

# AI I KLIMATETS TJÄNST

En kartläggning av  
svensk kompetens i ett  
internationellt  
perspektiv

**Victor Galaz** (Stockholm Resilience Centre, Stockholms universitet; Beijerinstitutet för ekologisk ekonomi, Kungliga Vetenskapsakademien)

**Erik Wilson** (AI Sweden)

**Maria Schewenius** (Stockholm Resilience Centre, Stockholms universitet; Högskolan i Gävle)

**Sverker Janson** (RISE)







# Sammanfattning

Klimatutmaningen ställer mycket stora krav på samhället. I takt med att klimatförändringarnas effekter blir allt tydligare genom bland annat omfattande skogsbränder, smältande havsisar, och extremväder, så får klimatfrågan också allt större uppmärksamhet i det offentliga samtalet, hos beslutsfattare, och inom näringsliv och civilsamhälle. Teknikutvecklingen har alltid varit viktig i diskussionen om klimatfrågans orsaker och lösningar, liksom för forskning om hållbar utveckling i stort. I takt med att artificiell intelligens (AI) sett en språngvis utveckling och dess tillämpningar tycks öka på flera samhällsområden, så ökar också intresset för hur AI kan bidra till att tackla klimatutmaningen i alla dess dimensioner - från grundläggande klimatforskning, till klimatanpassning och klimatinnovation.

Följande rapport, *AI i klimatets tjänst*, ger en överblick av potentialen hos AI för klimatutmaningen. Rapporten presenterar också en kartläggning av potentialen för Sverige att bli internationellt ledande inom detta område. Analysen bygger på en litteraturoversikt, intervjuer, en enkätundersökning och en systematisk genomgång av klimatrelaterad AI-forskning i Sverige och utomlands. Resultaten är på intet sätt slutgiltiga, utan ger en överblicksbild av ett snabbt växande område. Vi hoppas att rapporten ska kunna fungera som ett första diskussionsunderlag för de myndigheter, företag, forskare och andra som är intresserade av att vidareutveckla potentialen hos AI-tekniker och deras användning för klimatutmaningen.

Några viktiga resultat från rapporten är:

- Tillämpningar av AI för klimatutmaningen är mycket mångsidiga, med aspekter som berör allt från grundläggande klimatforskning och -övervakning, till insatser för att åstadkomma utsläppsminskningar, klimatanpassning, och innovation och -transformation.
- Det är för närvarande svårt att kvantifiera möjliga klimatvinster av en ökad användning av AI för klimatutmaningen.


- Sverige har de senaste åren byggt upp flera internationellt profilerade AI-satsningar. Ingen av dessa har dock en uttalad klimat- och hållbarhetsprofil.
- Forsknings- och utvecklingsprojekt med kopplingar till AI och klimatutmaningen är idag fördelade över hela landet, men en samlande svensk arena saknas idag.
- Flera internationella samarbeten och initiativ närmar sig området från olika perspektiv. Befintliga internationella klimatmål och andra policyramverk som de globala hållbarhetsmålen inkluderar också teknikdimensioner där digitalisering och AI ingår som en delmängd. Idag saknas det dock en samlande internationell organisation som tar sig an området "AI för klimatutmaningen" på ett systematiskt sätt.
- Det största hindret för tillämpningar av AI för klimatutmaningen i Sverige idag tycks vara bristen på expertis som klarar av att överbrygga AI- och klimatforskning, samt avsaknaden av ekonomiska resurser och mötes/lärandearenor. Tillgång till högkvalitativa data är också ett hinder som återkommer i alla delar av vår undersökning.

Vår bedömning är att det finns en outnyttjad potential för Sverige att accelerera ansvarsfull klimatinnovation med hjälp av AI, och att en sådan satsning skulle kunna ge Sverige en ledande roll internationellt. För att åstadkomma detta föreslår vi följande:

- **Skapa tydliga målsättningar och incitament från myndigheter och forskningsfinansiärer för utveckling av AI inom klimatområdet.** En tydlig nationell innovationsstrategi för AI för klimatutmaningen kan agera som en samlande kraft för det växande nationella och internationella intresset för AI och klimatfrågan.

- **Satsa mer på forskning och tillämpningar av AI för klimatutmaningen.** Detta kan bidra till att accelerera synergier med befintlig uppbyggnad av AI-kompetens och infrastruktur, och därmed kunna göra Sverige till ett föregångsland inom detta område.
- **AI bör ses som en del i en bredare teknikutveckling med internationella dimensioner.** En samlad förståelse och kunskap av det större teknologiska landskapet blir viktig i framtida satsningar inom AI för klimatutmaningen. Det kan bidra till att säkra synergier och innovationskapacitet, och minimera risken att tekniker som skapar klimatnytta för Sverige leder till negativa effekter i andra länder
- **Sverige behöver en tydlig satsning som drar nytta av befintliga investeringar och kompetens, där AI, klimat- och hållbarhetsexpertis kan samverka och driva fram innovation.** Sverige saknar idag en tydlig mötesplats där AI-, klimat- och hållbarhetsexpertis möts. En sådan satsning skulle kunna stimulera fram konkreta goda exempel på kreativa tillämpningar av AI för klimatutmaningen och bidra till att Sverige kan profilera sig starkt internationellt i frågan.
- **Tillgängliggör exempel på innovativa, kreativa AI-tillämpningar och lärandeexempel.** Tillgängliggörande av AI-tillämpningar kan fungera som inspirerande exempel och lärande både inom Sverige och internationellt. Samtidigt kan tillämpningar av AI bidra till att identifiera nya lovande AI-innovationer..
- **Systematisera datainsamling och tillgängliggörande, samt förbättra dagens visualiseringsverktyg.** Myndigheter bör bidra till att insamling av klimatrelaterade data från aktörer inom forskning, företag och myndigheter systematiseras och tillgängliggörs. Tillgång till nya data kan lägga grunden till framtida tillämpningar av AI-tekniker för klimatutmaningen.





# AI in the Service of the Climate – Executive Summary

Artificial intelligence (AI) has experienced leapfrog developments over the past five years and AI applications are increasing in several areas of society. It is important, thus, for Sweden to explore how AI can contribute to tackling the climate challenge in all its dimensions, from basic climate research, to climate adaptations, and climate innovation.

The climate challenge places great demands on society. As the effects of climate change become increasingly evidenced by, among other things, extensive forest fires, melting sea ice, and extreme weather, climate change is also receiving increasing attention in public discourse, among decision-makers, in business, and in civil society. Technological development has always been important in the discussion of the causes of and solutions to the climate issue, as well as for research on sustainable development in general.

This report, *AI in the Service of the Climate*, provides an overview of the potential of AI for the climate challenge. We also present a survey of the potential for Sweden to become an international leader in integrating AI and climate challenge strategies. Our analysis is based on a literature review, interviews, a questionnaire survey, and a systematic review of AI research in the area both in Sweden and abroad. The results are by no means final, but provide an overview of a rapidly growing area. We hope that the report will serve as an important basis for discussion for the authorities, companies, and others who are interested in further developing the potential of AI technologies and their use for the climate challenge.

Some important results from the report are:

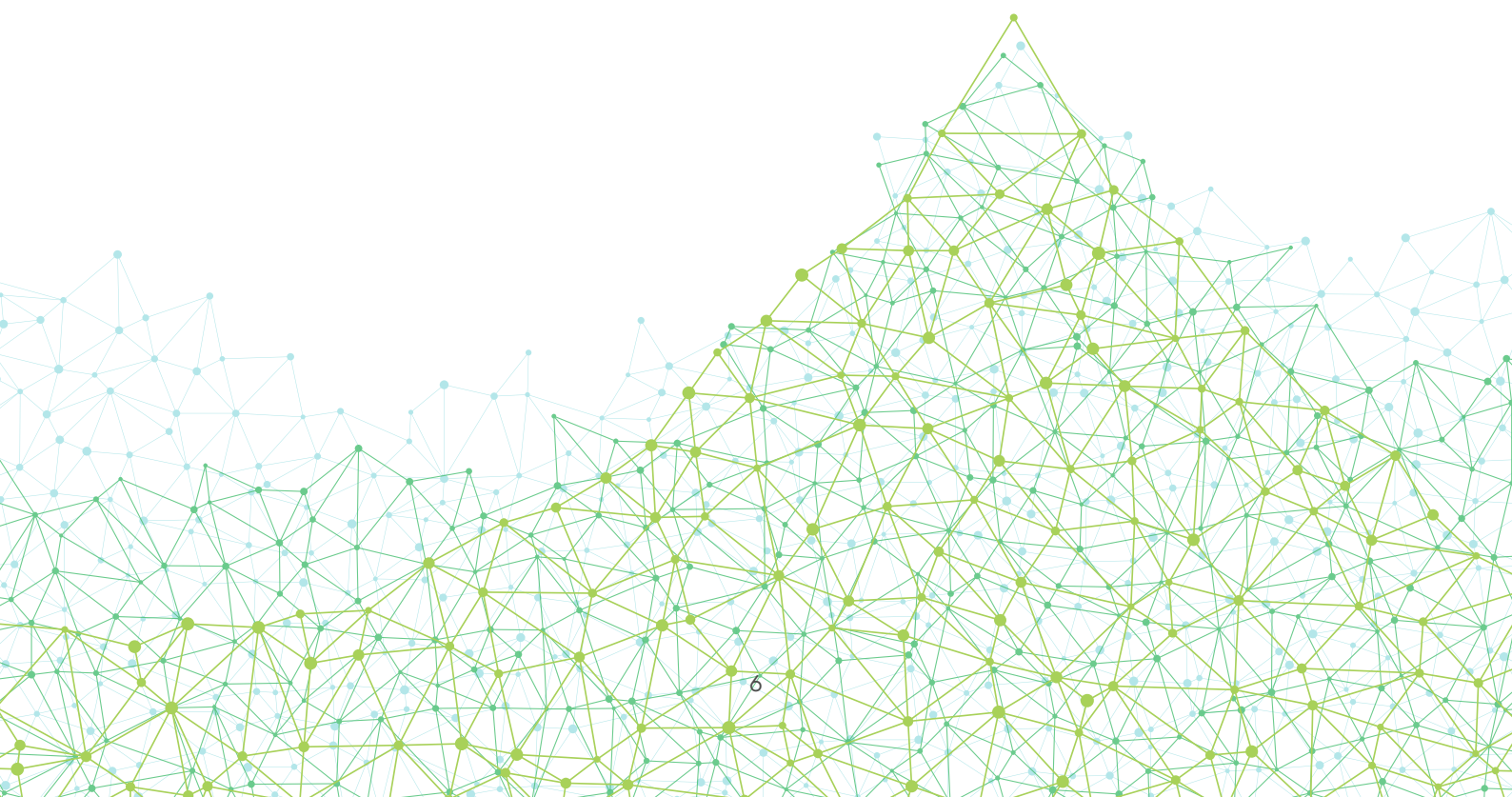
- **Possible applications:** Possible applications of AI for the climate challenge are very diverse, with aspects that affect everything from basic climate research and monitoring, to efforts to reduce emissions, increase climate adaptation, and support innovation and transformation.
- **Quantifiable data:** It is currently difficult to quantify possible climate benefits from increased use of AI for the climate challenge.

- **Climate profiling:** In recent years, Sweden has built up several internationally profiled AI initiatives. However, none of these have a pronounced climate profile.
- **Unifying means:** Research and development projects with links to AI and the climate challenge are distributed throughout the country, but a unifying Swedish arena is lacking today.
- **Systematic methodology:** Several international collaborations and initiatives approach the issue from different perspectives. The same development is found in existing international goals, frameworks and norms that are emerging in this area. However, there is today no unifying international organization that addresses the issue in a systematic way.
- **Obstacles to integrating AI and climate change:** One of the biggest obstacles to AI applications for the climate challenge in Sweden today is the lack of competence that can bridge between the two subject areas of AI and of the climate challenge. The lack of financial resources and meeting arenas present other large obstacles. Access to high-quality data appeared as a perceived obstacle in all parts of our survey.

Our assessment is that there is an untapped potential for Sweden to accelerate responsible climate innovation with the help of AI, and that such an investment could give Sweden the lead internationally. To achieve this, we suggest the following:

- **Create clear goals and incentives from authorities and research funders for the development of AI in the climate area.** A clear national innovation strategy for AI for the climate challenge can act as a unifying force for the growing interest in AI and the climate issue.
- **Invest more in research and applications of AI for the climate challenge.** The climate challenge should be a stated priority in future AI initiatives. This can contribute to accelerating synergies with existing development of AI competence and infrastructure, and thus be able to make Sweden a pioneering country within AI for the climate challenge.

- **Regard AI as integrated with a broader technological development.** AI should be regarded as part of a broader technological development with international dimensions. An overall understanding and knowledge of the larger technological landscape will be important in future investments in AI for the climate challenge. Such understanding and knowledge can contribute to creating synergies and innovation capacity, and to preventing AI technologies that generate benefits for Sweden from leading to negative effects in other countries.
- **Commit to an innovative drive on AI, climate, and sustainability.** Sweden needs to clearly commit to a drive that builds on existing investments and expertise, where AI-, climate-, and sustainability specialists can co-create and innovate. Sweden today lacks a clear arena where specialists in those disciplines meet. Such a drive could stimulate good examples of innovative, creative applications of AI for the climate challenge. It could also contribute to Sweden being able to build a strong profile internationally.
- **Ensure access to examples of innovative, creative AI applications and learning examples.** These can serve as inspiration and a basis for learning, while at the same time facilitating an identification of existing applications and their potential for improvement.
- **Systematize data collection processes and data accessibility, as well as improve today's visualization tools.** Authorities should contribute to systematizing the process of collecting climate-related data from representatives of research, companies, and authorities, and to increasing the data accessibility. Access to new data can thus lay the foundation for future applications of AI technologies for the climate challenge.







# Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
Executive Summary.....	5
1. Inledning.....	9
2. En introduktion till tillämpningar av AI för klimatutmaningen.....	12
3. Klimat och AI-forskning idag - en internationell överblick.....	16
4. Internationella forskningsmiljöer och initiativ inom AI för klimatutmaningen.....	19
5. Överblick av befintliga forskningsmiljöer i Sverige med potential att kunna kombinera insikter inom AI och klimatutmaningen.....	22
6. AI för klimatutmaningen i Sverige: resultat från enkätundersökning och expertintervjuer.....	27
7. Finansiering och utlysningar inriktade på AI för klimatutmaningen.....	31
8. Relevanta nationella och internationella ramverk och policies.....	34
9. Tillgängliga data och potential.....	38
10. Hur Sverige kan bli världsledande inom AI för klimatutmaningen.....	41
11. Referenser .....	43
Appendix 1. Organisatoriska enheter som ingår i kartläggningen av relevant forskning vid högre lärosäten.....	47
Appendix 2. Information om enkätundersökningen.....	49
Appendix 3. Intervjupersoner.....	50
Appendix 4. Detaljerad information om AI-inriktat forskningsmedel från Formas och Vetenskapsrådet.....	51
Appendix 5. Datakällor.....	54
Appendix 6. Sammanfattande analys av projektresultaten samt framåtblickande förslag.....	60







# 1. Inledning



Människans utsläpp av växthusgaser genom förbränning av fossila bränslen och andra förändringar på Jorden genom exempelvis avskogning och expansion av jordbruksmark, har inneburit mycket stora påfrestningar på klimatet. Forskningen visar att världen nu snabbt rör sig mot förändringar i klimatsystemet som inte har något motstycke i människans historia (Tierney *et al.*, 2020). Klimatförändringar skapar stora utmaningar för den levande planeten, viktiga naturresurser, ekonomier och inte minst människors hälsa och välbefinnande. Historiska utsläpp av växthusgaser leder redan idag till allt snabbare förändringar i klimatsystemet, med effekter som extrema väderhändelser, torka, havsnivåhöjningar och havsförsurning (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019). Konsekvenserna är tydliga redan idag (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2020; United Nations Development Programme, 2020).

De samhällsförändringar som krävs för att undvika en accelererande klimatförändring är omfattande. Studier visar att det i genomsnitt krävs en halvering av världens utsläpp varje årtionde för att nå i praktiken noll (netto)utsläpp år 2050 för att kunna undvika klimatförändringar bortom 2 grader jämfört med förindustriell tid (Rockström *et al.*, 2017). Detta mål som definierats av världens länder inom ramen för det så kallade Parisavtalet, och andra viktiga relaterade avtal som Konventionen för biologisk mångfald (Díaz *et al.*, 2020), kräver stora förändringar inom en rad områden inklusive transportsektorn, matproduktion (Clark *et al.*, 2020), konsumtions- och resmönster, energiproduktion, och förvaltning av levande resurser som skogar och jordbruksmark (Yuan *et al.*, 2019). Det är viktigt att notera att inte bara utsläppsminskningar utan även klimatanpassning, och i vissa fall även transformationer (Olsson *et al.*, 2017; Fazey *et al.*, 2018) är en mycket viktig del av klimatutmaningen.

Flera initiativ och pilotstudier pekar på att nya tillämpningar av artificiell intelligens (AI) skulle kunna bidra till utsläppsminskningar, innovation och förbättrad klimatanpassning. AI skulle till exempel kunna bidra till förbättrade övervaknings- och analysmetoder, till minskade utsläpp inom flera sektorer, och bidra till bättre underlag och verktyg för klimatanpassning som minskar sårbarheten hos samhällen, och sociala grupper.

Viss litteratur pekar dock också på möjliga risker förknippade med ökade tillämpningar av AI-tekniker genom t.ex. ett möjligt accelererande uttag av naturkapital och fossila bränslen, ökad energianvändning, och andra mer indirekta effekter på viktiga hållbarhetsmål som utvecklingen av autonoma vapen, digital desinformation och ökade

systemrisker (Dauvergne, 2020; Galaz *et al.*, 2021). Det bör också noteras att den datorkapacitet som krävs för att utveckla och använda AI-modeller har ett koldioxidavtryck.\*

Dessvärre saknas det idag en systematisk sammanställning av Sveriges potential som ledare inom området AI i klimatets tjänst. Detta trots att Sverige har en internationellt stark och bred kompetens inom både digitalisering och klimat- och miljöfrågor.

I följande rapport diskuterar vi hur AI kan bidra positivt till en klimatomställning som inte bara omfattar forskning och tillämpningar inom olika samhällssektorer, utan som också kan skapa konkurrensfördelar för Sverige ur ett internationellt perspektiv. Rapporten innehåller 10 kapitel som alla utvecklar eller kartlägger olika aspekter av frågan. Innehållet i denna rapport bör ses som en första kartläggning av en mycket omfattande frågeställning, och som diskussionsunderlag snarare än som slutgiltiga resultat.

## Viktiga definitioner och avgränsningar

Både "klimatutmaningen", "artificiell intelligens" och "forskningsmiljöer" är omfattande begrepp. I rapporten använder vi följande definitioner.

### **Klimatutmaningen**

Med "klimatutmaningen" syftar vi på samhällets ambition att uppnå utsläppsminskningar av växthusgaser, och/eller bidra till klimatanpassning på ett sådant sätt att de bidrar till de globala hållbarhetsmålen. Utsläppsminskningar kan ske både genom en minskning av utsläpp från fossila bränslekällor, eller genom att skydda eller stärka "naturliga" kolsänkor som skogar (Lewis *et al.*, 2019), marina ekosystem (Lovelock and Duarte, 2019) och jordbrukslandskap (Clark *et al.*, 2020). Klimatanpassning innebär beslut eller förändringar i beteenden som minskar sårbarheten mot klimatförändringarnas effekter inom olika samhällssektorer. Transformationer för att hantera klimatfrågan syftar på beslut eller förändringar i beteenden som leder till djupare systemskiftet, oftast driven av social, teknisk och/eller ekologisk innovation. Skillnaden mellan anpassning och transformation är omdiskuterad (Kates, Travis and Wilbanks, 2012) men har visat sig viktig eftersom klimatanpassning i vissa fall inte är möjlig, önskvärd, eller kan leda till större sårbarhet i ett längre perspektiv (O'Brien, 2017; Fedele *et al.*, 2020; Schipper, 2020). Klimatutmaningen sträcker sig tvärs över sektorer och tid,

\* För uppskattningar av klimatavtrycket i användningen av AI modeller, se <https://mlco2.github.io/impact/>

och har både direkta och indirekta orsaker och effekter. I följande rapport så diskuterar vi klimatutmaningen ur detta breda perspektiv, vilket innebär att tillämpningar av "AI för klimatutmaningen" kan innefatta en mångfald av projekt som t.ex. energieffektivisering inom energi- och transportsektorn, klimatanpassning av städer eller jordbrukssystem, och tillämpningar av djup maskininlärning för att planera för framtida klimatdrivna hälsoutmaningar.

### Artificiell intelligens, AI

I den här rapporten definierar vi artificiell intelligens (AI) som metoder och tekniker för datorprogram med intelligent beteende. Intelligent beteende definierar vi som ett datorprogramms förmåga att korrekt tolka data, lära sig från data och använda de inlärdade kunskaperna för att genomföra specifika uppgifter. Metoder och tekniker inkluderar delområden som maskininlärning, datorseende, behandling av naturligt språk, kunskapsrepresentation, automatiska resonemang och planering och schemaläggning.

Under de senaste 10 åren har AI-området och speciellt maskininlärning genomgått en dramatisk utveckling. Så kallad "deep learning" med neurala nätverk har visats kunna dra nytta av dagens mycket stora tillgängliga datamängder och beräkningsresurser. Tekniker har möjliggjort en helt ny generation av AI-tillämpningar, allt från att besegra världsmästaren i brädspelen Go, till datorseende som delvis överträffat läkares förmåga att bedöma röntgenbilder. Naturligt-språk-modeller kan också idag på ett mycket trovärdigt sätt improvisera texter från en given inledning. AI baserad på "deep learning" används redan idag i mobiltelefoner och sökmotorer (Engström and Strimling, 2020), och driver utvecklingen av bl.a. självkörande fordon och nästa generations läkemedel. Med denna utveckling så har det också följt intensiva och viktiga diskussioner om AI-teknikens mer omfattande samhällskonsekvenser (O'Neil, 2016; Eubanks, 2018), och om metodernas transparens och robusthet (Haibe-Kains et al., 2020; Van Noorden, 2020).

### Forskningsmiljöer

Ungefär en fjärdedel av utgifterna för forskning och utveckling (FoU) i Sverige går till universitet och högskolor, vilka till största delen är statligt finansierade. Företagssektorn står för de största utgifterna för forskning totalt sett (Vetenskapsrådet, 2019). Den här rapporten försöker fånga in både offentlig och privat FoU, även om den första är enklare att kartlägga. Rapporten innehåller därför främst en systematisk genomgång av AI-forskning vid svenska universitet och högskolor. Syftet med genomgången var tvåfaldigt: att undersöka vilken AI-forskning vid svenska högskolor och universitet som inriktas på klimatutmaningen; samt omvänt, vilka ansatser inom hållbarhetsforskning som riktar mot AI. I en senare del av arbetet gjordes en undersökning av vilka forskningsmiljöer och samarbeten utanför universitet och högskolor som bedriver arbete inriktat på AI och klimatutmaningen.

### Box 1. Artificiell intelligens - en historisk översikt

Utvecklingen av området artificiell intelligens (AI) har genomgått flera faser. Under 1940-talet till 1950-talet var beräkningskraften otillräcklig och AI-metoderna huvudsakligen teoretiska. Under 1950- till 1980-talet så blev mer beräkningskraft tillgänglig och regelbaserade AI-metoder tillämpades med viss framgång på matematiskt väldefinierade problem som ingenjörspenning och spel, men det visade sig vara svårt att beskriva vår komplexa värld med regler och formella språk. Marvin Minsky och John McCarthy anordnade under denna period ett sommarprojekt för att förena forskare och etablerade det moderna AI-området med deltagare som Claude Shannon som senare också lade grunden till området informationsteori. Förväntningarna var mycket höga men mängden beräkningskraft var fortfarande otillräcklig. Det dröjde till 1990-talet innan IBM's "Deep Blue" kunde besegra världsmästaren Gary Kasparov i det väldefinierade spelet schack, med hjälp av speciell beräkningshårdvara, och det är först i nutid som AI-metoder framgångsrikt har kunnat angripa mer löst definierade problem som att tolka bilder och ljud, härma mänsklig motorik, visa på sociala förmågor och bearbeta naturligt språk.

Ett återkommande fenomen i AI-områdets historia är att AI-metodernas kapacitet utforskats fram till den gräns som gets av vid den tiden tillgänglig beräkningskraft och data. Idag har den tidigare "kostnadsfria" tillväxten av beräkningskraft som Moores lag medfört avtagit, vilket kompenseras för genom innovationer på GPU-området och genom att tillföra mer datorresurser. Tillväxten av data och datatillgänglighet fortsätter dock. Tillgången till beräkningskraft och data kommer troligen fortsatt att vara en nyckel till AI-områdets framtida utveckling.





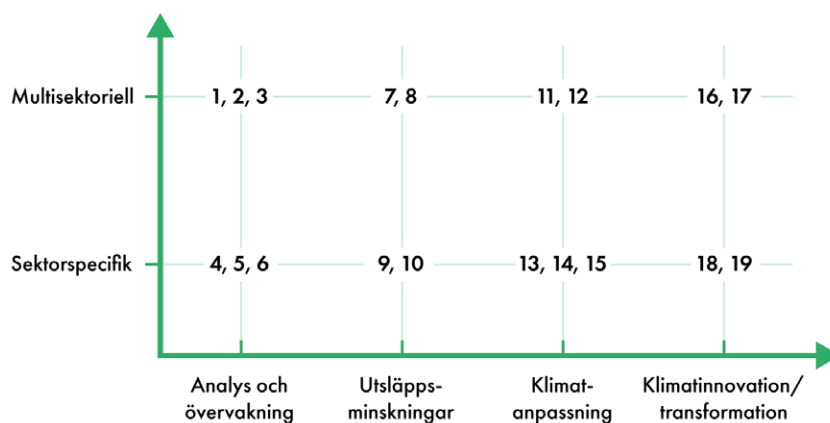
## 2. En introduktion till tillämpningar av AI för klimatutmaningen

Den snabbt växande mängden tillgänglig social, ekonomisk och miljödata (International Energy Agency, 2019), utvecklingen hos tekniker som sensorer och satelliter (Moran *et al.*, 2020), och allt mer sofistikerade och prediktiva metoder som bygger på AI, skapar nya möjligheter för samhällen att ta sig an klimatutmaningen. Ett flertal rapporter sammanfattar denna potential inom ramen för initiativ som "Climate Change and AI" (Rolnick *et al.*, 2019), "AI for Earth" (Joppa, 2017a) (se även Microsoft AI, 2021), World Economic Forums (WEF) rapporter om AI och globala miljöutmaningar (World Economic Forum, 2020), och den svenskledda kartläggningen av potentialen hos AI för att uppnå de globala hållbarhetsmålen (Vinuesa *et al.*, 2020).

