



Trollhättans  
Stad

VINNOVA

RI  
SE

# T.AI.TRÄ

## Trollhättan stads AI-baserade Trädinventering



**Terese Besker, Pontus Svenson, Zohreh Ranjbar, Christian Vos, RISE  
Jörgen Einarsson, Trollhättans stad**

RISE Rapport: 2024:61  
ISBN: 978-91-89971-22-6

# Sammanfattning:

T.AI.TRÄ-projektet syftade till att förbättra hantering och inventering av träd inom kommunal verksamhet genom AI och ML-teknik. Genom att använda AI-drivna system kan man automatisera och effektivisera arbetsprocesser som tidigare har varit resurskrävande och tidsödande. Projektet hade särskilt fokus på att utveckla ett digitalt AI-baserat verktyg som samlar in, analyserar och visualiserar träddata från olika kommunala (redan befintliga) datakällor.

Genom att implementera denna lösning i Trollhättans Stads kommunala verksamhet, kan man på ett mer effektivt sätt hantera stadens trädbestånd. Den nya tekniken ger också möjlighet att bättre förstå trädens ekologiska värde samt deras påverkan på stadsmiljön och klimatet.

Projektet har inneburit ett nära samarbete mellan olika experter, inklusive AI-utvecklare, GIS-ingenjörer, forskare och domänexperter inom ekologi och stadsplanering. Dessutom har vi arbetat med att säkerställa att data som används och delas inom projektet är tillförlitlig och följer gällande lagstiftning, vilket är särskilt viktigt när man hanterar potentiellt känslig information.

En annan viktig aspekt av T.AI.TRÄ-projektet var att främja organisatoriskt lärande inom Trollhättans Stad. Genom att introducera AI och nya digitala verktyg har personalen fått möjlighet att utveckla sin tekniska kompetens och förståelse för hur AI kan användas för att stödja och förbättra beslut inom stadsplanering och miljöförvaltning. Detta lärande har inte bara stärkt kommunens kapacitet att hantera träd på ett effektivt sätt, utan också lagt grunden för framtida AI-baserade projekt inom andra områden. Genom kontinuerlig utbildning och erfarenhetsutbyte har kommunen byggt upp en värdefull kunskapsbas som kan användas för att optimera verksamheten och anpassa sig till framtidens utmaningar.

Genom att kombinera teknisk innovation med djupgående kunskap om trädens roll i vår miljö, hoppas vi slutligen att detta projekt kommer att bidra till en mer hållbar och effektiv trädhantering i framtiden.

## Kontaktpersoner för projektet:

**Terese Besker, RISE och Jörgen Einarsson, Trollhättans Stad**



RISE Research Institutes of  
Sweden AB  
Box 857, 501 15 BORÅS  
Telefon: 010-516 50 00



**Trollhättans  
Stad**

Trollhättans Stad  
Samhällsbyggnadsförvaltningen  
461 83 Trollhättan

# Innehåll

Innehåll.....	2
<b>1 Lista över akronymer och förkortningar .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Introduktion.....</b>	<b>5</b>
2.1 Trollhättans stads AI-strategi .....	5
<b>3 Projektbakgrund.....</b>	<b>7</b>
3.1 Projektets bidrag till globala hållbarhetsmål .....	7
<b>4 Träden i staden.....</b>	<b>9</b>
<b>5 Krontäckning .....</b>	<b>13</b>
5.1 Krontäckningsgrad.....	13
<b>6 Aktuell trädbeståndsanalys.....</b>	<b>15</b>
6.1 Datasamling .....	15
6.2 Dataanalys.....	15
<b>7 Trädbeståndsanalys.....</b>	<b>16</b>
7.1 Geografisk distribution.....	16
7.2 Trädarter och ålder .....	17
7.3 Trädhälsa och skador.....	17
7.4 Demografisk och socioekonomisk data .....	18
<b>8 Bildanalys via AI/ML teknik.....</b>	<b>19</b>
8.1 Problembeskrivning: Trädanalys .....	19
8.2 Problembeskrivning: Teknisk aspekt.....	20
8.3 Detaljerad beskrivning av AI/ML modellen.....	20
<b>9 Organisatoriskt lärande.....</b>	<b>21</b>
9.1 Workshoppar och utbildningssessioner .....	21
9.1.1 Uppstartsworkshop #1.....	21
9.1.2 Workshop #2.....	21
9.1.3 Seminarium #3.....	22
9.1.4 Överlämning av AI-modellen.....	24
9.2 Externa seminarium (AI Sweden).....	24
<b>10 Metod för framtagandet av AI – Modellen .....</b>	<b>25</b>
10.1 Definiera önskade funktioner .....	25
10.1.1 Vilka områden vill vi analysera?.....	25
10.1.2 Vilken data finns tillgänglig?.....	26
10.1.2.1 Tillgänglig träningsdata .....	26
10.1.2.2 GeoData där datatypen är vektor.....	26

10.1.2.3	Ortofoto där datatypen är raster .....	27
10.1.2.4	LAS (Lidar) filer där geodatatypen är punktmoln (pointcloud) .....	27
10.1.3	Önskade resultat och analyser.....	27
10.1.4	Säkerhets- och etiköverväganden .....	27
10.1.5	Tekniska krav och begränsningar.....	28
10.1.6	Avgränsat område .....	28
10.1.7	Tillgängliga filformat.....	28
10.1.8	Flytt av data till RISE.....	28
10.2	Undersöka och utvärdera data .....	28
10.2.1	Datainsamling och källor .....	28
10.2.2	Dataförberedelse.....	29
10.2.3	Utforska data.....	29
10.2.4	Datakvalitet och tillförlitlighet .....	29
10.2.5	Datarengöring och förberedelse .....	29
10.2.6	Skapa tränings- och testuppsättningar .....	29
10.2.7	Domänspecifika insikter.....	29
<b>11</b>	<b>Lessons Learned.....</b>	<b>30</b>
11.1	Val av tillämpning med avseende på befintliga data.....	30
11.2	Utforma optimala förutsättningar .....	31
11.3	Behov av en bred kompetensbas.....	31
11.4	Spridning av domänkunskap .....	32
11.5	Utmaningar kring data-tillgänglighet .....	33
11.6	Formulera realistiska förväntningar .....	33
<b>12</b>	<b>Projektöverlämning.....</b>	<b>34</b>
<b>13</b>	<b>Resultatspridning .....</b>	<b>35</b>
<b>14</b>	<b>Vi som skrivit rapporten.....</b>	<b>39</b>
	<b>Referenser .....</b>	<b>40</b>

# 1 Lista över akronymer och förkortningar

AI	Artificial Intelligence
AP	Average Precision
CHM	Canopy Height Model
CNN	Convolutional Neural Network
CRS	Coordinate Reference System
DBH	Diameter at Breast Height
DL	Deep Learning
DNN	Deep Neural Network
DSM	Digital Surface Model
FCN	Fully Convolutional Network
FPN	Feature Pyramid Networks
GCP	Ground Control Point
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GSD	Ground Sampling Distance
IoU	Intersection over Union
ITCD	Individual Tree Crown Delineation
ML	Machine Learning
LiDAR	Light Detection and Ranging
PDAL	Point Data Abstraction Library
R-CNN	Region-based Convolutional Neural Network
ReLU	Rectified Linear Unit
RoI	Region of Interest
RPN	Region Proposal Network
TLS	Terrestrial Laser Scanning

## 2 Introduktion

AI har stor potential att förbättra välbefinnandet för kommuninvånare och bidra till effektiva och innovativa processer inom flera olika samhällsviktiga områden. Det är därför viktigt för både kommuner och civilsamhällesorganisationer att börja tillämpa tekniken inom flera områden.

Trollhättans stad har politiskt antagna mål att arbeta aktivt med digitalisering och AI, för att bli ett föredöme i Europa. Att använda AI-teknik kan skapa flera olika nyttor och möjligheter för staden. AI kan exempelvis komma att positivt påverka sociala och miljömässiga problemställningar inom flera olika verksamhetsområden samt bidra till kostnadseffektiva kommunala investeringar, ur både kortsiktigt och långsiktigt strategiskt perspektiv. Trollhättans stad och andra kommuner har stora mängder data som potentiellt kan användas för att skapa nyttor för verksamheter och i slutändan invånarna.

Några exempel på kommunala verksamhetsområden där AI har stor potential är att bidra till en minskad energianvändning, minskat antal trafikolyckor, resurseffektiv bevattnings, effektiviserat vägunderhåll med mera. Många av dessa förbättringsområden bygger på att kommuner och civilsamhället lär sig använda AI som ett verktyg för att skapa mer träffsäkra prognosmodeller baserat på både historiska data och befintliga realtidsdata från olika verksamhetsområden. Redan nu driver och deltar Trollhättans stad i externa (Vinnova d.nr. 2023-00279) och interna projekt där staden med sensorer mäter och samlar in data om bland annat trafikflöden, ekosystemtjänster och emissioner från vägtrafik: färsk data som kan användas för bland annat AI-analyser.

Den kunskap som Trollhättans stad får från T.AI.TRÅ kan tillämpas på andra kommunala verksamhetsområden. Detta beror på att grundprinciperna för AI är gemensamma för flera olika problemområden. Även om T.AI.TRÅ handlar om analys av sedan tidigare insamlade data, kommer kunskap inhämtad i projektet att kunna användas för att ta fram processer för prognostisering kring händelser baserat på färsk data. Dessutom kan AI-teknik användas för att förbättra effektivitet och precision i redan befintliga tekniska system, vilket gör att AI skapar flera attraktiva möjligheter och nyttor för Trollhättans stad och dess invånare. Vidare ser vi även att resultatet av projektet kommer att vara av stort intresse för andra kommuner samt civilsamhällesorganisationer. God möjlighet till spridning och utbyten om AI-projekt inom olika organisationer har skett och kan fortsatt ske via AI Sweden.

### 2.1 Trollhättans stads AI-strategi

Trollhättans stads AI-resa är nyligen påbörjad och kommunen har endast genomfört ett begränsat antal initiativ som tangerar AI och ML (maskininlärning). Även om Trollhättans stad på daglig basis ser stor potential med att införa AI som planerings- och beslutsstöd inom sin verksamhet, är det uppenbart att kommuner behöver starta sina AI-resor med hjälp av extern expertis med erfarenhet av att införa AI inom ett kommunalt verksamhetsområde. Denna kompetens har RISE bidragit med i projektet.

Projektet har bidragit till organisatoriskt lärande i hela organisationen genom flera lärande-workshops, såväl som interna forum och kompetensförstärkning. Projektets mål och strategi ligger i linje med kommunens övergripande hållbarhetspolicy, som bland annat adresserar en ekologisk hållbarhetsstrategi.

Trollhättans stad har idag en digitaliseringsstrategi (KS 2020/00158 005) som anger riktning och strategi för kommunens arbete med digitalisering. Denna strategi beskriver bl.a. att kommunen skall ha en *"väl utvecklad förmåga att tillvarata de möjligheter som digitaliseringen ger för att bidra till koncernens strävan att uppnå, visioner, strategier och mål"* samt att *"Trollhättans Stad ska införa innovativa, digitala lösningar för att bidra till en långsiktig, hållbar utveckling samt bidra till ökad tillväxt och en bättre vardag för de som bor, verkar i och besöker kommunen"*.

Vidare beskrivs att Trollhättans stad ska *"höja den samlade kunskapsnivån avseende möjligheter och förutsättningar för digitalisering"* och att man skall ta *"tillvara och tolka data som genereras av koncernen såväl som externa parter för att öka kvaliteten i analyser och beslut samt utveckla förmågan att återanvända data för möjliggörande av nya tjänster"*.

Projektet var ett viktigt steg för Trollhättans stad att vidareutveckla sin digitala närvaro och effektivisera verksamheten. Genom strategin ska man skapa nya digitala lösningar som bidrar till en hållbar utveckling och ökad tillväxt. En högre kunskapsnivå inom AI och digitaliseringen och att tillvarata data på ett bättre sätt är också viktiga delar av planen. Genom att implementera denna strategi kan Trollhättans stad dra nytta av AI-teknikens möjligheter för att nå sina visioner, strategier och mål på ett smidigare och effektivare sätt. Vidare kan man förbättra kvaliteten på analyser och beslut genom att tolka och återanvända data, både från interna och externa parter. Detta kommer i sin tur att leda till att kommunen kan erbjuda fler och bättre tjänster till invånare, verksamheter och besökare i kommunen.

