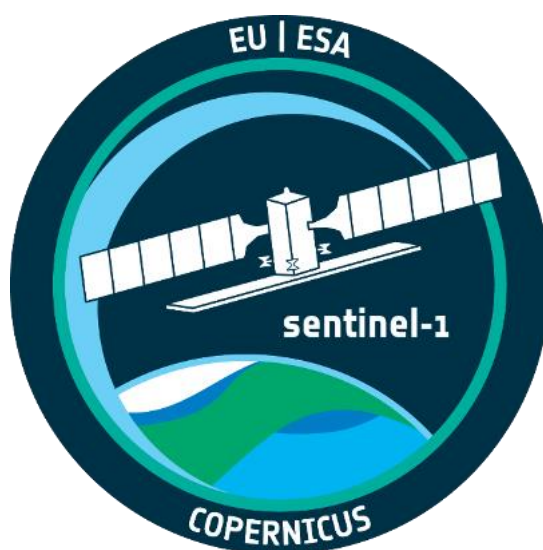


Satelliter och jordobservationsdata inom jordbruket

Rapport från omvärldsbevakning



William English

Hushållningssällskapet Skåne

15 januari 2026

Bakgrund

Uppskattningsvis finns det över 10 000 satelliter i omloppsbana runt jorden. De vanligaste användningsområdena för satelliter är, i fallande ordning, kommunikation, jordobservation, teknikutveckling, navigering och rymdvetenskap.

Fokus för detta arbete är jordobservation (EO). Jordobservationssatelliter tillhandahåller data främst i form av bilder från passiva (t.ex. standardkameror) eller aktiva (t.ex. radar) sensorer, med varierande men vanligtvis relativt hög tidsupplösning (dvs. dagar). Dessa data används inom miljöövervakning, meteorologi och kartografi, och tillämpningen inom jordbruket är bred. Kommunikation och navigering är viktiga användningsområden för satellit teknik inom jordbruket, med användningen av GPS inom precisionsjordbruk ett av de största framstegen under de senaste 30 åren. De betraktas dock som allmänna tekniker och faller utanför ramen för detta arbete.

Den största fördelen med EO-data är den enorma datamängden. Sentinel-satelliterna flyger ett varv runt jorden var 90:e till 100:e minut. Sentinel-1 är en aktiv radarsensor som kan tränga igenom moln och inte är beroende av solljus. För svenska fält, som ligger på höga breddgrader, innebär det att en användbar bild kan erhållas ungefär var 1,5:e dag. Den höga omloppsfrekvensen innebär dessutom att satelliten varje timme täcker ett område motsvarande Sveriges yta.

Denna mängd EO-data kan också vara ett problem när det gäller användningen. Det är först när dessa EO-data bearbetas, hanteras i en användbar plattform och kopplas samman med andra datakällor, såsom fältgränser, som de kan användas i den praktiska driften av jordbruket. Detta kräver vanligtvis både stor och avancerad datorutrustning och programvara som ofta kräver teknisk kapacitet utöver vad som normalt finns på gårdsnivå.

Ett annat problem med EO-data är att kvaliteten kan variera. Sentinel-1:s radar-data är mycket tillgängliga, men de innehåller mycket brus. Det kan också vara svårt att koppla grödans fysiologi till dessa data. Sentinel-2:s optiska data är mer ”vad du ser är vad du får”. Det innebär tyvärr att man ofta får bilder av moln, men det innebär också att vi mycket lättare kan koppla dem till de fysiska förändringar som sker i gröda och mark.

Jordobservationsdata är här för att stanna. Nya ”missioner” med högre upplösning och nya sensortyper lanseras kontinuerligt. Nya användningsområden för denna data inom jordbruket utvecklas också kontinuerligt. Kunskapsnavet för jordbrukets digitalisering är glada över att vara en del av denna utveckling.

Omfattning och metod

Denna rapport har specifikt fokuserat på:

Plattformer som använder jordobservationssatellitdata:

- som använder både offentliga och privata satelliter.
- som presenteras på antingen en offentlig eller en privat plattform.
- för användning av jordbrukare.

Användningen av satelliter för navigering och kommunikation är viktig och väl utvecklad inom jordbruket, men behandlas inte i denna rapport.