Tillämpningarna av AI för klimatutmaningen kan i princip innefatta samtliga samhällssektorer och aspekter i ett samhälle inklusive i människors vardag. Dessa tillämpningar skulle t.ex. kunna inkludera allt från AI-system som bidrar till energieffektivisering; till styrning av trafikflöden för att minska utsläpp från transportsektorn; och klimatanpassning genom AI-förstärkt analys av väder- och marknadsdata med fokus på småjordbrukare som är sårbara för extremväder.

Ett sätt att kategorisera tillämpningar av AI för klimatutmaningen är att fokusera på deras *klimatdimension* (från klimatanalys och övervakning, till klimatinnovation och transformation) och *sektorsfokus* (sektorspecifik eller med multisektoriella tillämpningar). Kategoriseringen ska ses som ett sätt att visa på den mångfald av tillämpningar som är möjliga snarare än att ge en fullständig lista på AI-innovationer för klimatutmaningen. Dessa tillämpningar hänger dessutom samman med utveckling inom andra teknikområden som 5G, IoT och satellittekniker. Kategorierna bör ses som en gradskillnad snarare än strikt åtskilda kategorier. Nedan följer ett tjugotal exempel kategoriserade enligt ovan för att illustrera den mångfald av AI-tillämpningar för klimatutmaningen som finns redan idag.

Potentialen hos AI för klimatutmaningen är mycket mångsidig, vilket gör det svårt att peka ut den eller de mest lovande AI-tillämpningarna. Vissa av dessa projekt är dessutom i pilot-stadiet vilket gör det svårt att idag bedöma deras



reella långsiktiga klimateffekt. Detta är inte nödvändigtvis ett problem utan kan istället ses som en möjlighet för svenska myndigheter, näringsliv och forskare att investera och experimentera i en mångfald av AI-tillämpningar som i ett längre perspektiv kan visa sig ge oväntade synergier och innovation.

1. AI för förbättrad modellering av klimatsystemet genom t.ex. djup maskininlärning av molnbildning (Reichstein *et al.*, 2019)
2. AI-analys av en mångfald av datakällor från storstäder för förbättrad stadsplanering (Ilieva and McPhearson, 2018), och marin övervakning för att skydda marina resurser och infrastruktur (World Economic Forum, 2017)
3. AI-analyser av satellitdata för att stödja samtidig realtidsövervakning och beslutsstöd av växthusgaser, biologisk mångfald, markförändringar, skogsbränder m.fl. (Pimm *et al.*, 2015; University of Oxford, 2018; Moran *et al.*, 2020)
4. AI-förstärkt övervakning och kvantifiering av naturliga koldioxidsänkor som t.ex. torvmarker (Rudiyanto *et al.*, 2018), skogar (Rodríguez-Veiga *et al.*, 2017; O'Shea, 2019) och jordbrukslandskap (Weiss, Jacob and Duveiller, 2020)
5. AI-analys av företags hållbarhetsrapporter för investerare för att styra bort kapital från klimatskadliga verksamheter\*
6. AI-analys av data relaterat till vattenresurser, vattenflöden och infrastruktur för att underlätta vattenplanering i bred bemärkelse (Sit *et al.*, 2020)
7. AI för modellering av energianvändning, prediktiv underhållning i hushåll, och annan byggd infrastruktur (Wang *et al.*, 2017; Afroz *et al.*, 2018; Fu, 2018)
8. Tillämpningar av AI-tekniker för analys av energianvändning, transportflöden och andra sektorer i städer som bidrar till klimatutsläpp (Yigitcanlar *et al.*, 2020)

\* T.ex. företaget 'Sustainalytics'



9. "Smarta elnät" där AI bidrar till att förutsäga tillgång och efterfrågan på förnyelsebar energi (Pinson and Kariniotakis, 2003; Sharma *et al.*, 2011; Foley *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2014; Wan *et al.*, 2015, 2016; Li *et al.*, 2016; Alzahrani *et al.*, 2017; Voyant *et al.*, 2017; Bruce and Ruff, 2018; Sun, Szucs and Brandt, 2018; Das *et al.*, 2018; Elkin and Witherspoon, 2019; Mathe *et al.*, 2019)
10. AI-modeller som stöd för planering av transportinfrastruktur, t.ex. kollektivtrafik (Ghaemi *et al.*, 2017; Manley, Zhong and Batty, 2018) och elektrifiering av bilar (Rigas, Ramchurn and Bassiliades, 2015)
11. AI-förstärkta (klimat)riskanalyser för försäkringssektorn med tillämpningar inom flera samhällssektorer (Lyubchich *et al.*, 2019; Ardabili *et al.*, 2020)
12. AI-analyser för att förbättra extrema väderhändelser för att stödja klimatanpassningsarbete (Jones, 2017)
13. Övervakning av risker för livsmedelssäkerhet med hjälp av AI-analys av satellitbilder, klimatdata och prediktiva analyser av avkastning av viktiga grödor (Chakraborty and Newton, 2011; A. X. Wang *et al.*, 2018)
14. AI-analys av väder-, marknads- och jordbruksmarksdata för att bistå småjordbrukare med beslutsstöd (Jiménez *et al.*, 2019)
15. Tillämpningar av AI för att skapa kartor som kan hjälpa som underlag vid planering av insatser vid katastrofer, t.ex. genom att extrahera information från sociala medier och flygbilder. Kan även användas som automatisk skadebedömning genom att jämföra data innan och efter en naturkatastrof (Bastani *et al.*, 2018; Doshi, Basu and Pang, 2018)
16. AI-analys för att driva cirkulära affärsmodeller och innovation inom material, design, och infrastruktur (Ellen MacArthur Foundation, 2019)
17. AI som verktyg för att bistå eller driva innovationsprocesser generellt inom både privat och offentlig sektor (Cockburn, Henderson and Stern, 2018)
18. AI-verktyg för att snabba på analysen av vetenskaplig litteratur och tvärvetenskapliga insikter, t.ex. iris.ai (Schøll Brede *et al.*, 2021)\*
19. AI-analyser till stöd för "smarta" produktionskedjor med syfte att hitta nya kreativa lösningar som minskar resursanvändning (J. Wang *et al.*, 2018).

## Är det möjligt att kvantifiera AI-teknikers klimatpotential?

Mångfalden av tillämpningar gör det svårt att kvantitativt uppskatta möjliga utsläppsminskningar och andra viktiga samhällsnyttor av AI för klimatutmaningen. Ett försök presenterades under 2019 i en rapport från PricewaterhouseCoopers i samarbete med Microsoft (Microsoft och PricewaterhouseCoopers, 2019). Som rapporten noterar tidigt så hänger denna potential nära ihop med annan teknikutveckling inom exempelvis robotik, och "internet of things". Analysen visar att potentialen hos AI i kombination med en ökad automatisering skulle kunna bidra till en ökning i global BNP på mellan 3-4% (vilket motsvarar ca \$5,2 biljoner amerikanska dollar), 38 miljoner nya arbetstillfällen, sam-

tidigt som det skulle kunna leda till en minskning av utsläpp av växthusgaser på ca -4% (-2,4 Gt CO<sub>2</sub>-eq) globalt fram till år 2030.

Denna potential fördelas enligt rapporten olika inom olika regioner i världen med störst potential i Europa, Nordamerika och Östasien. Samhälls- och miljövinster uppstår framför allt från en ökad användning av AI och automatisering inom jordbrukssektorn, för optimering av energisystem, i transportsektorn, och för underhåll av vatteninfrastruktur. Inom jordbrukssektorn så skulle en ökad upptagning av AI-tekniker kunna innebära förbättrade odlingsmetoder som minskar negativ miljöpåverkan, samtidigt som produktiviteten ökar. Ökade tillämpningar av AI inom energisystem skulle enligt analysen också kunna bidra till smarta elsystem med ökad effektivitet, och en accelererad användning av förnyelsebara energikällor.

De presenterade uppskattningarna är dock förknippade med stora osäkerheter. Även om användningen av så kallade Computable General Equilibrium (CGE) modeller är vanlig inom den klimatekonomiska forskningen, så formas resultaten till stora delar av antaganden i viktiga parametrar som till exempel potentialen för utsläppsminskningar inom jordbrukssektorn inom en specifik region.\*\* Eftersom de använda modellerna dessutom är patentskyddade är det svårt för andra att replikera och förbättra uppskattningarna. En del viktiga antaganden, som att en ökad användning av AI för bevakning av avskogning skulle kunna bidra till att minska avskogningen med 32 miljoner hektar fram till år 2030 (Microsoft och PricewaterhouseCoopers, 2019), är dessutom inte motiverade.\*\*\*

Den internationella energiorganisationen IEA (International Energy Agency) har också i en rad rapporter presenterat uppskattningar på hur en ökad digitalisering kan bidra till mer effektiva energisystem, något som i förlängningen också kan bidra till minskade utsläpp av växthusgaser. IEA noterar att energianvändningen inom informationssektorn inte har ökat nämnvärt, trots att mängden data som hanteras globalt ökar i det närmaste exponentiellt (International Energy Agency, 2020a). IEA presenterar också en lång rad indikatorer och data för energieffektivitet (International Energy Agency, 2020b). Organisationen har dock ännu inte gjort någon uppskattning av potentialen hos just AI inom energisektorn. Enligt Exponential Roadmap Initiative\*\*\*\* skulle dock digitaliseringen kunna bidra med cirka en tredjedel av de utsläppsminskningar som behövs för att halvera världens utsläpp av växthusgaser år 2030 - det vill säga 8 Gt CO<sub>2</sub>e, eller 12% av globala utsläpp år 2030 (Malmodin and Bergmark, 2015; Grubler *et al.*, 2018; Falk *et al.*, 2020).\*\*\*\*\*

\*\* Vi vill tacka Johan Gars och Gustav Engström vid Beijerinstitutet för ekologisk ekonomi (Kungliga Vetenskapsakademien) för dessa synpunkter.

\*\*\* Den sammanlagda avskogningen av tropiska skogar mellan år 2010-2018 uppskattas till cirka 12 miljoner hektar/år enligt Hansen *et al.* (Hansen, Stehman and Potapov, 2010).

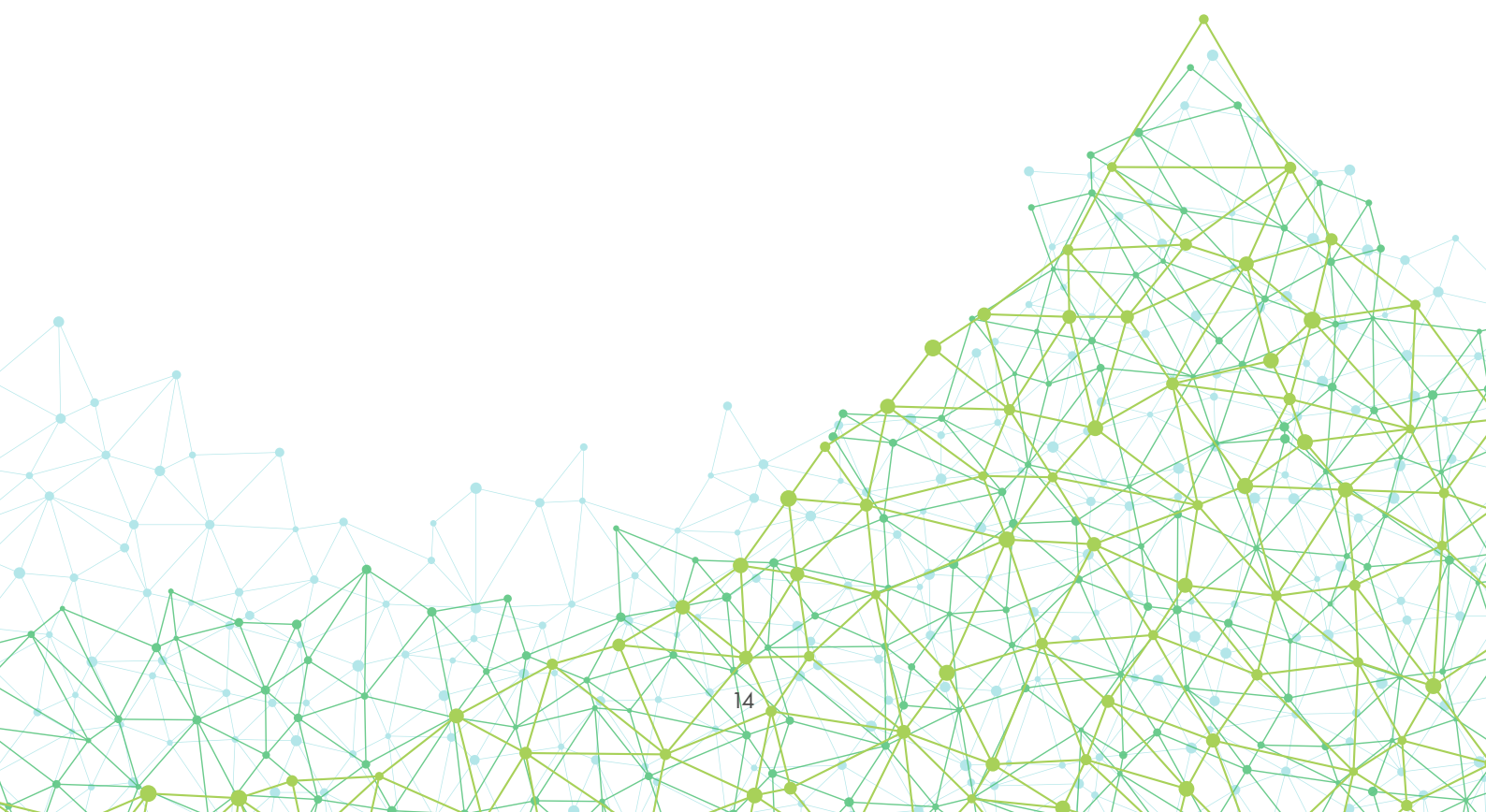
\*\*\*\* <https://exponentialroadmap.org/>

\*\*\*\*\* Tack till Owen Gaffney och Johan Falk för insikter i denna fråga.

\* <https://iris.ai/>

Det är alltså idag inte möjligt att kvantitativt uppskatta möjliga vinster av AI för klimatutmaningen. De mest robusta studierna bygger på analyser av möjliga klimatnyttor förknippade med digitalisering, där AI är en integrerad med icke-kvantifierad komponent.

Tidiga försök att studera AI-potential specifikt som PwC och Microsofts är intresseväckande, men har tydliga metodologiska begränsningar. Möjliga vinster som skulle kunna uppstå genom tillämpningar av AI för klimatanpassning och innovation är inte inkluderade. Vissa viktiga sektorer (som den "blåa ekonomin" som inkluderar marina resurser och havsförvaltning) saknas antingen helt, eller är underutvecklade (som skogsnäringen inklusive avskogningsfrågor).









# 3. Klimat och AI-forskning idag - en internationell överblick

För att kartlägga den forskning som idag bedrivs inom tillämpad AI för klimatutmaningen så gjordes en genomgång alla artiklar på workshops för klimatutmaningen på tre stora AI-konferenser (ICLR 2020, AMLD 2020, och NeurIPS 2019).<sup>\*</sup> Analysen av dessa arbeten ger en inblick i vilken typ av AI-forskning med klimatfokus som bedrivs, och vilka hinder som AI-forskare idag identifierar i sitt arbete.

## Väder och klimatförutsägelser

Analysen visar att 25,9 procent av artiklarna fokuserar på modeller för att förutsäga väderförändringar, och 7,4 procent om bättre modeller för att förutsäga klimatförändringar. En stor andel av dessa riktar sig mot prediktion av extrema och sällsynta väderhändelser, som orkaner, och en mindre del mot bättre väderprognoser överlag. Förbättrade väderprognoser kan i princip bidra till minskade utsläpp av växthusgaserna genom att göra förnyelsebara energikällor som vind och solkraft mer effektiva, och även bidra till förbättrad planering av elkonsumention och -produktion. Bättre prognoser kan också spela en viktig roll för klimatanpassningsåtgärder som planering av jordbruksproduktion i särskilt utsatta regioner, och genom förfinade riskanalyser av översvämningar och orkaner.

<sup>\*</sup> ICLR 2020 – April 26, 2020 in Addis Ababa, Etiopien; AMLD 2020 – Jan 27-28, 2020 Lausanne, Schweiz; NeurIPS 2019 – Dec 14, 2019 i Vancouver, BC, Kanada; ICML 2019 – Jun 14, 2019 i Long Beach, CA, USA.

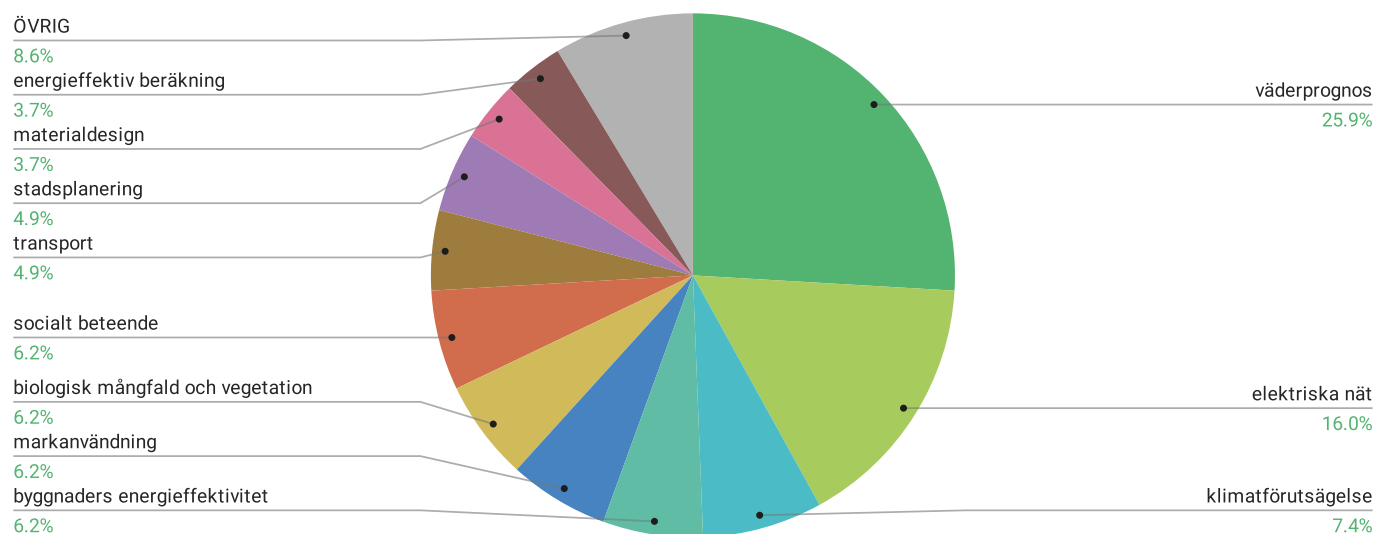
## Smarta elnät

Av artiklarna diskuterade 16% applikationer av AI för elnät, där AI används för att kvantifiera och förstå användares elkonsumention och förutsäga framtida elanvändning, kartlägga befintlig utbyggnad av solceller och vindkraft utifrån satellitbilder, samt förutsäga potentialen hos hustak för riktade solcellssatsningar utifrån till exempel satellitbilder (t.ex. ålder, lutning, storlek, riktning, solinstrålning, kartläggning av befintlig elnätsinfrastruktur, och "smart" styrning av elnätet). Kartläggningarna fokuserar till stor del på befintlig nationell och internationell infrastruktur, och befintlig konsumtion och potential för utbyggnad av förnyelsebar energi. Arbetet bygger på de senaste genombrotten inom datorseende för kartläggning utifrån bilder, något som inte varit möjligt fram tills för några år sedan.

## Biodiversitet

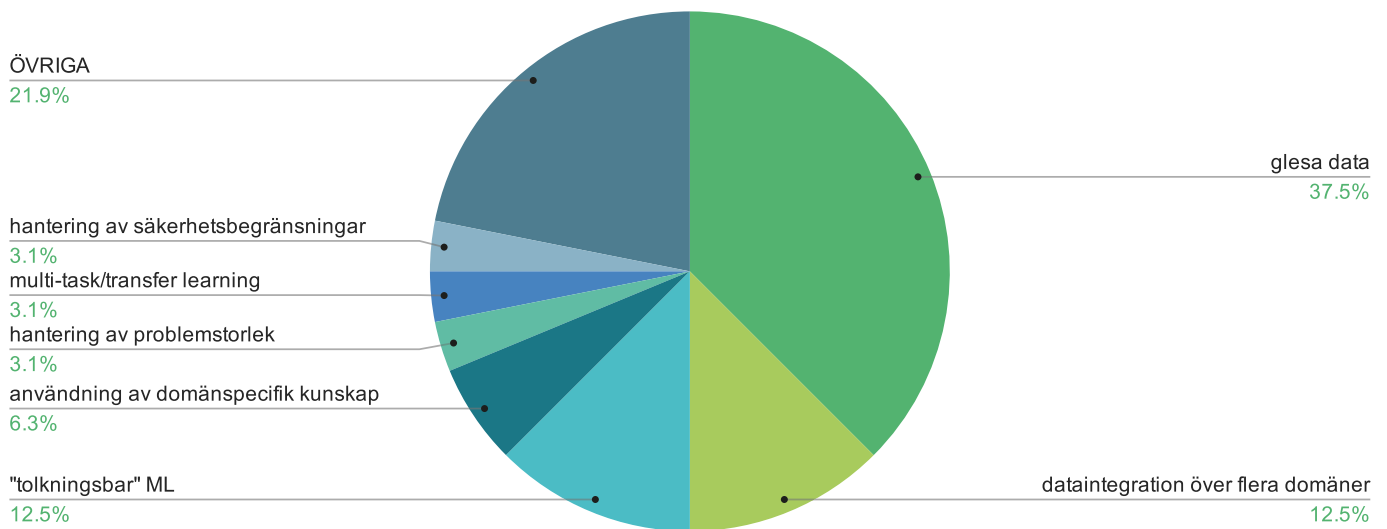
Som kontrast till andra ämnesområden så handlade cirka 6 procent av artiklarna om tillämpningar av AI för övervakning eller skyddande av biologisk mångfald. AI-metoder används för bland annat kvantifiering av växters hälsa, kartläggning av markområden, och utbredningen av sillstim (genom s.k. maskinhörsel). Storskalig kvantifiering och kartläggning av organismer och arter kan tillsammans med observationer från allmänheten, lägga grunden för nya insikter om hur klimatförändringarna påverkar ekosystem och den biologiska

## Procent av AI/ML-baserade forskningsartiklar som bidrar till särskilda områden



Figur 1. Tillämpningsområden inom aktuell forskning med inriktning på AI för klimatutmaningen. Diagrammet visar den procentuella fördelningen av de tillämpningsområden som studerades i artiklarna från tre workshops inriktade på klimatutmaningen vid AI-konferenserna ICLR 2020, AMLD 2020 och NeurIPS 2019.

## Procent av särskilda utmaningar som omnämns i AI/ML-baserade forskningsartiklar



Figur 2. Identifierade utmaningar inom aktuell forskning med inriktning på AI för klimatutmaningen. Diagrammet visar den procentuella fördelningen av de AI-relaterade svårigheter som nämns i artiklarna från tre workshops inriktade på klimatutmaningen vid AI-konferenserna ICLR 2020, AMLD 2020 och NeurIPS 2019.

mångfalden, och underlätta klimatanpassningsåtgärder. Initiativ som Flora Incognita\* och iNaturalist\*\* bygger på samarbete mellan AI och människor och har fram till år 2020 resulterat i insamlandet av över 50,000,000 bilder på över 300,000 arter runt om i världen. Mängden observationer fortsätter att växa snabbt.

### Svårighetsområden inom tillämpad AI-forskning för klimatutmaningen

En stor andel av forskningsartiklarna nämner också svårighetsområden för tillämpningen av AI för klimatutmaningen. De identifierade områdena kan även vara indikativa för mer allmänna utmaningar.

En av de mest omnämnda svårigheterna för att tillämpa AI på klimatutmaningen är brist på högkvalitativa data. Detta är även ett återkommande tema i de enkätsvar, intervjuer och forskningsartiklar som vi refererar till i den här rapporten. Det krävs stora mängder data för att driva inlärning i moderna AI-system. Inom AI-forskningen pågår det idag en viktig diskussion om möjliga metoder som kan utnyttja mindre och glesare datamängder (Settles, 2009; Gal, Islam and Ghahramani, 2017). En annan forskningsutmaning är att kunna utnyttja expertkunskaper och mer formella matematiska modeller som komplement till data. En ytterligare väg är att försöka styra datainsamlingen mot relevanta data genom aktiv inlärning.