## 3 Projektbakgrund

Trollhättans stad har tillgång till färska ortofoton över kommunen, det vill säga flygfoton som korrigerats geometriskt så att höjdskillnader, kameravinklar och linsavvikelser inte påverkar skalan på föremål<sup>1</sup>. Dessa ortofotografier är tagna år 2018 och 2022 och täcker inte hela kommunen utan bara en del av kommunen. Dessutom finns samma ytor avlästa med Lidar-skanning till punktmoln, vilket skapar en god grund för vidare analyser. Dessa tekniker används idag för att skapa geografiska karteringar och är ett effektivt sätt att få en överblick över kommunen. Detta har hjälpt kommunen att skapa en mer detaljerad 3D-modell av områden för att exempelvis kunna planera framtida byggprojekt. Informationen används också för att göra förbättringar i infrastrukturen, som stöd vid framtagande av detaljplaner och vid manuell inventering av grönområden. T.AI.TRÄ har använt AI och ML-teknik på denna redan befintliga data för att skapa en automatiserad process för att **studera kommunens trädbestånd**.

Denna teknik kan också bidra till att Trollhättans stad enklare kan identifiera och planera för rätt kvantitet och arter av träd som kan bidra till förbättrad luftkvalitet med minskad koldioxidhalt. På så sätt kan Trollhättans stad bli en föregångare när det gäller att skapa en mer miljövänlig stad.

Genom att använda AI-teknik inom ett avgränsat område, kan vi också få en bättre förståelse för hur vegetationen i kommunen påverkar stadens ekosystem och ta mer underbyggda beslut när det gäller stadsplanering.

Projektet har genomfört följande AI-relaterade processteg:

- Identifikation och kravställning av den data som skall användas.
- Utvärdering av datakällor.
- Anpassning av data, rensning och bearbetning så att den passar vald ML-teknik.
- Identifikation vilka verktyg och kunskap som behövdes för att genomföra analysen.
- Identifiera eventuella etiska, politiska, regulatoriska förhållningsregler för hur AI-tekniken skall användas och hur data ska hanteras.
- Kunskapshöjande åtgärder: workshoppar och seminarier för kommunens medarbetare.

### 3.1 Projektets bidrag till globala hållbarhetsmål

Projektet har inte bara som mål att hjälpa Trollhättans stad att komma i gång med sin AI-resa utan också att bidra till de globala hållbarhetsmålen i Agenda 2030. Genom att införa AI-lösningar i kommunens verksamhet och processer kan det leda till en mer effektiv och resurssnål verksamhet. Nyttjandet av AI-teknik kan också skapa nya jobbområden inom tekniksektorn i Trollhättan.

---

<sup>1</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Orthophoto>



Den AI-resa som Trollhättan påbörjat genom projektet har stor potential att positivt bidra till de globala hållbarhetsmålen genom att:

- Skapande av en mer effektiv, resursoptimerad och hållbar offentlig sektor genom användning av AI-lösningar.
- Bidra till en minskning av klimatförändringar genom effektivare användning av kommunens energi och resurser.
- Genom kartläggning av trädbeståndet skapas förutsättningar för en grönyteplanering som tar hänsyn till vilka typer av träd och grönstrukturer som ger mest klimatnytta, exempelvis genom upptagning av koldioxid och kväveoxider, samt genom sin förmåga att ta upp och förvara vattenmängder. Detta stöttar också Trollhättans stads antagna klimatmål, vilka är i linje med Parisavtalet.
- Ökad medvetenhet och organisatorisk kompetenshöjning inom området AI, vilket kan leda till fler innovationer och en ökad servicegrad för kommunens invånare.
- Skapande av nya arbetstillfällen och ökad kompetens inom AI för Trollhättans stad, vilket gynnar både den offentliga och privata sektorn på lång sikt.

Konkreta mål i Agenda 2030 som kan adresseras med utgångspunkt från resultat från projektet:



**Mål 3 - God hälsa och välbefinnande:** Eftersom träd och parker förbättrar välbefinnande, och genom projektresultaten får Trollhättan bättre möjligheter att planera stadens grönområden.



**Mål 11 - Hållbara städer och samhället:** Genom att Trollhättans stad startar sin AI-resa och i T.AI.TRÄ bygger upp kompetens som gör det möjligt att använda AI för många andra tillämpningar. Optimala planering av grönområden som reducerar värmefickor, förbättrar luftkvaliteten. Med tanke på klimatförändringarna är det viktigt att välja rätt typ av träd och växter som på lång sikt kan klara av framtida klimatförhållanden.



**Mål 13 - Bekämpa klimatförändringarna:** Genom att få bättre koll på grönområden och träd möjliggörs en bättre planering i Trollhättan av hur klimatförändringen kan motverkas och hur anpassning till den kan planeras.



**Mål 15 - Ekosystem och biologisk mångfald:** Genom att projektresultaten bidrar till att Trollhättans stad får en bättre överblick över sina träd blir det möjligt att ta hänsyn till biologisk mångfald och ekosystem i stadsplaneringen.



**Mål 5 - Jämställdhet mellan könen:** Genom att använda data insamlad från AI kan medborgare, oavsett kön, delta i beslutsfattande processer rörande urban planering och grönområden, vilket har en positiv inverkan på jämställdhet.

## 4 Träden i staden

Grönområden spelar en avgörande roll i regleringen av det regionala mikroklimatet i en stad. Träden påverkar bland annat genom att ge skuggning och bidra med ökad luftcirkulation och ökat värmeutbyte. Dessutom fångar vegetation i grönområden inte bara upp regn och minskar avrinningen, utan främjar också mer regninfiltration, vilket minskar frekvensen av urbana översvämningar och sänker kostnaderna och skadorna för dagvattenhantering. De ekologiska fördelarna är beroende av sammansättningen och strukturen i staden trädbestånd, vilket är avgörande för att förbättra och reglera den urbana miljön. Att förstå hur olika typer av stadsgrönområden påverkar ekosystemtjänsternas prestanda kan hjälpa beslutsfattare och stadsplanerare att optimera planeringen av grönområden för att maximera tillhandahållandet av ekosystemtjänster [1].

Sett utifrån en stads perspektiv finns det flera fördelar med trädbestånd. Några av de mest framträdande fördelarna listas nedan och är inspirerad av kategoriseringar gjorda av Deak Sjöman and Östberg [2] och Dwyer, McPherson, Schroeder and Rowntree [3].



Sett utifrån en **energibesparingsaspekt**, kan träd som placeras längs med byggnader fungera som ett sekundärt isolerande skikt som reglerar temperaturen runt byggnaderna [4]. Noggrant utplacerade träd kan bidra till att hålla byggnaderna svala under sommaren och varma under vintern. Träden fungerar då som en naturlig termisk barriär, vilket skapar en behagligare inomhusmiljö och även kan minska behovet av energi för uppvärmning och kylning.

Utöver det finns det även **etiska aspekter** då träd ofta tillför en känsla av karaktär och mognad till en stads nyutvecklade områden, medan större trädartar bidrar till att skapa en mänsklig skala i äldre och befintliga stadsområden [3]. Genom att integrera träd i stadsmiljön skapas en estetisk dimension som förbättrar omgivningens visuella upplevelse. Träden fungerar således som naturliga element som mjukar upp och berikar stadens landskap, vilket skapar en harmonisk balans mellan moderna och historiska delar av staden.



Områden med mycket träd kan öka också värdet på fastigheter, och enligt internationella studier föredrar de flesta människor att bo i miljöer som inkluderar grönskande träd. Trädbeståndet har visat sig ha en **positiv inverkan på bostadsmarknaden** och är eftertraktat av boende för dess estetiska och miljömässiga fördelar. En stads träd och växtligheter har även förmågan att skapa avskildhet och dölja oönskade vyer och objekt i landskapet som kan vara mindre estetiskt tilltalande. Genom att fungera som **naturliga skärmar** bidrar dessa växter inte bara till en förbättring av omgivningens visuella upplevelse utan ger också en känsla av privatliv och skydd. Därmed spelar de en viktig roll i att skapa en harmonisk och behaglig miljö.

Träd spelar även en central roll i att **stödja biodiversitet** och skapa **gynnsamma livsmiljöer** i stadsmiljöer, särskilt när det finns en rik mångfald av träd i olika arter och åldrar [5]. Denna diversitet är fördelaktig för en bred skara insekter, fåglar och däggdjur i våra städer och tätorter. Genom att ha träd av olika arter skapas en varierad miljö som lockar olika insekter, bidrar till pollinering och tillhandahåller viktiga näringskällor. Träden fungerar som viktiga



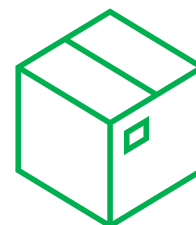
boplatser och häckningsområden för fåglar, medan deras grenar och håligheter blir skyddade platser för olika däggdjur. Den varierade åldern på träden är också av betydelse, då olika åldrar ger olika typer av livsmiljöer. Gamla träd med sina etablerade strukturer kan ge skydd och livsutrymme åt många arter, medan unga träd och nysådda exemplar ger viktiga resurser och möjligheter för andra organismer. Genom att främja en diversifierad trädpopulation kan vi skapa en mer robust och ekologiskt rik stadsmiljö. Detta bidrar inte bara till att stödja den lokala biodiversiteten utan förbättrar också vår livsmiljö genom att skapa en mer balanserad och harmonisk stadsnatur.



Träd utgör en betydelsefull källa till **föda för både vilda djur och människor** [6]. Genom att producera frukt och nötter skapar träden en näringsrik födotillgång som stöder det lokala ekosystemet. Vilda djur är beroende av träd för att hitta livsmedel och skapa en balanserad och varierad diet. För människor är trädens frukter och nötter en direkt matkälla. Dessutom utgör träden en viktig källa till nektar för bin och andra pollinerande insekter.

Genom att bevara och plantera träd bidrar vi inte bara till att säkra födokällor för vilda djur och människor, utan också till att upprätthålla en balanserad ekosystemtjänst som är avgörande för vår överlevnad och välbefinnande.

Trädens biomassa fungerar som en betydande **lagringsplats för kol**, och genom den processen binds kol effektivt [7]. Denna kolbindning spelar en viktig roll i att minska utsläppen av växthusgaser i atmosfären. Genom fotosyntesen tar träd upp koldioxid från luften och omvandlar den till kol som lagras i träden. Denna kolreservoar i träden fungerar som en naturlig mekanism för att avlägsna och förvara kol från atmosfären. På detta sätt bidrar träd till att minska mängden koldioxid i luften och därmed verkar de som en viktig faktor för att mildra klimatförändringarna. Genom att bevara och odla träd bidrar vi indirekt till att öka den globala kolbindningen och därigenom stödja hållbara insatser för att hantera klimatförändringar. Det understryker vikten av att skydda skogar och skapa incitament för att upprätthålla och öka trädens roll som en effektiv förvaringsplats för kol.



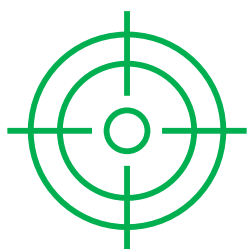
Träd spelar en avgörande roll i **att kyla luften**, huvudsakligen genom att **erbjuda skugga**, men också genom den process som kallas evapotranspiration från sina lövverk [8]. Trädarter med stora trädkronor visar sig vara särskilt effektiva i denna funktion. Skuggan som träden ger skapar en barriär mot direkt solljus och hjälper till att reducera marktemperaturen. Detta har en avkylande effekt på den omgivande luften och skapar därmed ett mer behagligt mikroklimat

i området. Samtidigt utsöndrar träden vatten genom sina löv, vilket bidrar till avdunstning och kylningseffekter i atmosfären. Arter med stora träd Kronor har en ökad förmåga att generera omfattande skugga och därigenom skapa en mer betydande avkylande effekt. Denna funktion blir särskilt viktig i urbana områden där stadshettan kan vara påtaglig. För att maximera de fördelaktiga kyleffekterna av träd är det relevant att överväga plantering av träd med stora kronor i stadsmiljöer och andra områden där temperaturen kan vara en utmaning. Genom att utnyttja dessa naturliga kylegenskaper kan träd spela en nyckelroll i att skapa mer bekväma och hållbara miljöer.