Resultat

Använda satelliter

Jordobservationsdata (EO) från följande satelliter återfanns på plattformer som betjänar jordbruket. Vissa tekniska specifikationer anges.

Satellit	Bildtyp	Ägare	Rumslig upplösning (m)	Återbesök/upprepning
Landsat	Synligt + Multispec (430 – 2300 nm) Termisk (LS-9)	NASA	15 (Synligt) 30 (majoritet) 100 (Termisk)	8 dagar / 16 dagar
Sentinel-2	Synligt + Multispec (440– 2200 nm)	ESA	10 (Synligt + NIR) 20 ("Agri"-band) 60 ("vatten"- band)	Ca 3 dagar / 10 dagar
Sentinel-1	RADAR	ESA	5x19	Ca 1,5 dagar / 12 dagar
SPOT	Synligt + NIR (450–890 nm)	Spotbild	1,5 (Synligt) 6 (Multispec)	nästan dagligen / 26 dagar
Pleiades	Synligt + NIR (480–820 nm)	Airbus	0,5 (Synligt) 2,0 (Multispec)	nästan dagligen / 26 dagar

PlanetScope Constellation Tanager	Synligt + NIR Hyperspec (400–2500 nm)	Planet	3,7 30 (Hyper)	nästan dagligen Varje vecka
---	---	--------	-----------------------	------------------------------------

Återbesök = täckt av en satellit inom samma konstellation på valfri bana.

Upprepning = täckt av samma satellit i samma bana.

Användning

Allmän sammanfattning

På en övergripande analysnivå används jordobservationsdata (EO) på två sätt: på inomfältsnivå för att stödja jordbrukares beslutsfattande, eller på fältnivå för att stödja tjänsteleverantörer. Denna kategorisering är generell och inte strikt uppdelad: vissa användningsområden är värdefulla för både jordbrukare och tjänsteleverantörer.

Inom dessa breda kategorier har ett antal specifika användningsområden identifierats.

Beslutsstöd på inomfältsnivå:

- Allmän övervakning av grödans utveckling
- Rekommendationer för fältvandring
- Övervakning av sjukdomar och utveckling av styrfiler
- Identifiering av ogräs och utveckling av styrfiler
- Utveckling av styrfiler för gödsling
- Rekommendationer för jordbearbetningsintensitet och utveckling av styrfiler
- Rekommendationer för såddmängd och utveckling av styrfiler
- Markfuktighet (torkstress och överflöd)
- Uppskattning av kemiska och fysiska parametrar i jorden
- Uppskattning av skördeavkastning
- Uppskattning av grödans kvalitet

Fältnivå för tjänsteleverantörer:

- Identifiering av grödtyp
- Identifiering av fältgränser
- Identifiering av skördedatum
- Övervakning av miljöaktiviteter

När det gäller beslutsstöd används EO-data i allmänhet för att genomföra ett ”platsspecifikt” beslut. Det innebär att de integreras i en process som leder till ett

specifikt beslut vid varje punkt i rummet – något som vanligtvis kallas precisionsjordbruk. EO-data måste kombineras med lämplig kunskap för att kunna ställa en diagnos av fältets tillstånd vid varje punkt och sedan fatta ett beslut om vilka åtgärder som ska vidtas vid var och en av dessa punkter.

Dessa beslut registreras sedan som en styrfil. Styrfilen kombineras sedan med tekniker som implementerar de platsspecifika besluten på fältet – så kallade tekniker för variabel dosering (variable rate application, VRA).

Användningen av EO-data direkt i beslut om tidpunkten för en åtgärd verkar mycket begränsad. Det verkar dock som om en vanlig användning av EO-data inom jordbruket är övervakning av grödans utveckling, vilket i sin tur tyder på att den i stor utsträckning används i beslut om tidpunkten. Dessa beslut genomförs dock sällan på inomfältsnivå.

Observera att denna rapport är organiserad efter kategori för användning av EO-data, medan enskilda rapporter som publiceras på Kunskapsnavet för jordbrukets digitalisering är organiserade efter företag.

Beslutsstöd inom fältet

Allmän övervakning av grödans utveckling

Att använda EO-data för den enkla uppgiften att övervaka grödans utveckling kan avfärdas som något för enkelt eller begränsat, men det skulle vara att underskatta värdet av att kombinera sådana data med den kunskap som jordbrukarna har. De flesta av de plattformar som presenteras i denna rapport, plus många andra, gör det möjligt för användaren att enkelt observera bilder från sina fält.