\* För mer information [https://floraincognita.com/?noredirect=en\\_US](https://floraincognita.com/?noredirect=en_US)

\*\* För mer information <https://www.inaturalist.org/>





$$\frac{dV}{dA} + \frac{dA}{A}$$
$$\left(\frac{dp}{dA}\right)_{\text{isotropic}}$$

$$\frac{dV}{dA} + \frac{dA}{A}$$

# 4. Internationella forskningsmiljöer och initiativ inom AI för klimatutmaningen

Vilken roll Sverige skulle kunna ta inom området "AI för klimatutmaningen" internationellt beror delvis på redan befintliga internationella initiativ och program. Dessa kan fungera som möjlig inspiration och som samarbetspartners för en eventuell mer strategisk samordning och satsning. I detta kapitel listar vi några av de forskningsinitiativ som på ett eller annat sätt relaterar till AI för klimatutmaningen, både inom den privata sektorn, akademien och mindre

formaliserade internationella samarbeten. Listan är ordnad i alfabetisk ordning och bygger på vår egen scanning av forskningslandskapet baserat på nyckelrapporter, relevanta artiklar, deltagande vid internationella konferenser, den enkät som utformats för denna utredning, och intervjuer med nyckelindivider i Sverige och utomlands. Listan är inte komplett, men bör ge en bra första överblick över nyckelinitiativ och organisationer utomlands.

## Bo

[ai4cities.eu](http://ai4cities.eu)

Det treåriga EU Horizon 2020-finansierade forsknings- och innovationsprojektet involverar sex europeiska städer (Amsterdam, Köpenhamn, Helsingfors, Paris, Stavanger och Tallinn). Projektet syftar till att mobilisera AI-utvecklare för att skapa lösningar till städernas mobilitets- och energitjänster. Målet är att på så sätt bidra till att minska koldioxidutsläpp och bidra till att städerna möter sina klimatmål. Projektet löper till och med december 2022.

## Alan Turing Institute (UK)

[www.turing.ac.uk](http://www.turing.ac.uk)

Alan Turing-institutet bildades 2015 av fem ledande brittiska universitet. Institutet är organiserat som ett excellenscenter och bedriver forskning, kommunikationsarbete och ledarskapsutbildningar. AI-forskningen vid institutet inkluderar förutom klimatet även sociala och ekonomiska dimensioner av AI-utvecklingen. Miljö och hållbarhet ingår som ett av institutets horisontella teman. Det finns även en nystartad, interdisciplinär intressegrupp under samma namn. Institutet är en knutpunkt för forskare från olika ledande universitet i Storbritannien som länkar mellan institutet och relaterade AI-initiativ, som det nya [Joint Centre for Excellence in Environmental Intelligence](#) grundat av University of Exeter tillsammans med brittiska MET Office.

## ARIES - Artificial intelligence for environmental and sustainability

[aries.integratedmodelling.org](http://aries.integratedmodelling.org)

ARIES är ett internationellt samarbete mellan forskare men som också inkluderar intresseorganisationer, praktiker och den privata sektorn. Nätverket började som ett forskningsprojekt 2007 med syfte att integrera modeller och bidra till att utveckla data-drivna metoder för att kartlägga förändringar av ekosystemtjänster. ARIES har med tiden ökat sitt fokus på tillämpningar av AI för sitt arbete.

## CGIAR Platform for Big Data in Agriculture

[bigdata.cgiar.org](http://bigdata.cgiar.org)

CGIAR är troligtvis en av världens största vetenskapliga nätverk för forskning om jordbrukssystem ur flera perspektiv. CGIARs plattform för användning av "big data" för forskning, innovation och utveckling inom jordbrukssektorn har på senare tid fokuserat alltmer på

tillämpningar av datadrivna tekniker (inklusive AI) för att stödja forskning och innovation. Deras innovationssatsningar genom s.k. "Inspire Challenge" har oftast en tydlig profil mot frågor som berör klimatanpassning, som matsäkerhet, vattenbrist och biologisk mångfald.

## Climate Change AI (CCAI)

[www.climatechange.ai](http://www.climatechange.ai)

"Climate Change AI" är ett samarbete mellan akademiker, AI-forskare och andra med intresse att ta sig an klimatutmaningen genom att underlätta tillämpningar av AI för att studera klimatfrågan, och utveckla lösningar. CCAI ordnar konferenser, och samlar resurser online för att bygga ett större intresse och kapacitet i dessa frågor bland forskare och andra intresserade. Grundarna av CCAI står också bakom kartläggningen "Tackling Climate Change with Machine Learning" (Rolnick *et al.*, 2019).

## Earth System Data Lab (ESDL)

[www.earthsystemdatalab.net](http://www.earthsystemdatalab.net)

ESDL är främst ett forskningssamarbete med fokus på att underlätta och tillgängliggöra data om Jordsystemet, inklusive klimatsystemet, markförändringar, och andra viktiga parametrar som fångar in globala miljöförändringar. Den här typen av forskning har under längre tid arbetat och tillämpat maskininlärning med ett växande intresse att använda djup maskininlärning ("deep learning") för bl.a. klimatmodellering. Arbetet med den här typen av modeller är ofta decentraliserad genom digitala plattformar som <https://2i2c.org/infrastructure/> där AI blir en alltmer integrerad del av analysarbetet. En viktig satsning inom detta område drivs just nu av bland andra Caltech och MIT som inkluderar nästa generations Jordsystemmodeller. Även här är olika former av maskinintelligens centrala. <https://clima.caltech.edu/>

## Europeiska Rymdorganisationen (European Space Agency, ESA)

[www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate/ESA\\_s\\_Climate\\_Change\\_Initiative](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/ESA_s_Climate_Change_Initiative)

Utvecklingen av satellit-teknologier har varit snabb det senaste årtiondet, med allt mer sofistikerade sensorer och mjukvara (Wright *et al.*, 2020) som tillåter högupplöst realtidsövervakning och AI-förstärkt analys av exempelvis extremväder, storskaliga

skogsbränder, och förändringar i markförhållanden. Flera av dessa har potential att vara användbara för både offentlig och privat sektor.\* ESA har åtminstone en satsning på klimatövervakning med syfte att integrera, validera och tillgängliggöra klimatdata. ESA har samarbeten med flera svenska forskare och forskningsinstitutioner som [Rymdstyrelsen](#), [RISE](#), [AI Sweden](#) och andra.

### **Sustainability in the Digital Age (Future Earth), Montreal, Kanada**

[sustainabilitydigitalage.org](http://sustainabilitydigitalage.org)

Future Earth (FE) är ett av världens största nätverk för forskning om och för hållbar utveckling. FE har flera regionala noder, där noden i Montreal fokuserar explicit på frågor kring digitalisering och till viss del också AI. FE Montreal utannonserade nyligen (november 2020) ett nytt samarbete med Mila – Quebec Artificial Intelligence Institute, International Science Council (ISC) och tyska naturvårdsverket (Umweltbundesamt). FE i Stockholm har också i samarbete med bl.a. Stockholm Resilience Centre, WWF och Ericsson varit centrala för arbetet kring Exponential Roadmap Initiative som fokuserar på digitalisering, klimatomställningen och hållbar utveckling.

### **Sustainability in the Digital Age (Tyska naturvårdsverket, och German Advisory Council on Global Change, WBGU)**

[www.wbgu.de/en](http://www.wbgu.de/en)

WBGU har en lång historia som ett agendasättande råd i frågor som rör klimatförändringar och dess effekter på samhället. Sedan ett par år tillbaka bedriver WBGU tillsammans med tyska naturvårdsverket ett arbete med att definiera stora hållbarhetsutmaningar och möjligheter förknippade med digitaliseringen. "[Towards Our Common Digital Future](#)" (2019) är en nyckelrapport i sammanhanget som diskuterar utvecklingen inom artificiell intelligens som en del av övrig teknikutveckling, och dess betydelse för klimatutmaningen.

### **Microsoft "AI for Earth"**

[www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth](http://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth)

Även inom den privata sektorn växer intresset för att utveckla AI för klimatutmaningen. Det initiativ som hittills har fått störst uppmärksamhet internationellt är Microsofts "AI for Earth" som lanserades 2018. Programmet har dels fungerat agendasättande inom området (Joppa, 2017b) och finansierar också projekt i fält där AI används för att bidra till naturbevarande åtgärder, klimatanpassning och annan typ av klimat- och miljöövervakning.

### **OECD.ai**

[www.OECD.ai](http://www.OECD.ai)

OECD:s initiativ inom AI fokuserar framför allt på frågor kring policy, styrning och datatillgänglighet. Även om organisationens AI-arbete inte inkluderar klimatfrågor så samlar OECD.ai relevant data om bl.a. Sveriges roll inom den internationella forsknings- och policy-landskapet. Detta inkluderar analyser av hur starka olika länder är inom AI-forskningen, vilka policies som existerar för att styra effekterna av en ökad användning av dessa tekniker, med mera.

### **Urban Systems Lab (USL, New School, USA)**

[urbansystemslab.com/big-data-artificial-intelligence](http://urbansystemslab.com/big-data-artificial-intelligence)

USL:s arbete fokuserar framför allt på städer, klimatrisker som dessa har att hantera, och deras betydelse för en omställning mot hållbarhet. Sedan ett par år tillbaka bedriver USL forskning som kombinerar olika datakällor med AI-förstärkta analyser för att bättre kartlägga olika städers och sociala gruppers sårbarheter mot klimatförändringar.

### **UN Global Pulse**

[www.unglobalpulse.org](http://www.unglobalpulse.org)

Global Pulse är ett FN-initiativ med syfte att utveckla tillämpningar av AI för utveckling av humanitära frågor och fred. Global Pulse bedriver en lång rad projekt tillsammans med partners från hela världen, dock främst från globala Syd. Projektportföljen är mycket divers och spänner från AI-analyser av satellitdata för att hantera humanitära kriser, till utvecklingen av verktyg för att bekämpa hets mot folkgrupp i digitala medier. Global Pulse har inte ett program specifikt med fokus på klimatutmaningen, men arbetet kan ses bidra till klimatanpassning i sårbara länder och för sårbara samhällsgrupper.

### **United Nations Environment Programme (UN Environment)**

[www.unep.org](http://www.unep.org)

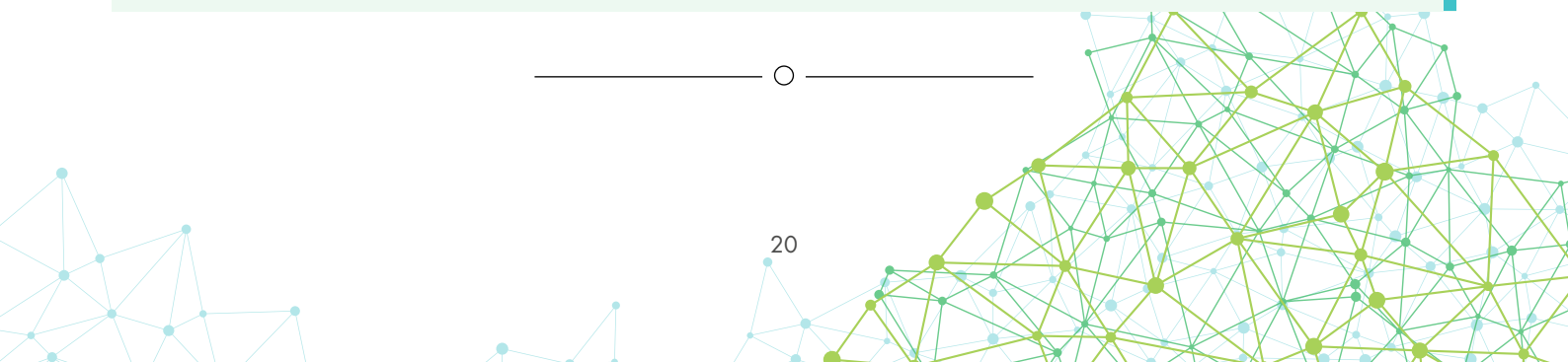
UN Environment bedriver sedan ett par år tillbaka ett arbete med att utveckla en global datapolicy som fokuserar på miljö- och klimatdata inklusive internationella ramverk och policies (United Nations Environment Programme, 2019a). Organisationen har inom ramen för detta drivit flera samverkansprocesser och partnerskap för att definiera skapandet av ett globalt "digitalt ekosystem för miljön" (United Nations Environment Programme, 2019b), med tydliga kopplingar till en ökad användning av AI (Campbell and Jensen, 2019).

### **World Economic Forum "Fourth Industrial Revolution for the Earth"**

[www.weforum.org/projects/fourth-industrial-revolution-and-environment-the-stanford-dialogues](http://www.weforum.org/projects/fourth-industrial-revolution-and-environment-the-stanford-dialogues)

World Economic Forum är en viktig internationell agendasättande organisation, framför allt genom Davos-dialogerna och dess arbete med det årliga Global Risk Report. På senare år har WEF fokuserat starkt på frågor kring teknikutveckling och organisationen kom att definiera idén om den "Fjärde industriella revolutionen". Inom detta arbete bedriver WEF en rad aktiviteter under begreppet "Fourth Industrial Revolution for Earth". Begreppet samlar synteser som berör tillämpningar av AI för klimatutmaningen och inkluderar även diskussioner av andra tekniker (som blockkedjeteknologi) och globala miljöutmaningar (som havsfrågor).

\* Vi tackar Dr. Fredrik Bruhn (Unibap) för inblick i dessa frågor.









# 5. Överblick av befintliga forskningsmiljöer i Sverige med potential att kunna kombinera insikter inom AI och klimatutmaningen

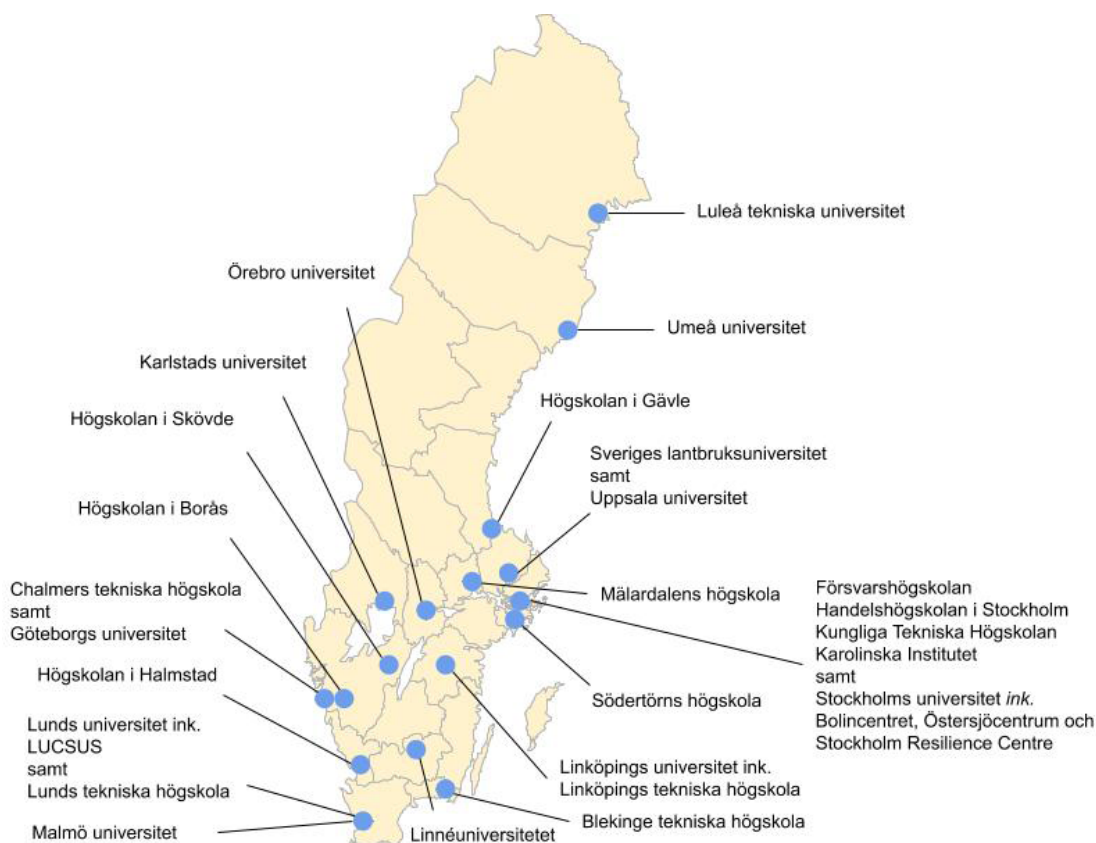
Forskningsmiljöer uppfattas allmänt kanske främst som högre lärosäten, d.v.s. universitet och högskolor. Forskning och utveckling bedrivs dock i stor utsträckning även vid andra organisationer än lärosäten som företag (industriella forskningsmiljöer) och myndigheter. I följande kapitel sammanfattar vi vår kartläggning av relevanta forskningsmiljöer inom samtliga dessa sektorer.

## Forskning inom AI för klimatutmaningen vid högre lärosäten

Enligt en nyligen publicerad undersökning av SCB så hade 5900 individer vid högre lärosäten arbetat med FoU inom AI under 2019. Samtidigt hade 5000 forskare, motsvarande 12,2% av de anställda forskarna vid högre lärosäten, använt AI inom sin forskning. Forskningen på AI bedrevs framför allt inom naturvetenskap, teknik, samt medicin och hälsovetenskap (SCB, 2020). Satsningar på svensk AI-forskning har ökat stadigt under senare år. Den första omfattande och långsiktiga satsningen utgjordes av Knut och Alice Wallenbergs stiftelse som sedan år 2015 finansierar Wallenberg Artificial Intelligence, Autonomous Systems and Software Program (WASP). Programmet, som presenteras som Sveriges största enskilda forskningsprogram någonsin är beräknat att löpa till år 2029 och innefattar totalt 5,5 miljarder kronor (Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse, no date).

Bildandet av AI Sweden (tidigare AI Innovation of Sweden) är ytterligare ett viktigt exempel på infrastruktur och AI-kompetens i Sverige. Satsningen har en total budget från Vinnova på 30 miljoner kronor och löper minst till november 2021. Vinnovas utlysning "AI i klimatets tjänst" (Vinnova, 2020) som stängde i augusti 2020 var den första utlysningen som specifikt finansierade tillämpad forskning och utveckling av AI för klimatutmaningen.

Till dessa specialinriktade satsningar tillkommer annan typ av forskning och utveckling vid svenska universitet och högskolor. I Appendix 1 presenterar vi de organisatoriska enheterna som ingår i kartläggningen. Kartläggningen inleddes med en identifikation av centrum och institut i Sverige som inriktar sig på klimatforskning (brett definierat) och deras eventuellt pågående AI-relaterade forskning. Kartläggningen fortsatte sedan med en strategisk sökning



Figur 3. Högre lärosäten och tillhörande hållbarhetscentrum som inkluderades i sökningen på AI-forskning. Vid vissa lärosäten kontaktades mer än en person för att fånga in bredden av forskningsmiljöer.

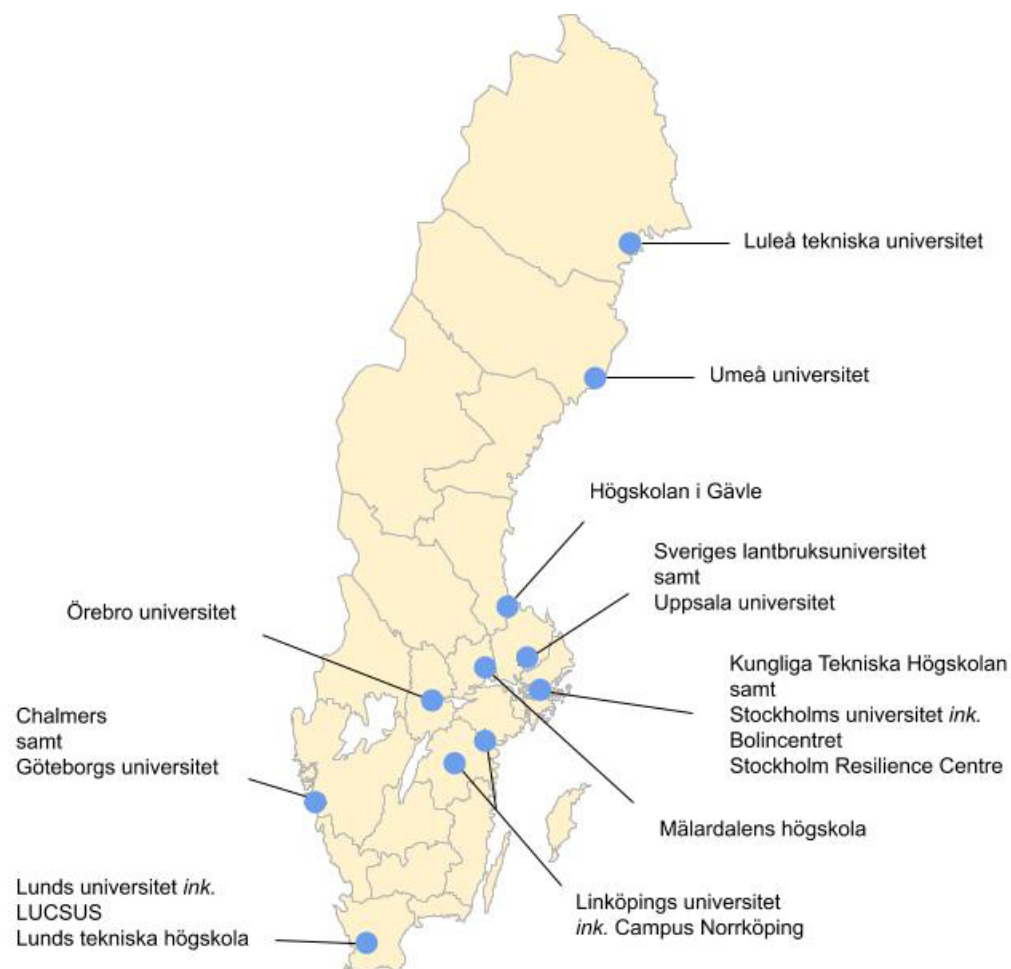


på varje högre lärosätes hemsida för att därifrån identifiera klimatrelaterad AI-forskning. Till sist kompletterades sökningen av en genomgång av de lärosäten som är listade i Vinnovas rapport "AI-miljöer i Sverige - En översikt över miljöer som bidrar till utvecklingen av artificiell intelligens" (Vinnova, 2019). Kartläggningen har kompletterats med information som inkommit genom enkäten och intervjuer. Metoden har givetvis både sina styrkor och svagheter.\*

Kartläggningen har också använts i urvalet av mottagare av enkäten samt intervjupersoner som vi redovisar senare i rapporten. Urvalet av lärosäten dit enkäten skickades baserades på representation av dem med störst AI-satsningar, hållbarhets- respektive AI-forskning, en bredd av profilämnen inom de två kategorierna, samt inkludering av både större och mindre lärosäten. De svenska lärosäten som ingick i enkätutskicket presenteras i figur 4 till höger.

Enkätmottagarna vid de utvalda högre lärosäten bestod av sökande till Vinnovas utlysning "AI i klimatets tjänst", deltagare vid så kallade "matchmaking events" ordnat av Vinnova i april 2020. Urvalet från kartläggningen inkluderade ledare av institutioner, plattformar eller projekt, vilka kunde förväntas ha en övergripande insikt över pågående forskningsansatser. Det inkluderade även forskare inom projekt, som kunde ha mer detaljerad sakkunskap om specifika ansatser liksom andra synvinklar eller intressen. Hänsyn togs till forskningens inriktning, där målet var att inkludera en blandning av ämnesfält (se kap. 5 för vidare detaljer kring projektets kartläggnings- och urvalsmetoder).

\* Den ursprungliga ambitionen var att undersöka hur pågående hållbarhetsforskning kopplar till AI. Kartläggningen utökades sedan till att inkludera hur AI-forskning kopplar till hållbarhet. En fullständig kartläggning av den forskning som bedrivs på tekniker som faller under det stora paraplybegreppet AI, samt kopplar till något av alla de fält som ingår under paraplybegreppet klimatutmaningen, rymdes inte inom ramen för det här projektet.



Figur 4. Högre lärosäten som inkluderades i enkätutskicket. Vid vissa lärosäten kontaktades mer än en person för att bredden av forskningsmiljöer skulle fångas in.

## Kartläggning av industriella forskningsmiljöer

Industrier och företag valdes ut som mottagare av enkäten för att ge en bild av den nuvarande kunskapsnivån samt var de befann sig i relation till ämnet AI för klimatutmaningen. Företag inom olika sektorer kontaktades: de 20 företagen som står för de största koldioxidutsläppen i Sverige (Lundberg, 2020); finans; it-konsulter, AI-startups; hållbarhetsplattformar, -forskning och -utveckling; fordons-, tåg och flygtransport; bygg - vatten och avlopp, fastighetsägare och teknikkonsulter; jordbruk; livsmedel; skogsindustri; energi; logistik; fristående forskningsinstitut; samt medlemsägda organisationer.

