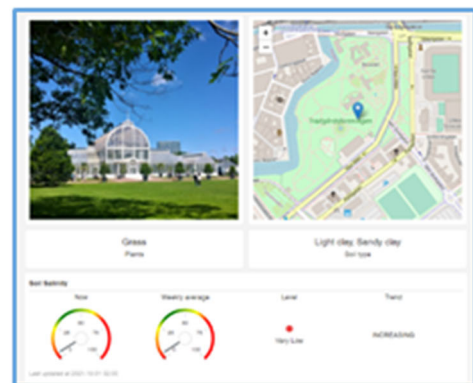
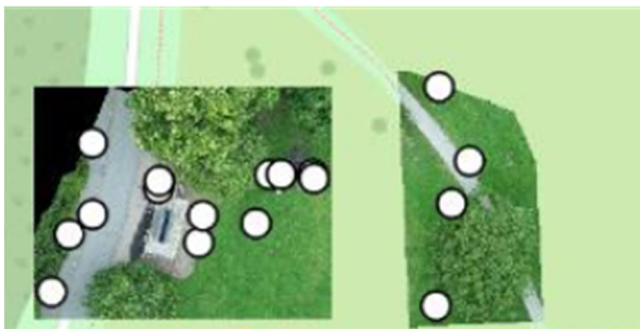
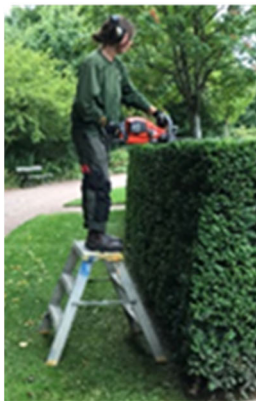


Hållbara Smarta Parker - digitalt stöd för utemiljöskötsel

Anders Kristoffersson



Hållbara Smarta Parker

– digitalt stöd för utemiljöskötsel

Sustainable Smart Parks

– digital support for greenspace management

Anders Kristoffersson Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, anders.kristoffersson@slu.se

Utgivningsort: Alnarp
Utgivningsår: 2023
Omslagsbild: Anders Kristoffersson (kollage)
Serietitel: LTV-fakultetens rapportserie
Delnummer i serien: 2023:10
ISBN: 978-91-8046-922-7
DOI: <https://doi.org/10.54612/a.7d6liv65g9>
Upphovsrätt: © Anders Kristoffersson
Bibliografisk referens: Kristoffersson, A. (2023). *Hållbara Smarta Parker – digitalt stöd för utemiljöskötsel*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. (LTV-fakultetens rapportserie, 2023:10).
Nyckelord: Skötsel, utemiljö, smarta parker, hållbar, digital

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammanfattning

Projektet *Planeringssystem för behovsstyrd utemiljöskötsel genom användning av mätdata från sensorer* har drivits under 2021 och 2022. Medverkande parter har varit Göteborgs stad, Husqvarna AB och Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning på SLU. Finansieringen kommer från Movium Partnerskap och parterna i lika delar. Resultatet har blivit ett spännande sökande efter användning av smart teknik för att se vilka möjligheter det finns att i högre grad arbeta med behovsstyrda skötselaktiviteter, i motsats till frekvensstyrda sådana. Tillförda projektmedel har möjliggjort tester och uppföljning av sådant som inte rymts inom Vinnovatestbädden *Hållbara Smarta Parker* där, utöver ovannämnda parter, även Johanneberg Science Park och Decerno medverkat. Geografiskt har fokus varit på Trädgårdsföreningen och Slottsskogen, kompletterat med ett antal andra platser i Göteborg.

De inledande försöken i detta projekt under 2021 fokuserade på ett system för uppkopplade handhållna maskiner (t ex trimrar, lövblåsar och motorsågar) och hur data från maskinerna skulle kunna användas i planeringen av utemiljöskötseln. Parallellt utforskades hur data från olika typer av sensorer skulle kunna användas för ökad behovsstyrning av skötseln. Baserat på en workshop för uppföljning av erfarenheterna från 2021 avslutades försöken med de uppkopplade maskinerna, då utvecklingsmöjligheterna inom projektet betraktades som begränsade. Istället planerades inför 2022 nya försök med fokus på möjligheten att ta fram lösningar för identifiering av skötselbehov kopplade till de resurskrävande skötselaktiviteterna gräsklippning, ogrärensning och renhållning. Parallellt undersöktes också ett system för planering och automatiska arbetsordrar i anslutning till skötsel av förskolegårdar inom Lokalförvaltningen i Göteborg.

I denna rapport beskrivs arbetet med de olika försöken baserat på en inledande mer teoretisk utgångspunkt för vad hållbara smarta parker kan vara och hur de kan sättas i ett större sammanhang. Resultatet är att det finns många möjligheter att använda de testade lösningarna för att öka behovsstyrningen av utemiljöskötseln. Det finns när rapporten skrivs många olika möjligheter att via sensorer och annan teknik ta fram dataunderlag för att i högre grad styra skötseln baserat på behov. Det finns dock ett stort behov att utveckla lösningar som täcker större del av de skötselaktiviteter som utförs i utemiljöer. De lösningar som finns tillgängliga för t ex fuktsensorer som via en app kan guida beslut om när bevattning bör ske är avgränsade till mindre delar av arbetet och ger inte grund för att planera det samlade arbetet med skötsel. Här finns ett behov av ett utvecklat system som kan ligga till grund för behovsstyrd planering av skötselarbetet där olika delar kan integreras. Erfarenheterna från projektet pekar på att det finns en intressant utmaning i att balansera hur ett samlande system kan hjälpa till att skapa överblick mot att undvika att samma system blir alltför styrande och administrativt tungt att arbeta med. Både ett samlande system och de olika delarna för indata via sensorer, kameror, drönare och satellit är under utveckling och det kommer att dröja ett antal år innan det finns samlande system som inkluderar indata från merparten av utemiljön.

Summary

The project “Planning system for need driven outdoor greenspace management through the use of measurement data from sensors” has been run during 2021 and 2022. Participating parties have been the City of Gothenburg, Husqvarna AB and the Department of Landscape Architecture, Planning and Management at SLU. The financing builds on contributions from Movium Partnership and the parties in equal parts. The result has been an interesting search for use of smart technology to see what opportunities there are to work to a greater extent with need driven management activities, as opposed to frequency driven ones. Provided project funds have enabled tests and evaluations that were not possible within the Vinnova testbed Sustainable Smart Parks where, in addition to the aforementioned parties, Johanneberg Science Park and Decerno also participated. Geographically, the focus has been on the two parks Trädgårdsföreningen and Slottsskogen, supplemented by a number of other locations in Gothenburg.

The initial trials in this project in 2021 focused on a system for connected hand-held machines (e.g. trimmers, leaf blowers and chainsaws) and how data from the machines could be used in greenspace management planning. In parallel, it was explored how data from different types of sensors could be used for increased need driven management. Based on a workshop to follow up the experiences from 2021, the trials with the connected machines were finished, as the development possibilities within the project were considered limited. Instead, new trials were planned for 2022 with a focus on the possibility of developing solutions for identifying maintenance needs linked to the resource-intensive management activities of lawn moving, weeding and cleaning. In parallel, a system for planning and automatic work orders in connection with the management of outdoor environment of preschools within the Lokalförvaltningen in Gothenburg was also investigated.

In this report, the work with the various trials is described based on an initial, more theoretical starting point for what sustainable smart parks can be and how they can be put into a larger context. The result is that there are many opportunities to use the tested solutions to increase the need driven greenspace management. In 2023 there are many different possibilities to use sensors and other technologies to produce data in order increase the amount of need driven management activities. However, there is a great need to develop solutions that cover most of the maintenance activities that are carried out in greenspace management. The solutions that are available for e.g. moisture sensors that via an app can guide decisions about when irrigation should take place are only a limited part of the work and do not provide a basis for planning the overall work with greenspace management. There is a need to develop a system that can be the basis for need driven planning of greenspace management where all different parts of the work can be integrated. The experiences from the project indicate that there is an interesting challenge in balancing how an overall planning system can help create an overview against avoiding that the same system becomes too controlling and administratively heavy to work with. Both the overall planning system and the various parts for input data via sensors, cameras, drones and satellite are under development and it will take a number of years before there are systems that include input data from most of the outdoor environment.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Innehållsförteckning	5
Inledning	6
Metod	7
Projektets upplägg.....	7
Genomförande	8
Teoretiska utgångspunkter	8
Vad är Smarta parker?.....	8
Hur kan man se på smart förvaltning?	10
Försök med uppkopplade handhållna maskiner	12
Häckklippning i Trädgårdsföreningen.....	13
Trimning i Slottsskogen	14
Sammanfattande bild av möjligheter med uppkopplade maskiner.....	14
Reflexioner och erfarenheter från 2021	15
Försök med datainsamling via kameror och sensorer	17
Försök med drönarflygning över Slottsskogen.....	17
Försök med drönarflygning som grund för gräsklippning	22
Försök med övervakningskameror med fokus på gräs.....	25
Försök med olika sensorers potential som grund för behovsstyrning.....	28
Smarta papperskorgar i Slottsskogen.....	30
Träd med fuktmätare i Mariebergsinfarten	31
Sammanfattande bild av möjligheter att samla in dataunderlag för behovsstyrning	33
Planeringssystem för utemiljöskötsel	34
System på Lokalförvaltningen i Göteborg	34
Hur används systemet vid skötsel av förskolegårdar	35
Hur uppfattas systemet av personalen	35
Workshopar kring systemkrav på system för behovsstyrd utemiljöskötsel	37
Andra system för styrning av utemiljöskötsel	40
Sammanfattande bild av system för utemiljöskötsel.....	42
Diskussion	43
Slutsatser	47
Källförteckning	48
Bilagor	49

Inledning

Bakgrund

Detta projekt bottnar i samma utgångspunkter som i dess förprojekt (Kristoffersson, 2020), dvs att betydelsen av utemiljön i städerna ökar i takt med att allt fler människor flyttar in till dessa. Förtätningen som bl a sker för att spara god åkermark och öka nyttan av teknisk infrastruktur och transportsystem skapar ett ökat tryck på de stadens gröna ytor. Det är viktigt att värna om befintliga gröna utemiljöer och se till att dessa ger bästa möjliga utbyte. Med de möjligheter som ny smart teknik skapar kan tekniken underlätta och förbättra planering, skötselgenomförande och uppföljning av skötseln för att öka utbytet av utemiljön.

Genom det arbete som genomförts under det första året inom Testbädden Hållbara Smarta Parker i Göteborg i Vinnovaprojekt och det Moviumfinansierade förprojektet har ansökan till detta huvudprojekt koncentrerats till planering, genomförande och uppföljning av skötsel av utemiljö. Det har blivit tydligt att det krävs ett omfattande utvecklingsarbete för att integrera de nya möjligheter som tekniken ger med det praktiska genomförandet och uppföljningen av skötseln. Förprojektet har t ex visat att det finns stora skillnader i kultur mellan olika parter – lite tillspetsat kan man prata om teknikoptimister och skötselpragmatiker. Denna aspekt är också viktig att hantera i arbetet med att integrera de nya tekniklösningarna i de verksamheter som genomför skötselarbetet. I huvudprojektet kommer vi att arbeta med alla inblandade från teknikleverantörer till ledning av förvaltningen och skötselpersonal.

Syfte

Den grundläggande forskningsfrågan för Moviumprojektet är:

Hur skapar vi smarta, effektiva lösningar för parkskötsel som är väl integrerade med verksamheterna som ansvarar för skötseln?

Projektet förväntas leda till att bättre kunna beskriva och förstå hur ny smart teknik kan användas för att planera, genomföra och följa upp skötselarbete.

Syftet är att undersöka:

- Vilka av de i projektet undersökta smarta systemen som har goda förutsättningar att bidra med relevant information för att bedriva förvaltning av utemiljö med bättre utbyte mellan kvalitet och resursinsats?
- Hur dessa system kan integreras i verksamheter som bedriver skötsel av utemiljö?
- Hur systemen på bästa sätt kan integreras och samlas i ett gemensamt system som ytterligare förbättrar relationen mellan kvalitet och resursinsats och på ett konkret sätt kan användas i styrningen av skötselarbetet?

Målet med föreliggande rapport är att på ett systematiskt och tillgängligt sätt sammanställa en bild som besvarar forskningsfrågan så att branschen kan dra nytta av resultatet för den fortsatta utvecklingen.

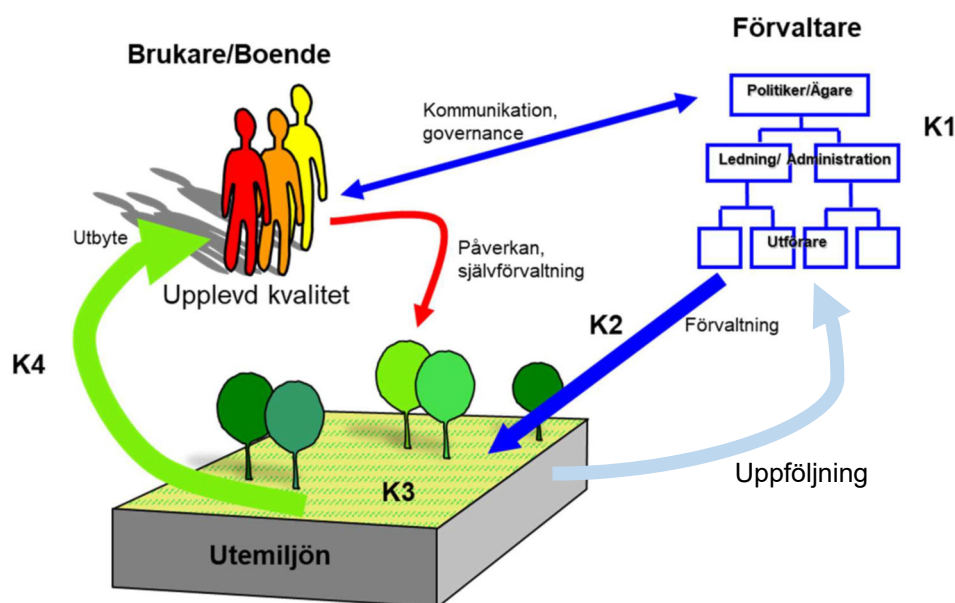
Avgränsningar

I detta projekt avgränsas de praktiska testerna i arbetet till att omfatta de medverkande aktörerna under projektiden. Analys och fokus avgränsas till den teoretiska referensramen kring den beskrivna managementmodellen och effektlogiken för parkförvaltning.

Metod

Projektets upplägg

Utgångspunkten tas i en kombination av en managementmodell och effektlogik för utemiljöskötsel enligt förprojektet enligt figur 1. Managementmodellen bygger på de tre delarna brukare, förvaltare och utemiljö vilka samspelar genom ömsesidiga beroenden. Effektlogiken illustrerar olika insatser baserat på resurser som används för att genomföra aktiviteter som ger ett resultat som leder till effekter. Kombinerat modellerna kan man se att resurserna styrs av förvaltaren (K1) som utför skötselaktiviteter (K2) för att uppnå resultatet (K3) som kan vara en rätt skött bruksgräsmatta, vilken brukarna kan använda för den avsedda effekten (K4) t ex lek eller picnic. Utveckling i detta projekt sker genom utbyte av önskemål från utföraren (olika aktörer i Göteborgs Stad) till leverantören av uppföljningssystem (Husqvarna och andra leverantörer av data) som grund för bättre verksamhetsstyrning baserat på smarta lösningar.



Figur 1 Kombination av Managementmodell och skötsellogik för skötsel av utemiljö

Denna process för informationsutbyte sker baserat på en iteration över år ett och år två där alla projektaktörer gemensamt samlas för avstämning och planering av år två. De smarta lösningarna rör insamling av information från alla delarna K1-K4. Resurserna (K1) kan registreras t ex genom användningsdata från datapuckor på maskiner, aktiviteterna (K2) kan kopplas till sensorer, kameror eller samma datapuckor och resultatet (K3) kan registreras genom sensorer eller kameror (på mark eller i luft) och allt detta kan läggas till grund för uppföljning och planering av kommande genomförande baserat på behov. I detta projekt har inte direkt uppföljning av effekten (K4) i form av brukarnas uppfattning ingått annat än som den professionella organisationens uppfattning om brukarnas behov.

Vad gäller projektets inriktning så är målet att jobba vidare inom ett antal fördjupningsområden, vilka presenteras i föreliggande rapport, där det finns möjligheter att utveckla arbetssättet med hjälp av smarta lösningar. Valet är att fördjupa några områden för att komma djupare än om hela bredden av arbetsmoment inom utemiljöskötsel hade varit i fokus. Däremot sätts de utvalda momenten in i ett systemtänkande kring möjligheten att arbeta med smarta lösningar i verksamheten som helhet. Vi använder tillämpningar av befintliga system i avgränsade delar av verksamheten som utgångspunkt för analys och resonemang om hur detta kan tillämpas i ett system för planering och

styrning av hela verksamheten. För att analysera hur ett sammanhållande system för planering kan fungera undersöks användningen av ett system för verksamhetsplanering på Lokalförvaltningen i Göteborg. Som komplement hålls workshopar med ledande personal från olika verksamheter för att diskutera vad ett sammanhållande system bör innehålla.

Genomförande

Genomförandet har utförts enligt plan med olika delprojekt som bedrivits i olika delar av Göteborgs förvaltningar med koppling till skötsel av utemiljö. Detta har inneburit praktiska tester och framdrift genom återkommande projektmöten. Under den uppföljande workshopen från första årets försök 2021 gjordes en omprioritering vad gäller fortsatta försök med de uppkopplade handhållna maskinerna och det system som dessa hanterades i. Under workshopen bedömdes de fortsatta utvecklingsmöjligheterna för systemet inom projektet som begränsade och således gjordes inte några fortsatta försök med systemet. Istället planerades inför 2022 nya försök med fokus på möjligheten att ta fram lösningar för identifiering av skötselbehov kopplade till de resurskrävande skötselaktiviteterna gräsklippning, ogräsrensning och renhållning. Delstudien med intervjuer av Lokalförvaltningens personal genomfördes och en analys av erfarenheterna av deras system för förvaltningsplanering med automatiska arbetsordrar. Resultat och erfarenheter av genomförda försök har redovisats och diskuterats med berörda parter under de löpande projektmötena. Olika externa seminarier, inklusive slutredovisningar på två konferenser, har genomförts och både rapporter och artiklar om projektet har publicerats i olika kanaler.

Teoretiska utgångspunkter

Vad är Smarta parker?

Av projektets namn *Planeringssystem för behovsstyrd utemiljöskötsel genom användning av mätdata från sensorer* framgår på ett konkret sätt vad målet är. För att sätta detta mer specifika mål i sitt sammanhang kan det vara relevant att knyta an till projektet Hållbara Smarta Parker eller ännu vidare till begreppet Smarta Städer. I detta vidare perspektiv är målet att olika smarta sätt att samla och analysera data med olika IoT-lösningar ska användas för att förbättra parker och hela städer. Det är också vanligt att smart kombineras med hållbar för att framhålla att digitala lösningar inte är ett mål i sig utan ett medel att uppnå hållbarhet, nöjda brukare, nytta, effektivitet eller något annat. Det finns många definitioner från FN, EU och andra organisationer till enskilda länder och städer för den som vill fördjupa sig i de smarta begreppen genom egen digital sökning. Här nöjer vi oss med att konstatera att parker ingår som en del i hållbara smarta städer där människan sätts i centrum för att göra städer mer beboeliga och hållbara. En mer utförlig beskrivning finns i en artikel kopplad till projektet (Deak Sjöman et al, 2022).

Två inspirerande exempel på rapporter som bidrar till att förtydliga och ge begreppen ett innehåll lyftes fram redan i förstudien och de fyller detta syfte fortfarande. I den första rapporten *Smart Parks - Bringing new technologies to national parks and urban greenspaces* (Truch och Sutanto, 2018) beskrivs en modell för smarta parker och hur de menar att parkverksamhet kan förstärkas och förbättras genom effektiv användning av Internet of Things (IoT) till förmån för dess intressenter. De beskriver också ett ramverk med nyckelelement som utgör en Smart Park och kallar detta "*Smart Park IoT Ecosystem*" (se figur 2).

	IoT-lager	Element
8	Intelligens	Organisatorisk verksamhetsinformation för hela parken Innovativa affärsmodeller Nya intäktströmmar, ny effektivitet
7	Kognition	Visualiserings- och styrningspaneler Augmented Reality (AR) och Virtual Reality (VR) Rapportera insikter för handling/insatser
6	Analys	Dataanalys, aggregering av flera datakällor Artificiell intelligens (AI)
5	IoT-lösningar	Processautomation, lednings- och styrsystem. Appar för smartphone och desktop
4	IoT-plattform	IoT-plattform driven av parken, i samverkan eller 3:e part Datalagring och säkerhet
3	Överföring	Mobila nätverk: 3G, 4G, 5G. LoRaWan
2	Data	Realtidsdata, batchdataflöden, aggregering
1	Enheter	Sensorer, givare, IoT-gateways

Figur 2 "Smart Park IoT Ecosystem" baserad på Truch och Sutanto, 2018.

