad kännedom om Naturvårdsverket och dess verksamhet. Att utvärdera spridningseffekter innefattar dock flera svårigheter. Dels är det svårt att avgränsa vilka effekter som ska kopplas till stödets genomförande. För att genomföra

denna prövning bör långsiktiga tidsserier studeras. Här krävs även att en metod utformas som kan avskilja stödets inverkan från andra faktorer som kan bidra till nämnda effekter. Följaktligen avgränsar sig examenarbetet till att studera direkta effekterna av stödets genomförande.

3.6.1 Mångfaldsmålet

Regeringsuppdraget innefattade formuleringen *det är önskvärt att en mångfald av olika åtgärder beviljats stöd* (Näringsdepartementet 2016, s.1). Naturvårdsverket har tolkat målet genom att sträva efter att nå en spridning bland de aktörer som beviljats bidrag. Därutöver har de arbetat med målbilden att nå en variation av olika sektorer bland sina beviljade projekt.

Att avgöra om mångfaldsmålet är uppnått är dock svårt eftersom det inte är definierat på ett sätt som är möjligt att mäta. Till exempel framgår inte om mångfald ska tillgodoses i absoluta eller relativa siffror. Det vill säga om de beviljade projekten ska spegla den variation av aktörer och sektorer som finns i samhället i övrigt. Dessutom bör man också testa hur aktörsfördelningen av de beviljade projekten förhåller sig med fördelningen bland alla mottagna stödansökningar. Vidare kan även de målgrupper (aktörer, sektorer) som fått information om utlysningen av bidraget studeras. Denna studie har dock avgränsat sig till att endast studera de projekt som beviljats stöd.

Vid framtida utlysningar bör också innebörden av mångfald tydliggöras. I uppdraget framgår inte om det är utövaren av åtgärden som ska spegla en viss mångfald eller om åtgärden ska riktas mot en särskild del av samhället så som hållbarhetsområde, befolkningsgrupp eller geografiskt område.

3.6.2 Kostnadseffektivitet och additionalitet

Ytterligare en central del av att avgöra vilken effekt *stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar* har haft på hållbar stadsutveckling är genom att studera styrmedlets *kostnadseffektivitet* samt *additionalitet*. Kostnadseffektivitet innebär att den största möjliga effekten till lägsta kostnad uppnås (Riksrevisionen 2019). Med styrmedlets additionalitet menas den grad som en förändring sker som ett resultat av ett styrmedel eller om det hade skett utan dess inverkan. Om stödmedel ges till projekt som genomförs oavsett stöd har innovationssatsningen inte bidragit till projektets hållbarhetseffekter, utan enbart omfördelat pengar från staten till den stödberättigade (Riksrevisionen 2019).

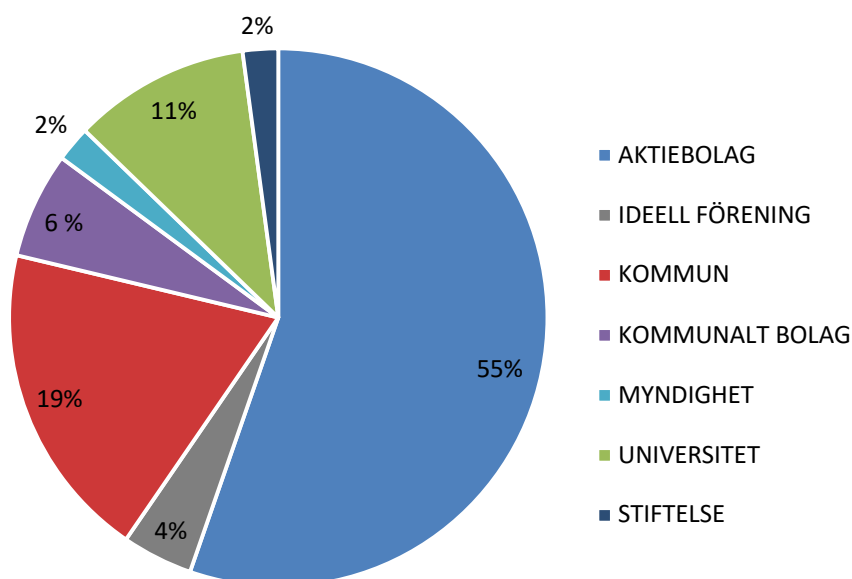
I det dataunderlag som studerats finns ett svagt underlag för att ge en bred förståelse för projektens kostnadseffektivitet och additionalitet. Gällande stödets additionalitet baseras resultaten enbart på de tre intervjuerna som utgör studiens kvalitativa del. Följaktligen studeras därmed begreppen med försiktighet och ämnar främst att öppna för diskussion.

4. Resultat

I följande kapitel presenteras studiens resultat. I avsnitt 4.1 presenteras en beskrivning av de analyserade stödmottagarna. I avsnitt 4.1 redovisas aktör- och sektoruppdelningen av innovationsprojekten. Innovationernas mognadsutveckling presenteras i avsnitt 4.2. I avsnitt 4.3 redovisas innovationernas hållbarhetseffekter. I avsnitt 4.4–4.6 redovisas projektens mognadsutveckling i relation till dess hållbarhetseffekter, storleken på stödbeloppen och dess totala investering samt avslutningsvis utvecklingen ur ett aktör- och sektorperspektiv.

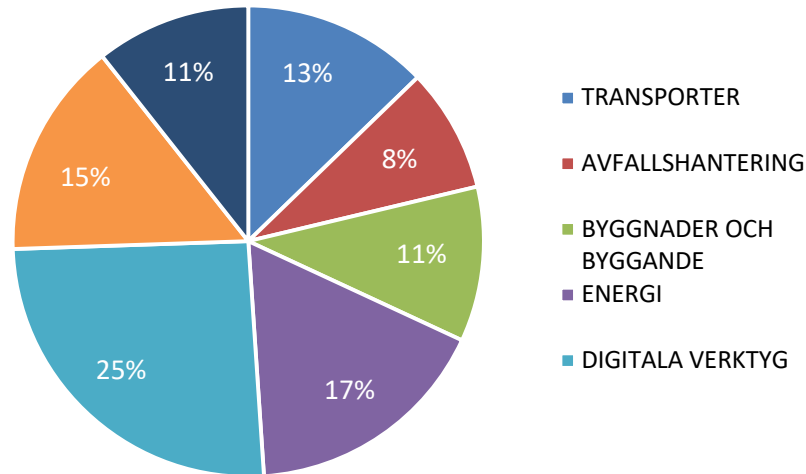
4.1 Aktör och sektoruppdelning av innovationsprojekt

Aktörsfördelningen av de 47 projekt som studerats redogörs i Figur 9. Vi ser att 26 projekt (58 %) av stödmottagarna utgörs av aktiebolag. Vidare utgjordes 20 % av stödmottagarna av kommuner. Fem (10%) av stödmottagarna var universitet. Slutligen bestod tre projekt (6 %) av kommunala bolag, två projekt (4%) av ideella föreningar samt ett (2 %) projekt av en myndighet och ett (2%) projekt av en stiftelse.



Figur 9. Cirkeldiagram som visar fördelningen mellan antalet aktörer.

Projekten har även kategoriserats utifrån den sektor som projektet huvudsakligen ingår i. I Figur 10 illustreras fördelningen mellan de sju olika sektorerna. En fjärdedel av projekten utgjordes av digitala verktyg. Vidare stod energisektorn för 17 %, vatten och avlopp för 15 % och transportsektorn för 13 %. Byggnader, ekosystemtjänster och odling samt avfallshantering stod ungefär för 10 % vardera.



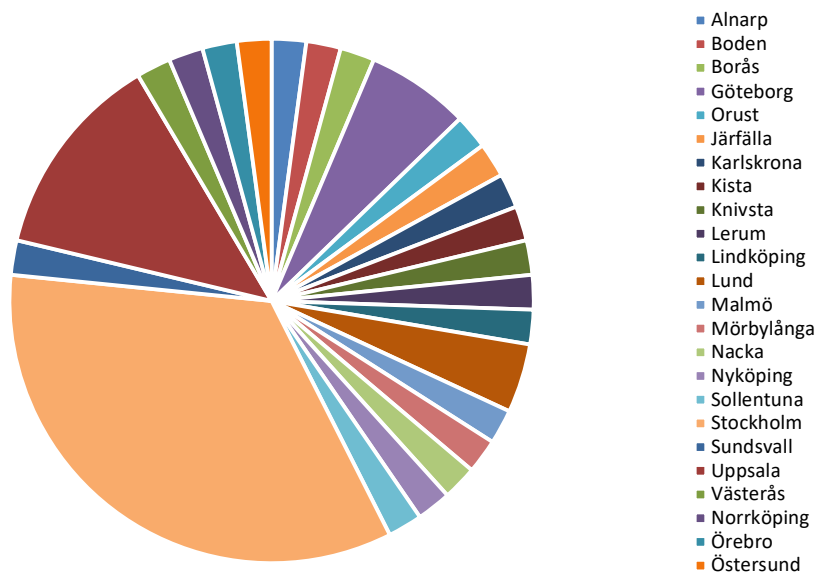
Figur 10. Cirkeldiagram som visar fördelningen av sektorer.

Genom en sammanslagning av Figur 9 och Figur 10 visas sektoruppdelningen mellan de olika aktörerna. Resultatet syns i Figur 11. Här framgår att aktiebolagens projekt innefattar alla de 7 olika sektorerna, med en relativ jämn fördelning. Även universitet, kommuner och de övriga aktörerna antog en viss spridning inom de olika sektorerna. Notera att de ideella föreningarna, kommunala bolagen, myndigheter och stiftelser här slått samman till en *övrig* gruppering.



Figur 11. Soldiagram som visar fördelningen av aktörer och sektorer.

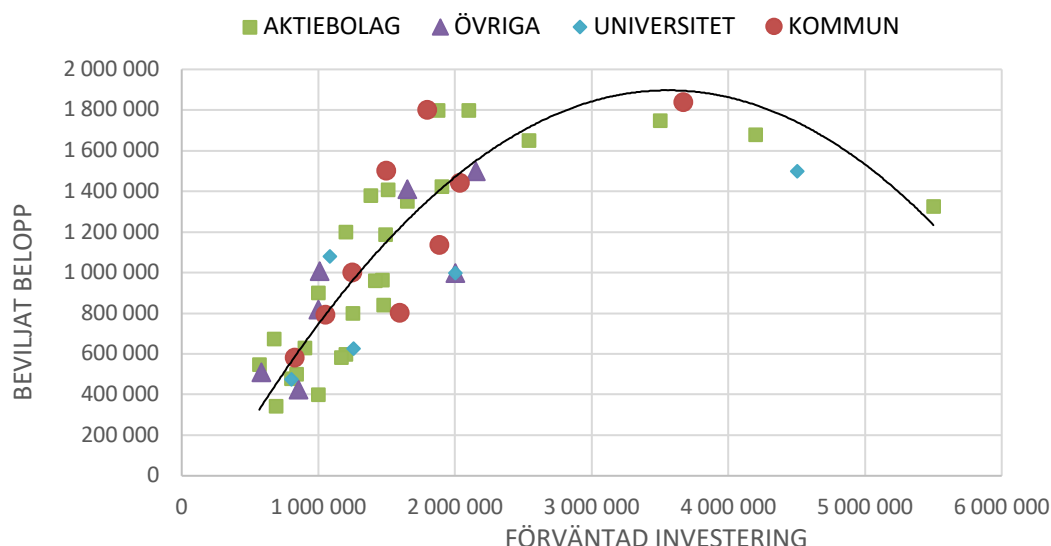
I Figur 12 redovisas stödfördelningen mellan olika kommuner. Totalt har 24 olika kommuner beviljats stöd. Drygt 30 % av stödet har gått till Stockholm, följt av Uppsala (13%) och Göteborg (6 %).



Figur 12. Cirkeldiagram som visar stödfördelningen mellan olika kommuner.

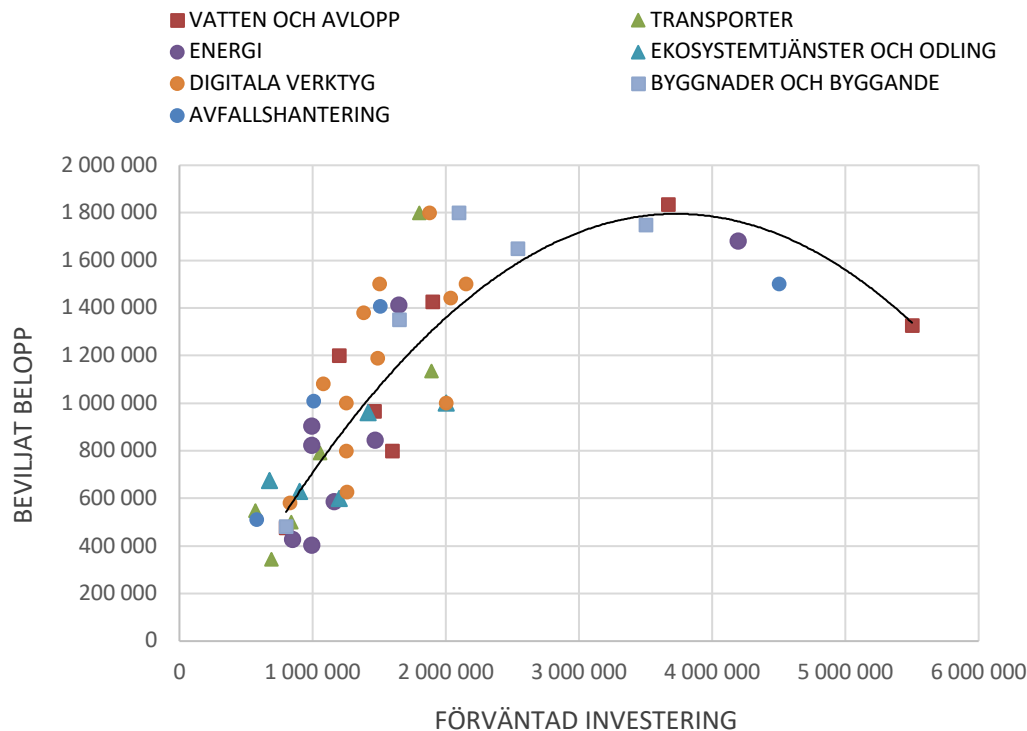
4.1.1 Kostnadsanalys av beviljade projekt

I Figur 13 syns hur de beviljade stödbeloppen förhåller sig till projektens förväntade investering. Resultatet visar att stödbeloppet ökar relativt linjärt och står för i genomsnitt 70 % av projektens totala investering fram till att projekten når en total investering på 3 miljoner kronor. Därefter sker en minskning av det beviljade beloppet både i relativa och i absoluta värden. Vi ser även att storleken på det beviljade beloppen förhåller sig lika mellan de olika aktörerna. Vi ser inte heller någon uppdelning gällande storleken på projektinvesteringarna utifrån de olika aktörerna.



Figur 13. Punktdiagram ur ett aktörsperspektiv med projektens förväntade totala investering (ej korrigerad utefter slutrapportering) på X-axeln och projektens beviljade belopp (ej korrigerad) på Y-axeln. Trendlinjen är anpassad efter de olika beloppen och visar att fördelningen beskrivs av ett andrags polynom.

Genom att redogöra för relationen mellan de beviljade beloppen och totala investeringarna ur ett sektorperspektiv har det studerats om stödbeloppen har riktats mot en särskild sektor, se Figur 14. Resultaten visar att ingen särskild sektor utmärker sig gällande höga projektkostnader. Vidare ser vi att stöddelen av investeringarna är jämt fördelade mellan de olika sektorerna.

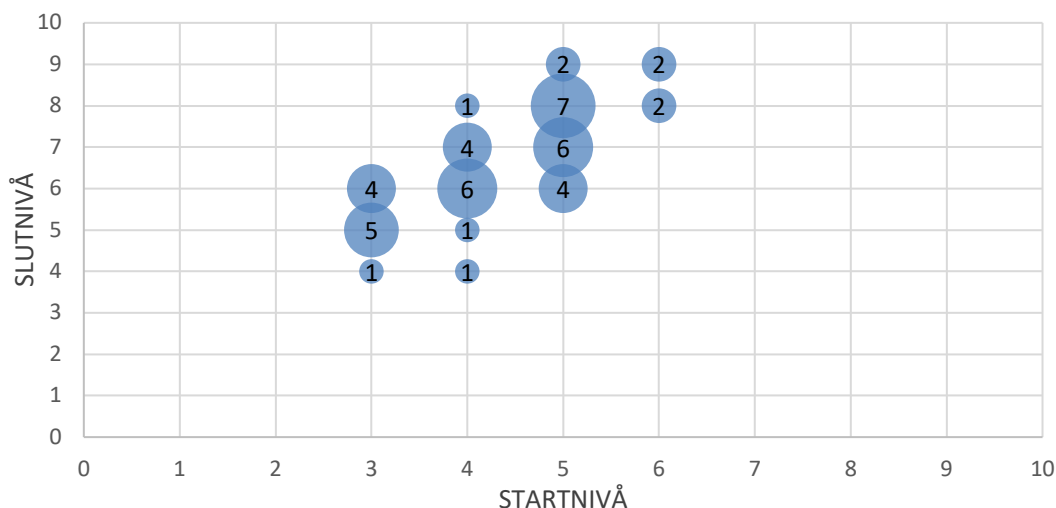


Figur 14. Punktdiagram ur ett sektorperspektiv med projektens förväntade totala investering (ej korrigerad utefter slutrapportering) på X-axeln och projektens beviljade belopp (ej korrigerad) på Y-axeln. Trendlinjen är anpassad efter de olika beloppen och visar att fördelningen beskrivs av ett andrags polynom.

4.2 Innovationernas mognadsgradsutveckling

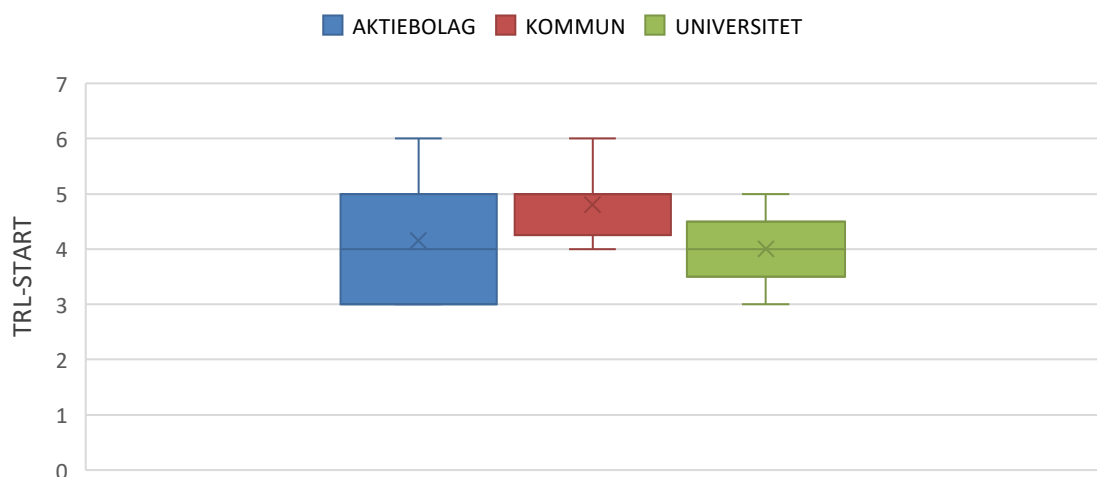
Projektens mognadsgradsutveckling har illustrerats i ett bubbeldiagram. I Figur 15 framgår att utvecklingsgraden förhåller sig relativt linjärt. Vi ser även att knappt hälften av projekten gått från TRL 4 till TRL 6 (17%), TRL 5 till TRL 7 (15 %), eller från TRL 5 till TRL 8 (15%). Vidare framgår att medelvärde för ett koncepts mognadsutveckling under projekttiden är 2,3 där medianen är två steg. Tre projekt har ökat 4 steg, medan ett projekt inte nått någon ny TRL-nivå under projekttiden.

Gällande projektens möjligheter att nå en marknadsintroduktion framgår att fyra projekt (8 %) gick under eller strax efter projekttiden till kommersialiseringsfasen (TRL 9) och tio projekt gick till TRL 8 (21 %).



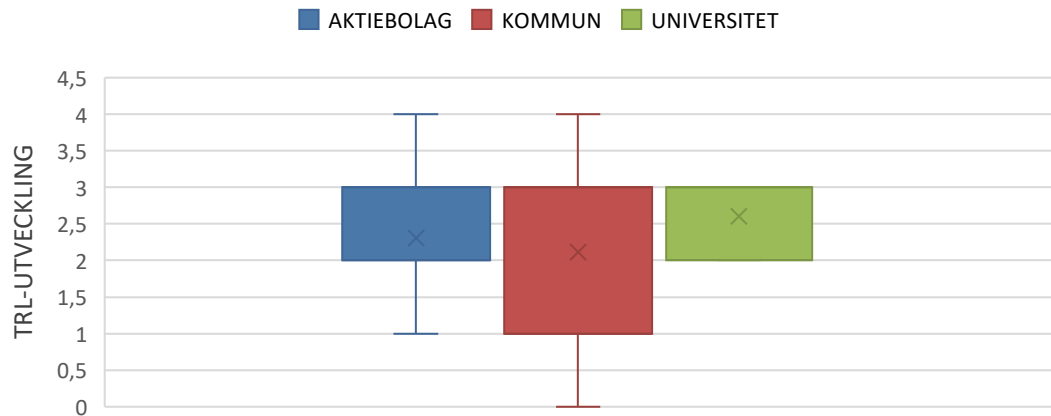
Figur 15. Bubbeldiagram med TRL-slutnivå på Y-axeln och TRL-startnivå på X-axeln. Bubblornas area visar förhållandet av antalet projekt.

Fördelningen mellan de olika mognadsnivåerna inom projekten har jämförts mellan de olika aktörerna. I Figur 16 syns projektens startnivåer mellan aktiebolag, kommuner och universitet. Resultaten visar att fördelningen är jämn, men att universiteten har ett något lägre startnivå med ett medelvärde och median på 4,0. Kommunerna antar en högre startnivå med ett medelvärde på 4,7 och en median på 5,0. Universitet utgår alltså i större grad från teknikkoncept som har analytiskt stöd för olika delsystem och delprototyper. Kommuner, å andra sidan, utgår från projekt med mer intrigerade systemlösningar. Slutligen ser vi att aktiebolag är den aktör som antar det största kvartilavståndet (2,0) och därmed har störst variation mellan olika projekts startnivåer.



