

Smartare klimatinformation

Verktyg för bättre kunskap och ökad förmåga till klimatanpassning



Denna rapport har tagits fram av Havs- och vattenmyndigheten och Skogsstyrelsen.
Myndigheterna ansvarar för rapportens innehåll och slutsatser.

Huvudförfattare	Thomas Klein, HaV, projektledare Anders Persson, Skogsstyrelsen, projektledare
Projektägare	Niclas Törnell, HaV Patrik André, Skogsstyrelsen
HaVs projektteam	David Wiselqvist, konsult, GIS-expert Alma Otteadag, konsult, Python-programmering Anton Myrholm, konsult, Python-programmering Anna Erwander, HaV, kommunikation Fredrik Gröhn, HaV, korrekturläsning
Skogsstyrelsens projektteam	Liselott Nilsson, GIS-expert Pär Nyman, Systemförvaltare Kjell Timalm, IT-tekniker Stefan Wennborg, Systemutvecklare Anton Lundkvist, Systemutvecklare
Styrgrupp HaV	Mats Svensson, Marie Berghult och Torbjörn Attnäs
Styrgrupp Skogsstyrelsen	Agneta Jonsson, Maria Tellman och Svante Larsson
Referensgrupp HaV	Kristina Samuelsson, Erik Årnfelt, Bernt Rane, Lars Johan Hansson, Niclas Ambervik och Anneli Harlén
Extern referensgrupp	Birgitta Olsson (Naturvårdsverket), Mats Nilsson (SLU), Niclas Hjerdt (SMHI), Mats Öberg (SGI), Susanne Ingvander (MSB), Viktoria Björnström (Jordbruksverket), Marina Becher (SGU), Therese Helgesson (Länsstyrelsen i Jönköpings län), Klara Jansson (Göteborgs Stad)

Havs- och vattenmyndigheten
Datum: 2019-02-04

Foton: Anders Persson och Thomas Klein
ISBN 978-91-88727-38-1
Tryck: Digital publikation

Havs- och vattenmyndigheten
Box 11 930, 404 39 Göteborg
www.havochvatten.se

Smartare klimatinformation

Verkt yg f r bättre kunskap och ökad förmåga till klimatanpassning

Förord

Mängden öppna data från nationella och internationella källor har ökat enormt under de senaste åren. I linje med regeringens ambition *digitalt först* arbetar Havs- och vattenmyndigheten (HaV), Skogsstyrelsen och andra myndigheter med att inventera och dokumentera miljödata från myndighetssektorn så att dessa kan nyttjas effektivt av så många användare som möjligt. Även inom EU och internationellt tillhandahålls allt mer öppna miljödata. Ett exempel är Copernicus, EU:s stora jordobservationsprogram för miljö, klimat och säkerhet. Copernicus levererar redan ett antal TeraByte data från satelliter och modeller dagligen. Samtidigt som mängden öppna data ökar så ökar även utmaningen för användarna att ta till sig dessa möjligheter och omsätta dessa till miljö- och samhällsnyttor.

I arbetet för att anpassa samhället till ett förändrat klimat ställs vi inför konkreta problem såsom hanteringen av vattenbrist, torka och bränder, planering och utveckling samt genomförande av åtgärder. Här finns idag mängder av relevant data som kan underlätta klimatanpassningsarbetet men de praktiska förutsättningarna för att snabbt och enkelt kunna använda dessa i det dagliga arbetet saknas ofta.

Projektet *Smartare klimatinformation* (SKI) har arbetat för att skapa gemensam infrastruktur och verktyg som underlättar för aktörer inom klimatanpassning att nyttja data från Copernicus. SKI är ett samarbete mellan HaV och Skogsstyrelsen som möjliggjorts med särskilt finansiering för klimatanpassning från SMHI. SKI för ihop Skogsstyrelsens mångåriga erfarenhet av hantering av satellitdata och en hållbar skogsförvaltning med HaV:s användarperspektiv där målet är en hållbar förvaltning av hav, sjöar och vattendrag från källa till hav.

Projektet har bidragit till vidareutveckling av Skogsstyrelsen infrastruktur för hantering och delning av satellitdata. HaV har även tagit fram ett verktyg med öppen källkod som underlättar användningen av data från Skogsstyrelsens infrastruktur tillsammans med data från andra källor. Verktöget är ett tilläggsprogram till ett geografiskt informationssystem med öppen källkod som finns tillgänglig för användare i hela världen. Projektets insatser gör det möjligt för användare från hela världen att nyttja data från öppna servrar av satellitdata eller andra geodata.

En framgångsfaktor i projektet har varit god samverkan. Projektteamen på HaV och Skogsstyrelsen har haft hjälp av många kollegor som deltagit i interna styr- och referensgrupper. En extern referensgrupp med experter från andra svenska myndigheter har bidragit med värdefulla användarsynpunkter, idéer och förslag till vidareutvecklingar. Vi hoppas att kunna gå vidare med fortsatt samverkan kring smartare klimatinformation och göra verkstad av dessa idéer och förslag. På så sätt kan vi gemensamt fortsätta att bidra till bättre kunskap och ökad förmåga till klimatanpassning både i Sverige och internationellt.

Göteborg, 4 februari 2019,

Anna Jöborn, Chef för Kunskapsavdelningen på Havs- och vattenmyndigheten,
Göran Rune, Chef för Skogsavdelningen på Skogsstyrelsen

SAMMANFATTNING.....	9
SUMMARY	10
INLEDNING	11
Skog och vatten i ett ändrat klimat.....	11
Klimatförändringen och dess effekter	11
Klimatanpassning behövs.....	11
År 2018 – ännu en väckarklocka	12
Ökad kunskap och förmåga till klimatanpassning	12
Klimatanpassning behöver data, verktyg och kunskap	12
Copernicus – tillgång och utmaning.....	12
Projektet smartare klimatinformation	13
ARBETSSÄTT	15
Projektet	15
Mål.....	15
Avgränsningar	15
Samverkan	15
Organisation	15
Hantering av användarnas synpunkter	16
Kommunikation.....	16
Kompetensuppbyggnad	17
Infrastruktur.....	17
Systemets uppbyggnad	17
Hur kommer satellitdata till servern?	20
Funktioner på servern	22
Server med både data och tillämpningsprogram.....	22
Förbättrad kapacitet på servern	23
Policy för nyttjande.....	23
Befintliga sätt att nå servermiljön	23
Nytt insticksprogram för QGIS.....	24
Nationella marktäckedata.....	25
Copernicus-klimattjänst	25
Datakällor	26

RESULTAT	27
Förbättringar av infrastrukturen	27
Nya rasterfunktioner	27
Rasterfunktioner förklarade	27
Förbättrade möjligheter att distribuera data och applikationer.....	28
Nytt sätt att bearbeta stora datamängder.....	29
Så kan du arbeta med det nya QGIS-insticksprogrammet	29
Koncept för användning av klimatdata från Copernicus.....	33
Användningsexempel	34
Mer regelbunden och aktuell miljöinformation	34
Helhetsperspektiv från källa till hav.....	37
Nya analysmöjligheter - skog nära bebyggelse	40
Förändringsanalys – exempel bränder.....	44
SLUTSATSER OCH NÄSTA STEG.....	45
BILAGOR	47
B1: Axplock av öppna data för skog, vatten och klimatanpassning.....	47
B2: Nya rasterfunktioner.....	50
B3: Urval av bildservrar.....	52
B4: Idéer och förslag till vidareutveckling.....	53
B5: Förslag på framtida samverkan.....	54
KÄLLFÖRTECKNING	55

Sammanfattning

Projektet Smartare klimatinformation (SKI) har som mål att bidra till bättre kunskap och ökad förmåga till klimatanpassning. SKI är ett samarbetsprojekt mellan Havs- och vattenmyndigheten och Skogsstyrelsen som har finansierats med särskilda medel för klimatanpassning från SMHI under 2018.