Modellen i figur 2 är ett bland många möjliga sätt att beskriva IoT för att skapa överblick och visa att det finns många lager. Med utgångspunkt från modellen och dess olika nivåer blir det tydligt att bara koppla in en mätare är ett relativt enkelt steg, men att utnyttja alla möjligheter till analys, kognition och intelligens kräver mer genomtänkta strategier för att utveckla sättet att bedriva verksamheter. Ett sätt att relatera modellens nivåer (1-8) till skötsel av utemiljö är att utgå från att en sensor för markfukt grävs ner vid ett träd (1) som skickar data (2) via ett mobilt nätverk (3) till en IoT-plattform t ex hos en 3:e partsleverantör (4) som tillgängliggör information om fukthalten i jorden via en mobilapp (5). Sådana lösningar finns sedan en tid tillgängliga på svenska marknaden. Från denna nivå visar ramverket att det återstår många ytterligare möjligheter att dra nytta av data för analys (6) från många givare på olika platser – kanske med hjälp av AI och i kombination med ytterligare data om vädret. Ramverkets nästa nivå innebär att utveckla sättet att presentera data från analysen (7) t ex i form av en mätare som visar rött, gult eller grönt och kanske en digital påminnelse (t ex via sms eller mail) till den som ansvarar för bevattningen att det är dags att rycka ut med tankvagnen. Den sista nivån skulle kunna innebära att ändra upphandlingsformen med en bevattningsentreprenör (8) så att avtalet baseras på bevattning med hjälp av systemet med fuktgivare och någon form av delning av eventuella effektivitetsvinster.

Om perspektivet vidgas till att inte bara omfatta fuktgivare som i exemplet, utan att använda ytterligare givare och sensorer för t ex gräs, ogräs och renhållningsbehov blir det tydligt att det finns många områden som tillsammans kan leda till stora utvecklingsmöjligheter för sättet att arbeta mer behovsstyrt, baserat på data om tillståndet i parkerna. Här ska även möjligheter att följa upp brukarnas uppfattningar genom smarta lösningar ses som en viktig del i att samla in information till grund för sättet att sköta parken.

Den andra rapporten framhålls som en inspirerande och omfattande verktygslåda för smarta parker och har sammanställts av ett team från Luskin center for Innovation vid UCLA: *SMART Parks: A Toolkit for Integrating Technology Innovations into Parks* (Loukaitou-Sideris et al, 2018). I verktygslådan diskuteras både förtjänster och utmaningar med smarta parker utifrån tillgänglighet, hälsa, resiliens mm och sedan ges en stor sammanställning av smarta lösningar inom alla områden från bl a bevattning och dagvattenhantering till belysning och digitala landskap. Den bidrar med ytterligare perspektiv på vad hållbara smarta parker kan vara och hur de kan ses i ett större sammanhang. Det finns också en

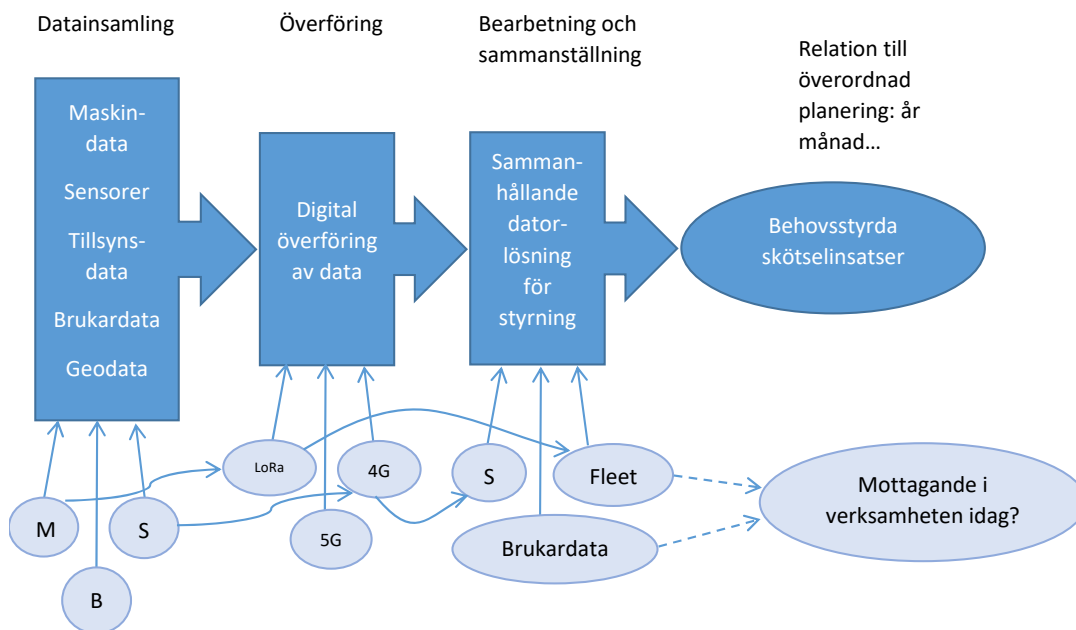
lättillgänglig sammanställning av resultaten från Vinnovatestbädden Hållbara Smarta Parker (Johanneberg Science Park, 2023) som ger överblick.

Hur kan man se på smart förvaltning?

Inom ramen för projektet har också perspektivet lyfts till att undersöka vilka möjligheter som kan finnas att utveckla någon form av koncept för hållbar smart parkskötsel. I artikeln *Sustainable Smart Park Management – A Smarter Approach to Urban Green Space Management* (Deak Sjöman et al, 2022) görs en ansats att beskriva helheten och använda ett ramverk för urban ekologi och naturbaserat tänkande. Ramverket innefattar elementen konnektivitet, inkludering, perception, anpassning och diversitet. Konceptet bygger på att utgå från den fysiska utemiljön och betrakta dess sociala, ekonomiska och tekniska dimensioner. Med hjälp av smart digital överföring av information om utemiljön analyseras detta baserat på dem fem elementen i ramverket och leder till beslut om hållbara insatser/aktiviteter i utemiljön (Deak Sjöman et al, 2022).

I artikeln analyseras hur testbädden Hållbara Smarta Parker i Göteborg behandlar de olika elementen. Den systematiska analysen av hur delprojekten relaterar till de olika elementen i ramverket visar att många delar behandlas, men att det samtidigt saknas många dimensioner. IoT-plattformen och interaktion med brukare berör flest dimensioner i ramverket. Analysen ger också vid handen att testbäddens delvis slumpmässiga intresseförfrågningar försvårar möjligheten att få till en sammanhängande hållbar smart parkmanagement. Å andra sidan är en trial and error strategi med successiva tester av vad som fungerar en god idé för att kunna nå en bättre helhetssyn allteftersom delarna faller på plats. Analysen betonar behovet av att skapa öppna sammanhängande system som knyter samman både teknik och organisation för att nå bästa möjliga utfall av hållbar smart parkmanagement.

I Deak Sjöman et al (2022) används även en konceptuell bild för hur data för den behovsdrivna parkskötseln hänger ihop (se figur 3). Den bidrar med en ytterligare bild av kopplingen mellan den smarta tekniken och hur denna kan leda till behovsstyrda skötselinsatser.



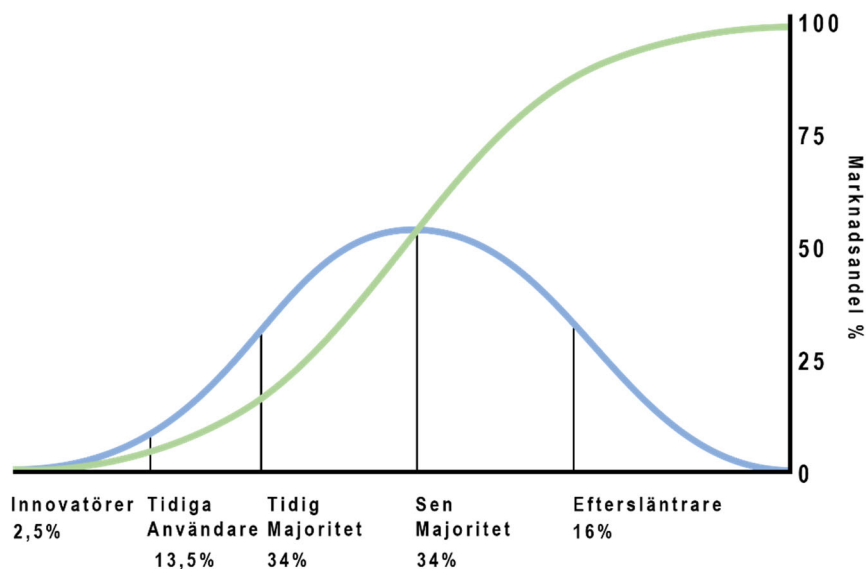
Figur 3 Schematisk bild över informationsstruktur för behovsstyrda skötselinsatser

Jämfört med *Smart Park IoT Ecosystem* i figur 2 är detta ett mer flödesorienterat sätt att beskriva informationsstrukturen för behovsstyrda skötselinsatser. Ju fler möjligheter till datainsamling som

utvecklas över tid, desto bättre möjligheter att få en mer heltäckande grund för att styra utemiljöskötseln baserat på aktuell information om skötselbehov. Det finns goda skäl att reflektera över på vilket sätt denna metodik används så att det gynnar och utvecklar verksamheter som bedriver utemiljöskötsel och inte leder till inlåsningseffekter och begränsningar.

Det kan vara rimligt att avsluta detta avsnitt med att lyfta perspektivet och relatera till vad det finns för idéer om hur hela smarta städer kan dra nytta av den smarta tekniken. I boken *Informed Urban Environments: Data-Integrated Design for Human and Ecology-Centred Perspectives* (Chokhachian et al, 2022) behandlas många relevanta perspektiv från hur modeller för information kan se ut till hantering av stora datamängder och optimering av fördelning av ekosystemtjänster. Ett särskilt kapitel ägnas åt *Smart Urban forestry: Is It the Future?* I detta presenteras olika lösningar och försök, men det konstateras också att det mesta ännu så länge är på ett konceptuellt plan. Eftersom området bedöms som ungt enligt kapitlets författare, konstateras att det finns få empiriska studier från genomförda projekt att presentera. Detta får tas som grund för att vi också i praktiken i detta projekt noterat att trots att det finns en hel del tekniska lösningar så är de inte integrerade och än mindre testade i relation till olika verksamheters organisation. Det är med andra ord under dessa förutsättningar vi tar oss an de försök som gjorts i projektet. Ytterligare perspektiv på smart teknik i förvaltning av utemiljö behandlas i ett gröna fakta (Kristoffersson et al, 2022) och en artikel om *Framtidens Smarta Governance* (Kristoffersson et al, 2022). Bondesson et al (2022) betonar hur avgörande det är att integrera de smarta lösningarna i organisationen för att nå framgång.

En klassisk modell för innovationsspridning kan också vara till nytta för resonemang om var de smarta lösningarna för parkskötsel ligger i en produkts eller tjänsts utvecklingscykel. En kortfattad beskrivning av Rogers (2003) innovationsspridningsmodell ges i figur 4.



Figur 4 Spridningen av innovationer efter Rogers (2003). Grupper av konsumenter antar den nya tekniken (blå kurva) och dess marknadsandel (grön kurva) kommer så småningom att nå mättnadsnivån.

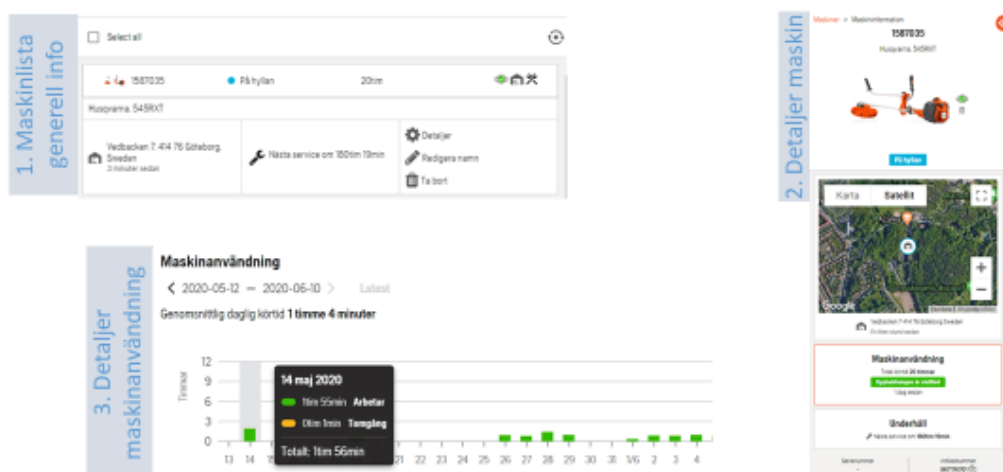
Baserat på resonemanget i Pauleit et al (2022) är det rimligt att argumentera för att konceptet för hållbara smarta parker ligger i stadiet där innovatörer och tidiga användare är aktiva. Rogers teorier kan bistå med pusselbitar som stöd för diskussion om hur detta påverkar den fortsatta utvecklingen. Rogers (2003) poängterar exempelvis att kommunikation är en central del av hur en innovation tas emot. Fem huvudelement påverkar spridningen av en ny idé: själva innovationen, mottagarna av innovationen (kan ses både på individ- och organisationsnivå), vilka kommunikationskanaler som

används, tidsaspekten och det sociala systemet (sett ur både yttre och inre perspektiv) (Rogers, 2003). Processen är tydligt kopplad till socialt kapital för att innovationen ska spridas och nå en kritisk massa där den börjar bli mer självgående.

Försök med uppkopplade handhållna maskiner

Husqvarna har i testbädden redan från start medverkat till att koppla upp en mängd olika maskiner via små datapuckar som monteras i maskinerna. De påverkar inte maskinens egenskaper på något sätt utan är enbart en sensor som registrerar olika data som redovisas i en dataplattform. Där kan alla medarbetare gå in och se t ex hur många timmar maskinen använts och när. Det är möjligt att även registrera GPS-position, men detta har parterna enats om att inte dra nytta av med hänsyn till personalens integritet. Om informationen om maskinens position under användning också registrerats hade ytterligare möjligheter för automatiserad analys av antal timmar, plats och tidpunkt kunnat genomföras. I den testade lösningen kunde medarbetarna se om maskinen fanns ledig på hyllan eller om den var ute för användning (dock inte positionen i parken). Systemet som användes för att sammanställa informationen var utvecklat av Husqvarna och heter Fleet, vilket beskrivits i förprojektet (Kristoffersson, 2020).

Maskin användning och status



Figur 5 Exempel på information om en röjsåg i Fleet

Som framgår av bild 5 finns det enkel och tydlig information om maskinerna och det finns även möjlighet att få sammanfattande bilder av hela maskinparken som grund för planering av underhåll, användning och miljöbelastning. Informationen kan också exporteras till kalkylark som Excel för fortsatt egen analys om systemet inte redovisar det som önskas.

Enligt diskussioner i samband med workshop i förprojektet blev målet att undersöka om uppföljning av olika arbetsmoment skulle kunna läggas till grund för att få fram bättre planeringsunderlag för skötselarbetet. Intentionen var att göra en uppföljning av ett antal olika arbetsmoment och för hand notera total tidsåtgång för dessa. Den bärande tanken var att fastställa kopplingen mellan tiden för hela arbetsmomentet (totaltiden) och den tid som maskinen används (metodtiden), för att i förlängningen underlätta både uppföljning och planering av olika arbetsmoment. Med kunskapen om relationen mellan totaltid och metodtid kan totaltiden beräknas genom att utgå från de timmar som maskinen använts enligt registreringen i datapuckarna. Utifrån ett antal uppslag om olika arbetsmoment valdes två ut: Häckklippning i Trädgårdsföreningen och Trimning i Slottsskogen.

Häckklippning i Trädgårdsföreningen

Mätningarna för häckklippning i Trädgårdsföreningen genomfördes av skötselpersonalen 25-27 augusti 2021. Uppföljningen omfattade både totaltiden och metotiden, vilket i detta fall motsvarar klipptiden med häcksaxen. Uppföljningen av hur många timmar häcksaxarna hade gått gjordes genom att hämta tiderna ur Fleet för de aktuella maskinerna och datumen. Totaltiden noterades manuellt av skötselpersonalen och inkluderade all tid för t ex framplockning, städning, hopplockning och tiden för själva klippningen.

Resultatet av testerna framgår av bilderna i figur 6 och sammanställningen i tabell 1.



Figur 6 Häckklippning i Trädgårdsföreningen med uppkopplad häcksax

Tabell 1 Sammanställning av insamlade tider

Yta klippt häck	Metodtid från Fleet Tid registrerad för maskin 520iHD60-1	Metodtid från Fleet Tid registrerad för maskin 520iHD60-2	Totaltid Tid registrerad manuellt av personal
223,5 m ²	120 min 38 min 81 min Summa: 239 min	52 min 56 min 26 min Summa: 134 min	20,5 timmar
	Summa metodtid Fleet	6,2 timmar (373 min)	

Metodtid definierades som den tid häcksaxen användes för själva klippningen av häcken utan kringaktiviteter som framplockning, hopplockning etc. Metodtiden likställdes i detta fall med den tid maskinen gått enligt datapuckens registrering i Fleet.

Metodtid enligt Fleet är enligt tabell 1 **6,2 timmar** för 223,5 m² klippt häck. Kapaciteten för arbetsmomentet blir: 223,5 m² klippt häck / 6,2 timmars arbete = **36,0 m² per timme**

Totaltid är klipptiden (dvs metoddtiden) och all övrig tid för arbetsmomentet utöver själva klippningen. Detta innefattar framlockning, uppmätning, avstämning, hopplockning, forsling av klipp till kompost, maskinvård och mindre avbrott i arbetet. Totaltiden är således tiden för hela arbetsmomentet och tiden registreras från det att arbetet påbörjas för dagen till dess att arbetet avslutas. Denna registrering gjordes för hand av personalen för att komplettera data från maskinpuckarna.

Totaltid enligt tabell 1 är **20,5 timmar** för 223,5 m² klippt häck. Kapaciteten för arbetsmomentet blir: 223,5 m² klippt häck / 20,5 timmars arbete = **10,9 m² per timme**

Med detta resultat blir relationen mellan metoddtid och totaltid en faktor på 3,3. För att uppnå större säkerhet skulle fler uppföljningar behöva göras. Avrundat betyder detta att tiderna från Fleet (dvs metoddtiden) multiplicerat med en faktor 3 vore en rimlig uppskattning av hur mycket tid som totalt använts för häckklippning (dvs totaltiden). Principen är enkel och användbar för alla de moment som använder maskiner med möjlighet att koppla upp dataöverföring till Fleet eller någon annan motsvarande app.

Försöket kan betraktas som lärorikt och visar att principen som sådan är användbar. Det visar också att tid för uppföljning inte är alltför omfattande för ett enskilt arbetsmoment. För att ge detaljerat underlag för planering behöver alla häckar mätas in och kapaciteten och faktorn för olika typer av häckar undersökas. Det sammanlagda arbetet som skulle krävas för att göra datainsamling för alla olika arbetsmoment och förutsättningar blir däremot relativt omfattande. Ett sådant arbete med datainsamling måste sättas i relation till den förväntade nyttan som ett bättre planeringsunderlag kan ge över tid.

Trimning i Slottsskogen

I Slottsskogen föll valet av arbetsmoment på röjning av äng med röjsåg. Arbetet omfattade arbetslag med röjsåg där sly röjs på ängen och slyet får ligga kvar. Den noterade tiden motsvarade den tid för arbetet som genomfördes på plats.

I detta fall betraktades således totaltiden och metoddtiden som att de var desamma. Viss skillnad för totaltiden föreligger t ex gällande transport från förråd till arbetsstället, men den betraktades i detta fall som rimligt att bortse från i förhållande till arbetets omfattning.

Det finns med andra ord arbetsmoment där det är rimligt att likställa totaltid och metoddtid, vilket innebär att uppföljning av totaltiden inte är nödvändig. En stor fördel med dessa arbetsmoment är att det går att direkt följa upp och få fram underlag för planering genom att följa upp de timmar som datapuckar på maskinerna registrerat i Fleet.

Försöken i Slottsskogen gav i princip en kvittens på att datapuckarnas arbetstid för maskinen, röjsågen i det här fallet, överensstämmer med arbetslagets uppmätta arbetstid. Ur uppföljningssynpunkt är arbetsmoment som inte är så komplicerade lättare att hantera och det behövs ingen faktor för att räkna om från Fleets metoddtid till totaltid för arbetsmomentet.