Träd spelar en betydelsefull roll i att **underlätta återhämtning från sjukdom** genom att påverka vår fysiska och mentala hälsa på positiva sätt [9]. Dessa gröna växtligheter minskar stress och främjar en snabbare rehabiliteringsprocess, samtidigt som de bidrar till att förbättra vår mentala hälsa och övergripande välbefinnande. Naturen, inklusive träd och grönområden, har visat sig ha lugnande och stressreducerande effekter. Genom att vistas i

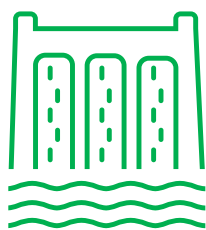
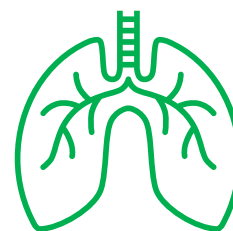


en miljö där träd finns närvarande kan människor uppleva ökad avslappning och sinnesro. Denna förändring i miljön kan påskynda läkningsprocessen för individer som återhämtar sig från sjukdom eller genomgår behandling. Förutom att reducera stress och främja fysisk återhämtning har träd även dokumenterats som positiva faktorer för förbättring av mental hälsa. Naturens närvaro har kopplats till minskad depression, ökat välbefinnande och en ökad förmåga att hantera psykiska påfrestningar. För att stödja människors hälsa och återhämtningsprocesser är det viktigt att bevara och skapa gröna utrymmen med träd, särskilt inom vårdmiljöer och i stadsområden där tillgängligheten till natur kan vara begränsad. Detta understryker det terapeutiska värdet av att integrera träd och grönområden i samhällsplaneringen och vården för att stödja människors hälsa och välbefinnande.



Träd spelar en viktig roll **som fokuspunkter i stads- och samhällsmiljöer**, och deras närvaro kan ha positiva effekter på den sociala sammanhållningen och till och med bidra till minskad kriminalitet [10]. Träd skapar naturliga samlingsplatser och mötespunkter för människor. Dessa gröna områden kan fungera som platser för avkoppling, samtal och gemenskap, vilket främjar ökad social interaktion och samhällssammanhållning. Genom att erbjuda en plats där människor kan samlas och umgås bidrar träden till att skapa en positiv och inkluderande miljö. Forskning har också antytt att gröna och trädbevuxna områden kan ha en koppling till minskad kriminalitet. Träd och grönområden skapar en känsla av trygghet och gör miljön mer öppen och synlig, vilket potentiellt kan minska risken för oönskad aktivitet. Dessutom kan grönskande områden uppmuntra människor att spendera mer tid utomhus och delta i samhällsaktiviteter, vilket skapar en mer positiv och övervakad miljö. Genom att betrakta träd som fokuspunkter i stadsplaneringen och samhällsdesignen kan vi främja social interaktion och skapa säkrare och trivsammare platser för människor att leva och verka i.

Träd spelar en avgörande roll i **förbättringen av luftkvaliteten** genom att deras blad och barr fungerar som effektiva filter. Dessa gröna delar av träden fångar upp skadliga partiklar från luften och minskar därmed mängden luftföroreningar i omgivningen [11]. Genom processen känd som bladavdunstning bidrar träden även till att reducera luftföroreningar. Genom att ta upp partiklar som damm och andra föroreningar på sina ytor bidrar träden till att rena luften omkring dem. Dessutom absorberar träden koldioxid och andra växthusgaser, vilket hjälper till att minska den totala föroreningen i atmosfären. Särskilt i urbana områden, där luftkvaliteten ofta är föremål för bekymmer, fungerar träd som naturliga luftrenare. Deras förmåga att fånga upp partiklar och minska föroreningar bidrar inte bara till förbättrad hälsa för invånarna utan har också positiva effekter på det övergripande ekosystemet. Genom att bevara och plantera träd kan städer och kommuner aktivt bidra till att förbättra luftkvaliteten och skapa hälsosammare och mer hållbara levnadsmiljöer för dagens och framtidens invånare.



Träd spelar en betydelsefull roll i att **reglera dagvatten** och bidrar till att minska lokala översvämningar. Deras närvaro påverkar positivt vattenhanteringen genom att fånga upp regnvatten och bibehålla markens uppsugningsförmåga [12]. Genom trädens lövverk och grenar fångas regnvatten upp och hålls tillbaka, vilket minskar det direkta trycket på marken. Detta möjliggör en gradvis och jämnare avrinning av vatten, vilket minskar risken för plötsliga översvämningar. Samtidigt underlättar trädens rotsystem vattenabsorptionen i marken genom att bevara dess struktur och permeabilitet. Trädens förmåga att fungera som naturliga vattenregulatorer blir särskilt viktig i urban miljö, där hårdgjorda ytor och bebyggelse kan begränsa markens förmåga att absorbera vatten. Genom att integrera träd i stadsmiljön kan vi skapa en mer effektiv och hållbar vattenhantering, minska risken för översvämningar och samtidigt stödja ekosystemet. Genom att bevara och plantera träd i våra städer och tätorter kan vi därmed bidra till en bättre reglering av dagvatten och skapa mer robusta och hållbara vattenhanteringslösningar.

Forskning har klargjort de otaliga fördelarna med att integrera träd i stadsmiljöer. Utifrån denna forskning har principen 3-30-300 utvecklats som en riktlinje för att förbättra stadsmiljön. Regeln innebär att varje hem bör ha utsikt över minst 3 träd, att minst 30% av bostadsområdet ska täckas av trädkronor och att alla bör ha tillgång till parker eller grönområden inom 300 meters avstånd. Att implementera 3-30-300 är ett effektivt sätt att stärka städernas motståndskraft och främja invånarnas hälsa, både fysiskt och psykiskt [13].

# 3-30-300

# 5 Krontäckning



Inom ramen för T.AI.TRÄ projektet har vi bland annat fokuserat på trädens krontäckning. Träd med stor kron diameter utgör en viktig biologisk resurs som utför flera kritiska miljöfunktioner, vilka har en direkt inverkan på människors välbefinnande och miljö.

Forskning visar exempelvis att ett träd med en kron diameter på 15 meter kan filtrera upp till ett ton damm per år ur atmosfären [14]. Vidare vet vi också att ett träd med en kron diameter på 15 meter producerar cirka 1,7 kilo syre i timmen, vilket motsvarar det dagliga behovet för 64 personer [15]. Träd har även en central roll i regleringen av lokala klimatförhållanden genom att reducera vindstyrkan med upp till 50 procent [16].

Denna reduktion av vindhastigheten har flera positiva effekter, inklusive minskad erosion och avdunstning samt förbättrad markfuktighet. Genom att fungera som naturliga vindskydd bidrar träd även till att skapa stabila mikroklimat, vilket kan leda till lägre energikostnader för uppvärmning och kylning. Utöver syreproduktionen avger ett träd omkring 400 liter vatten per dag genom transpiration, vilket ökar den relativa luftfuktigheten [17].

## 5.1 Krontäckningsgrad

Krontäckningsgrad är ett centralt mått inom skogsvetenskap och miljöövervakning som hjälper till att förstå skogens struktur, densitet och ekologiska funktioner. Denna parameter mäts genom att uppskatta den procentandel av markytan som täcks av trädkronor, sett från ovan, vilket kan göras med hjälp av flygbilder, satellitbilder eller lidar-teknik. Genom att kartlägga krontäckningsgraden kan forskare och skogsförvaltare få insikter om skogens tillstånd, inklusive trädbeståndets ålder, skogens täthet, och hur väl skogen kan fungera som habitat för olika arter.

En hög krontäckningsgrad innebär ofta att skogen är tät och att ljuset har svårt att nå marken, vilket påverkar undervegetationen och markens mikroklimat. Detta kan vara fördelaktigt för vissa arter som kräver skugga och hög luftfuktighet. Samtidigt kan en mycket hög krontäckningsgrad indikera ett behov av gallring för att förbättra trädbeståndets hälsa och främja tillväxt.

Omvänt kan en låg krontäckningsgrad indikera avverkning, skador från stormar, eller andra störningar som minskar skogens täthet. Detta kan leda till ökade solinstrålning på marken, vilket i sin tur kan påverka markens fuktighet och temperatur, och därmed förändra

förutsättningarna för undervegetation och markfauna. En låg täckningsgrad kan också vara ett tecken på återväxt efter avverkning eller en del av en naturlig cykel i skogens utveckling.

Att övervaka förändringar i krontäckningsgraden över tid är viktigt för att förstå skogsdynamiken och för att kunna reagera på potentiella miljöproblem, såsom avskogning, skogsbränder eller klimatförändringar. Denna information är också avgörande för planering av skogsskötsel och bevarandeåtgärder, samt för att säkerställa att skogarna kan fortsätta att leverera ekosystemtjänster, som koldioxidlagring, vattenskydd och biologisk mångfald.

Det finns stor potential att vidareutveckla den framtagna AI-modeller för att analysera och övervaka krontäckningen i Trollhättans stad. Genom att applicera den teknik och de metoder vi har utvecklat i projektet kan vi framgent potentiellt automatisera processen för att kartlägga och bedöma hur stor del av markytan i stadens grönområden som täcks av trädkronor. Detta kan bli ett kraftfullt verktyg för stadsplanerare och miljöansvariga i Trollhättans stad. Detta kan bidra till att man kan övervaka stadens grönska på ett mer detaljerat och effektivt sätt, vilket i sin tur kan stödja beslutsfattande inom stadsutveckling, klimatanpassning och bevarandet av stadens biologiska mångfald.

# 6 Aktuell trädbeståndsanalys

För att bättre förstå hur ett AI-verktyg kan hjälpa Trollhättans stad med sin trädanalys, behöver vi först förstå a) hur man praktiskt genomför en sådan **datainsamling** idag, och b) hur insamlad data **analyseras**.

I detta kapitel beskriver vi hur Trollhättans stad genomför kommunens trädbeståndsanalys idag, det vill säga utan stöd från AI.

## 6.1 Datainsamling

I dagsläget utförs det inga fältstudier där det primära målet är att kontinuerligt samla in trädinventeringsdata. Trollhättans stad (MBK-kontoret) samlar dock in trädinventeringsdata som punktinsatser, med fokus på att ta reda på om enskilda träd är ett barr eller lövträd samt dess GPS-koordinater vid uppdatering av grundkartan eller i samband med exploatering. I GIS-baserade kartskikt finns många befintliga träd redan inlagda med koordinater, och nya träd läggs in manuellt.

## 6.2 Dataanalys

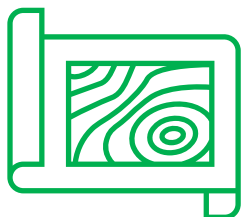
För nuvarande utför Trollhättans stad inte några analyser på befintliga trädinventeringsdata, då de är undermåligt ajourhållna. Många befintliga träd i stadens kartsystem saknar också uppgifter om bland annat art och storlek.



# 7 Trädbeståndsanalys

När man vill studera en kommuns trädbestånd, finns det flera olika faktorer att ta hänsyn till. Detta kapitel beskriver några av de teoretisk möjliga områden som en AI-modell skulle kunna analysera.

## 7.1 Geografisk distribution



För att effektivt förvalta trädbeståndet måste en kommun veta *var träden finns*. En sådan kartläggning hjälper bland annat till att identifiera områden med bristfällig grönska och fokusera på platser där träd kan ha störst påverkan på stadsmiljön och invånarnas livskvalitet. Vid en geografisk kartläggning tittar man exempelvis på trädens fysiska placering och distribution i olika stadsdelar, parker, gator och andra områden.