Projektet har utgått ifrån Skogsstyrelsens befintliga infrastruktur för hantering av satellitdata. SKI har dels vidareutvecklat infrastrukturen med nya funktioner för analys och visning av satellitdata och gjort infrastrukturen tillgänglig för en större grupp svenska myndigheter. Projektet har även tagit fram ett nytt verktyg så att data från infrastrukturen kan nås med QGIS, ett geografiskt informationssystem med öppen källkod. På så sätt underlättas användningen av data från Skogsstyrelsens eller liknande bildservrar för fler användare. Det blir även enkelt för användarna att kombinera satellitdata från Skogsstyrelsen med andra datakällor, till exempel användarnas lokala data.

Erfarenheterna från projektet visar att tillgången till en infrastruktur liknande den som använts i projektet är av stor praktisk betydelse för många, kanske de flesta, användarna av de stora datamängder som redan finns tillgängliga inom till exempel det europeiska jordobservationsprogrammet Copernicus. I rapporten visas ett antal exempel hur dessa data kan nyttjas tillsammans med SKI-projektets infrastruktur för att stödja klimatanpassning och en hållbar förvaltning av vatten och skog.

En nyckel i projektet har varit samverkan. Projektteamen på HaV och Skogsstyrelsen har haft hjälp av många kollegor som deltagit i interna styr- och referensgrupper. En extern referensgrupp med experter från andra svenska myndigheter har bidragit med användarsynpunkter, idéer och förslag till vidareutvecklingar. SKI-projektet har arbetat utifrån användarnas behov. Mer långsiktiga behov utanför projektets möjligheter har även dokumenterats i en lista som kan användas av eventuella fortsättningsprojekt.

Summary

The project Smarter Climate Information (SKI) aims to contribute to better knowledge and increased ability to adapt to climate change. SKI is a cooperation project of the Swedish Agency for Marine and Water Management and the Swedish Forest Agency, which has been funded with special funds for climate change adaptation from SMHI in 2018.

The project has been based on the Swedish Forest Agency's existing satellite data management infrastructure. SKI has contributed to further development of the infrastructure with new functions for analysis and display of satellite data and made the infrastructure available to a larger group of Swedish authorities. The project has also developed a new tool so that data from the infrastructure can be reached with QGIS, an open source geographic information system. This facilitates the use of data from the Swedish Forest Agency's infrastructure or similar image servers for more users. It will also be easy for users to combine satellite data from the Swedish Forest Agency with other data sources, such as users' local data.

The experience from the project shows that access to an infrastructure such as the one used in the project is of great practical importance for many, perhaps most, of the users of the large amounts of data that are already provided by, among other, the European Earth observation program Copernicus. The report shows a number of examples of how these data can be used together with the SKI project's infrastructure to support climate adaptation and sustainable water and forest management.

A key in the project has been collaboration. The project teams at the Swedish Agency for Marine and Water Management and the Swedish Forest Agency have been supported by many colleagues who participated in internal steering and reference groups. An external reference group with experts from other Swedish authorities has contributed with user needs, ideas and suggestion for further developments. The SKI project has been driven by user needs. More long-term needs beyond the possibilities of the project have also been documented in a list that can be used by any continuation projects.

Inledning

Skog och vatten i ett ändrat klimat

Klimatförändringen och dess effekter

Jordens klimat förändras som en följd av människans utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid ([IPCC 2013](#), [2014a](#)). I skrivande stund har den globala medeltemperaturen ökat med ungefär en grad ([IPCC 2018](#)).

Klimatförändringen ger upphov på ett antal effekter på hav, sjöar och vattendrag. Hav och sötvatten blir varmare och nederbördsmonstren förändras vilket innebär förändrad tillgång till och kvalitet på vatten. Risker för översvämningar, ras och skred ökar och transporten av näringsämnen förändras. I Östersjön spås lägre salthalter i framtiden. Havsisar, inlandsisar och glaciärer smälter. Den ökade tillförseln av smältvatten från land och den termiska expansionen av havsvattnet innebär ett ökande havsvattenstånd. Koldioxidutsläppen bidrar även till en försurning av haven ([IPCC 2014b](#), [2014c](#)). När det gäller effekter på Sveriges skog så kan det nämnas en längre växtsäsong, risk för torka och brand på sommaren, ett blötare klimat vintertid, risk för vårfrost, ett ökat betestryck, stormfällning, ökade körskadorna från skogsbruk och angrepp av insekter och svampar ([Skogsstyrelsen 2015](#), [2017](#)).

Arter och ekosystem reagerar på de fysiska och kemiska förändringarna. Förändringar i hav och vatten och på land påverkar livsbetingelserna. FN:s klimatpanel konstaterar i sin senaste rapport att många arter som lever på land, i sötvatten och i havet har förskjutit sina geografiska utbredningsområden, säsongsbundna aktiviteter, migrationsmönster, antal och samspel med andra arter som ett svar på klimatförändringarna. Denna anpassning förväntas fortsätta i takt med den framtida uppvärmningen. När arter inte längre kan anpassa sig till klimatförändringar riskeras betydande ekosystemförändringar, artutrotningar och förlust av biologisk mångfald. Klimatförändringen och dess effekter påverkar även samhällets användning av hav, sötvatten och skog. Klimatförändringen påverkar till exempel fysisk planering, dricksvatten, fiske, turism och skogsbruk.

Klimatanpassning behövs

Det är viktigt att begränsa utsläppen av växthusgaser och hålla kontroll på den globala uppvärmningen i linje med Paris-avtalet och Sveriges egna klimatmål. Men även om världen lyckas begränsa den globala uppvärmningen till ett så ambitiöst mål som 1,5 grader över den förindustriella uppvärmningen så kan det förväntas större klimateffekter än de effekter som vi ser idag som följd av den uppvärmningen som redan har skett ([IPCC 2018](#)). För att hantera den delen av klimatförändringen som inte längre går att undvika behövs klimatanpassning ([SMHI 2018a](#), [SMHI 2015](#)). Anpassningen behöver underlättas för miljön och samhället, något som kan innebära synergier men i vissa fall även målkonflikter. Behovet av klimatanpassningen understryks inte minst av Sveriges nya klimatanpassningsstrategi ([Regeringen 2018](#)) som syftar

till att långsiktigt stärka klimatanpassningsarbetet och den nationella samordningen av detta arbete.