Sammanfattande bild av möjligheter med uppkopplade maskiner

Efter att ha testat att följa upp tider för olika arbetsmoment och koppla data från Fleet till totaltid för olika arbetsmoment blev det tydligt att principerna fungerar. Det blev också tydligt att det krävs en omfattande uppföljning för att fastställa sambandet mellan metoddtiden och totaltiden baserat på maskinernas användningstider. Anledningen till att det omfattande uppföljningsbehovet är dels att det blir många arbetsmoment, dels behovet att säkerställa tillräcklig noggrannhet för respektive arbetsmoment. Med ambitionen att försöka skapa en överblick över hela arbetstiden för alla

arbetsmoment i en park blir det tydligt att maskiner bara används på vissa arbetsmoment och att de därmed bara kan bidra med en del av uppföljningen och planeringen för hela parken.

En annan aspekt att hålla i minnet är att Fleet som system i grunden inte är utformat för de testade funktionerna. Försöken utfördes för att se om systemet kunde bidra med andra funktioner än dess huvudsyfte. Fleet innehåller många funktioner som inte testats i detta delprojekt och dessa är främst avsedda att styra hela maskinparken och dess behov av service och underhåll, dvs Fleet management (som namnet indikerar).

Reflexioner och erfarenheter från 2021

I enlighet med projektplanen genomfördes en samlad workshop med uppsummering av erfarenheterna från första säsongen under 2021 som grund för beslut om insatser under säsongen 2022. Upplägget för workshopen var följande:

Nulägesbeskrivning helheten

- Artiklar från AK om de större perspektiven – 1 Vetenskaplig och 1 populär
- Analys av vad som är möjligt inom projektet

Genomförda och kommande projekt

- Vad gav försöken? - Avslutning tidsuppföljning
- Nya typer av mätning – vad kan ge direkt grund för att behovsstyra skötselarbetet?
- Exempel på möjligheter

Hur styr ni skötseln idag?

- Vad är det som avgör när en viss skötselinsats genomförs?
- Vilken kunskap/information skulle ni vilja ha för att bättre kunna behovsstyra skötseln?
- Vad betyder PVB:n i form av möjligheter och begränsningar?

Uppsummering

- Val av vilka lösningar vi ska försöka testa under säsongen

I nulägesbeskrivningen (enligt upplägget ovan) ingick diskussion om hur en vision om smarta system för skötsel av en hållbar utemiljö skulle kunna se ut.

Vision om smarta system för skötsel

Kort uttryckt är visionen att hela utemiljön omfattas av ett smart system som registrerar alla ytor och klassificerar dessa efter rådande skötselkategorier. Systemet låter dem som ansvarar för utemiljöerna (jmf managementmodellen i figur 1) definiera och behovsstyra skötselnivåerna baserat på information om brukares användning och förmedla till utföraren vilka skötselnivåer utemiljöerna ska uppnå. För detta krävs information om:

- Utemiljöerna – innehåll och tillstånd
- Brukarnas användning – både faktisk användning och uppfattningar om utemiljön
- Skötselresultatet – använda resurser, utförda aktiviteter och utemiljöns tillstånd

En vägledande princip bör vara att de smarta systemen bidrar till bättre och mer hållbara resultat, arbetstillfredsställelse, yrkesstolthet och ökad social gemenskap. De smarta systemen måste vara flexibla, stötta utveckling, dialog med brukare och bidra till möjligheter till variation i skötselarbetet.

Idealt sett utformas systemen av *konsulter* (eller dataföretag som utvecklar sådana) som kan tillhandahålla lösningar i samarbete med *beställare* och *leverantörer*. Systemen används i arbetet med skötseln genom beskrivning av utemiljöernas innehåll, tillstånd och önskad skötselnivå. Detta balanseras med systemens dataunderlag om *brukarnas* användning och uppfattning om utemiljön.

Vad gäller potentialen diskuterades den ur olika aktörers perspektiv:

- Ur *beställarens* synvinkel är det smartare behovsanpassad skötsel som ger bättre utbyte för brukarna och bättre kvalitet till lägre kostnad.
- Ur *entreprenörens (utförarens)* synvinkel kan bättre effektivitet leda till lägre pris och ökad konkurrenskraft.
- Ur *konsultens* synvinkel innebär kunskap om tekniken möjligheten att ta hem intressanta jobb.
- *Maskinleverantören* får leverera ny teknik med smarta funktioner till bra pris.

Allt detta motiveras av *brukarna* som får en bättre utemiljö bättre anpassad efter deras användning.

Med dessa tankar som grund konkretiserades frågan om hur säsongen 2022 skulle läggas upp på bästa sätt. En del i sättet att söka intressanta alternativ var att sammanställa olika arbetsmoment och resonera kring hur dessa skulle kunna genomföras med smarta lösningar baserat på behov som styr skötselinsatsen, utförande och resultat i relation till vad som skulle kunna mätas. Figur 7 illustrerar detta.

Arbetsmoment	Behov/mätning	Utförande/mätning	Resultat/mätning
Bevattning	Fukt/vattenhalt	Bevattning/tid, plats	Bra fukt/vattenhalt
Papperskorgar	Nivå/nivågivare	Tömning/tid, plats	Plats/nivågivare
Gräs	Höjd/höjdgivare	Klippning/tid, plats	Höjd/höjdgivare
Häck	Beslut/intervall	Klippning/tid, plats	Jämn/geometri
Ogräs	Mängd/avläsning	Rensning/tid, plats	Ogräsfritt/avläsning
Snöröjning	Snöläge/nivåmätning	Rensning/tid, plats	Snöfritt/avläsning
Städning	Nedskräpning/avläsning	Städning/tid, plats	Rent/avläsning

Figur 7 Sammanställning för workshop av potentiella mätningar att testa för olika arbetsmoment.

En konsekvens av diskussionerna på workshopen blev att gå vidare och undersöka möjligheter att samla information om skötselbehov på fler sätt än de hittills provade alternativen. Visionen om systemet och figur 7 var viktiga delar som låg till grund för att diskutera vilken typ av information som skulle kunna vara användbar för att öka graden av behovsstyrning. Utfallet blev att flera centrala skötselåtgärder bottenar i att löpande ta hand om skräp, gräs, ogräs och att se efter vegetationen. Alla dessa aktiviteter är i huvudsak drivna av rutiner och en intressant fråga är då vilka möjligheter det finns att samla in data om behov som grund för att styra skötseln istället för frekvensstyrda rutiner.

De alternativ som framstod som mest intressanta och realiserbara var att via olika kameralösningar sammanställa information som kan användas för beslut om skötselinsats för skräp, gräs och ogräs. Valet föll på att testa dels uppkopplade fasta kameror som kan användas för att på distans, via

digitalt överförda bilder, avgöra om gräset behöver klippas eller inte, dels testa drönarflygning med multispektralkamera för att se om behoven kunde identifieras via denna. Detta beskrivs närmare i följande avsnitt.

Som komplement beslöts att undersöka lösningar som provats på annat håll för t ex planering och uppföljning av gräsklippning via system med gräsklippare som kopplas upp via GPS för att i realtid se hur klippningen fortskrider. Dessa inspel från externa parter togs upp och diskuterades under projektmötena våren 2022. De bidrog till intressanta insikter och fördjupad förståelse för teknikens möjligheter och begränsningar, men inte till beslut om ytterligare egna försök inom ramen för projektet.

Försök med datainsamling via kameror och sensorer

I detta avsnitt beskrivs de olika tester som gjordes och även koppling till närliggande försök inom testbädden. Inledningsvis tas drönarflygningar och övervakningskameror upp, följt av sensorer och en sammanfattning av möjligheterna baserat på de olika typerna av insamlade data.

Försök med drönarflygning över Slottsskogen

Försöken hade som mål att undersöka om bilder från en drönare med multispektralkamera kan användas för att identifiera skräp och ogräs. Om detta är möjligt kan data användas både för planering och uppföljning av städning och ogrärensning.

Flygningen genomfördes av drönarpilot från SLU i Alnarp i slutet av juli 2022 för att kunna göra jämförelser med en parallell manuell skräpmätning i Slottsskogen.



Figur 8 Karta över de grönytor och vägar som fotograferats med drönare (källa: Göteborg.se)

De ytor som valdes avgränsas av Slottsskogspromenaden, Björngårdsvägen och Lilla dammen och utgjorde c:a 5 hektar (se figur 8). Bilderna som togs är högupplösta och det går lätt att zooma in i bilderna och upptäcka både skräp och ogräs direkt i fotot. För att vara intressant som tillämpning var en viktig fråga om det går att automatisera identifieringen av skräp och ogräs. För detta ändamål användes en analys av bildmaterialet med maskininlärning på delar av området och därefter testades om programmet kunde identifiera skräp och ogräs på de återstående delarna av området.

För analysen anlätades konsultföretaget Green Hawk Geospatial med expertkunskap inom området. Rådata för aktuellt projekt samlades in med en drönare. Kameran som användes var en multispektralkamera och den typ av bilder som analyserades i detta fall var färgbilder (RGB) med en upplösning på 2 cm. Ramverket för maskininlärningen som tillämpades var Raster Vision, ett Pythonramverk med öppen källkod för att bygga maskininlärningsmodeller på geografiskt bildmaterial. Mer information om ramverket återfinns vid (GitHub, 2022) och (RasterVision, 2022).

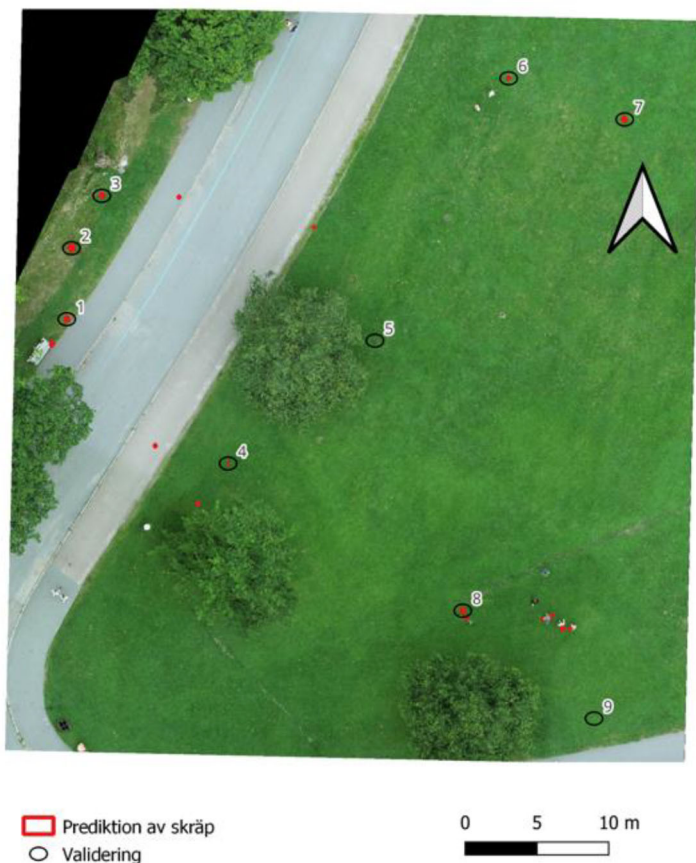
Skräp markerades med hjälp av manuell skärmbildsgranskning av bildmaterialet. Bilderna som användes var ortofoto (skalriktiga drönarbilder) i färg (RGB). För att systematiskt gå igenom bildmaterialet delades bilderna in i mindre enheter för att mer metodiskt detektera skräpet. Som en del i att optimera processandet av träningsdata valdes bildmaterial där kluster av skräpdata fanns. Detta innebar att några få skräpobjekt inte togs med som träningsdata. Fördelen med detta är att man inte behöver analysera stora mängder data med enbart gräsytor. Ett val som gjordes var att endast markera uppenbara skräpobjekt i bilderna.

Träningsdatan (bilder och markeringar av skräp finns i figur 9) användes för att träna upp en maskininlärningsmodell. Då det fanns relativt lite skräp i förhållande till gräs på bilderna viktades gräs och skräp i förhållandet 1:9 när modellen tränades. Modellen tränades i 15 epoker, sammanlagt drygt 39 timmar på en dator med 128 GB RAM-minne. Modellens noggrannhet testades mot valideringsdata som modellen inte tränats på. Detta för att validering skulle genomföras på data som modellen inte sett. 53 skräpobjekt användes för träningsdata och 9 skräpobjekt användes för validering.



Figur 9 Ytor (ortofoton) som använts för träning av maskininlärningsmodellen. Valideringsbilden markerad med röd ram.

Resultatet visas i figur 10. Det är fler identifikationer av skräp än antalet markerade valideringar. Människor som burit vita tröjor har blivit identifierade som skräp, exempelvis öster om objekt 8. Visuellt hittas många objekt även om exakt yta på skräpet inte kan definieras korrekt.



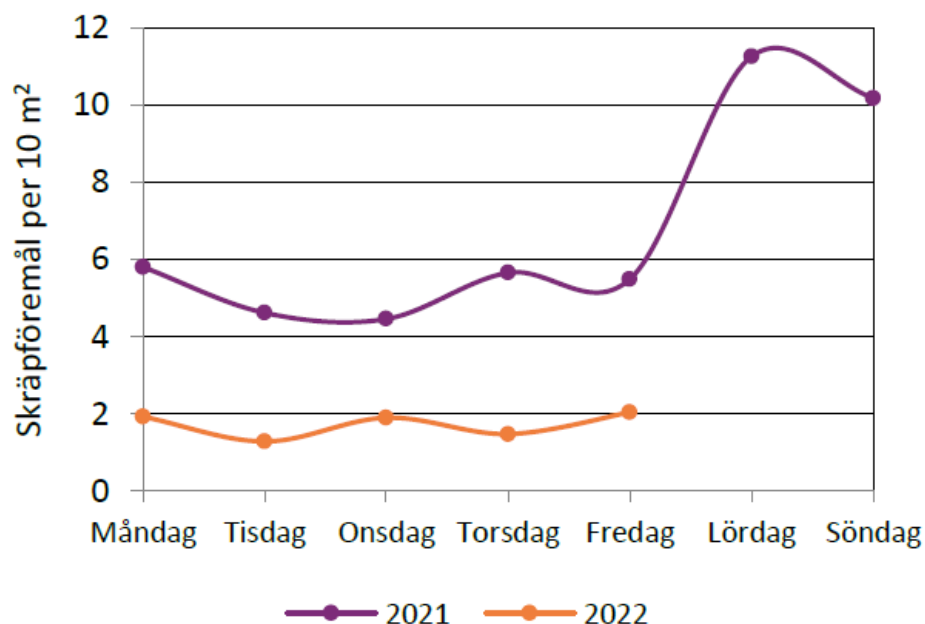
Figur 10 Valideringsdata markerad med svart ring och maskininlärningens prediktion markerad med rött.

För att bygga upp en bra maskininlärningsmodell som kan identifiera skräp med högre noggrannhet krävs mer träningsdata. Kompletterande validering i fält kan vara ett sätt att validera skärmbildstolkningen. Trots högupplösta bilder kan det vara svårt att identifiera mindre skräpobjekt. Det kan även vara svårt att skilja naturliga objekt från skräp, exempelvis stubbflis och grenar och liknande material. Vid flygtillfället fanns det relativt lite skräp. För att generera mer träningsdata för maskininläring kan en flygning förslagsvis ske efter ett större event.

Detta inledande försök visar att det är möjligt att automatisera identifieringen av skräp med fortsatta försök och utökade träningsdata. Fortsatta försök får läggas till grund för vad som är bästa sätt att dra nytta av informationen. Datainsamling med drönare kan användas både för att ta beslut om när städning är nödvändig och för att följa upp att städning utförts. Över tid kan kunskap byggas upp om hur städbehovet ser ut både avseende var och när nedskräpning brukar ske.

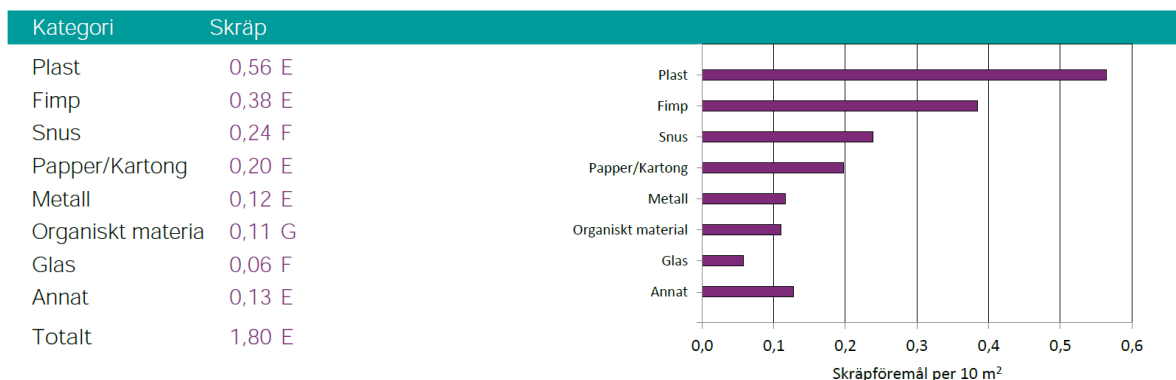
Jämförelse med manuella skräpmätningar

En tanke med tidpunkten för flygningen var att kunna jämföra resultatet med den manuella uppföljningen av skräp. Göteborg Stad har som rutin att göra skräpmätningar inom ramen för Håll Sverige Rent där Statisticon sammanställer rapporter som kallas Skräpfacit. Denna mätning genomfördes 29/8-2/9 och drönarflygningen gjordes tisdag 30/8 samma vecka. Figur 11 visar antal skräpföremål per 10 kvadratmeter under veckan.



Figur 11 Antal skräpföremål per 10 kvadratmeter under veckan (Statisticon, 2022)

Detta visar att det var en ovanligt ren dag tisdagen 28/7 2022 med i genomsnitt mindre än 2 skräpföremål på 10 kvadratmeter, vilket är mindre än hälften så mycket som 2021. Figur 12 visar att mätningen är mycket detaljerad, även enstaka fimpas räknas.



Figur 12 Genomsnittligt antal skräpföremål per 10 m2 fördelat efter veckodag (Statisticon, 2022)

Resultatet redovisar också en upplevd skräpsituation som visas grafiskt i en karta som motsvarar identifieringen från drönbilderna enligt figur 13.



Figur 13 Upplevd skräpsituation (Statisticon, 2022)

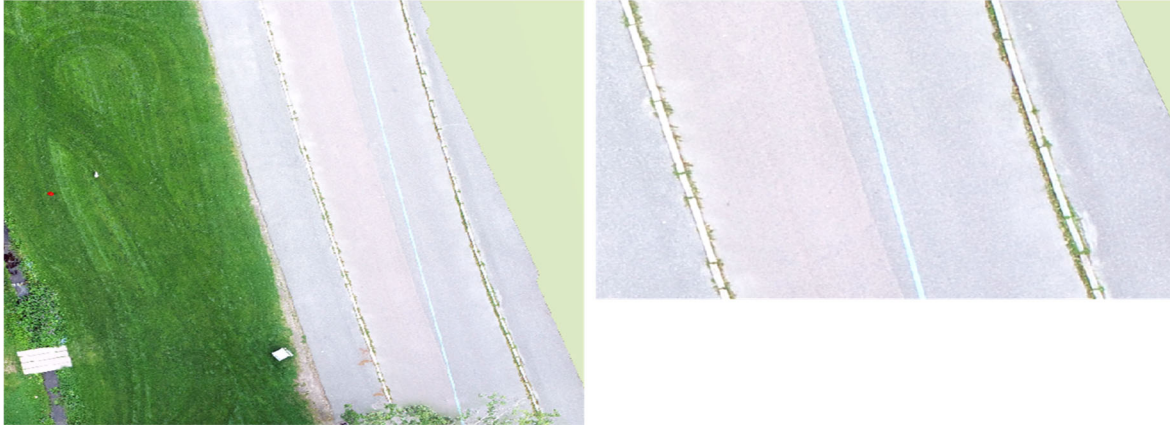
De personer som genomfört avläsningen på plats upplever att mer än hälften av ytan inte är nedskräpad och resten bedöms som lätt nedskräpad. Den aktuella dagen för drönarflygning kan med skräpfacit i hand ses som illa vald för att få bra träningsdata för skräpidentifiering. Några sammanfattande jämförelser mellan de två metoderna:

- Den uppföljning som görs inom Håll Sverige Rent med redovisning i Skräpfacit är relativt detaljerad och görs återkommande så att jämförelser mellan åren kan göras.
- Det som vi kunnat bedöma baserat på försök med en drönarflygning är att det går att identifiera skräp och med maskininlärning sammanställa detta.
- Det kan bli svårt att uppnå samma detaljnivå med drönare som med manuell registrering (exempelvis fimpar och kapsyler).
- Med utvecklad teknik kan drönarflygningar göras billigare än den manuella mätningen som kräver personer på plats för att räkna skräpföremål.