Detta inkluderar vanligtvis grafik som visar utvecklingen av indexvärden på fältnivå över tid. Mer avancerade system möjliggör jämförelser mellan fält och år. I de begränsade situationer där EO-data kan kopplas till jordbruksdata som delas på ett säkert sätt och med god kvalitetskontroll är det också möjligt att jämföra utvecklingen av grödorna hos närliggande jordbrukare.

Plattformar som möjliggör en direkt jämförelse av grödans utveckling med närliggande gårdar:

- CropConnect av *Nord Zucker*. Utvecklingen av sockerbetor med hjälp av NDVI från Sentinel-2.

Rekommendationer för fältvandring

Utan fältobservation (markkontroll) ger EO-data endast indikationer. När EO-data används för att styra grödövervakning i fält utnyttjas denna egenskap fullt ut.

Jordobservationsdata är mycket bra för att identifiera områden på ett fält som inte utvecklas lika bra som resten av fältet. De kan också användas för att övervaka platsspecifika trender och identifiera en avmattning eller omvänd utveckling av grödorna. Jämfört med andra datalager, till exempel en tidigare avkastningskarta, är det också möjligt att identifiera specifika platser som inte utvecklas som förväntat.

Sådana jämförelser – med resten av fältet, över tid, med förväntningarna – kan ge en indikation om vilka områden på ett fält som bör observeras från marken för att identifiera problem med en gröda. Ett stort hinder för att använda EO-data för fältvandring är fördröjningen mellan bildtagning och användbara insikter: många skadedjur eller sjukdomar kan utvecklas snabbare än bildtagningstakten.

Plattformer som ger förslag för fältvandring:

- FieldView från *ClimateCorp*. Använder högupplösta SPOT- och Pleiades-bilder för att minimera risken för förseningar i identifiering av behov av fältbesiktning.

Sjukdomsövervakning

Det är inte möjligt att direkt mäta grödors sjukdomar med hjälp av EO-data. Men med hjälp av statistiska samband eller lantbrukarnas kunskap är det möjligt att tilldela olika sannolikheter för utveckling av grödors sjukdomar. Detta gäller särskilt bladsjukdomar där risken är relaterad till grödans biomassa ovan jord: en parameter som EO-data relativt framgångsrikt kan kvantifiera.

Plattformer som möjliggör platsspecifika sjukdomsriskpoäng och utveckling av styrfiler på fungicider:

- SmartFarm från *Simplot*. I en podcast nämndes att man kunde identifiera områdena i ett fält som löpte högre risk för bomullsmögel, baserat på antagandet att ju tyngre grödan var, desto större var risken.

Identifiering av ogräs

Den uppenbara begränsningen för att använda EO-data för identifiering av ogräs är den rumsliga upplösningen. Eftersom behandling av ogräs vanligtvis är mest effektiv när ogräset är litet och begränsat, är användningen av EO-data för identifiering av ogräs svårt. Vid en grov upplösning i en grön-på-brun situation (t.ex. ogräs i stubb) är det lätt att det gröna från små ogräsplantor överskuggas av det bruna från den omgivande stubben och jorden. Vid grov upplösning i en grön-på-grön situation (t.ex. bredbladiga ogräs i en spannmålsgröda) är det helt enkelt omöjligt att se formerna på växterna, som huvudsakligen används i identifieringsprocessen. Det finns dock vissa särskilda användningsfall som används kommersiellt och som visar potentialen för denna användning av EO-data inom jordbruket.

Plattformer som används för att utveckla styrfiler för herbicidanvändning:

- Landvisor av *Corteva US*. Kombinerar fleråriga data med fältundersökningar för att identifiera betesmarker som sannolikt har problem med "buskogräs".
- SmartFarm av *Simplot USA*. I en podcast nämndes att de kunde identifiera vildhavre som behövde behandlas, baserat på antagandet att de första gröna områden i ett fält var detta ogräs.
- WeedSAT av *DataFarming Australia*. Använder högupplösta bilder (30 cm, och snart 10 cm) för utveckling av styrfiler för grönt på brunt. De testar också hyperspektrala bilder för användning i situationer med grönt på grönt.