Företagen delades in i kategorier enligt Tabell 1 och ca fem bolag i varje kategori valdes ut som mottagare av enkäten. Urvalet inkluderade de största aktörerna givet kriterierna *antal anställda*, *omsättning* eller *utsläpp*. Det inkluderade även företag som det senaste året har fått uppmärksamhet som ledande inom klimatarbetet inom respektive sektor. De individer som kontaktades vid bolagen hade en tydlig koppling till antingen klimatutmaningen och hållbarhetsfrågor



Tabell 1. Företagskategorier inklusive forskningsinstitut som identifierats som relevanta inom ramen för AI för klimatutmaningen

Företag i topp-20 med avseende på koldioxidutsläpp	Byggmiljö - Fastighetsägare
Finans - Finans-data and APIs	Jordbruk, livsmedel och skogsindustrin - Jordbruk
Tech - IT-konsulter	Jordbruk, livsmedel och skogsindustrin - Livsmedelsföretag
Tech - AI-startups	Jordbruk, livsmedel och skogsindustrin - Skogsbolag och skogsteknik
Tech - Sustainability platforms, SaaS	Energi - Elproducenter
Tech - Topp Swe-FoU	Energi - Energiteknik
Transport - Fordonsindustrin	Energi - Drivmedelstillverkning
Transport - Flygindustrin	Logistik och detaljhandel - Tillverkning
Transport - Tåg	Logistik och detaljhandel - Frakt, transport och "sista kilometern"
Byggmiljö - Byggbolag	Forskningsinstitut (RISE, IVL Svenska Miljöinstitutet, Sweden Water Research, Sveriges Geologiska Undersökning)
Byggmiljö - Teknik-konsulter	Medlemsägt / NGO
Byggmiljö - Vatten och Avlopp	

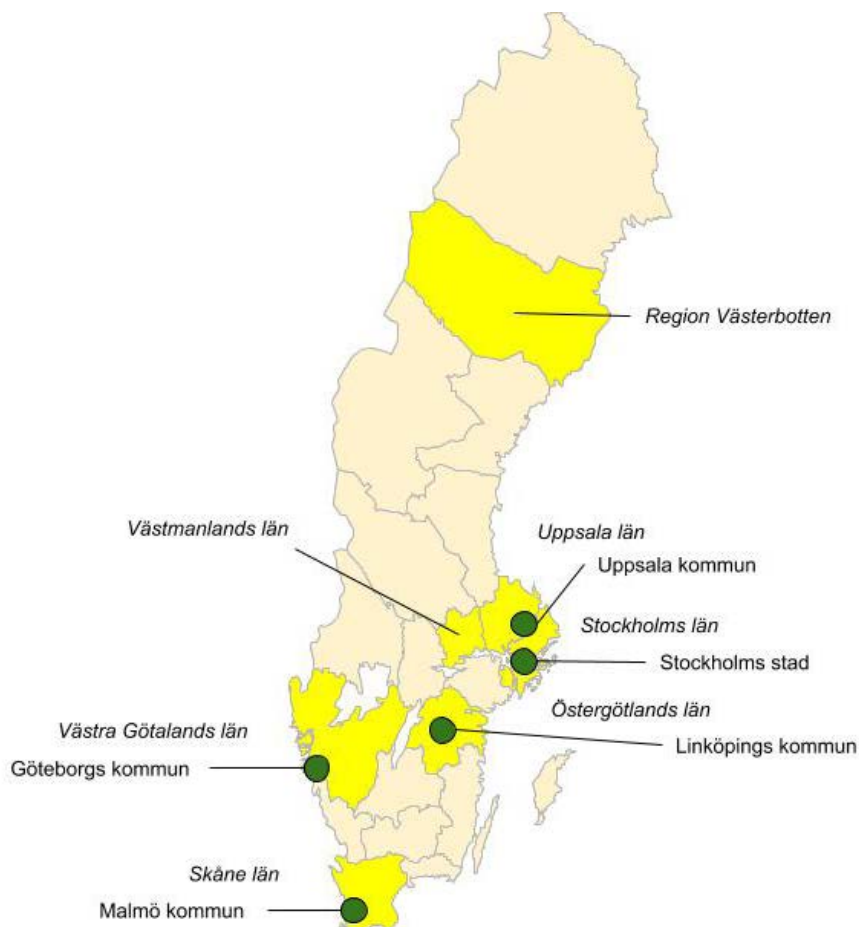
Tabellen visar de företagskategorier inklusive forskningsinstitut som inkluderades i enkätutskicket. Kategorierna innehåller företag som antingen har ett fokus på AI eller är betydande svenska aktörer inom industrier som är kopplade till klimatförändringar och där företagen därmed borde eller kan antas ha intresse av AI för klimatutmaningen.

på företagen, eller AI-teknik och strategi. Mottagarna var oftast i beslutsfattande position. Enkäten skickades även ut till forskare vid forskningsinstitut som inte är del av högre lärosäten och som hade ansökt till "AI i klimatets tjänst".

## Myndigheter, län och kommuner

Ett antal myndigheter, regioner och kommuner inkluderades också i enkätutskicket, med syfte att förstå deras kunskapsnivå och beredskap inom till exempel teknikrelaterade klimatanpassande åtgärder (se figur 5 med tillhörande tabell). Myndigheter på nationell nivå valdes ut då de givet myndigheternas ansvarsområden kunde förväntas ha insikt i AI och/eller klimatutmaningen. Myndigheterna på nationell nivå bestod av: Boverket, Energimyndigheten, Hav & Vatten, Jordbruksverket, Lantmäteriet, Livsmedelsverket, Naturvårdsverket, Rymdstyrelsen, Skatteverket, Skogsstyrelsen, SMHI och Sveriges Kommuner och Regioner.

På regional nivå skickades enkäten till länsstyrelserna i sju län, vilka inkluderade



Figur 5. Län, kommuner och myndigheter som inkluderades i enkätutskicket.

de fem största länen sett till befolkning; Västmanland som är värd för Mälardalens högskola och har deltagit i Naturvårdsverkets satsning på klimatanpassningsåtgärder, Klimatklivet; samt till Region Västerbotten där Umeå universitet ligger. Den skickades även till de fem största kommunerna i Sverige sett till befolkning.

Mottagarna av enkäten vid myndigheterna utgjordes av personer i ledarpositioner inom klimat, miljö eller digitalisering. Svarsfrekvensen var högst bland mottagare vid de högre lärosätena, både i absoluta tal men även sett relativt till storleken på mottagargrupperna. Av de sju mottagarna på läns- och regionnivå så var det två som svarade. Bland städernas sex mottagare i fem städer svarade två. Bland de oberoende forskningsinstituten, där alla personer hade skickat in ansökningar till "AI i klimatets tjänst" svarade fem av sex tillfrågade. Bland länsstyrelsernas mottagare hade en av de tillfrågade skickat in en ansökning till utlysningen men de två som svarade hade inte varit med. Ingen av myndigheterna hade deltagit i utlysningen. Där hade fem av tolv svarat på enkäten.

## Sammanfattning

Kartläggningen av pågående forskning och utveckling vid de högre lärosätena tyder på att dagens forskning och utveckling om AI har flera inriktningar och är spridda över ett flertal av landets universitet och högskolor. Vissa projekt fokuserar på att utveckla lösningar för lokala utmaningar som att minska utsläppen från lokal kollektivtrafik i en stad. Andra rör mer allmängiltiga frågor som etiska tillämpningar av AI.

Denna mångfald skulle kunna bidra med viktiga erfarenheter och kompetens för forskning och utveckling inom området AI i klimatets tjäns. Detta kan gälla allt från insamling till analys av data, till försök att skala upp mindre experiment till större skala. Det är dock också tydligt att området skulle tjäna på någon form av systematisering. Klimatutmaningens komplexitet och spännvidd kräver en stark infrastruktur som samlar, organiserar och stöttar forskning, innovationer och utveckling. En sådan tydlig samordning gör det också enklare att utveckla samarbeten med internationella partners och teknikföretag.

Kartläggningen indikerar att det idag är få klimat- och hållbarhetsforskare som inriktar sig på användningen av AI-metoder i sin forskning. Likadant verkar det vara få av de pågående forskningsaktiviteterna som har klimatutmaningen som centralt ramverk, mål eller syfte. Bristen indikerar att två fält där Sverige är internationellt framstående, hållbarhet och teknik, inte tas tillvara fullt ut idag.







# 6. AI för klimatutmaningen i Sverige: resultat från enkätundersökning och expertintervjuer

Här presenteras resultaten av det enkätutskick som gjordes med syfte att ge en nulägesbild över forskningsfältet AI för klimatet, samt intervjuerna, vilka ämnade att bidra med fördjupade insikter och internationella perspektiv. Enkäten, som presenteras i sin helhet i Appendix 2, var uppdelad i fyra delar:

1. AI för klimatutmaningen - Ert pågående arbete
2. Information om existerande AI-projekt
3. AI-tekniker av intresse
4. Potential och hinder

Enkäten skickades ut till utvalda högre lärosäten, företag, och myndigheter (se kap. 5 för mer detaljerad information). Utskicken gjordes i tre omgångar från mitten av oktober till början av november, plus fyra omgångar av påminnelser. Totalt skickades enkäten till 159 olika aktörer varav 64 svarade, vilket gav en svarsfrekvens på 40%.

## Enkätresultat

Nedan följer en sammanställning av enkätsvaren samt exempel på fritextsvar.

### Flervalsfrågor

Hur långt har er organisation kommit vad gäller tillämpningar av AI för klimatutmaningen? Hälften av företagen och lärosätena hade redan pågående projekt (Diagram 1). Hela 80% av de svarandena vid lärosätena hade sökt medel. Svaren från myndigheter indikerar överlag en lägre närvaro och 40% av de svarande hade ej diskuterat frågan.

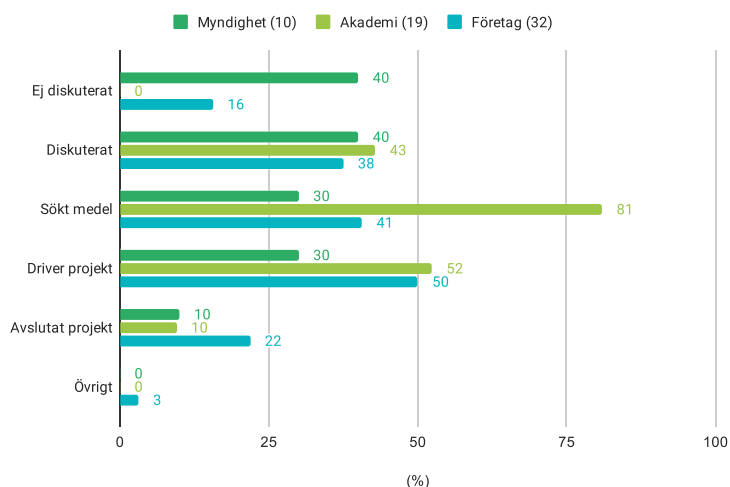


Diagram 1: "Hur långt har er organisation kommit vad gäller tillämpningar av AI för klimatutmaningen?". Frågan var en flervalsfråga.

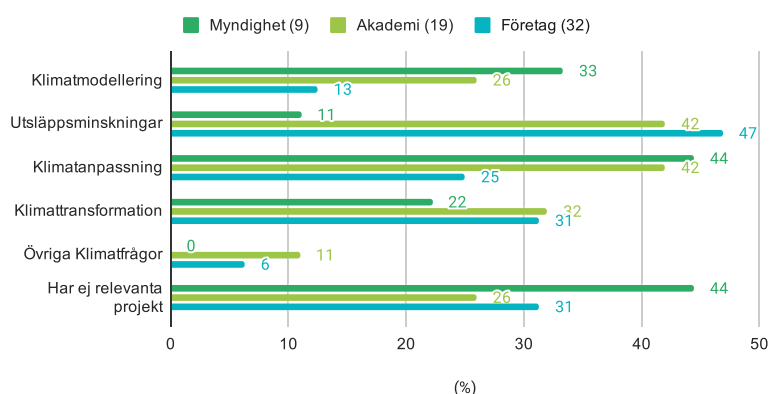
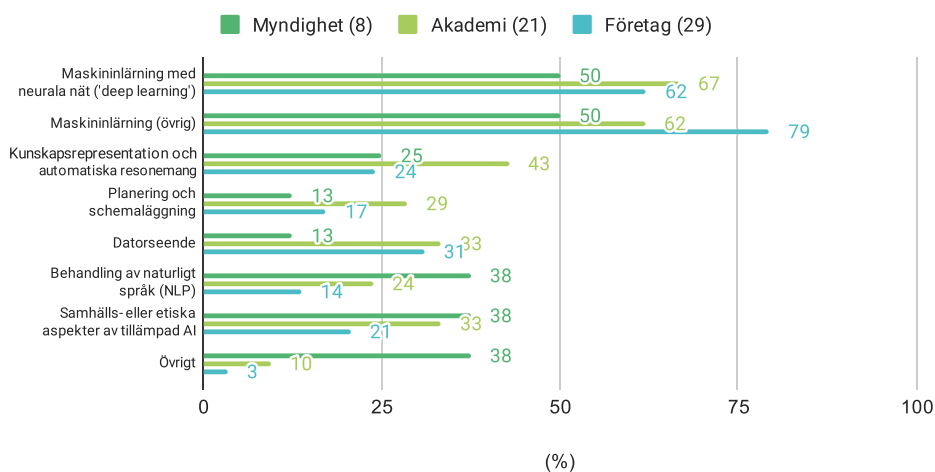


Diagram 2: "Om du eller din organisation idag har projekt som tillämpar AI för klimatutmaningen, vilka fokus har dessa?" där svar från högre lärosäten (akademi), myndigheter och företag, har svarat. Frågan var en flervalsfråga.

Svaren på frågan "Om du eller din organisation redan idag har projekt som tillämpar AI för klimatutmaningen, vilket fokus har dessa?", kan ses i Diagram 2 till vänster. Det framgår att myndigheter har flest projekt inom klimatmodellering och klimatanpassning, och färre inom utsläppsminskande projekt. Däremot har nästan 50% av de 32 svarande företagen fler projekt inom utsläppsminskning. Akademin bedriver lika många projekt inom utsläppsminskningar och klimatanpassning. Klimattransformationsprojekt (t.ex. disruptiv innovation, system-entreprenörskap, djupare infrastruktur- eller normförändringar) drivs av samtliga aktörer, ca 20% av myndigheter, och 30% av företag och akademi.



Det är också intressant att i Diagram 3 till vänster se vilka AI-tekniker de olika tillfrågade personerna arbetar med idag. Där kan vi se att det är framförallt maskininlärning och neurala nät, vilka används av samtliga. De tillfrågade företagen jobbar relativt lite med så kallad "Natural Language Processing" eller NLP, som i sin tur är ett större applikationsområde bland myndigheter. Myndigheter skulle kunna bli starkare med att applicera planering och schemaläggning, och datorseende (computer vision).

Diagram 3: "Vilken typ av AI-tekniker, eller aspekter av AI, arbetar ni med idag, eller har kompetens inom?" Frågan var en flervalsfråga.

Svaren på frågan "vilka ser ni som de svåraste hindren för att använda (eller skala upp) tillämpningar av AI för klimatutmaningen i er verksamhet?", ses i Diagram 4 till höger. Där ser vi att det största hindret är ekonomiska resurser. Myndigheter anger i högre grad än akademi och företag att 'brist på AI-kompetens' utgör ett hinder, medan företagen uppger att 'brist på lämpliga data' är ett mycket större hinder. Skillnaden skulle kunna bero på att insikten att mer data alltid behövs kommer efter att AI-kompetens har rekryterats, eller att myndigheter sitter på all data de behöver.

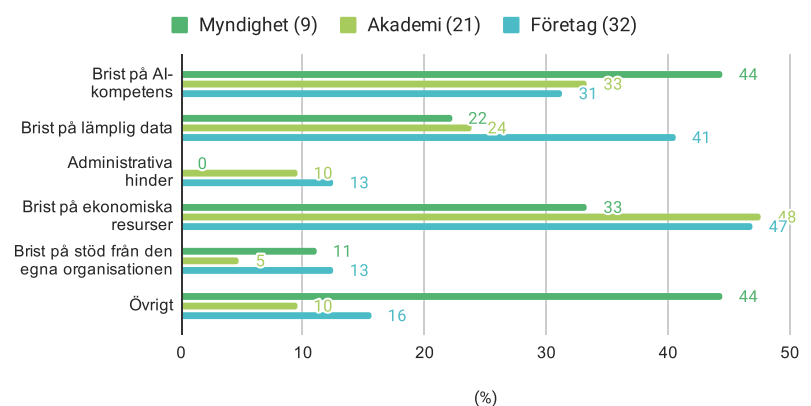


Diagram 4: Resultaten på flervalsfrågan "Vilka ser ni som de svåraste hindren för att använda (eller skala upp) tillämpningar av AI för klimatutmaningen i er verksamhet?".

Fritextsvaren för frågan "vilka ser ni som de svåraste hindren för att använda (eller skala upp) tillämpningar av AI för klimatutmaningen i er verksamhet?" var också intressanta. Myndigheterna nämnde GDPR-lagstiftningen som ett av de största hindren, avsaknaden av ett tydligt behov, och att intern AI-kompetens

saknades. Akademin svarade också att ett av hindren var att det saknas högupplöst data utan problem kring sekretess. Företagen nämnde bl.a. att de största hindren var att teknikmognad och kunskap saknades hos kund. Bristen på data, eller snarare tillförlitliga data, var också en utmaning.

## Sammanfattning

Av 159 tillfrågade svarade 64 olika myndigheter, högre lärosäten och företag. Några viktiga slutsatser från enkätmaterialen är att svenska företag och högre lärosäten tycks ha kommit längre än myndigheter i sitt AI-arbete. Majoriteten av arbetet fokuserar på projekt med syfte att bidra till utsläppsminskningar och till klimatanpassning, och framför allt med fokus på att tillämpa AI-tekniker som t.ex. neurala nät och maskininlärning.

Bland uppfattade hinder finns brist på AI-kompetens och brist på ekonomiska resurser, interna såväl som externa. Generellt så nämner de flesta att de kontinuerligt är i behov av mer och bättre data. Många anger att de gärna ser ett tydligare uttalat behov av AI för klimatutmaningen och att

en ökad kunskapsnivå hos deras egna organisation, liksom hos kunden, är viktigt för att det skall bli större genomslag för ämnet.

Det är värt att notera att svarsfrekvensen är högst bland de som fick enkätens första utskick, d.v.s. de som deltog i den första omgången av Vinnovas och Formas utlysning "AI i klimatets tjänst". Det tyder på att de som är mest villiga att svara är de som redan arbetar med- eller har funderat över både AI och klimatutmaningen. Svarsfrekvensen om strax under 50% hos de tillfrågade myndigheterna på nationell nivå tyder på att det finns ett intresse för ämnet AI och klimatutmaningen inom de myndigheter som har något av ämnena som sitt ansvarsområde. Däremot var svarsfrekvensen lägre hos myndigheterna på läns- och stadsnivå. Paradoxen är att de senare nämnda myndigheterna är mer direkt berörda och kommer att behöva

planera för anpassning till- eller minskning av lokala effekter av kommande klimatförändringar. Resultaten indikerar att kunskapen om AI och/eller klimatutmaningen bland myndigheter på mer lokala nivåer kan vara bristande, att andra frågor har högre prioritet och att en förmodad hög arbetsbörda i kombination med de andra faktorerna skapar en motvillighet att svara på enkäter.

## Resultat från intervjuer med svenska och utländska experter

I följande avsnitt presenteras de viktigaste resultaten från intervjuer med ett urval svenska och utländska experter om AI-landskapet i Sverige och utomlands, samt om specifika tillämpningar av AI för klimatutmaningen. Intervjupersonerna är listade i Appendix 4. Det begränsade urvalet gör att dessa intervjuer inte ska ses som representativa för alla experter inom området, utan som ett kompletterande material till andra delar av rapporten. Intervjuerna har genomförts och sammanfattats av samtliga författare till den här rapporten. De viktigaste fem resultaten är:

### 1. Sverige kan bli internationellt ledande inom AI för klimatutmaningen

Det är tydligt att det finns ett ökat internationellt intresse för tillämpningar av AI för klimatutmaningen. Sverige ligger på många sätt både före och efter andra länder inom detta område. Stora satsningar görs just nu bland annat i Tyskland och USA, till exempel genom investeringar i omfattande AI-infrastruktur och nästa generations klimatmodeller. Inom FN-systemet pågår flera initiativ som på olika sätt berör AI-tillämpningar för de globala hållbarhetsmålen. Flera noterar att flera av Sveriges AI-satsningar som Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software (WASP) och AI Sweden, inklusive internationella initiativ som Program och Global Partnership on AI saknar en tydlig klimat- och hållbarhetsprofil. Med tanke på Sveriges starka profilering i klimat- och hållbarhetsfrågor, etik och jämställdhetsfrågor, innovation och digitalisering så menar flera att Sverige skulle kunna spela en viktig roll på den internationella AI-arenan.

### 2. AI är en delmängd i en större teknik- och samhällsförändring

Flera intervjupersoner noterar att AI inte är en isolerad teknik, utan tvärtom hänger tätt samman med andra tekniker som 5G, "Internet of Things", robotik, sensorer, och satellitteknologi. Denna utveckling sker dessutom inom ett snabbt skiftande policy- och ekonomiskt landskap där klimatfrågan får ett allt större genomslag inom i stort sett alla samhällsområden. I många fall finns både data och teknik på plats för klimatitillämpningar, men dessa hindras av bristande lagstiftning och/eller ottydliga ekonomiska spelregler. Detta innebär dels

att AI-satsningar riskerar att förlora synergimöjligheter som finns inom annan teknikutveckling, eller att de genom sitt fokus på Sverige kan leda till negativa sidoeffekter i andra länder. Framtida satsningar inom AI för klimatutmaningen från näringsliv och myndigheter, inklusive forskningsfinansierare, bör därför ha ett tydligt systemperspektiv som fångar in såväl en mångfald av tekniker förbundna med AI-utvecklingen, som klimatfrågans bredd inom och utanför Sverige.

### 3. Internationella samarbeten kan stärka tillgången till AI-kompetens i Sverige

I takt med att intresset för AI växer, så växer också behovet av att rekrytera rätt kompetens som kan överbrygga olika kunskapsområden. Flera av de intervjuade påpekar att det är svårt att hitta rätt kompetens i Sverige, vilket syns bland nystartade företag där det idag saknas starka företag och företagsidéer som använder AI för klimatutmaningen. Flera noterar dock att infrastruktur och data (äminstone för klimatforskning) blir alltmer öppen och kollaborativ online, med öppna AI-verktyg, databaser och växande internationella samarbeten. Svenska initiativ och finansiering inom AI för klimatutmaningen bör därför bygga på starka internationella samarbeten.

### 4. AI har en potential som går bortom optimering

Potentialen för AI-tekniker för klimatutmaningen har länge varit fokuserad på den typ av frågor och system där det finns en tydlig och stor potential för optimeringsvinster. Detta gäller t.ex. frågor som energi- och värmesystem, transporter, och minskad användning av andra resurser som vatten och näringsämnen. Praktiskt taget samtliga intervjuade noterar att potentialen för AI-tekniker dock är betydligt större med möjligheter till bland annat förstärkt och automatiserad övervakning (av t.ex. väderdata och analys av företags klimatutsläpp), tidiga varningssystem för klimatrelaterade naturkatastrofer, och prediktiva analyser som kan bidra till att förflytta investeringar och kapital från klimatskadliga aktiviteter.\*

### 5. En dataparadox?

Tillgång på data är en återkommande fråga i de generella diskussionerna om AI och dess tillämpningar. Detta är också ett återkommande ämne bland våra intervjupersoner. Som kapitel 8 visar nedan så finns det redan idag en rad databaser och tillgängliga data. Trots detta noterar flera intervjupersoner att det ofta saknas högkvalitativa data för att kunna göra intressanta tillämpningar av AI för klimatutmaningen. Det tycks därför vara viktigt med en tydlig strategi för hur existerande datakällor ska kunna göras användbara för tillämpningar av AI-tekniker för klimatutmaningen.

\* Fler exempel finns i vår sammanställning i kapitel 3.





# 7. Finansiering och utlysningar inriktade på AI för klimatutmaningen

En viktig aspekt av Sveriges framtida roll inom forskning och utveckling om AI för klimatutmaningen är knuten till finansiering, vilken lägger grunden för hur snabbt området kan utvecklas i Sverige. I följande kapitel sammanställer vi vår kartläggning av befintlig AI-forskning med särskilt fokus på klimatutmaningen (där det är möjligt). Analysen bygger på sökningar i databasen *Research Professional* som listar svenska och internationella utlysningar,<sup>\*</sup> liksom sökningar på de största svenska offentliga forskningsfinansiärernas hemsidor.

## WASP och WASP-HS

De hittills två största koordinerade svenska AI-satsningarna utgörs som vi nämnt tidigare av Wallenberg Autonomous Systems and Software Program (WASP), samt Wallenberg Autonomous Systems and Software Program - Humanities and Society (WASP-HS). WASP verkar i sin tur inom de två forskningsarenorna Wara Public Safety (WARA-PS) och Wara Software (WARA-SW). WASP och WASP-HS presenteras som de största forskningssatserna i Sverige någonsin och omfattar 5,5 miljarder kronor mellan 2015-2029, och med målet att bland annat utbilda 400 doktorander (Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse (no date)).

Programmen har trots sin storlek inte några projekt som explicit relaterar till området AI för klimatutmaningen. Däremot finns det ett flertal projekt som knyter an till sektorer med stor klimatpåverkan. Ett exempel från WASPs hemsida, WASP Sustainability, är klustret för automatiserade transporter (Automated Transport Systems (ATS)), där forskningen bland annat tar avstamp i EUs politiska mål att minska utsläppen av växthusgaser. På liknande sätt kan antas att projekt som inriktas på t.ex. bildprocessering eller Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) i längden kan användas för att t.ex. övervaka naturresurser, även om sådan användning inte uttalat står i fokus i nuläget. En sökning på WASPs hemsida på i turordning: climate; klimat; hållbarhet returnerade noll resultat. En sökning

\* Sökningen utfördes 2020-11-25 i databasen för att få en bild av vilka utlysningar inriktade på AI som publicerats under 2020. Söktermen "AI" returnerade sju resultat som delvis överlappade de tre resultaten från sökningen på artificiell intelligens. Finansiärerna av de sju utlysningarna från sökningen på AI utgjordes av Vinnova (fem st), SIDA i samarbete med internationella partners (1 st) och Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond/WASP (1 st).

på "sustainability" returnerade tre resultat. År 2017 vann en dåvarande doktorand ett hållbarhetspris i en tävling för en innovation om återvinning; klustret för ATS presenterades; och en nyhetstext från 2016 presenterade en ny satsning vid Umeå universitet på automatiserade system. Vid tiden för skrivandet av den här rapporten finns två doktorandplatser öppna med fokus på AI för naturvetenskaper men klimatutmaningen nämns inte i utlysningstexterna.\*\*

## Vetenskapsrådet

Vetenskapsrådet (VR) är Sveriges största forskningsfinansiär, och hanterade mellan 2014-2019 totalt 35 000 ansökningar. Enligt sammanställningen "Vetenskapsrådets forskningsfinansiering i siffror" (Vetenskapsrådet, 2020) var det knappt några projekt med inriktning mot AI dessa år.\*\*\*

Listan över beviljade projekt i VR:s årliga öppna utlysning under 2020 (Vetenskapsrådet, 2020) innehöll två projekttitlar med uttrycket "artificiell intelligens" (se Appendix 4). Ett etableringsbidrag inom ämnet naturgeografi med inriktning ekologi om 3.2 miljoner kronor (Drönare och artificiell intelligens som hjälpmedel för att kvantifiera myrornas påverkan på den Arktiska markens kol) och ett inom ämnet nanoteknik om totalt 3.7 miljoner kronor (Utveckling av nya fotoniska metaytor med hjälp av artificiell intelligens). Ytterligare två projekt med förkortningen AI i titeln blev beviljade medel: inom ämnet Programvaruteknik (Automatiserad testning av gränser för kvalitet på AI/ML modeller) om totalt 2.18 miljoner kronor; samt inom språkteknologi (Prediktion och koordinering i konventionell AI) om totalt 4 miljoner kronor. Besluten för utlysningen för naturvetenskaper och teknikvetenskaper 2020 innehöll inga projekt med inriktning mot AI (baserat på söktermer "AI", "artificiell intelligens", "maskininlärning", "djupinlärning" och "mönsterigenkänning"). En sökning på Vetenskapsrådets hemsida, på allt innehåll, returnerade söktermen "AI" åtta resultat, där alla var nyheter (se Appendix 4).