Några nyckelfrågor för den fortsatta utvecklingen är vad den nya tekniken med identifiering av skräp kan bidra med för att på ett kostnadseffektivt sätt förbättra sättet att mer behovsorienterat bedriva renhållning.

Identifiering av ogräs

Utöver identifiering av skräp har försöket omfattat identifiering av ogräs på hårdgjorda ytor. I figur 14 framgår tydligt att ogräs längs de asfalterade ytorna syns.



Figur 14 Drönarbilder med exempel på ogräs, främst i rännstenen, visar att bildernas upplösning är tillräcklig för att identifiera förekomst av ogräs.

Samma teknik som användes för att identifiera skräp med hjälp av maskininläring kan användas för att automatisera identifiering av ogräs i hårdgjorda ytor. Inom ramen för projektets försök fanns inte utrymme att prova maskininläring även på ogräset. Vi kan dock utifrån erfarenheterna med skräpidentifiering med maskininläring dra slutsatsen att det ska gå lika bra att lära ett system att identifiera av ogräs med maskininläring.

Försök med drönarflygning som grund för gräsklippning

Drönarflygningen i Slottsskogen var en engångsflygning och det gör det inte möjligt att analysera olika gräslängder, vilket är det vi fokuserat på att undersöka. Vi kom därför fram till att vore enklast att genomföra tester på plats i Alnarp där all SLU-personal i projektet har sin arbetsplats. Vi tog kontakt med parkchefen i Alnarp och kom överens om en lämplig yta (se figur 15) att genomföra våra tester på.



Figur 15. Områdets geografiska läge. Röd markering visar undersökningsytans ungefärliga område vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp, Skåne län, Sverige. Skalstocken avser närbilden på undersökningsytan.

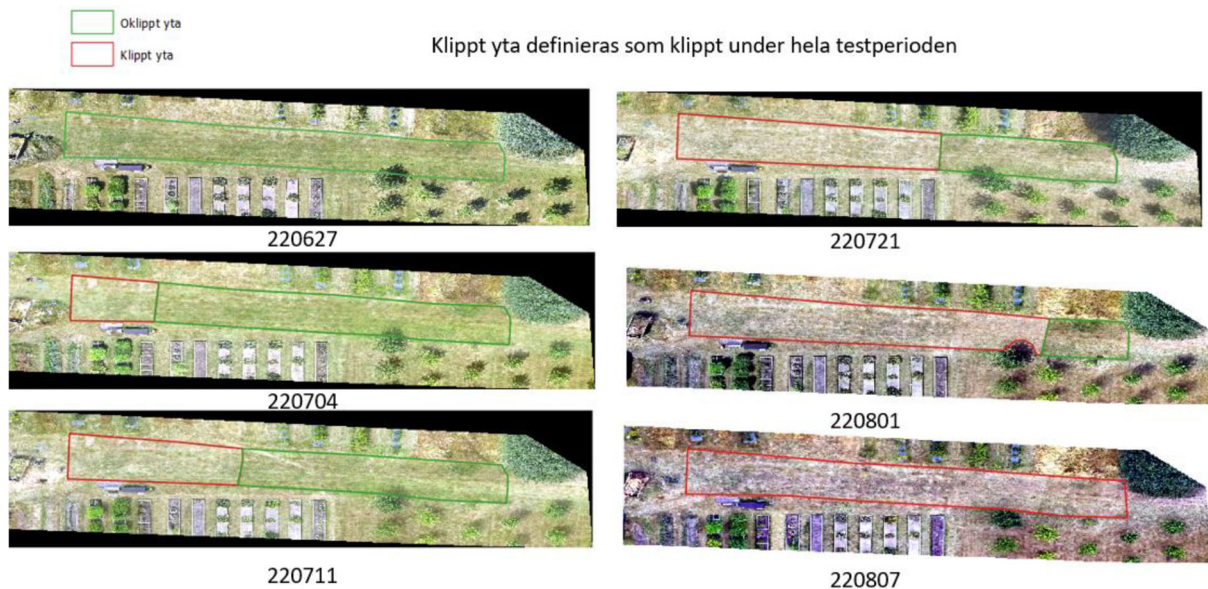
Maskininlärningen genomfördes även för gräset av Green Hawk Geospatial och med samma teknik för maskininlärning. Syftet var att testa om det med hjälp av maskininlärning på drönarbilder går att bestämma om en gräsyta är klippt eller oklippt.

Rådata för aktuellt projekt samlades in med samma drönare som i Slottsskogen, dvs utrustad med en multispektral kamera som kan producera olika typer av bilder. Den typ av bilder som analyserades i detta fall var på färgbilder (RGB) och NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) då dessa bedömdes vara mest relevanta med avseende på analys av gräshöjder. Bilderna hade en upplösning på 1,6 cm.

Drönarfotografering utfördes av SLU:s drönarpilot vid sex olika tillfällen. Vid den första fotograferingen var samtliga provytor oklippta. Det andra fototillfället ägde rum då första ytan klipptes (2022.07.04). Efterföljande yta klipptes 2022.07.11 osv. Varje yta var ca 10x8 meter. En sammanställning av de tillfällen då data samlades in återfinns i Tabell 2.

Tabell 2. Sammanställning av de 6 tillfällen då insamling av rådata skett, vilka datum dessa var och vilken händelse som skett i samband med insamlingen.

Tillfälle	Datum	Händelseförlopp
1	2022-06-27	Samtliga ytor var oklippta
2	2022-07-04	1:a ytan klipptes
3	2022-07-11	2:a ytan klipptes
4	2022-07-21	3:e ytan klipptes
5	2022-08-01	4:e ytan klipptes
6	2022-08-07	5:e ytan klipptes



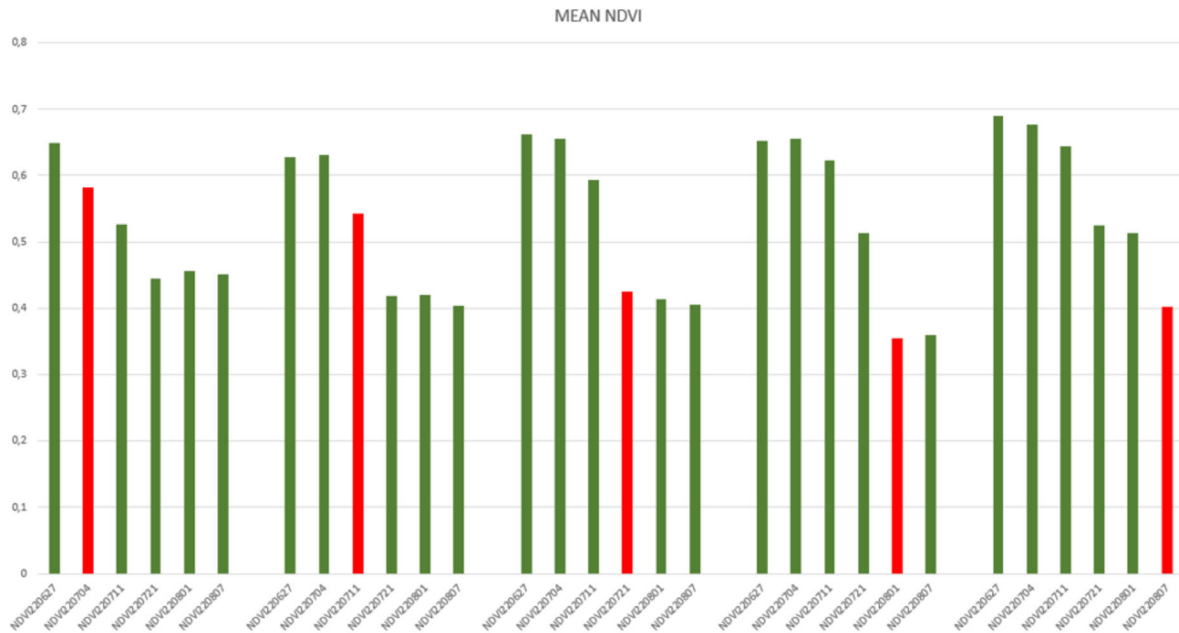
Figur 16. Insamlad data från de 6 tillfällen som nämns i Tabell 2. Grön markering = Oklippt yta. Röd markering = Klippt yta.

Bilderna markerades upp i klippt respektive oklippta ytor enligt figur 16. Bilden från 220721 användes som validering, dessa data användes inte som träningsdata i maskininlärningsmodellen för att identifiering ska ske på en tidigare av modellen osedd yta. En semantisk klassificering gjordes där varje pixel i bilden klassas som klippt, oklippt eller bakgrund. Modellen tränades genom att

träningsdata itereras ett visst antal gånger, i s.k. epoker. För aktuellt objekt tränades data i 30 respektive 45 epoker.

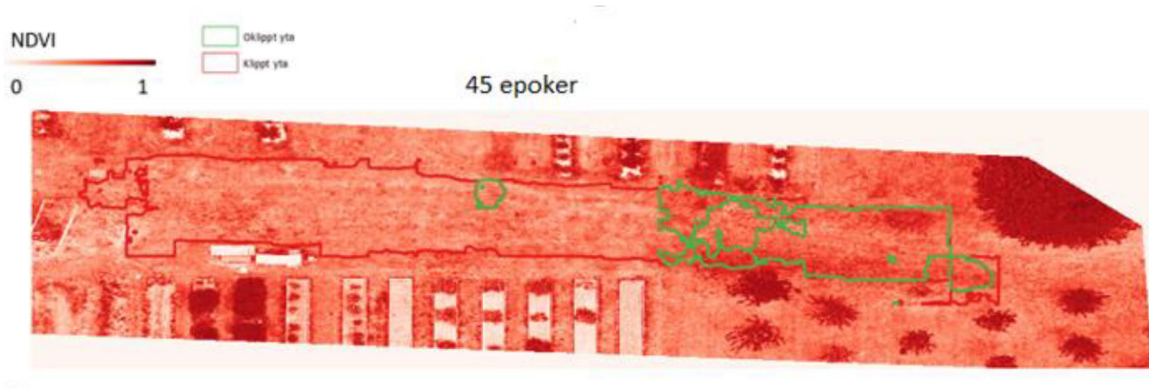
Resultat av testerna

Figur 17 visar att NDVI-värdena minskar vid klippning och därefter inte når upp till jämförbara värden före klippning. NDVI kan följaktligen betraktas som en indikator på om gräset är klippt eller inte. Under testperioden har insamlad data inte visat någon indikation på att värdet återhämtar sig nämnvärt, vilket möjligen förklaras av den torra sommaren. Studien utformades därför så att en klippt yta definieras som klippt under hela testperioden.

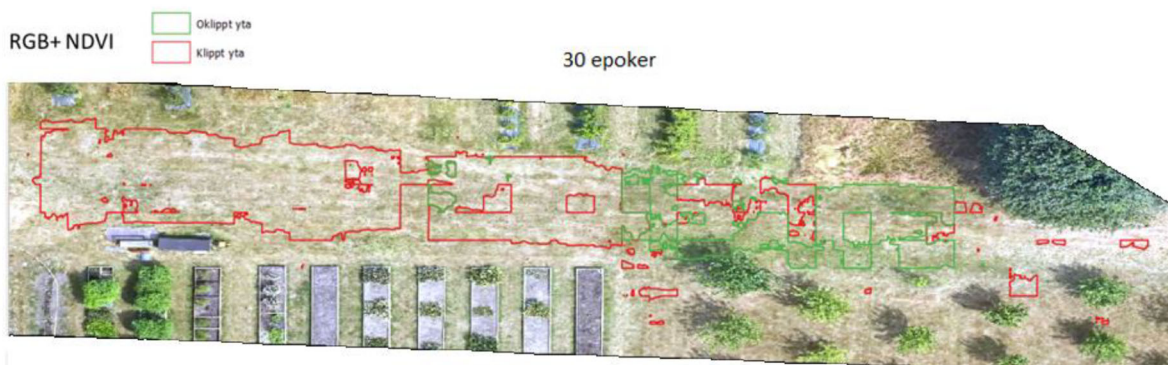


Figur 17. NDVI-värden. Röd stapel visar NDVI-värde efter klippning för respektive yta. Gröna staplar visar övriga fototillfällen för respektive yta. Data framtagen av Ryan Davidson, SLU.

Under testerna med analyser under inläringen provades olika kombinationer av bilder, dvs RGB, NDVI eller både och. Figur 18 och 19 visar resultat från två olika tester.



Figur 18 Identifiering baserat på rasterdata från NDVI för klippt och oklippt gräs, efter 45 epoker.



Figur 19 Identifiering baserad på rasterdata från RGB+NDVI för klippt och oklippt gräs, efter 30 epoker.

Slutsatser

Säkerheten i identifieringen av oklippta ytor ökar med antalet epoker, medan den på klippta ytor inte ger nämnvärd skillnad mellan 30 och 45 epoker. Det skiljde relativt lite i resultatet beroende på om vi använd färgfoto (RGB) med NDVI och bara NDVI. Noggrannheten ökade vid det slutgiltiga testet där modellen tränades 45 epoker. Vissa delar av de oklippta ytorna var svårare att identifiera. En orsak skulle kunna vara att gräset möjligtvis inte har samma kondition eller längd som övrigt gräs i den oklippta ytan, d.v.s. att gräset inte växer helt homogent. En faktor som kan ha påverkat resultatet är den varma sommaren under 2022 som resulterat i en dålig återhämtning av gräset efter klippning.

Vi betraktar dessa inledande försök som ett tecken på att det finns goda möjligheter att bygga upp ett system som kan identifiera klippta och oklippta ytor från drönare. Mer träning under varierade förutsättningar krävs för att skapa ett system som klara att identifiera om ytorna är klippta eller inte. Samtidigt kan vi konstatera att omfattande och ofta genomförda flygningar med drönare för att täcka hela städer inte framstår ett rimligt alternativ med dagens förutsättningar. En intressant vidareutveckling vore att därför att testa NDVI med högupplösta satellitbilder. Fördelen med satellitbilder jämfört med drönarbilder är att det är mer kostnadseffektivt och att det skulle finnas betydligt mer data att träna modellen på.

Försök med övervakningskameror med fokus på gräs

Ett annat intressant sätt att fånga data om utemiljöns tillstånd är olika former av kameralösningar för att hålla koll på aktuellt läge. Arbetar man med utemiljöer där personalen är på plats med kortare tidsintervall så lär de göra bättre bedömningar än via kamera. Diskussionen kring möjligheter med kameraövervakning vid projektmötena rörde därför främst möjligheten att kunna begränsa rondering för tillsyn på platser som inte besöks regelbundet. Kameran kan då ge bilder som kan ligga till grund för bedömning av skötselbehov på distans. Både tid och miljö sparas om personal inte behöver åka ut på plats för tillsyn.

Kameror kan dock fylla andra funktioner än ren tillsyn av skötselbehov. Beroende på målsättningar och önskemål om styrning av utemiljö och kunskap om växternas utveckling kan data från kameror ligga till grund för tidsserier och statistik genom automatiserade system för bildanalys. Vi har under projektet varit i kontakt med olika företag som arbetar med kameralösningar för olika ändamål. Axis var det företag som vi förde mest diskussioner med inte minst för att de är delaktiga i många typer av applikationer från rena övervakningssystem till kameralösningar för självkörande bilar med både kameror och lidar. De kameror som Axis jobbar med har mycket teknik inbyggd i själva kameran för att inte behöva kontinuerlig uppkoppling. Detta kräver fasta installationer med tillgång till ström för att undvika batteriproblematiken. Väl på plats kan avancerade kameror användas för att analysera

mönster i informationen oavsett om det handlar om hur växter utvecklas eller hur besökare i en park rör sig. Baserat på förutsättningar i detta projekt blev slutsatsen att begränsa försöken till att med övervakningskamera se om det är rimligt att bedöma när gräset behöver klippas.

När det gäller övervakningskameror finns det gott om färdiga lösningar att köpa från olika leverantörer. Dessa innefattar normalt sett kameran med uppkopplingsmöjligheter (via wifi eller mobilnät eller både och), överföring av bilderna till en dataplattform och en app för att komma åt bilderna via mobil, dator eller surfplatta. Många kameror är utvecklade för hemövervakning och har smarta funktioner för identifiering av husdjur och annat som rör sig och inte ska utlösa någon form av meddelande till den som övervakar exempelvis en husentré eller trädgård.

För användning av kameror i offentlig miljö är det viktigt att ta hänsyn till de regler som gäller enligt GDPR (Allmänna dataskyddsförordningen), framförallt för den individuella integriteten. Inom projektet undersöktes gällande regelverk och dessutom kontaktades IMY (Integritetsmyndigheten) för att klara ut vilka möjligheter och begränsningar som finns för offentlig användning i t ex parker. Slutsatsen är att det i de flesta fall går att hitta lösningar som både fyller den önskade funktionen och följer regelverket. Generellt gäller att det tillåtet att använda övervakningskameror inom inhägnade områden och om kameror placeras så att inte personer kan identifieras. Om en kamera placeras nära mark för att kunna visa gräshöjd är sannolikheten att någon person kan identifieras ytterst begränsad och det är därför rimligt att placera en kamera på detta sätt för det avsedda målet att se hur gräset växer.

Mot denna bakgrund valde vi i projektet att prova en färdig lösning med en standardkamera som kan kopplas upp både med wifi och mobilnät. Kameran kopplas lätt upp och via en mobilapp eller dator och där kan bilderna studeras direkt i realtid eller via arkiv. För att undvika stöldrisk valdes en mobil lösning enligt figur 20.



Figur 20 Kamerauppställning för försök med uppkopplad övervakningskamera. (Foto: A. Kristoffersson)

Erfarenheten från de genomförda försöken visar att övervakningskamerans upplösning räcker väl till för att bilderna ska visa gräset tydligt nog för bedömning av om det behöver klippas. En viss intrimning av perspektiv och egen erfarenhet av att jämföra bild och verkligheten på plats säkerställer att kamerabedömningen blir rättvisande. Som exempel visas några bilder som betonar att det krävs viss intrimning för att bedöma nyanser på gräsytor som har ett snävt toleransområde mellan lägsta och högsta önskade gräshöjd.

När det gäller kameror är det i praktiken bara att hitta lämpliga placeringar för att bilden ska ge ett bra perspektiv som visar det som ska utövas tillsyn på – planteringsytor, delar av gräsmattor, hårdgjorda ytor etc. Även om GDPR (Allmänna dataskyddsförordningen) sätter ramar för hur kameror i offentlig verksamhet får placeras har vi, som nämnts ovan, efter kontakt med IMY konstaterat att det finns lösningar även inom ramen för GDPR.

Vid försök som genomfördes av personal på plats i Slottsskogen konstaterades att tekniken var lättillgänglig och fungerade väl. Ett antal tester genomfördes på plats, men eftersom personalen var på samma plats var motivationen inte densamma som om försöket byggts på att slippa åka till en mer avlägsen plats för tillsyn.

Bildbedömningar av olika skötselbehov gjordes också gemensamt på projektmöten. Den samlade uppfattningen var att det inte var några svårigheter att göra bedömning via bild, även utan att ha sett gräsmattan i verkligheten. Figur 21 och 22 visar att det kan vara små nyanser om gräset inte är alltför långt vid klippning.