År 2018 – ännu en väckarklocka

Det är viktigt att skilja mellan väder och klimat. Enstaka vädersituationer och händelser kan i regel inte tolkas som resultat av klimatförändringarna. Däremot kan dessa händelser ge en illustration av effekter och situationer som förväntas bli mer vanliga i takt med att klimatet förändras. Väderhändelserna under första halvan av året 2018 understryker miljöns och samhällets behov av klimatanpassning till både rådande och förväntade klimatförhållanden. En kylig och snörikt vår 2018 avslutades med rekordvärme i större delar av landet. I samband med snösmältningen och en kraftig vårflood uppstod översvämningar i mellersta och norra Sverige. Perioden maj till juni dominerades av ett högttrycksbetonat väderläge med obetydliga regnmängder i nästan hela Sverige. Vädersituationen medförde inte bara tidigt sommarväder och behagliga badtemperaturer utan även effekter såsom bränder, vattenbrist och torka. Den sammantaget ringa nedbörden som faktiskt föll under maj till juli 2018 förekom mest i form av lokala skurar, ofta i samband med åskväder. Detta ledde paradoxalt nog till enstaka lokala översvämningar under den övergripande perioden av torka och vattenbrist. Högsommarvärmen gynnade även en utbredd algbloomning i Östersjön. De sammanlagda konsekvenserna av väderhändelserna 2018 på näringar såsom jord- och skogsbruk, infrastruktur och miljö har inte utredds än men torde vara betydande. Händelserna understryker även behovet att kunna hantera problem som rör vattnets kvantitet, dvs både situationer med för mycket och för lite vatten, och vattnets kvalitet.

Ökad kunskap och förmåga till klimatanpassning

Klimatanpassning behöver data, verktyg och kunskap

För samhällets och miljöns klimatanpassning behövs data, verktyg och kunskap. HaV och Skogsstyrelsen understryker dessa behov i myndigheternas handlingsplaner för klimatanpassning och lyfter även fram verksamhetsutmaningar kopplade till dataförsörjning ([HaV 2018a](#), [Skogsstyrelsen 2017](#), [HaV 2016](#)). Även i HaVs klimatstrategi pekas på behoven av dataförsörjning och verktyg för att främja kunskap¹.

Copernicus – tillgång och utmaning

Det europeiska jordobservationsprogrammet Copernicus är ett världsledande användarstyrt program för insamling och spridning av data om jordens miljö, klimat och säkerhet ([Copernicus 2018a](#)). Insamlingen av data sker till stor del med hjälp av satelliter. Data bearbetas och tillhandahålls öppet och fritt och presenteras även i form av användaranpassade tjänster. Copernicus har idag sex tematiska tjänster som tillgodoser data- och informationsbehov inom

¹"Vi samverkar med andra myndigheter från myndighetsnätverket för klimatanpassning för att ta fram infrastruktur för smartare klimatinformation" ([HaV 2018b](#)).

områdena klimat, hav, land och sötvatten, atmosfär, katastrofhantering och säkerhet. Tjänsterna kan anpassas efter lokala och regionala behov. Ett viktigt användningsområde för data från Copernicus är klimatanpassning. Programmets långsiktighet är en förutsättning för att kunna följa och analysera miljöns förändring över tid på ett tillförlitligt sätt och för att kunna ta fram underlag för välgrundade beslut. För att skapa samhällsnyttor krävs att programmets data och tjänster används i bred utsträckning av många användargrupper utifrån deras behov. En mer utförlig beskrivning av Copernicus finns på programmets hemsida ([Copernicus 2018a](#)). Ett flertal länkar till programmets datatjänster har samlats i Bilaga B1 till denna rapport. Svenska myndigheter samarbetar sedan flera år inom Copernicus-programmet ([Rymdstyrelsen 2018](#)). Inom ramen för denna myndighetssamverkan togs det fram en rapport som understryker programmets möjligheter för klimatanpassningen ([HaV 2017](#)). Rapporten pekar samtidigt på behov av utbildning och kompetensutveckling för att användarna kan lära sig hur data från Copernicus kan användas för att lösa konkreta verksamhetsutmaningar. En annan utmaning ligger i de enorma datamängderna som Copernicus producerar. Bara de befintliga satelliterna från Copernicus levererar flera Terabyte data dagligen. Till detta kommer stora datamängder från tunga modellkörningar inom till exempel Copernicus marina tjänst eller programmets nystartade klimattjänst. Användarna behöver smidig åtkomst till dessa data. Europeiska kommissionen har nyligen startat Copernicus-initiativet DIAS (Data and Information Access System, [Copernicus 2018b](#)) som erbjuder olika sätt att komma åt programmets data. För många användare inom miljö och klimatanpassning kan dock steget fortfarande vara för stort. En planerare kan till exempel snabbt behöva en karta över ett visst område för en viss tid eller en tidsserie av klimatdata utan att bekymra sig över hanteringen av stora data och tung teknik. Många användare inom områden såsom klimatanpassning saknar idag tid och verktyg för att kunna nyttja data från Copernicus på ett smidigt och effektivt sätt i sitt dagliga arbete. En handläggare på en kommun, länsstyrelse eller nationell myndighet har i regel ingen möjlighet att ladda ned, analysera, bearbeta eller visualisera stora miljö- och klimatdata från Copernicus, och ibland saknas stöd för detta även inom organisationerna.

Projektet smartare klimatinformation

Projektet *”Smartare klimatinformation (SKI)”*² skapades för att lösa några av de problemen som beskrivits ovan. Syftet är att hjälpa användare att nyttja satellitdata och klimatdata från Copernicus med hjälp av smart delning av infrastruktur och smarta verktyg. Ett ytterligare syfte är att visa hur infrastrukturen och verktygen kan användas i praktiken. På så sätt, och genom nära samarbete med en rad myndigheter, höjs den gemensamma kunskapsnivån. Projektet är ett samarbete mellan Havs- och vattenmyndigheten och Skogsstyrelsen där varje myndighet beviljats medel från SMHI:s klimatanpassningsutlysning 2018. I projektets referensgrupp deltar ett tiotal andra

²Projektets ursprungliga titel låter i sin helhet *”Tvärsektoriell infrastruktur för smartare klimatinformation, kunskap och beslutsstöd inom vatten- och skogsförvaltningen”*.

myndigheter från klimatanpassningsnätverket och myndighetssamverkan Copernicus samt experter från länsstyrelsen och kommunal nivå.



Foto 1. Skog nära bebyggelse utanför Borås.



Foto 2. Lågt vattenstånd i sjön Mjörn nära Alingsås under sommaren 2018.