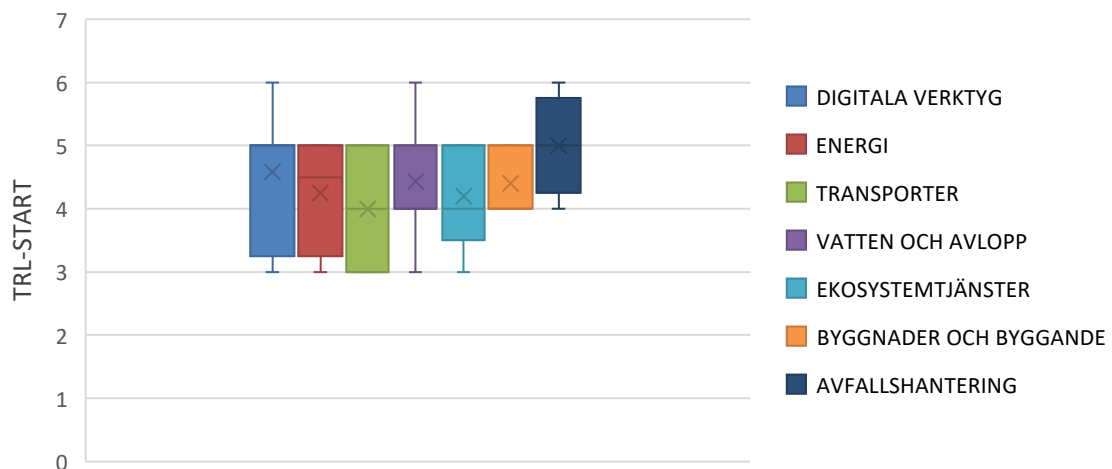
Figur 16. Låddiagram med jämförelse av projektens mognadsstartnivå (TRL) mellan olika aktörer.

Vi har i Figur 15 sett att medelvärdet för inom projektens mognadsgradsutveckling är 2,3. I Figur 17 granskades utvecklingen ur ett aktörsperspektiv. Det framgick att de olika aktörernas medelutveckling är relativt jämn. Universitet antar ett aningen högre värde med TRL-utvecklingsgrad på 2,6 steg och en median på 3,0. Det som utmärker sig mest är att spridningen mellan projektens utveckling skiljer sig mycket mellan de olika aktörerna. Kvartil och variationsavståndet för universitet är 1,0 medan kvartilavståndet för kommuner är 2,0 och variationsavståndet är 4,0. Aktiebolag har precis som universitet ett kvartilavstånd på 1,0 men antar det större variationsavståndet 3,0.



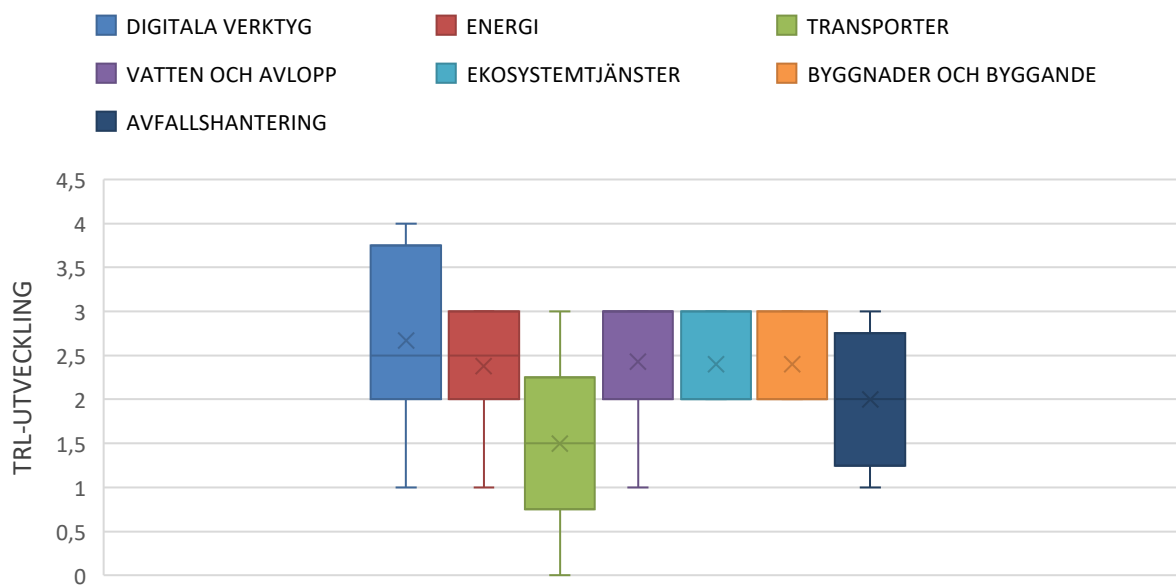
Figur 17. Låddiagram med projektens mognadsutveckling (TRL) inom olika aktörer.

Fördelningen mellan de olika mognadsnivåerna inom projekten har även jämförts mellan de olika sektorerna. I Figur 18 ser vi att startnivåerna mellan de olika sektorerna förhåller sig relativt jämt. Projekt inom sektorn Avfallshantering har en något högre startnivå. Vi ser även att variationen av TRL-startnivå inom de olika sektorerna är relativt stor, men minst inom Byggnader och byggnande där kvartilavståndet är 1,0. Det kan jämföras med transporter som har ett kvartilavstånd på 2,0.



Figur 18. Låddiagram med jämförelse av mognadsstartnivå (TRL) mellan olika sektorer.

Vidare har mognadsutvecklingen inom projekten jämförts mellan olika sektorer. I Figur 19 ser vi att det finns en relativt stor spridning i resultatet mellan de olika sektorerna. Särskilt utmärker sig Transportsektorn där medelvärdet och medianen för projektens mognadsutveckling är 1,5 steg vilket är något lägre än medelvärdet 2,3. Resultaten visar även att projektens mognadsutveckling inom Transportsektorn varierar stort med ett kvartilavstånd på 1,5 nivåsteg och variationsavstånd på 3,0. Det kan jämföras med sektorerna Byggnader och byggande samt Ekosystemtjänster som har ett kvartil- och variationsavstånd på 1,0 vardera. Den sektor som har den största spridningen mellan projektens mognadsutveckling är Digitala verktyg. Här ser vi ett kvartilavstånd på 1,75 och ett variationsavstånd på 3,0. Samtidigt är Digitala verktyg den sektor med högst medelutveckling med ett medelvärde på 2,7.

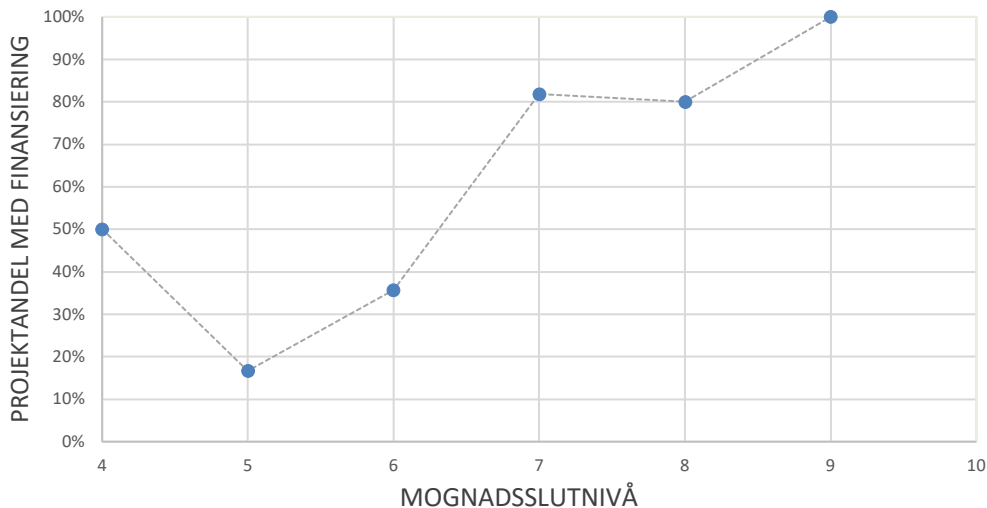


Figur 19. Låddiagram med jämförelse av projektens mognadsutveckling (TRL) mellan olika sektorer.

4.2.1 Projektens möjligheter för en framtida implementering

Resultaten visade att av de 43 projekt som inte kommersialiserades hade 17 projekt (36 %) ansökt om FoU-medel för fortsatt utveckling av projektet. Vid slutrapporteringen av projektet hade 12 projekt (28 %) av resterande 43 projekt beviljats fortsatt finansiering. Ytterligare 2 projekt hade annan eller egen finansiering för att fortsätta driva innovationsarbetet. Därav hade drygt 50 % vid sin slutrapportering finansiering för att driva forsknings och utvecklingsarbetet vidare. Resultaten visade även att 30 (70 %) projekt har under projekttidens gång skapat nya eller fortsatta samarbeten för att driva sina projekt framåt, varav fem projekt hade samarbeten med internationella partners. Därutöver fann resultaten att två projekt har lanserats på den nationella export och investeringsplattformen Smart City Sweden.

I Figur 20 framgår att möjligheterna för att hitta finansiering ökar ju högre upp på TRL-skalan ett projekt befinner sig. Framförallt var finansieringsmöjligheterna stora för de projekt som uppnådde TRL 7 och uppåt. Här hade 8 av 10 projekt på TRL 8 någon typ av finansiering för implementering. Av de 6 projekt som stannade på nivå 5 hade endast ett projekt fått finansieringsstöd för fortsatt konceptutveckling.



Figur 20. Punktdiagram som visar andelen av projekt på en specifik mognadsnivå som har finansiering för fortsatt arbete med projekt.

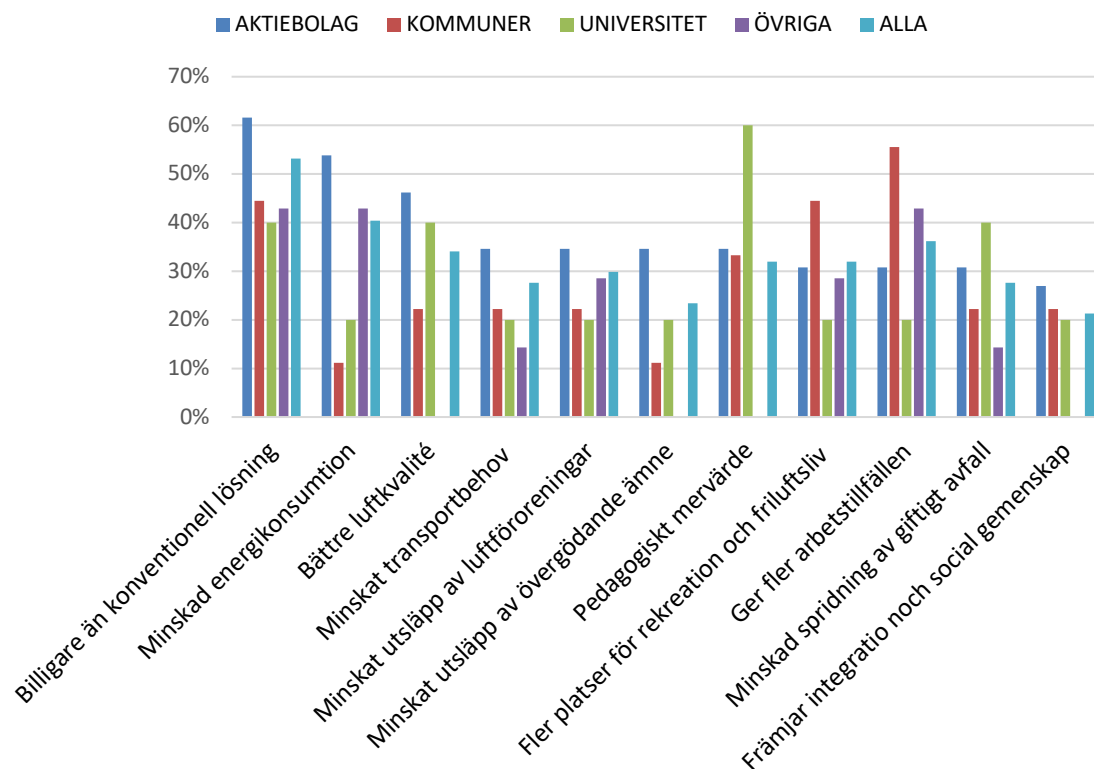
Avsaknaden av en finansieringslösning utgjorde det största hindret för ett projekts fortsatta mognadsutveckling och möjligheter för en implementering av tekniken. Vi ser i Figur 17 att ett projekt inom den kommunala sektorn inte genomgått någon mognadsutveckling alls. Även i Figur 15 framgår att ett projekt både utgår och slutar på TRL 4. Det specifika fallet var en förstudie som behandlade möjligheterna för att med mobilanalysdata åskådliggöra trender i trafiksystemet. Relativt tidigt i genomförandeprocessen identifierades GDPR som en direkt barriär för att projektet skulle kunna genomföras. I ytterligare fyra projekt har lagstiftning eller ”otydliga juridiska förutsättningar” bromsat projektets utveckling. Alla projekt redogjorde för att de mött tekniska utmaningar under projektets genomförande. Det var dock endast i en handfull fall som tekniska svårigheter utgjorde ett direkt hinder för implementering.

Följaktligen identifierades ett stort antal stödbeviljade projekt som troligen inte kommer implementeras. Dock kan stödet av stadsinnovationer ändå ha haft effekter gällande framtida innovationer. Det framgick att 39 (80 %) kommuniserade sina lärdomar av projektet internt och 34 projekt (70 %) har spridit dragna slutsatser externt.

4.3 Innovationernas hållbarhetseffekter

4.3.1 Hållbarhetseffekter med högst inrapporteringsfrekvens

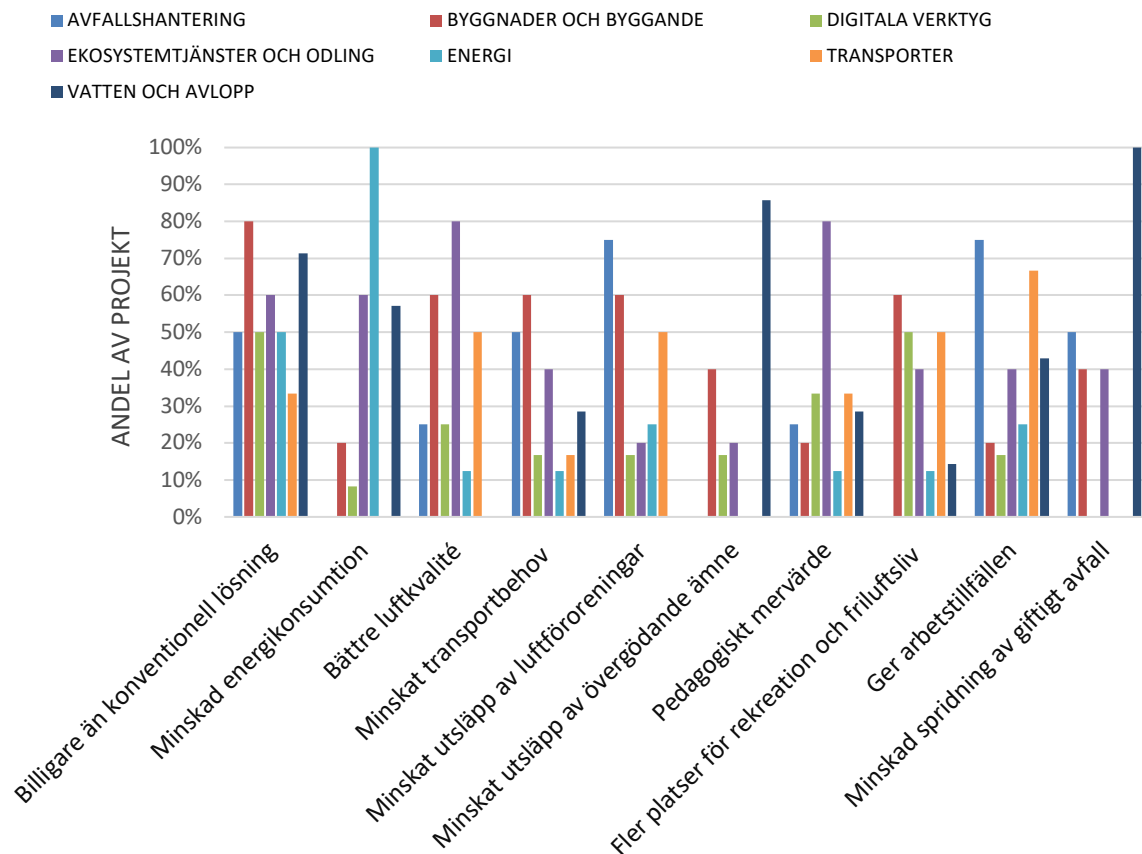
I Figur 21 ser vi elva olika hållbarhetseffekter samt andelen av projekt som uppfyllt dessa. Grafen redogör för de effekter som rapporterats in med högst procentandel vid slutrapportering. Av resultatet framgår att variationen mellan de olika aktörerna är stor. Till exempel hade endast ett kommunalt projekt (11 %) effekt på en *minskad energiproduktion*, medan 54 % av aktiebolagen rapporterade in samma hållbarhetseffekt.



Figur 21. Stapeldiagram med jämförelse av slutrapporterade hållbarhetseffekter utifrån ett aktörsperspektiv. På Y-axeln visas procentandelen av projekt och på X-axeln de olika effekterna.

Vidare ser vi att 60 % av universiteten genomförde projekt som skulle medföra ett *pedagogiskt mervärde*. Det vill säga att projektet vid implementering skulle innebära en ökad allmän kunskap om till exempel hållbar utveckling. För aktiebolag är motsvarande värde 35 % och för kommuner 22 %. Därtill kan vi notera att för 55 % av kommunala projekt förväntas innebära fler *arbetstillfällen vid kommersialisering*, medan motsvarande andel för universitet endast är 20 %. Vi ser också att den hållbarhetseffekt som är relativt störst bland alla de olika aktörerna är att projektet innebär ett *billigare koncept jämfört med konventionell lösning*. Särskilt värt att notera är att vi ser att alla de tre huvudaktörerna (aktiebolag, kommun, universitet) har haft effekter på alla de elva hållbarhetseffekterna med högst inrapporteringsfrekvens.

I Figur 22 visas motsvarande resultat, men ur ett sektorperspektiv. I resultatet framgår att 100 % av projekten inom sektorn Energi ger effekt på en *minskad energikonsumtion*. Även sektorerna vatten och avlopp samt ekosystemtjänster och odling har en stor projektandel, över 50 %, inom samma hållbarhetsområde. Resultatet visar även att några projekt inom alla sju olika sektorerna innebär ett *minskat transportbehov*. Störst andel av projekt med denna effekt finner vi inom sektorn byggnader och byggande (60 %), samt avfallshantering (50%) och ekosystemtjänster och odling (40%). En relativt låg andel (17 %) inom transportsektorn resulterade i ett *minskat transportbehov*.

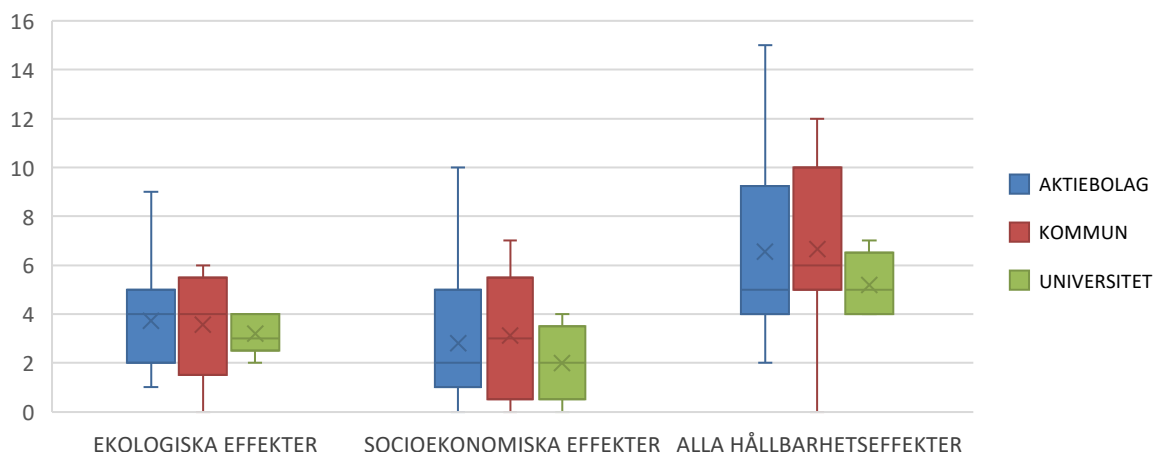


Figur 22. Stapeldiagram med jämförelse av slutrappporterade hållbarhetseffekter utifrån ett sektorsperspektiv. På Y-axeln visas procentandelen av projekt och på X-axeln de olika effekterna.

Relativt högst andel projekt inom alla sektorer innebar *koncept som var billigare än konventionell lösning*. Alla sektorer utom transporter redovisade en procentandel på eller över 50 %, där sektorn byggnader och byggande utmärkte sig med en andel på 80 %. Bland de tio vanliga hållbarhetseffekterna har *digitala verktyg* en relativt låg inrapporteringsgrad. Digitala verktyg utmärkte sig däremot genom att 83 % av projekten innebar ett *förenklat hållbart beslutfattande*. För motsvarande sektorer förväntades ingen sådan effekt annat än för 25 % av projekten inom energisektorn.