Figur 21 Bild som visar att skillnaden mellan klippt och oklippt gräs kan kräva viss träning. Högra delen av bilden är inte klippt (Foto: A. Kristoffersson)



Figur 22 Samma gräsyta sedd från andra hållet. Följaktligen är vänstra delen av bilden är inte klippt (Foto: A. Kristoffersson)

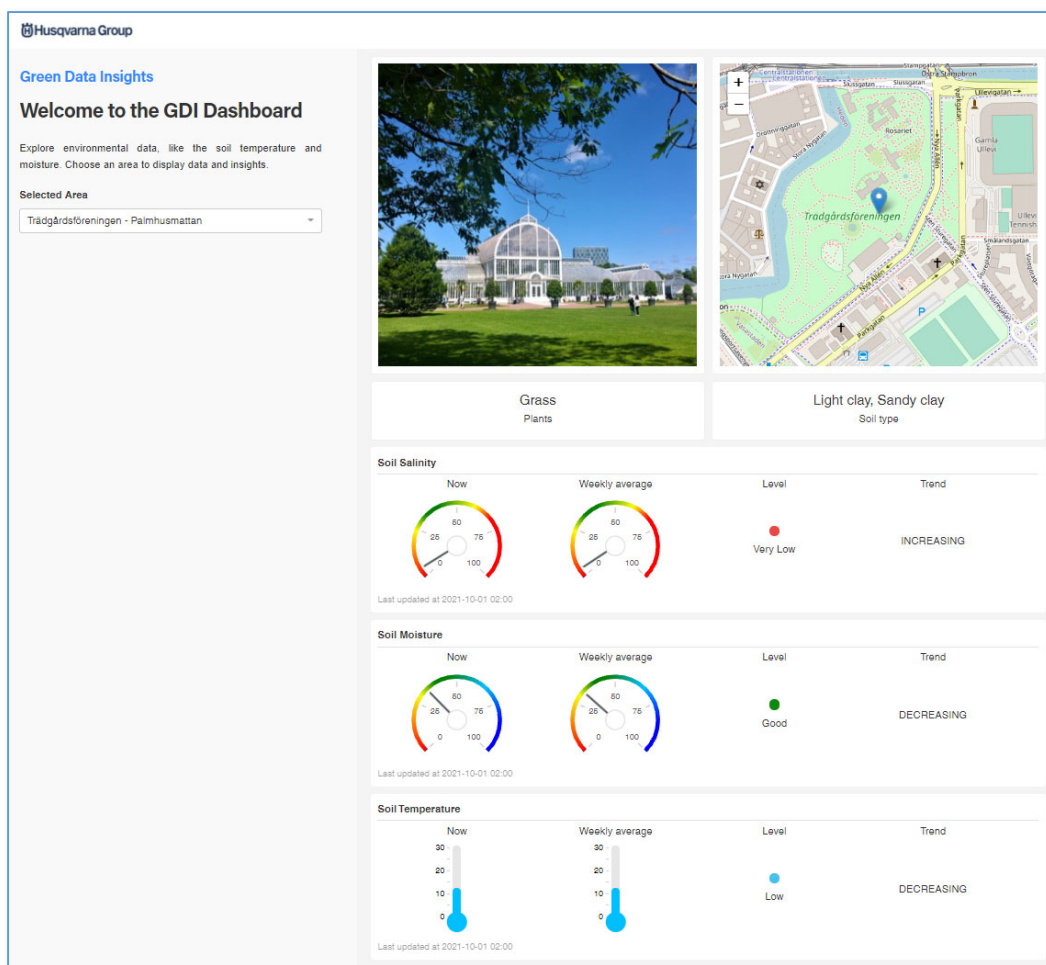
Sammanfattningsvis visade försöken med övervakningskameror att det inte är några större problem att på ett snabbt och enkelt sätt installera och använda sig av övervakningskameror. Det visar att vidare att distansbedömningar av om gräs behöver klippas går alldeles utmärkt att göra för att spara in tillsyn på plats.

Försök med olika sensorers potential som grund för behovsstyrning

Under projektet har ett antal olika typer av sensorer testat för olika funktioner som fukt i mark och luft, temperatur, vind, ljus mm. Syftet har dels varit att testa hur väl de olika sensorerna fungerar både för att återge rätt värde och att överföra dessa trådlöst till en databas där de kan redovisas, dels att undersöka på vilket sätt data kan presenteras och användas för att öka behovsstyrningen i skötselarbetet.

Tester har genomförts i Trädgårdsföreningen och Slottsskogen, och informationen kan exempelvis användas för att påvisa behov av bevattning, tillförsel av näringsämnen, samt anpassa vegetation på olika sätt. I ett första steg testades kvalitet och tillförlitlighet hos olika sensoralternativ och överföringstekniker (exempelvis GSM, Wifi och LoRa). Samtliga lösningar har gått att driftsätta och testa med olika grad av inkörningsproblem, allt från att få till fungerande signalöverföring till att placering på ett tillförlitligt sätt i marken. För olika mätare se bilaga 1. Under projektet har sensorerna flyttats och testats på olika platser inom testbädden.

Tester har också genomförts av olika sätt att redovisa data från sensorerna och dessa har stämts av vid workshopar med personal från medverkande parter. Bild 23 visar en typ av mätare som använts och som uppfattas som informativ. Direkt implementering som grund för skötselinsatser har diskuterats, men inte genomförts.



Figur 23 Exempel på presentation av data från marksensorer.

I Trädgårdsföreningen har ett antal sensorer placerade i rosenrabatter bidragit med data som visar när det regnar respektive när det vattnas. Dessa ligger till grund för fortsatt datainsamling och utveckling av analys baserad på maskininlärning som kan ge modeller för hur automatisk bevattning kan ske.

Erfarenheter från användningen visar att sensorer har fungerat väl både i relation till besökare och personal. Nedgrävda, osynliga, sensorer stör varken besökare eller personal. Däremot kan det vara svårare att kommunicera om dessa sensorer skulle komma upp vid grävning eller omplantering. Synliga sensorer har fungerat väl utan skadegörelse eller stöld. Om sensorgivaren hamnar fel kan personalen enkelt åtgärda det.

När det kommer till data från sensorerna klarar de yttre faktorer som regn väl. Data från sensorer av samma fabrikat som saminstalleras visar konsekvent data. Data från sensorer av olika fabrikat kan visa olika värden, men trend och förhållanden är desamma. Yttre faktorer såsom placering, jordtyp etc. spelar stor roll för vilka värden som rapporteras och hur data bör kalibreras.

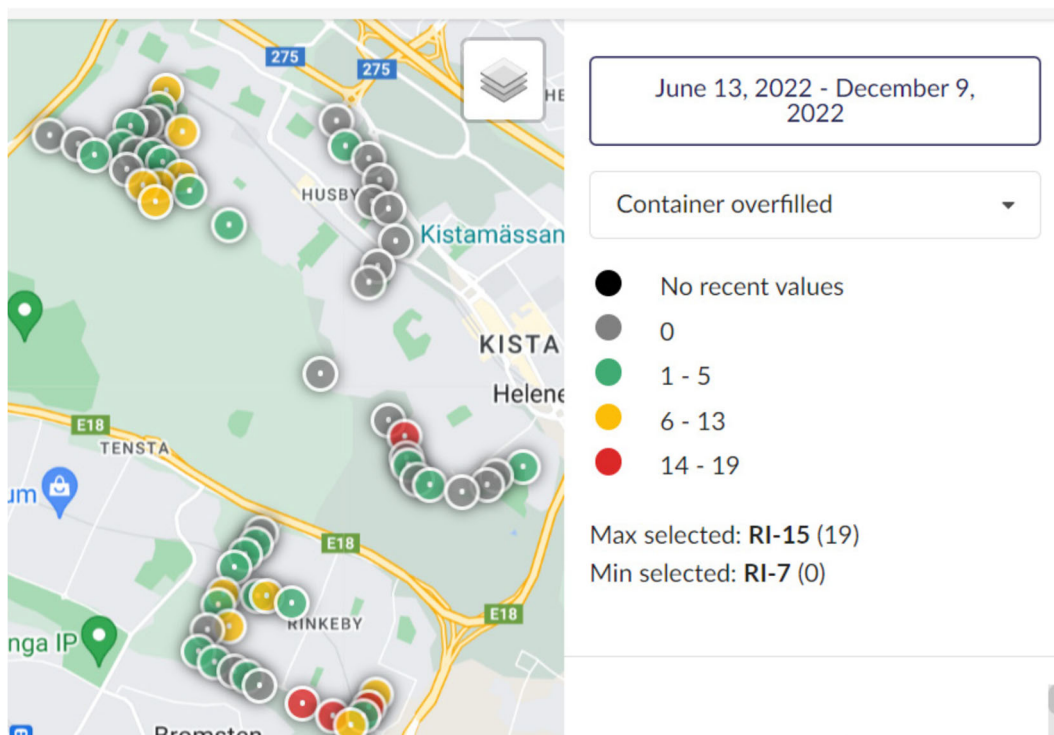
Kostnaden för inköp och etablering av sensorer är idag relativt hög. Värdet för skötselpersonalen är att det kan vara att enklare kunna prioritera sitt arbete och få en mer behovsstyrd skötsel. Med sensorer kan vi också säkerställa att viktig vegetation får rätt skötsel och så att de överlever och kan utvecklas till sin fulla potential. Sensorer och data kan över tid också hjälpa till att förklara skeenden och på så vis användas för att utvärdera nya t ex skötselmetoder.

När det kommer till att mer systematiskt använda den typ av data som kan tas fram med hjälp av sensorerna för att skapa bra planeringsunderlag behövs det mer arbete för att utveckla formerna. I slutet på detta kapitel diskuteras frågan om hur det på bästa sätt kan skapas överblick över alla data från olika typer av sensorer närmare. Redan nu kan dock konstateras att personal som arbetar med skötsel och ska använda data som grund för planering och behovsstyrning av skötseln behöver hjälp med att utforma informationen så att den blir hanterbar. När det finns många sensorer med data som levereras på olika sätt i olika format på olika websidor kan det snabbt bli omständligt att få en överblick. Vi ser att det finns några tydliga situationer där det kan finnas möjlighet agera mer behovsstyrt och det är t ex bevattning baserat på information om markfukt som grund för beslut om bevattning. Då kan det fungera med ett enskilt värde som indikerar när det är dags att vattna, men samtidigt kan långsiktigare trender och t ex uppgifter om väder vara rimliga att väga in om tekniken ska utnyttjas fullt ut. Denna typ av anpassade underlag för beslut om bevattning är exempel på sådant som behöver utvecklas för att integrera data från sensorer i planering och utförande av skötsel.

Smarta papperskorgar i Slottsskogen

Inom ramen för Hållbara smarta parker har Park- och Naturförvaltningen drivit ett projekt med inriktning på smarta papperskorgar. Syftet har varit att med relativt billiga givare i de standardpapperskorgar som används av Göteborgs Stad kunna koppla upp befintliga papperskorgar för att få information om fyllnadsgrad. Denna information kan läggas till grund för bättre rutiner för arbete med tömning av papperskorgarna. Ett samarbete har också gjorts med Chalmers där studenter har undersökt potentialen att jobba smartare genom att göra simuleringsprogram baserat på verkliga data om papperskorgarnas fyllnadsgrad. De har med hjälp av simuleringsprogrammet undersökt hur tömningen av papperskorgar kan optimeras och kommit fram till att en övergång till behovsbaserad tömning med sensorer kan teoretiskt ge upp till 34% reduktion i körsträckan som sopbilar färdas under tömning (Käll et al, 2022).

Under 2021 startade Stadsmiljöförvaltningen i samarbete med företaget Bintel uppkopplingen och försåg 70 papperskorgar i Slottsskogen med sensorer som talade om när behållarna behövde tömmas. Det har varit svårt att gå från frekvens- till behovsstyrd tömning när medarbetarna på fältet saknat verktyg för att optimera rutten (Johanneberg Science Park, 2022). Under de projektmöten som hållits inom ramen för detta projekt har en diskussion förts om det vore möjligt att med relativt enkla medel prova att lägga upp någon enkel form av ruttoptimering t ex via fritt tillgängliga system för ruttoptimering. Det har dock stannat vid att frågan handlar om så mycket mer än bara tömningen av papperskorgarna och att det därför krävs ett större omtag för att utveckla rutinerna för renhållning. I denna rapport lyfts exemplet med de smarta papperskorgarna för att visa att det finns tillgängliga tekniska lösningar som kan införas och göra nytta. Personal som är ansvariga för renhållning, inklusive tömning av de uppkopplade papperskorgarna har haft tillgång till en app i mobilen där fyllnadsgraden i papperskorgarna har synliggjorts på en karta med prickar i rött, gul eller grönt som markerat fyllnadsgraden (figur 24).



Figur 24 Exempel på presentation av data från sensorer i papperskorgar (källa Bintel.se).

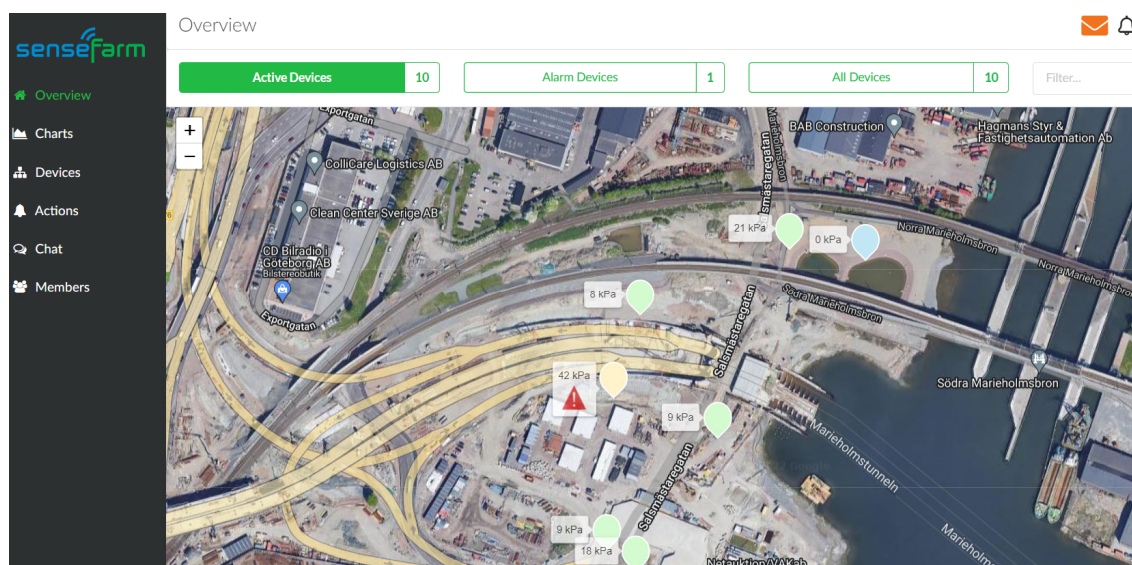
Även om det inte ännu tagits fram en applikation för ruttoptimering i Göteborg har personalen haft nytta av att kunna se fyllnadsgraden i papperskorgarna i sin mobil under pågående rutt för tömning och renhållning. Bintel och Göteborgs Stad jobbar också vidare på lösningar som ska innefatta även ruttoptimering.

Vi har utifrån detta projekts planeringsfokus även gjort en del efterforskningar kring andra projekt med fokus på ruttoptimering. Ett liknande projekt i Nederländerna kallat Smart Public Waste Management with Sis.Ter (Delft.nl) har gjort liknande erfarenheter. Med samma målsättning att genom uppkopplade papperkorgar optimera ruttplaneringen för tömning av papperskorgar har projektet tagit fram en liknande lösning med en dashboard (digital anslagstavla) som visar fyllnadsgraden. De har också stött på svårigheter med att automatisera ruttplaneringen och utvecklingen av en specifik app för detta kräver mer arbete än väntat. Deras slutsatser är att det finns stora vinster att göra och de fortsätter arbetet med att få till en lösning för ruttoptimering av tömningen av papperskorgar.

Viktiga lärdomar från dessa exempel är att tekniken erbjuder möjligheter som stegvis kan tas i bruk och att de successivt kan integreras i organisationen. Hela tanken med en teknisk lösning kan kanske inte uppnås från början, men eftersom anpassningen till organisationens arbets sätt är avgörande för det resultat som kan uppnås är en successiv övergång ett rimligt alternativ.

Träd med fuktmätare i Marieberginfarten

Ytterligare ett projekt som har tydlig koppling till detta projekt är det Moviumfinansierade projektet *Bevattning med stöd av data från sensorer och andra datakällor* i samarbete mellan SLU och park- och naturförvaltningen. I detta projekt var syftet att testa om fuktsensorer i jorden vid träden ger tillförlitliga data och om de kan nyttjas för att gå från frekvensstyrd till behovsstyrd bevattning. Figur 25 visar hur mätarna vid försöken vid Marieberginfarten i Göteborg presenteras med sina värden i en kartbild.



Figur 25 Exempel på presentation av data från sensorer för fuktgivare i mark vid Marieberg infarten. (Källa: Göteborgs Std/SenseFarm)

En ambition var att testverksamheten skulle presentera nya arbetssätt och utifrån detta ta fram nya rutiner. Projektresultatet motsvarar förväntningarna eftersom avsevärda besparingar varit möjliga. Baserat på uppföljningen har 77 procent av bevattningsvolym och kostnader kunnat sparas jämfört med Göteborgs rutiner för bevattning av nyetablerade träd genom att bara vattna när det behövs enligt fuktgivarna i marken vid de träd som ingick i försöken (se bilaga 2). Målet att projektresultaten skulle vara mer förankrade utifrån en mätserie som varade över fler växtsäsonger blev dock inte möjlig att få till i projektet. Därmed får resultaten betraktas som preliminära och i behov att valideras genom längre mätserier framöver. Besparingspotentialen är dock mycket stor i relation till nuvarande rutiner i Göteborg.

Kopplingen till detta projekt är planeringen av bevattningen och möjligheter att anpassa de bevattningsrutiner som läggs upp för en säsong baserat på mätvärden från sensorerna för markfukt. Inför säsongen intervjuades personal med ansvar för bevattningen om hur de arbetar med planering och genomförande under bevattningssäsongen. Kort sammanfattat görs en planering för säsongen av ansvarig arbetsledare och sedan ligger denna fast för hela säsongen eftersom det finns en beskrivning av hur mycket vatten nyetablerade träd ska ha och hur ofta. Enligt Göteborgs beskrivning av hur nyetablerade träs ska skötas ingår bevattning de första tre åren och minskas successivt från år 1 till år 3. Vid behov kan vissa träd vattnas ytterligare en eller två säsonger. Arbetsledaren gör inför säsongplaneringen en markering av träden och deras ålder på en karta. Med denna som grund läggs ett antal olika rutter upp för olika ekipage med förare och mobil vattenbehållare (ofta traktor med släp). Varje förare följer sedan sin runda under hela säsongen. Försök har gjorts med system för ruttplanering, men dessa rutter har hittills inte blivit lika bra som de rutter arbetsledare och förare lyckats lägga upp genom sin erfarenhet. En anledning till att systemen inte ger lika bra resultat är de vägar som kartfunktionen tar med i ruttplaneringen, eftersom t ex smala tunnlar eller passager kan sätta begränsningar enligt systemet trots att de är framkomliga i praktiken. På samma sätt som vid ruttplanering för papperskorgar är det ett stort steg att gå över till ett system som ska baseras på marksensorernas indikationer på behov av bevattning jämfört med den fasta rutin som används för närvarande. Steget från att verifiera att tekniken fungerar till att anpassa bevattningsrutinerna för en hel stad är stort. Ett behovsanpassat upplägg måste också bygga på resursmässiga överväganden för hur långt den anpassade bevattningen kan gå. Ytterligheten att åka ut och vattna ett enskilt träd så

fort en sensor indikerar ett behov är inte försvarbart utan en balansering måste ske för att uppnå en försvarbar resurseffektivitet.

Vid projektmötena har handhållna fuktmätare diskuterats som ett alternativ när träd inte är uppkopplade. Det är ett steg i rätt riktning för trädets utveckling och ev besparing av vatten, men kostnaden för att köra rundan med mobil bevattningslösning minskar inte nämnvärt. Detta kan vara ett steg på vägen.

När det gäller etableringsbevattning av nyplanterade träd gjordes även ett examensarbete vid SLU (Eklund, 2022) i syfte att undersöka bevattningslösningar och vad litteraturen säger om bästa anpassning efter olika arter. Det blev tydligt att det i litteraturen inte finns enhetliga uppgifter om vilka krav olika arter har vad gäller biologiskt optimala förutsättningar för etablering. En jämförelse mellan olika kommuners rutiner för etableringsbevattning visade att skillnaderna avseende volymer och tidsintervall skiljer mycket. En viktig slutsats var därför att nya metoder, som att använda fuktmätare, är en bra grund för att anpassa generella och frekvensbaserade skötselbeskrivningar till att styra bevattningen utifrån olika lokalt påverkande faktorer. Eklund (2022) konstaterade också att försök i Helsingborg med storleksordningen 200 uppkopplade träd lett till besparingar och bättre dialog mellan beställare och utförare. Fuktmätarna visar tydligt när bevattning skett, vilket är positivt för båda parter avseende uppföljning. Steget att låta trädens behov ligga till grund för en automatiserad ruttplanering för bevattning har inte heller tagits i Helsingborg trots det relativt stora antalet uppkopplade träd.

Erfarenheterna från försöken med bevattning baserat på att mäta fukthalten i jorden visar att det finns goda möjligheter att spara både vatten och arbete och samtidigt få välmående träd. Steget från att konstatera att möjligheten att mäta fukthalten i jorden finns till att mer systematiskt ställa om till mer behovsstyrd skötsel är att betrakta som relativt stort

Sammanfattande bild av möjligheter att samla in dataunderlag för behovsstyrning

I detta avsnitt har många olika sätt att samla in data beskrivits från olika typer av sensorer till kameror monterade fast eller på drönare. Det innebär att många nya lösningar finns tillgängliga och att dessa går att använda för att förbättra dataunderlag som grund för att utföra skötsel mer behovsstyrt och att dokumentera att skötsel är utförd.