Utveckling av styrfiler för gödsling

Jordobservationsbaserade kartor över grödans utveckling ger både tidsmässig och rumslig täckning som inte går att hitta någon annanstans. När ett agronomiskt beslut kräver att de senaste uppgifterna för hela fältet är tillgängliga är EO-data ovärderliga. Nivån med vilken det mycket rörliga näringsämnet kväve sprids är ett sådant agronomiskt beslut. För att kunna använda EO-data för andra växtnäringsämnen krävs i allmänhet kunskap om markens egenskaper – se *Uppskattning av markparametrar* – eller näringsämneskartor baserade på skördeutbyte. Ingen kommersiell användning av EO-data för detta eller för utveckling av styrfiler för bladapplicering av andra näringsämnen har observerats.

Plattformer som möjliggör utveckling av styrfiler för platsspecifik applicering av kvävegödselmedel:

- Atfarm av *Yara*
- FieldView av *ClimateCorp*
- Pix4D Fields av *Pix4D*
- Sativum av *Junta de Castilla y Leon*
- CropSAT + CropMap av *Dataväxt*
- Markkartering av *Hushållningssällskapet*
- SmartFarm av *Simplot*

Rekommendationer för jordbearbetningsintensitet

Inom ramen för en lantbrukares allmänna odlingsstrategi (t.ex. maximal jordbearbetning, plöjningsfritt, minimal jordbearbetning, ingen jordbearbetning) baseras rekommendationer för jordbearbetningsintensitet i allmänhet på jordarten. Lättare jordar kräver lägre jordbearbetningsintensitet än tyngre jordar. I lättare jordar kan det vara lämpligt med grundare bearbetning, mindre utjämning och mindre packning. Det kan till och med vara möjligt att helt ta bort en av dessa komponenter.

Det finns jordbearbetningsutrustning med "variable rate application", där höjden på komponenterna på ett redskap eller till och med hela redskapet kan justeras enligt en styrfil. Om EO-data kan ge prognoser för jordens struktur, kan detta användas för att ta fram rekommendationer för jordbearbetningshastighet.

- Inget bekräftat, men systemet från *Soyl* (nu *Frontier*) utför jordbearbetning med variabel intensitet/djup och har EO i sitt system.

Rekommendationer för utsädesmängd

Rekommendationer för utsädesmängd baseras vanligtvis på ett mål för planttätheten och en förväntad etableringsgrad. På fältnivå är målet för planttätheten sannolikt konstant. Den förväntade etableringsgraden beror på flera faktorer. Jordrelaterade faktorer är bland annat tillgänglig fuktighet, kontakt mellan frö och jord, jordtemperatur och näringsstatus. En grov sammanfattning av dessa faktorer är jordart. En sandig jord kan antas innehålla mindre fukt och näringsämnen och ha sämre kontakt mellan frö och jord, vilket resulterar i sämre grobarhet. I andra änden av skalan kan tung lerjord förhindra hjärtbladen att nå ytan. Om EO-data kan ge prognoser för jordart kan dessa användas för att ta fram rekommendationer för såddens utsädesmängd. Här identifierades andra sätt på vilka EO-data kan användas för att ta fram rekommendationer för såddens utsädesmängd.

Plattformer som använder EO för att utveckla filer med rekommendationer för utsädesmängd:

- Inga bekräftade, men *Soyl* (nu *Frontier*) erbjuder tjänster för variabel utsädesmängd och har EO i sitt system.

Jordfuktighet

Mängden tillgängligt vatten i jorden är avgörande för en stor del av jordbruket, men det är en av de svårare parametrarna att mäta med hög upplösning. Den relativt höga rumsliga och tidsmässiga upplösningen hos EO-data gör dem därför till en idealisk källa om det finns ett sätt att mäta markvatten på distans. Den uppenbara svårigheten för EO-data är att kunna se igenom en gröda och ner i jorden. Några relativt tillförlitliga indikatorer har identifierats med hjälp av Sentinel-1-radar eller, som i fallet med parametern Soil Water Content (SWC) från Planet, en kombination av passiv mikrovågs- och optiskdata. Dessa verkar endast mäta markfuktigheten vid ytan (de översta 5 cm).

Plattformer som använder jordfuktighetsmätningar härledda från EO:

- Compaction Prevention System från *Novel Agro*. CPS använder Planets SWC- och lerhaltkartor för att indikera risken för markkompaktering från maskiner.