4.3.2 Projektens hållbarhetsprestanda utifrån antal uppnådda effekter

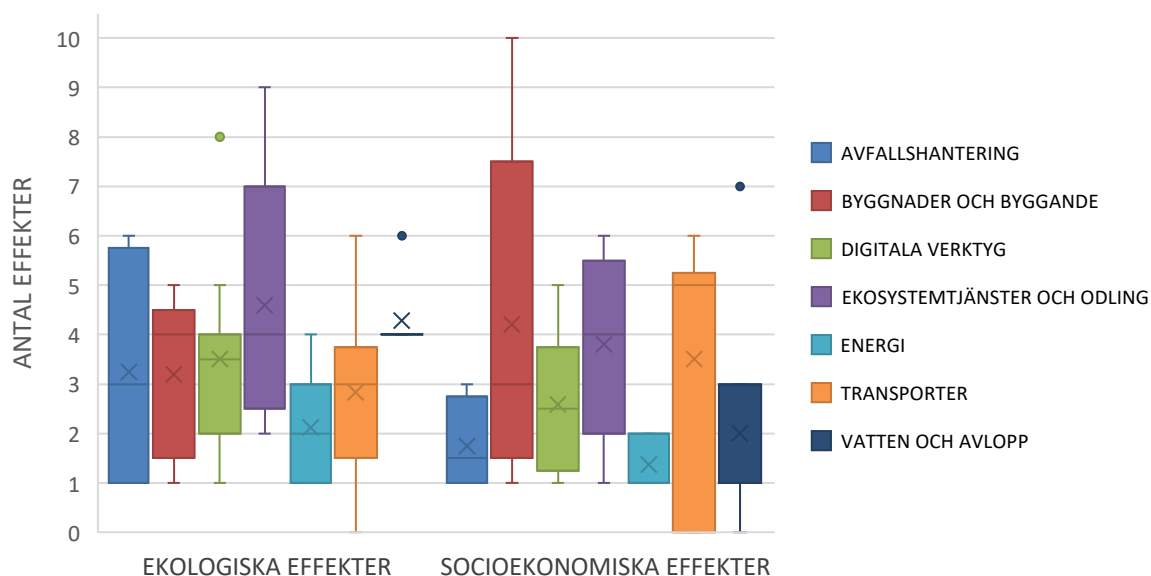
I Figur 23 har ett låddiagram plottats som representerar antalet hållbarhetseffekter som projekten resulterat i. Längst till höger i diagrammet visas projektens totala antal hållbarhetseffekter, i mitten och till vänster i diagrammet ser vi en uppdelning av socioekonomiska effekter samt ekologiska effekter. Resultaten redogörs ur ett aktörsperspektiv och testar om det finns någon skillnad i hur breda fokusområden (få eller många hållbarhetseffekter) de olika aktörerna antar.



Figur 23. Låddiagram som beskriver antalet slutrapporterade hållbarhetseffekter som varje projekt resulterat i ur ett aktörsperspektiv.

Vi ser att av aktiebolag, kommun och universitet resulterar projekten i genomsnitt i 6,4 effekter på stadens hållbarhet. Resultaten visar även att majoriteten av projekten innebär fler effekter på ekologisk hållbarhet jämfört med socioekonomisk hållbarhet. Det är även en stor variation mellan projektens hållbarhetseffekter bland de olika aktörerna. Gällande ekologiska effekter visar resultatet att universitet har ett kvartilavstånd på 1,5 och en variationsbredd på 2,0. Det kan jämföras med kommuner som har ett kvartilavstånd på 4,0 och en variationsbredd på 6,0. Vi finner att universitet har ett smalare hållbarhetsfokus med ett medelvärde på totalt 5,2 hållbarhetseffekter. Notera att ett projekt inte redovisade några hållbarhetseffekter alls.

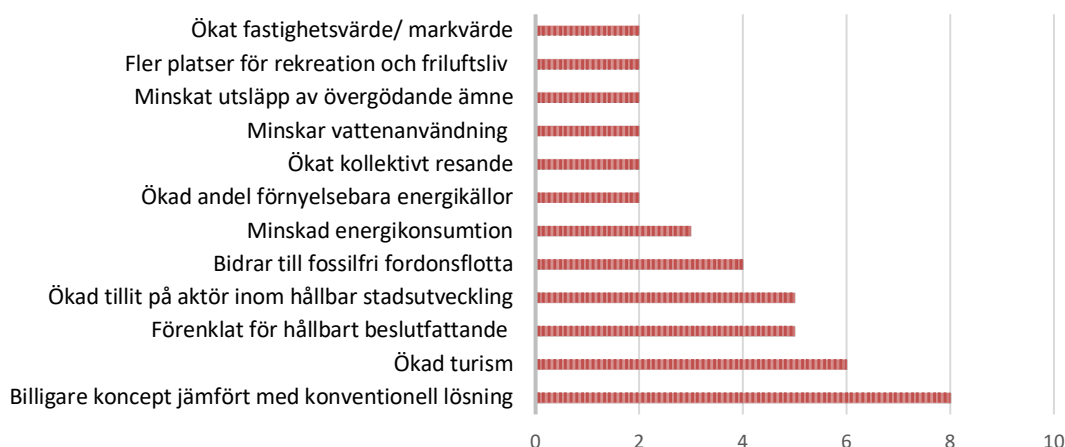
Ur ett sektorsperspektiv visar resultaten att olika sektorer varierar gällande antalet effekter ett projekt resulterat i. I Figur 24 ser vi till exempel att gällande socioekonomiska effekter har Byggnader och Byggande ett kvartilavstånd på 6,0 och en variationsbredd på 9,0. Energisektorn, däremot, har en relativt låg intern spridning med ett kvartil- och variationsavstånd på 1,0 för socioekonomiska effekter. Gällande ekologiska effekter utmärker sig Vatten och avlopp med ett kvartilavstånd på 0,0. Det kan jämföras med sektorn Ekosystemtjänster och odling samt Avfallshantering som har ett kvartilavstånd på 4,5 eller 4,75 vardera. Samtidigt resulterar Ekosystemtjänster och odling i flest ekologiska hållbarhetseffekter med ett medelvärde på 4,6 vilket kan jämföras med Energisektorns 2,1.



Figur 24. Låddiagram som beskriver antalet slutrapporterade hållbarhetseffekter som varje projekt resulterat i ur ett sektorperspektiv.

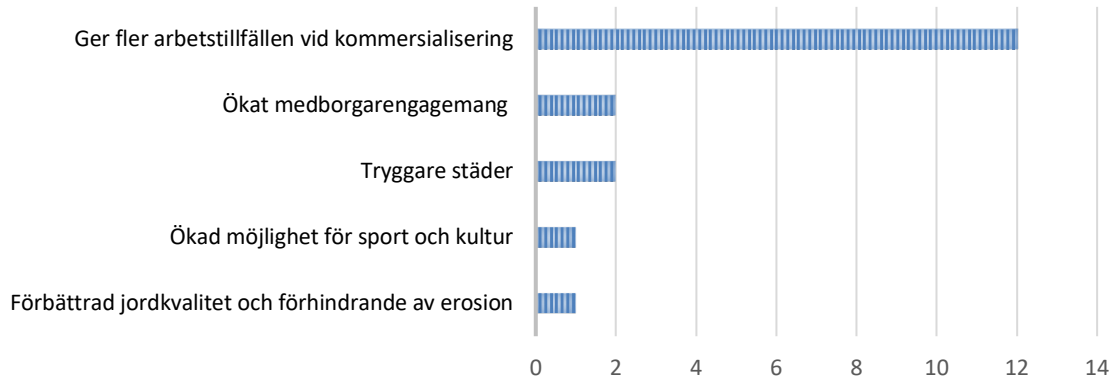
4.3.3 Jämförelse av hållbarhetseffekter mellan projektansökan och slutrapport

I Figur 25 illustreras de hållbarhetseffekter som projekten överskattat. Det framgår i resultatet att stödmottagarna vid åtta olika projekt överskattade innovationens förmåga av att vara ett *billigare koncept jämfört med konventionell lösning*. Andra effekter som ofta överskattades var projektens effekt på en *ökad turism*, bidrag till en *ökad tillit på aktör (beslutfattare, företag, etc.) inom hållbar stadsutveckling* samt *förenklat hållbart beslutfattande*. Ekologiska effekter som överskattades vid flera tillfällen var innovationens *bidrag till en fossilfri fordonsflotta* samt innovationens bidrag till en *minskad energikonsumtion*.



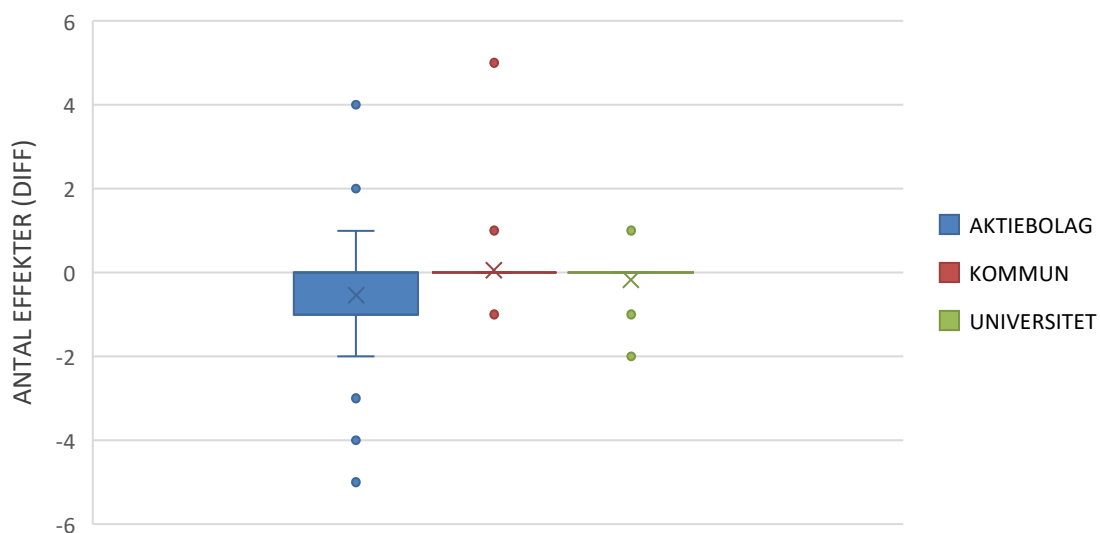
Figur 25. Överskattade hållbarhetseffekter. På Y-axeln ser vi effekter som överskattats fler än 2 gånger. På X-axeln ser vi antal gånger en effekt överskattats.

Vid ett mindre antal tillfällen underskattade stödmottagarna sina förväntade effekter av projektet. I Figur 26 ser vi att vid tolv tillfällen hade ökade arbetstillfällen identifierats som en trolig effekt vid slutrapportering, men inte vid projektansökan. Även effekterna *ökat medborgarengagemang* och *tryggare städer* underskattades vid ett fåtal tillfällen.



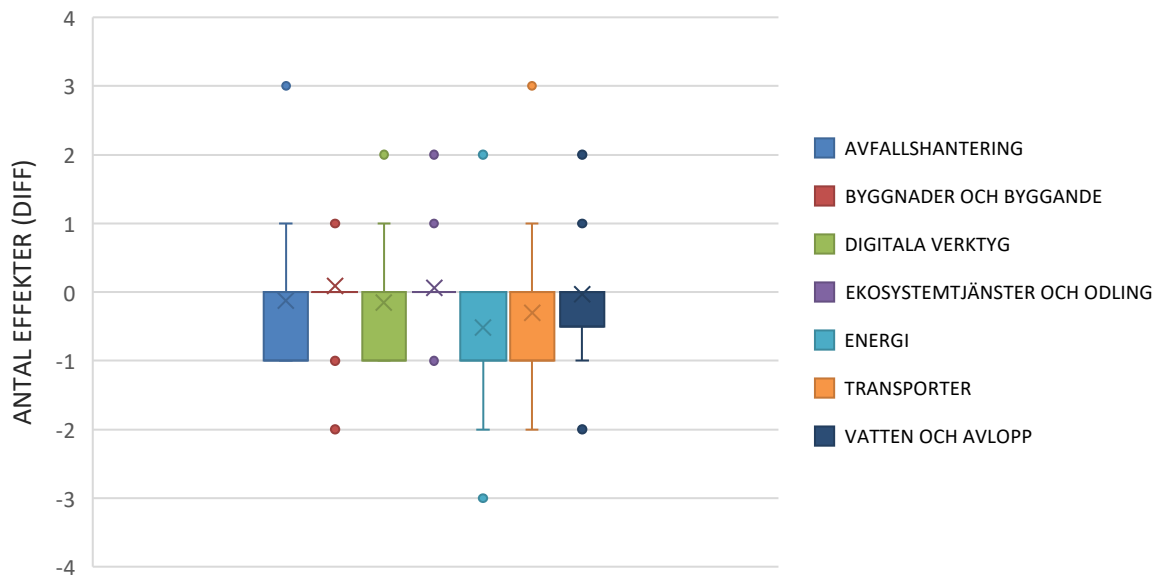
Figur 26. Underskattade hållbarhetseffekter. På Y-axeln ser vi underskattade hållbarhetseffekter. På X-axeln visas antal gånger en effekt underskattats.

I Figur 27 ser vi skillnaden i antalet inrapporterade hållbarhetseffekter. Resultatet visade att medianen inom alla aktörerna aktiebolag, kommun och universitet är 0,0. Det innebär att de flesta projekten varken underskattat eller överskattat sina förväntade effekter vid projektstart. Även medelvärdet för antalet underskattade eller överskattade hållbarhetseffekter höll sig väldigt nära 0,0 med en variation mellan -0,54 för aktiebolag, -0,18 och för universitet och 0,06 för kommuner.



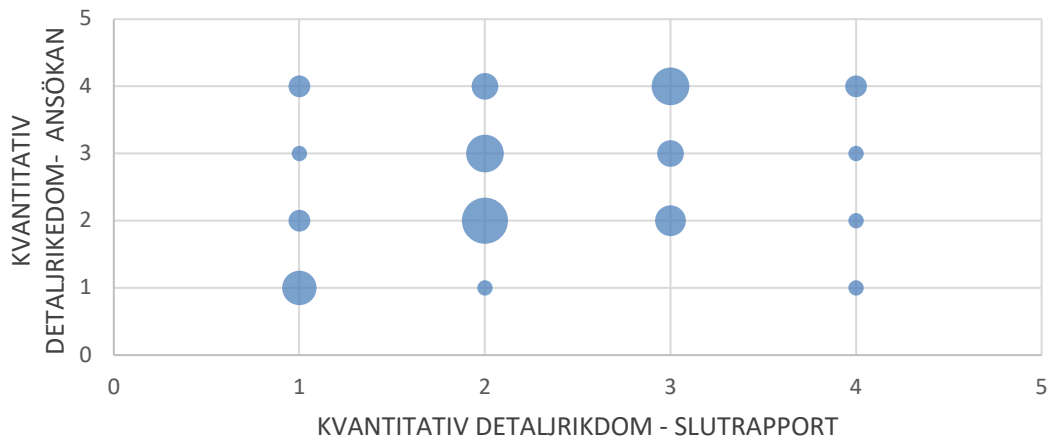
Figur 27. Låddiagram med jämförelse av hållbarhetseffekter mellan ansökan och slutrapport studerat per effekt utifrån ett aktörsperspektiv. Ett positivt värde innebär att fler effekter rapporterats vid slutrapporteringen, jämfört med ansökan.

På samma sätt som hållbarhetseffekterna kan jämföras mellan ansökan och slutrapportering utifrån ett aktörsperspektiv så har samma jämförelse gjorts utifrån ett sektorperspektiv. Vi ser i Figur 28 att vi även här har en median på 0,0 inom alla sektorer. Medelvärdena för de olika sektorerna befinner sig också väldigt nära noll, men är negativt för sektorerna avfallshantering, digitala verktyg, energi samt transporter. Inom alla sektorerna är variationsavstånden relativt stora.



Figur 28. Låddiagram med jämförelse av hållbarhetseffekter mellan ansökan och slutrapport studerat per effekt utifrån ett sektorperspektiv. Ett positivt värde innebär att fler effekter rapporterats vid slutrapporteringen, jämfört med ansökan.

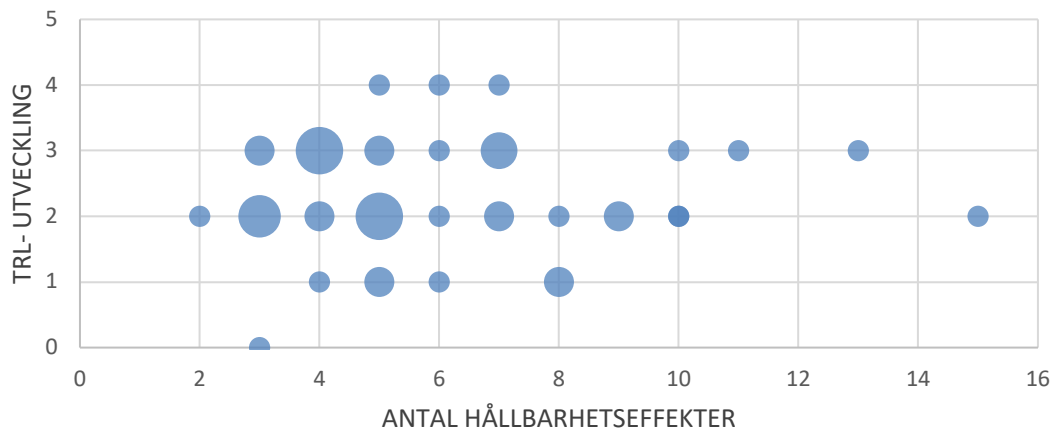
Vidare har detaljriakedomen i projektens ansökningar samt projektens slutrapporter studerats. Resultaten redogörs i Figur 29 där vi ser en tendens till ett linjärt samband mellan detaljriakedomen vid ansökan respektive slutrapport. Närmare statistisk analys visar att medianen för skillnaden mellan slutrapporteringens detaljnivå och ansökan var 0,0. Resultaten visade därmed att i majoriteten av fallen så var projektansökningen lika detaljrik som dess slutrapport. Det innebär att ett projekt som vid ansökan ger en detaljrik beskrivning tenderade att även göra så vid slutredovisningen. Vi ser även en svag tendens att slutrapporten hade mer kvantitativa beskrivningar än vid ansökan med ett medelvärde för skillnaden mellan slutrapport och ansökan på 0,29. Variationen är dock stor. Standardavvikelsen beräknades till 1,07 vilket innebär att vi ser flera fall där slutrapporten inte hade samma detaljkvalité som vid ansökan.



Figur 29. Bubbeldiagram som visar förhållandet mellan den kvantitativa detaljrikedomen (1–4) i ansökan jämfört med slutrapport.

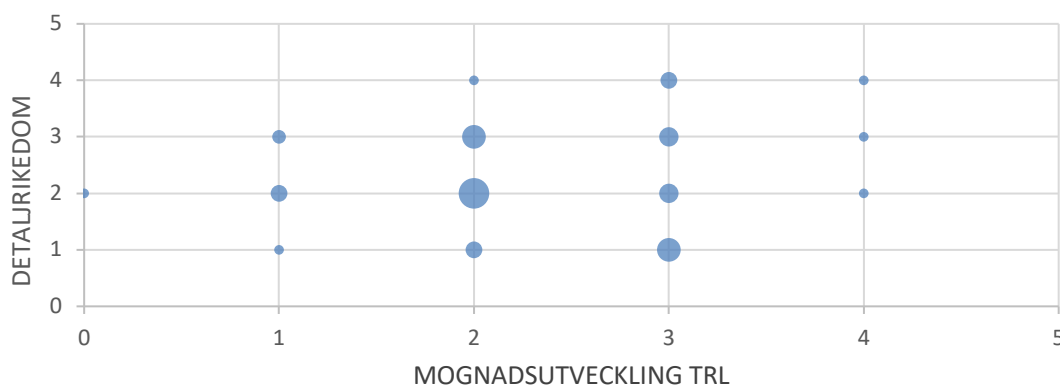
4.3.4 Projektens mognadsutveckling i relation till dess hållbarhetseffekter

Korrelationen mellan projektens mognadsutveckling och bredden av projektets fokusområde har testats genom att utvecklingen plottades mot antalet hållbarhetseffekter som projektet uppnår. I Figur 39 ser vi att det finns en stor spridning i resultatet. De tre projekt som haft störst mognadsutveckling är alla centrerade runt en hållbarhetsinverkan på 5–7 områden. Vi ser dock inget linjärt samband i resultatet och gällande projekten som har en TRL-utveckling på tre steg varierar antalet hållbarhetseffekter från 3 till 13.

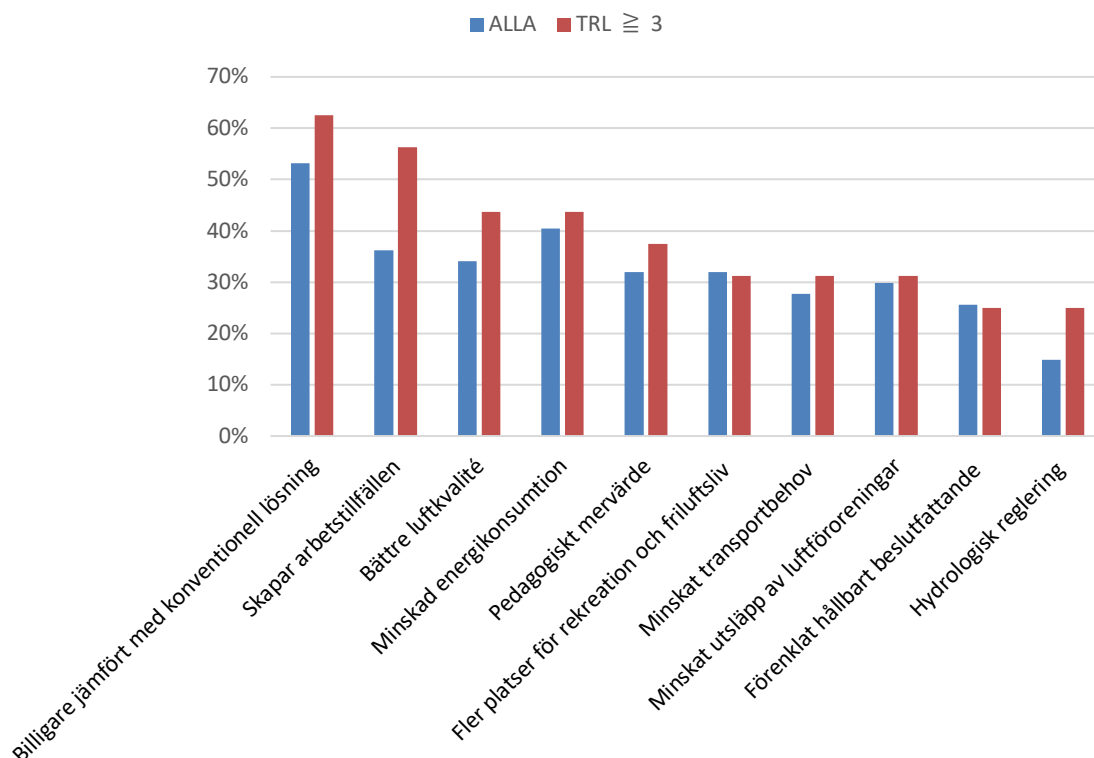


Figur 30. Bubbeldiagram som representerar projektens mognadsutveckling på Y-axeln och antal hållbarhetseffekter på X-axeln. Bublornas area visar förhållandet av antalet projekt.