Några tecken på att området ligger tidigt i utvecklingen är att olika system inte hänger samman digitalt utan kräver arbete för att sammanställas till en önskad helhet för en viss yrkesroll. Det framgår också att mycket arbete krävs för att införa systemen och integrera dem i det ordinarie skötselarbetet.

Planeringssystem för utemiljöskötsel

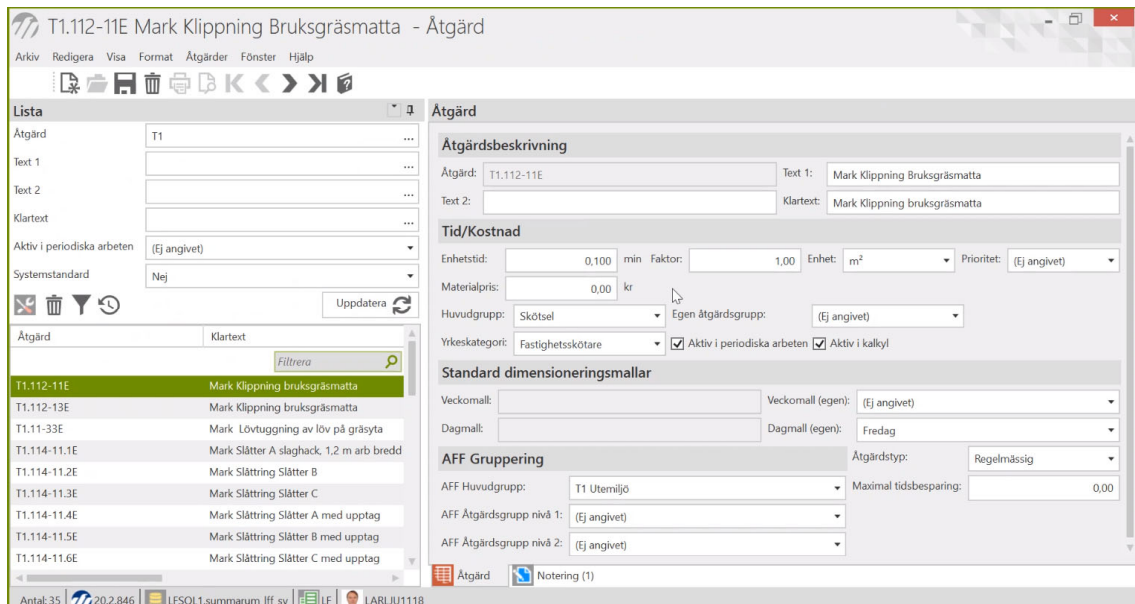
I detta avsnitt ligger fokus på hur system för planering av utemiljöskötsel kan utformas. Först beskrivs försök med automatiska arbetsordrar på Lokalförvaltningen i Göteborg. Därefter presenteras resultat från workshopar som genomförts inom projektet med fokus på vad denna typ av system bör ha för funktioner. Slutligen görs en mindre utblick vad gäller andra system för planering av utemiljöskötsel på marknaden och en sammanfattning.

System på Lokalförvaltningen i Göteborg

På lokalförvaltningen i Göteborg är huvuduppdraget förvaltning av fastigheter för Göteborgs stad, vilket även innefattar utemiljöer i anslutning till fastigheterna.

För att skapa överblick och hålla ordning på förvaltningen av fastigheterna används ett digitalt system kallat Incit Xpand sedan 2011. I systemet finns kontrakt med uppdragsgivare, uppgifter om fastigheter, underhållsplanering mm. Xpand används även av andra förvaltningar inom staden, bl a Fastighetskontoret och Park-och Naturförvaltningen. Totalt finns omkring 1500 förvaltningsobjekt i systemet och flera hundra användare. Systemet är att betrakta som ett stort kvalificerat administrativt system med möjligheter till anpassning efter enskilda verksamheters arbets sätt. Det finns mer 300 organisationer som använder Xpand i Sverige och nära 3000 i Europa. Kopplingar kan göras till olika andra system som t ex GIS, Excel, ekonomisystem, röstinmatning och dessa kopplingar utvecklas och avvecklas över tid.

I detta fall görs ingen mer detaljerad beskrivning av systemet utan endast en redovisning av aktuella funktioner i relation den del av Lokalförvaltningen som arbetar med skötsel av utemiljöer på förskolor. De är part i detta projekt och fokus har legat på hur systemets funktion med automatiska arbetsordrar till skötselpersonalen fungerat under det första året som det använts. Detta eftersom det finns en tydlig koppling till hur ett motsvarande system uppbyggt på behovsstyrning via sensorer skulle kunna utformas. Ett exempel på hur en skärmbild i Xpand kan se ut i dator visas i figur 26.



Figur 26 Exempel på utseende för en skärmbild i Xpand med information om bruksgräsmatta. (källa LF)

Det digitala upplägget innebär en webblösning där informationen är åtkomlig från olika typer av uppkopplade enheter enligt figur 27.



Figur 27 Exempel på gränssnitt mellan olika enheter uppkopplade till Xpand (källa LF).

Hur används systemet vid skötsel av förskolegårdar

Med denna översiktliga inledande beskrivning som grund redovisas hur den del av Lokalförvaltning som arbetar med skötsel av förskolegårdar använder Xpand för skötselutförande med automatiska arbetsordrar som går ut till enskilda medarbetare för varje förskolegård.

- Xpand skapar ””automatiska” arbetsordrar (AO) avseende exempelvis Vår- och Höst-städ, Gräsklippning, Driftronder och Funktionskontroller lekutrustning
- AO skapas utifrån åtgärder för periodiska arbeten som är utlagda på respektive Markyta.
- Felanmälningar från kunderna läggs också in som order i Xpand
- Driftronderna läggs in i systemet för skötsel-AO (Mark) respektive i besiktningsmodulen (Bygg- och Driftteknik).

De funktioner i Xpand som används är i första hand arbetsordrar som personalen ska utföra och sedan notera att de utfört i appen eller inne på kontoret efter dagens arbete. De finns teamsamordnare som håller ihop arbetet i två större enheter och ansvarig chef över dessa. Excelplanering från teamsamordnare matas in i Xpand av Lokalförvaltningens ansvarig för Xpand. Personalen arbetar antingen i team eller enskilt beroende på egna önskemål.

Hur uppfattas systemet av personalen

För att få en bild av hur organisationen arbetar med Xpand och hur de uppfattar systemet genomfördes intervjuer med personal i maj 2022. Totalt intervjuades 8 personer varav tre utförare av skötsel, två teamledare och tre personer från ledningen. Sex personer intervjuades vid samma tillfälle på plats på Lokalförvaltningens kontor i Göteborg och en uppföljande intervju med två ledande personer genomfördes vid ett digitalt möte ett antal dagar senare.

Hur uppfattar skötselpersonalen och teamledare Xpand

Inledningsvis ställdes frågan om på vilket sätt det automatiska systemet för arbetsorder används. Genomgående var uppfattningen att systemet i hög grad används för att dokumentera genomförda arbetsuppgifter och inte för att planera arbetet. Det framgick också att mycket tid går åt till att rapportera tid för genomförda uppgifter. Systemet genererar många dokument för alla som arbetar med det eftersom alla har många skötselobjekt och varje objekt genererar en egen arbetsorder för varje arbetsmoment på varje objekt. Även om skötselarbetet i sig är rimligt i omfattning kan det snabbt bli 10-20 arbetsorder som ska fyllas i under en dag.

Teamledarna som samordnar arbetet har i princip systemet uppe hela dagen och en stor del av tiden ligger på att hantera felanmälningar. Systemet ses inte som ett planeringssystem i första hand utan mer som ett uppföljningssystem. Den löpande planeringen görs i regel vid personalmöten och gräsklippningen planeras för sig i ett eget dokument i Excel.

På frågan om vad de tycker om det automatiska systemet för arbetsorder och om det underlättar arbetet blir svaret att det är bra för dokumentation. Man kan t ex lägga in bilder så man för egen del vet vad som är gjort respektive behöver göras. På minussidan kommer den omfattande administrationen som tar tid från skötselarbetet. Här finns dock förslag om att det borde gå att slå samman rapporter och minska frekvenser för kontroller. Det skulle också kunna gå att förenkla sättet att rapportera, t ex med checkboxar när arbetsmoment är utförda.

Hur ser skötselpersonal och teamledare på möjligheter med behovsstyrd skötsel

Utifrån de grundläggande tankarna i projektet om att öka behovsstyrningen av skötselarbete ställdes frågan om hur personalen ser på dessa möjligheter. Här framstod att det finns olika uppfattningar på så vis att en del menar att de gör detta redan idag genom att på eget bevåg avgöra när gräset behöver klippas. De gör då ronderingar med gräsklipparen och klipper bara där det behövs. Andra uppfattar detta som omständligt och lägger upp en mer systematisk rutt som får ligga som en rutin för säsongen.

Det finns ett styrdokument i form en parkvårdsbeskrivning (PVB) som uppfattas som alltför omfattande och otillgänglig. Om PVB:n ska följas fullt ut så blir det begränsade möjligheter till behovsanpassning eftersom det finns många moment som styrs baserat på en angiven frekvens.

Frågan om vad som betraktas som mest betydelsefullt för att göra ett bra arbete med skötseln berördes också och det flesta framhöll att bra organisation och arbetsledning är mest avgörande tillsammans med bra kunskap om arbetsuppgifterna. Sättet att planera eller använda digitala system prioriterades inte högt för att göra ett bra skötselarbete.

På frågan om vilken typ av information om skötselläget som skulle vara bra att ha för att arbeta mer behovsanpassat var det främst fukthalt i jorden för att veta om det behöver vattnas som lyftes fram. Eftersom personalen rör sig relativt ofta på sina olika skolgårdar lyftes inget behov av information om t ex gräslängd eller ogräsmängd fram. När frågan om vilket stöd digitala system kan ge i skötselarbetet framhölls främst planering och administration framför t ex kunskapsstöd, miljöarbete eller ekonomi.

Hur ser ledningen på Xpand och behovsstyrd skötsel

Ledningen vill gärna styra skötselarbetet genom att skicka ut påminnelser om arbetsmoment enligt PVB:n. Det finns också en stor Excelfil med alla skötselmoment inlagda och den har hela personalen tillgång till.

Det finns en viss frihet för våra tekniker att jobba behovsorienterat och de kan ta egna initiativ för att jobba smart. Många tekniker har bra koll på sina rundor och sköter arbetet mycket på egen hand. Så länge personalen på skolor och förskolor är nöjda och inte felanmäler så är det helt acceptabelt. Formellt så står det i PVB:n att gräset ska vara mellan 5-8 cm och då gäller det och inget annat. Vi har ju fasta besiktningstillfällen som vi följer och de är sju stycken per år. Datum för besiktning, funktionskontroller och utförandefrekvenser som gäller ska följas. Teamsamordnarna hänvisar till PVB:n och vad som ska vara klart till olika tidpunkter. Detta tas upp på personalmöten.

Vi har diskuterat hur mycket administration som ska ligga i Xpand och frågat personalen hur mycket vill man ha i form av påminnelser, arbetsordrar och liknande. Det är det som ligger till grund för hur vi gör idag. Det som är intressant framöver är hur man ska se på våra olika planeringssystem och hur dessa kan ta hand om det som inte finns i Xpand. Vi behöver låta de andra systemen vara mer tydligt inriktade på planering istället för uppföljning.

Frågan om var vi kan spara tid om vi börjar jobba mer behovsorienterat handlar om att det måste bli en balans så att man ser var man kan tjäna på att vara mer behovsstyrd. Å andra sidan har vi idagsläget PVB:n som styr det mesta med frekvens.

Funktionskontroller på lekredskap enligt SS-EN-1176 säger att fastighetsägaren själv får bestämma hur ofta detta ska göras. Vi har förordat att en gång per månad, men vi för hela tiden en diskussion om hur detta ska göras.

Driftrond månadsvis – som är vårt eget påfund – måste inte göras separat utan kan med fördel kombineras med att man ändå är på plats för att göra något skötselmoment. Det finns lite olika uppfattning hos personalen om nödvändigheten att få ut detta som arbetsorder eftersom de menar att de ändå gör detta hela tiden.

Vi har inte direkt nedskrivit vad vår målsättning är med Xpand. Det övergripande syftet är att hantera arbetsordrar och tid per objekt. Vi behöver kunna sammanställa per objekt och då är Xpand bra, även om det inte är ett direkt planeringssystem. Grund- och förskoleförvaltningen är våra största kunder. Tidsuppföljningen som vi gör ska ligga till grund för mer rättvis fördelning mellan olika skolgårdar, men där är vi inte ännu. Målsättningen är inte heller att det ska vara en väldigt detaljerad timfördelning eftersom det också är beroende av vilken personal som är på vilket objekt. I dagsläget sker fördelning enligt en schablon för de olika skolgårdarna och det är den som ska bli bättre genom vår uppföljning.

Hade vi haft enkla lösningar där man kan lätt checka in sig när man kommer till platsen och sedan notera vad man gjort och när man lämnar platsen så hade det ju varit lysande, men vi är ju inte riktigt där idag.

Att bygga ut med checkboxar och annat i Xpand är möjligt, men det blir mycket svårare arbetsmässigt eftersom det kräver att man går in i en annan modul i Xpand. Det är helt klart intressant att se om det finns andra system som är smidiga bara för att testa och se.

Samlad bild av uppfattningen om Xpand som system

Xpand är ett stort system för hantering av fastighetsdrift. Detta medför att det finns stora administrativa fördelar för Lokalförvaltningen som organisation att använda denna typ av system. Det är helt nödvändigt att ha denna typ av system för att hålla ordning på fastighetsbeståndet och skötseln av det. När det kommer till användning av Xpands funktion för automatiska arbetsordrar finns det också tydliga förtjänster enligt personalens uppfattning. Det finns också en tydlig risk att det leder till omfattande administration om man lägger in för många moment som ska följas upp. Om erfarenheterna från Xpand ska överföras till ett behovsstyrt system med sensorer så blir det att det är viktigt att balansera nyttan i relation till det administrativa arbetet. Detta lär vara lika viktigt oavsett om systemet bottnar i frekvens eller behovsstyrning.

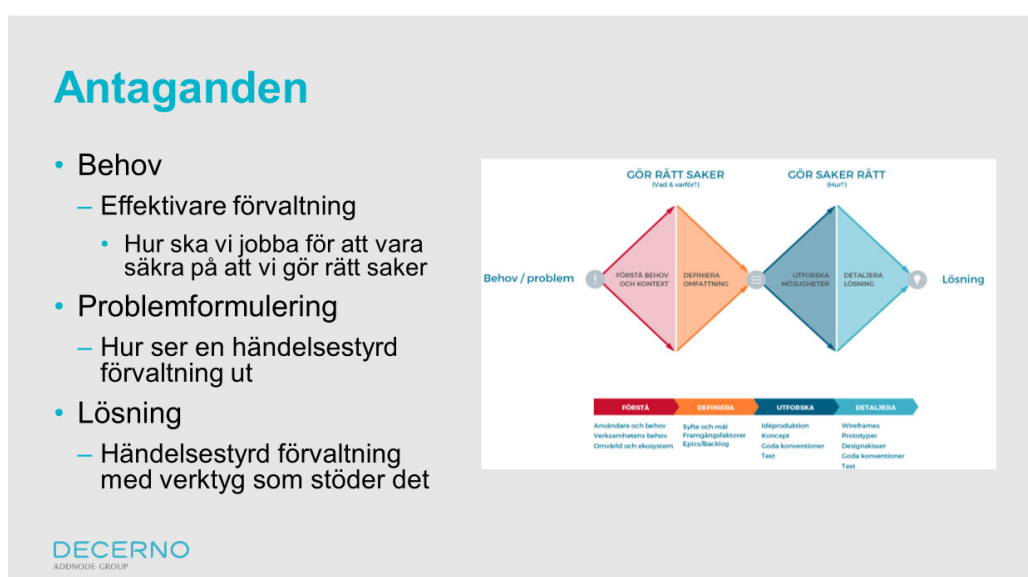
[Workshopar kring systemkrav på system för behovsstyrd utemiljöskötsel](#)

Under projektets gång har det hållits två workshopar med fokus på hur ett system för behovsdriven skötsel skulle kunna utformas. Baserat på noteringar från workshoparna sammanfattas dessa kortfattat i syfte att reflektera över funktioner och koppling till verksamheterna. Vid båda tillfällena

har det medverkat ledande personer för skötsel av utemiljö i Göteborg (inklusive ytterst ansvarig för verksamheten). Detta har varit av stor vikt eftersom ett system av den typ som diskuteras blir ett centralt verktyg för att styra verksamheten. Det rör sig om en viktig strategisk satsning att utveckla system för verksamhetsstyrning inte minst när det ska vara digitalt.

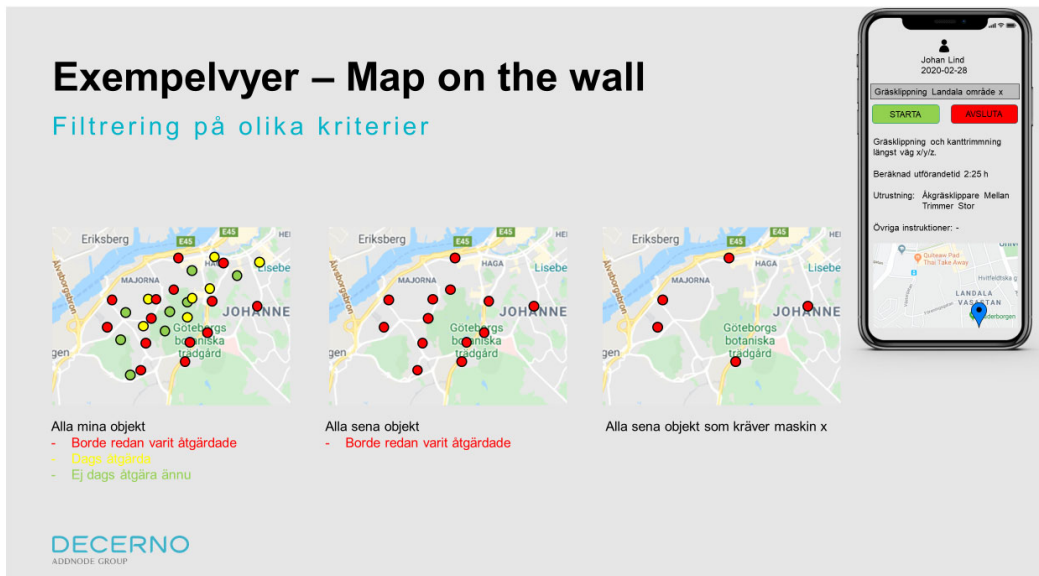
Det första tillfället var i december av 2020 och det andra var knappt tre år senare i september 2023 inför projektets avslut. Mellan dessa tillfällen genomfördes en stor omorganisation inom Göteborgs stad som berörde alla medverkande förvaltningar.

Vid första workshopen medverkade ledande personal från aktuella förvaltningar och ledningen för Vinnovatestbädden. Upplägget var en heldag under ledning av Decerno som är en av parterna i testbädden. Grundidén var att identifiera grundläggande behov i verksamhetsstyrningen och sammanställa en bild av hur en behovsstyrd parkskötsel kan läggas upp. Olika scenarion identifierades också. Figur 28 visar en översiktlig bild av den tänkta processen.



Figur 28 Översiktlig bild av den tänkta processen (källa: Decerno)

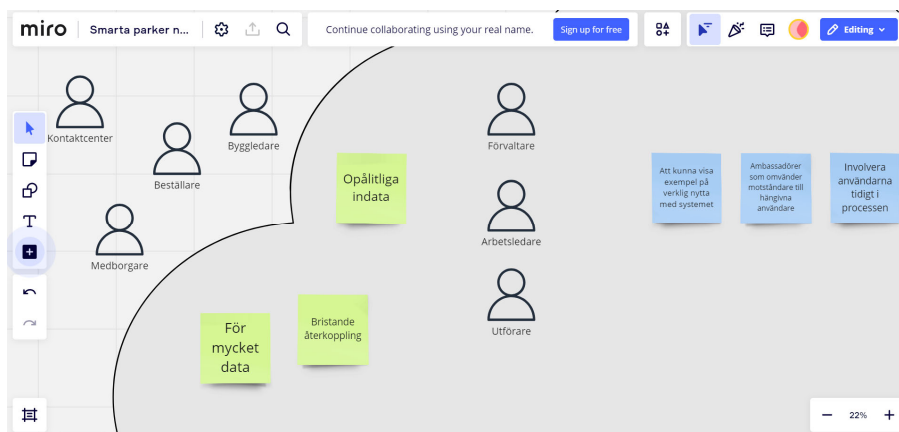
Praktiskt genomfördes workshopen digitalt med stöd av en Miroboard där alla medverkade aktivt kan bidra med inspel bl a i form av något som kan liknas vid Postit-lappar på den digitala anslagstavlan. Decerno bidrog med exempel (figur 29) på hur en tillämpning skulle kunna utformas.