Arbetssätt

Projektet

Mål

Projektets mål är att stödja uppbyggnaden av kunskap och förmåga till klimatanpassning. Genom smart delning av infrastruktur och smarta verktyg skapas förutsättningar för att användare kan arbeta enklare och bättre med satellit- och modelldata från Copernicus. Projektet visar även exempel på hur smart delning av infrastruktur och smarta verktyg kan stödja behoven inom några utvalda användningsområden med koppling till vatten och skog. Målgruppen är i första hand användare från myndigheter.

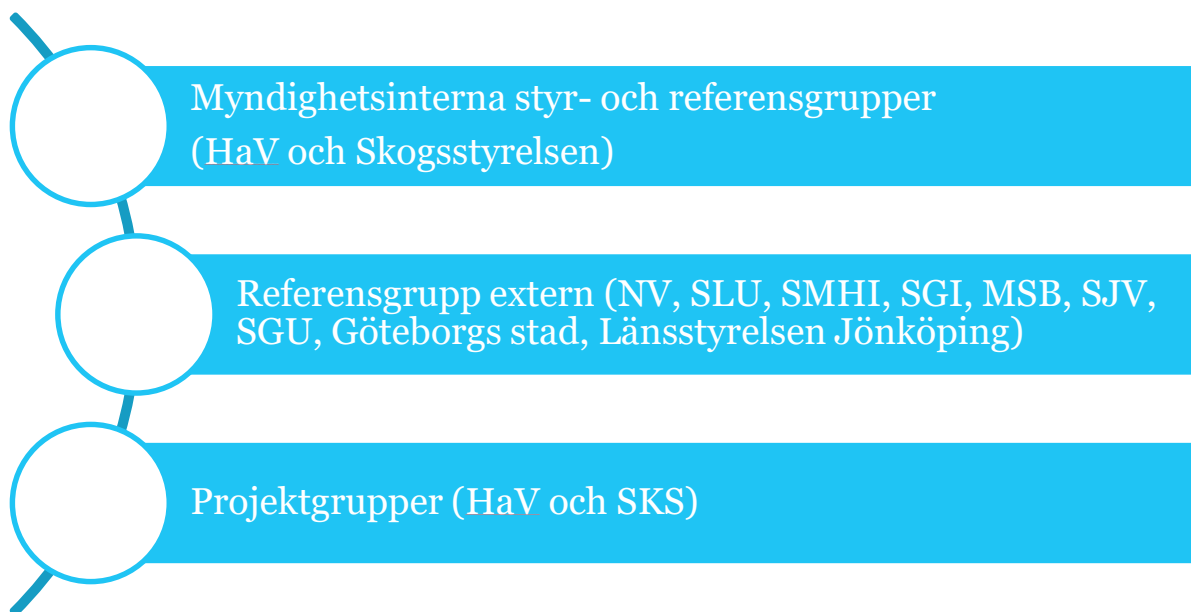
Avgränsningar

SKI är ett pilotprojekt som utgår ifrån den befintliga infrastruktur för satellitdatahantering som under ett antal år har byggts upp av Skogsstyrelsen. Inom projektet genomförs dels vidareutveckling av denna infrastruktur samt viss nyutveckling av kompletterande verktyg. Större utvecklingsinsatser och drift av ny infrastruktur ligger utanför projektets budget och ambition. Användarbehov utanför projektets möjligheter sammanställs i en lista som finns som Bilaga B4 till denna rapport. SKI-projektets fokus är inte heller att genomföra en mängd tänkbara analyser utan att skapa förutsättningar för användarna att genomföra analyser själva eller låta analyser genomföras av en kompetent utförare. I den mån SKI-projektet genomför analyser sker detta för att illustrera själva konceptet och möjligheterna med samarbete kring infrastruktur och verktyg.

Samverkan

Organisation

SKI-projektet har huvudsakligen genomförts av projektgrupper på HaV och Skogsstyrelsen som har haft en regelbunden dialog. Projektgruppen på HaV har utgjorts av ordinarie personal, en särskild GIS-expert och två programmerare. Skogsstyrelsen projektgrupp har utgjorts av ordinarie personal och konsult hjälp. Utöver projektgrupperna har det även skapats interna styr- och referensgrupper på HaV och Skogsstyrelsen. En extern referensgrupp bestående av experter med kompetens inom områdena GIS, satellitdata, klimatanpassning och användarbehov har knutits till projektet. Naturvårdsverket (NV), Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Jordbruksverket (SJV), Sveriges geologiska undersökning (SGU), Sveriges geotekniska institut (SGI), Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Länsstyrelsen i Jönköpings län och Göteborgs Stad har deltagit i flera videomöten och fysiska möten under projektets livstid. Figur 1 visar projektets organisation i översikt.



Figur 1. Organisation av SKI-projektet

Hantering av användarnas synpunkter

Referenspersonerna har haft en central roll i projektet genom att bidra med användarperspektiv, tester av systemet och förslag på vidareutveckling på kort och lång sikt. Referenspersonernas synpunkter har även samlats in med hjälp av en enkel enkät. Undersökningens upplägg och svarsunderlaget tillåter inga statistiskt säkerställda slutsatser. Resultaten från enkäten visar dock på att alla referensgruppsdeltagare är erfarna GIS-användare. GIS används inom arbetsområden såsom bildanalys, utveckling, handläggning och utredning. Hälften av referensgruppsdeltagarna arbetar huvudsakligen med QGIS.

Idéer och förslag på vidareutveckling som har prioriterats av referensgruppen och bedömts som genomförbara inom ramen för projektets resurser har tagits omhand direkt i projektets utvecklingsarbeten. Förslag som bedömdes kräva arbete utanför projektets resurser har dokumenterats i en lista med förslag till vidareutveckling (Bilaga B4). Denna lista är tänkt som underlag för en eventuell fortsättning av SKI eller som inspel till andra finansörer eller projekt som skulle kunna ta SKI-projektets arbete vidare.

Kommunikation

SKI-projektet har arbetat med spridning av information om projektet på flera sätt. En viktig del har varit en regelbunden avstämning med de redan nämnda expertgrupperna på HaV, Skogsstyrelsen och den externa referensgruppen. SKI har också informerat om projektets arbete inom bl a myndighetssamverkan Copernicus, arbetsgruppen för nationella marktäckedata, myndighetsnätverket för klimatanpassning och under en temadag om geodata för klimatanpassning. För att öka kännedomen om projektet bland fler användare av klimat- och satellitdata har det tagits fram en webbsida om projektet. Spridning av

projektets resultat sker bland annat genom publiceringen av denna rapport, publicering av insticksprogrammet till QGIS och med hjälp av kommunikationsmaterial som visar verktyget i arbetet. Även användnings-exemplen i rapportens kapitel *Resultat* syftar till att visa hur verktyget kan användas i praktiken. SKI har även tagit fram en video om projektet och dess resultat som finns att tillgå på HaVs hemsida.