I Figur 31 testas eventuellt samband mellan projektens mognadsutveckling och projektens detaljrikedom. Vi ser att i de fall vi har en mognadsutveckling på fyra steg är detaljnivån vid ansökan två eller mer. Det finns alltså en tendens att en detaljrik beskrivning ger en starkare mognadsutveckling.

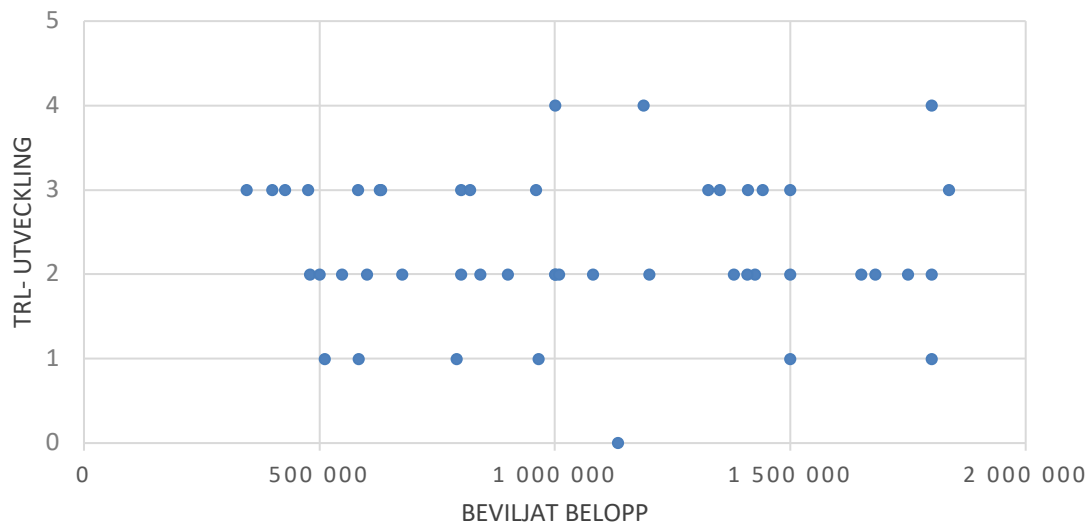


Figur 32 visar de projekt som visat starkast teknisk mognadsutveckling med en TRL-utveckling på 3 eller 4 steg. Resultaten visar att de projekten med starkast mognadsutveckling förhåller sig relativt likt snittfördelningen av projekten. Vi ser dock att en högre andel (56 %) av projekt med en stark mognadsutveckling innebär ökade arbetstillfällen. Projekten innebär även i högre grad ett förenklat hållbart beslutfattande (25 %) jämfört med snittfördelningen (15 %). Därutöver visar resultaten att av de tekniskt mognadsstarka projekten innebär 63 % ett billigare koncept jämfört med den konventionella lösningen. Motsvarande andel bland totala antalet projekt var 53 %.



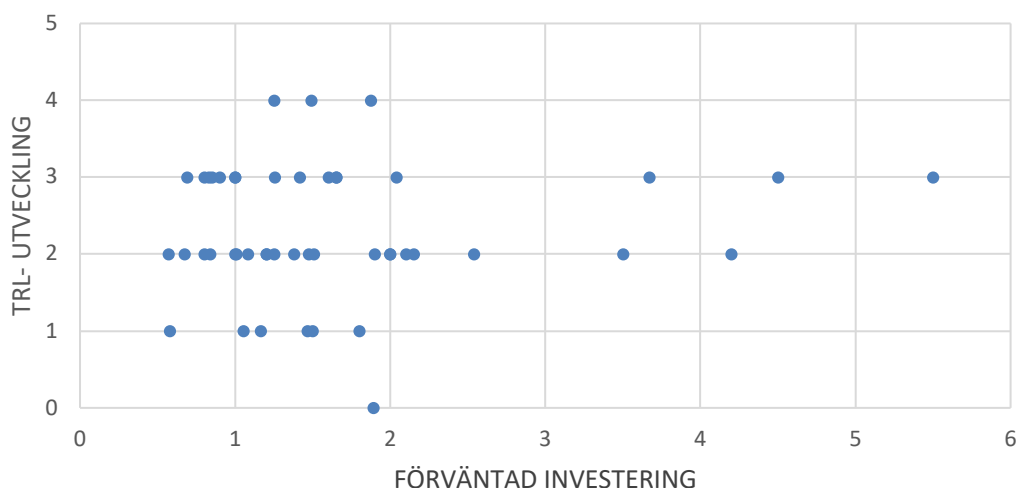
4.3.5 Mognadsutveckling i relation till storleken av stödbelopp och total investering

För att studera om det finns något samband mellan projektens mognadsutveckling och storleken på stödbeloppet har de två områdena plottats mot varandra. I Figur 33 ser vi att det finns en stor variation av storleken av projektstödet samt projektens mognadsutveckling. Resultatet visar att de projekt som har beviljats störst stödbelopp, nära 2 miljoner kronor, har en teknisk mognadsutveckling som varierar från ett till fyra steg. Samtidigt finns en stor variation gällande mognadsutvecklingen för de projekt som fått minst stödbelopp, ca femhundra tusen kronor. Något linjärt samband mellan TRL-utveckling och stödbeloppets storlek framgår därmed inte.



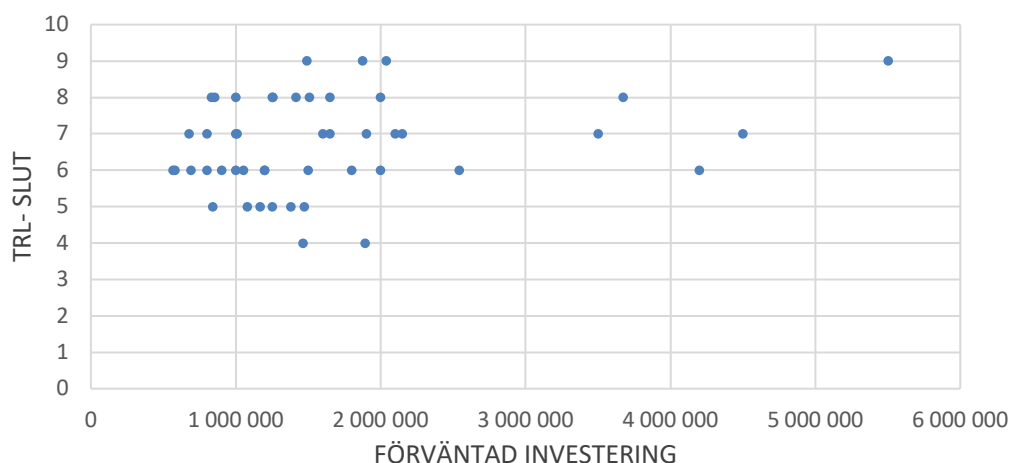
Figur 33. Punktdiagram med TRL-utveckling på Y-axeln och beviljat belopp (ej korrigerat utefter uppföljningskrav) på X-axeln.

I Figur 34 plottades TRL-utvecklingen mot projektens förväntade totala investering. Majoriteten av projekten oavsett TRL-utveckling har en förväntad investering på mindre än 2 miljoner kronor. Inom samma område finner vi även de tre projekt som presterat bäst utifrån TRL-skalan. Resultatet visar inget samband mellan projektens mognadsutveckling och förväntad investering.



Figur 34. Punktdiagram med projektens mognadsutveckling (TRL-utveckling) på Y-axeln och förväntad investering (ej korrigerat utefter slutredovisning) på X-axeln.

I Figur 35 testas vi även om det finns någon korrelation mellan projektens förväntade investering och huruvida de når driftsfasen (TRL 9) under projekttidens gång. Inget tydligt samband identifieras mellan förväntad investering och slutgiltiga mognadsgrad.

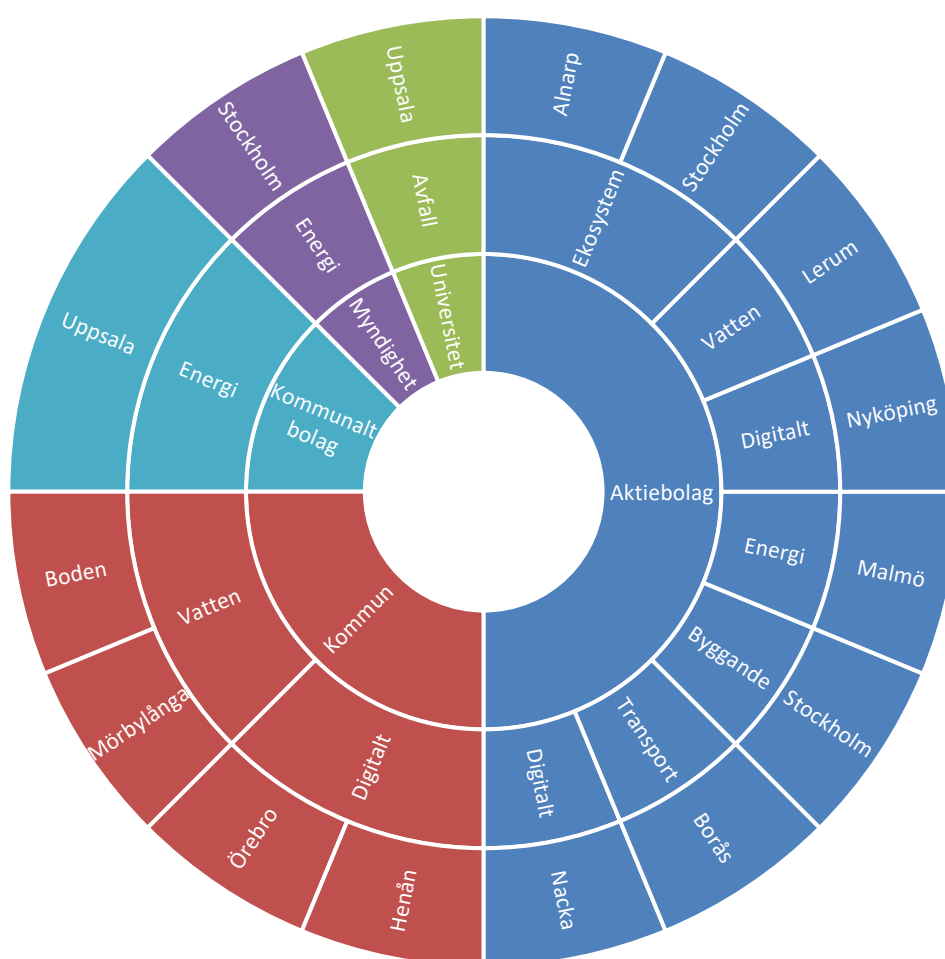


Figur 35. Punktdiagram med slutmognadsnivå (TRL) på Y-axeln och förväntad investering (ej korrigerat utefter slutredovisning) på X-axeln.

4.3.6 Projektens mognadsutveckling ur ett aktör- och sektorperspektiv

Slutligen har vi utrett huruvida en särskild aktör eller sektor varit mest gynnsam i sina projekts mognadsutveckling genom att kartlägga projekten i ett soldiagram. Figur 36 visar de 16 projekt som haft den starkaste mognadsutvecklingen. Det som är mest utmärkande är att två kommunala bolag inom energisektorn i Uppsala har nått en TRL 3. Det motsvarar 12,5 procent av de 16 mognadsutvecklingsstarka projekten, vilket kan jämföras med att det finns totalt tre kommunala bolag (6%) bland stödmottagarna, vilket framgår av Figur 9.

Vidare uppgår aktiebolag för 50 % av de 16 projekt med starkast mognadsutveckling, vilket är en minskning med några procentenheter jämfört med de 53 % av totala andelen stödmottagare. Kommunerna står för 25 % av de 16 projekt med starkast mognadsutveckling, vilket är en liten relativ ökning jämfört med kommunernas motsvarande andel (19 %) av totala antalet stödmottagare. I övrigt ser vi att det finns stor spridning mellan aktörer, sektorer och även en stor spridning mellan olika kommuner. Inom de 16 projekt med starkas mognadsutveckling representeras 12 olika kommuner, vilket motsvarar 50 % av de 24 olika kommuner som vi finner bland beviljade projekt (Figur 9).



5. Fallstudier

I följande kapitel presenteras tre projekt som beviljats stöd. Syftet är att följande avsnitt ska ge en kvalitativ förståelse för vilka effekter som stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar har resulterat i. Vidare ämnar följande avsnitt att redogöra för faktorer som driver ett innovationsprojekt framåt samt de faktorer som kan hindra en implementering av koncepten. Avsnitt 5.1 presenterar projektet morgondagens mobilitetshus som drivits av det kommunala bolaget Uppsala Parkerings AB. I avsnitt 5.2 presenteras projektet Webbapplikation för samarbete och synliggörande av trädens värden som genomförts av Calluna AB. Slutligen presenteras Örebros kommuns projekt AI för plantolkning i avsnitt 5.3.

5.1 Morgondagens Mobilitetshus

Uppsala Parkerings AB är ett kommunalägt bolag med uppdrag att bygga mobilitetshus för 1.8 miljarder kronor över en 10-årsperiod (Törnqvist 2019a). Konceptet mobilitetshus är en idé driven av Uppsala stad där man vill gå från att erbjuda traditionell parkering till att istället kunna förse staden med mobilitetstjänster. Mobilitetshus är ett garagehus som även tillgodoser parkering för alternativa resvanor som till exempel cyklar. Mobilitetshus ska möjliggöra för andra resmönster där nya energilösningar tillgodoser framtidens elbilsflotta (Törnqvist 2019b).

I närtid planeras ett bygge av två mobilitetshus i Uppsala. Projektet Morgondagens Mobilitetshus har studerat olika tekniker som ska kunna implementeras i byggnaderna för att kunna tillgodose det energi och lagringsbehov som förväntas uppstå i samband med en övergång från en fossil till elektisk fordonsflotta. Mer specifikt har projektet undersökt hur energilager, laddinfrastruktur, elproduktion från sol och vätgas samt vehicle-to-grid² (VTG) kan användas och vilka effekter det har på elnätet. Resultaten utgör beslutsunderlaget för investeringar som i första hand ska implementeras i mobilitetshusen. Projektet genomfördes i samarbete med STUNS (Stiftelsen för samverkan mellan universiteten i Uppsala, näringsliv och samhälle) (Törnqvist 2019a).

Innan projektet drog igång hade redan beslut tagits för att installera ett 100-tal laddstolpar i byggnaderna. Därmed lades stort fokus inom projektet på hur en hantering av laddinfrastrukturen ska se ut. Mobilitetshusen planeras att byggas i anslutning till ett större bostadsområde och därmed förväntas att laddningen av elbilarna kommer att ske ungefär samma tid på dagen. Utan reglering kommer systemet nå höga effekttoppar. För att hantera utmaningen har en simuleringsmodell av elsystemet i husen byggts. I framtiden kommer systemet att vidareutvecklas till ett så kallat Energy Managment System (EMS) för att förutspå och hantera energisystemet. Arbetet kommer att göras av avdelningen för Elektricitetslära vid Uppsala Universitet som en led i deras satsning på

² VTG är en teknologi som innebär att elbilar kopplas till elnätet för laddning men som även tillåter för att energi tas från elbilarna för att vid behov balansera elnätet. På så vis utgör bilarna ett ”rullande energilager”.

elektrisk infrastruktur för mobilitet i städer. Universitetet har anställt en doktorand för att fokusera sin forskning på EMS och hanteringen av olika lagringsmetoder och ny laddteknik (Törnqvist 2019a).

Projektet genomförde även en större förstudie kring beteende och incitamentmodeller för elbilsladdning. Idén var att studera vilka möjligheter det fanns för att styra elbilsladdning mot de tidpunkter på dygnet då det inte råder effektbrist på elnätet. En del av resultaten från studien innebar att Uppsala Parkering AB bör utforma en prissättningsmodell för laddning av elbilar. Ett tariffsystem bedömdes vara ett starkt verktyg för att styra användarna bort från att ladda under höglastningstimmarna. Idag är laddning hos bolagets laddstolpar gratis (Törnqvist 2019a).

Projektets höga innovationsgrad motiveras utifrån att projektet testat olika systemlösningar inom såväl de miljömässiga, sociala och ekonomiska aspekterna av hållbar utveckling. Spetsteknikerna, så som energilagret av vätgas för elnätsbortkopplade hus, finns redan, men de empiriska underlagen för en integrering och storskalad användning av dessa är få. Dessutom leder projektets till ett högre samutnyttjande av stadens resurser och möjliggör för en utfasning av fossila bränslen. Genom en utbyggd laddinfrastruktur, men också ökade möjligheter för energilagring möter projektet därmed det ökade effektbehovet som en elbilsflotta kommer att leda till. Till exempel har projektet redan resulterat i att beslut tagits om att installera en solcellspark på ett av mobilitetshusen där hälften består av bifacial-moduler (semi-transparanta solceller) och den andra hälften består av konventionella monokristalina solceller. På så sätt finns utrymme för att göra framtida jämförelsesstudie mellan de två olika modulerna och kan på längre sikt ge nya lärdomar. Projektet har också undersökt möjligheterna för att hitta effektlager som har färre negativa miljöeffekter än traditionella Li-Jonbatterier (Törnqvist 2019a).

Enligt Gustav Törnqvist, projektledare av innovationsprojektet, har samarbetet med STUNS (stiftelsen för samverkan mellan universitet och näringsliv) varit avgörande för projektets framgång. STUNS fungerar som en accelerator som bland annat hjälper till med att göra ansökningar för olika innovationsstöd. Dels möjliggjorde STUNS för att ansökningen till *stödet för stadsinnovationer* blev genomförd i tid. Beviljandet för stödet var definitivt en startmotor för att de tillsammans skulle starta igång ett arbete gällande innovationslöningar. Däremot menar Törnqvist att på längre sikt hade de blivit tvungna att på något sätt hitta en väg att angripa frågorna gällande innovativa energilösningar. Stödet från Naturvårdsverket gjorde dock att startsträckan blev betydligt kortare och att projektet kunde dra igång i nutid (Törnqvist 2019b).

Efter projektetidens slut har nu även ett stöd från Vinnova beviljats. Uppsala Parkerings AB och STUNS har därmed identifierat kärnfrågor inom projektet för ett fortsatt samarbete i fyra-fem år. Arbetet med att hitta extern finansiering är dock inte den främsta anledningen till att Uppsala Parkering AB lyfter fram STUNS som en nyckelfaktor för innovationsarbetet. Genom STUNS har Uppsala Parkerings AB förmedlat studenter för olika uppdrag inom projektet. Samarbete med studenter anses vara den starkaste

framgångsfaktorn inom projektet eftersom studenterna har skapat en annan dynamik i den annars väldigt konservativa byggbranschen. Det har i sin tur resulterat i kreativa, intressanta diskussioner vilket har gett nya idéer och infallsvinklar för att tackla ett problem. Vidare menar Törnqvist att studenter har en större vana av att ta till sig ny fakta och granska material på ett kritiskt sätt, vilket också har möjliggjort att för de bästa lösningarna har kunnat identifieras (Törnqvist 2019b).

Att driva projektet tillsammans med Uppsala Universitet har dock också genererat utmaningar. Törnqvist menar att det under projektens gång ibland varit svårt att ”prata samma språk” och att akademien och näringslivet inte alltid har samma målbild. Uppfattningen är att Uppsala Universitet var mer teoretiska i sitt synsätt och kunde i en del frågor se nya lärdomar draga av projektet som tillräckliga. Uppsala Parkerings AB stävade dock alltid efter att nå konkreta resultat som kunde implementeras i bygget av mobilitetshuset. Törnqvist menar att kompromisser är något man ska förvänta sig att göra ”när två världar möts”, men att det i sig inte är något negativt. Törnqvist lyfter att ”utväxling kräver nya hjulspår”. I slutändan resulterade projektet i flera konkreta resultat, även fast det var en utmaning att nå dit (Törnqvist 2019b).

Till sist lyfter Törnqvist att trots vissa idékonflikter överväger mervärdet av de många lärdomar som resulterat av samarbetet. Förutom ny kunskap om spetsteknik och tekniskt skapande har projektet lett till en ökad gemensam förståelse av de olika aktörernas krav, regelverk och i vissa avseenden skilda mål. Samtidigt har de olika aktörerna gått samman i en lärande process med den gemensamma visionen att bidra till hållbar mobilitet och hållbara städer (Törnqvist 2019a).

5.2 Webbapplikation för samarbete och synliggörande av trädens värden

Calluna AB har tillsammans med Geografiska Informationsbyrån genomfört ett projekt vars syfte är att skapa en webbapplikation för stadsplanering och förvaltning som synliggör trädens värden. Genom en 3D visualisering av träd i grön infrastruktur ämnar de tillhandahålla en tjänst som ökar förädlings- och användargraden av träddata. Det digitala verktyget är tänkt att stärka möjligheterna för kommunikation mellan ekologer och stadsplanerare. Det ska i sin tur öka chanserna för att trädens värden och deras ekologiska krav lyfts fram tidigare i stadsbyggnadsprocessen (Koffman 2019a).

Karttjänster som visar trädens värden finns redan i en begränsad utformning i ett antal städer i värden och tekniken i sig finns redan på marknaden. Projektet *Webbapplikation för samarbete och synliggörande av trädens värden* har bedömts ha en hög innovationsgrad eftersom de vidareutvecklat tekniken för att i högre grad kunna användas inom stadsbyggnad och stadsplanering. Projektet lyfter även kunskapen om hur träden ingår i ekologiska samband genom habitatnätverksanalyser. Vidare görs en integrering av olika tekniska system så som laserdata och fotogrammetriskt matchade flygbilder för pedagogisk kunna visualiseras i webbapplikationen. Användaren får tillgång en visualiserad data med både ekologiska attribut som kombinerar bebyggelsestruktur. Det

sker även en integrerad förändringsanalys från satellitbilder vilket möjliggör för användaren att se förändringar över tid i trädens gröna infrastruktur. Projektet har också undersökt möjligheten att utveckla verktyg för att mäta ekosystemtjänster. Tillexempel har de analyserat hur algoritmer kan skapas för att skatta koldioxidbindning och flödesregleringen direkt i webbapplikationen. Framöver kommer projektet fortsätta arbeta med de algoritmer och systemutveckling som behövs för att möjliggöra för denna tjänst (Koffman 2019a).

Vid projektstart deltog två kommuner i projektet, men efter projektets genomförande har ytterligare nio kommuner anslutit sig till tjänsten. Tanken är att webbapplikationen ska kunna användas av olika aktörer och bredda kunskapen och intresset för betydelsen av grön infrastruktur. Därmed möjliggör projektet för samarbete och informationsdelning och ökar delaktigheten för olika kompetenser i stadsplaneringen så som planerare, arkitekter, ekologer såväl som medborgare (Koffman 2019a).