- Agdir Farm. Använder Sentinel-1-data.

Uppskattning av kemiska och fysikaliska parametrar i marken

Jordobservationsdata kan i allmänhet inte mäta markparametrar, men de är mycket bra för att identifiera områden som reagerar på liknande sätt på en given uppsättning insatser – det vill säga som ser likadana ut under året. Eftersom väderförhållanden och agronomiska insatser normalt är relativt jämnt fördelade inom ett fält kan grödans variationer som observeras inom fältet oftast förklaras av skillnader i markegenskaper. Genom att använda EO-data för att definiera områden med liknande grödotveckling är det möjligt att använda zonbaserad markprovtagning i stället för rutnätsbaserad markprovtagning. En strategi för zonbaserad jordprovtagning omkastar interpolationsprocessen. Den fungerar genom att först identifiera variationerna inom ett fält (traditionellt med EM38 eller till och med avkastningskartor, men här med EO), sedan definiera zoner som ser likadana ut och därefter ta ett representativt prov inom zonerna. Variationen mellan provtagningspunkterna hämtas sedan från den initiala variationskartan i stället för från en matematisk formel.

Plattformer som använder EO för att implementera zonbaserad interpolering av markegenskaper:

- PrecisionMapper från *AgriCircle*. Denna tjänst tillhandahålls på begäran, kräver kommunikation med företaget och lokal samordning av jordprovtagning, dvs. det är varken en fullservice- eller en helt automatiserad tjänst.

Skördeprognos

Jordobservationsdata i form av index som NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) har visat sig vara en bra uppskattning av variationer i grödans biomassautveckling för många grödor. Eftersom variationer i skördeavkastning i allmänhet är kopplade till variationer i grödans biomassa, har NDVI visat sig vara en acceptabel proxy för uppskattningar av skördeavkastning. Detta gäller särskilt när den är tillgänglig i kritiska utvecklingsstadier av en gröda, till exempel i slutet av blomningen/början av mjölkmodnad hos höstvet. Men EO-data har sina begränsningar. NDVI tenderar att mätas långt innan grödan är fullt utvecklad, och det är bara en approximativ mätning av en faktor i ett multifaktoriellt system. Det är därför rimligt att anta att komplettering av EO-data med data från andra viktiga faktorer i grödans utveckling, såsom väderförhållanden, markegenskaper och skötselbeslut, skulle leda till bättre skördeuppskattningar.

Plattformer som erbjuder skördeprognoser med hjälp av EO-data:

- Agdir Farm. Endast potatis och foderväxter.

Uppskattning av grödans kvalitet

Om det är svårt att uppskatta skördens kvantitet, kan det verka ännu svårare att uppskatta skördens kvalitet. Det finns dock tydliga användningsområden för EO-data för att förutsäga skördens kvalitet. Det mest direkta användningsområdet är när grönheten hos skördens biomassa är en direkt indikator på kvaliteten. Det vill säga när biomassan *är* skörden och när kvaliteten bestäms före mognadsstadiet. Detta kan vara fallet för foderväxter. Andra användningsområden är när skördens kvalitet har stark koppling till tidpunkten för biomassans utveckling i förhållande till årstiderna.

Plattformer som erbjuder skörde kvalitetsuppskattning med hjälp av EO-data:

- Agdir Farm. Endast potatis och foderväxter, med hjälp av Vultus-paketet.

Fältnivå för tjänsteleverantörer

Som tidigare nämnts är användningen av EO-data som här definieras som ”fältnivå för tjänsteleverantörer” sådan användning som tillämpas över hela landskapet och i allmänhet inte av jordbrukare, och som ger resultat på fältnivå. Detta är en generalisering och undantag är möjliga.

Identifiering av grödtyp

Övervakning av grödtyp inom ett visst fält används i allmänhet för efterlevnad, till exempel för validering av ansökningar om statligt stöd. Den kan också användas för insamling av statistik om arealen som är besådd med vissa grödor. Dessa system baseras på grödans utveckling, där varje grödtyp vanligtvis har en specifik utvecklingssignatur inom en viss region. Dessa signaturer bör vara synliga i både spektrala och radarbaserade EO-data.