Kompetensuppbyggnad

Ett syfte med SKI har varit att höja den gemensamma kompetensen om hur satellit- och klimatdata från Copernicus kan nyttjas för att tillgodose olika användarbehov. SKI har informerat om projektet och dess infrastruktur vid projektets referensgruppsmöten och andra möten. En viktig del av kompetensuppbyggnaden har varit den praktiska visningen av systemet och hur dess data och funktionalitet kan nås med hjälp av webbtjänster och olika GIS-plattformar. Vid referensgruppsmötena har det även funnits tillfällen att prova på olika funktioner av systemet. I senare skedet av projektet har fokusen legat på att visa och testa hur systemet kan nås speciellt med GIS-verktyget QGIS och det insticksprogrammet som SKI har tagit fram. Återkopplingen från projektets möten med användarna har även bidragit till en bättre förståelse av användarperspektivet och vilken teknisk vidareutveckling som behövs för att tillgodose dessa behov.

Infrastruktur

Systemets uppbyggnad

Systemets uppbyggnad visas i Figur 2. Drivkraften i utvecklingen och uppbyggnaden är användarnas behov att enkelt kunna komma åt och arbeta med data från många olika källor. Fokus för SKI-projektet har legat på användargrupperna nationella myndigheter, länsstyrelser och kommuner. Arbetet kommer dock på sikt att gynna betydligt fler användargrupper.

Vissa miljö- och klimatdata kan redan finnas i databaser eller via datatjänster som är relativt lättåtkomliga. Data kan också vara av mindre storlek och i hanterbara format så att det är enkelt för användarna att ladda ned dessa data och hantera och analysera dem med hjälp av sina lokala GIS-miljöer och analysverktyg. Exempel för den typen av data är geodata som samordnas inom den svenska geodatasamverkan eller nationella marktäckedata. Även klimatdata från Copernicus kommer på sikt att vara relativt lättillgängliga vilket diskuteras längre ned i detta kapitel. Denna typ av data visas i Figur 2 som *externa data* som i regel inte samlas i Skogsstyrelsens servermiljö utan kan nås förhållandevis enkelt från respektive datavärd.

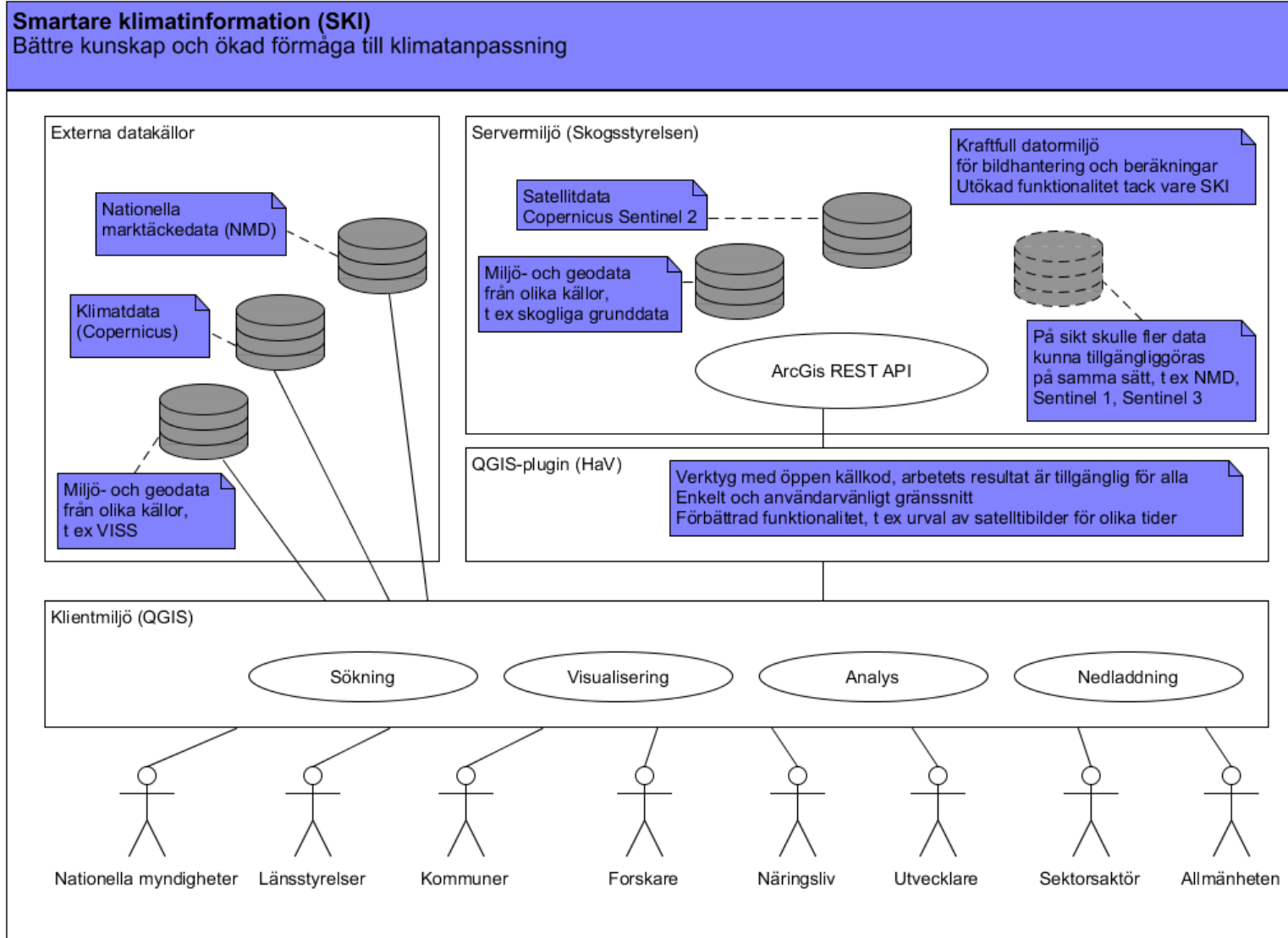
För de flesta användarna är det däremot ett problem att kunna ta del av och nyttja Copernicus-programmets stora mängder av satellitdata. Möjligheter att hantera och analysera dessa stora datamängder på ett enkelt sätt saknas idag. Att en användare ska bygga upp egen infrastruktur för detta ändamål innebär i de flesta fallen en för hög tröskel. Tröskeln är särskilt hög när det handlar om mindre regelbunden användning av satellitdata och användningsfall som att

bara kunna hitta en lämplig satellitbild eller produkt från en given tidpunkt. Problemet kompliceras ytterligare när Copernicus-data behöver kombineras med andra miljö- eller klimatdata. En lösning för en bättre hantering och analys av satellitdata erbjuds genom Skogsstyrelsens *servermiljö* (Figur 2). Servermiljön har tagits fram under ett antal år utifrån syftet att stödja myndighetens arbete med uppföljning av skogsmiljön och förändringar i skogar såsom avverkningar och tillväxt. Servermiljön består dels av ett arkiv av satellitdata från Copernicus som uppdateras regelbundet och idag omfattar data från Sentinel 2. Den andra delen av lösningen består i servermiljöns funktionalitet som låter användarna söka, visualisera, ladda ned och analysera data.