\*\* Dessa resultat inkluderar inte en detaljerad lista över de utlysningar som har gjorts av universitet som stöts av WASP-satsningarna.

\*\*\* En sökning inom sammanställningen på AI (med hela ordet utskrivet och förkortningen AI, både på svenska och engelska, med stora och små inledande bokstäver) gav inga resultat i retur

## Formas

En annan av Sveriges största forskningsfinansiärer är Formas. En sökning gjordes i katalogen över Formas samtliga godkända forskningsprojekt. Totalt återfanns 43 projekt som innefattar ett eller flera av söktermerna "artificiell intelligens", "AI", "machine learning", "maskininläring", "deep learning", "djupinläring" och "mönsterigenkänning" (se Appendix 4). Söktermen "digital transformation" genererade ytterligare fem resultat. Söktermerna "natural language processing", "naturlig språkbehandling" och "pattern recognition" returnerade inga resultat. Inom den största kategorin, söktermen "artificiell intelligens" som returnerade 25 resultat, innehöll tre andra projekt termen "klimat" som ämnesområde, vilket även repeterades i projektens SCB-klassificering. Det äldsta godkännandet var från 2015.

## Sammanfattning

Den snabba framväxten av AI reflekteras i finansieringen av forskningsprojekt, där de beviljade projekten stadigt har ökat under de senaste fem åren. Däremot tyder resultaten på att området ännu är relativt litet hos finansiärerna VR och Formas. Enbart Formas årliga öppna utlysning under året 2019 genererade 230 beviljade projekt om totalt 682 miljoner kronor (Formas, 2020). Det blir tydligt att det finns utrymme att i högre grad prioritera AI som forskningsområde. Satsningen på AI-forskning genom WASP-programmen har varit omfattande ur detta perspektiv, precis som bildandet av AI Sweden. Ur perspektivet av denna utredningen blir avsaknaden av klimat- och hållbarhetsfokus inom båda de ambitiösa AI-satsningarna som WASP-programmen utgör tydlig.





## 8. Relevanta nationella och internationella ramverk och policier

Den tekniska utvecklingen av AI går snabbt och samtidigt ökar behovet av en klimatomställning. Precis som Parisavtalet efter sitt inrättande har påverkat omställningen i hela Sverige och länder runtom i världen, så kan normer och regler kring tillämpningar av AI forma både teknikens potential och dess risker för klimatutmaningen.

I det här kapitlet lyfter vi fram vad vi ser som de mest relevanta policier och ramverk för AI och klimatutmaningen. Fokus är på viktiga bestämmelser, rekommendationer och målsättningar eller visioner på nationell, EU och internationell eller global nivå inom områdena hållbarhet och teknik. Vår kartläggning visar att AI i hög grad är utelämnat från viktiga regler och rekommendationer inom både hållbarhets- och digitaliseringsområdet. De rekommendationer kring tillämpningar av AI som finns idag är ofta spridda hos olika myndigheter, universitet och företag från nationell till global nivå.

### **Nationell nivå: de svenska miljömålen, AI-strategi, digitaliseringsstrategi och Klimatkontrakt 2030**

Sverige ses ofta som internationellt ledande när det gäller politik för en hållbar utveckling (Sachs *et al.*, 2020). De svenska klimatmålen (Naturvårdsverket, 2020c) utgör ramverket för svensk miljöpolitik. Riksdagen anger att: "Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser". Flera svenska policymål inom klimatområdet finns idag för att genomföra detta s.k. generationsmål. Målet om "begränsad klimatpåverkan" (Naturvårdsverket, 2020a) anger att det krävs samhällsförändringar och teknikutveckling för att kunna hålla den globala uppvärmningen under två grader. Till detta tillkommer landets klimatpolitiska ramverk som trädde i kraft den 1 januari 2018. Detta ramverk baseras på Parisavtalet och ålägger ett ansvar åt nuvarande och framtida regeringar att föra en politik som utgår från klimatmålen, och att regelbundet rapportera om utvecklingen.

Parallellt med det klimatpolitiska ramverket samarbetar myndigheter på flera nivåer för att översätta de s.k. Aichimålen för bevarandet av biologisk mångfald. Naturvårdsverket, Havs- och vattenmyndigheten, Skogsstyrelsen, Sametinget samt Jordbruksverket finns representerade i den svenska gruppen som förhandlar om målen i den nya strategin från 2021 (Naturvårdsverket, 2020b).

Sveriges digitaliseringsstrategi (Regeringskansliet, 2017) lanserades 2017, med målsättningen att landet skall bli bäst i världen på att ta tillvara på digitaliseringens möjligheter. Strategin följdes upp under 2018 med Regeringskansliets rapport "Nationell inriktning för artificiell intelligens" (Regeringskansliet, 2018). Strategin och rapporten nämner båda två behovet av att öka AI-arbetet i Sverige och internationellt. Samarbeten mellan sektorer och över geografiska gränser uppmuntras, främst med andra EU-länder. Den senare, AI-rapporten, lyfter även fram vikten av att identifiera olika länders och aktörers behov och expertis.

### **EU-nivå: program för forskning, utveckling och innovation – MFF, Digital Europe och Horizon Europe**

I maj 2020 lanserades EU:s förslag till en långsiktig budget (Multiannual Financial Framework (MFF)), som syftar till att stötta återuppbyggandet av EU:s ekonomier under och efter coronapandemin (European Commission, 2020f). MFF-ramverket omfattar 1,1 biljoner euro och skall gälla för perioden 2021-2027. Ett finansiellt återhämningsinstrument, Next Generation Europe, lanserades också och syftar till att stötta andra EU-program, bland annat olika digitaliseringsinitiativ. Det föreslagna instrumentet sträcker sig över åren 2021-2024 och har en totalbudget på 750 miljarder euro (*ibid.*).

Flera av de ingående programmen berör digitalisering och teknik på olika sätt. Några av de som är mest relevanta för forskning och AI presenteras nedan. Programmen överlappar varandra delvis men skiljer sig genom syften och förväntade resultat. Medan Horizon Europe syftar till att stödja forskning och teknisk utveckling fokuserar det parallella programmet Digital Europe på investeringar i storskalig digital kapacitet och byggande av infrastruktur. Målsättningen är ett brett upptag på marknaden och en ökad tillämpning av digitala lösningar.

EU-kommissionen har avsatt 9,2 miljarder euro till programmet Digital Europe (DEP) (European Commission, 2020e) för att accelerera EU:s återhämtning och digitala transformation. Programmet är utformat för att överbrygga forskning och spridning av digitala tekniker, samt för att tillgängliggöra och kommersialisera resultaten. Programmet syftar direkt till att stärka AI-kapaciteter genom investeringar i till exempel dataresurser och bibliotek för AI-algoritmer, vilka också skall göras öppet tillgängliga för företag och myndigheter.



EU:s ramprogram är också ur ett svenskt perspektiv en viktig forskningsfinansierare. Det nya ramprogrammet för forskning och innovation (2021-2027), Horizon Europe (European Commission, 2020a), lanserades av Europakommissionen den 1 januari 2021 och består av en innovationsfond på 100 miljarder euro. En femtedel av Horizon Europe-budgeten förväntas gå till programmets digitala agenda (European Commission, 2020e). Ramprogrammet skall finansiera projekt inom fem visionsdrivna utmaningar där två riktas direkt mot klimatutmaningen (märkta i fetstil):

- **Klimatanpassning, däribland omvandling av samhället**
- Cancer
- **Klimatneutrala och smarta städer**
- Friska hav, kust- och inlandsvatten
- Markens tillstånd och livsmedel

Det nya ramprogrammet innebär att även det svenska innovationssystemet, t.ex. Vinnovas utlysningar, kommer att riktas mot samma visionsdrivna utmaningar som övriga EU.

### **EU:s gröna giv (the EU Green Deal)**

EU:s Green Deal är Europeiska Unionens tillväxtstrategi som har utformats mot bakgrund av insikten att klimatförändringar och miljöförstöring är ett hot mot människors välfärd i Europa och världen i stort. Målsättningen är att bidra till att göra EU till den första klimatneutrala kontinenten i världen (European Commission, 2019). Den övergripande målsättningen vilar på tre delmål:

- Inga nettoutsläpp av växthusgaser år 2050
- Ekonomisk tillväxt har fränkopplats från resursanvändning
- En rättvis och inkluderande omställning

I september 2020 ökades ambitionerna då EU-kommissionens ordförande Ursula von der Leyen presenterade ett tillägg till förslaget, som anger att EU bör sänka sina koldioxidutsläpp med 55% fram till 2030 jämfört med nivåerna år 1990, för att nå klimatneutralitet till 2050 (European Commission, 2020d).

Handlingsplanen för att nå Green Deals övergripande mål vilar på två grundpelare: att verka för en effektiv resursanvändning genom att ställa om till en ren, cirkulär ekonomi; samt att återställa den biologiska mångfalden och att minska föroreningar (European Commission, 2019).

Ett antal sektorer pekas ut som i särskilt behov av omställning, och de kan i olika grader kopplas till användningen av AI. Högst på listan över nödvändiga insatser står "att investera i miljövänliga teknologier". Det är även den sektor som kanske mest direkt pekar till möjligheter till utveckling av AI för klimatutmaningen. AI kan också i princip bidra till omställningen inom andra områden som att stödja industrins förmåga att ta fram innovationer, och att göra byggnader mer energieffektiva (European Commission, 2019).

### **EU:s strategi för biologisk mångfald**

EU:s partnerskap till den globala konventionen för biologisk mångfald följs av en EU-strategi och tillhörande handlingsplan för biologisk mångfald. Från år 2030 skall enligt unionens målsättning Europas biologiska mångfald ha börjat återhämta sig och därigenom bidra till ambitionen att unionens arbete att hantera klimatutmaningen. Strategin strävar även efter att bygga samhälllig resiliens mot framtida hot som effekter av klimatförändringar, skogsbränder, matbrist eller sjukdomsutbrott, inklusive att skydda vilda djur och växter och att motverka illegal handel med vilda djur. Även om strategin innehåller delar som berör användningen av teknik genom dess koppling till Konventionen för biologisk mångfald, så nämner den inte AI specifikt (European Commission, 2020b).

### **Internationell nivå: Parisavtalet, Konventionen om biologisk mångfald, De globala hållbarhetsmålen (SDGs)**

Det viktigaste internationella ramverket inom klimatområdet är Parisavtalet som innehåller en blandning av bindande och icke-bindande komponenter. Avtalet, som trädde i kraft under 2016, anger att global uppvärmning skall hållas under två grader, med under 1,5 grader som riktlinje.

Konventionen om biologisk mångfald (CBD) (Convention on Biological Diversity, 2020) trädde i kraft 1993. EU utgör en av de 196 parter som har skrivit under avtalet och har därmed förbundit sig att bidra till att gemensamt bevara arter, hållbart nyttja resurser och fördela vinster från genetiska resurser rättvist. Strategin för att implementera konventionen under 2010-2020 innehöll mål, de s.k. Aichimålen. De handlade om att betydelsen av biologisk mångfald och värdet av ekosystemtjänster ska vara allmänt kända och integreras i ekonomiska ställningstaganden och andra beslut i samhället där det är relevant och skäligt, senast 2020. En revidering av dessa mål väntas under år 2021.

De 17 globala hållbarhetsmålen (Sustainable Development Goals (SDGs)), definierar en gemensam utvecklingsagenda som kopplar ihop olika globala utmaningar som klimatförändringar, miljöförstöring, fattigdom, ojämlikheter och orättvisor. Teknologi utgör inte ett centralt tema i målen, men anges som ett relaterat ämne till mål nummer 17, "Strengthen the means of implementation and revitalize the global partnership for sustainable development" (UN Department of Economic and Social Affairs, 2020). Kopplingen mellan SDGs och AI är flera och har kartlagts av bland andra ett team lett av forskare vid KTH (Vinuesa et al., 2020) som visade att AI kan möjliggöra 134 av SDG-delmålen, men också motverka 59 av dem.

Artikeln framhäver ett antal punkter relaterade till hur AI kan komma att påverka den globala utvecklingen. Bland annat belyser den sannolikheten för att AI kan komma att fördjupa klyftor mellan länder och personer med god tillgång till resurser som kunskap, data och datorkraft, och dem som inte har sådan tillgång. Den framhäver även vikten av institutionella regelverk för AI-utvecklingen för att

undvika risker som brist på transparens, säkerhet och etiska standarder. Samtidigt påpekar artikeln att det idag är svårt att förutsäga hur appliceringar av AI kommer att påverka institutioner och deras funktioner.

### **Etiska riktlinjer för användningen av AI**

Det finns i nuläget en uppsjö av riktlinjer för hur AI kan utvecklas etiskt eller ansvarsfullt (s.k. "responsible AI"). Vissa av dessa riktlinjer är specifika för ett område (till exempel medicinska tillämpningar), medan andra är mer övergripande. Flera är framtagna av stora teknikföretag, eller sammanslutningar av länder inom FN-organ eller andra internationella samarbeten som OECD (se Appendix 5). Det finns dock inga globalt gemensamma regler som reglerar användningen av AI-tekniker, även om det just nu pågår en intensiv internationell debatt om möjliga styrande internationella normer (Winfield and Jirotko, 2018; Rességuier and Rodrigues, 2020).

De senaste åren har sett en stark framväxt av initiativ inom detta område. Ett exempel är Global Partnership on AI (GPAI) som idag inkluderar över 40 medlemsländer, vilka ska arbeta för att AI används ansvarsfullt och respekterar mänskliga rättigheter och demokratiska värderingar (Plonk, 2020). Andra initiativ försöker reglera militära användningar av AI-tekniker (Gómez de Ágreda, 2020) och andra autonoma tekniker (IEEE SA, 2020). Till detta tillkommer flera nationella ramverk (OECD AI Policy Observatory, 2020). Tidigare studier visar att få riktlinjer om "responsible AI" tar sig an frågor som berör klimatutmaningen och hållbarhet (Galaz *et al.*, 2021).

EU-strategin Communication Artificial Intelligence for Europe (European Commission, 2018) anger ambitionen att EU skall bli ledare inom AI-revolutionen, och konstaterar att förutsättningarna finns genom bl.a. en stark kunskapsgrund med ett flertal ledande universitet, samt innovativa start-ups. Dokumentet poängterar att ett AI-ledarskap skall baseras på EU:s värderingar, vilka bland annat lyfter fram betydelsen av samarbeten mellan EU-medlemmar och en digital transformation som är socialt inkluderande. Strategin gav upphov till skapandet av EU's High-Level Expert Group on AI (European Commission, 2020c) som består av 52 medlemmar. Gruppen ansvarade för framtagandet av

rapporten Ethics guidelines for trustworthy AI (European Commission: Independent High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (AI HLEG), 2019) som innehåller sju riktlinjer för en ansvarsfull utveckling av AI. Klimatet nämns inte specifikt men däremot behovet av "socialt och ekologiskt välstånd".\* Den internationella litteraturen visar dock att frivilliga riktlinjer som dessa hittills inte har haft förmågan att styra beslut som förväntat, och riskerar att användas mer som PR-verktyg än som styrverktyg för beslut (Hagendorff, 2020).

AI-teknikens etiska dimensioner och "ansvarsfull AI" har rönt stort intresse de senaste åren. Det är ett snabbt växande forskningsfält internationellt och i Sverige tack vare satsningar genom WASP-HS programmet (kapitel 7).

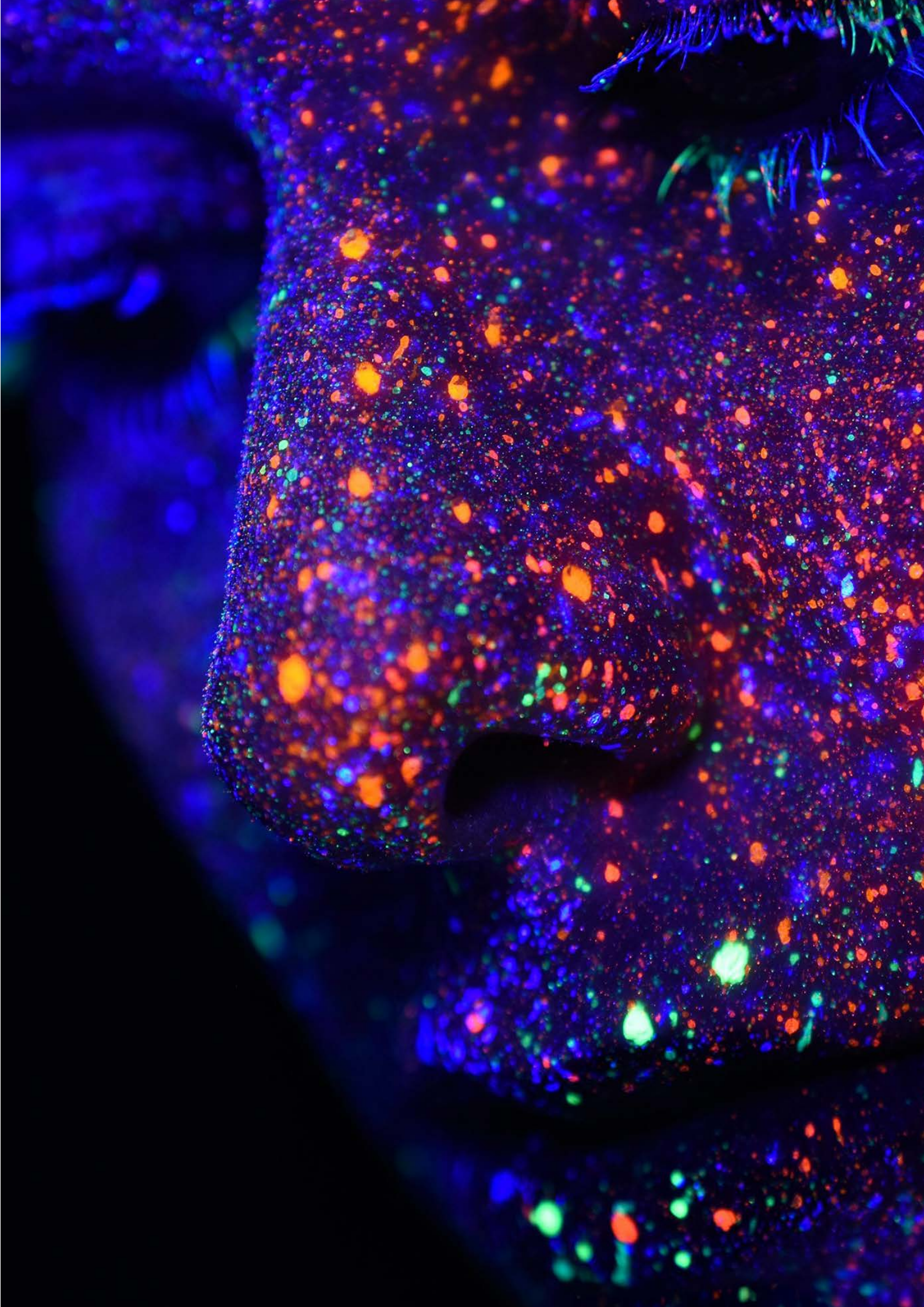
## **Sammanfattning**

Utvecklingen av internationella ramverk och policies inom klimat- och hållbarhetsområdet är omfattande. Inom AI-området är policyutvecklingen under snabb framväxt, genom flera internationella initiativ och intensiva diskussioner om behovet av internationella normer och bindande regelverk. Det finns ett visst överlapp mellan dessa områden, framför allt på den europeiska arenan där specifika investeringar kopplar ihop klimat-, hållbarhets- och digitaliseringsagendan med AI som en viktig komponent.

Det är dock tydligt att det idag saknas en tydlig samlande internationell arena och policies som hanterar klimatutmaningen och utvecklingen av AI-tekniker som en helhet, både vad gäller dess möjligheter och risker. Sverige har tydliga förutsättningar att bli ledande inom ansvarsfull AI-innovation för omställningar till ökad hållbarhet och kapacitet att möta klimatutmaningen. En nationell strategi för AI-utveckling med fokus på klimatutmaningen kan både samla pågående AI-satsningar, bidra till att accelerera utveckling och upptag av dessa tekniker, och attrahera ledande talang inom hållbarhets- och AI-området.

\* "Societal and environmental well-being: AI systems should benefit all human beings, including future generations. It must hence be ensured that they are sustainable and environmentally friendly. Moreover, they should take into account the environment, including other living beings, and their social and societal impact should be carefully considered."







# 9. Tillgängliga data och potential

Data, allt från enkla temperaturpunkter vid olika tidpunkter till satellitbilder i 12 olika färger, är alla essentiella för att kunna göra innovativ AI-analys. I följande kapitel går vi igenom relevanta öppna data som har identifierats under kartläggningsarbetet, och ger exempel på verktyg för att visuellt utforska klimatdata baserat på befintlig litteratur och intervjuer med experter.

Vad är klimatrelaterade data? En tolkning är att det är data som genom hur de kan användas kan kopplas tydligt till FN:s hållbarhetsmål. Mer direkta exempel är CO<sub>2</sub>-ekvivalenta utsläppsdata, föroreningsmätningar, väderdata, satellitbilder för vegetationsindex, skördekartering, energiförbrukning och energiproduktionsflöden, och typ och mängd av avfall. Men indirekta datakällor kan också vara av intresse. Individuella transaktionsdata för inköp kan till exempel jämföras mot en databas över tjänsters och produkters klimatavtryck för att därigenom ge människor möjligheten att konsumera mer medvetet, något som tjänster som Doconomy och Svalna erbjuder redan idag. Klimatrelevansen uppstår genom tillämpningen och det finns därför ingen skarp avgränsning av vad som utgör klimatrelaterade data.

## Datakataloger

Det finns redan ett flertal svenska initiativ för att samla och katalogisera data och datakällor och göra dessa sökbara på ett ställe. En utmaning för denna kartläggning är att klimatrelaterade data inte är ett välavgränsat begrepp, utan ett flertal relevanta kategorier får genomsökas.

### Digg & dataportal.se

DIGG är svenska myndigheten för 'digital förvaltning'. DIGG har ett initiativ kallat dataportalen.se som är en nationell resurs för samhällets, näringslivets och den offentliga sektorns utveckling. Sveriges dataportal samordnar och tillgängliggör datamängder som tillhandahålls av offentliga och privata organisationer. Den har ett stort antal datamängder tillgängliga som csv-filer eller via API-access. I Appendix 5 illustreras relevanta kategorier, och datakällor i varje kategori.

## Lista på datakällor

Nedan listas två exempel som innehåller klimatrelaterade data och är lättillgängliga. För fler exempel och en katalog över funna datakällor se Appendix 5. Många av datakällorna kommer från Malin Crona m.fl, chefredaktör på tidningen "Aktuell Hållbarhet", och fylls på i följande dokument under rubriken "Datakällor att ha koll på för journalister som vill bevaka klimatfrågor". Se Appendix 5 för länk.

**Utsläppsdata - Nationella Emissionsdatabasen och körsträckedata** av RUS, Regional Utveckling och Samverkan, Länsstyrelserna.

<http://extra.lansstyrelsen.se/rus/Sv/statistik-och-data/Pages/default.aspx> hämtad 2020-11-18

Nationella databasen för luftutsläpp (emissioner). Utsläppsstatistiken som presenteras i databasen finns tillgänglig på läns- och kommunnivå. Databasen innehåller också statistik för fordon, körsträckor och bränsleförbrukning på kommunnivå. Datan används av till exempel tjänsten "ClimateView" för att visualisera för sina kunder, t.ex. kommuner, deras utsläppsnivåer.

Utsläppsdata presenteras på tre olika sätt (se även meny till vänster):

På karta (läns- och kommunnivå)

- I diagram (nationell och länsnivå)
- I Excel-fil (nationell, läns- och kommunnivå. Data på kommunnivå finns i de länsvisa datafilerna)

**Energidata - Kontrollrummet**, av Svenska Kraftnät

Tjänst som visar all elproduktion i Sverige, i realtid, där också import och export energiflöden kring Östersjön är visualiserade. <https://www.svk.se/en/national-grid/the-control-room/> hämtad 2020-11-18.

Tjänsten och datan används av bl.a. tjänsten "electricityMap.org" av startupen Tomorrow, som visualiserar all världens elproduktion och hur klimatneutral denna produktion är.

## Framtida datakällor och initiativ kring öppna data

Det pågår flera initiativ kring framtida datakällor och så kallade data-labs. Ett data-lab kan beskrivas som ett projekt finansierat av Vinnova, som i huvudsak är till för att ta reda på hur data och kunskap kring datan kan tillgängliggöras på bästa sätt. För en fullständig lista över framtida datakällor och data-labs, relaterade till klimatdata, se Appendix 5. Ett exempel är Boverket som är i färd med att skapa en generisk klimatdatabas för byggmaterial, beräknad att vara klar januari 2021.