Figur 29 Exempel på innehåll i ett behovsstyrt verksamhetssystem (källa: Decerno)

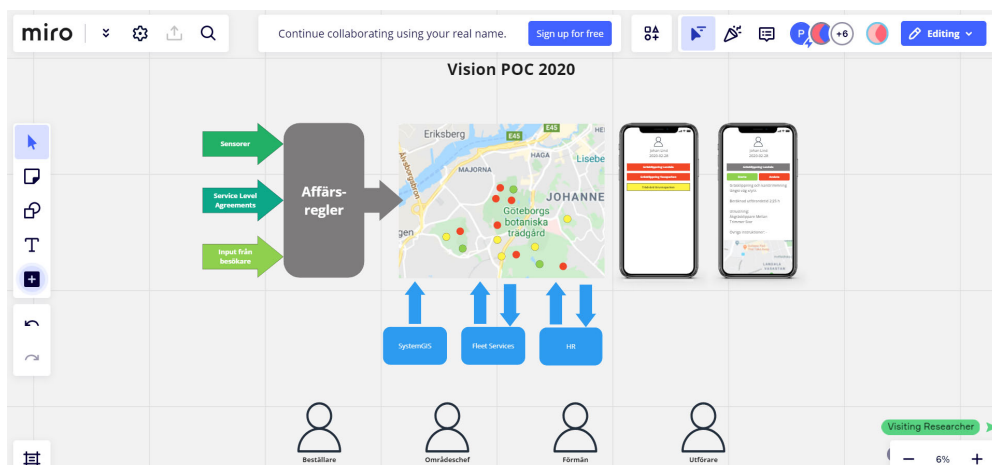
Goda idéer om hur ett fortsatt arbetet skulle kunna drivas vidare i projektform plockades fram. Dessa hamnade dock i alltför nära anslutning till den förestående omorganisationen och blev därmed nödvändiga att skjuta på framtiden.

Efter att omorganisationen genomförts kändes tiden återigen mogen för att ta upp frågan om verksamhetssystem och en ny workshop organiserades på samma tema. Denna gång avsattes en halvdag på plats, men även denna gång var de medverkande uppkopplade mot en Miroboard via sina laptops. Denna gång var ledande personal medverkande uppdelade på två halvdags workshopar, båda under ledning av Decerno. De grundläggande frågorna var likartade och figur 30 visar ett exempel på innehåll i en av de medverkandes Miroboard. Dessa jobbades igenom med olika frågeställningar och innehöll berörda parter och möjligheter och risker med ett system.



Figur 30 Exempel på arbete från en av deltagarna. Miroboarden visar direkta och indirekta intressenter samt risker (grönt) och möjligheter (blått) (källa: Decerno)

Vidare återkopplades till och vidareutvecklades tankegångar från den tidigare workshopen. Figur 31 visar en schematisk bild med input i form av sensorer, skötselbeskrivningar och besökare som relateras till affärsregler, andra system, en tänkt app i mobiltelefon och olika aktörer. De principiella likheterna med Lokalförvaltningens system Xpand och de automatiska arbetsorderna i mobiltelefon är relativt stora.



Figur 31 Översiktlig bild för en möjlig struktur med återkoppling till tidigare workshop (källa: Decerno)

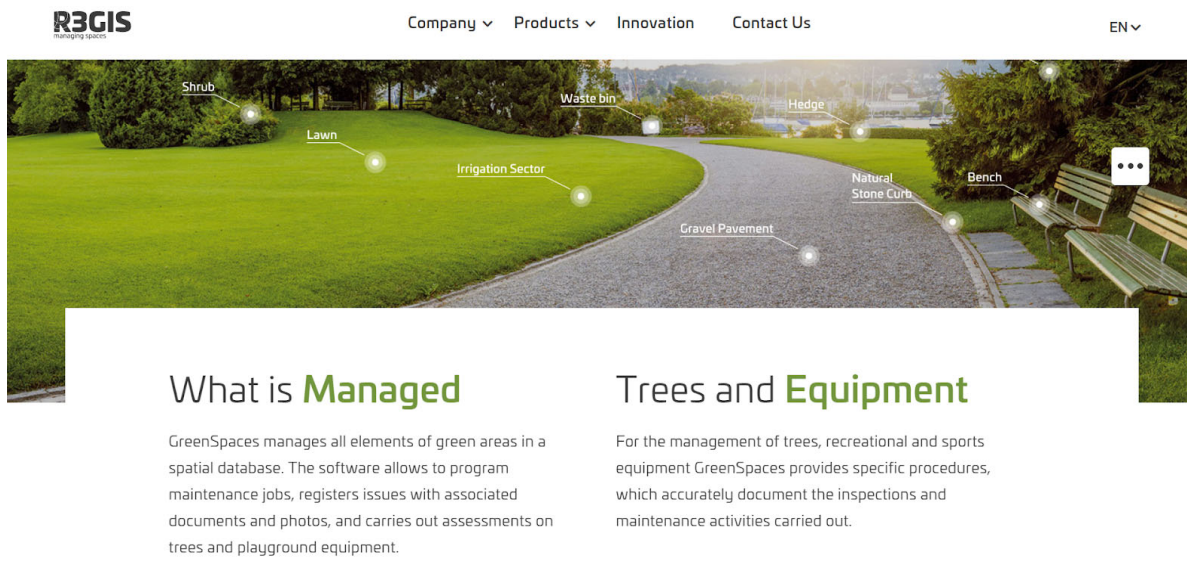
Kortfattat kan erfarenheterna från den andra workshopen sammanfattas som att nya möjligheter och nya intressenter identifierats för att driva arbetet med ett system vidare. Samtidigt noteras att det är ett omfattande arbete att komma överens om utformning och nya arbetssätt när många olika förvaltningar ska enas om ett gemensamt system. Insikter om fördelar och potential finns hos många medverkande, men det kommer att krävas omfattande fortsatta utvecklingsinsatser för att genomföra arbetet. Viktiga frågor som lyftes fram var vem som kan ta ett samlat ansvar för att system, hur det ska finansieras och relatera till andra system. Frågor om systemets flexibilitet, förankring och införande i organisationerna och utveckling över tid diskuterades också.

Den samlade bilden är att aktörerna ser en stor potential i den typ av system som diskuterats och att medvetenheten om frågans komplexitet är stor. I diskussionen betonas också att både systemfrågan och organisationsfrågan måste behandlas samtidigt för att nå framgång.

Andra system för styrning av utemiljöskötsel

I tidigare artiklar om digitalisering av utemiljöskötsel har olika typer av system för utemiljöskötsel beskrivits (se t ex Kristoffersson et al 2022). I grova drag kan man säga att det finns renodlat administrativa system och system som har en koppling till geografiska data i GIS-system. Databaser i GIS-systemen kan innehålla mycket information om olika objekt och dessa kan markeras i en kartvy. De flesta större förvaltare av utemiljö har någon form av system med koppling mellan information om skötselobjekten och var dessa finns i utemiljön, men den typ av kontinuerlig eller ofta uppdaterad information (som vi beskrivit i avsnittet om sensorer) med sensorer eller drönare kopplas sällan till dessa system. I Xpand används frekvensbaserade order kompletterat med felanmälningar, men ingen information om markfukt eller gräslängd som genererar en signal om behov av skötselinsats. Dessa möjligheter börjar dock växa fram och här lyfts tre system av olika typ fram för att illustrera system som börjat integrera aktuella data som grund för beslut om skötselinsatser: Greenspaces, UrbanEye och Greehill.

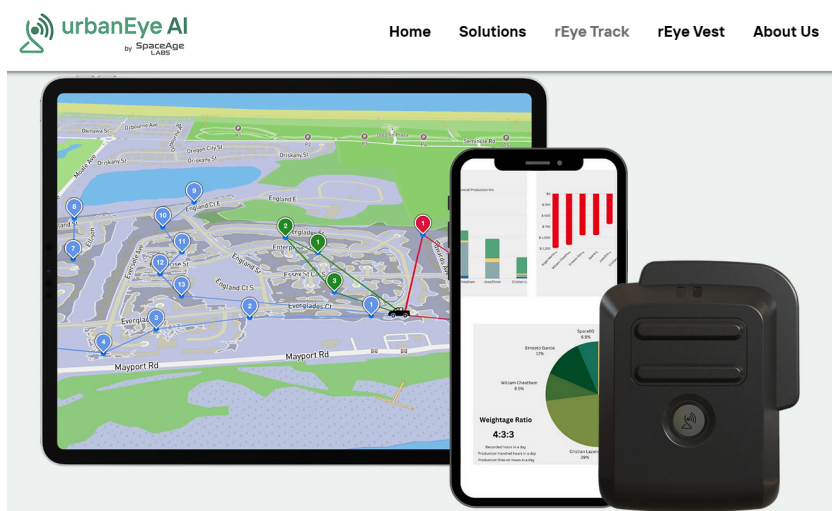
Greenspaces är ett system som utvecklats i Italien och som har en GIS-databas i botten. Systemet har funnits mer än 20 år och successivt adderat nya funktioner, bl a i EU-projektet *LifeUrbanGreen*. Det kan liknas vid den typ av system som många kommuner har med en GIS-databas, men det är kompletterat med olika typer av aktuell information som grund för behovsstyrda insatser (figur 32). Systemet kan inkorporera sensordata, satellitdata, väderdata som grund för AI-analyser av när skötselinsatser som t ex bevattning behövs. I EU-projektet har det av forskare byggts upp fakta om träd med koppling till väderdata som ligger till grund för analys av bevattningsbehov utan att sensorer behövs på enskilda träd utan endast väderdata ligger till för systemets rekommendation.



Figur 32 Översiktbild över funktioner i Greenspaces (källa: r3gis.com)

Programmet har också en del som vänder sig till brukare med information om bl a trädens ekosystemtjänster så att kommuninvånare kan gå in på en kartvy och bl a se hur mycket koldioxid trädet bundit en viss dag eller över året. Systemet har tusentals användare i företag och kommuner i hela EU.

UrbanEye är ett nyare system som utvecklats i Singapore med realtidsdata som grund för planering och uppföljning av utemiljöskötsel med speciellt fokus på gräs (se figur 33). Företaget har utvecklat en mätare som digitalt mäter gräsets längd och i realtid överför data så att det på en karta går att följa var gräset är klippt.

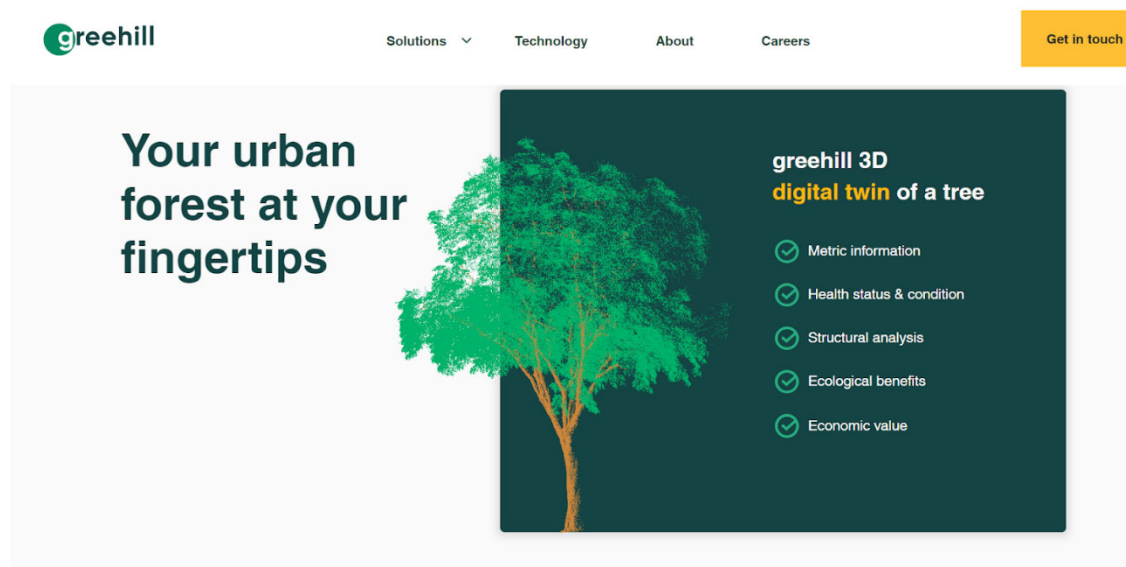


Figur 33 Översiktbild över UrbanEye med gräshöjdsjätmaren till höger (källa: urbaneye.io)

I denna tillämpning blir kopplingen mellan mätdata, skötselbehov och uppföljning sammankopplat på ett mycket tydligt sätt.

GreeHill är ytterligare en ny typ av tillämpning där företaget utvecklat en teknik för att med lidar skanna in och göra tredimensionella bilder av träd (figur 34). Till trädinformationen finns det ett system för att analysera trädbeståndet och planera skötselinsatser för t ex beskärning. Inventeringen genomförs genom att en personbil med mätutrustning på taket kör genom stadens gator, vilket ger

en stor kapacitetsökning jämfört med manuell inventering. Datamängden blir dessutom säkrare och omfattar betydligt mer information än vad som är brukligt vid trädinventering i städer.



Figur 34 Översiktbild över GreHill med 3D-bild på det inventerade trädet (källa: greehill.com)

Dessa tre tillämpningar är bara några exempel på nya system som är under utveckling eller håller på att anpassas till utemiljöskötsel från områden som skogsskötsel eller jordbruk. Tekniker av olika slag, från sensorer till drönare och satellit, används för datainsamling och AI används för att analysera data och presentera informationen som grund för mer behovsstyrd skötselinsatser.

Sammanfattande bild av system för utemiljöskötsel

Detta avsnitt har beskrivit system för skötsel av utemiljö med fokus på planering. Xpand som används på Lokalförvaltningen i Göteborg visar att nyttan av många funktioner och mycket data måste balanseras mot risken att system blir alltför styrande och administrativt betungande. Workshoparna med ledande personal i Göteborgs stadsförvaltningar visar att det finns stora förväntningar på nyttor samtidigt som det framstår som ett krävande arbete att utforma, samordna och införa ett system efter de principer som tagits fram. Genomgång av några av dagens och morgondagens system för behovsstyrd skötsel av utemiljö visar att det finns system av olika slag i bruk och att det kommer nya system. Dessa system utnyttjar möjligheten att bygga skötseln på behov genom att de registrerar nya typer av data med mycket kortare uppdateringsintervall, från realtid till dag eller månad beroende på vilket teknik som används. Sammantaget finns många möjligheter att arbeta effektivare baserat på den nya smarta tekniken samtidigt som negativa effekter måste hanteras, bl a avseende administrativa och organisatoriska aspekter.

Diskussion

Huvudfokus i detta projekt har varit att undersöka hur nya digitala lösningar kan förbättra sättet att sköta utemiljöer i staden. Olika projekt har genomförts i anslutning till Vinnovatestbädden Hållbara Smarta Parker i Göteborg. Denna rapport är i första hand en avrapportering av projektet *Planeringssystem för behovsstyrd utemiljöskötsel genom användning av mätdata från sensorer* som finansierats av Movium och medverkande parter. I rapporten har dock ytterligare försök som genomförts i testbädden redovisats för att utnyttja möjliga synergier mellan projekt i strävan att få så bra bild av helheten som möjligt.

Enligt ansökan förväntas projektet leda till att bättre kunna beskriva och förstå hur ny smart teknik kan användas för att planera, genomföra och följa upp skötselarbete. Förhoppningen är att rapportens föregående delar bidrar till detta och att de nu kan knytas samman till en helhet. I diskussionen besvaras först forskningsfrågan och därefter diskuteras både forskningsfrågan, syftet och delsyftena. Den grundläggande forskningsfrågan för Moviumprojektet är:

Hur skapar vi smarta, effektiva lösningar för parkskötsel som är väl integrerade med verksamheterna som ansvarar för skötseln?

Utifrån det systemteoretiska angreppssättet enligt modellen i figur 1 i metoddelen har fokus legat på att undersöka vad den nya tekniken kan bidra med för att planera, genomföra och följa upp utemiljöskötseln. De genomförda försöken har främst handlat om att med smarta lösningar fånga upp data om utemiljön och testa hur dessa kan användas för att optimera resurser i organisationen (K1) vid genomförandet av aktiviteter (K2) för att uppnå bättre resultat (K3) i skötseln av utemiljön. Denna grundidé är det korta svaret på hur projektet kommit fram till att smarta effektiva lösningar för parkskötsel kan skapas. Det finns smarta lösningar för att kommunicera med brukare enligt den sista delen i modellen, dvs att undersöka effekten (K4) i form av brukarnas upplevda kvalitet. Detta har dock inte kunnat testas i praktiska försök i detta projekt utan har hanterats i form av den professionella organisationens uppfattningar om brukarnas upplevelser.

De olika smarta system som testats har visat att det finns många olika mindre delsystem som kan byggas upp baserade på information från sensorer eller kameror. Två exempel på delsystem som fungerar 2023 är att via sensorer mäta fukthalt i marken eller fyllnadsnivå i papperskorgar (se kapitlet *Försök med datainsamling via kameror och sensorer*). När behovet av bevattning eller tömning är känt kan planering och utförande av arbetet med skötselaktiviteter läggas upp med dessa data som grund. Även uppföljningen kan baseras på information från sensorerna som visar att fuktnivån stigit respektive att fyllnadsnivån i papperskorgarna minskat. Ett sista önskvärt steg i processen är att integrera dessa lösningar i verksamheten som en ny standardlösning för sättet att bedriva arbetet. Att utveckla detta steg kräver mer arbete med att införa systemen i organisationen och även att utveckla systemens delar till att också omfatta t ex ruttoptimering av bevattning och tömning. Det går tekniskt sett bra att införa smarta system, som i de beskrivna exemplen, i verksamheten och uppnå stora fördelar (nästan 80% mindre bevattning enligt avsnitt *Träd med fuktmätare i Mariebergssinfarten*), men det kräver att tid och resurser avsätts.

När frågan ställs om hur dessa smarta delsystem kan integreras i ett samlat system för hela skötselverksamheten visar kapitlet *Planeringssystem för utemiljöskötsel* att det finns system som 2023 kan erbjuda detta. Sett till hur de parter som medverkat i detta projekt arbetar idag finns det system som är GIS-baserade (på PONF) eller fastighetsbaserade (på LF) som har möjlighet att ta in informationen från de smarta systemen med sensorer och kameror. Detta kräver dock att IT-experter hjälper till att skapa kopplingar mellan systemen för att detta ska kunna genomföras. Som det beskrivits i kapitlet *Planeringssystem för utemiljöskötsel* så blir system avsedda att integrera olika

delsystem omfattande och den potentiella nyttan med effektivare arbetsätt ska vägas mot risken att det integrerade systemet blir alltför tungarbetat. Arbetet med att utforma och införa integrerade system är tidskrävande och det är komplicerat att göra beräkningar av effektivitetsvinster i denna typ av komplexa system. I projektet har många medverkande sett det som en rimlig strategi att successivt arbeta med olika dellösningar som finns tillgängliga på marknaden och efterhand ta tillvara möjligheter att integrera dessa i de mer övergripande systemen.

Baserat på detta samlade sätt att beskriva projektets svar på *hur vi skapar smarta, effektiva lösningar för parkskötsel som är väl integrerade med verksamheterna som ansvarar för skötseln* diskuteras de olika delsyftena.

Vilka av de i projektet undersökta smarta systemen har goda förutsättningar att bidra med relevant information för att bedriva förvaltning av utemiljö med bättre utbyte mellan kvalitet och resursinsats?

Många olika sätt att samla in data - från olika typer av sensorer till kameror monterade fast eller på drönare - har testats i projektet (se kapitlet *Försök med datainsamling via kameror och sensorer*). Det finns många nya lösningar tillgängliga och dessa kan användas för att ta fram dataunderlag som grund för att utföra skötsel mer behovsstyrt respektive att dokumentera att skötseln är utförd. Alla testade lösningar kan därmed användas för att få ett bättre utbyte mellan kvalitet och resursinsats. Att bedöma vilka lösningar som har bäst förutsättningar är svårt eftersom det är de lokala förutsättningarna och behoven som i hög grad påverkar utfallet; teknisk mognad i verksamheten, möjligheten att bedöma besparingspotential genom effektivare skötsel, möjligheten att öka kvaliteten på skötselarbetet med bättre information om skötselbehoven etc.