Idén med projektet är att tydliggöra trädens roll i en hållbar stadsutveckling. Anna Koffman, projektledare, menar att när man utvecklar nya stadsdelar är det ofta som man tagit beslut utan att uppmärksamma trädens betydelse. Webbapplikationen är utvecklad för att kunna användas för att ta hållbara beslut i hela stadsutvecklingsprocessen, men särskilt i tidiga stadiet. Dessutom har projektet ett starkt pedagogiskt mervärde och bidrar lokalt till ett ökat ansvarstagande och medborgarengagemang gällande grön infrastrukturens betydelse (Koffman 2019b).

Bidraget från Naturvårdsverket var avgörande för att projektet skulle genomföras. Eftersom Calluna AB är ett konsultföretag måste de kunna debitera för varje timme. De hade tidigare identifierat ett behov av att utveckla en digital lösning för grön infrastruktur, men inte hittat någon beställare av lösningen. Koffman menar att det är svårt att hitta investerare för innovationsprojekt eftersom resultaten ofta är svåra att definiera i tidiga skeden (Koffman 2019b).

Samarbetet mellan Calluna AB och Geografiska Informationsbyrån anses vara en stark framgångsfaktor gällande projektets utveckling. De olika kompetenserna inom de två organisationerna möjliggjorde för att kunna utveckla en tjänst som binder samman geografiska informationssystem med ekosystemtjänster. En annan framgångsfaktor var att projektet i ett tidigt skede kontaktade potentiella användare av lösningen för att göra en grundläggande behovsanalys. Samtidigt menar Koffman att en stor utmaning gällande ett innovationsprojekt som rör stadsbyggnad är att nå fram till de aktörer som innehar beslutsfattande positioner. Syftet med webbapplikationen var att faktiskt kunna användas i de komplicerade processer som stadsbyggnad innebär och leda till att hållbara val görs, inte bara att nya målbilder och visioner sätts upp. Koffman menar att beslutsstrukturer måste ändras och uppmärksamma innebörden som denna typ av digitala lösningar har (Koffman 2019b).

Ett annat problem är att få investeringar för vidare utveckling av plattformen. Webbapplikationen är i drift och fungerar, men den har flera utvecklingsområden. Idag

är bara träd kartlagda för de 11 kommuner som gått in och köpt tjänsten. För att systemet ska bli mer användarvänligt behövs fler trädpunkter och det kräver att någon aktör bekostar en trädkartläggning. Med heltäckande kartläggning kan verktygets funktioner inom hållbar stadsutveckling och förvaltning av grön infrastruktur hanteras fullt ut. Calluna AB och Geografiska Informationsbyrån arbetar för att sälja in tjänsten främst hos kommuner eftersom de jobbar med stadsplanering och förvaltning av gröna områden. De hade dock gärna sett att en statlig aktör med ett övergripande ansvar stöttade arbetet med att trädkartlägga Sveriges gröna infrastruktur. Calluna AB har även sökt nya innovationsmedel för att vidareutveckla plattformen (Koffman 2019b), men har hittills inte beviljats något anslag.

5.3 AI för plantolkning

Boverket har beslutat att alla detaljplaner ska digitaliseras från analog (eller ”gamla” digitala format) till nya digitala och standardiserade former där informationen inte är låst. Arbetet som innefattar 107 000 detaljplaner är omfattande och endast i Göteborg stad uppskattas arbetet ta fem år för de 13 handläggare som arbetar med uppgiften. För att effektivisera digitaliseringen av detaljplaner har Örebro Kommun bedrivit ett projekt med avsikt att implementera AI i arbetet med att digitalisera och tolka planbestämmelser. Det görs genom att de utvecklat en skalbar AI-tjänst som läser in befintliga detaljplaner i PDF- och DJVU-format och extraherar alla bestämmelser och sedan tolkar dem enligt Boverkets standard (planbestämmelsekatalogen) (Benes 2019a).

AI som teknik har funnits, utvecklats och tillämpas under en längre tid. Tekniken används på flera håll inom samhället så som inom sjukvården för att ge snabbare och mer precisa diagnoser. Projektet *AI för plantolkning* har bedömts ha en hög innovationsgrad eftersom de implementerar AI i ett nytt sammanhang och därmed förbättrar tolkningsarbetet av planbestämmelser inom digitalisering av detaljplaner. Att bygga AI för plantolkning förväntas först och främst bidra till den ekonomiska hållbarheten i och med att bidra till en ökad resurseffektivitet. Mer specifikt förväntas handläggningstiden minska med 20–30 %. Eftersom all data, inklusive planinformation görs öppen för allmänheten förväntas även projektet leda till nya innovationer och utveckling till följd av datadriven innovation. På längre sikt möjliggör digitala detaljplaner för flera miljö och hållbarhetsaspekter inom bebyggd miljö och fysisk planering. Det till följd av att information som skapas i olika skeden av processen gör mer tillgänglig inom fler områden inom samhällsbyggnadsprocessen (Benes 2019a).

Vidare utvecklades verktyget med utgångspunkten att tjänsten ska kunna användas av kommuner över hela Sverige. Tillexempel är metoden oberoende av det ritningsverktyg som används vid skapandet av detaljplanen vilket innebär att verktyget kan granska detaljplaner från alla Sveriges kommuner (Benes 2019a). För att få ett bredare kommunperspektiv valde Örebro Stad att inleda ett samarbete med Helsingborg Stad. Samarbetet tror Sascha Benes, projektledare, stärkt innovationsprocessen. Helsingborgs Stad bidrog med andra synvinklar och skapade bättre dynamik i diskussionerna. Benes

menar att de kunde ställa frågor som: *Hur tänker ni kring det här?* Sascha menar även att man på egen hand kan stirra sig själv blind, men samarbetet med en annan kommun har hjälpt dem att hitta nya perspektiv och belysa frågan på olika sätt (Benes 2019b).

Projektet *AI för plantolkning* hade varit svårt att genomföra utan *stödet för stadsinnovationer*. Sascha Benes menar att man som kommun inte har allt för stora ekonomiska möjligheter att lägga på innovationssatsningar. De har ofta en stark vilja, men som kommun måste de först och främst prioritera att budgetera för att genomföra och följa upp kommunens grundläggande uppdrag. Utöver den ekonomiska aspekten visade även beviljandet av ansökningsen att det finns en extern aktör som bekräftar att innovationsidén är bra och dessutom vågar gå in som delfinansiär (Benes 2019b).

En annan avgörande faktor för projektets genomförande är att projektgruppen har känt stark tillit till ledningen. Benes menar att innovationsprojekt är otydliga och riskabla. Det är inte säkert att projektet hade resulterat i en faktisk produkt som är användbar. Därför var det avgörande att projektet stöttades av en ledning som hade mod att våga genomföra satsningen på AI-tjänsten (Benes 2019b).

En stor utmaning under projektiden har varit tidsramarna. Örebro Kommun var ett av sista projekt som beviljades stöd och hade därmed mindre än ett år på sig att genomföra projektet. En kommun har särskilda regler att följa till exempel vid upphandling av underleverantörer. Benes menar att den byråkratiska apparaten ibland står som ett hinder för att genomföra innovativa lösningar. Samtidigt är projektet AI för plantolkning ett exempel på ett kommunalt drivet innovationsprojekt där man arbetat med snäva tidsramar och faktiskt klarat av att genomföra alla delmoment i tid med ett lyckat resultat. Projektet resulterade även i flera lärdomar, dels gällande möjligheterna med AI, men Örebro Kommun har även dragit lärdomar om hur de som organisationen fungerar och vad de kan åstadkomma (Benes 2019b).

Örebro Kommun lyfter dock att det efter projektiden kvarstår en del arbete med tekniken innan AI-tjänsten kan implementeras i praktiken, särskilt om användandet ska skalas upp för att få nationell spridning. Dels måste tekniken i sig utvecklas för att vara tillräckligt stabil. Örebro Kommun har beviljats stöd från *Smart Built Environment* för att fortsätta utveckla produkten. Här kommer fokus vara på att testa produkten med ett större antal kommuner (Benes 2019b).

Vid en senare implementeringsfas utgörs dock det största hindret av att identifiera en aktör som kan förvalta och stödja tjänsten. Benes menar att Örebro kommun som kommun inte kan förvalta en AI-tjänst för hela Sverige eftersom de varken har ekonomiska medel eller tid. Arbetet med att hitta en möjlig förvaltare ingår även i det nya projekt som Örebro Kommun beviljats innovationsmedel för. En rekommendation från projektet är att en statlig myndighet tar ansvar och tar det vidare. Lantmäteriet har också varit inblandade i projektet genom att vara med i en kontinuerlig diskussion om hur tekniken bör utvecklas. De har även deltagit i utvecklandet av produkten genom sitt närvarande på workshops (Benes 2019b).

6. Analys

Resultaten visade att bland de 47 granskade projekten fanns ett brett spann av olika aktörer. Majoriteten av projekten bestod dock av aktiebolag, en fördelning som inte är oväntad. Statistik från 2018 visar att Sverige har över 500 000 registrerade aktiebolag, medan det finns 290 kommuner (Bolagsverket 2019; SCB 2019). Resultaten fann även en vid spridning av sektorer. Därutöver fastställde den ekonomiska analysen av projektens beviljade stödbelopp att ingen aktör eller sektor är överrepresenterad.

I följande kapitel analyseras, tolkas och förklaras resultaten vidare. Avsnitt 6.1 presenterar identifierade nyckelfaktorer för stark mognadsutveckling. I avsnitt 6.2 lyfts en analys av hinder för implementering av innovationsprojekt. Kapitlet avslutas med en analys i avsnitt 6.4 över stödets effekt på hållbar stadsutveckling.

6.1 Nyckelfaktorer för stark mognadsutveckling

Det har varken identifierats tydliga samband mellan ett projekts tekniska mognadsutveckling och projektens hållbarhetsfokus (få eller många förväntade hållbarhetseffekter), se Figur 24, eller projektens investeringskostnader och dess tekniska framsteg, se Figur 34. Vi fann ett visst mönster gällande hur projektens detaljrikedom vid projektansökningarna förhöll sig till deras mognadsutveckling, men resultatet var inte helt entydigt, se Figur 31. Vid studier av hur mognadsstarka projekten förhöll sig till särskilda hållbarhetseffekter utmärkte sig effekterna *ökade arbetstillfällen* och *billigare koncept jämfört med konventionell lösning*, se Figur 32. De två ekonomiska faktorerna förekom i en högre andel av de tekniskt mognadsstarka projekten.

Att de projekt som har starka ekonomiska fördelar lyckas bättre än andra är inte särskilt överraskande. Vi har sett i TRL-utvecklingsskalan att de sista stegen längst TRL-trappan är de stegen som är ekonomisk mest kostsamma. Merkostnaden för att nå TRL 8 motsvarar hela forsknings och utvecklingsprocessen (1–7) med en faktor fem (Mankins 2009). För att kunna överkomma denna gräns krävs att det finns starka ekonomiska incitament till att satsa på projektet.

Gällande huvudakterna aktiebolag, kommun och universitet identifierades ingen aktör som utmärkte sig avsevärt gällande sin tekniska mognadsutveckling. Däremot utmärkte sig kommunala bolag gällande att erhålla en stark mognadsutveckling. De två bolagen som utmärkte sig tillhörde dessutom energisektorn i Uppsala. Eftersom kommunala bolag utgör 6 % (se Figur 9) av urvalet i studien går det inte att statistiskt säkerställa resultatet och därmed avgöra om fördelningen beror på slump eller inte. Däremot kan vi lyfta att båda projekten drevs tillsammans med STUNS (Stiftelsen för samverkan mellan universiteten i Uppsala, näringsliv och samhälle) vilket kan varit en avgörande orsak till projektens starka mognadsutveckling.

I intervjun med Uppsala Parkerings AB (se avsnitt 5.1) lyftes just samarbetet mellan näringsliv, universitet och kommun fram som en avgörande faktor för ett starkt

innovationsarbete. Denna bild stämmer väl överens med Tripplehelix-perspektivet (se avsnitt 2.1.1). Modellen säger att samarbeten över aktörsgränserna tvingar de olika aktörerna att verka utanför sina bekvämlighetszoner. I projektet *Morgondagens Mobilitetshus* innebar samarbetet med studenter att Uppsala Parkerings AB introducerades för ny kunskap och därmed hittade nya hållbara lösningar. Samtidigt innebar samarbetet att universitet fick bemöta näringslivets krav på konkreta lösningar som svarar mot de komplexa samhällsbehov som framtiden står inför. Följaktligen ökar möjligheterna att överbrygga ”Dödsskuggans dal” (se avsnitt 2.4.2) när akademiska teorier förankras i samhället genom tillämpningar utvecklade i samspel med industrin.

Att projektet drevs i samverkan mellan olika aktörer resulterade därmed inte bara i nya lärdomar gällande innovationsteknik utan också hur de olika parterna verkar och vad de kan åstadkomma tillsammans. På så sett resulterade inte bara samarbetet i kortsiktiga effekter och en stark innovationsutveckling av det aktuella projektet *Morgondagens Mobilitetshus*, utan samarbetet resulterade även i nya breddade samarbeten och nya innovationsprojekt.

Även projekten *Webbapplikation för samarbete och synliggörande av trädens värden* samt *AI för plantolkning* lyfte fram samarbeten som framgångsfaktorer för att nå en stark innovationsutveckling. Calluna AB och Geografiska Informationsbyrån är både aktörer inom näringslivet. Däremot identifierade Calluna AB och Geografiska Informationsbyrån tidigt i processen att kommunerna skulle bli en viktig nyttjare av deras tjänster. Därmed fick också kommunens åsikter en betydande roll i utvecklandet av tjänsten. Även Örebro Kommun lyfter samarbetet som avgörande för att få ett brett perspektiv vid utvecklande av ett verktyg som kan användas i Sveriges alla kommuner.

6.2 Hinder för implementering av innovationsprojekt

Universiteten är den aktör som kan anses mest riskfri att stödja. Det till följd av att de fem olika universiteten alla hade en mognadsutveckling på 2–3 steg. Aktiebolag och kommuner hade en betydligt större variation mellan sina olika projekt (se Figur 15). Här bör det dock lyftas att aktiebolagen som motsvarar 26 projekt förväntas ha en större variation jämfört med universiteten. Att däremot kommuner som motsvarar nio projekt (19 %) har den största spridningen gällande mognadsutveckling är värt att belysa. Orsaken till den stora variationen är inte given, men det finns flera utmaningar gällande innovationsprojekt inom kommuner som bör lyftas.

Örebro Kommun (se avsnitt 5.3) menade att byråkrati och snäva ramar riskerade att bromsa innovationsutvecklingen hos en kommun. Det lyftes även att kommuner sällan har ekonomiska eller tidsmässiga resurser för att satsa på innovationsprojekt samt att innovationsprojekt innebär stora risker. Eventuellt beror den stora variationen gällande mognadsutvecklingen bland kommunala projekt på att kommuner i större utsträckning väljer att avbryta satsningar som möter motgångar tidigt i processen. Ett aktiebolag kan visserligen möta stora ekonomiska svårigheter vid en innovationssatsning som inte ger

resultat. För kommuner innebär misslyckade satsningar inte bara ekonomiska förluster, utan kan även resultera i politiska misslyckanden och ett förlorat väljarförtroende.

På ett generellt plan utgjorde avsaknaden av finansiering för implementering den utmaning som identifierades som det största hindret för en implementering av projektet. Här gick studiens resultat helt i linje med den förväntade utvecklingen enligt teorin om ”Dödsskuggans dal” (se avsnitt 2.4.2). I Figur 20 framgår att medan 50 % av projekten har finansiering för fortsatt produktutvecklingen på TRL 4, minskade denna andel till 17 % för TRL 5. Därefter ökade möjligheterna för finansiering återigen i takt med konceptens tekniska mognad. För projekt som befann sig vid TRL 6 hade 36 % finansieringsstöd. När koncepten tagits till sitt slutskede och nått TRL 7 och TRL 8 hade 80 % av projekten goda finansiella möjligheter för att driva innovationsprocessen framåt.

En annan faktor som bromsades mognadsutvecklingen var, vid ett fåtal projekt, rådande lagstiftning. Det var dock endast i ett fall som lagstiftningen satte direkt stopp för ett projekts genomförande. I andra fall handlade det snarare om att anpassa innovationen efter lagstiftningen som fanns, vilket bromsade utvecklingen. Dessutom krävdes det mycket resurser för att förstå de juridiska förutsättningarna som fanns.

Eftersom alla projekt behandlade utvecklingen av ny teknik mötte självklart också majoriteten av projekten tekniska utmaningar och svårigheter. I få fall bedömdes dock de tekniska utmaningarna vara det direkta hindret för att kunna implementera konceptet. Däremot har vi sett att den effekt som oftast överskattades vid projektansökan var att konceptet förväntades leda till ett *billigare koncept jämfört med den konventionella lösningen*. I många fall hade stödmottagarna alltså en ambition om att utveckla en stadsinnovation enligt en viss kostnad, något som sedan inte var möjligt till följd av tekniska utmaningar som krävde dyrare lösningar. Följaktligen är det troligt att det i många fall inte var en teknisk utmaning som direkt hindrade en framtida implementering, men som indirekt gjorde det, till följd av att tekniken innebar ökade kostnadskrav.

6.3 Stödets effekt på hållbar stadsutveckling

Majoriteten av projekten innebär 5–8 hållbarhetseffekter, men det varierar mycket mellan de olika projekten (se Figur 23). Det finns en spridning mellan vilka hållbarhetseffekter de olika aktörerna och sektorerna prioriterar. Till exempel har vi sett att universitet i större utsträckning än aktiebolag innebär ett pedagogiskt mervärde. Vi har även sett att kommunala projekt utmärker sig med att inte ha någon effekt på en ökad sysselsättningsgrad. Däremot är den största variationen av de hållbarhetseffekter som uppnås varit projekten emellan snarare än utifrån de olika aktörer eller sektor de tillhör. Framför allt ser vi att projekt inom de olika sektorerna verkar på många plan och alltså inte enbart inom sitt specifika område. Resultatet visar att ett stöd kan riktas mot en särskild sektor, men får effekter på flera olika områden inom stadens hållbarhet.

Den sektorn med störst variation mellan projektens mognadsutveckling är digitala verktyg (se Figur 18). En av anledningarna kan förklaras av att digitala verktyg antagits

som en egen sektor. Denna avvägning gjordes eftersom det finns flera likheter mellan genomförandeprocessen av projekt inom digitala verktyg samt vilken typ av teknik som används. Däremot har vi sett att digitala verktyg kan utformas för att angripa helt olika områden. I fallet *AI för plantolkning* (se avsnitt 5.3) har vi sett ett tydligt exempel på hur digitala verktyg kan utvecklas för att möjliggöra för en ökad resurseffektivitet för fysisk planering hos kommuner. Därmed hade projektet även kunnat tillhöra sektorn byggande och byggnader. Ett helt annat typ av projekt som också ingår i sektorn digitala verktyg är webbapplikationen utvecklad av Calluna AB och Geografiska Informationsbyrån. Här har vi istället ett projekt vars fokus ligger på planering och förvaltning av grön infrastruktur. Projektet hade likväl kunnat tillhöra sektorn ekosystemtjänster och odling.

I flera fall av projekt inom digitala verktyg var det svårt för stödmottagarna att redogöra för exakt vilka hållbarhetseffekter som skulle uppnås till följd av det digitala verktyget, särskilt med kvantitativa mått. Det kan bero på att verktygen i hög grad utformas för att förenkla för *hållbart beslutfattande*, vilket också var gemensamt för innovationsprojekten av Calluna AB och Örebro kommun. Följaktligen beror de egentliga konsekvenserna av de digitala verktygen utifrån i vilken grad det används och vilka beslut som de i slutändan resulterar i. Det innebär också att för digitala verktyg finns ofta en längre tidsdimension gällande när effekter på stadens hållbarhet uppnås, vilket också försvårar identifieringen av det digitala verktygets effekter.

7. Diskussion

I följande avsnitt diskuteras innebörden i de resultat som framkommit i studien samt vilka metodutmaningar som påverkat studiens resultat. Avsnitt 7.1 presenterar en diskussion om metodutmaningarna inom mätbarhet och tillgänglighet. I avsnitt 7.2 redogörs för problematiken gällande avsaknaden av mätbara mål och tydliga systemgränser i stödets utformning. Vidare lyfter avsnitt 7.3 – 7.5 en diskussion om stödets effekt på en ökad sysselsättningsgrad, stödets additionalitet och stödets kostnadseffektivitet. I avsnitt 7.6 ställs slutligen frågan om miljöpolitiska innovationsprogram bör stödja nya innovationsidéer eller marknadsnära forskning?

7.1 Metodutmaningar inom mätbarhet och tillgänglighet

Utgångspunkten för utvärderingen av *stödet för spets tekniker och avancerade systemlösningar* har gjorts utifrån ett indikatorsystem som utvecklats enligt en rad principer och ramverk. Ett problem som framkom under projekts gång är att indikatorerna i sig är mätbara, men att en kvantifiering av projektens olika hållbarhetseffekter inte varit möjlig till följd av stora begränsningar gällande tillgänglig data. Det har funnits ett svagt återrapporteringskrav från stödmottagarna av *stödet för stadsinnovationer* som inte anmodats redovisa storleken av kvantifierbara effekter. Därmed har utvärderingen till stor del inte uppfyllt kravet på tillgänglighet (se Tabell 2). Vilket följaktligen, som Li m.fl. (2009) förklarar, innebär att praktisk användningen av indikatorsystemet begränsats.

Idealt sett hade indikatorsystemet som använts i denna studie möjliggjort för en analys på liknande sätt som i studien av Li m.fl. (2009) och därmed resulterat i ett skattat hållbarhetsvärde för alla projekt. Men genom att hållbarhetseffekter inte rapporterats in i kvantifierbara mått kan inte heller deras storlek jämföras. Därtill kan inte hållbarhetsprestandan hos olika projekt bestämmas. Snarare än ha att möjliggjort för en systematisk jämförelse av ”bra” och ”dåliga” projekt har indikatorsystemet som används i denna studie fungerat som underlag för att kartlägga olika hållbarhetseffekter. Ett projekt som redovisat många hållbarhetseffekter behöver nödvändigtvis inre ha en högre miljöprestanda än ett projekt som endast redovisat en effekt. Till exempel har vi sett att universitet rapporterat in att deras projekt uppnått ett relativt färre antal hållbarhetseffekter (medelvärde på 5,2 hållbarhetseffekter) jämfört med kommun och näringsliv (medelvärde på 6,5 hållbarhetseffekter), se Figur 23. Det skulle dock vara fel att anta att projekt som utvecklats i en kunskapsrik miljö skulle ha sämre kvalité än innovationsprojekt drivet av andra aktörer. Tvärtom visar tidigare studier att universitet allt mer gått från konventionell forskning till att fungera som ett innovationsfrämjande kunskapsnav. Därmed har universitet en central roll i framdrivandet av nya, kvalitetssäkrade innovationer (Youtie & Shapira 2008; Ferraris m.fl. 2018).