Idag sker denna kartläggning i kommunen främst genom manuell inspektion på plats, vilket har både ekonomiska och logistiska begränsningar då dessa aktiviteter är både tids- och resurskrävande.

För att övervinna dessa utmaningar och förbättra noggrannheten i trädinventeringen kan avancerade teknologier som AI och LiDAR användas. Genom att kombinera dessa teknologier med traditionella metoder kan vi skapa en mer omfattande och precis bild av trädbeståndet. Detta är särskilt viktigt eftersom AI-modellerna och den data som används för att träna dem spelar en avgörande roll i hur effektivt och detaljerat vi kan kartlägga både synliga och dolda träd i olika miljöer.

AI-modellen begränsas exempelvis av typen av tillgängliga data samt dess kvalité och mängd. I ortofoton fångas de högsta träden rakt ovanifrån medan lägre träd som göms under högre trädskronor inte fångas av ortofotot eller bara delvis fångas.

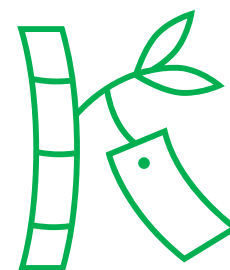
Med LiDAR-skanning från luften fångas även träden snett ovanifrån vilket fångar fler av dessa underliggande träd. Dock så befinner sig många av dessa underliggande träd i LiDAR-skugga från de högre träden eller framförvarande träd, vilket leder till att dessa inte fångas eller bara delvis fångas.

De flesta av dagens AI-modeller använder sig dock av 2D data, och att använda sig av LiDAR-data innebär oftast att denna reduceras från 3D till 2D. Detta förenklar modellen och skapandet av tränings- och testdata. Men steget från 3D till 2D, där 2D bilden likt ortofotot är rakt ovanifrån och fångar den maximala höjden för varje individuell pixel, gör att man förlorar de underliggande datapunkterna. En 2D AI-modell avsedd för trädanalys med hjälp av luftburen LiDAR-skanning eller ortofoto använder således ofta data sedd rakt ovanifrån. Den stora skillnaden då mellan datatyperna blir då att LiDAR-data inkluderar höjddata medan ortofotot har högre upplösning. Ortofotot är också en konstruktion från vanliga flygbilder och kan lida av en viss förvrängning.

Baserat på detta finns det olika typer av 2D-AI-modeller som kan användas och dessa AI-modeller kan utföra olika typer av uppgifter. En historiskt vanlig uppgift inom trädanalys är att AI-modellen föreslår avgränsande rektanglar inom vilka en trädkrona ska befinna sig. På senare tid har det blivit alltmer populärt att AI-modellen även föreslår polygoner som avgränsar dessa trädkronor. AI-modellen som föreslår polygoner kräver dock även tränings- och testdata i detta format, vilket är mer tidskrävande att ta fram och inte finns tillgängligt i öppna databaser i samma utsträckning som tränings- och testdata med avgränsande rektanglar.

## 7.2 Trädarter och ålder

Olika trädarter har olika påverkan på stadens ekosystem och människors hälsa. Åldern på träden ger insikter om underhållsbehov och framtida planer för att bevara en balanserad och mångfaldig trädpopulation. En analys av trädens ålder kan också ge insikter om träden kommer att behöva ersättas eller om det finns risk för sjukdomar och skador. Balanseringen mellan att bevara historiska träd och införa nya arter för klimatanpassning kan därför vara en utmaning.



En AI-modell skulle teoretisk kunna bidra med insikter och prognoser baserat på data om trädens ålder och deras påverkan på stadsmiljön. Genom att analysera tidigare data och koppla detta till framtida förutsättningar och behov, skulle en AI-modell kunna ge rekommendationer för underhåll och planering av stadens trädpopulation. Detta skulle underlätta för stadsplanerare och trädvårdsexperten att fatta informerade beslut om vilka åtgärder som behövs för att upprätthålla en balanserad och hållbar trädpopulation.

Att identifiera trädarter och ålder kräver dock mer omfattande annoteringar och kan oftast inte enbart baseras på visuell inspektion, såsom vid geografisk distribution. För sådana annoteringar behövs antingen en redan befintlig databas som innehåller denna information, eller så måste en fältstudie utföras av personer med den nödvändiga kompetensen för den tänkta precisionen i annoteringarna och AI-modellens resultat. Ifall det finns annoteringar kring trädets position, så kan dessa annoteringar kompletteras med ytterligare fält så som trädart och ålder.

## 7.3 Trädhälsa och skador



Att övervaka trädhälsan gör det möjligt att förhindra spridning av sjukdomar och skadedjur, och möjliggör tidiga insatser för att minska skador från exempelvis oönskade väderförhållanden och mänsklig påverkan.

En AI-modell skulle teoretisk kunna bidra med att kartlägga information om trädens hälsotillstånd och eventuella skador. Detta skulle kunna omfatta data om sjukdomar, skadedjur, skador

från väderförhållanden eller mänsklig påverkan -över tid (historiska data).

Liksom för trädart och ålder så kräver annoteringar av detta slag ofta ett mer omfattande arbete. Medan det kan vara relativt enkelt att via ett ortofoto bedöma ifall en tall är skadad eller inte, så kan det vara svårare att bedöma vad denna skada beror på och till vilken grad denna tall är skadad. I Chiang, Barnes, Angelov and Jiang [18] skapade de sina annoteringar genom att via visuell inspektion av flygfotografier markera den individuella trädkronsavgränsningen och ifall trädet var dött eller levande. AI-modellen utförde då två uppgifter: först markerade den med en mask de individuella trädkronsavgränsningarna, och sedan klassificerade AI-modellen ifall detta träd var dött eller levande.

## 7.4 Demografisk och socioekonomisk data

Ekonomiska klyftor och sociala ojämlikheter kan leda till att vissa områden nedprioriteras när det gäller grönområden och trädäckning. Demografiska och socioekonomiska dataanalys kan hjälpa till att säkerställa att olika samhällsgrupper har lika tillgång till grönområden och trädbeståndets fördelar.



## 8 Bildanalys via AI/ML teknik

Att förstå och förvalta en kommuns trädbestånd kan vara avgörande för att förstå och eventuellt mildra effekterna av klimatförändringar och invasiva arter samt ge stöd för förbättrad markanvändning. Att samla in data om enskilda träd i fält är dock kostsamt och tidskrävande, vilket begränsar omfattningen av dessa viktiga datainsamlingar. Genom att kombinera datainsamling med hjälp av fjärranalysbilder från satelliter, flygplan och drönare kan man observera trädbeståndet i betydligt större skala och mer resurseffektiv (i form av exempelvis tid, budget och personal) än vad som är möjligt med enbart manuellt insamlade fältdata.

### 8.1 Problembeskrivning: Trädanalys

Att genomföra en AI/ML baserad trädanalys är dock inte helt problemfritt då en så kallad automatisk ITCD (Individuell Trädkronsavgränsning) med enbart RGB-fotografier från luften innebär vissa utmaningar. Frånvaron av djupinformation gör det exempelvis svårt för en AI-modell att skilja mellan ett trädets skugga och ett faktiskt träd, tätt sammanväxta trädkronor, eller en trädgren och dess bakgrund [19]. Detta är särskilt utmanande i urbana skogsområden, där förhållandena ofta är komplexa. Dessutom är datamängderna insamlade under den bladfria säsongen. Även om detta ger ytterligare information om trädens struktur och grenar, blir det svårare att spektralt särskilja lövträd, eftersom de tappar sina blad under denna period.

Att utföra fältundersökningar för att manuellt inventera varje träd i en urban skog är mycket krävande och tidsödande [20]. Med tanke på att urbana skogar är dynamiska och föränderliga måste sådana inventeringar dessutom utföras regelbundet. Träden växer, blir nedhuggna eller borttagna, blir sjuka eller skadade, och nya träd planteras.

För att manuellt mäta trädkronornas täckningsområde under en fältundersökning brukar man i stället mäta trädets krondiameter genom att visuellt bedöma var trädkronan slutar i nord-sydlig och öst-västlig riktning [13] och sedan mäta dessa avstånd med ett måttband. För att få fram trädets genomsnittliga krondiameter lägger man samman dessa två mätningar och delar med två. Denna process är mycket tidskrävande och görs vanligtvis bara för vissa träd av särskilt intresse. Man kan också använda en Terrestrial Laser Scanning (TLS)-enhet för att samla in parametrar för individuella träd, såsom trädkronans täckningsområde. Detta är en mycket noggrann metod [21], men enligt Intervjuad B tar det cirka 10 minuter att skanna bara ett träd med den lägsta precisionen på en modern Trimble SX10, vilket resulterar i cirka 2,5 miljoner punkter. TLS-enheter är dessutom svåra att använda i täta skogsområden.

En annan aspekt är trädens position, som med moderna GPS-enheter kan bestämmas snabbt och med hög noggrannhet. I Malmö, där man har ett av världens mest omfattande urbana trädinventeringsprogram [22], har man till exempel mätt antalet träd på offentlig mark i gatu- och parkområden till cirka 64 000 [23]. Trots dessa möjligheter är det en överväldigande mängd träd, och att genomföra fältmätningar och samla in GPS-positionen för varje träd är orealistiskt. Dessutom är det problematiskt att få tillgång till träd som finns på privat mark.

Med tanke på att de nuvarande metoderna antingen är för tidskrävande, arbetsintensiva, begränsade, oanvändbara eller orealistiska, finns det behov av en metod som kan lösa dessa problem och samtidigt tillhandahålla både trädens geografiska position och kronans täckningsområde. Kommuner samlar ofta in ortofoton och utför ibland även flygburen LiDAR-skanning för andra ändamål, vilket i detta fall skulle kunna användas för att inventera urbana träd.

## 8.2 Problembeskrivning: Teknisk aspekt

Att implementera ett CNN (Convolutional Neural Network) för att utföra ITCD (Individuell Trädkronavgränsning) med hjälp av både ortofoton och LiDAR-punktmoln medför vissa utmaningar. De flesta CNN-modeller är tränade på RGB-foton, som innehåller tre kanaler: röd, grön och blå. För att inkludera den extra information som LiDAR-punktmolnet ger krävs en unik och icke-standardiserad CNN-arkitektur. Förutom att säkerställa att de två datamängderna är korrekt justerade, finns också utmaningen med hur dessa egenskaper ska fusioneras – om det ska ske på låg, mellanliggande eller hög nivå [24] – och vad som är mest optimalt för det givna sammanhanget.

En annan utmaning är att bearbeta stora datamängder. Modellen måste fungera både med de nuvarande Trollhättan-datamängderna och med utökade datamängder. Genom att dela upp datamängden i bilder av fix storlek kan dessa problem mildras, men denna uppdelning medför ytterligare svårigheter, såsom överlappningar, som är nödvändiga för att undvika att trädkronor delas upp, samt att justera och ta bort eventuella överlappande prediktioner.

En tredje utmaning när man arbetar med geografiska data är konverteringen mellan geografiska koordinater och bildkoordinater, och omvänt, från bildkoordinater till geografiska koordinater. Det senare är nödvändigt för att kunna importera prediktionerna i det geospatiala program som används av Trollhättans stad.

## 8.3 Detaljerad beskrivning av AI/ML modellen



För den som är intresserad av en mer detaljerad och teknisk beskrivning av projektets AI/ML analys, rekommenderas att läsa masteruppsatsen av Christian Vos.

Uppsatsen, som genomfördes inom ramen för projektet, erbjuder en detaljerad genomgång av de tekniska aspekterna och metoderna som har använts och utvecklats. I uppsatsen finner man en utförlig beskrivning av arbetet samt de tekniska lösningar som implementerats för att möta projektets utmaningar och mål.