Svenska regeringen och myndigheter börjar inse värdet av lättillgängliga data. I rapporten "Tillgängliggörande av särskilt värdefulla datamängder" som gjordes av Lantmäteriet och Bolagsverket år 2020, på uppdrag av regeringen, fastslogs det att öppna myndighetsdata skulle



kunna ge stor samhällsnytta. Det uppskattas i rapporten att om myndigheternas data skulle göras tillgänglig, skulle den samhällsekonomiska nyttan bli minst elva miljarder kronor om året (Svedlund *et al.*) (Lantmäteriet, 2020).

## Verktyg och verktygskedjor ("Tools and toolchains")

Data i sig saknar värde om det inte kan illustreras eller visualisera sin innebörd och sättas i ett sammanhang. Under projektets gång fångade några verktyg författarnas intresse som är värda att nämna.

**ClimateVisualizer**, av klimatsekreteriatet

Illustrerar koldioxidbudget för kommuner. <https://climate-visualizer.netlify.app/>

**Panorama Sverige**, av Climate View m.fl

För att visualisera de svenska utsläppen <https://app.climateview.global/public/board/ec2d0cdf-e70e-43fb-85cb-ed6b31ee1e09>

**Electricity Map**, av tomorrow

En global energianvändningskarta, hur energin flödar och hur energin framställs i varje land med respektive koldioxidutsläpp per wattimme.

<https://www.electricitymap.org/map>

**Klimatanpassning.se** - ett nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning vid SMHI, på uppdrag av svenska regeringen

Information om anpassning till klimatförändringar, från svenska myndigheter. <https://www.klimatanpassning.se/>

## Klimatforskning med hjälp av Open Source verktyg

Open Source communities där kunniga utvecklare och experter från hela världen hjälper varandra i digitala samarbetsprojekt har visat sig ha mycket stor potential. Ett sätt att engagera sig i öppna digitala projekt som tar sig an några av våra största utmaningar, är att på sajten github.com (Github) söka på "Climate Change". Github är i korthet en hemsida där utvecklare och programmerare lagrar sin kod, och kan göra den tillgänglig för andra att granska. Ett exempel på ett framgångsrikt open-source projekt är det ovan nämnda Electricity Map. De gör sin data och sitt verktyg tillgängligt för alla, men säljer predikterade elspotpriser till industrier runt om i Europa. Andra intressanta exempel på open source infrastruktur som används för klimatforskning är 2i2c Hubs\* som används bland annat för att samarbeten kring nästa generations klimatmodeller. Dessa samarbetsplattformar inkluderar allt oftare olika typer av öppna AI-verktyg.

\* <https://2i2c.org/infrastructure/>

## Vilken data har andra använt?

För att illustrerar hur data kan användas, och vilken data som används har följande exempel lyfts fram. **Electricity Map** har till exempel använt krafttillverkningsdata från svenska svk.se och internationell realtidsväderprognos från US National Weather Service's Global Forecast System (GFS)'s.\*\* Den svenska start-upen **Klimatsekreteriatet** har använt den nationella databasen för luftutsläpp som presenteras av länsstyrelsernas samverkansorgan Regional Utveckling och Samverkan i miljömålssystemet (RUS).

## Sammanfattning

Kartläggningen visar att det finns gott om möjliga datakällor, och att Sverige redan tycks ha normer på plats när det gäller datadelning. Frågan är om utmaningen inte snarare handlar om kunskapsspridning om tillgängliga datakällor, liksom om de verktyg som kan visualisera datan på ett sätt som är enkelt och tillgängligt även för icke-expert.

Det är få som under våra intervjuer uttryckt exakt vilken data de behöver, bara att mer och bättre data behövs. En tillfrågad expert såg en möjlighet för Sverige att ta ledartröjan när det kommer till datadelning. Ett sätt att underlätta skulle vara att ställa krav på all offentligt finansierad verksamhet att dela sin data öppet, alternativt krypterad men ändå användbar för t.ex. maskininlärningsapplikationer.

Flera nya initiativ, t.ex. Vinnovas data-labs, Lantmäteriets rapport "Tillgängliggörande av särskilt värdefulla data-mängder" (Lantmäteriet, 2020) och tillhörande AI-tillämpningar (Lantmäteriet, 2020; SLU, 2020) pekar på att normer kring datadelning blir allt vanligare i Sverige. I bästa fall kan den här typen av "goda exempel" inspirera fler företag och myndigheter att göra sin data tillgänglig.

En annan möjlighet som flera aktörer har påpekat, är att offentliga aktörer som regioner och kommuner börjar kräva och väga in klimatrapporering vid offentlig upphandling för att stimulera fram nya bolag. Här presenteras förslag på förbättringsmöjligheter gällande tillgänglig miljö- och klimatrelaterade data och dess potential:

- Att prioritera fler och bättre visualiseringsverktyg av den myndighetsdata som redan nu är tillgänglig.
- Jobba med utbildande initiativ för att få tjänstemän och folkvalda att förstå klimatrelaterade data och hur de kan använda det i sitt klimatarbete.
- Se till att mer myndighetsdata blir tillgängligt, och att företag som fått statliga medel ska se över möjligheten att göra sin data tillgänglig.
- Sätta krav på att myndigheter och statliga aktörer ska begära in uträkningar över motsvarande utsläpp relaterat till koldioxidekvivalenter vid offentlig upphandling.

\*\* En komplett redogörelse av de datakällor som används finns github-repon [https://github.com/tmrowco/electricitymap-contrib/blob/master/DATA\\_SOURCES.md#real-time-electricity-data-sources](https://github.com/tmrowco/electricitymap-contrib/blob/master/DATA_SOURCES.md#real-time-electricity-data-sources) (tillgänglig 2020-11-30)



# 10. Hur Sverige kan bli världsledande inom AI för klimatutmaningen

Klimatkrisen är en av de mest omfattande utmaningarna som världen ställts inför. Dess drivkrafter finns djupt inbäddade i våra produktionssystem och konsumtionsmönster. Dess effekter är omfattande och skär tvärs över samhällssektorer och geografiska gränser. Klimatkrisens negativa effekter är dessutom ojämnt fördelade och drabbar de svagaste länderna och samhällsgrupperna hårdast. Artificiell intelligens (AI) kan, som en del av en bredare och snabb teknikutveckling, i grunden förändra vår förmåga att ta oss an klimatutmaningen. I bästa fall kan AI bidra till nya möjligheter att möta klimatutmaningen i alla dess olika dimensioner: genom att bidra till accelererade utsläppsminskningar, genom att bidra till förbättrad klimatanpassning, och genom att stimulera fram klimatinnovation och djupare systemförändringar, så kallad transformation.

I detta slutkapitel sammanfattar vi de viktigaste resultaten från vår kartläggning, och presenterar vad vi ser som konkreta och nödvändiga steg om Sverige ska kunna bli en av de ledande innovationsländerna för tillämpningar av AI för klimatutmaningen. I Appendix 6 finns vår sammanfattande analys av nuläge, risker, möjligheter och möjliga nästa steg. Våra rekommendationer kan sammanfattas i sex huvudförslag enligt nedan:

## 1. Skapa tydliga målsättningar och incitament från myndigheter och forskningsfinansiärer för utvecklingen av AI inom klimatområdet

Trots ett ökat intresse för klimatutmaningen och digitalisering så saknar Sverige idag en tydligt definierad nationell innovationsstrategi för AI för klimatutmaningen. Den svenska regeringen kan, tillsammans med relevanta myndigheter och genom att skapa en tydlig vision, agera som en samlande kraft för det växande intresset för AI och klimatfrågan. Detta skulle kunna bidra till att ytterligare öka intresset nationellt, samt till att Sverige skapar sig en internationell profil med stor innovationspotential.

## 2. Satsa mer på forskning och tillämpningar av AI för klimatutmaningen

Flera stora satsningar från stat och privata aktörer har gjorts de senaste åren för att stärka svensk AI-kompetens och konkurrenskraft. Dessa har dock än så länge inte tagit sig an klimatutmaningen, trots frågans ökade betydelse och genomslag i samhället. Sveriges regering,

myndigheter och privata aktörer skulle genom att ge frågan ökad prioritet snabbt kunna hitta synergier med befintlig uppbyggnad av AI-kompetens och infrastruktur. Sverige skulle därmed kunna bli ett föregångsland inom detta område.

## 3. AI bör ses som en del i en bredare teknikutveckling med internationella dimensioner

Utvecklingen av AI är beroende av teknikutvecklingen inom flera andra områden som täcker in allt från datainsamling och -tillgänglighet, till kapaciteten hos hård- och mjukvara. En samlad förståelse och kunskap av det större teknologiska landskapet blir viktig i framtida satsningar inom AI för klimatutmaningen för att säkra synergier och innovationskapacitet, och undvika att tekniker som skapar klimatnytta för Sverige, leder till negativa effekter i andra länder. Framtida ramverk och satsningar enligt punkt 1 och 2 ovan bör ta ta denna helhetsbild i beaktning.

## 4. Sverige behöver en tydlig satsning som drar nytta av befintliga investeringar och kompetens i Sverige, där AI-, klimat- och hållbarhetsexpertis kan samverka och driva fram innovation

Tillämpningar av AI för klimatutmaningen kräver både AI-expertis och djup sakkunskap inom klimat- och hållbarhetsområdet. Den här typen av multi- och transdisciplinärt arbete är oftast tidskrävande och experimentellt, och kräver tydliga processer och kompetens för samskapande av kunskap över tid. En nära samverkan mellan teknikföretag och forskare är viktig när den allt snabbare teknikutvecklingen minskar tidsgapet mellan fråge- eller problemformulering och strategier för att finna svar. Tidigare studier visar också att en tydlig vision, långsiktighet och mångfald ur flera dimensioner (inklusive expertis, jämställdhet och livserfarenheter) är viktiga för att säkra ansvarsfulla innovationsprocesser. Sverige saknar idag en sådan tydlig arena där AI-, klimat- och hållbarhetsexpertis möts. Genom att skapa en sådan arena, och samtidigt lyfta fram konkreta goda exempel på kreativa tillämpningar av AI för klimatutmaningen, kan Sverige inte bara utnyttja synergier med befintlig AI-forskning och utveckling, utan även internationellt profilera sig starkt i frågan.



## 5. Tillgängliggör exempel på konkreta och innovativa AI-tillämpningar och lärandeexempel

Det finns idag ett stort behov av att dokumentera och kommunicera innovativa AI-tillämpningar för att möta klimatutmaningen, både från Sverige och från utlandet. Dessa kan samlas in och tillgängliggöras i en databank som kontinuerligt uppdateras och utvärderas. Databanken blir ett verktyg för inspiration och lärande, samtidigt som den underlättar en identifiering av existerande applikationer och deras förbättringspotential. Databanken blir ett komplement till samverkansarenor och lärandemiljöer enligt ovan.

## 6. Systematisera datainsamling och tillgängliggörande, samt förbättra dagens visualiseringsverktyg

Myndigheter bör bidra till att insamling av klimatrelaterade data från aktörer inom både forskning, företag och myndigheter systematiseras och tillgängliggörs. Myndigheter och aktörer bör också se till att verktyg utvecklas för att tydligare och enklare

visualisera klimatrelaterade data, vilket även inkluderar en viss standardisering av utförda beräkningar. Systematiseringen möjliggör nödvändiga översikter över tillgång, brister och detaljer kring data, behov och källor. Den kan därmed lägga grunden till framtida tillämpningar av AI-tekniker. Detta gäller särskilt användningar av AI-metoder som kan utnyttja mindre och glesare datamängder, återanvända data inom olika domäner, samt styra datainsamling mot relevant data genom aktiv inlärning.

# 11. Referenser

- Afroz, Z. et al. (2018) 'Modeling techniques used in building HVAC control systems: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 83, pp. 64–84. doi: 10.1016/j.rser.2017.10.044.
- Alzahrani, A. et al. (2017) 'Solar Irradiance Forecasting Using Deep Neural Networks', in *Procedia Computer Science*. Elsevier B.V., pp. 304–313. doi: 10.1016/j.procs.2017.09.045.
- AML (2020) *Applied Machine Learning Days at École polytechnique fédérale de Lausanne 2020 (AML EPFL 2020) Jan 27-28, Conference track: AI&-Climate Change*. Available at: <https://appliedmldays.org/events/amld-epfl-2020> (Accessed: 9 December 2020).
- Ardabili, S. et al. (2020) 'Deep Learning and Machine Learning in Hydrological Processes Climate Change and Earth Systems a Systematic Review', in Várkonyi-Kóczy, A. (ed.) *Engineering for Sustainable Future. INTER-ACADEMIA 2019. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham, pp. 52–62. doi: 10.1007/978-3-030-36841-8\_5.
- Bastani, F. et al. (2018) 'Machine-Assisted Map Editing', in *Proceedings of the 26th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. Association for Computing Machinery, pp. 23–32. doi: 10.1145/3274895.3274927.
- Bruce, A. and Ruff, L. (2018) *Deep Learning Solar PV and Carbon Intensity Forecasts*. Wokingham. Available at: <http://powerswarm.co.uk/wp-content/uploads/2018/10/2018.10.18-Bruce-National-Grid-ESO-Deep-Learning-Solar-PV-and-Carbon-Intensity.pdf> (Accessed: 7 December 2020).
- Campbell, J. and Jensen, D. E. (2019) *The promise and peril of a digital ecosystem for the planet*, *Medium*. Available at: [https://medium.com/@davided-jensen\\_99356/building-a-digital-ecosystem-for-the-planet-557c41225dc2](https://medium.com/@davided-jensen_99356/building-a-digital-ecosystem-for-the-planet-557c41225dc2) (Accessed: 20 December 2020).
- Chakraborty, S. and Newton, A. C. (2011) 'Climate change, plant diseases and food security: An overview', *Plant Pathology*. John Wiley & Sons, Ltd, 60(1), pp. 2–14. doi: 10.1111/j.1365-3059.2010.02411.x.
- Clark, M. A. et al. (2020) 'Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets', *Science*, 370(6517), pp. 705 LP – 708. doi: 10.1126/science.aba7357.
- Cockburn, I., Henderson, R. and Stern, S. (2018) *The Impact of Artificial Intelligence on Innovation*. Cambridge, MA. doi: 10.3386/w24449.
- Convention on Biological Diversity (2020) *Convention on Biological Diversity*. Available at: <https://www.cbd.int/> (Accessed: 17 December 2020).
- Das, U. K. et al. (2018) 'Forecasting of photovoltaic power generation and model optimization: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 81, pp. 912–928. doi: 10.1016/j.rser.2017.08.017.
- Dauvergne, P. (2020) *AI in the Wild: Sustainability in the Age of Artificial Intelligence*. MIT Press. doi: <https://doi.org/10.7551/mitpress/12350.001.0001>.
- Díaz, S. et al. (2020) 'Set ambitious goals for biodiversity and sustainability', *Science*, 370(6515), pp. 411 LP – 413. doi: 10.1126/science.abe1530.
- Doshi, J., Basu, S. and Pang, G. (2018) *From Satellite Imagery to Disaster Insights*, *arXiv*. Available at: <http://arxiv.org/abs/1812.07033>.
- Elkin, C. and Witherspoon, S. (2019) *Machine learning can boost the value of wind energy*, *DeepMind Blog*. Available at: <https://deepmind.com/blog/article/machine-learning-can-boost-value-wind-energy> (Accessed: 9 December 2020).
- Ellen MacArthur Foundation (2019) *Artificial intelligence and the circular economy - AI as a tool to accelerate the transition*. Available at: <https://www.ellen-macarthurfoundation.org/assets/downloads/Artificial-intelligence-and-the-circular-economy.pdf> (Accessed: 7 December 2020).
- Engström, E. and Strimling, P. (2020) 'Deep learning diffusion by infusion into preexisting technologies – Implications for users and society at large', *Technology in Society*. Elsevier Ltd, 63, p. 101396. doi: 10.1016/j.techsoc.2020.101396.
- Eubanks, V. (2018) *Automating Inequality: How High-Tech Tools Profile, Police, and Punish the Poor*. St Martin's Press. Available at: <https://virginia-eubanks.com/books/>.
- European Commission: Independent High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (AI HLEG) (2019) *Ethics guidelines for trustworthy AI, Shaping Europe's digital future*. Brussels.
- European Commission (2018) *Artificial Intelligence for Europe, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels: COM(2018) 237 final.
- European Commission (2019) *The European Green Deal, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels: COM(2019) 640 final.
- European Commission (2020a) *Developing Horizon Europe, Horizon Europe*. Brussels. Available at: [https://ec.europa.eu/info/horizon-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/horizon-europe_en) (Accessed: 7 December 2020).
- European Commission (2020b) *EU Biodiversity Strategy for 2030 - Bringing nature back into our lives, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels: COM(2020) 380 final.
- European Commission (2020c) *High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, Shaping Europe's digital future*. Brussels. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence> (Accessed: 17 December 2020).
- European Commission (2020d) 'State of the Union: Commission raises climate ambition and proposes 55% cut in emissions by 2030', *State of the Union 2020*, 17 December. Available at: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_20\\_1599](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_1599) (Accessed: 1 December 2020).
- European Commission (2020e) 'The 2021-2027 Multiannual Financial Framework: Digital shines through in the EU's long-term budget', *Shaping Europe's digital future*, 27 May. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/2021-2027-multiannual-financial-framework-digital-shines-through-eus-long-term-budget> (Accessed: 26 November 2020).
- European Commission (2020f) *The EU budget powering the recovery plan for Europe, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels: COM/2020/442 final.
- Exponential Roadmap Initiative (2020). Available at: <https://exponentialroadmap.org/> (Accessed: 7 December 2020).
- Falk, J. et al. (2020) *Exponential roadmap Version 1.5 - Scaling 36 solutions to halve emissions by 2030*. Stockholm. doi: ISBN 978-91-986090-1-1.
- Fazey, I. et al. (2018) 'Transformation in a changing climate: a research agenda', *Climate and Development*. Taylor & Francis, 10(3), pp. 197–217. doi: 10.1080/17565529.2017.1301864.

- Fedele, G. et al. (2020) 'Limited use of transformative adaptation in response to social-ecological shifts driven by climate change', *Ecology and Society*. The Resilience Alliance, 25(1). doi: 10.5751/ES-11381-250125.
- Foley, A. M. et al. (2012) 'Current methods and advances in forecasting of wind power generation', *Renewable Energy*. Elsevier Ltd., 37(1), pp. 1–8. doi: 10.1016/j.renene.2011.05.033.
- Formas (2020) *Årsredovisning 2019*. Stockholm: Tryckservice i Ängelholm AB.
- Fu, G. (2018) 'Deep belief network based ensemble approach for cooling load forecasting of air-conditioning system', *Energy*. Elsevier Ltd, 148, pp. 269–282. doi: 10.1016/j.energy.2018.01.180.
- Gal, Y., Islam, R. and Ghahramani, Z. (2017) 'Deep Bayesian Active Learning with Image Data', in *34th International Conference on Machine Learning, ICML 2017*. International Machine Learning Society (IMLS), pp. 1923–1932.
- Galaz, V. et al. (2021) 'Machine intelligence, systemic risks, and sustainability', *Beijer Discussion Paper Series No. 274*. Stockholm.
- Ghaemi, M. S. et al. (2017) 'A visual segmentation method for temporal smart card data', *Transportmetrica A: Transport Science*. Taylor & Francis, 13(5), pp. 381–404. doi: 10.1080/23249935.2016.1273273.
- Gómez de Ágreda, Á. (2020) 'Ethics of autonomous weapons systems and its applicability to any AI systems', *Telecommunications Policy*. Elsevier Ltd, 44(6), p. 101953. doi: 10.1016/j.telpol.2020.101953.
- Grubler, A. et al. (2018) 'A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies', *Nature Energy*. Nature Publishing Group, 3(6), pp. 515–527. doi: 10.1038/s41560-018-0172-6.
- Hagendorff, T. (2020) 'The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines', *Minds and Machines*, 30(1), pp. 99–120. doi: 10.1007/s11023-020-09517-8.
- Haibe-Kains, B. et al. (2020) 'The importance of transparency and reproducibility in artificial intelligence', *Nature*. Nature Publishing Group, 586(7829), pp. E14–E16. doi: 10.1038/s41586-020-2766-y.
- Hansen, M. C., Stehman, S. V. and Potapov, P. V. (2010) 'Quantification of global gross forest cover loss', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. National Academy of Sciences, 107(19), pp. 8650–8655. doi: 10.1073/pnas.0912668107.
- ICLR (2020) *Eighth International Conference on Learning Representations (ICLR 2020)* Apr 26. Available at: <https://iclr.cc/Conferences/2020> (Accessed: 6 November 2020).
- ICML (2019) *Thirty-sixth International Conference on Machine Learning (ICML 2019)*. Available at: <https://icml.cc/Conferences/2019> (Accessed: 6 November 2020).
- IEEE SA (2020) *The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems*, IEEE Standards Association. Available at: <https://standards.ieee.org/industry-connections/ec/autonomous-systems.html> (Accessed: 7 December 2020).
- Ilieva, R. T. and McPhearson, T. (2018) 'Social-media data for urban sustainability', *Nature Sustainability*, 1(10), pp. 553–565. doi: 10.1038/s41893-018-0153-6.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2019) *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*. Edited by V. Masson-Delmotte et al.
- International Energy Agency (IEA) (2019) *Energy efficiency and digitalisation*. Paris. Available at: <https://www.iea.org/articles/energy-efficiency-and-digitalisation> (Accessed: 7 December 2020).
- International Energy Agency (IEA) (2020a) *Data Centres and Data Transmission Networks*. Paris. Available at: <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks> (Accessed: 9 December 2020).
- International Energy Agency (IEA) (2020b) *Energy end-use data collection methodologies and the emerging role of digital technologies*. Paris. Available at: <https://www.iea.org/reports/energy-end-use-data-collection-methodologies-and-the-emerging-role-of-digital-technologies> (Accessed: 7 December 2020).
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2020) *Tackling the humanitarian impacts of the climate crisis together, World Disaster Report 2020*. Edited by K. Hagon and J. Claydon. Geneva, Switzerland: IFRC. Available at: <https://media.ifrc.org/ifrc/world-disaster-report-2020>.
- Jiménez, D. et al. (2019) 'A scalable scheme to implement data-driven agriculture for small-scale farmers', *Global Food Security*. Elsevier B.V., 23, pp. 256–266. doi: 10.1016/j.gfs.2019.08.004.
- Jones, N. (2017) 'How machine learning could help to improve climate forecasts', *Nature*. Nature Publishing Group, 548(7668), pp. 379–380. doi: 10.1038/548379a.
- Joppa, L. N. (2017a) 'AI for Earth', *Nature*. Nature Publishing Group, pp. 325–328. doi: 10.1038/d41586-017-08675-7.
- Joppa, L. N. (2017b) 'The case for technology investments in the environment', *Nature*. Nature Publishing Group, 552(7685), pp. 325–328. doi: 10.1038/d41586-017-08675-7.
- Kates, R. W., Travis, W. R. and Wilbanks, T. J. (2012) 'Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. National Academy of Sciences, pp. 7156–7161. doi: 10.1073/pnas.1115521109.
- Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse (no date) *Wallenberg Artificial Intelligence, Autonomous Systems and Software Program, WASP*. Available at: <https://kaw.wallenberg.org/wallenberg-artificial-intelligence-autonomous-systems-and-software-program-wasp> (Accessed: 7 December 2020).
- Lantmäteriet (2020) *Tillgängliggörande av särskilt värdefulla datamängder*. Dnr. 2019:007157.
- Lewis, S. L. et al. (2019) 'Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon', *Nature*. Nature Publishing Group, 568(7750), pp. 25–28. doi: 10.1038/d41586-019-01026-8.
- Li, J. et al. (2016) 'Machine learning for solar irradiance forecasting of photovoltaic system', *Renewable Energy*. Elsevier Ltd, 90, pp. 542–553. doi: 10.1016/j.renene.2015.12.069.
- Liu, D. et al. (2014) 'Short-term wind speed forecasting using wavelet transform and support vector machines optimized by genetic algorithm', *Renewable Energy*. Pergamon, 62, pp. 592–597. doi: 10.1016/j.renene.2013.08.011.
- Lovelock, C. E. and Duarte, C. M. (2019) 'Dimensions of Blue Carbon and emerging perspectives', *Biology Letters*. Royal Society Publishing, 15(3), p. 20180781. doi: 10.1098/rsbl.2018.0781.
- Lundberg, F. (2020) 'De släppte ut mest koldioxid 2019', *Sveriges Natur*, April. Available at: <https://www.sverigesnatur.org/aktuellt/de-slappte-ut-mest-koldioxid-2019/> (Accessed: 20 December 2020).
- Lyubchich, V. et al. (2019) 'Insurance risk assessment in the face of climate change: Integrating data science and statistics', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*. Wiley-Blackwell, 11(4), p. e1462. doi: 10.1002/wics.1462.
- Malmodin, J. and Bergmark, P. (2015) 'Exploring the effect of ICT solutions on GHG emissions in 2030', in *Proceedings of Enviroinfo and ICT for Sustainability*. Atlantis Press, pp. 37–46. doi: <https://doi.org/10.2991/ict4s-env-15.2015.5>.
- Manley, E., Zhong, C. and Batty, M. (2018) 'Spatiotemporal variation in travel regularity through transit user profiling', *Transportation*, 45(3), pp. 703–732. doi: 10.1007/s11116-016-9747-x.
- Mathe, J. et al. (2019) 'PVNet: A LRCN Architecture for Spatio-Temporal Photovoltaic PowerForecasting from Numerical Weather Prediction', *arXiv*. Available at: <http://arxiv.org/abs/1902.01453>.
- Microsoft AI (2020) *AI for Earth*. Available at: <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth> (Accessed: 7 December 2020).