Eftersom projektens olika hållbarhetsprestanda inte kunnat rangordnas kan inte heller ett samband mellan projektens tekniska mognadsutveckling och dess effekter på stadens hållbarhet påvisas. I tidigare forskning, däremot, har det identifierats en korrelation

mellan företag som använder hållbara arbetsmetoder och en ökad ekonomisk prestation (Peloza 2009; Friede m.fl. 2015). I relation till att vi i denna studie sett att starka ekonomiska incitament påskyndar mognadsutveckling, kan vi därmed misstänka att det finns en positiv korrelation mellan hållbarhetsprestanda och teknisk mognad.

Studiens brist på kvantitativ data innebär att Naturvårdsverket vid framtida utlysningar av innovationsstödmedel har svagt underlag för att veta vilka typer av projekt som det i regel går bäst för. Följaktligen finns ingen tydlig vägledning för Naturvårdsverket att vid prövningsprocessen av nya projektansökningar fastställa deras troliga tekniska utveckling och hållbarhetseffekter. Därtill finns risken att stödmedel går till projekt med svag mognadsutveckling, samt till projekt som inte har en hög hållbarhetsprestanda. Konsekvensen blir att offentliga medel investeras kostnadsineffektivt.

Avsaknaden av kvantitativa arbetsmetoder och mätbara mål får även ur ett större perspektiv betydande konsekvenser. Engelman (2013) menar att vi lever i en tid där begrepp som hållbar utveckling riskeras att urholkas i takt med att begreppet överanvänds och missbrukas. Han skriver: "we live today in an age of sustainababble, a cacophonous profusion of uses of the word sustainable to mean anything from environmentally better to cool" (Engman 2013, s.3). Följderna blir att begreppet hållbar utveckling riskerar att tappa sin betydelse och inverkan. För att kunna särskilja *allmän utveckling* från *hållbar utveckling* är det "essential that we take stock, soberly and in scientifically measurable ways, of where we are headed" (Engman 2013, s.5). Vidare betonas vikten av tydliga definition och mätbara mål: "For sustainability to have any meaning, it must be tied to clear and rigorous definitions, metrics, and mileage markers" (Engman 2013, s.7).

7.2 Metodutmaningar vid prövningen av teknisk mognad

Ytterligare en metodutmaning inom denna studie följer av hur projektens tekniska mognadsgrad testats. Projekten i denna studie har prövats mot en justerad TRL-skala (se Tabell 4). Jämfört med den ursprungliga TRL-skalan (se Tabell 3), läggs större fokus på integrering av olika delteknologier. Den justerade skalan tar även hänsyn till hur långt utvecklingsprocessen kommit till att anpassad konceptet mot avsedd miljö och avsedd prestanda. Som vi har förstått i presenterade fallstudier bygger beviljade projekt sina innovationsidéer, i hög grad, på redan etablerade tekniker som är etablerade på marknaden. Det är hur projekten tar fram nya användningsområden genom att integrera olika delsystem och vidareutveckla etablerade koncept som är det innovativa i majoriteten av beviljade innovation projekt. Av det följer att en justering av TRL-skalan var ett krav för att tillåta praktisk användning av systemet. Den anpassade skalan möjliggjorde för att projekten kunde prövas i enighet med en redan erkänd metod.

Det är möjligt att hade vi sett andra resultat om studien istället grundat sig helt på den ursprungliga TRL-skalan enligt Mankins (2009) eller i högre grad använt SRL-skalan enligt Sauser m.fl. (2006). Troligen hade resultaten visat att lägre mognadsnivåer uppnått längst med TRL-skalan. Vid startfasen hade få av projekten varken uppnått det ursprungliga kriteriet för TRL 4 att *Process, prototyp eller koncept är validerad i*

laboratoriemiljö, eller TRL 5 att *Process, prototyp eller koncept är validerad i relevant miljö* (se Tabell 3). Därutöver hade det varit svårt för något av koncepten att nå TRL 7 eller TRL 8 eftersom det ställer krav på teknologierna demonstrerats och testas i operationell miljö. Gällande de mognadsstarka projekt som beviljats stöd inom *stödet för stadsinnovationer* gick flera av de projekten direkt från simulerade tester i avsedd miljö till marknadsintroduktion. Enligt SRL-skalan kan inte ett koncept nå högre nivåer om det fortfarande kräver justeringar av en specifik teknisk komponent (Sausser m.fl. 2002). Därav hade vi även sett en mer begränsad mognadsutveckling om SRL-skalan använts i dess ursprungliga form.

Men utformningen av den justerade skalan kan ifrågasättas. Till exempel har det inte definierats vad som innebär med avsedd miljö och med avsedd prestanda. Det är inte heller definierat vad som ska skilja den nya avsedda miljön med det sammanhang där teknikern redan är etablerad. De breda formuleringarna har dock gjorts avsiktligt för att möjliggöra för att applicera skalan på alla de olika projekten vars koncept skiljer sig i hög utsträckning. Inom ekosystem och odling, till exempel, innebär avsedd miljö i första hand geografiska och ekologiska förhållanden. Här kan ett etablerat system i södra Sverige, skilja sig avsevärt från förutsättningarna i norra Sverige. Tidigare studier visat att geografiska aspekter kan spela roll för hur hållbarhet konceptuliserats, vilket diskuterats mer av Purvis & Grainger (2004). Gällande projekt inom digitala verktyg innebär avsedd miljö vilka som är de tänkta användarna av systemet samt karaktärsdragen hos det digitala sammanhanget där tekniken ska implementeras snarare än den geografiska omgivningen.

Däremot kan vi ifrågasätta om det är rimligt att projektens TRL-nivå centraliserades runt TRL 4 och TRL 8. Det finns en risk att justeringen av TRL-skalan medförde att de mellanhöga TRL-nivåerna utformats på ett sätt som ger dem störst applicerbarhet. Ytterligare en metodutmaning utgjordes av att projektens mognadsnivå bedömts ”i andra hand” utifrån den beskrivning som funnits med i projektens rapporteringsunderlag. Vid framtida utlysningar bör Naturvårdsverket kräva att projekten utvärderar sina egna koncept med TRL-skalan.

7.3 Avsaknad av väldefinierade mål och tydliga systemgränser

Naturvårdsverket har i sin utlysning av *stödet för stadsinnovationer* syftar att beviljade projekt ska ge effekter på såväl ekologisk, social och ekonomisk hållbar stadsutveckling. Men det saknas tydliga mål för exakt vad som ska åstadkommas. Gällande ekologisk hållbarhet lyfts en efterfrågan av transformativa effekter. Enligt Naturvårdsverket innebär en transformativ innovation en 80 procentig bättre miljöeffekt än den konventionella lösningen (Naturvårdsverket 2019d), vilket också är hur begreppet är definierat enligt regeringsuppdraget (Näringsdepartementet 2016). Här framgår dock inte vilket referensår som effekterna bör jämföras med. Dessutom definieras inte vilka specifika miljöeffekter som efterfrågas. Beroende på vilken sektor som studeras och vilket referensår som en effekt ska jämföras med är det möjligt att all ny teknik inom ett visst område till stor grad redan uppfyller kravet för transformativa innovationer. Därutöver har vi redan konstaterat

att studiens brist på mätbar data innebär att vi inte kan studera om målet om transformativa innovationer uppnåtts.

Behovet av att satsningar bör göras på transformativa innovationer har dock bekräftats av en rad olika studier (Fagerberg 2018; Schot & Steinmueller 2018). Men här förstås ofta transformativa innovationer, om en lite vagt, som en process där utmaningar inom hållbar utveckling angrips från nya håll och med nya perspektiv: "How to use science and technology policy for meeting social needs and addresses the issues of sustainable and inclusive societies at a more fundamental level than previous framings or their associated ideologies and practices" (Schot & Steinmueller 2018, s. 2). Utifrån denna förståelse av begreppet transformativa innovationer hade Stödets för stadsinnovationers resultat kunnat tolkas annorlunda. Vi har sett att majoriteten av projekten ger effekter på såväl ekologisk och socioekonomisk hållbarhet (se Figur 21–22 samt Figur 25). Det kan följaktligen förstås som att stödberättigade projekt i hög grad utvecklats för att, med ett breddat perspektiv, angripa städernas olika hållbarhetsutmaningar. Enligt denna tolkning uppfylls målet om en riktad satsningen av transformativa innovationer.

Oavsett hur transformativa innovationer tolkas kvarstår dock en problematik gällande vilka sociala och ekonomiska effekter man ämnar uppnå. Utan väldefinierade målbilder beror utvärderingen av *stödet för stadsinnovationer* i hög grad på hur det breda syftet tolkas. Följaktligen kan olika slutsatser av stödets innebörd och resultat se helt olika ut, beroende på vilka effekter som studerats och vilka systemgränser som dragits. Tidigare studier av miljöpoliska investeringsprogram drivna av Naturvårdsverket har också bedömt bristen på mätbara, vägledande mål som problematiskt. Riksrevisionens (2009) granskning av Klimatklivet menar att Naturvårdsverket kan ha överskattat eller underskattat vissa utsläppsminskningar av ansökningsprojekten. Det har i sin tur resulterat i att det inte alltid de mest effektiva åtgärderna som beviljas stöd. De osäkra resultaten följer av breda målbilder som innebär oklarheter gällande var systemavgränsningar ska sättas.

Problematiken gällande systemgränser utgjorde även en utmaning gällande utvärderingen av *stödet för stadsinnovationer* och i synnerhet bedömningen av hållbarhetseffekter som följer en implementering av digitala verktyg. Som framgår i tidigare analys (se kapitel 6.4) beror effekterna från ett projekt inom digitala verktyg enbart på användningsgraden av systemet. Att det är svårt att genomföra utvärderingar av miljöpolitiska investeringsstöd där effekterna beror på åtgärdens användningsgrad, men också åtgärdens livslängd är en slutsats som även dras av Isberg m.fl. (2017) och Riksrevisionen (2019).

Därutöver leder satsningar på ett brett spektrum av projekt även utmaningar vid jämförelser av projektens olika hållbarhetseffekter. Riksrevisionens studie av Klimatklivet samt Konjunkturinstitutets utvärdering Klimp drog samma slutsats. Dessa studier har också rekommenderat att miljöpolitiska investeringsprogram endast bör rikta stöd mot specifika sektorer så att projekt kan jämföras mot varandra (Maria & Samakovlis 2007; Riksrevisionen 2019). Denna rekommendation kan dock kritiseras eftersom det skulle få konsekvensen att det finns olika ekonomiska incitament för att genomföra

hållbarhetsförändringar inom olika sektorer. Därutöver finns andra studier som istället lyfter vikten av att innovationsprogram lyckas engagera både olika sektorer och aktörer: Detta redogörs bland annat av Fagerberg (2018): "The collective innovation journey towards a sustainable economic system crucially depends on the active participation of numerous actors in different sectors, levels of the society and parts of the globe". Vidare betonas att det inte bara är en demokratisk fråga att olika aktörer är delaktiga i processen mot hållbar utveckling utan att det även leder till ökad effektivitet.

Sammanfattat kan vi dra slutsatsen att breda innovationssatsningar kräver ett starkt behov av standardisering och så väl som systemgränser som utvärderingsverktyg så att projekt bättre kan jämföras och meriteras. Detta kan till exempel göras genom att utforma tydliga riktlinjer för hur varje stödberättigat projekt kan studeras genom en livscykelanalys.

7.4 Stödets effekt på en ökad sysselsättningsgrad

En av de hållbarhetseffekter som förekom i stor grad var en ökad sysselsättningsgrad. Effekten rapporterades bland 30 % av alla projekt, och identifierades hos drygt hälften av de 16 projekt med starkast tekniska mognadsutveckling (se Figur 32). I tidigare studier av klimatpolitiska åtgärder har man också ofta kunnat påvisa en ökad sysselsättningsgrad. Till exempel visar Yi (2013) i en amerikansk studie att statliga och kommunala investeringar på förnybara energikällor och energieffektiviseringar resulterat i en ökning av gröna jobb³. I Figur 21 framgick också att kommuner var den aktör som var starkast drivande i att innovationsprojekt skulle ge ökade arbetstillfällen.

Å andra sidan finns andra studier som menar att sysselsättningseffekten av ett investeringsprogram ofta kan vara missvisande. I en utvärdering av Klimatklivets effekter skriver författarna "det är positivt att personer får arbete i samband med en satsning, men det är inte säkert att de nya arbetsplatserna påverkar graden av sysselsättning" (Isberg m.fl. 2017, s. 59). Om tidigare arbetstillfällen försvinner när åtgärden tas i drift kan effekten på sysselsättningsgraden till och med bli negativ.

Vid utvärderingen av *stödet för stadsinnovationer* har det framgått att stödmottagarna vid sina resultatrapporteringar har upplevt svårigheter gällande att förutspå om och hur många arbetsplatser projektet kommer bidra till. Först och främst beror det, liksom övriga hållbarhetseffekter, på om en implementering av tekniken sker eller ej. Men även utifrån antagandet att alla projekt skulle leda till en implementering är sysselsättningseffekterna svårbedömda. Det är alltså osäkert om *stödet för stadsinnovationer* har haft en nettoeffekt på sysselsättningsgraden eller om investeringsprogrammet endast bidragit till en omfördelning av arbetsplatser. Samtidigt ska det lyftas att Naturvårdsverket visserligen avsåg att stödja projekt som skulle leda till både ekonomisk och social hållbarhet, men att stödets huvudsyfte inte var att påverka sysselsättningsgraden. Därav finns det skäl till att

³ Med gröna jobb avses "work in agriculture, industry, services and administration that contributes to preserving or restoring the quality of the environment" (UNEP 2008)

det inte lagts något större fokus på att utforma riktlinjer för hur en förändrad sysselsättningsgrad ska bedömas.

7.5 Stödet för stadsinnovationers *additionalitet*

Det är av stor vikt att kunna identifiera vilka aktörer och i vilka sammanhang som ett stödberättigat projekt hade genomdrivits även utan ekonomiska stödmedel, dvs. studera stödets *additionalitet* (se avsnitt 3.5.2). I rapporteringsunderlaget från projekt som beviljats *stödet för stadsinnovationer* ingick inte någon information om dessa hade bedrivits oavsett ett stödbeviljande. Däremot visade intervjuerna med Uppsala Parkerings AB, Calluna AB samt Örebro Kommun en delad bild kring frågan.

Det kommunala bolaget Uppsala Parkerings AB ansåg att *stödet för stadsinnovationer* var en viktig startmotor, men att delar av projektet hade de tids nog varit tvungna att genomföra oavsett stödbeviljandet. Att kommunala bolag i hög grad genomdriver projekt oavsett ett stödberättigande stämmer överens med vad Riksrevisionen (2018) fann vid utvärderingen av investeringsprogrammet Klimatklivet. Riksrevisionens (2018) visade att 30 % av alla stödberättigade projekten skulle, åtminstone till viss del, genomföras utan investeringsmedel från Naturvårdsverket. Inom kommunala bolag var motsvarande andel 47 %, där majoritet av bolagen verkade inom energisektorn. Det kan jämföras med att samma värde för aktiebolag var 27 %.

Till skillnad från Uppsala Parkerings AB menade Calluna AB och Örebro Kommun att *stödet för stadsinnovationer* var direkt avgörande för projektens genomförande. Här skiljer sig resultatet gällande olika aktörers *additionalitet* från Klimatklivet där man fann att 41 % av kommunernas projekt skulle genomföras utan stödmottagande. Att kommuner och kommunala bolag utgjorde en relativt hög andel förklarades av att de har egna politiska ramverk i form av klimat- och miljömål som ofta tvingar dem att implementera hållbara lösningar. Samtidigt menar Örebro kommun att det inom de politiska ramverken finns svaga möjligheter att genomdriva innovationsprojekt (se avsnitt 5.3).

Därav kan vi misstänka att det finns en skillnad mellan vilka aktörer som inom Klimatklivet går vidare med ett icke stödberättigat projekt, jämfört med aktörsfördelningen inom *stödet för stadsinnovationer*. Det kan förklaras av att Klimatklivet är ett investeringsstöd som möjliggör för den stödberättigade att *genomföra* en åtgärd i form av implementera en redan färdigutvecklad teknisk lösning. Eftersom *stödet för stadsinnovationer* är ett innovationsstöd ska den stödberättigade istället *utveckla* en helt ny konceptidé. En aktör som driver igenom en icke-stödberättigad idé tar större risker inom *stödet för stadsinnovationer* jämfört med Klimatklivet eftersom innovationsprojekt innebär genomdrivandet av ett projekt med osäkra resultat (Isberg m.fl. 2017). Vi måste alltså skilja mellan investeringsstöd och innovationsstöd och kanske också mellan de effekter som förväntas nå genom dem.

Därtill har vi identifierat att medan kommuners politiska ramverk å ena sidan tvingar dem att implementera hållbara lösningar, kan de också utgöra ett hinder för att våga ta fram

nya lösningar. För att undkomma sådana former av politiska lösningar har andra studier lyft fram behovet av att samskapa nya hållbara lösningar för att driva på innovationsprocessen (Nevens m.fl. 2013; Debois m.fl. 2015). Detta står väl i linje med Tripplehelix-perspektivet (se avsnitt 2.1.1) och lyfts även av Hudson & Khazragui (2013).

7.6 Utvärdering av stödets *kostnadseffektivitet*

I denna studie har stödets för stadsinnovationers kostnadseffektivitet ej granskats på grund av bristande dataunderlag (se avsnitt 3.5.2). Andra studier av miljöpolitiska investeringsprogram har dock visat att det ofta råder bristande kostnadseffektivitet jämfört med andra åtgärder så som koldioxidskatt⁴ (Riksrevisionen 2019). Isberg m.fl. (2017) samt Riksrevisionen (2019) visar att Klimatklivet har riktat investeringsstöd mot åtgärder där en skattehöjning av koldioxidskatt hade haft en bättre effekt. Istället rekommenderar författarna att klimatinvesteringsprogram så som Klimatklivet endast bör bevilja stöd mot de sektorer som inte påverkas av koldioxidskatt. Även Konjunkturinstitutets utvärdering av investeringsprogrammet Klimp drog samma slutsats. Det skulle hindra dubbelstyrning och öka kostnadseffekten inom miljöpolitiken (Maria & Samakovlis 2007). Samtidigt ska det lyftas att effektiviteten av koldioxidskatt också kritiserats. Brännlund & Svenskt Näringsliv (2018) menar att koldioxidskatt inte garanterar en global utsläppsminskning, utan kan leda till ett ”kolläckage”, vilket innebär att utsläppskällorna flyttas till länder som inte etablerar samma typ av miljöskatt.

Vidare är det svårt att avgöra slutsatser gällande kostnadseffektivitet inom Klimatklivet och Klimp går att belägga på *stödet för stadsinnovationer*. Visserligen syftar en stor andel av projekten till en minskad energikonsumtion (40%), reducera utsläpp av luftföroreningar (30%) eller innebar ett minskat transportbehov (27%), se Figur 21. Det är dock inte säkert att innovationsprojekten hade blivit av till följd av en koldioxidhöjning. Som vi tidigare diskuterat riktas Klimatklivet mot projekt som implementerar en redan fungerande teknisk lösning. Innovationsprojekt löper större risker och därför kanske också kräver starkare ekonomiska incitament i form av både piska och morot. Samtidigt syftar *stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar* att nå andra mål än enbart miljömässiga. Hit hör teknikspridning och förebildseffekter så som att stödet gynnar ett svenskt innovationsklimat. Dessa spridningseffekter går inte att nå med koldioxidskatt eftersom de i första hand inte resulterar av genomförandet av särskilda projekt. Här används istället utlysningen av stödet för att belysa möjligheterna hos hållbara innovationer och fungerar därmed som ett ”skyltfönsterexempel”.

Energimyndighetens drev tillsammans med IQ Samhällsbyggnad en satsning på forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende (E2B2) under perioden 2013–2017. I slututvärderingen av satsningen drogs slutsatsen att, trots att programmet i låg grad resulterade i konkreta tekniska lösningar under programmets gång, kan

⁴ Koldioxidskatt innebär att utsläpp prissätts vilket skapar incitament för att genomföra åtgärder som leder till utsläppsminskningar, särskilt om kostnaden för koldioxidskatten är högre än vad de åtgärderna som krävs för att minska utsläppen är. Alla verksamhet regleras inte av koldioxidskatt, men transportsektorn och energisektor regleras i stor grad.

satsningens resultat och effekter ändå bedömas starka (Jansson m.fl. 2017). Detta till följd av att programmet i hög grad resulterat i ny kunskap, fördjupade samarbeten och kompetensutveckling av personal. Därtill drogs slutsatsen att ett ökat tjänsteutbud och en förstärkt konkurrenskraft är något som på längre sikt kan förväntas. Gällande *stödet för stadsinnovationer* har vi sett att stödmottagarna i hög grad sprider sina kunskaper dragna av projektet både internt (70 %) och externt (80 %). Därmed är det troligt att satsningen, i likhet med E2B2, också kan ge konkreta resultat så som nya innovationer på längre sikt. Dess omfattningen av effekter går dock inte att fastställa på kort sikt.

Därutöver är det gällande investeringsprogram svårt att avgöra hur kostnadseffektiv en innovationslösning är. Som teorin bakom TRL-skalan säger är alla steg av utvecklandet av ny teknik kostsamma och framförallt riskfyllda (Mankins 2009). Samtidigt är bilden enad gällande behovet av nya innovationer som kan påverka världen mot att bli mer hållbar (Boons m.fl. 2013; Fagerberg 2018; Ferreira m.fl. 2020). Därmed måste också resurser läggas på forskningsidéer som inte alltid leder till kommersialiserbara lösningar. Följaktligen är det kanske inte rättvist att studera ett innovationsstöds kostnadseffektivitet. Däremot kan man kritisera om dessa, ofta kostsamma innovationsprojekt, ska finansieras av offentliga medel eller ej.