Servers programvara är en kommersiell lösning, men den erbjuder ett öppet gränssnitt (Application Programming Interface, API). Med hjälp av detta gränssnitt (ArcGIS Rest API, [ESRI 2018a](#)) kan servers data och funktioner nås från olika klientmiljöer. För att göra servermiljön tillgänglig för en bredare användargrupp och för att underlätta kombinationen av Copernicus satellitdata med externa datakällor har SKI tagit fram ett så kallad insticksprogram (plugin) till *klientmiljön* QGIS (Figur 2). QGIS är ett GIS med öppen källkod som används av många användare i Sverige och i hela världen ([QGIS 2018](#)).



Foto 3. Sjön Åsunden i Ulricehamn.

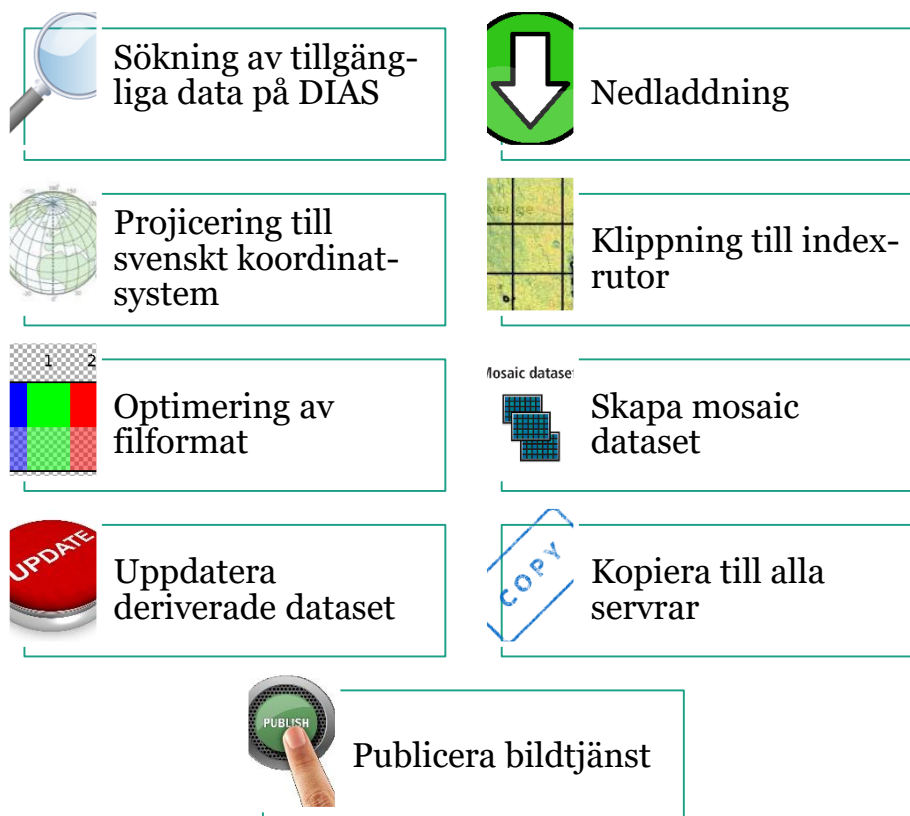


Figur 2. Systemskiss av SKI-projektets infrastruktur.

Hur kommer satellitdata till servern?

Satellitdata har fram tills den 30 september 2018 hämtats från det svenska systemet Swea. När det beslutades att Swea skulle avvecklas påbörjades arbeten med att hämta satellitdata från de nya europeiska datatjänsterna DIAS ([Copernicus 2018b](#)). Skogsstyrelsen har i projektet utvecklat rutiner och programvara för att ta hem Copernicus satellitdata från åtminstone två av de fem tjänsteleverantörerna inom DIAS.

Dataflödet består av ett antal steg från sökningen av tillgängliga data på DIAS och fram till en färdig bildtjänst som går att konsumera (Figur 3).

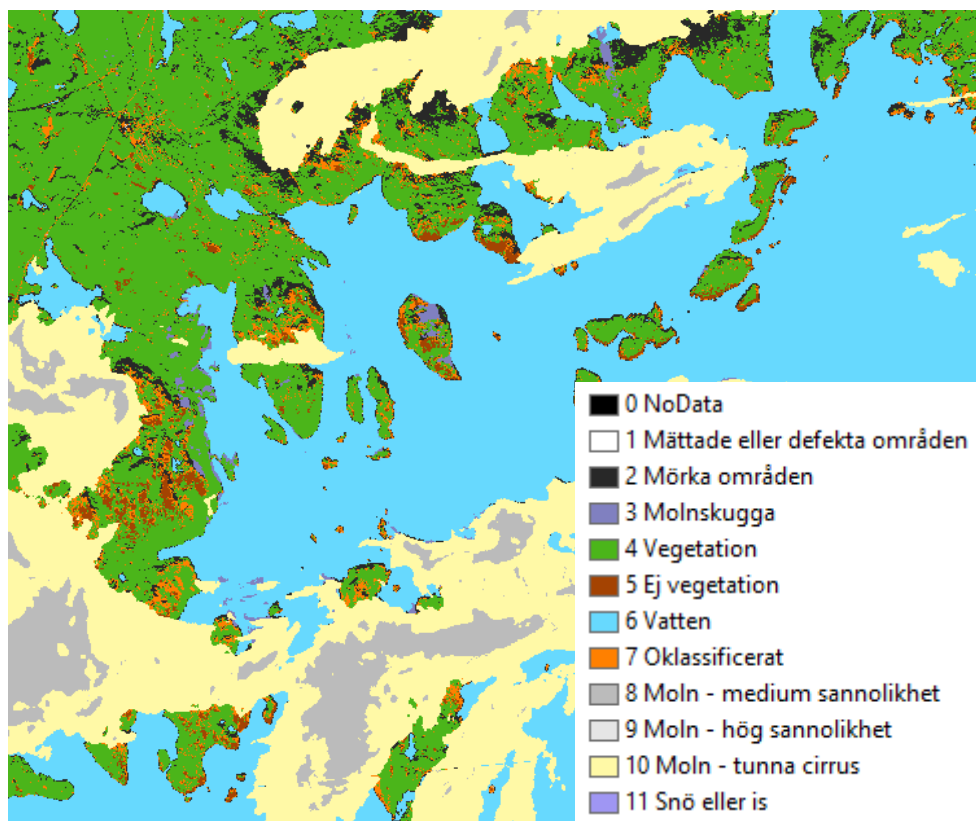


Figur 3. Stegen från DIAS till färdig bildtjänst som går att konsumera på alla klienter

I samband med skiftet från det svenska systemet Swea till DIAS har det också blivit möjligt att komma åt den mer förädlade produkten (Level-2A) av data från Sentinel 2. Med förädlingsnivån *Level-2A* har bilden genomgått en radiometrisk justering så att pixelvärdena är omräknade till *Bottom Of Atmosphere (BOA)* reflektans. Förenklat uttryckt innebär det att atmosfärens påverkan på pixeln har minimerats (se också Figur 4). Vissa effekter av dimma eller dis kan därmed tas bort ur bilden så att en större del av bilden går att utnyttja. En biprodukt vid framställningen av Level-2A är en molnmask som också följer med vid nedladdningen (Figur 5).