- Microsoft och PricewaterhouseCoopers (2019) *How AI can enable a Sustainable Future*. Available at: <https://www.pwc.co.uk/sustainability-climate-change/assets/pdf/how-ai-can-enable-a-sustainable-future.pdf> (Accessed: 9 December 2020).
- Moran, D. et al. (2020) 'From Satellite to Supply Chain: New Approaches Connect Earth Observation to Economic Decisions', *One Earth*. Elsevier BV, 3(1), pp. 5–8. doi: 10.1016/j.oneear.2020.06.007.
- Naturvårdsverket (2020a) *Begränsad klimatpåverkan - Sveriges miljömål*. Available at: <https://sverigemiljomal.se/miljomalen/begransad-klimatpaverkan/> (Accessed: 1 December 2020).
- Naturvårdsverket (2020b) *Konvention om biologisk mångfald (CBD)*. Available at: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Konventionen-om-mangfald/> (Accessed: 17 December 2020).
- Naturvårdsverket (2020c) *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk - Naturvårdsverket*. Available at: <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Sveriges-klimatlag-och-klimatpolitiska-ramverk/> (Accessed: 30 November 2020).
- NeurIPS (2019) *Thirty-third Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2019) Dec 14*. Available at: <https://nips.cc/Conferences/2019> (Accessed: 9 December 2020).
- Van Noorden, R. (2020) 'The ethical questions that haunt facial-recognition research', *Nature*. NLM (Medline), pp. 354–358. doi: 10.1038/d41586-020-03187-3.
- O'Brien, K. (2017) 'Climate Change Adaptation and Social Transformation', in *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd, pp. 1–8. doi: 10.1002/9781118786352.wbieg0987.
- O'Neil, C. (2016) *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York: Crown Publishing Group.
- O'Shea, T. (2019) *Developing the World's First Indicator of Forest Carbon Stocks & Emissions*, *Planet*. Available at: <https://www.planet.com/pulse/developing-the-worlds-first-indicator-of-forest-carbon-stocks-emissions/> (Accessed: 9 December 2020).
- OECD AI Policy Observatory (2020) *The OECD Artificial Intelligence Policy Observatory*. Available at: <https://oecd.ai/> (Accessed: 26 November 2020).
- Olsson, P. et al. (2017) 'The concept of the Anthropocene as a game-changer: A new context for social innovation and transformations to sustainability', *Ecology and Society*, 22(2). doi: 10.5751/ES-09310-220231.
- Pimm, S. L. et al. (2015) 'Emerging Technologies to Conserve Biodiversity', *Trends in Ecology and Evolution*. Elsevier Ltd, 30(11), pp. 685–696. doi: 10.1016/j.tree.2015.08.008.
- Pinson, P. and Kariniotakis, G. N. (2003) 'Wind power forecasting using fuzzy neural networks enhanced with on-line prediction risk assessment', in 2003 *IEEE Bologna Power Tech Conference Proceedings*. IEEE, p. 8. doi: 10.1109/PTC.2003.1304289.
- Plonk, A. (2020) *The Global Partnership on AI takes off – at the OECD, OECD AI Policy Observatory*. Available at: <https://oecd.ai/wonk/oecd-and-g7-artificial-intelligence-initiatives-side-by-side-for-responsible-ai> (Accessed: 26 November 2020).
- Regeringskansliet (2017) *För ett hållbart digitaliserat Sverige - en digitaliseringsstrategi*. Stockholm: Dnr. N2017/03643/D.
- Regeringskansliet (2018) *Nationell inriktning för artificiell intelligens*. Stockholm: Art.nr. N2018.14.
- Reichstein, M. et al. (2019) 'Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science', *Nature*. Nature Publishing Group, 566(7743), pp. 195–204. doi: 10.1038/s41586-019-0912-1.
- Rességuier, A. and Rodrigues, R. (2020) 'AI ethics should not remain toothless! A call to bring back the teeth of ethics', *Big Data & Society*. SAGE Publications Ltd, 7(2), p. 205395172094254. doi: 10.1177/2053951720942541.
- Rigas, E. S., Ramchurn, S. D. and Bassiliades, N. (2015) 'Managing Electric Vehicles in the Smart Grid Using Artificial Intelligence: A Survey', *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 16(4), pp. 1619–1635. doi: 10.1109/TITS.2014.2376873.
- Rockström, J. et al. (2017) 'A roadmap for rapid decarbonization', *Science*, 355(6331), pp. 1269–1271. doi: 10.1126/science.aah3443.
- Rodríguez-Veiga, P. et al. (2017) 'Quantifying Forest Biomass Carbon Stocks From Space', *Current Forestry Reports*. Springer International Publishing, 3(1), pp. 1–18. doi: 10.1007/s40725-017-0052-5.
- Rolnick, D. et al. (2019) 'Tackling Climate Change with Machine Learning', *arXiv*. Available at: <http://arxiv.org/abs/1906.05433>.
- Rudiyanto et al. (2018) 'Open digital mapping as a cost-effective method for mapping peat thickness and assessing the carbon stock of tropical peatlands', *Geoderma*. Elsevier B.V., 313, pp. 25–40. doi: 10.1016/j.geoderma.2017.10.018.
- Sachs, J. et al. (2020) 'Sustainable Development Goals and Covid-19', in *Sustainable Development Report 2020*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 520.
- SCB (2020) *Artificiell intelligens i Sverige*. Solna.
- Schipper, E. L. F. (2020) 'Maladaptation: When Adaptation to Climate Change Goes Very Wrong', *One Earth*. Cell Press, 3(4), pp. 409–414. doi: 10.1016/j.oneear.2020.09.014.
- Schöll Brede, A. et al. (2020) *Iris.ai - Your Research Assistant – Leading AI for your research challenge*. Available at: <https://iris.ai/> (Accessed: 9 December 2020).
- Settles, B. (2009) 'Active Learning Literature Survey', *CS Technical Reports*. University of Wisconsin-Madison.
- Sharma, N. et al. (2011) 'Predicting solar generation from weather forecasts using machine learning', in 2011 *IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, pp. 528–533. doi: 10.1109/SmartGridComm.2011.6102379.
- Sit, M. et al. (2020) 'A Comprehensive Review of Deep Learning Applications in Hydrology and Water Resources', *Earth ArXiv*, p. 52. doi: <https://doi.org/10.31223/osf.io/xs36g>.
- SLU (2020) 'Kartrevolution med miljödata och AI', *Forskning.se*. Available at: <https://www.forskning.se/2020/12/08/kartrevolution-med-miljodata-och-ai/> (Accessed: 8 December 2020).
- Sun, Y., Szucs, G. and Brandt, A. R. (2018) 'Solar PV output prediction from video streams using convolutional neural networks', *Energy and Environmental Science*. Royal Society of Chemistry, 11(7), pp. 1811–1818. doi: 10.1039/c7ee03420b.
- Tierney, J. E. et al. (2020) 'Past climates inform our future', *Science*. NLM (Medline), 370(6517). doi: 10.1126/science.aay3701.
- UN Department of Economic and Social Affairs (2020) *Goal 17 - Strengthen the means of implementation and revitalize the global partnership for sustainable development, Sustainable Development Goals*. Available at: <https://sdgs.un.org/goals/goal17> (Accessed: 2 December 2020).
- United Nations Development Programme (2020) *Human Development Report 2020. The next frontier - Human development and the Anthropocene*. New York, New York, USA.
- United Nations Environment Programme (2019a) *Ministerial Declaration of the United Nations Environment Assembly at its fourth session - 'Innovative solutions for environmental challenges and sustainable consumption and production'*. Nairobi, Kenya: UNEP/EA.4/HLS.1.
- United Nations Environment Programme (2019b) *The Case for a Digital Ecosystem for the Environment, Science Policy Business Forum*. doi: 10.13140/RG.2.2.10387.73764.
- University of Oxford (2018) *Climate risk analysis from space: Remote sensing, machine learning, and the future of measuring climate-related risk*. Available at: [https://www.preventionweb.net/files/61757\\_remotesensingdataandmachine-learning.pdf](https://www.preventionweb.net/files/61757_remotesensingdataandmachine-learning.pdf) (Accessed: 7 December 2020).

- Vetenskapsrådet (2019) *Forskningsbarometern 2019 - Svensk forskning i internationell jämförelse*. Stockholm: ISBN: 978-91-88943-14-9.
- Vetenskapsrådet (2020) *Vetenskapsrådets forskningsfinansiering i siffror*. Available at: <https://www.vr.se/analys/svensk-forskning-i-siffror/vetenskapsradets-forskningsfinansiering-i-siffror.html> (Accessed: 9 December 2020).
- Vinnova (2019) *AI-miljöer i Sverige - En översikt över miljöer som bidrar till utvecklingen av artificiell intelligens, Vinnova rapport. 978-91-87537-83-7*.
- Vinnova (2020) *Från AI-forskning till innovation: AI i klimatets tjänst, Utlysningstext*. Available at: <https://www.vinnova.se/e/ai-from-research-to-innovation/ai-i-klimatets-tjanst/> (Accessed: 9 December 2020).
- Vinuesa, R. et al. (2020) 'The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals', *Nature Communications*. Nature Research, 11(1), pp. 1–10. doi: 10.1038/s41467-019-14108-y.
- Voyant, C. et al. (2017) 'Machine learning methods for solar radiation forecasting: A review', *Renewable Energy*. Elsevier Ltd, 105, pp. 569–582. doi: 10.1016/j.renene.2016.12.095.
- Wan, C. et al. (2015) 'Photovoltaic and solar power forecasting for smart grid energy management', *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 1(4), pp. 38–46. doi: 10.17775/CSEEJPES.2015.00046.
- Wan, C. et al. (2016) 'Probabilistic Wind Power Forecasting with Hybrid Artificial Neural Networks', *Electric Power Components and Systems*. Taylor & Francis, 44(15), pp. 1656–1668. doi: 10.1080/15325008.2016.1198437.
- Wang, A. X. et al. (2018) 'Deep Transfer Learning for Crop Yield Prediction with Remote Sensing Data', in *ACM SIGCAS Conference on Computing and Sustainable Societies (COMPASS)*. ACM, p. 5. doi: 10.1145/3209811.3212707.
- Wang, J. et al. (2018) 'Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications', *Journal of Manufacturing Systems*. Elsevier B.V., 48(Part C), pp. 144–156. doi: 10.1016/j.jmsy.2018.01.003.
- Wang, Zhanwei et al. (2017) 'Fault detection and diagnosis of chillers using Bayesian network merged distance rejection and multi-source non-sensor information', *Applied Energy*. Elsevier Ltd, 188, pp. 200–214. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.11.130.
- Weiss, M., Jacob, F. and Duveiller, G. (2020) 'Remote sensing for agricultural applications: A meta-review', *Remote Sensing of Environment*, 236, p. 111402. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111402>.
- Winfield, A. F. T. and Jirotko, M. (2018) 'Ethical governance is essential to building trust in robotics and artificial intelligence systems', *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. Royal Society Publishing, 376(2133), p. 20180085. doi: 10.1098/rsta.2018.0085.
- World Economic Forum (2017) *Harnessing the Fourth Industrial Revolution for Oceans, Fourth Industrial Revolution for the Earth Series*. Geneva: REF 211117 - case 00035245.
- World Economic Forum (2020) *Fourth Industrial Revolution for the Earth, Shaping the Future of Global Public Goods*. Available at: <https://www.weforum.org/projects/fourth-industrial-revolution-and-environment-the-stanford-dialogues> (Accessed: 7 December 2020).
- Wright, R. et al. (2020) 'HYTI: High Spectral and Spatial Resolution Thermal Imaging from a 6U CubeSat', in *Small Satellite Conference*. Logan, Utah: Utah State University.
- Yigitcanlar, T. et al. (2020) 'Contributions and Risks of Artificial Intelligence (AI) in Building Smarter Cities: Insights from a Systematic Review of the Literature', *Energies*. MDPI AG, 13(6), p. 1473. doi: 10.3390/en13061473.
- Yuan, W. et al. (2019) 'Increased atmospheric vapor pressure deficit reduces global vegetation growth', *Science Advances*, 5(8). doi: 10.1126/sciadv.aax1396.

# Appendix 1. Organisatoriska enheter som ingår i kartläggningen av relevant forskning vid högre lärosäten

Lärosäte	Lärosätesspecifika samverkansplattformar, centra o dyl. (AI resp. hållbarhet)	Projekt kopplade till både hållbarhet och AI
Chalmers	4boards.ai: The Challenges of AI for Sustainable and Innovative Corporate Governance CHAIR: Chalmers AI Research Centre	
Göteborgs Universitet	SAID: Samordningsgrupp för Artificiell Intelligens och digitalisering	Ocean Data Factory; Department of Marine Sciences
Handelshögskolan (Stockholm)	Center for Data Analytics	
Högskolan i Gävle		Konferens 5/11 2020: AI inom intelligent industri
Högskolan i Halmstad	CAISR: Center for Applied and Intelligent Systems Research Profilmråde: smarta städer och samhällen	
Högskolan i Jönköping	JAIL: Jönköping AI Lab. Applicerad AI-forskning i samarbete med industri- och samhällspartners	
Högskolan i Malmö	IoTaP: Internet of Things and People	
KTH	Tematiskt forskningsområde: Data Analytics, Machine Learning, and AI. Del av forskningsplattformen KTH Digitalization Platform	Artikel: Digitalization for Urban Sustainability (Vinueza <i>et al.</i> 2020)
LiU	Primär värd för WASP AIICS: The Artificial Intelligence and Integrated Computer Systems Division CAI: The Center for Augmented Intelligence CVL: Computer Vision Laboratory TAILOR: Foundations of Trustworthy AI - integrating learning, optimization and reasoning. Nätverk under uppbyggnad. Finansierat av EU-kommissionen (2020). Visual Sweden	AgTech 2030; Department of Management and Engineering (amongst others)
Linnéuniversitetet		Drone measurement for the intelligent forest. Leddes av Katam Technologies AB, inkluderade även LTH. Avslutades 2019.



Lärosäte	Lärosätesspecifika samverkansplattformar, centra o dyl. (AI resp. hållbarhet)	Projekt kopplade till både hållbarhet och AI
LU	<p>LUCSUS: Lund University Center for Sustainability Studies</p> <p>AI Lund; öppet nätverk för AI-forskning, utbildning och innovation vid LU</p> <p>AI-Lab; samverkansinitiativ</p>	
LTU	<p>Applied AI Excellence Centre</p> <p>Applied AI Innovation Hub</p> <p>Swedish Space Data Lab</p>	Data cube for climate adoption - Mälardalen och Väneren
Mittuniversitetet	Transformative Technologies (forskningsmiljö)	
SU	<p>Bolincentret</p> <p>Stockholm Resilience Centre</p> <p>Östersjöcentrum</p>	AI, People, Planet (i samarbete med Beijerinstitutet och Princetons universitet)
SLU	SLU Aqua	<p>Baltic Seabird AI/UX hackathon (tillsammans med Stockholm Resilience Centre (SU) och AI Sweden.</p> <p>Samtalsgrupp: AI utifrån ett mänskligt och urbant perspektiv</p>
Umeå universitet		AI4EU; projekt för att ta fram en utvecklingsmetodologi för AI. EU-projekt med 80 partners.
	Värd för WASP-HS	
	AI Fellowship Program	
	UmeAI	
		Sustainable AI (fokus på etik)
Uppsala universitet	AI4research	
Örebro universitet	AI Impact Lab	
<b>Centra: fristående eller lett i samverkan (AI)</b>	<b>Information</b>	
AI Competence for Sweden	Kunskapsplattform. Nationellt initiativ för utbildning och kompetensutveckling inom AI. Skapas inledningsvis av: Chalmers, GU, KTH, LiU, LU, UU, ÖU.	
AI Sustainability Centre	Fristående	
AI Sweden		
Institutet för Framtidsstudier - AI centrum	Fristående	
RISE		
SAIS: Swedish AI Society	A national society promoting research and application of Artificial Intelligence	
SciLifeLab: Science for Life Laboratory	Grundat av KI, KTH, SU, UU; stödjer idag forskning vid alla större universitet	
Urban ICT Arena	Öppen IKT-testbädd. Involverar KTH, SU, Ericsson, RISE m.fl.	

# Appendix 2. Information om enkätundersökningen

Nedan följer enkäten och de frågor som ställdes till utvalda aktörer.

## AI för klimatutmaningen - ert pågående arbete

*Hur långt har er organisation kommit vad gäller tillämpningar av AI för klimatutmaningen?*

- Vi har inte diskuterat eller funderat på möjliga tillämpningar av AI för klimatutmaningen
- Vi har diskuterat möjliga tillämpningar av AI för klimatutmaningen
- Vi har sökt medel för att utveckla projekt som tillämpar AI för klimatutmaningen
- Vi bedriver ett, eller flera, projekt som berör AI för klimatutmaningen
- Vi har avslutat ett, eller flera, projekt som berör AI för klimatutmaningen
- Övrigt

Övrigt - utveckla gärna nedan

*Har du eller någon i din organisation sökt medel från Vinnovas och Formas utlysning "AI i klimatets tjänst" som stängde under hösten 2020?*

- Ja
- Nej
- Vet ej

*Om ni inte sökt medel från denna utlysning, kan du säga något om varför?*

- Kände inte till utlysningen
- Tidsbrist
- Hittade ingen projektidé som passade till utlysningen
- Hittade inte lämplig partner (akademisk, avnämare eller annan)
- Övrigt

Övrigt - utveckla gärna nedan

## Information om existerande AI-projekt

*Om du eller din organisation redan idag har projekt som tillämpar AI för klimatutmaningen, vilka fokus har dessa?*

- Metoder för förbättrad klimatmodellering eller andra klimatrelaterade modeller
- Utsläppsminskningar (ex. genom energieffektivisering, andra metoder för att minska utsläpp direkt eller indirekt)
- Klimatanpassning inom olika samhällssektorer (ex. klimatanpassad stadsplanering, klimatanpassning av areella näringar)
- Klimattransformation (ex. disruptiv innovation, system-entreprenörskap, djupare infrastruktur- eller normförändringar)
- Övriga klimatfrågor
- Har ej relevanta projekt

*Vilken målgrupp har de projekt ni arbetar med inom ramen för dessa projekt?*

- Forskare
- Myndigheter
- Privata sektorn
- Civilsamhället
- Övrigt
- Har ej relevanta projekt

Övrigt - utveckla gärna nedan

## AI-tekniker av intresse

I den här delen så ställer vi frågor om vilken data och vilka AI-tekniker som är av störst intresse i ert arbete generellt.

*Vilken typ av AI-tekniker, eller aspekter av AI, arbetar ni med idag, eller har kompetens inom?*

- Maskininlärning med neurala nät ("deep learning")
- Maskininlärning (övrig)
- Kunskapsrepresentation och automatiska resonemang
- Planering och schemaläggning
- Datorseende
- Behandling av naturligt språk (NLP)
- Samhälls- eller etiska aspekter av tillämpad AI
- Övrigt

Övrigt - utveckla gärna nedan

*Vilka typer av data använder ni, eller skulle ni vilja använda för 'AI för klimatutmaningen'?*

## Potential och hinder

I den här delen ställer vi ett par öppna frågor om potentialen för AI att angripa klimatutmaningen.

*Vilka outnyttjade möjligheter ser du/ni idag för att tillämpa AI för klimatutmaningen inom er verksamhet?*

*Vilka typer av data skulle vara relevanta för dessa möjligheter? Vilka har ni, vilka saknas?*

*Vilka ser ni som de svåraste hindren för att använda (eller skala upp) tillämpningar av AI för klimatutmaningen i er verksamhet?*

- Brist på AI-kompetens
- Brist på lämpliga data
- Administrativa hinder
- Brist på ekonomiska resurser
- Brist på stöd från den egna organisationen
- Övrigt

Övrigt - utveckla gärna nedan

*Finns det något du vill lägga till som inte täcks in av frågorna ovan?*

# Appendix 3. Intervjupersoner

Vi vill tack följande experter för deras tid och värdefulla insikter till denna rapport.

- Kye Andersson, AI Sweden
- Pernilla Bergmark, Master Researcher Sustainability, Ericsson.
- Sverker Danielsson, Mistra Digital Forest
- Virginia Dignum, The Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program - Humanities and Society
- Pär Hedberg, Sting/Norrskén
- Hampus Jakobsson, Pale Blue Dot
- Daniel Jimenez, CGIAR Platform on Big Data in Agriculture
- Miguel Mahecha, Leipzigs universitet
- David Rolnick - "Climate Change AI"
- Gavin Shaddick, University of Exeter
- Ricardo Vinuesa, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)
- Erik Wetter, Handelshögskolan i Stockholm
- Sara Öhrvall, SEB



# Appendix 4. Detaljerad information om AI-inriktat forskningsmedel från Formas och Vetenskapsrådet

## Formas projektkatalog: beviljade projekt - sökterm "artificiell intelligens" (sv, eng)

Projektets titel	Ämnesområde	SCB-klassificering
Ordning i RörANN - en smart ANN-modell för minskat läckage på dricksvattennätet	Markanvändning och infrastruktur	Systemvetenskap, informationssystem och informatik, Annan data- och informationsvetenskap, Vattenteknik
Miljögifter som orsak för lysosomskada och celldöd i djur och människor	Miljötoxikologi	Bioinformatik och systembiologi, Farmakologi och toxikologi, Trävetenskap
Poverty traps in Africa	Samhällsplanering, övrigt	Sociologi
Att verkliggöra de Globala Hållbarhetsmålen: Framväxande Nya Mediers Roll i Transformationen Till Hållbarhet	Samhällsvetenskaplig miljöforskning	Miljövetenskap, Tvärvetenskapliga studier inom samhällsvetenskap, Övrig annan humaniora
Poverty traps in Africa	Samhällsplanering, övrigt	Sociologi
Att verkliggöra de Globala Hållbarhetsmålen: Framväxande Nya Mediers Roll i Transformationen Till Hållbarhet	Samhällsvetenskaplig miljöforskning	Miljövetenskap, Tvärvetenskapliga studier inom samhällsvetenskap, Övrig annan humaniora
Brinnande skogar, botar och klimatattityder: en studie om global spridning av felaktig information och desinformation i samband med stora skogsbränder i världen	Samhällsvetenskaplig miljöforskning	Statsvetenskap, Systemvetenskap, informationssystem och informatik med samhällsvetenskaplig inriktning
Observering och övervakning av samhällen av mikroorganismer genom RNA sekvenseringsanalys	N/A	Miljövetenskap, Bioinformatik och systembiologi, Ekologi
Auto-Aeroponik: Automatiserad optimal inomhusodling utan sol, jord och bekämpningsmedel	Jordbruksforskning, övrigt	Växtbioteknologi, Övrig annan lantbruksvetenskap
Automatiserad rengöring för livsmedelsindustrin	Livsmedelsvetenskap	Robotteknik och automation, Livsmedelsteknik
FACES: En studie om ansiktsuttryck vid emotionella tillstånd hos hästar	Djurrhållning och veterinärmedicin	Husdjursvetenskap, Klinisk vetenskap, Annan veterinärmedicin
Skulle en fördämning av Nordsjön verkligen skydda Sverige från havsnivåhöjning?	Klimat- och atmosfärforskning	Klimatforskning, Oceanografi, hydrologi och vattenresurser
Kraftsamling - AI i samhällsbyggandet - uppstartsfas	Stadsutveckling (stadens utformning och funktion)	Annan data- och informationsvetenskap
Ökar miljögifter risken att utveckla den auto-immuna sjukdomen multipel skleros?	Miljöeffektforskning	Bioinformatik (beräkningsbiologi), Analytisk kemi, Folkhälsovetenskap, global hälsa, socialmedicin och epidemiologi
Smart branddetektion med hjälp av artificiell intelligens	Anläggningar och tekniska system	Infrastrukturteknik, Datorsystem
Djup maskininlärning för analys av populationsstruktur och genotyp-fenotyprelationer	Jordbruk	Bioinformatik (beräkningsbiologi), Genetik, Genetik och förädling inom lantbruksvetenskap
Baby Grain Passport	Jordbruk	Annan data- och informationsvetenskap, Fysisk geografi, Jordbruksvetenskap

Projektets titel	Ämnesområde	SCB-klassificering
Pilotprojekt - Hållbarhetsstyrd projektering baserad på Artificiell Intelligens	Bygg- och produktionsteknik	Arkitekturteknik, Husbyggnad, Datorsystem
Tidig detektion av hälsa hos nötkreatur med hjälp av en rörelsesensor i halsbandet	Djurrhållning och veterinärmedicin	Robotteknik och automation, Klinisk vetenskap
Drönare och artificiell intelligens som hjälpmedel för att kvantifiera myrornas påverkan på den Arktiska ekosystems kol dynamiken	Klimat- och atmosfärforskning	Klimatforskning, Annan geovetenskap och miljövetenskap, Ekologi
AI-driven cirkulär affärsmodellinnovation för hållbara industriella ekosystem	Samhällsvetenskaplig miljöforskning	Företagsekonomi
Studier av miljökontaminanternas toxicitetsmekanismer med ett AI-kontrollerat automatiserat laboratorium	Miljötoxikologi	Cellbiologi, Farmakologi och toxikologi
MetaPlast: Nyttjande av den mikrobiella mörka materian för att designa mikrobiella system som degraderar plast	Miljöforskning, övrigt	Bioinformatik (beräkningsbiologi), Bioinformatik och systembiologi, Biosanering
Förbättrad spatial samhällsplanering med kartor utvecklade med hjälp av artificiell intelligens	Markanvändning och infrastruktur	Oceanografi, hydrologi och vattenresurser, Annan geovetenskap och miljövetenskap, Datorsystem
Kartering av vatten med artificiell intelligens, som praktiskt verktyg för en hållbar vattenförvaltning och samhällsplanering	Programvaruteknik, Klimatforskning, Multidisciplinär geovetenskap	Programvaruteknik, Klimatforskning, Multidisciplinär geovetenskap

## Formas projektkatalog: beviljade projekt - AI och relaterade begrepp

Sökterm	Antal träffar
Artificiell intelligens	25
AI	21
<i>Varav nya resultat</i>	5
"machine learning"	7
<i>Varav nya resultat</i>	3
maskininlärning	15
<i>Varav nya resultat</i>	7
deep learning	4
<i>Varav nya resultat</i>	0
djupinlärning	4
<i>Varav nya resultat</i>	0
digital transformation	5
<i>Varav nya resultat</i>	1
mönsterigenkänning	2
<i>Varav nya resultat</i>	1
natural language processing	0
naturlig språkbehandling	0
pattern recognition	0

## Vetenskapsrådet: sökning på hemsidan på AI och relaterade begrepp

Sökning på hemsidan	Resultat	Titel/Rubrik	Kategori	År	Info
AI	8		Nyhet om utlysning	2019	Utllysning: FET Proactive. En tematisk utlysning som syftar till att identifiera banbrytande högriskprojekt. Human-centric AI är en av de tre inriktningarna.
		Nu ska superdatoren LUMI byggas.	Nyhet	2020	Färdigställande 2021
		Expertgrupp ska föreslå forskarutbildning med mer kommunikation	Nyhet	2020	Ökande krav på vetenskapligt grundad kunskap bl.a. p.g.a AI
<b>Artificiell intelligens</b>	<b>10</b>				
		<a href="#">Forskning.se prisas för utbildningsinsatser</a>		2018	
		<a href="#">Nobel Calling Stockholm: forskaren Danica Kragic</a>	Evenemang	2019	
		<a href="#">Ny strategisk forsknings- och innovation-sagenda för antibiotikaresistens</a>		2019	
		<a href="#">Vetenskapsrådet är med och bygger en av världens största och snabbaste superdatorer</a>	Nyhet	2019	
		<a href="#">Nationella språkbanken och Swe-CLARIN</a>		2018	
		<a href="#">Nu ska superdatoren LUMI byggas</a>		2020	
		<a href="#">Registerforskning 2018</a>	Evenemang		
		<a href="#">ERC-bidrag ger stor frihet</a>	Nyhet		Om forskare som har blivit beviljade ERC-medel
		<a href="#">1,1 miljarder till naturvetenskap och teknikvetenskap</a>			
		<a href="#">Sidor om "Forskningssamverkan"</a>			
<b>Artificial intelligence</b>	<b>2</b>				
		Projektbidrag för internationella samarbeten inom informations- och kommunikationsteknologi (CHIST-ERA)	Utllysning	2019	
		<a href="#">Ansvarsfull teknisk utveckling – AI, robotik och etik</a>	Evenemang	2019	
<b>Machine learning</b>	<b>1</b>				
		<a href="#">Projektbidrag för internationella samarbeten inom informations- och kommunikationsteknologi (CHIST-ERA)</a>	Nyhet		
<b>Maskininlärning</b>	<b>2</b>				
			Nyhet	2019	Intervjuer med forskare som blivit beviljade ERC-bidrag. En forskare undersöker hur datorer och artificiell intelligens, kan skapa musik med en modell som är baserad på maskininlärning.
			Beviljad ansökan		Mining for Meaning: Den offentliga migrationsdiskursens dynamik. Forskningsprojekt inom det nationella forskningsprogrammet om migration och integration.
<b>Deep learning</b>	<b>0</b>				
<b>Djupinlärning</b>	<b>0</b>				



# Appendix 5. Datakällor

Nedan följer en mer detaljerad inventering av användbara datakataloger och datakällor med data som kan användas för AI för klimatutmaningen. Författarna av denna rapporten noterar att det inte är en komplett inventering, då detta tros vara omöjligt, men det innehåller länkar till datakällor som förhoppningsvis kan hjälpa någon på vägen, eller inspirera till nya innovationer.