7.7 Nya innovationsidéer eller marknadsnära forskning?

Stödet för spetstekniker och avancerade systemlösningar är ett innovationsprogram på förstudienivå där projekt bedöms utifrån kriteriet innovationsgrad. Därtill finns en uttalad målbild att projekten ska leda till färdigutvecklade koncept under innovationsprojektets gång. Det finns anledning att argumentera för att de två delarna av syftet står emot varandra. För ett koncepts innovationsgrad kan bedömas högre ju lägre ner på TRL-skalan tekniken befinner sig. Konflikten mellan kriteriet innovationsgrad och målet att nå tillämpningsbara lösningar identifierades även vid utvärderingen av Energimyndighetens innovationsprogram E2B2: ”behovet av mer tillämpningsnära projekt, samtidigt som många röster menar att det är fortsatt viktigt att även grundforskning stöts, pekar på en konflikt eller otydlighet mellan programmets resultatmål 1 (leda till innovation) och resultatmål 3 (hålla hög vetenskaplig kvalitet)” (Jansson m.fl. 2017, s. 39).

Resultatet har visat att projektens tekniska mognadsutveckling förhåller sig relativt linjärt oavsett vilken TRL-nivå som ett innovationsprojekt inleds på (se Figur 15). Bland det 14 projekt som gick till TRL 8 eller TRL 9 under avsedd projekttid utgick alla projekt, utom ett, från TRL 5 eller TRL 6. Det innebär att majoriteten av färdigutvecklade projekt utgick från tekniska koncept som i stor grad redan fanns etablerad på marknaden, men som behövde justeras utifrån avsedd miljö och prestanda. Det väcker frågan om det vid framtida utlysningar av innovationsstöd skulle vara mer lönsamt att enbart satsa på marknadsnära forskning?

Det som talar för att smalna av innovationssatsningar mot marknadsnära projekt är att projekt som når en hög mognadsnivå under projekttiden har avsevärt större chanser att få finansiering för att nå en framtida implementering, se Figur 15. Samtidigt finns det en

poäng med att, av samma anledning, låta statliga aktörer som Naturvårdsverket bedriva satsningar på mer grundläggande forskning. Resultaten av studien har visat att majoritet av den stödberättigade projekten inledningsvis är centraliserade mellan TRL 4–6, se Figur 20. Det ska lyftas att som tidigare studier (Markham m.fl. 2010; Upadhyayula m.fl. 2018) funnit så har vi även i denna studie kunnat konstatera att det också är mellan just TRL 4–6 som det finns en ”Dödsskuggans dal” (se avsnitt 2.4.2). Följaktligen har *stödet för stadsinnovationer* fokuserat sina stödmedel på projekt som befinner sig längst de tekniska mognadsstegen där behovet av externt stödmedel är som störst. Som Upadhyayula m.fl. (2018) diskuterar kan vi förstå att marknaden själv fångar upp den mest marknadsnära forskningen automatiskt samtidigt som grundforskning drivs av ren nyfikenhet. Därav kanske det är i gränslandet mellan grundforskning och marknadsnära forskning som ett stödsystem gör som störst nytta. Här begränsas investeringar från näringslivet av riskerna som följer innovationsprojekts osäkra resultat och ofta långa ledtider (Mankins 2009).

Även bland andra miljöpolitiska investeringsprogram finns ett visst motstånd till satsningar på innovativa lösningar. Till exempel avslår Klimatklivet förstudier eller utvecklingsprojekt av nya innovationer, just med motiveringen att de har en osäker klimatnytta med hög kostnad (Isberg m.fl. 2017). Dessa osäkerheter bekräftades av utvärderingen av innovationsprogrammet E2B2. I en majoritet av innovationsprojekten påvisades goda resultat i form av teoretiska insikter, men att det kvarstod flera steg innan resultaten inom E2B2 kunde nå praktiskt nytta för samhället. Utvärderingen identifierade ett starkt behov av att möjliggöra för att finansierade aktiviteter som kunde driva fram ett implementationsläge. Frågan om vem som skulle ta forskningsresultaten till tillämpningsbara produkter lämnades dock obesvarad (Jansson m.fl. 2017).

I slutändan bör ett innovationsprogram utformas, i enlighet med DPSIR-modellen, i linje med vad innovationssatsningens huvudsakliga syfte är. För som modellen visar så följer en förväntad effekt (impact) utifrån vilka miljöpolitiska åtgärder (response) som vidtas. Desto tydligare åtgärder, i form av väldefinierade målbilder vid utlysningen av investeringsprogram, ju tydligare effekter kommer man nå. Här bör Naturvårdsverket avgränsa vilken typ av forskning som ska stödjas. Är syftet att möjliggöra för kostnadseffektiv implementering av ny teknik bör följaktligen investeringar riktas mot koncept som befinner sig högt upp på TRL-skalan. Om syftet är att ta fram helt nya koncept som till exempel ett nytt byggmaterial bör resurser läggas på projekt som vid inledningsfasen befinner sig på mognadsskalans lägre nivåer. Är istället det slutgiltiga målet att överbrygga ”Dödsskuggans dal” bör försatta satsningar göras på projekt mellan TRL 4 och TRL 6. I vilken riktning man väljer att gå bör TRL-skalan utnyttjas för att definiera tydliga målbilder för den mognadsutveckling som eftersträvas.

8. Slutsatser

I detta examensarbete har ett indikatorsystem utformats för att studera de projekt som beviljats stöd för spetstekniker och avancerade systemlösningar. Resultatet har påvisat att ett brett spann av olika aktörer har beviljats stöd. Framförallt har stödberättigade utgjorts av aktiebolag, följt av kommuner och universitet (se Figur 9). Därtill har de beviljade projekten verkat inom flera olika sektorer vilket följaktligen har inneburit att en rad olika effekter har uppnåtts inom såväl ekologisk, sociala och ekologiska hållbarhet. I Figur 21 framgår att i majoriteten, 62 %, av projekten förväntas innebära ett billigare tekniskt koncept jämfört med den konventionella lösningen. Sociala effekter som påvisats är att en tredjedel av projekten förväntas ge fler platser för rekreation och friluftsliv. Därtill angav 25 % ökade möjligheter för sport och kultur. Gällande de ekologiska effekterna påvisades att 40 % av projekten ledde till en minskad energikonsumtion, 34 % innebar en bättre luftkvalité, för 28 % av projekten identifierades ett minskat transportbehov och 28 % av projekten innebar en minskad spridning av giftigt avfall.

Avsaknaden av fortsatt finansiering var största orsaken till att projekt inte gick vidare för en marknadsintroduktion. Svagast chanser att erhålla finansiering identifierades mellan TRL 4–6. Studien visade att de projekt som haft starkast mognadsutveckling innefattade starka ekonomiska incitament (se Figur 32). Samarbete mellan olika aktörer identifieras också som en nyckelfaktor för stark mognadsutveckling och ökade chanserna för att överbrygga ”Dödsskuggans dal”, vilket också går i linje med Tripplehelix-perspektivet.

Att innovationsprojektens möjligheter för att nå en kommersialisering förhåller sig enligt teorin om ”Dödsskuggans dal” väcker en diskussion om var statliga innovationssatsningar gör mest nytta. Denna studie har bekräftat att det är i gränslandet mellan nyfikenhet driven forskning och marknadsnära forskningen som behovet av ett stödsystem är som allra störst, se Figur 20. Vid framtida utlysningar av innovationsstöd bör Naturvårdsverket fortsätta rikta stöd mot projekt mellan TRL 4–6 och därtill ge möjligheter för att överbrygga ”Dödsskuggans dal”. Det rekommenderas att TRL-skalan används som underlag vid utlysning av innovationsstöd. Skalan kan även utnyttjas för att sätta upp väldefinierade mål för eftersträvad teknisk mognadsutvecklingen.

9. Referenser

- Apostolaki, S., Koundouri, P. & Pittis, N. (2019). Using a systemic approach to address the requirement for Integrated Water Resource Management within the Water Framework Directive. *Science of The Total Environment*, 679, 70–79. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.05.077.
- Austin, M. F. & York, D. M. (2015). System Readiness Assessment (SRA) an Illustrative Example. *Procedia Computer Science*, 44, 486–496. doi:10.1016/j.procs.2015.03.031.
- Benes, S. (2019a). *Slutrapport: AI för plantolkning*. Stockholm/ Örebro: Naturvårdsverket / Örebro Kommun.
- Benes, S. (2019b). Intervju: AI för plantolkning. Örebro Kommun.
- BioInnovation (2019). *Bioinnovations Ansökningsguide*. Stockholm: BioInnovation.
- Boin, A. (2008). Learning from crisis: NASA and the Challenger disaster. I Boin, A., McConnell, A., & t Hart, P. (red.). *Governing After Crisis*. Cambridge: Cambridge University Press, ss. 232–254.
- Bolagsverket (2019). *Statistik om företag och föreningar – Bolagsverket*. <https://bolagsverket.se/be/sok/etjanster/statistik/statistik-1.3538> [2019-12-2].
- Boons, F., Montalvo, C., Quist, J. & Wagner, M. (2013). Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 45 1–8. doi:10.1016/j.jclepro.2012.08.013.
- Boverket (2017). *Samverkansplattform för eko-innovationer*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/delegationen-for-hallbara-stader/stadsbyggnadsprojekt/samverkan/> [2019-11-21].
- Brännlund, R. & Svenskt Näringsliv (2018). *En analys av svenska miljöskatters effekter*. Umeå: Centre for Environmental and Resource Economics, Umeå University.
- Button, K. (2002). City management and urban environmental indicators. *Ecological Economics*, 40(2), 217–233. doi:10.1016/S0921-8009(01)00255-5.
- Chuvieco, E., Burgui-Burgui, M., Da Silva, E. V., Hussein, K. & Alkaabi, K. (2018). Factors affecting environmental sustainability habits of university students: Intercomparison analysis in three countries (Spain, Brazil and UAE). *Journal of Cleaner Production*, 198, 1372–1380. doi:10.1016/j.jclepro.2018.07.121.
- Cohen, S. (2018). *The sustainable city*. New York: Columbia University Press.
- Debois, S., Hildebrandt, T., Marquard, M. & Slaats, T. (2015). Bridging the Valley of Death: A Success Story on Danish Funding Schemes Paving a Path from Technology Readiness Level 1 to 9. I *2015 IEEE/ACM 2nd International Workshop on Software Engineering Research and Industrial Practice*. Presenterad vid 2015 IEEE/ACM 2nd International Workshop on Software Engineering Research and Industrial Practice (SER&IP), Florence, Italy: IEEE, ss.54–57.
- Dent, C. M., Bale, C. S. E., Wadud, Z. & Voss, H. (2016). Cities, energy and climate change mitigation: An introduction. *Cities*, 54, 1–3. doi:10.1016/j.cities.2015.11.009.
- Energimyndigheten (2019). *Forskning & innovation*. <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/> [2019-11-21].
- Etzkowitz, H. & Zhou, C. (2018). *The Triple Helix*. New York.
- Fagerberg, J. (2018). Mobilizing innovation for sustainability transitions: A comment on transformative innovation policy. *Research Policy*, 47(9), 1568–1576. doi:10.1016/j.respol.2018.08.012.

- Feehan, J. & Petersen, J.-E. (2003). *A framework for evaluating the environmental impact of biofuel use*. European Environment Agency, Copenhagen.
- Ferraris, A., Belyaeva, Z. & Bresciani, S. (2018). The role of universities in the Smart City innovation: Multistakeholder integration and engagement perspectives. *Journal of Business Research*, S0148296318306209. doi:10.1016/j.jbusres.2018.12.010.
- Ferreira, J. J. M., Fernandes, C. I. & Ferreira, F. A. F. (2020). Technology transfer, climate change mitigation, and environmental patent impact on sustainability and economic growth: A comparison of European countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119770. doi:10.1016/j.techfore.2019.119770.
- Friede, G., Busch, T. & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210–233. doi:10.1080/20430795.2015.1118917.
- Gari, S. R., Newton, A. & Icely, J. D. (2015). A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. *Ocean & Coastal Management*, 103, 63–77. doi:10.1016/j.ocecoaman.2014.11.013.
- Gillham, B. (2005). *Research interviewing: the range of techniques*. Maidenhead;New York; Open University Press.
- Google Scholar (2019). *About Google Scholar*. <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/about.html> [2020-01-12].
- Hudson, J. & Khazragui, H. F. (2013). Into the Valley of Death: research to innovation. *Drug Discovery Today*, 18(13–14), 610–613. doi:10.1016/j.drudis.2013.01.012.
- Huovila, A., Bosch, P. & Airaksinen, M. (2019). Comparative analysis of standardized indicators for Smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when? *Cities*, 89 141–153. doi:10.1016/j.cities.2019.01.029.
- Isberg, U., Jonsson, L., Pädam, S., Hallberg, A., Nilsson, M. & Malmström, C. (2017). KLIMATKLIVET - En utvärdering av styrmedlets effekter, 107.
- Jansson, T., Swenning, A. K., Lindström, M. & Berglund, E. (2017). *Slututvärdering av Samverkansprogrammet Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende (E2B2)*. Stockholm: Technopolis Group.
- Kay, J. J., Regier, H. A., Boyle, M. & Francis, G. (1999). An ecosystem approach for sustainability: addressing the challenge of complexity. *Futures*, 31(7), 721–742. doi:10.1016/S0016-3287(99)00029-4.
- Koffman, A. (2019a). *Slutrapport: Webbapplikation för samarbete och synliggörande av trädens värden*. Stockholm/ Nacka: Naturvårdsverket/ Calluna AB.
- Koffman, A. (2019b). Intervju: Webbapplikation för samarbete och synliggörande av trädens värden. Calluna AB.
- Konjunkturinstitutet (2019). *Om KI - Konjunkturinstitutet*. <https://www.konj.se/om-ki.html> [2019-12-19].
- Li, F., Liu, X., Hu, D., Wang, R., Yang, W., Li, D. & Zhao, D. (2009). Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jining City. *Landscape and Urban Planning*, 90(3–4), 134–142. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.10.022.
- Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, 65(9–10), 1216–1223. doi:10.1016/j.actaastro.2009.03.058.
- Maria, V. J. & Samakovlis, va (2007). *En utvärdering av kostnadseffektiviteten i klimatinvesteringsprogrammen*. Konjunkturinstitutet. No. SPECIALSTUDIE NR 12.

- Markham, S. K., Ward, S. J., Aiman - Smith, L. & Kingon, A. (2010). The Valley of Death as Context for Role Theory in Product Innovation. *Journal of Product Innovation Management*, (27), 402–417.
- McGlade, C. & Ekins, P. (2015). The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. *Nature*, 517(7533), 187–190. doi:10.1038/nature14016.
- Miljö och energidepartementet (2018). *Strategin för Levande städer - politik för en hållbar stadsutveckling*. Stockholm. No. Regeringens skrivelse 2017/18:230.
- Naturvårdsverket (2013). *Klimatinvesteringsprogrammen Klimp 2003–2012 Slutrapport*. Naturvårdsverket. <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6500/978-91-620-6517-1/> [2019-12-3].
- Naturvårdsverket (2015). *Spetstekniker för miljömålen: fyra tankesmedjor för en ny generation svensk miljöteknik*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2019a). *Generationsmålet*. Naturvårdsverket. <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Generationsmalet/> [2019-09-5].
- Naturvårdsverket (2019a). *Om Klimatklivet*. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Om-Klimatklivet/> [2019-12-2].
- Naturvårdsverket (2019b). *Strategisk användning av spetstekniker och avancerade systemlösningar för hållbar stadsutveckling*. <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Regeringsuppdrag/Mangmiljonsatsning-pa-ny-teknik-for-hallbar-stadsutveckling/> [2020-01-12].
- Naturvårdsverket (2019b). *Stadsinnovationer – stöd för spetstekniker och avancerade systemlösningar*. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Stadsinnovationer/> [2019-09-4].
- Naturvårdsverket (2019c). *Vad är transformativa innovationer? - Naturvårdsverket*. <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Stadsinnovationer/Vad-ar-transformativa-innovationer/> [2019-09-5].
- Naturvårdsverket (2019d). *Strategisk användning av spetstekniker och avancerade systemlösningar för hållbar stadsutveckling*. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Regeringsuppdrag/Mangmiljonsatsning-pa-ny-teknik-for-hallbar-stadsutveckling/> [2019-09-4].
- Naturvårdsverket (2019c). *Vad är ekosystemtjänster?* Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Ekosystemtjanster/Vad-ar-ekosystemtjanster/> [2019-09-20].
- Nevens, F., Frantzeskaki, N., Gorissen, L. & Loorbach, D. (2013). Urban Transition Labs: co-creating transformative action for sustainable cities. *Journal of Cleaner Production*, 50 111–122. doi:10.1016/j.jclepro.2012.12.001.
- Näringsdepartementet (2016). *Uppdrag om strategisk användning av spetsteknik och avancerade systemlösningar för hållbar utveckling*. Stockholm. Regeringsbeslut No. N2016/03599/IF.
- Pachauri, R. K., Mayer, L. & Intergovernmental Panel on Climate Change (red.). (2015). *Climate change 2014: synthesis report*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.

- Pakzad, P. & Osmond, P. (2016). Developing a Sustainability Indicator Set for Measuring Green Infrastructure Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216 68–79. doi:10.1016/j.sbspro.2015.12.009.
- Pakzad, P., Osmond, P. & Corkery, L. (2017). Developing Key Sustainability Indicators for Assessing Green Infrastructure Performance. *Procedia Engineering*, 180 146–156. doi:10.1016/j.proeng.2017.04.174.
- Peloza, J. (2009). The Challenge of Measuring Financial Impacts From Investments in Corporate Social Performance. *Journal of Management*, 35(6), 1518–1541. doi:10.1177/0149206309335188.
- Persson, B. (2018). *The Development of a New Swedish Innovation Policy A Historical Institutional Approach*. Lund: Centre for Innovation, Research and Competence in the Learning Economy (CIRCLE), Lund University.
- Purvis, M. & Grainger, A. (2004). *Exploring Sustainable Development*. New York: Taylor & Francis.
- Race, R. (2008). Literature Review. I *The SAGE Encyclopedia of Qualitative Research Methods*. 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: SAGE Publications, Inc.
- Reza Hashemi, M. & Neill, S. P. (2018). *technology readiness level - an overview | ScienceDirect Topics*. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/technology-readiness-level> [2019-09-17].
- Riksdagsförvaltningen (2019). *Förordning (2012:989) med instruktion för Naturvårdsverket Svensk författningssamling 2012:2012:989 t.o.m. SFS 2017:803 - Riksdagen*. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2012989-med-instruktion-for_sfs-2012-989 [2019-09-5].
- Riksrevisionen (2018). *Om Riksrevisionen*. <https://www.riksrevisionen.se/om-riksrevisionen.html> [2019-12-19].
- Riksrevisionen (2019). *Klimatklivet – stöd till lokala klimatinvesteringar (RiR 2019:1)*. Stockholm. No. RIR 2019:1.
- Sausser, B., Ramirez-Marquez, J., Verma, D. & Gove, R. (2002). From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels, 11.
- SCB, S. (2019). *Kommuner i siffror*. Sverige i siffror. <http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/kommuner-i-siffror/> [2019-12-2].
- Schot, J. & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554–1567. doi:10.1016/j.respol.2018.08.011.
- Schütz, F., Heidingsfelder, M. L. & Schraudner, M. (2019). Co-shaping the Future in Quadruple Helix Innovation Systems: Uncovering Public Preferences toward Participatory Research and Innovation. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 5(2), 128–146. doi:10.1016/j.sheji.2019.04.002.
- Szopik-Depczyńska, K., Kędzierska-Szczepaniak, A., Szczepaniak, K., Cheba, K., Gajda, W. & Ioppolo, G. (2018). Innovation in sustainable development: an investigation of the EU context using 2030 agenda indicators. *Land Use Policy*, 79, 251–262. doi:10.1016/j.landusepol.2018.08.004.
- Tello, S. F. & Yoon, E. (2008). *Examining drivers of sustainable innovation*. Massachusetts: University of Massachusetts Lowell.
- Tomaschek, K., Olechowski, A., Eppinger, S. & Joglekar, N. (2016). A Survey of Technology Readiness Level Users. *INCOSE International Symposium*, 26(1), 2101–2117. doi:10.1002/j.2334-5837.2016.00283.x.

- Tscherning, K., Helming, K., Krippner, B., Sieber, S. & Paloma, S. G. y (2012). Does research applying the DPSIR framework support decision making? *Land Use Policy*, 29(1), 102–110. doi:10.1016/j.landusepol.2011.05.009.
- Törnqvist, G. (2019a). *Slutrapport: Morgondagens mobilitetshus*. Stockholm/ Uppsala: Naturvårdsverket / Uppsala Parkerings AB.
- Törnqvist, G. (2019b). Intervju: Morgondagens mobilitetshus. Uppsala Parkerings AB.
- UN (2019). *World Urbanization Prospects The 2018 Revision*. New York: Department of Economic and Social Affairs. No. The 2018 Revision.
- UNEP (2000). *GOAL 11: Sustainable cities and communities*. UNEP. <http://www.unenvironment.org/es/node/2037> [2019-09-6].
- UNEP, P. (2008). *Green Jobs: Towards decent work in a sustainable, low-carbon world*. Nairobi, Kenya.
- Upadhyayula, V. K. K., Gadhamshetty, V., Shanmugam, K., Souihi, N. & Tysklind, M. (2018). Advancing game changing academic research concepts to commercialization: A Life Cycle Assessment (LCA) based sustainability framework for making informed decisions in Technology Valley of Death (TVD). *Resources, Conservation and Recycling*, 133, 404–416. doi:10.1016/j.resconrec.2017.12.029.
- Verlinde, S. & Macharis, C. (2016). Innovation in Urban Freight Transport: The Triple Helix Model. *Transportation Research Procedia*, 14, 1250–1259. doi:10.1016/j.trpro.2016.05.196.
- Vinnova (2019). *Om Vinnova*. <https://www.vinnova.se/om-oss/> [2019-11-6].
- World Bank (2013). *Sustainable Cities Initiative*. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/region/eca/brief/sustainable-cities-initiative> [2019-09-6].
- World Bank (2015). *Fossil fuel energy consumption*. Fossil fuel energy consumption (% of total) | Data. <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS> [2020-01-12].
- World Bank (2018). *Urban population (% of total population)* | Data. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2018&start=1960> [2019-09-6].
- Yi, H. (2013). Clean energy policies and green jobs: An evaluation of green jobs in U.S. metropolitan areas. *Energy Policy*, 56 644–652. doi:10.1016/j.enpol.2013.01.034.
- Youtie, J. & Shapira, P. (2008). Building an innovation hub: A case study of the transformation of university roles in regional technological and economic development. *Research Policy*, 37(8), 1188–1204. doi:10.1016/j.respol.2008.04.012.