Uppsatsen kan i sin helhet accessas här:

*"Data Fusion of RGB Imagery and LiDAR Point Cloud to Study Tree Inventory in an Urban Forest using Deep Learning - Multimodal Deep Learning for Tree Inventory", Master's thesis, KTH Royal Institute of Technology, Sept. 2024".*

# 9 Organisatoriskt lärande

Resultatet från detta projekt kommer att gynna flera olika verksamhetsområden inom Trollhättans stad genom de workshoppar och seminarier som genomförts för att bidra till organisatoriskt lärande, effektiviseringar och nya innovationsmöjligheter.

Inom ramen för projektet har flera olika aktiviteter genomförts för att skapa ett organisatorisk lärande, och.

## 9.1 Workshoppar och utbildningssessioner

Inom ramen för projektet genomfördes tre olika workshoppar och seminarium.

### 9.1.1 Uppstartsworkshop #1

En första workshop genomfördes i anslutning till projektets uppstartsmöte i november 2023, där hela projektets medlemmar från RISE och Trollhättans stad deltog. Det första workshopen fokuserade på att identifiera problemområdet och diskutera potentiella lösningar. All deltagarna fick möjlighet att dela sina erfarenheter och ge sina perspektiv på de utmaningar som projektet syftar till att lösa.

Under workshopen identifierades bland annat möjliga datakällor, olika dataformat, datalagrings-möjligheter, tillgängliga resurser, bakgrund kring Trollhättans Stads nuvarande arbete med kommunens trädbestånd m.m.

### 9.1.2 Workshop #2

Under våren 2024 hölls en gemensam workshop i Trollhättans Stadshus där samtliga projektmedlemmar från RISE deltog tillsammans med T.AI.TRÄs projektledare. På workshopen deltog även anställda på Trollhättans stads digitaliseringsteam. Nedan följer en detaljerad beskriv av workshopens innehåll och resultat:

**Titel:** Presentation av projektet samt AI:ns grunder och tillämpningar

**Datum och Plats:** 2024-04-25, Trollhättans Stads kontor. Kl 09.00 – 12.00

**Arrangör:** RISE (Research Institutes of Sweden) och Trollhättans Stad

**Syfte:** Denna workshop syftade till att samla alla inblandade parter för att presentera projektets framsteg och diskutera AI:ns grunder och tillämpningar. RISE ville visa för Trollhättans stad hur långt projektet har kommit i projektet och få ny input från de anställda på kommunen kring vilka utmaningar och möjligheter de ser med att använda AI inom sina olika verksamhetsområden.

**Deltagare:** Workshopen hade deltagare från olika verksamhetsområden inom Trollhättans stad, inklusive tjänstemän och andra anställda som är involverade i stadsplanering, sociala tjänster, utbildning och infrastruktur. Från RISE deltog Terese Besker, Zohreh Ranjbar, Pontus Svenson och Christian Vos. Från Trollhättans stad deltog

Samhällsbyggnadsförvaltningens digitaliseringsgrupp, bestående av ett tiotal representanter från Miljökontoret, Gata-park-kontoret, Geodatakontoret, Plankontoret, Bygglövskontoret, Lantmäterikontoret och Staben.

#### **Presentationer:**

1. RISE Projektteam: Presentation av projektets nuvarande status och framtida riktning. Fokus låg på hur AI har implementerats hittills och vilka resultat som har uppnåtts.
2. Introduktion till AI: En genomgång av AI:ns grunder, dess potential och olika tillämpningar inom kommunal verksamhet. Detta inkluderade exempel på hur AI kan förbättra effektiviteten och beslutsfattandet i olika sektorer.

#### **Workshopsessioner och Aktiviteter:**

- Diskussionsgrupper: Deltagarna delades in i mindre grupper för att diskutera specifika utmaningar och möjligheter med AI inom deras respektive verksamhetsområden. Varje grupp presenterade sedan sina insikter och förslag.

Följande områden diskuterades:

- *Utmaningar*: Några av de huvudsakliga utmaningarna som identifierades inkluderade brist på teknisk kunskap, datahanteringsproblem och oro för integritetsfrågor.
- *Möjligheter*: Möjligheter som lyftes fram inkluderade förbättrad resursfördelning, optimering av arbetsflöden och bättre tjänster till medborgarna genom prediktiv analys och automatisering.

#### **Slutliga reflektioner:**

Många deltagare uppskattade möjligheten att få en djupare förståelse för AI och dess tillämpningar. Diskussionerna upplevdes som mycket produktiva och gav värdefulla insikter för framtida arbete med AI inom kommunens verksamhet.

### **9.1.3 Seminarium #3**

Den 28 augusti 2024 höll projektteamet från RISE tillsammans med projektledaren från Trollhättans stad, Jörgen Einarsson, ett mycket framgångsrikt seminarium. Seminariet ägde rum i Trollhättans stads stadshus (plenisalen) mellan kl. 09.00 och 12.00 och lockade ca 70 deltagare från olika sektorer inom Trollhättans Stad.

Seminariet inleddes med en presentation av Jörgen Einarsson, som introducerade projektet TA.I.TRÄ och beskrev hur projektet framgångsrikt erhållit finansiellt stöd från Vinnova. Jörgen delade också med sig av bakgrunden till projektet och gav en översikt över de aktiviteter som genomförts inom projektets ramar.

Därefter tog Pontus Svenson från RISE vid och berättade om RISE som organisation och RISE arbetet inom både forskning och innovation. Pontus gav sedan en historisk tillbakablick på AI-teknikens uppkomst och utveckling, där han belyste både utmaningar och möjligheter med teknologier som ex. maskininlärning och neuronät. Han beskrev även hur dessa teknologier kan appliceras inom projektet för att skapa innovativa lösningar, samt vilka etiska och

praktiska överväganden som behöver tas i beaktande när man arbetar med AI. Denna del av seminariet gav deltagarna en djupare förståelse för AI teknik, vilket skapade en engagerad och inspirerande diskussion bland de närvarande.

Efter dessa inledande presentationer var det dags för en större praktisk övning där alla deltagarna fick möjlighet att delta i en simulering av en AI-modell. Syftet med övningen var att deltagarna själva skulle simulera en AI-modell och manuellt artbestämma bilder på träd efter att först ha fått tillgång till ett så kallat facit (träningsdata) med olika trädarter. Övningen gav deltagarna en konkret inblick i hur AI-modeller tränas och hur de kan användas för att lösa specifika uppgifter.

Efter den praktiska övningen tog Zohreh Ranjbar och Christian Vos över och gav en mer detaljerad och teknisk beskrivning av hur den utvecklade AI-modellen i projektet har skapats och förfinats. De gick igenom de tekniska stegen i modellens utveckling, från datainsamling och förbehandling till träningsprocessen och optimeringen av modellen. Presentationen gav en djupare förståelse för de tekniska aspekterna av AI-arbetet i projektet och hur modellen anpassats för att möta specifika behov inom trädidentifiering.

Som avslutning sammanfattade Jörgen Einarsson seminariet genom att beskriva de olika nyttor som projektet kan ha för Trollhättans stad. Han betonade exempelvis hur AI-tekniken kan bidra till effektivare beslutsprocesser och långsiktig hållbarhet inom stadsplanering och miljöförvaltning. Seminariet avslutades med en positiv och engagerad diskussion om framtida tillämpningar och samarbeten.



Figur 1: Seminarium Trollhättans Stad 2024-08-28



## 9.1.4 Överlämning av AI-modellen

Som en avslutande del av projektet hölls ett slutseminarium (2024-08-29) där RISE formellt överlämnade den implementerade AI-lösningen till Trollhättans stad. Seminariet markerade en viktig milstolpe i projektet och utgjorde en plattform för att säkerställa att alla involverade parter har en gemensam förståelse av lösningens funktioner och potential.

Under seminariet presenterade RISE hur AI-lösningen har utvecklats och anpassats för att möta kommunens specifika behov. Presentationen omfattade allt från tekniska aspekter som algoritmer och datamodeller till praktiska tillämpningar och förväntade resultat. Deltagarna fick en detaljerad genomgång av lösningens kapacitet, tillsammans med information kring hur den kan användas för att effektiviserastadens trädinventering.

För att underlätta en smidig övergång till det dagliga arbetet i Trollhättans stad inkluderade seminariet också en interaktiv frågestund där kommunens representanter hade möjlighet att ställa frågor, diskutera eventuella utmaningar och klargöra osäkerheter. RISE-teamet fanns till hands för att ge utförliga svar, demonstrera funktioner i realtid och ge rekommendationer för bästa praxis vid implementeringen.

Seminariet genomfördes via Teams, där särskilt inbjudna deltagare från Trollhättans Stad deltog. För att underlätta för deltagarna att senare kunna återvända till och granska demonstrationerna av hur den utvecklade AI-modellen bäst kan tillämpas, spelades hela seminariet in och distribuerades till alla deltagarna samt projektledare för projektet.

Den tekniska överlämningen i T.AI.Träd-projektet omfattade all implementerad kod, komplett med kommentarer och detaljerade instruktioner, som gjordes tillgänglig för Trollhättans Stads projektledare via en projektserver hostad hos RISE.

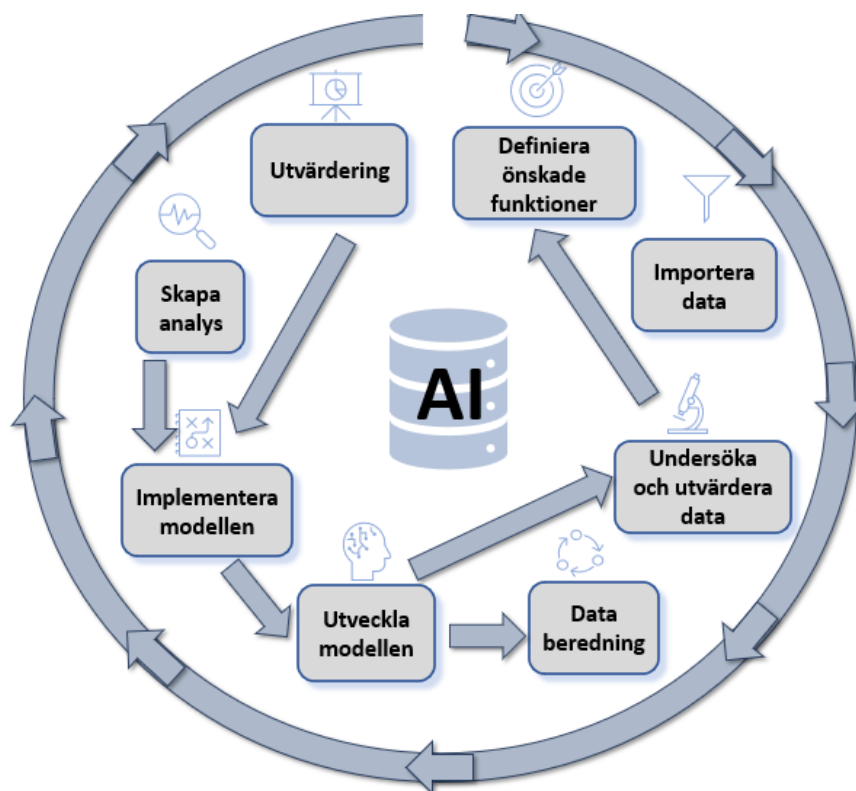
RISE har även bjudit in till fortsatt dialog under projektets gång, där Trollhättans Stad har möjlighet att återkomma med eventuella ytterligare frågor eller behov av stöd kring AI-modellen.

## 9.2 Externa seminarium (AI Sweden)

Medlemmar i projektteamet har aktivt deltagit vid events anordnade av bland andra AI Sweden ([AI Sweden | Nationellt center för tillämpad artificiell intelligens](#)) för att få insikt och lära sig mer om användningen av AI inom samhällsbyggnad. Under projektets genomförande har flera av teamets medlemmar aktivt deltagit i AI Swedens presentationer: Behovsägaren Trollhättans stad har deltagit i alla möten för projektdeltagare inom ramen för den aktuella utlysningen, anordnade av AI Sweden, med undantag för ett tillfälle som krockade med projektets eget kunskapshöjande seminarium för 60 deltagare från Trollhättans stad.