Utifrån erfarenheterna i detta projekt framstår möjligheten att styra bevattningen baserat på fuktsensorer i marken som ett bra alternativ. Det finns färdiga lösningar att köpa på marknaden och kostnaderna kan begränsas genom att inte mäta alla träd utan att strategiskt välja ut representativa träd i olika delar av ett skötselområde. På marknaden finns även enkla och relativt billiga sensorer för montering i befintliga papperskorgar, vilka genom information om papperskorgens fyllnadsnivå kan bidra till effektivare arbete med tömningen. Sättet att bedriva renhållning brukar dock innebära att flera andra renhållningsaktiviteter görs samtidigt. Detta kan begränsa möjligheten att förbättra arbetsrutinen för just tömning eftersom personalen ofta ändå måste vara på plats av andra skäl än att tömma papperskorgarna.

Projektet kan också lyfta fram erfarenheter där det inte lyckats bidra med bättre information för en större andel av arbetstiden i utemiljön. Det blev tydligt att sensorer på handhållna maskiner bara kan bidra med information om de avgränsade arbetsmoment där de används och inte bidra nämnvärt till uppföljningen och planeringen utemiljöskötsel som helhet.

De försök som gjorts med drönarflygning och maskinlärning har visat att möjligheter finns att identifiera om gräset är klippt eller inte, om ogräset behöver rensas eller om det är mycket skräp. Här ligger dock utvecklingen så tidigt att det behövs ett större arbete innan det kan användas som grund för att behovsstyra verksamheternas skötselinsatser.

Hur kan smarta system (enligt föregående delsyfte) integreras i verksamheter som bedriver skötsel av utemiljö?

Projektet har genomfört försök med relativt nya smarta lösningar som ligger i en fas där det inte varit aktuellt att införa dem i verksamheten som helhet. Svaret på delsyftet kan således bara diskuteras utifrån dialogen med personal som medverkat i projektets försök i delar av en organisation. Baserat

på dessa framstår det som rimligt att börja med avgränsade smarta lösningarna som t ex bevattningsbaserat på fuktsensorer. Integreringen av dessa i verksamheten behöver grundas i verksamheten genom personalens medverkan. De erfarenheter som gjorts i projektet visar att utbildning i systemet och diskussion om hur det bäst används är nödvändiga och självklara förutsättningar för att lyckas integrera systemen i verksamheten.

Teknikfrågor som handlar om ansvar för uppkoppling och underhåll av sensorer liksom äganderätt till insamlad information är avgörande för att få de smarta lösningarna på plats. Vem som ska finansiera lösningarna är också viktigt att reda ut från början. Dessa frågeställningar behandlades specifikt i ett delprojekt med den organisation i Göteborg som har ansvar för digital infrastruktur. Det är viktiga strategiska frågor att ta ställning till för att möjliggöra uppskalning av smarta lösningar i en stad som helhet. Det kan vara såväl organisationen med skötselansvar för utemiljön som någon extern part som tar ansvar för dessa frågor.

Viktiga frågor om styrning av skötsel bottenar i relationen mellan olika parter. Om beställare och utförare kan få tillgång till att en mer databaserad beskrivning av utemiljön och uppföljningen av utfört arbete kan detta utgöra grunden för en ny typ av mer objektiv och faktabaserad affärsuppställning mellan berörda parter.

Hur kan systemen på bästa sätt integreras och samlas i ett gemensamt system som ytterligare förbättrar relationen mellan kvalitet och resursinsats och på ett konkret sätt kan användas i styrningen av skötselarbetet?

I det inledande teoriavsnittet presenteras en schematisk bild över informationsstruktur för behovsstyrda skötselinsatser (figur 3). Den visar översiktligt hur information från data insamlade om utemiljön överförs och landar i ett integrerat system som grund för behovsstyrd skötsel av utemiljön. Med ett sådant system kan skötselarbete styras så att kvaliteten ökas och resursinsatsen minskas. I genomgången av system för behovsstyrd skötsel av utemiljö (se avsnitt *Andra system för styrning av utemiljöskötsel*) visas att det finns system som utnyttjar möjligheten att bygga skötseln på behov som bottenar i insamlandet av nya typer av aktuella data. Workshoparna visar också idéer om system som kan lösa uppgiften och uppföljningen av Xpand visar möjligheter och fallgropar med ett sammanhållet system. Sammantaget finns många möjligheter att arbeta effektivare baserat på den nya smarta tekniken samtidigt som det 2023 är tydligt att de delsystem som finns varken är lätta att integrera eller täcker hela den önskade bredden av information för utemiljöns alla delar.

Ett system som bygger på smarta lösningar för att ta fram information om utemiljön kan för närvarande inte bidra med mer än vissa delar av den önskade informationen. Detta faktum betonar behovet att successivt kunna integrera olika delsystem i ett sammanhållande system allteftersom systemen utvecklas. För att olika verksamheter inom utemiljöskötsel ska begränsa sitt risktagande och vara intresserade av att investera i systemlösningar måste risktagandet minimeras. Det kan t ex uppnås genom att systemen är öppna och byggs upp i moduler som kan pluggas i och ur det samlade systemet. I den vision för ett system för utemiljöskötsel som diskuterades vid workshopen efter säsong 1 (se kapitel *Reflexioner och erfarenheter från 2021*) berördes olika parter intresse för att bidra till utvecklingen. Beställare och utförare av utemiljöskötsel behöver samarbeta med konsulter och leverantörer av olika slag för att hitta gemensamma lösningar som gynnar alla parter och i slutändan även brukarna, vars nöjdhet är det överordnade målet för utemiljöskötseln. Det är många utmaningar kopplade till en utveckling som bygger på öppenhet och förtroende mellan parter i olika verksamheter. Långt ifrån alla parter ser öppenhet som framgångsfaktor för den egna verksamheten utan hoppas istället på att kunderna ska bindas upp långsiktigt genom att de görs beroende av låsta system som försvårar byte till andra leverantörer. Hur samspelet mellan ett integrerande system och

olika delsystem kommer att utvecklas återstår att se. Möjligheten att få till det stora systemet utesluter inte att delsystemen utvecklas parallellt och dockas in när det blir möjligt.

Avslutande reflexioner

Med alla frågor genomgångna kan det vara intressant att lyfta blicken och återknyta till det inledande teorikapitlet rörande ekosystemet för IoT i smarta parker och synen på smart förvaltning.

I modellen för "Smart Park IoT Ecosystem" (figur 2) baserad på Truch och Sutanto (2018) beskrivs åtta nivåer av IoT-lager från första nivån med sensorerna vidare till åttonde nivån med intelligent analys och nya affärlogiker. Vilka nivåer har vi berört i projektets försök enligt modellen? Alla uppkopplade lösningar som vi testat når upp till nivå 5, vilket innebär att data sammanställs och presenteras i någon form av app eller websida som grund för styrning av skötselinsatser. Nästa nivå (6) innebär någon form av dataanalys, aggregering av flera datakällor eller stöd av artificiell intelligens (AI). Detta har vi provat i några fall där t ex drönarbilder analyserats med hjälp av maskininlärning och tester gjorts att kombinera väderdata, bevattningsdata och som grund för beslut om bevattning. Nivå 7 innefattar bl a att data presenteras i visualiserings- och styrningspaneler, vilket vi gjort för en del sensorer i testbädden (jmf figur 23). Den högsta nivån (8) handlar om organisatorisk verksamhetsinformation för hela parken, innovativa affärsmodeller, nya intäktströmmar eller ny effektivitet. Detta har vi inte kunnat genomföra i försöken, men i hela avsnittet om planeringssystem är dessa frågor i fokus. Sett i ett branschperspektiv skulle erfarenheterna kunna överföras till att produkter som är tillgängliga på svenska marknaden (t ex sensorer för markfukt) når upp till nivå 5. Nivå 6-8 kräver betydligt större insatser av intresserade och drivande verksamheter för att genomföras, vilket kan baseras på att vi i rapporten visat att delsystem inte hänger ihop och att system för skötsel av hela utemiljön kräver stora insatser för anpassning och införande.

Detta ger en övergång till **modellen för smart förvaltning** som presenterades i de teoretiska utgångspunkterna. Den syftar till att beskriva helheten och använda ett ramverk för urban ekologi och naturbaserat tänkande och att med hjälp av smart digital överföring av information om utemiljön analysera hållbara insatser/aktiviteter i utemiljön (Deak Sjöman et al, 2022). Analysen i artikeln betonar behovet av att skapa öppna sammanhängande system som knyter samman både teknik och organisation för att nå bästa möjliga utfall av hållbar smart parkmanagement. I föregående delar av diskussionen framgår vad som är görbart 2023 och vad som kräver fortsatt arbete. Delar av modellen för smart förvaltning kan realiseras i delsystem (som t ex bevattning), men det återstår mycket utvecklingsarbete innan ett naturbaserat tänkande kan bygga på smart digital överföring av information om hela utemiljön.

För att återknyta till Rogers (2003) modell för innovationsspridning står det klart att utvecklingen av smarta lösningar för behovsstyrd skötsel är i stadiet för innovatörer och tidiga användare. Det betyder enligt modellen att spridningen av dessa nya idéer är i sin linda och kommer pågå under många år framöver. Själva innovationen är fortfarande under utveckling, mottagarna av innovationen behöver lära sig och förstå den både på individ- och organisationsnivå och i dagsläget är det begränsad information i de kommunikationskanaler som används för att uppdatera branschen om utvecklingen. Det sociala systemet i branschen, sett ur både yttre och inre perspektiv, har mer fokus på utemiljön och brukarna än på utveckling av den nya smarta tekniken, vilket ökar tidsperspektivet för spridning av den nya innovationen (Rogers, 2003). Även Pauleit et al (2022) konstaterar att utvecklingen inom området bedöms som ung och ligger på ett konceptuellt plan med få empiriska resultat.

Slutsatser

Projektet har sökt svar frågan; *Hur skapar vi smarta, effektiva lösningar för parkskötsel som är väl integrerade med verksamheterna som ansvarar för skötseln?* Slutsatsen är detta kan skapas med smarta lösningar som fångar upp data om utemiljön och att dessa data kan användas för att optimera resursanvändningen i organisationen vid genomförandet av skötselaktiviteter. Rätt använt leder detta till bättre resultat i skötseln av utemiljön.

Slutsatserna kan utifrån delsyftena formuleras i punktform:

- Flera av de i projektet undersökta smarta systemen har goda förutsättningar att bidra med relevant information för att bedriva förvaltning av utemiljö med bättre utbyte mellan kvalitet och resursinsats. Det tydligaste exemplet är genomförande av bevattning baserat på fuktsensorer i marken där stora besparingar kunnat uppvisas.
- Att integrera delsystemen i verksamheter som bedriver skötsel av utemiljö är möjligt, men kräver aktivt arbete och tillräckligt med tid och resurser. Det är rimligt att börja med avgränsade smarta lösningarna som t ex bevattning baserat på fuktsensorer. Integreringen av delsystemen i verksamheten behöver grundas genom personalens medverkan. Utbildning i systemet och diskussion om hur det bäst används i verksamheten är nödvändig för att framgångsrikt integrera systemen i verksamheten.
- Det är en rimlig målsättning att samla delsystemen i ett gemensamt system som ytterligare förbättrar relationen mellan kvalitet och resursinsats och kan användas i styrningen av skötselarbetet. De delsystem som finns tillgängliga på svenska marknaden 2023 är inte uppbyggda så att de är lätta att integrera i ett gemensamt system. De täcker inte heller hela den önskade bredden av information för utemiljöns alla delar. Detta betyder att det krävs mer utveckling innan ett gemensamt system för planering av utemiljöskötsel fullt ut kan bygga på smarta lösningar som fångar upp data om alla delar i utemiljön.

Vidare dras slutsatsen att de tillgängliga smarta lösningarna 2023 inte når upp till de mest utvecklade nivåerna i modellen för "Smart Park IoT Ecosystem" baserad på Truch och Sutanto (2018). Det återstår mycket arbete innan modellen för smart park management (Deak Sjöman et al, 2022) kan realiseras fullt ut. Utvecklingen av smarta lösningar för behovsstyrd skötsel är i ett tidigt skede både enligt Pauleit et al (2022) och Rogers (2003) modell för innovationsspridning. Innovationen bedöms vara i stadiet för innovatörer och tidiga användare, vilket normalt sett betyder att det återstår många år innan innovationen når majoriteten av potentiella användare.

För att föra utvecklingen framåt krävs drivande personer som förstår teknikens möjligheter. Det är fortfarande många delsystem som saknas för att kunna bygga ett gemensamt system. En kombination av kvalitets- och effektivitetsvinster och nya tekniska lösningar för att fånga data om skötselarbetet och utemiljön för olika delar av skötseln lär vara avgörande för vart utvecklingen tar vägen. Allteftersom det kommer nya lösningar för att t ex mäta och dokumentera hur gräset klipps kommer de nya enskilda delarna att börja användas och påverka hur skötseln av utemiljön bedrivs. Kommer det nya lösningar för ogräshantering eller häckklippning kommer dessa mest troligt att tas i bruk och successivt kan de nya delarna kopplas samman med ett övergripande system som tar in dataunderlag som grund för både planering, genomförande och uppföljning av skötselarbetet. Modellen för smart park management kommer att kunna nås, men det kommer att ta många år av fortsatt utveckling innan vi är där.

Källförteckning

Bondesson, A., Miltell, M., Jonsson, a., Popp Larsen, C., Bårmann, P., Wahlin, C, 2022, *FoU projektet Connected SRS – Uppkopplade Norra Djurgårdsstaden*, Stockholms stad. Tillgänglig:

<https://api.iotsverige.se/wp-content/uploads/2022/02/Uppkopplade-Norra-Djurga%CC%8Ardsstaden-extern-slutrapport-februari-2022.pdf>

Deak Sjöman, J., Kristoffersson, A., Mercado, G., Randrup, T.B. 2022, *Sustainable Smart Park Management – A Smarter Approach to Urban Green Space Management?* Arboriculture & Urban Forestry 2022. 48(2):60–73 <https://doi.org/10.48044/jauf.2022.006>

Eklund, V., 2022, *Etableringsbevattning av stadsträd - Hur kan en biologiskt optimal bevattningsregim utformas och samtidigt vara resurseffektiv att utföra?*, SLU Alnarp 2022

Johanneberg Science Park (JSP), 2023, *Testbädd Utemiljö – Hållbara Smarta Parker*, Booklet, Göteborg 2023.

Kristoffersson, A., 2020, *Testbädd Hållbara Smarta Parker - förprojekt*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. (LTV-fakultetens rapportserie, 2020:11).

Kristoffersson, A., Emilsson, T., Swan, E., 2022, *Hållbara Smarta Parker*, Gröna Fakta Nr 8, Tidningen Utemiljö.

Kristoffersson, A., Deak Sjöman, J., Jansson, M., Randrup, T.B., 2022, *Framtidens Smarta Governance*, Tidskriften Landskap, nr 22, 2022.

Käll, G., Leskinen, B., Perlkvist, D., Sjögren, S. ,2022, *Projektrapport - Smart soptömning i Göteborgs stad - Undersökning gällande soptömning med sensorer*. Studentrapport, Göteborg 2022.

Loukaitou-Sideris, A, Jessup, K, Gmoser-Daskalakis, K, Hum, C , Ferdman, R, Burstein, M, 2018, *SMART Parks: A Toolkit for Integrating Technology Innovations into Parks*, The UCLA Luskin Center for Innovation, Tillgänglig:

https://innovation.luskin.ucla.edu/wp-content/uploads/2019/03/Smart_Parks-A_Toolkit.pdf







Pauleit, S., N. Gulsrud, S. Raum, H. Taubenböck, T. Leichtle, S. Erlwein, T. Rötzer, M. Rahman and A. Moser-Reischl (2022). *Smart Urban Forestry: Is It the Future?* In: *Informed Urban Environments: Data-Integrated Design for Human and Ecology-Centred Perspectives*. A. Chokhachian, M. U. Hensel and K. Perini. Cham, Springer International Publishing: 161-182.

Truch, E, Sutanto, J, 2018, *Smart Parks - Bringing new technologies to national parks and urban greenspaces*. Connected Community Research Lab, Lancaster University Management School

Statisticon, 2023, *SKRÄPFACIT Parker, mindre tätorter och områdesmätningar Göteborg 2022, Stora Grasmattan/Slottsskogen*

Bilagor

Bilaga 1 – Översikt över använda sensorer

Spiio – jordsensor	<p>Autonom, batteridrivnen (6 år) med egen uppkoppling mot 2G/3G nätet. Kan installeras helt under jord, max 30 cm. Ljussensor (om inte helt begravn)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur I marken • Markfukt • Salthalt/Salinitet 	
Seeed – Sense cap sensors – jordsensor	<p>LoRa Soil TH Sensor Jordsensor som är uppkopplad via LoRa mot en Gateway. Har ett inbyggt batteri (3 år) monterat över jord, sensordelen monterar via kabeln i marken.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Markfukt • Temperatur i marken 	
Soilscout - jordsensor	<p>Jordsensor som är uppkopplad mot en gateway över radio. Här används även mottagande repeaters som förstärker radiosignalen. Kan installeras upp till 60 cm under mark.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur i marken • Markfukt • Salthalt/Salinitet 	
Seeed – Sense cap sensors – luftsensör	<p>LoRa Soil TH Sensor Luftsensör som är uppkopplad via LoRa mot en Gateway. Har ett inbyggt batteri (3 år).</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO2-halt i luften 	
Seeed – Sense cap sensors – luftsensör	<p>LoRa Air TH Sensor Luftsensör som är uppkopplad via LoRa mot en Gateway. Har ett inbyggt batteri (3 år).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur i luften • Luftfuktighet 	
Clarity – Air quality sensor	<p>Batteri- och solcellsdriven luftkvalitetssensör uppkopplad mot 2G/3G nätet. PARTICULATE MATTER (PM2.5)</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO₂, NO₂, Total VOCs • Lufttemperatur • Fuktfuktighet 	

Bilaga 2 – Besparing bevattning nyplanterade träd

Projekt bevattning nyplanterade träd inom Hållbara Smarta Parker				
Uppskattning av vattenåtgång och kostnader för nyetablerade träd enligt nuläge och framtida besparingsmöjligheter				
Bevattningsperiod				
1 maj - 31 augusti				
21 veckor				
Frekvens	Mängd	Antal träd per år	Enbart Marieholm	Antal liter
År 1: Vattning 1 gång/vecka (21 ggr)	Vattning år 1: 200l per tillfälle	År 1: 338 st	80	336 000
År 2: Vattning 1 gång/varannan vecka (10,5 ggr)	Vattning år 2: 250l per tillfälle	År 2: 471 st	38	79 800
År 3: Vattning 1 gång/var tredje vecka (7 ggr)	Vattning år 3: 300l per tillfälle	År 3: 392 st	107	149 800
		Vid torra stödvattnas även träd år 4 och år 5	Vattenåtgång 2020	
		År 4: 367 st	<i>Verklig</i>	<i>Beräknad</i>
		År 5: 604 st	650 000	565 600
Bevattning nuläge				
Vatten- och arbetskostnad kan justeras då alla kostnader ligger med formel.				
Vattenåtgång liter rådande situation				
	Ettårsträd	Tvåårsträd	Treårsträd	Totalt för period
	1 419 600	1 236 375	823 200	3 479 175
Pris för vatten i kr per m3, ex moms				
	Ettårsträd	Tvåårsträd	Treårsträd	Totalt för period
	9 937	8 655	5 762	24 354
Arbetskostnad för vatten i kr per m3, ex moms				
	Ettårsträd	Tvåårsträd	Treårsträd	Totalt för period
	681 408	593 460	395 136	1 670 004
Bevattning framtid				
		Andel vattenkostnad	1,46%	
Frekvens	Mängd	Antal träd per år		
År 1: Vattning 1 gång/vecka (21 ggr)	Vattning år 1: 200l per tillfälle	År 1: 338 st		
År 2: Vattning 1 gång/varannan vecka (10,5 ggr)	Vattning år 2: 250l per tillfälle	År 2: 471 st		
År 3: Vattning 1 gång/var tredje vecka (7 ggr)	Vattning år 3: 300l per tillfälle	År 3: 392 st		
		Vid torra stödvattnas även träd år 4 och år 5		
Antagen minskad bevattning i procent	77%	År 4: 367 st		
		År 5: 604 st		
Vattenåtgång liter Testsituation				
	Ettårsträd	Tvåårsträd	Treårsträd	Totalt för period
	326 508	284 366	189 336	800 210
Pris för vatten i kr per m3, ex moms				
	Ettårsträd	Tvåårsträd	Treårsträd	Totalt för period
	2 286	1 991	1 325	5 601
Arbetskostnad för vatten i kr per m3, ex moms				
	Ettårsträd	Tvåårsträd	Treårsträd	Totalt för period
	156 724	136 496	90 881	384 101
		Besparingpotential i kronor	77%	1 285 903
		Besparingpotential i liter		2 678 965