Figur 4. Bilden till vänster visar ett område före atmosfärskorrigeringen och bilden till höger visa den färdiga Sentinel 2 Level-2A bilden ([Bild ESA](#)).



Figur 5. En biprodukt till atmosfärskorrigeringen är en klassificering av pixlarna så att det går att avgöra bl.a. var moln och molnskuggor finns i bilden (Sentinel 2, Level-2A).

Funktioner på servern

Skogsstyrelsen server för satellitdata är en så kallad bildserver (ImageServer) som bygger på en kommersiell mjukvara med ett stort utbud färdiga funktioner som kan nyttjas via ett gränssnitt ([ESRI 2018a](#)). Användaren kan antingen nyttja dessa funktioner direkt eller skapa nya funktioner som en kombination av de färdiga funktionerna. Nya funktioner kan även skapas centralt på servermiljön och på sätt göras tillgängliga för alla användare av infrastrukturen. Under SKI-projektets gång har det förts en dialog med experterna inom projektets externa och interna referensgrupper om behoven av nya funktioner för skräddarsydd färgsättning av satellitdata för olika ändamål. Resultaten av detta arbete visas i rapportens kapitel Resultat samt i Bilaga B2.

Funktionerna på servern gör det möjligt för användare att göra en rad operationer på hela eller delmängder av data inom ett visst geografiskt utsnitt. De data som finns kan dessutom kombineras och analyseras så att nya framräknade data skapas. Alla beräkningar sker i det ögonblick de begärs av användaren vilket gör att det i praktiken inte krävs något extra lagringsutrymme på servern för dessa.

Server med både data och tillämpningsprogram

Både tillgången till och användandet av geografisk information har alltför länge varit något för experterna. En central del i projektet är därför att data, verktyg och dokumentation blir tillgängligt för slutanvändare på ett enkelt sätt. I takt med att data blir mer tillgängligt och öppet samt att tillämpningarna blir allt fler så ökar också behovet av att även verktygen är enkelt tillgängliga. Behovet av intuitiva och enkla verktyg som löser endast en eller ett par uppgifter ökar därmed. Verktygen kanske dessutom endast behövs en kortare tid för en speciell uppgift och av personer som har ingen eller liten kunskap om olika GIS-program. Dessa användare är däremot ofta experter på det fenomen eller analys som ska utvärderas och fattas beslut om. SKI-projektet har därför som ett led i tillgängliggörandet av data också tittat på möjligheten att på ett enkelt sätt distribuera fullfjädrade applikationer tillsammans med de data som används i applikationerna. De verktyg som erbjuder sådan kapacitet i Skogsstyrelsens miljö är ArcGIS Hub ([ESRI 2018b](#)).

I projektet har en utvärdering av ArcGIS Hub genomförts. Syftet har varit att se om verktyget uppfyller kraven på att enkelt kunna dela data samtidigt som det fungerar väl med Skogsstyrelsens infrastruktur. Verktyget är en plattform för att dela data och samarbeta kring specifika områden. Innehåll som publiceras i Hub blir tillgängligt för alla och måste vara publikt.

Samma funktionalitet som Hub finns även för en egen driftad ArcGIS Portal. Där kallas den Sites och har inte samma funktionalitet som Hub i dagsläget, men utvecklas i takt med nya versioner av ArcGIS enterprise. En skillnad mot Hub är att innehåll i en webbplats i Sites inte behöver vara publikt. Skogsstyrelsen håller samtidigt på att se över exponeringen av sina övriga öppna karttjänster. Även där är detta verktyg ett alternativ.

Förbättrad kapacitet på servern

Den europeiska satsningen på Copernicus producerar dagligen många terabyte (TB) av data från de satelliter som programmet tillhandahåller. Data-mängderna är naturligtvis inte i den storleksordningen över Sverige men enbart de båda Sentinel2-satelliterna genererar ca 50 gigabyte per dag över den svenska landmassan. Bortsett från all den komplexitet som finns kring att enbart hämta hem dessa data så kan de stora datamängderna avskräcka och rentav hindra användare att utnyttja de fördelar som dessa data erbjuder. För användare kan det till exempel innebära att ur den stora mängden data vilja urskilja de pixlar som är fria från moln och dis och föra samman dem till ett enda sammanhängande dataset, men det kan också handla om betydligt mer avancerade tidserieanalyser som gör det möjligt att till fullo utnyttja de stora fördelarna med de data som Copernicus erbjuder. SKI-projektet har därför undersökt och konfigurerat en serverprodukt från ESRI ([ESRI 2018c](#)) som gör det möjligt att utföra krävande bearbetningar på stora datamängder. Bearbetningarna sparas därefter som ett nytt dataset som kan publiceras och göras tillgängligt. För användare innebär detta en väsentlig förbättring i prestanda och tillgänglighet.

Policy för nyttjande

Tillgång till Skogsstyrelsens servermiljö för rasterdata kräver idag ett användarkonto. Användarkonto kan fås av intresserade myndigheter efter förfrågan via Skogsstyrelsens hemsida för geodatatjänster ([Skogsstyrelsen 2018a](#)). Skälet för detta är i första hand skyddet av infrastrukturen mot användningar som riskerar att påverka systemets prestanda negativt, i andra hand för att kunna kommunicera med användarna. Infrastrukturen är fortfarande under uppbyggnad och det behövs mer erfarenhet om hur ett ökat nyttjande påverkar systemets prestanda.

För att nå hela vägen vad gäller *Öppna data* bör man använda licensen [CCo](#) (helt fritt, källa behöver inte anges) och det ska inte behövas någon registrering för att komma åt dessa data. Förnärvarande gäller dock för de data som servas ut från Skogsstyrelsen att källa ska anges - det som går under beteckningen [CC-BY](#). Exakt vad som ska anges finns angivet i bildtjänstens metadata som även det kan nås via ett anrop till servern.

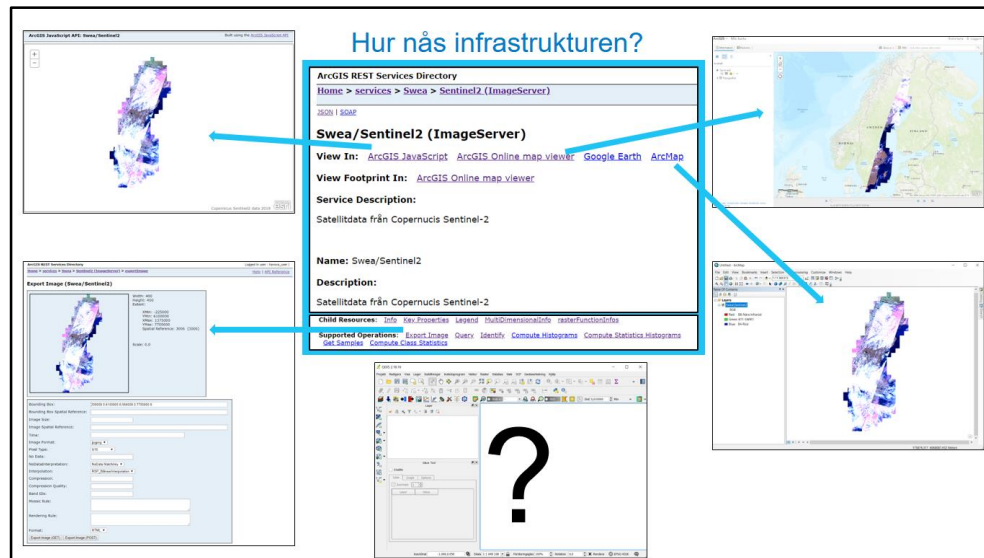
Arbete inom policyområdet pågår i Skogsstyrelsens "förvaltningsgrupp för externa system". Avsikten är att göra en samlad översyn av myndighetens policy 2019.