Vid mötena har deltagande kommuner och organisationer fått presentera sina projekt och de framsteg som gjorts. Alla projekt har också skapat projektbeskrivningar som publicerats på plattformen [my.ai.se](#). AI Sweden har bidragit med kunskapshöjande aktiviteter och informationsinsatser. Nätverket som skapats via dessa möten har bidragit till att Trollhättan haft möte med Kungsbacka kommun, om gemensamma intressen kring AI-verktyg inom bygglovshantering.

# 10 Metod för framtagandet av AI – Modellen



Figur 2: Process för framtagandet av AI Modellen

Figur 2 illustrerar att AI modellen i T.AI.TRÄ projektet genomfördes i åtta steg. I följande sektioner beskrivs dessa steg med tillhörande aktiviteter i mer detalj.

## 10.1 Definiera önskade funktioner

Innan vi kan börja utveckla och träna vår AI-modell är det avgörande att definiera tydligt vilka funktioner och uppgifter vi förväntar oss att modellen ska utföra. Detta inledande steg är av central betydelse, eftersom det skapar grunden för AI modellen. Nedan beskriver vi de mest centrala aktiviteterna inom detta aktivitetsområde.

### 10.1.1 Vilka områden vill vi analysera?

Det första steget är att identifiera de specifika uppgifter och problemområden som vår AI-modell kommer att hantera. Projektets AI-modell kommer att analysera träds geografiska distribution.

## 10.1.2 Vilken data finns tillgänglig?

För att vår modell ska kunna lära sig och prestera effektivt behöver vi tillgång till relevant data. Det är därför nödvändigt att definiera vilken typ av data som är tillgänglig och hur vi kan använda den på bästa sätt. I dagsläget har vi tillgång till befintliga data från tre olika källor över stadens trädbestånd som beskrivs nedan. Ett ortofoto som är samlat under lövsäsong 2018 (O18), ett ortofoto samlat under bladfrisäsong 2022 (O22), samt ett LiDAR-punktmoln samlat under bladfrisäsong 2023 (L23). O18 har en Ground Sampling Distance (GSD) på cirka 29 cm, vilket är väsentligt lägre upplösning än O22 och anses inte kunna bidra till att träna AI-modellen. Detta innebär att mittpunkten av varje enskild pixel i bilden är cirka 29 cm ifrån varandra. O22 är fotat på 1920 m höjd och har en GSD på 6 cm. L23 samlades med en kravspecifikation på 10 Points Per Square Meter (PPM). Dock vid stickprov uppmättes en densitet på 16 PPM.

### 10.1.2.1 Tillgänglig träningsdata

För Trollhättans stad så finns det annoteringar i form av trädens mittpunkter och uppskattad cirkel som markerar trädkronan för 26 stycken träd i en park. Dessa annoteringar är gjorda genom att på fältet utfört laserskanning och sedan använt sig av mjukvara för att få fram annoteringar i form av mittpunkter och tillhörande cirklar som markerar trädkronan. Dessa annoteringar skiljer sig dock från den slags annoteringar som AI-modellen behöver för att tränas, som använder sig av mer detaljerade trädkronsmarkörer i form av polygoner. 26 träd är samtidigt för få för att träna även en mindre AI-modell, och eftersom alla träden är från samma park har dessa träd liknande karaktär och miljö och hjälper därför inte AI-modellen med prediktioner i andra delar av staden där kontexten skiljer sig.

För att lösa detta så gjorde vi manuell individuell trädkronavgränsning för lite mer än 1000 träd genom att använda QGIS där vi ritade ut georefererade polygoner för varje trädkrona. Detta gjordes inom ett rektangulärt område för att sedan enkelt kunna använda denna data i AI-modellen. Det är samtidigt viktigt att en polygon ritas ut för varje identifierad trädkrona inom detta område, för varje trädkrona som inte ritas ut räknas som ett negativt exempel för modellen, vilket är tvärtemot vad vi vill att AI-modellen ska lära sig. Som underlag för denna manuella annoteringsprocess användes O22, L23, Google Street View, samt en rasteriserad version av L23 innehållande datapunkter klassade som "hög vegetation" i nadirperspektiv (sett från ovan).

### 10.1.2.2 GeoData där datatypen är vektor

Denna datakälla innebär det att den geografiska informationen är organiserad och representerad i forma av geometriska former och/eller positioner, vilket möjliggör detaljerad och exakt representation av geografiska objekt och funktioner. Denna data är användbart för en mängd olika geografiska tillämpningar, inklusive kartografi, geografiskt informationssystem (GIS), och analys av geografiska data.

### 10.1.2.3 Ortofoto där datatypen är raster

Ortofoto är en speciell typ av flygfotografi eller satellitbild som är justerad för att ta hänsyn till jordens krökning och skala. Varje pixel i bilden innehåller information om det geografiska området som motsvarar den specifika pixeln. Rasterdata används ofta när det krävs en högupplöst bildrepresentation, och det är användbart i många tillämpningar som kräver detaljerad visuell information.

### 10.1.2.4 LAS (Lidar) filer där geodatatypen är punktmoln (pointcloud)

LAS filer innehåller data som samlats in med Lidar-teknik och lagrats i LAS-filer i form av 3D-punktmoln. Denna typ av data är användbar för att generera detaljerade och högupplösta 3D-representationer av terräng, byggnader, växtlighet och andra geografiska objekt. Punktmoln används inom många tillämpningar, inklusive kartografi, geologisk modellering, miljöövervakning och stadsplanering.

## 10.1.3 Önskade resultat och analyser

Vi behöver även klargöra vilka resultat vi vill uppnå med vår AI-modell. Det kan vara i form av förutsägelser, klassificeringar, rekommendationer eller andra uppgifter. Dessutom behöver vi bestämma vilka metriker och mätkriterier som kommer att användas för att utvärdera modellens prestanda. Efter gemensam workshop har projektteamet beslutat att primärt fokusera på att analysera träds individuella trädkronsavgränsning. Genom denna analys skapas en bra grund med både träds geografiska koordinater och dess trädkronsarea. Detta resultat kan således även användas för att räkna ut krontäckningsgrad. Ifall man senare vill vidareutveckla AI-modellen, till att exempelvis upptäcka skadade träd så kan detta byggas på den nuvarande AI-modellen och läggas till i dess tillhörande annoteringsdata.

## 10.1.4 Säkerhets- och etiköverväganden

Det är viktigt att inkludera säkerhets- och etiköverväganden i detta första steg. Vi måste överväga frågor som dataskydd, rättvisa, ansvar och integritet för att säkerställa att vår AI-modell används på ett ansvarsfullt och etiskt sätt.

För att säkerställa att vår AI-modell både är effektiv och etiskt försvarbar, är det avgörande att vi redan från början integrerar säkerhets- och etiköverväganden i utvecklingsprocessen. AI-modellen är förtränad på data från det stora och populära COCO-datasetet som innehåller publika bilder i enlighet med dess licensvillkor på vardagliga objekt och undviker känsliga data. AI-modellen är senare tränad på Trollhättans datamängd som har bearbetats av Lantmäteriet för att rensa bort eventuella känsliga data. AI-modellen är tränad på att avgränsa trädkronor, vilket inte anses orsaka etiska problem eller risker eftersom den inte bygger på känslig eller personlig information, och dess prediktioner anses inte påverka individers integritet.

## 10.1.5 Tekniska krav och begränsningar

Slutligen bör vi även ta hänsyn till tekniska begränsningar och krav, inklusive hårdvaru- och mjukvarukomponenter som behövs för att implementera vår modell. AI-modellen är utvecklad på Linux, men kan även användas på MacOS. Mjukvaran kräver ett Nvidia-grafikkort med CUDA-stöd, där minst 8 GB VRAM är rekommenderat och 11 GB användes under utvecklingen. Förutom en kraftfull processor för djupinlärning bör datorn ha minst 32 GB RAM-minne.

## 10.1.6 Avgränsat område

Inom ramen för projektet beslutades att begränsa annoteringsytan till en area på cirka 350 x 535 m, rymmandes lite över 1000 träd. Prediktioner utfördes sedan på ett större område om cirka 860 x 670 m, som utgör den överlappande arean av ortofotot och det primära LiDAR-punktmolnet.

## 10.1.7 Tillgängliga filformat

Trollhättans stad tillhandhöll data i form av GeoTIFF (ortofoto) och LAS (LiDAR-punktmoln).

## 10.1.8 Flytt av data till RISE

Vid flytten av data från Trollhättans stad till RISE var det viktigt att beakta flera aspekter för att säkerställa att processen gick smidigt och säkert. Inom ramen för detta projekt var de flesta säkerhetsrelaterade frågor lyckligtvis mindre problematiska.

Först och främst var ingen av den data som överfördes *säkerhetsklassad*. All data var helt publikt tillgänglig, vilket innebär att de strikta säkerhetsåtgärder som ofta krävs för hantering av känslig information inte behövde tillämpas. Detta förenklade överföringsprocessen betydligt. När det gäller *tillåtelse* att dela data fanns inga hinder för att data skulle delas utanför Trollhättans stad. Nödvändiga tillstånd och samtycken hade erhållits, vilket säkerställde att datadelningen var i enlighet med gällande lagar och interna riktlinjer. Slutligen, eftersom ingen data var säkerhetsklassad, behövdes inga särskilda åtgärder för hantering av säkerhetsklassad information. Detta eliminerade behovet av specifika säkerhetsprotokoll och restriktioner som annars skulle ha varit nödvändiga. Sammantaget kunde Trollhättans stad ladda upp data på RISE:s server utan att behöva vidta extra försiktighetsåtgärder.

## 10.2 Undersöka och utvärdera data

Efter att vi har definierat de önskade funktionerna är det dags att fördjupa oss i den tillgängliga data. Att noggrant undersöka och utvärdera data är en kritisk komponent i att bygga en framgångsrik AI-modell. I detta steg fokuserar vi på nedan beskrivna aktiviteter.

### 10.2.1 Datainsamling och källor

Vi bör börja med att samla in den data som krävs för vårt AI-projekt. Det kan inkludera att hämta data från interna databaser, externa källor, sensorer eller andra informationskällor.

Det är viktigt att dokumentera var data kommer ifrån och vilka eventuella begränsningar som finns.

## 10.2.2 Dataförberedelse

Data som samlas in kan vara ostrukturerad eller ofullständig, och det kan kräva rengöring, transformering och förberedelse innan det kan användas för modellträning. Detta kan inkludera att hantera saknade värden, normalisera data och konvertera det till lämpligt format.

## 10.2.3 Utforska data

Vi måste noggrant utforska data för att förstå dess egenskaper och mönster. Det kan innebära att använda statistiska metoder, visualiseringstekniker och explorativ dataanalys (EDA) för att identifiera trender, outliers, och annan relevant information.

## 10.2.4 Datakvalitet och tillförlitlighet

Att bedöma datakvalitet och tillförlitlighet är avgörande. Detta inkluderar att identifiera eventuella felaktigheter, brister eller inkonsekvenser i data som kan påverka modellens prestanda.

## 10.2.5 Datarengöring och förberedelse

Datat som samlas in kan vara ostrukturerad eller ofullständig, och det kan kräva tvättning och viss form av handpåläggning, transformering och förberedelse innan det kan användas för modellträning. Detta inkluderar exempelvis att hantera saknade värden, normalisera data och konvertera det till lämpligt format.

## 10.2.6 Skapa tränings- och testuppsättningar

Vi behöver dela data i tränings- och testuppsättningar för att kunna utvärdera vår AI-modell. Det är viktigt att göra detta på ett sätt som säkerställer att modellen inte överanpassar sig till träningsdata.

Denna uppdelning gjordes i QGIS, där uppdelningen skedde på två olika sätt. Det första sättet var avsett för att hitta optimala hyperparametrar för AI-modellerna, medan det andra sättet var för att verifiera modellernas resultat. För att hitta optimala hyperparametrar skapades två rektanglar i QGIS, där den ena delen användes för träning och den andra för verifiering. För att verifiera modellernas resultat användes en 5-faldig korsvalidering, där 5 olika tränings och verifieringsblock skapades i QGIS.