Appendix A: Indikatorsystem ISO 37120:2018

Sector	Indicator
Economy	1 City's unemployment rate
	2 Assessed value of commercial and industrial properties as a percentage of total assessed value of all properties
	3 Percentage of persons in full-time employment
	4 Youth unemployment rate
	5 Number of businesses per 100 000 population
	6 Number of new patents per 100 000 population per year
	7 Annual number of visitor stays (overnight) per 100 000 population
	8 Commercial air connectivity (number of non-stop commercial air destinations)
Education	9 Percentage of female school-aged population enrolled in school
	10 Percentage of students completing primary education: survival rate
	11 Percentage of students completing secondary education: survival rate
	12 Primary education student/teacher ratio
	13 Percentage of school-aged population enrolled in school
Energy	14 Number of higher education degrees per 100 000 population
	15 Total end-use energy consumption per capita (GJ/year)
	16 Percentage of total end-use energy derived from renewable sources
	17 Percentage of city population with authorized electrical service (residential)
	18 Number of gas distribution service connections per 100 000 population (residential)
	19 Final energy consumption of public buildings per year (GJ/m2)
	20 Electricity consumption of public street lighting per kilometre of lighted street (kWh/year)
Environment	21 Average annual hours of electrical service interruptions per household
	22 Fine Particulate Matter (PM2.5) concentration
	23 Particulate Matter (PM10) concentration
	24 Greenhouse gas emissions measured in tonnes per capita
	25 Percentage of areas designated for natural protection
	26 NO2 (nitrogen dioxide) concentration
	27 SO2 (sulphur dioxide) concentration
	28 O3 (ozone) concentration
	29 Noise pollution
Finance	30 Percentage change in number of native species
	31 Debt service ratio (debt service expenditure as a percentage of a city's own-source revenue)
	32 Capital spending as a percentage of total expenditures
	33 Own-source revenue as a percentage of total revenues
Governance	34 Tax collected as percentage of tax billed
	35 Women as a percentage of total elected to city-level office
	36 Number of convictions for corruption and/or bribery by city officials per 100 000 population
	37 Number of registered voters as a percentage of the voting age population
Health	38 Voter participation in last municipal election (as a percentage of registered voters)
	39 Average life expectancy
	40 Number of in-patient hospital beds per 100 000 population
	41 Number of physicians per 100 000 population
	42 Under age five mortality per 1 000 live births
	43 Number of nursing and midwifery personnel per 100 000 population
Housing	44 Suicide rate per 100 000 population
	45 Percentage of city population living in inadequate housing
	46 Percentage of population living in affordable housing
	47 Number of homeless per 100 000 population
Population	48 Percentage of households that exist without registered legal titles
	49 Percentage of city population living below the international poverty line
	50 Percentage of city population living below the national poverty line
	51 Gini coefficient of inequality
	52 Square metres of public indoor recreation space per capita
Safety	53 Square metres of public outdoor recreation space per capita
	54 Number of firefighters per 100 000 population
	55 Number of fire related deaths per 100 000 population
	56 Number of natural disaster-related deaths per 100 000 population
	57 Number of police officers per 100 000 population
	58 Number of homicides per 100 000 population
	59 Number of volunteer and part-time firefighters per 100 000 population
	60 Response time for emergency response services from initial call
	61 Crimes against property per 100 000
	62 Number of deaths caused by industrial accidents per 100 000 population

Solid waste	63	Number of violent crimes against women per 100 000 population
	64	Percentage of city population with regular solid waste collection (residential)
	65	Total collected municipal solid waste per capita
	66	Percentage of the city's solid waste that is recycled
	67	Percentage of the city's solid waste that is disposed of in a sanitary landfill
	68	Percentage of the city's solid waste that is treated in energy-from-waste plants
	69	Percentage of the city's solid waste that is biologically treated and used as compost or biogas
	70	Percentage of the city's solid waste that is disposed of in an open dump
	71	Percentage of the city's solid waste that is disposed of by other means
	72	Hazardous waste generation per capita (tonnes)
Sport and culture	73	Percentage of city's hazardous waste that is recycled
	74	Number of cultural institutions and sporting facilities per 100 000 population
	75	Percentage of municipal budget allocated to cultural and sporting facilities
	76	Annual number of cultural events per 100 000 population (e.g. exhibitions, festivals, concerts)
	77	Number of internet connections per 100 000 population
Transportation	78	Number of mobile phone connections per 100 000 population
	79	Kilometres of public transport system per 100 000 population
	80	Annual number of public transport trips per capita
	81	Percentage of commuters using a travel mode to work other than a personal vehicle
	82	Kilometres of bicycle paths and lanes per 100 000 population
	83	Transportation deaths per 100 000 population
	84	Percentage of population living within 0,5 km of public transit running at least every 20 min during peak periods
Urban planning	85	Average commute time
	86	Total urban agricultural area per 100 000 population
	87	Amount of food produced locally as a percentage of total food supplied to the city
	88	Percentage of city population undernourished
	89	Percentage of city population that is overweight or obese — Body Mass Index (BMI)
	90	Green area (hectares) per 100 000 population
	91	Areal size of informal settlements as a per cent of city area
	92	Jobs–housing ratio
Water	93	Basic service proximity
	94	Percentage of city population served by wastewater collection
	95	Percentage of the city's wastewater receiving centralized treatment
	96	Percentage of population with access to improved sanitation
	97	Compliance rate of wastewater treatment
	98	Percentage of city population with potable water supply service
	99	Percentage of city population with sustainable access to an improved water source
	100	Total domestic water consumption per capita (litres/day)
	101	Compliance rate of drinking water quality
	102	Total water consumption per capita (litres/day)
	103	Average annual hours of water service interruptions per household
	104	Percentage of water loss (unaccounted for water)

Appendix B: Indikatorsystem Limafl. (2009)

	Indicator	Units
1	Per capita GDP	RMB
2	Average annual per capita tax revenues	RMB
3	Average annual income per farmer	RMB
4	Average annual income per urban resident	RMB
5	Proportion of GDP generated by the service industry	%
6	Energy consumption (t coal equivalent) per 10,000 RMB of GDP	t/104 RMB
7	Water consumption per 10,000 RMB of GDP	t/104 RMB
8	Proportion of all companies that have received ISO-14000 certification	%
9	GDP per unit area covered by the city (GDP density)	104 RMB/km ²
10	Proportion of GDP devoted to environmental investment	%
11	Forest coverage	%
12	Proportion of the natural reserves	%
13	Proportion of degraded land undergoing restoration	%
14	Per capita area of public urban green space	m ²
15	Proportion of infrastructure that qualifies as ecological construction	%
16	Proportion of green cover in the built-up urban area	%
17	The proportion of restored mining area	%
18	Proportion of the total area covered by wetlands	%
19	Proportion of eco-counties meeting the standard of SEPA	%
20	Proportion of impervious land	%
21	Proportion of rivers with natural bank	%
22	Proportion of Ecological Impact Assessment done for projects	%
23	Proportion of people participated in environmental protection activities.	%
24	Number of days when the urban air quality index reaching Class II or better	Days
25	Proportion of water areas in which pollution levels are below the limit specified in the national standards	%
26	SO ₂ discharge per 10,000 RMB of GDP	kg/104 RMB
27	Chemical oxygen demand (COD) discharged into surface water per 10,000 RMB of GDP	kg/104 RMB
28	Proportion of the urban drinking water supply that is safe to drink according to the national standards	%
29	Proportion of centralized treatment of urban sewage	%
30	Proportion of industrial water that is recycled	%
31	Proportion of the rural sewage discharging that meets national pollution standards	%
32	Proportion of total hours per year in which noise levels are below the level specified in the national standard	%
33	Proportion of urban domestic wastes that are treated according to national standards	%
34	Proportion of industrial solid wastes that are treated and reused	%
35	Proportion of tourists who are satisfied with the environment at tourism sites	%
36	Use of inorganic fertilizers per unit area (use intensity)	kg/ha
37	Proportion of livestock wastes that are treated	%
38	Proportion of industrial sewage; discharging that meets national standards	%
39	Proportion of the population residing in urban areas	%

40	Proportion of homes and businesses that use natural gas instead of coal	%
41	Proportion of urban buildings that are centrally heated	%
42	Engle's coefficient, proportion of income expended on food	%
43	Gini's coefficient	None
44	Proportion of high school graduates who enter a university or college	%
45	Proportion of the population that is satisfied with their environment	%
46	Average number of years of education per citizen	Year
47	Number of people who have graduated from at least technical programs and high school per 10,000 people	per 10,000 people
48	Average life expectancy	Years
49	Road area per person	m2
50	Average living space per person	m2
51	Water use for living per person	m3
52	Hospital beds per ten thousand population	Bed

Appendix C: Indikatorsystem Pakzad m.fl. (2017).

Sector	Indicators
Ecological indicators	1 Climate and microclimatic modifications (e.g. Urban Heat Island effect mitigation; temperature moderation through evapotranspiration and shading; wind speed modification)
	2 Air quality improvement (e.g. Pollutant removal; Avoided emissions)
	3 Carbon offset (e.g. direct: carbon sequestration and storage; indirect: avoided greenhouse gas emissions through cooling)
	4 Reduced building energy use for heating and cooling (through e.g. shading by trees; covering building by green roof and green walls)
	5 Hydrological regulation (e.g. flow control and flood reduction; regulation of water quality; water purification)
	6 Improved soil quality and Erosion prevention (e.g. soil fertility; soil stabilization)
	7 Waste decomposition and nutrient cycling
	8 Noise level attenuation
Health indicators	9 Biodiversity-protection and enhancement (e.g. Communities; species; genetic resources; habitats)
	10 Improving physical well-being (e.g. physical outdoor activity; healthy food; healthy environments)
	11 Improving social well-being (e.g. social interaction; social integration; community cohesion)
Socio-cultural indicators	12 Improving mental well-being (e.g. reduced depression and anxiety; recovery from stress; attention restoration; positive emotions)
	13 Food production (e.g. urban agriculture; kitchen gardens; edible landscape and community gardens)
	14 Opportunities for recreation, tourism and social interaction (community livability)
	15 Improving pedestrian ways and their connectivity (e.g. increasing safety; quality of path; connectivity and linkage with other modes)
	16 Improving accessibility
	17 Provision of outdoor sites for education and research
	18 Reduction of crimes and fear of crime (comfort; amenity and safety)
	19 Attachment to place and sense of belonging (cultural and symbolic value)
Economic indicators	20 Enhancing attractiveness of cities (e.g. enhancing desirable views; restricting undesirable views)
	21 Increased property values
	22 Greater local economic activity (e.g. tourism, recreation, cultural activities)
	23 Healthcare cost savings
	24 Economic benefits of provision services (e.g. raw materials; timber; food products; biofuels; medicinal products; fresh water etc.)
	25 Value of avoided CO2 emissions and carbon sequestration
	26 Value of avoided energy consumption (e.g. reduced demands for cooling and heating)
	27 Value of air pollutant removal/avoidance
	28 Value of avoided grey infrastructure design (construction and management costs)
	29 Value of reduced flood damage
	30 Reducing cost of using private car by increasing walking and cycling (e.g. shifting travel mode)

Appendix D: Indikatorsystem stöd för spetstekniker och avancerade systemlösningar

			Projekt
Projektdetaljer		Diarienummer	
		Projektnamn	
		Beskrivning	
		Typ av organisation	
		Sektor	
		Ort	
		Antal huvudaktörer i projektledningen	
		Antal övriga samarbetspartners (tex teknikföretag)	
		Beviljat belopp	
		Total investering	
		Detaljrik/ kvantitativ beskrivning (1-4)	
Projekt har medfört / Projektet har:			Källhänvisning
Ekologiska indikatorer	1	Minskad energikonsumtion	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009); Pakzad m.fl. (2017)
	2	Ökad andel förnyelsebara energikällor	ISO 37120 (2018)
	3	Ökad energisäkerhet (minskade strömavbrott)	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	4	Minskad utsläpp av koldioxid (CO2)	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009); Pakzad m.fl. (2017)
	5	Minskad utsläpp av andra luftföroreningar	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009); Pakzad m.fl. (2017)
	6	Bullerreduktion	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009); Pakzad m.fl. (2017)
	7	Ökat kollektivt resande	ISO 37120 (2018)
	8	Bidrar till fossilfri fordonsflotta	ISO 37120 (2018); Pakzad m.fl. (2017)
	9	Minska transportbehov (omvänd trafikprioritering)	ISO 37120 (2018);
	10	Ökad trafiksäkerhet (mindre trafik, sänkta hastigheter)	ISO 37120 (2018);
	11	Förbättrad jordkvalitet och förhindrande av erosion	Pakzad m.fl. (2017)
	12	Ökad biodiversitet	Pakzad m.fl. (2017)
	13	Hydrologisk reglering (t.ex. vattenreglering översvämningsminskning.)	Pakzad m.fl. (2017)
	14	Fler platser för rekreation och friluftsliv (Ökad andel gröna ytor, öppna vattenytor)	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009); Pakzad m.fl. (2017)
	15	Ökad andel produktion av lokal mat (Stadsodlingar)	Pakzad m.fl. (2017)
	16	Minskad spridning av giftigt avfall	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	17	Minskad materialåtgång (tex kritiska metaller) vid drift/ implementering jämfört med konventionella lösning	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	18	Minskad avfall	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	19	Minskar vattenanvändning	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	20	Minskad utsläpp av övergödande ämne	Pakzad m.fl. (2017)
	21	Säkrare tillgång på vatten	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	22	Förenklat för hållbart beslutfattande (tex genom digitalt verktyg)	

Sociala indikatorer	23	Minskad kriminalitet/ tryggare städer	ISO 37120 (2018); Pakzad m.fl. (2017)
	24	Ökat medborgarengagemang (Röstdeltagande, föreningar, efterfrågan på hållbarhet)	ISO 37120 (2018)
	25	Ökad tillit på aktör (beslutfattare, företag) som framtåsträvande för hållbar stadsutveckling	ISO 37120 (2018)
	26	Främjar integration och en ökad sammanhållning	ISO 37120 (2018); Pakzad m.fl. (2017)
	27	Minskar bostadsbrist / Påskyndar nybyggnation	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	28	Ökad jämställdhet	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	29	Ökat fastighetsvärde/ markvärde	Pakzad m.fl. (2017)
	30	Ökad möjlighet för sport och kultur	Pakzad m.fl. (2017)
	31	Skapar arbetstillfällen vid kommersialisering	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	32	Förenklat för hållbart beslutfattande (tex genom digitalt verktyg)	
	33	Identifierat lokal kundpotential	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	34	Identifierat utländsk exportpotential	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	35	Pedagogiskt mervärde / Ger allmän ökan hållbarhetskunskap	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009); Pakzad m.fl. (2017)
Ekonomiska indikatorer och marknadsnärhet	36	Kommunicerat lärdomar internt (Ökad kunskapsnivå/ utbildningsgrad)	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	37	Kommunicerat lärdomar externt (Ökad kunskapsnivå/ utbildningsgrad)	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	38	Ökad turism	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009); Pakzad m.fl. (2017)
	39	Billigare koncept jämfört med konventionell lösning	Pakzad m.fl. (2017)
	40	Påbörjat försäljning av teknik inrikes	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	41	Påbörjat teknikexport mot utländsk marknad	ISO 37120 (2018); Li m.fl. (2009)
	42	Inlett (nytt) fortsatt nationellt samarbete för arbete med projekt	
	43	Inlett (nytt) fortsatt internationellt samarbete för arbete med projekt	
	44	Sökt fortsatt finansiering (FOI- medel) för fortsatt utveckling av projekt	
	45	Beviljats fortsatt finansiering för fortsatt utveckling av projekt	
	46	Har annan finansiering än FOU-medel för implementering	
	47	Fler patent	ISO 37120 (2018)
	48	Nivå på TRL-skala (1-9)	
	49	Identifierat hinder för implementering av projekt	

Appendix E: Beviljade stödprojekt

<i>Projektnamn</i>	<i>Kommentar</i>	<i>Typ av organisation</i>	<i>Sektor</i>	<i>Ort</i>
Alsike Fastighet AB	Kretsloppslösningar för vatten	Aktiebolag	Vatten och avlopp	Knivsta
Atkins Sverige AB	Planning Information Modelling (PIM)	Aktiebolag	Digitala verktyg	Stockholm
Bodens kommun	Dagvattenrening i kallt klimat	Kommun	Vatten och avlopp	Boden
C/O City	GIS för urbana ekosystemtjänster	Ideell förening	Ekosystemtjänster och odling	Stockholm
Calluna AB	Webbapplikation för samarbete och synliggörande av trädens värden	Aktiebolag	Digitala verktyg	Nacka
Chalmers Tekniska högskola AB	Urban Design Calculator	Universitet	Digitala verktyg	Göteborg
Ekologigruppen Ekoplan AB	Hållbar dagvattenhantering	Aktiebolag	Ekosystemtjänster och odling	Stockholm
Elajo Technology Solutions AB	Förädling av slam	Aktiebolag	Vatten och avlopp	Lerum
Elonroad AB	Elektrifiering av sophämtning	Aktiebolag	Digitala verktyg	Lund
Graytec AB	Återvinning av gråvatten i fastigheter	Aktiebolag	Vatten och avlopp	Göteborg
Green-Lite AB	Byggmaterial för innovativa byggmetoder	Aktiebolag	Byggnader och byggande	Åby
Grönska Stadsodling 365 AB	Vertikal odling som utnyttjar stadens resursflöden	Aktiebolag	Ekosystemtjänster och odling	Stockholm
Habermann Design&Development AB	Urindehydrering i hemmiljö	Aktiebolag	Vatten och avlopp	Stockholm
Håll Sverige Rent	Innovativa skräpinventeringar	Stiftelse	Avfallshantering	Stockholm
Invest Stockholm	Odling i industrifastigheter	Aktiebolag	Ekosystemtjänster och odling	Stockholm
Karlskrona kommun	Mobildataanalys för att åskådliggöra trender i trafiksystemet	Kommun	Transporter	Karlskrona
Linköpings universitet	Gröna växtväggar	Universitet	Ekosystemtjänster och odling	Lindköping
MORF Landskapsarkitektur AB	Transplantation av vegetation till bjälklag för dagvattenlösningar	Aktiebolag	Ekosystemtjänster och odling	Alnarp
Mälarenergi AB	Smart energisystemlösning	Aktiebolag	Energi	Västerås
Mörbylånga kommun	Mörbylånga vattenverk	Kommun	Vatten och avlopp	Mörbylånga

Nya Rågsveds Folketshus	Halvera matsvinnet genom digital distribution av livsmedel	Ideell förening	Digitala verktyg	Stockholm
Orust kommun	Klimatanpassning av det kustnära samhället	Kommun	Digitala verktyg	Henån
Pointguard AB	Mobila mätningar av luftkvalitet	Aktiebolag	Digitala verktyg	Uppsala
RAF Group AB	Djupgeotermisk pilotanläggning	Aktiebolag	Energi	Stockholm
RISE AB	Alternativa tekniker till landström för fartyg	Aktiebolag	Transporter	Borås
RISE Interactive Institute AB	Digital lösning för värmesystem i byggnader	Aktiebolag	Energi	Kista
Rödskullen Exploatering AB	Smart energisystemlösning	Aktiebolag	Energi	Östersund
Skanska Sverige AB	Innovativ energi- och vattenteknik	Aktiebolag	Energi	Malmö
SLU	Bbiokolsanläggningar för småskalig avloppsrening	Universitet	Vatten och avlopp	Uppsala
SLU	Foderprotein från hushållsavfall	Universitet	Avfallshantering	Uppsala
Snöteknik i Sverige AB	Filtrering av föroreningar i snö	Aktiebolag	Avfallshantering	Järfälla
Sollentuna kommun	Linbana som kollektivtrafik	Kommun	Transporter	Sollentuna
Spiksten AB	Diagnostik av spillvattennät	Aktiebolag	Digitala verktyg	Nyköping
Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad	City Information Modeling (CIM)	Kommun	Digitala verktyg	Göteborg
Statens fastighetsverk	Energisystemlösningar i historisk stadsmiljö	Myndighet	Energi	Stockholm
Stockholm Vatten och Avfall AB	Sorteringsanläggning med NIR-teknik (near infrared)	Kommunalt bolag	Avfallshantering	Stockholm
Stockholms universitet	Fjärranalys för effektiv regional biotopkartering	Universitet	Digitala verktyg	Stockholm
Sundsvall kommun	Snabbgående miljöfärja Alnö-Sundsvall	Kommun	Transporter	Sundsvall
Theory Into Practice AB	Mobilitetsboende	Aktiebolag	Byggnader och byggande	Stockholm
Trivector Traffic AB	Bilfritt boende	Aktiebolag	Transporter	Lund

Umbilical Design	Spetsteknik från rymdsektorn integreras i byggnaders energi	Aktiebolag	Byggnader och byggande	Stockholm
Uppsala Kommun	Digitala process-och kommunikationsverktyg	Kommun	Digitala verktyg	Uppsala
Uppsala kommun Sport-och Rekreatiionsfastigheter AB	Specialteknisk sand för konstgräsplaner	Kommunalt bolag	Energi	Uppsala
Uppsala Parkerings AB	Morgondagens mobilitetshus	Kommunalt bolag	Energi	Uppsala
Urbio Ab	Strandnära byggande i kallt klimat	Aktiebolag	Byggnader och byggande	Stockholm
White arkitekter AB	Nytänkande arkitektur skapar medelhavsklimat i utemiljö	Aktiebolag	Byggnader och byggande	Stockholm
Örebro kommun	Artificiell intelligens (AI) för plantolkning	Kommun	Digitala verktyg	Örebro
Stockholms kommun, exploateringskontoret	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Kommun	Avfallshantering	Stockholm
Hållbar utveckling, Skåne	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Ideell förening	Avfallshantering	Malmö
VA SYD	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Kommun	Vatten och avlopp	Malmö
Returkultur	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Aktiebolag	Avfallshantering	Göteborg
Alovivum AB	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Aktiebolag	Ekosystemtjänster och odling	Lund
Ecoloop AB	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Aktiebolag	Transporter	Stockholm
Snömoln i Norden AB	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Aktiebolag	Avfallshantering	Helsingborg
Chalmers Tekniska högskola AB	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Universitet	Digitala verktyg	Göteborg
Varbergs energi	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Kommunalt bolag	Energi	Varberg
LocalLife Sweden	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Aktiebolag	Avfallshantering	Stockholm
Sweco Architects AB	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Aktiebolag	Byggnader och byggande	Malmö
Lindköpings Kommun	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Kommun	Transporter	Lindköping
Österåkers Kommun	<i>Ej del av studerat underlag</i>	Kommun	Byggnader och byggande	Österåker