## Avgränsning

Öppna datakällor som tros vara relevanta för antingen klimatanpassning eller klimatminskning innehållande klimatrelaterade data.

## Datakällor

Datakällor är insamlade under projektets gång där projektparternas nätverk har tillfrågats. Troligen har inte samtliga öppna datakällor med bra klimatrelaterad data kartlagts.

## Hur enkla är data att tillgå?

Vid tillfrågandet av ett par olika data scientists, det vill säga de individer som i ett AI-team jobbar med data och letar efter bästa modell eller teknik för att datan ska ge ett betydelse-

fullt svar, vill de helst kunna nå data på ett så enkelt sätt som möjligt. Data är ofta tillgängliga på följande vis, där kategori 3 och 4 är idealscenariot.

1. Bakom betalvägg, dvs egentligen inte öppna
2. Begära ut pdf och rapporter
3. Ladda ner pdf:er och datafiler, t.ex. .csv-filer
4. Nå datakällan från terminalen, t.ex. via ett API-anrop.

Hemsidan Kaggle.com är en plattform för en ledande online data science-community med samma namn, som erbjuder fritt tillgängliga dataset och kod för inspiration och lärande, samt aktiviteter såsom tävlingar. Sidan visar på guldstandarden med öppna tillgängliga data och datamängder där idealfall- et är att dessa är väldokumenterade, av god kvalitet och av tillräckligt stor mängd för att möjliggöra relevanta analyser. Exempel på god datakvalitet är att alla värden är rätt ifyllda i t.ex. rätt rad och kolumn i Excel. Mängden data är också viktig, och generellt kan man säga att ju mer data, desto bättre.

Kategori	Sub-kategori	Info
	<b>Data-kataloger och databaser</b>	
	<b>Digg &amp; dataportal.se</b>	<a href="https://www.dataportal.se/">https://www.dataportal.se/</a>
	Miljö	Totalt 729 datakällor vid 2020-11-17 T.ex. 'vattenanvändning per person och kommun i Sverige'.
	Ekonomi och finans	Totalt 1063 datakällor vid 2020-11-17 T.ex. 'Omsättning från e-handel efter typ av beställning och redovisningsgrupp. Andel av företagens totala omsättning. År 2013 - 2018'
	Regioner och städer	Totalt 416 datakällor vid 2020-11-17 T.ex. 'Antal svensk- och utlandsägda fritidshus ägda av fysiska personer efter region. År 1998 - 2019'
	Energi	Totalt 226 datakällor vid 2020-11-17 T.ex. 'Leveranser av bränsle efter kommun, bränsletyp och förbrukarkategori. År 2018 - 2019' och 'Elförbrukning inom utvinning av mineral, tillverkningsindustri efter näringsgren SNI69. Månad 1974M01 - 1989M12'
	Jordbruk, fiske, skogsbruk och livsmedel	Totalt 137 datakällor vid 2020-11-17 T.ex. 'Antal djur efter typgrupp/storleksklass och djurslag. År 1996 - 2017'

Kategori	Sub-kategori	Info
	<b>Miljödata</b>	
	Miljödata - en kunskapsbank för informerade beslut	<a href="https://www.ivl.se/vart-erbjudande/vara-omraden/miljodata.html">https://www.ivl.se/vart-erbjudande/vara-omraden/miljodata.html</a>
	av IVL - Svenska miljöinstitutet	Miljödata med långa tidsserier - IVL har genom åren byggt upp långa tidsserier med data vilket utgör ett viktigt underlag för både beslutsfattare och fortsatt forskning. På uppdrag av Naturvårdsverket har IVL under många år varit datavärd för miljögiftsdata samt aktuella halter i luft och luftkvalitet.
		I de olika databaserna återfinns data över t.ex. luftkvaliteten, metaller i mossor och miljögifter i biologiskt material
	<b>Svenska MiljöEmissions Data</b>	
	SMED	<a href="http://www.smed.se/">http://www.smed.se/</a>
		En portal för diverse rapporter, total 216 stycken, vid 2020-12-06, som innehåller diverse klimatrelaterad data. T.ex. "Hållbar plastanvändning - Olika åtgärders potentialer för att minska"
		SMED står för Svenska MiljöEmissionsData, och är namnet på det konsortium inom vilket de fyra organisationerna IVL Svenska Miljöinstitutet AB, SCB (Statistiska centralbyrån), SLU (Sveriges lantbruksuniversitet), och SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) samarbetar.
	<b>Naturvårdsverket</b>	
	Data och statistik från Naturvårdsverket	<a href="https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Data-databaser-och-sokregister/">https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Data-databaser-och-sokregister/</a>
		Naturvårdsverket tillgängliggör miljödata som samlas in eller används för att fullgöra Naturvårdsverkets myndighetsuppgift. Data finns tillgängligt i olika format, i databaser eller register beroende på ämnesområde.
	<b>LCA / LCI Databaser</b>	
	CPM LCA DATABASE	<a href="http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/">http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/</a>
		The CPM LCA Database is developed within the Swedish Life Cycle Center, and is a result of the continuous work to establish transparent and quality reviewed LCA data.
	Global LCA Data Access	<a href="https://www.globalcadataaccess.org/search">https://www.globalcadataaccess.org/search</a>
		80778 Datasets
		The "Global LCA Data Access" network (GLAD) aims to achieve better data accessibility and interoperability. The network is comprised of independently-operated LCA databases (nodes), providing users with an interface to find and access life cycle inventory datasets from different providers, delivered in the user's preferred format. GLAD thus supports life cycle assessment through easier access to data sources around the world.
<b>Svensk klimatrelaterad data</b>		
	<b>Datakällor</b>	
	<b>Energi</b>	
	Kontrollrummet av Svenska kraftnät	Följ hur stor elproduktion är i Sverige i realtid och följ hur elen flödar mellan Sveriges grannländer.
		<a href="https://www.svk.se/en/national-grid/the-control-room/">https://www.svk.se/en/national-grid/the-control-room/</a>

Kategori	Sub-kategori	Info
	Vindkraftsstatistik i Sverige	Ta fram data över utbredningen av svensk vindkraft. T.ex. antal vindkraft sedan 1982 och dess elproduktion
		<a href="https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Vindkraftsstatistik/-/EN0105_1.px/">https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Vindkraftsstatistik/-/EN0105_1.px/</a>
		I de olika databaserna återfinns data över t.ex. luftkvaliteten, metaller i mossa och miljögifter i biologiskt material
	Solenergistatistik i Sverige	Ta fram data över utbyggnaden och kapaciteten från svensk solcellsanläggning
		<a href="https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%c3%a4tanslutna%20solcellsanl%c3%a4ggningar/">https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%c3%a4tanslutna%20solcellsanl%c3%a4ggningar/</a>
	<b>Bygg och fastighetsdata</b>	
	Boverkets Öppna Data	12 stycken datakällor vid 2020-11-18
		<a href="https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/">https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/</a>
		T.ex. 'API För energideklaration' - Tillgängligt för företag via API (måste ansöka om tillstånd)
		Innehåll: Uppgifter om byggnadens energiklass, energideklarations-ID, energiprestanda (primärenergital), specifik energianvändning (det som tidigare var energiprestanda), om radonmätning och ventilationskontroll är utförd och när energideklarationen är utförd.
	Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg, IVL	Verktöget baseras på livscykelanalysmetodik och gör det möjligt för en icke-expert att ta fram en klimatdeklaration för en byggnad. Har gjorts öppet där verktyg och databas är tillgängligt för alla.
		<a href="https://www.ivl.se/projektwebbar/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html">https://www.ivl.se/projektwebbar/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html</a> läst 2020-11-18
	<b>Skog och jordbruk</b>	
	Skogsdata-labbet (Skogsstyrelsen, SLU)	<a href="http://skogsdata-labbet.se/services/">http://skogsdata-labbet.se/services/</a>
		Karttjänster och API:er (via DIGG, dataportalen.se, se ovan)
	Cropsat (Dataväxt, SLU, Hushållningssällskapet m.fl)	<a href="https://cropsat.com/se/sv-se">https://cropsat.com/se/sv-se</a>
		Ett verktyg för att enkelt övervaka dina grödor.
	<b>Utsläppsdata</b>	
	Nationella Emissionsdatabasen och körsträckedata (RUS, Regional Utveckling och Samverkan, Länsstyrelserna)	Används av till exempel 'ClimateView' för att visualisera för sina kunder, t.ex. kommuner, deras utsläppsnivåer. Utsläppsdata presenteras på tre olika sätt (se även meny till vänster): På karta (läns- och kommunnivå), I diagram (nationell och länsnivå), I Excel-fil (nationell, läns- och kommunnivå. Data på kommunnivå finns i de länsvisa datafilerna).
		<a href="http://extra.lansstyrelsen.se/rus/Sv/statistik-och-data/Pages/default.aspx">http://extra.lansstyrelsen.se/rus/Sv/statistik-och-data/Pages/default.aspx</a> 2020-11-18
	Utsläpp i siffror - Naturvårdsverket	Se olika utslipp, i relativt hög upplösning via pixlad Sverige-karta, för diverse sektorer och underkategorier. Data sedan 1990.
		<a href="http://utslappsiffror.naturvardsverket.se/Alla-utslapp-till-luft/">http://utslappsiffror.naturvardsverket.se/Alla-utslapp-till-luft/</a>



Kategori	Sub-kategori	Info
	<b>Väderdata</b>	
	SMHI - Nuvarande och historisk väderdata i Sverige	<a href="https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airtemperatureInstant,stations=all">https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airtemperatureInstant,stations=all</a>
		Beskriver aktuellt väder och med tiden klimatet. Underlag för prognoser och klimatstudier.
	SMHI - Klimatscenarie 2100	Här hittar du resultat från SMHI:s klimatforskning vid Rossby Centre. Hur kommer Sveriges klimat att utvecklas fram till 2100
		<a href="https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarioer/">https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarioer/</a>
	<b>Havs- och vattendata</b>	
	SMHI - Nuvarande och historiska havstemperaturer kring Sverige	<a href="https://www.smhi.se/data/oceanografi/ladda-ner-oceanografiska-observationer#param=seatemperature,stations=all">https://www.smhi.se/data/oceanografi/ladda-ner-oceanografiska-observationer#param=seatemperature,stations=all</a>
	VattenWebb - av SMHI och Havs Vatten myndigheten	Historiska mätningar över flöden i svenska vattendrag. Data ofta från tidigt 70-tal
		<a href="https://vattenwebb.smhi.se/station/">https://vattenwebb.smhi.se/station/</a>
<b>Internationell klimatrelaterad data</b>		
	<b>Globala aktörer</b>	
	<b>Havsdata</b>	
	NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S Department of Commerce
		<a href="https://www.noaa.gov/climate">https://www.noaa.gov/climate</a>
		Modeller, observationer och scenario. Lek med data, verktyg och info från NOAA för att hjälpa oss själva förstå, och förbereda oss för, hur framtidens klimat kommer att se ut.
	<b>Snö- och isdata</b>	<a href="https://nsidc.org/">https://nsidc.org/</a>
		National Snow and Ice data center visar situationen i Arktis och Antarktis och visar bland annat hur havsistället ser ut och hur landisarna smälter.
	<b>Väder och klimatdata</b>	
	NASA	NASAs hemsida för data och verktyg gällande "Global Climate change"
		<a href="https://climate.nasa.gov/">https://climate.nasa.gov/</a>
	Pangeo ML Data	Väder- och klimatdata för AI-forskning. En sammanställningssida publicerad början på 2021
		<a href="http://mldata.pangeo.io/">http://mldata.pangeo.io/</a>
	<b>Earth Data (Jorddata)</b>	
	Hållbar-Planetdata	<a href="https://www.planet.com/markets/sustainability/">https://www.planet.com/markets/sustainability/</a>
		En av världens största leverantörer av satellitdata och verktyg för att till exempel övervaka olika hållbarhetsmål och utveckling i världen. Är en tjänst som kostar men har en 14-dagars testperiod.

Kategori		Sub-kategori	Info
		Earth Enginer Data Catalog - Google	<a href="https://developers.google.com/earth-engine/datasets">https://developers.google.com/earth-engine/datasets</a>
			Utforska olika öppna dataset över jorddata som i vissa fall sträcker sig över 40 år. T.ex. Temperatur, högupplösta bilder, terräng och landutvinning
			Nedan är ovanstående verktyg fast med Googles maskininlärningsverktyg, TensorFlow, inkluderat
			<a href="https://developers.google.com/earth-engine/guides/tensor-flow">https://developers.google.com/earth-engine/guides/tensor-flow</a>
		Marknadsanalys - ML for EO Market Map	En karta från September 2020 som visar hur redan tillgängligt satellitdata och relaterade analyser är utanför Sverige.
			<a href="https://www.radiant.earth/infographic/ml-for-eo-market-map/">https://www.radiant.earth/infographic/ml-for-eo-market-map/</a>
<b>Europa</b>			
	<b>Miljödata</b>		
		<b>EEA</b>	Europeiska miljöbyrån - <a href="https://www.eea.europa.eu/sv/themes/climate">https://www.eea.europa.eu/sv/themes/climate</a>
			Har information om bland annat klimatanpassning och arbetet med utsläppsminskningar i Europa. Här finns också data över europeiska utsläpp av växthusgaser med mera. Övervaka t.ex. skogsdata som kolsänka eller risk för skogsbränder.
<b>Andras sammanställda listor över klimatdata</b>			
		<b>Digigräv 2020   Klimatrelaterade dataset</b>	
		Datakällor att ha koll på för journalister som vill bevaka klimatfrågor	<a href="https://docs.google.com/document/d/1k6e11ZJdiY3Hr-R75h3ZjtCcN5c_CqgLo09m9n172F3M/edit?fbclid=IwAR0D9mlZYO2skiFdC97hSRYdjRmA-nj9I7D0G6zmukg-JVGqO8W4BdncFc4E&amp;pli=1#heading=h.a7hxuoutic">https://docs.google.com/document/d/1k6e11ZJdiY3Hr-R75h3ZjtCcN5c_CqgLo09m9n172F3M/edit?fbclid=IwAR0D9mlZYO2skiFdC97hSRYdjRmA-nj9I7D0G6zmukg-JVGqO8W4BdncFc4E&amp;pli=1#heading=h.a7hxuoutic</a> läst 2020-11-18
<b>Framtida datakällor och datalabs</b>			
	<b>Databaser</b>		
		<b>Bygg och fastighetsdata</b>	
		Generisk Klimtdatabas för byggmaterial, Boverket.	Beräknad till januari 2021. För att underlätta redovisning av en klimatdeklaration vid uppförande av byggnader som blir krav januari 2022.
			<a href="https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/klimatdeklaration/">https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/klimatdeklaration/</a> - Läst 2020-11-17; Granskad 29 juni 2020

Kategori	Sub-kategori	Info
	<b>Data-labs</b>	
	Rymddatalabbet (Rymdstyrelsen, AI Sweden, Rise och Luleå tekniska universitet)	<a href="https://www.ai.se/en/swedish-space-data-lab">https://www.ai.se/en/swedish-space-data-lab</a>
		Syfte - Utforska hur svensk rymddata kan bli mer tillgänglig och skapa en infrastruktur för svenska dataset, där annoterad data och färdigtränade modeller tillgängliggörs.
		Data - Satellitbilder över Sverige i flera olika spektrum (färger) som uppdateras cirka var tredje dag.
		Potentiell användning - Kan användas till att i nästa 3-dagars uppdateringsfrekvens se hur stad, hav, land och skog påverkas av väder och vind, men också hitta generiska möjligheter för planering av 'soil as carbon sink'
	Fastighetsdatalabbet (RISE)	Syfte - Fastighetsdatalabbet skall etablera ett ekosystem och skapa en nationell plattform för att kunna dela fastighetsdata mellan aktörer i fastighetsbranschen.



# Appendix 6. Sammanfattande analys av projektresultaten samt framåtblickande förslag

"AI i klimatets tjänst" - huvudsakliga aspekter	Hur vill vi att forskning och utveckling inom AI i klimatets tjänst skall se ut i framtiden?	Var står vi nu?	Vad saknas, var finns frågetecken?	Vilka möjligheter kan skapas?	Hur vi kan gå från nuläge till drömläge
<i>Forskning och utveckling som bedrivs vid högre lärosäten, myndigheter och företag med fokus på AI och klimatutmaningen</i>	Sverige som ledande nation inom forskning om, och tillämpningar inom AI för klimatutmaningen	Få projekt fokuserar på AI+klimatet; Ingen tydlig svensk arena som samlar klimat- och AI-kompetens; brist på kunskap och kompetens som förenar dessa områden; EU ligger i framkant med satsningar på AI även om Sverige skulle kunna vara starkare	Sveriges potential som ledande inom AI- och klimatområdet förblir outnyttjat; tidigare brist på finansiering och strategier gjorde starten något långsam	Sverige blir en stark profil genom internationellt ledande forskningssmiljöer inom klimat-, hållbarhets- samt AI-forskning	Tydliga målsättningar från myndigheter inkl. forskningsfinansiärer på nationell nivå för utvecklingen av AI inom klimatområdet. AI ses som en del i en större ekosystem av teknikutveckling snarare än enskilda innovationer
<i>Tillgänglig finansiering</i>	Återkommande nationella strategiska satsningar på kortare projekt och längre program inom området	Ökad tillgänglighet av finansiering för AI-forskning under de senaste åren	Få AI-utlysningar och satsningar på infrastruktur inriktade på klimatutmaningen	Resurser för forskning och utveckling inom AI för klimatutmaningen skapar synergier med befintliga satsningar inom klimat- och AI-forskning som nu sker separat. Sverige blir en internationellt ledande aktör	Klimatet blir en uttalad prioritet inom AI-finansiering
<i>Rekommendationer, strategier, målsättningar, ramverk och bestämmelser</i>	AI-utveckling och applicering sker i enlighet med de globala hållbarhetsmålen. Både svenska och internationella guidande målsättningar och bindande bestämmelser kombinerar klimat- och AI-dimensioner	Många initiativ till att skapa AI-riktlinjer finns inom forskning, företag och samarbetsorganisationer finns. Klimatrelaterade mål och regelverk är mer utvecklade både i Sverige och internationellt	En svensk AI-strategi saknas. Initiativ till AI-riktlinjer är spridda, ofta baserade internationellt och inkluderar i stort inte klimataspekter.  Klimatbestämmelser inkluderar i huvudsak inte AI-aspekter	Tydliga strategier och satsningar låter Sverige bli ledare genom att definiera- och fylla nischen AI för klimatet. Existerande kunskaper fångas upp, samarbeten ökar kunskapsnivån	Tydliga incitament, t.ex. utlysningar och nationella riktlinjer för att fokusera forskning och utveckling på AI för klimatet.

"AI i klimatets tjänst" - huvudsakliga aspekter	Hur vill vi att forskning och utveckling inom AI i klimatets tjänst skall se ut i framtiden?	Var står vi nu?	Vad saknas, var finns frågetecken?	Vilka möjligheter kan skapas?	Hur vi kan gå från nuläge till drömläge
<i>Kunskapsbank och infrastruktur- la förutsättningar</i>	Klimat och AI-forskning möts och kapaciteten är stor. Samarbeten tillåter användning av ledande maskinell hård- och mjukvara inom och utanför landet. Sverige, med sin internationella profil som historiskt stark inom områden som teknik, etik, öppenhet och jämlikhet, satsar på att samla AI och hållbarhetsexpertis, vilket skapar en nisch med stor framtidspotential.	AI-talang finns oftast utomlands. Öppna data och samarbetsplattformar blir mer tillgängliga. Superdatorkapacitet stärks, särskilt med fokus på livsvetenskaperna.	Bristfällig eller ej ordentligt klarlagd AI-kunskap i Sverige. Hållbarhetsexperten lider brist på kunskaper inom AI och har begränsad inblandning eller insikter i de stora infrastrukturella ansatser som görs för att öka den nationella maskinkapaciteten.	Satsningar på AI-kunskap inom klimatforskning. Möjligheter för verksamma inom AI och klimat, respektive, att mötas och samarbeta.	Arenor skapas där aktörer med kompetens inom AI för klimatutmaningen kan samverka över tid. Exempel på konkreta AI-applikationer och lärandeexempel finns tillgängliga och databanken uppdateras kontinuerligt. Sverige identifierar front-runners med innovativa och skalbara idéer för klimatutmaningen.
<i>Data: tillgänglighet</i>	Lärosäten, företag och myndigheter har strategier för insamling av klimatdata och applicering av AI relaterat till sina verkansmål. Klimatdata som härrör från statliga medel görs tillgänglig oavsett aktör och i ett format som tillåter användning för AI-stödda analyser. Internationella datainriktade samarbetsplattformar och öppna databanker, såsom Kaggle och Earth Engine, fortsätter att växa och utvecklas. Sverige bygger och samlar kunskap som uppfyller potentialen av den tillgängliga data.	Det finns en möjlig dataparadox, uttryckt som en brist på tillgängliga data parallellt med en otydlighet om vilken data som behövs, samt var data efterfrågas.	Begränsningar i tillgängliga data.	Existerande data av olika typer kan bättre samlas, göra översiktlig och tillgänglig. Databehov, källor och tillgång kan bättre matchas. Kunskap kan ökas om hur data kan appliceras inom olika områden; potentiellt kan AI bidra som verktyg.	Datainsamling och tillgänglighet systematiseras. Verktyg för visualiseringar för olika aktörer, inkl. kommuner och myndigheter, förenklas och beräkningar standardiseras i viss mån.
<i>Data: typ</i>	Öppna data såsom satellitdata för klimatövervakningar fortsätter att öka i omfattning och temporal samt spatiell granularitet. Aktörer inom Sverige samlar- och offentliggör data för produkters livscykelanalyser (LCAs), samt koldioxidekvivalenter (CO <sub>2</sub> -eq) av aktiviteter, tjänster och produkter.	Samtidigt som mer data samlas in än någonsin så upplever många av de tillfrågade experterna brist på den data de skulle behöva .	Data anses bristfällig. I vissa fall råder oenighet om hur beräkningar bör utföras.	System och modeller skapas för beräkningar av LCA och CO <sub>2</sub> -eq.	Utvecklade (AI-)metoder för att utnyttja mindre och glesare datamängder; återanvända data inom olika domäner; samt styra datainsamling mot relevant data genom aktiv inlärning.  Krav sätts på att offentliga instanser ska begära in rapporter över t.ex. CO <sub>2</sub> -eq och/eller LCA vid offentliga upphandlingar.







**AI**  
S W E D E N

**Stockholm Resilience Centre**  
Sustainability Science for Biosphere Stewardship



**Stockholm University**

**RI**  
**SE**

**Beijer Institute**  
OF ECOLOGICAL ECONOMICS



**KUNGL. VETENSKAPS-  
AKADEMIEN**  
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

**VINNOVA**