## 10.2.7 Domänspecifika insikter

Beroende på projektet kan det vara viktigt att arbeta tillsammans med experter inom det specifika området för att få djupare insikter och förståelse för data.

# 11 Lessons Learned

I detta stycke beskriver vi projektets olika faser med hänsyn till det organisatoriska lärandet av att implementera den aktuella AI-lösningen i Trollhättans kommun. Som illustreras i Figur 3 har vi identifierat sex olika faser i projektet som varit av särskilt stor betydelse för Trollhättans kommuns lärandeprocess.



Figur 3: Lärdomar kring det organisatoriska lärandet kring implementering av en innovativ AI-lösning i Trollhättans kommun

## 11.1 Val av tillämpning med avseende på befintliga data



Implementeringen av AI-lösningen inleds med en kontextuell analys för att identifiera en passande tillämpning inom kommunens verksamhets- och behovsområden. För detta krävs en djupgående förståelse för kommunens specifika aktiviteter, utmaningar och mål.

Projektteamet analyserade bland annat olika möjligheter såsom automation av befintliga administrativa processer, förbättrad kommunikation med invånare och effektivisering av interna arbetsflöden.

Vid denna fas var det av yttersta vikt att noggrant studera vilken data som redan fanns tillgänglig inom kommunens olika verksamhetsområden, och därmed minimera behovet av en initial datainsamlingsaktivitet. Det betyder att vi initialt behövde kartlägga befintliga datakällor (till exempel typ av data, mängd av data, för att undvika att behöva göra en fullständig (eller kompletterande) datainsamling inom ramen för projektet. Detta sparade oss både tid och resurser samt att vi kunde fokusera projektets budget på teknikutveckling och organisatoriskt lärande.

I den här fasen studerade vi även kvaliteten och tillförlitligheten hos redan insamlade data för att säkerställa att de var korrekta och relevanta för projektets mål.

Ett viktigt led i denna fas var även att skapa en förståelse kring vilken potentiell nytta den tänkta AI lösningen skulle kunna bidra med, för att säkerställa att projektet var riktat mot att lösa ett verkligt problem och skapa verklig nytta för kommunen.

## 11.2 Utforma optimala förutsättningar

För att säkerställa en framgångsrik implementering är det avgörande att etablera optimala förutsättningar. Detta innefattar investeringar i teknisk infrastruktur, säkerställande av nödvändiga resurser och skapande av en miljö som främjar teknologisk innovation. En väl genomtänkt strategi för datahantering och säkerhet är också av central betydelse för att hantera de specifika utmaningarna som AI-teknologin kan innebära.



Inom ramen för vårt projekt betyder det att vi tidigt upprättade kontakt med olika berörda enheter på kommunen och där projektmedlemmar från både RISE och Trollhättans stad samverkade och diskuterade vilken typ av data som fanns tillgänglig (med avseende på till exempel dataformat, lokalisering, accessrätt med mera). I vårt fall är all använd data offentlig, vilket gjorde att vi inte behövde skriva explicita avtal kring sekretessbestämmelser mellan projektpartners.

## 11.3 Behov av en bred kompetensbas



För att garantera framgångsrik implementering av en AI-lösning krävs en bred kompetensbas. Genom att kombinera teknisk expertis med insikter om kommunens specifika behov kan man inte bara öka projektets mångsidighet utan även främja organisatorisk lärande genom kunskapsutbyte inom teamet. I projektet samverkade flera olika roller med olika kompetensprofiler, såsom:

- **Projektledare:** Ansvarade för att planera och driva projektet framåt, samt säkerställa att projektet följde tidsplanen och levererade de önskade resultaten.
- **Data analytiker:** Analyserade och bearbetade data för att utveckla och implementera AI-lösningen.
- **GIS ingenjör:** Ansvarade för att tillhandahålla och beskriva data.
- **AI utvecklare:** Programmerade och skapade koden för AI-lösningen.
- **Domänexpert:** Bidrog med djupgående kunskap inom det specifika området som AI-lösningen skulle tillämpas inom.
- **Forskare:** Bidrog med AI-expertis samt organisatorisk lärande

För att säkerställa att AI-lösningen för trädinventering implementeras framgångsrikt är det avgörande att sätta samman ett team med olika funktioner och kompetensområden. Detta mångvetenskapliga arbetssätt bidrar inte bara till att täcka flera olika aspekter av projektets problemområde, utan också till att skapa en dynamik där kontinuerlig utveckling och lärande sker genom hela processen. Här är några centrala faktorer som beaktats under projektet:



**Bygga teamet med olika funktioner:** Ett välbalanserat team bör inkludera olika roller som täcker både tekniska och verksamhetsrelaterade aspekter av projektet. Varje medlem bidrar med unika perspektiv och färdigheter, vilket hjälper till att lösa komplexa problem och främjar innovativa lösningar. Det är viktigt att klargöra roller och ansvar tidigt i projektet för att undvika överlappningar och säkerställa att alla områden täcks.

**Agilt arbetssätt:** Att etablera ett aktuellt och iterativt arbetssätt är avgörande för att möta förändringar och förbättra AI-lösningen kontinuerligt. Agila metoder kan vara fördelaktiga här, då de möjliggör snabb respons på feedback och justeringar efterhand som projektet fortskrider. Regelbundna möten och avstämningar hjälper teamet att hålla sig på rätt spår och lösa eventuella hinder i tid.

**Kontinuerlig resultat- och kunskapsspridning:** Ett av de vanligaste misstagen i projekt är att vänta med att dela resultat och lärdomar tills projektet är avslutat. För att främja organisatoriskt lärande och säkerställa att projektet ger maximalt värde bör resultat och insikter spridas kontinuerligt. Genom att skapa forum för kunskapsutbyte, såsom workshops, interna rapporter och delade dokument, kan man inte bara hålla teamet uppdaterat utan även involvera andra delar av organisationen, vilket kan leda till nya insikter och förbättringar under projektets gång.

Genom att implementera dessa strategier i T.AI.TRÄ projektet skapades inte bara förutsättningar för en framgångsrik AI-lösning, utan vi stärker även kommunens förmåga att hantera framtida utmaningar genom ökat samarbete och förbättrad kompetens inom Trollhättans stad.

## 11.4 Spridning av domänkunskap



Innan man kan börja utveckla en AI-lösning är det viktigt att ha en klar bild av problem-området inom domänen. Det handlar om att identifiera de specifika utmaningar och behov som kommunen står inför. Genom att analysera och förstå problemdomänen kan man sedan skapa en lösning som är anpassad för att möta dessa utmaningar.

En viktig del i detta arbete handlar om att tidigt skapa en bakgrundsförståelse kring området som den tänkta AI-lösningen skall adressera. I vårt fall så betyder det att projektteamet behövde förstå hur Trollhättans kommun praktiskt arbetar med trädinventering idag. Detta gjordes genom en initial **kartläggning**, där RISE genomförde tre intervjuer med Jonas Forsebo, Sebastian Runander och Amanda Jeppsson på Trollhättans stad, som sedan låg till grund för projektets problemområdesbeskrivning. Under hela projektets genomförandefas har projektteamet även haft kontinuerlig dialog med behovsägaren på Trollhättans stad där bland annat preliminära resultat har demonstrerats och diskuterats.

## 11.5 Utmaningar kring data-tillgänglighet

En av de centrala utmaningarna vid implementeringen av en AI-lösning är att säkerställa tillgången till högkvalitativa och relevanta data. Som ett led i detta är det därför viktigt att förbereda sina processer genom att etablera robusta rutiner för datalagring samt att kontinuerligt rensa och förbättra datakvaliteten.



Kvaliteten på data är relativ till den uppgift man önskar att lösa. Vill man identifiera en trädkrona så behövs inte samma upplösning och densitet som om man vill identifiera trädstammens tjocklek eller trädsort. Möjliga uppgifter begränsas därmed av datakvaliteten.

## 11.6 Formulera realistiska förväntningar



För att underlätta ett organisatorisk lärande behöver behovsägaren och mottagaren av AI-lösningen (kommunen) ha realistiska förväntningar på teknikens prestanda och möjligheter. Det är därför viktigt att öppet kommunicera kring vad AI-lösningen kan och inte kommer att kunna åstadkomma. Genom att skapa medvetenhet om att en framgångsrik implementering av en AI-lösning är en kontinuerlig process som kräver både justeringar och flertal iterationer, skapas en flexibel inställning som främjar lärande och anpassning över tid.

## 12 Projektöverlämning

Den tekniska överlämningen i T.AI.Träd-projektet omfattade all implementerad kod, komplett med kommentarer och detaljerade instruktioner, som gjordes tillgänglig för Trollhättans Stads projektledare via en projektserver hostad hos RISE.

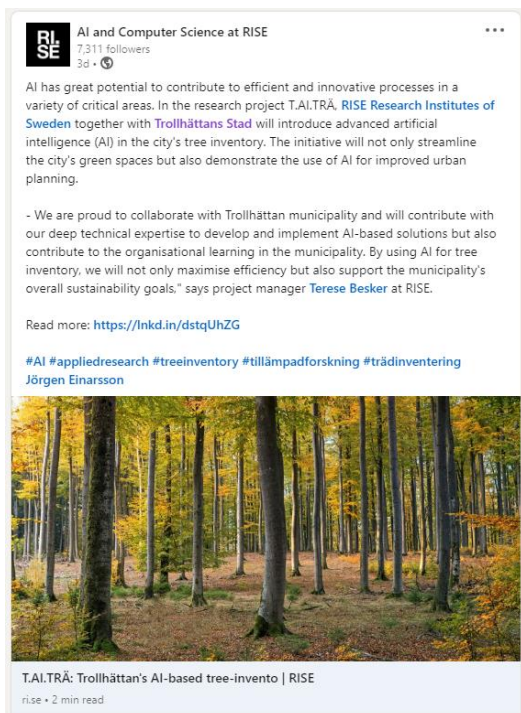
För att säkerställa en tydlig förståelse av de tekniska lösningarna hölls en inspelad workshop, där deltagare från RISE presenterade samtliga tekniska detaljer, inklusive hur AI-modellen kunde användas och modifieras för framtida behov.

Under workshopen gavs deltagarna från Trollhättans Stad möjlighet att ställa frågor, och alla aktuella frågor besvarades utförligt. Sessionen hölls som ett Teams-möte och spelades in, varpå inspelningen överlämnades till Trollhättans Stad för senare referens. Vi har även bjudit in till fortsatt dialog under projektets gång, där Trollhättans Stad har möjlighet att återkomma med eventuella ytterligare frågor eller behov av stöd.

# 13 Resultatspridning

Spridning av forskningsresultat är avgörande för att säkerställa att ny kunskap når ut till relevanta aktörer och samhället i stort. Det främjar innovation, ökar kunskapsbasen och stödjer evidensbaserade beslut.

För att öka synligheten av vår forskning och maximera dess påverkan har T.AI.TRÄ-projektet aktivt arbetat för att sprida information till olika medier, via exempelvis hemsidor, LinkedIn poster och nyhetsbrev:



Publicerad på LinkedIn Februari 2024

(<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7162671662608457728/>)



## AI ska inventera träd - T.AI.Trä

I forskningsprojektet T.AI.TRÄ kommer RISE tillsammans med Trollhättans kommun att införa avancerad artificiell intelligens i stadens trädinventering. Initiativet kommer inte bara att effektivisera stadens grönområden utan också demonstrera användningen av AI för förbättrad stadsplanering.

- Vi är stolta över att samarbeta med Trollhättans kommun och kommer att bidra med vår djupa tekniska expertis för att utveckla och implementera AI-baserade lösningar men också bidra till det organisatoriska lärandet i kommunen. Genom att använda AI för trädinventering kommer vi inte bara att maximera effektiviteten utan också stödja kommunens övergripande hållbarhetsmål, säger projektledare Terese Besker på RISE.