Plattformer som använder EO för att identifiera grödor:

- SEN4CAP av EU
- Jordbruksverkets eget system
- CORAmaps eget system
- DigiFarms eget system
- Improvin eget system
- OneSoil eget system

Identifiering av fältgränser

Identifiering av fältgränser är ett komplement till identifiering av grödtyp. När grödtypen definieras med hjälp av EO-data sker detta inom en uppsättning sammanhängande

pixlar, dvs. ett fält. Identifiering av en uppsättning sammanhängande pixlar kan då betraktas som en variant av identifiering av grödtyp, eftersom EO-data inte används för att identifiera ett visst mönster, utan endast för att identifiera gränsen där mönstret förändras. Alternativt kan identifiering av fältgränser användas för att verifiera en redan befintlig fältgräns genom att testa om det finns ett avbrott i grödans utvecklingsmönster. Detta är särskilt användbart i system som verifierar stora, långsamt föränderliga datamängder, såsom Jordbruksverkets blockdatabas. Noggrannheten i identifieringen av fältgränser förbättras med rumslig upplösning, och därför inkluderar många av dessa system avancerad bildförfining.

Plattformer som använder EO för identifiering av fältgränser:

- *CORAMaps* eget system
- *DigiFarms* eget system
- *Improvin* eget system
- *OneSoils* eget system

Identifiering av skördedatum

Identifiering av sådd- eller skördedatum för en viss gröda har inte någon bred tillämpning, men kan vara extremt värdefullt i vissa fall. Sådatum är en viktig parameter i de flesta tillväxtmodeller för grödor. Det krävs oftast mycket logistik för att organisera leverans av grödor. Därför kan det vara värdefullt att övervaka skördens framskridande vid planeringen. För grödor där det är vanligt att skörda ett enda fält under en lång period kan kombinationen av system för skördedatumuppskattning och fältgränssystem bidra till att förbättra statistiken.

Plattformer som använder EO för att uppskatta sådd- eller skördedatum för grödor:

- *CORAMaps* (skördedatum). Använder Sentinel-1 (radar) för sockerbetskörden.
- *OneSoil* (sådatum). Under utveckling.

Övervakning av miljöparametrar

Den stora tidsmässiga och rumsliga täckningen av EO-data gör den väl lämpad för övervakning av aktiviteter på jordbruksmark som är föremål för reglering eller marknadskrav. Detta kan till exempel omfatta användning av täckgrödor eller reducerad jordbearbetning. Sådana aktiviteter kan berättiga till direkta miljöbidrag från staten eller betalningar på den öppna marknaden, till exempel genom försäljning av kolkrediter.

Plattformer som tillhandahåller övervakning av miljöparametrar:

- CropForce från ARVA. Endast tillgängligt i Amerika.

- *DigiFarm*. Tillhandahåller hållbarhetsindex
- *Improvin*. Granskar täckgrödor och jordbearbetningsåtgärder
- *OneSoil*. Under utveckling – identifiering av täckgrödor och jordbearbetningsmetoder.

Jordobservationsdata i Sverige

De flesta tillämpningarna av jordobservationsdata inom jordbruket är kopplade till en onlineplattform. Som sådana är de i allmänhet lättillgängliga i Sverige om användaren förstår plattformens språk. En av de överraskande iakttagelserna i detta arbete var dock att även om jordobservationsdata i allmänhet har global täckning och användningsområdena är av intresse för människor över hela världen, är de enskilda tillämpningarna ofta mycket mer lokala än väntat.

Detta innebär att för att få ut värde av jordobservationsdata krävs lokala jämförelser eller en modell baserad på det lokala systemet. Detta innebär att lokal kunskap och lokal fältverifiering ofta krävs. Behovet av lokal kunskap ökar med användningens komplexitet. Detta framgår tydligt i exemplen på användning av EO för sjukdoms- och ogräsbekämpning, där EO-data liknar vanliga NDVI-data men är kopplade till mycket specifik lokal kunskap om vilket ogräs som sannolikt kommer att dyka upp först i en gröda.

Det verkar troligt att tillgången till EO-data och tjänster för jordbruket som bygger på dessa data kommer att fortsätta öka både globalt och i Sverige. Nya satellitkonstellationer med nya sensorer lanseras regelbundet, och kunskapen om användningen av data på fältet ökar. Det finns redan ett antal sådana applikationer som utvecklats i Sverige. Det verkar rimligt att förvänta sig fler.