Publicerad i nyhetsbrevet OmAI i Februari 2024 ([Om AI: Tema AI och tillämpningar \(ri.se\)](#))

## T.AI.TRÄ: Trollhättans AI-baserade Trädinventering

**AI har stor potential att förbättra välbefinnandet för kommuninvånare och bidra till effektiva och innovativa processer inom flera olika samhällsviktiga områden. T.AI.TRÄ kommer att hjälpa Trollhättan att starta sin AI-resa genom att undersöka hur AI kan användas för att inventera träd i kommunen.**

AI har stor potential att förbättra välbefinnandet för kommuninvånare och bidra till effektiva och innovativa processer inom flera olika samhällsviktiga områden. Det är därför viktigt för både kommuner och civilsamhällsorganisationer att börja tillämpa tekniken inom flera områden. Att använda AI-teknik kan skapa flera olika nyttor och möjligheter för Trollhättans stad. AI kan exempelvis komma att positivt påverka sociala och miljömässiga problemställningar inom flera olika verksamhetsområden samt bidra till kostnadseffektiva kommunala investeringar, ur både kortsiktigt och långsiktigt strategiskt perspektiv.

Med hjälp av AI-teknik kommer projektet att kunna automatisera studierna av kommunens träd på ett effektivt och tillförlitligt sätt. Detta kommer att bidra till en bättre förståelse av kommunens gröna områden och möjliggöra en mer hållbar förvaltning av dess trädbestånd.

För en kommun finns flera utmaningar som en AI-baserad trädinventering på sikt skulle kunna bidra till att hantera:

- Ett stort trädbestånd i skogs-, park- och stadsmiljöer är resurskrävande att inventera manuellt.
- Inom en kommuns gränser uppstår inte sällan osäkerhet kring vem som äger och ansvarar för enskilda träd. Olika ägare kan vara privatpersoner, kommunala förvaltningar, privat näring, statliga myndigheter, kyrkliga samfund, stiftelser och bostadsbolag.
- Genom att artbestämma träd vid en inventering framgår det vilka arter som ev. överanvänts och vilka som behövs för att skapa ett resiliënt bestånd, vilket bidrar till en kommuns grönyteplanering. Artkännedom kombinerat med mätt på träds stammar och kronor kan bidra till att beräkna monetära värden såväl som värdet av de klimatstödande ekosystemtjänster som enskilda träd bidrar med.

### Sammanfattning

**PROJEKTNAMN**  
T.AI.TRÄ

**STATUS**  
Pågående

**RISE ROLL I PROJEKTET**  
Deltagare

**PROJEKTSTART**  
2023-11-01

**VARAKTIGHET**  
1 år

**TOTAL BUDGET**  
750 tkr

**FINANSIÄRER**  
[Vinnova](#)


**KOORDINATOR**  
[Trollhättans stad](#)


**PROJEKTMEDLEMMAR**  
[Terese Besker](#), [Zohreh Ranibar](#), [Pontus Svensson](#)

### Bidrar till FN:s hållbarhetsmål




Publicerad på RISE hemsida December 2023 ([T.AI.TRÄ: Trollhättans AI-baserade Trädinventering | RISE](#))

 **Trollhättans Stad**

Sök på vår webbplats  **Sök**



Utbildning och barnomsorg Omisorg och hjälp Uppleva och göra Bygga, bo och miljö Trafik och infrastruktur Näringsliv och arbete Kommun och politik



Startsida / Plats för framtiden / Pågående projekt / Trädinventering med hjälp av AI (T.AI.TRÄ)



## Trädinventering med hjälp av AI (T.AI.TRÄ)

Projektet T.AI.TRÄ öppnar upp för Trollhättans resa in i världen av artificiell intelligens(AI) genom att fokusera på användningen av teknologin för inventering av stadens träd. Här undersöks hur AI kan bidra till ett förbättrat välbefinnande för invånare och effektiva processer inom olika samhällsområden.

Kontakt  English 

 <p><b>Status i projektet</b> Pågående</p>	 <p><b>Finansiering och samverkan</b> Projektet genomförs med finansiering av Vinnova och drivs av Trollhättans Stad tillsammans med RISE.</p>
---	---

### Om projektet

**Bakgrund**  
Det finns en bred potential för AI att påverka Trollhättans utveckling positivt, både för människor, miljö och klimat. AI kan användas inom olika områden för att skapa hållbara lösningar och kostnadseffektiva investeringar. Idag använder Trollhättans stad avancerad geografisk informationsteknik, inklusive ortofoton och Lidar-skanning, för att skapa detaljerade kartor och stödja stadens stadsplanering. Inom ramen för projektet T.AI.TRÄ planerar vi att använda AI och maskininlärning för att automatisera kommunens trädinventering. Detta ska göras genom att utnyttja och analysera informationen i redan befintliga datakällor.

**Målsättning**  
Projektet har som övergripande målsättning att underlätta förvaltningen av stadens trädbestånd och möjliggöra bättre beslut kring stadens utomhusmiljöer och grönområden. Genom flera steg, såsom identifiering av data, utvärdering av datakällor, anpassning och rensning av data, samt skapande av AI-infrastruktur, strävar projektet efter att förbättra stadens trädhantering och grönyteplanering. Dessutom har projektet ett betydande fokus på att främja AI-drivet beslutsstöd inom staden.

**Utveckling för en hållbar framtid**

Projektet förväntas ha positiva effekter på flera olika verksamhetsområden i Trollhättans Stad, särskilt inom klimatområdet och för samhällsbyggnadssektorn. Genom att automatisera trädinventeringen och förbättra beslutsfattandet kring grönområden bidrar projektet till en mer hållbar stadsplanering.

Publicerad på Trollhättans stads hemsida januari 2024 ([Trädinventering med hjälp av AI \(T.AI.TRÄ\) - Trollhättans stad \(trollhattan.se\)](https://www.trollhattan.se/nyheter/2024/01/tradinventering-med-hjalp-av-ai-t-ai-trae))

# 14 Vi som skrivit rapporten



## Terese Besker, RISE

**Terese Besker** är projektledare och senior forskare på RISE. Hon har en Ph.D. i Computer Science från Chalmers tekniska högskola i Göteborg, Sverige. Med en gedigen bakgrund inom systemutveckling, digitalisering och AI har Terese arbetat med att utveckla innovativa lösningar för både offentliga och privata sektorer.



## Zohreh Ranjbar, RISE

**Zohreh Ranjbar** är senior forskare inom industriell AI och specialiserar sig på storskalig dataanalys och maskininlärning. Hon tillämpar sina kunskaper inom en rad industriella områden, som fjärrvärmeproduktion, prediktivt underhåll, analys och prediktion av punktlighet för järnvägstransporter.



## Pontus Svenson, RISE

**Pontus Svenson** forskar om system av system, AI och resiliens på RISE. Han är teknologie doktor i teoretisk fysik (Chalmers 2001) och har arbetat med tillämpad forskning inom AI och beslutsstöd sedan 2001.



## Jörgen Einarsson, Trollhättans Stad

**Jörgen Einarsson** är projektledare på Samhällsbyggnadsförvaltningen, Trollhättans stad. Han är socionom och har jobbat med frågor kring digitalisering, IoT och AI sedan 2005.



## Christian Vos, RISE och KTH

**Christian Vos** studerar på civilingenjörs-programmet i Industriell Ekonomi på KTH med en pågående masterexamen med fokus på maskininlärning och utför sitt examensarbete hos RISE. Han har ett stort intresse för AI och djupinlärning, särskilt inom området datorseende.



# Referenser

- [1] P. Song, G. Kim, A. Mayer, R. He, and G. Tian, "Assessing the Ecosystem Services of Various Types of Urban Green Spaces Based on i-Tree Eco," *Sustainability*, vol. 12, no. 4, pp. 1630, 2020.
- [2] J. Deak Sjöman, and J. Östberg, *i-Tree Sverige: för strategiskt arbete med träd ekosystemtjänster*, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap: rapportserie, 2020.
- [3] J. F. Dwyer, E. G. McPherson, H. W. Schroeder, and R. A. Rowntree, "Assessing the benefits and costs of the urban forest," *Journal of Arboriculture*, vol. 18, pp. 227-227, 1992.
- [4] B. Raji, M. J. Tenpierik, and A. Van Den Dobbelsteen, "The impact of greening systems on building energy performance: A literature review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 45, pp. 610-623, 2015.
- [5] A. A. Alvey, "Promoting and preserving biodiversity in the urban forest," *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 5, no. 4, pp. 195-201, 2006.
- [6] J. L. Chamberlain, D. Darr, and K. Meinhold, "Rediscovering the Contributions of Forests and Trees to Transition Global Food Systems," *Forests*, vol. 11, no. 10, pp. 1098, 2020.
- [7] A. Favero, A. Daigneault, and B. Sohngen, "Forests: Carbon sequestration, biomass energy, or both?," *Science Advances*, vol. 6, no. 13, pp. eaay6792, 2020.
- [8] F. Kong et al., "Retrieval of three-dimensional tree canopy and shade using terrestrial laser scanning (TLS) data to analyze the cooling effect of vegetation," *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 217, pp. 22-34, 2016.
- [9] K. L. Wolf et al., "Urban Trees and Human Health: A Scoping Review," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 12, pp. 4371, 2020.
- [10] N. Weinstein et al., "Seeing Community for the Trees: The Links among Contact with Natural Environments, Community Cohesion, and Crime," *BioScience*, vol. 65, no. 12, pp. 1141-1153, 2015.
- [11] R. Grote et al., "Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential," *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 14, no. 10, pp. 543-550, 2016.
- [12] C. Li et al., "Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review," *Journal of Hydrology*, vol. 568, pp. 626-637, 2019.
- [13] S. Trädföreningen. "3-30-300," <https://www.tradforeningen.org/happening/3-30-300/>.
- [14] G. P. Karlsson, C. Akselsson, S. Hellsten, and P. E. Karlsson, "Krondroppsnätet i södra Sverige : Övervakning av luftföroreningar och dess effekter i skogsmiljön. Resultat till och med september 2016," 2017.
- [15] A. Arnesson, and P. Salevid, "Dikalvsproduktion på två gårdar i Västsverige," 2011.
- [16] R. o. Regeringskansliet, "En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige," 2016.
- [17] B. C. Huber, "Der aufsteigende Saftstrom oder Transpirationsstrom," 1956.
- [18] C. Y. Chiang, C. Barnes, P. Angelov, and R. Jiang, "Deep Learning-Based Automated Forest Health Diagnosis From Aerial Images," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 144064-144076, 2020.
- [19] H. Zhao, J. Morgenroth, G. Pearse, and J. Schindler, "A Systematic Review of Individual Tree Crown Detection and Delineation with Convolutional Neural Networks (CNN)," *Current Forestry Reports*, vol. 9, no. 3, pp. 149-170, 2023.
- [20] A. B. Nielsen, J. Östberg, and T. Delshammar, "Review of Urban Tree Inventory Methods Used to Collect Data at Single-Tree Level," *Arboriculture & Urban Forestry (AUF)*, vol. 40, no. 2, pp. 96-111, 2014.

- [21] H. Park, S. Lim, J. Trinder, and R. Turner, "3D surface reconstruction of Terrestrial Laser Scanner data for forestry," In: 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2010, pp. 4366-4369.
- [22] "Svenska Trädföreningen: Tree City of the World," <https://www.tradforeningen.org/publikationer/tree-city-of-the-world/>.
- [23] "Malmö Stad. "Träd i Malmö - Malmö stad." (Mar. 19, 2024), [Online]. Available: <https://malmo.se/Stadsutveckling/Sa-utvecklar-vi-staden/Natur-och-biologisk-mangfald/Trad-i-Malmo.html> (visited on 04/08/2024)."
- [24] D. J. Yeong, G. Velasco-Hernandez, J. Barry, and J. Walsh, "Sensor and Sensor Fusion Technology in Autonomous Vehicles: A Review," *Sensors*, 21, 2021].

RISE Research Institutes of Sweden är Sveriges forskningsinstitut och innovationspartner. I internationell samverkan med företag, akademi och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle.

RISE cirka 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB  
Box 857, 501 15 BORÅS  
Telefon: 010-516 50 00  
E-post: [info@ri.se](mailto:info@ri.se), Internet: [www.ri.se](http://www.ri.se)