Befintliga sätt att nå servermiljön

Före SKI-projektet fanns möjligheten att nå servermiljön med hjälp av ESRI:s GIS-verktyg och online-verktyg, javascript, och genom att användaren fyller i ett webbformulär som sedan skapar en teknisk förfrågan mot serverns gränssnitt ArcGIS Rest API ([ESRI 2018a](#)) och dess tjänstespecifikation för bildtjänsten (Image Service):

- ArcGIS Javascript API
- ArcGIS ArcGIS Online Map Viewer
- ArcGIS Earth
- ArcGIS Explorer eller annan mjukvara av samma leverantör
- Webbgränssnitt med tillgång till gränssnittets funktioner som kan konfigureras via webbformulär eller http-anrop.

I Figur 6 visas hur infrastrukturen kan nås på några utvalda sätt.



Figur 6. Olika sätt att nå Skogsstyrelsens server för satellitdata. Kopplingen till QGIS saknades före SKI-projektet (frågetecknet).

Nytt insticksprogram för QGIS

Innan SKI-projektet saknades en möjlighet att koppla upp sig till en ArcGIS bildtjänst med hjälp av ett verktyg med öppen källkod (Figur 6). Detta innebar ett hinder för användare som saknade tillgång till ett kommersiellt GIS eller där organisationens policy förespråkar användningen av verktyg med öppen källkod. För att lösa detta problem tog SKI-projektet fram ett insticksprogram för QGIS (Figur 2). Eftersom funktionaliteten i gränssnittet ArcGIS REST API är mycket omfattande prioriterades de funktionerna som identifierades som särskilt viktiga av SKI-projektets referensgrupp. Ur ett användarperspektiv bedömdes det som särskilt angeläget att kunna:

- Läs in satellitbilder från bildservern för ett givet datum eller tidsfönster i QGIS
- Kombinera bildmaterial från servern med andra data
- Spara bilderna i användarens lokala miljö
- Läs in bilder i de fördefinierade färgsättningarna/bildvyerna på servern
- Kunna läsa hjälptexterna till de fördefinierade färgsättningarna/bildvyerna
- Få en bättre översikt över de datumen där det finns satellitbilder tagna
- Få en snabb översikt över bildernas kvalitet och molnighet.

Dessa användarönskemål har styrt prioriteringen i SKI-projektets arbete med insticksprogrammet.

Det huvudsakliga syftet med framtagningen av insticksprogrammet har varit att kunna arbeta med Copernicus satellitdata från Skogsstyrelsens bildserver i QGIS. Det finns dock många bildservrar i Sverige och hela världen som nyttjar samma gränssnitt. Samma insticksprogram kan alltså användas för att kommunicera med dessa bildservrar, till exempel för att kunna hämta bilder från länsstyrelsernas ArcGIS-server eller Landsat-bilder från en server hos amerikanska geologiska undersökning USGS.

Nationella marktäckedata

Satellitbilder ger information om tillståndet i miljön vid de tillfällena då bilderna är tagna. För att kunna se förändringar i miljön behövs även en bra bild av referenstillståndet. En användare som är intresserad av nytillkomna eller minskande ytvattenförekomster behöver till exempel veta var det förekommer ytvatten under normala förhållanden. Projektet Nationella Marktäckedata (NMD) har startats av Naturvårdsverket i samverkan med andra myndigheter för att ta fram en rikstäckande kartering av svensk marktäckte ([Naturvårdsverket 2018a](#)). Karteringen förväntas bli klar under 2019.

SKI-projektet har använt sig av första tillgängliga data från NMD för Västra Götalands län. Dessa data har bland annat nyttjats för en jämförelse av vattenytors representation i NMD, andra befintliga marktäckedata och satellitbilder vid olika tillfällen som redovisas i kapitlet *Resultat*. SKI har även arbetat med den inbyggda QGIS- funktionen ”QGIS model builder”. Projektet har bland annat tagit fram en enklare modell som gör det möjligt att kombinera marktäckedata och satellitdata och räkna statistik såsom andelen av en viss marktäckeklass inom en definierad zon (buffert) i angränsning till en annan marktäckeklass (till exempel skog nära vatten eller bebyggelse).

Copernicus-klimattjänst

Klimattjänsten av Copernicus är fortfarande under uppbyggnad ([Copernicus 2018c](#)). Under sommaren 2018 lanserades tjänstens nya datalager (Climate Data Store, CDS). Datautbudet från tjänsten är än så länge relativt litet men datalagret kommer gradvist att fyllas på med nya data under de kommande åren. Tjänsten tillhandahåller även en verktygslåda som tillåter användare att utföra analyser, visualisering och nedladdning av klimatdata. Verktygslådan bygger på programmeringsspråket Python och består av ett antal skript som kan anpassas och vidareutvecklas av användaren. Konceptet har likheter med det konceptet som används av Skogsstyrelsen för att hantera och distribuera satellitdata. Den tekniska lösningen bygger dock på andra programvaror och gränssnitt och är fortfarande i ett utvecklingsstadium.

SKI-projektet har inte haft möjlighet att arbeta mycket med klimattjänsten som en följd av begränsade resurser men även på grund av klimattjänstens tidiga utvecklingsstadium. Projektet har dock skissat på ett koncept på hur data från tjänsten skulle kunna inkluderas i den befintliga infrastrukturen på sikt och hur vissa klimatdata skulle kunna kombineras med satellitdata för att ge bättre information om till exempel vegetationens utvecklingsstadium. Konceptet beskrivs i kapitlet *Resultat*.

Datakällor

Bilaga B1 ger ett axplock av öppna data av intresse för en hållbar förvaltning av skog och vatten i ett klimat under förändring. Sammanställningen innehåller exempel på tillgängliga data från nationella, europeiska och internationella källor. Med hänsyn till projektets resurser och tidsramar har SKI valt att fokusera på Copernicus satellitdata från Sentinel 2 och nationella marktäckedata NMD. Sentinel 2 data från Copernicus används i rapportens Figur 4-9, 12-13, 15-18 och 24-26. NMD används i Figur 12-14 och Figur 22-23. När det gäller klimatdata valdes det datasetet som fanns tillgängligt (ERA5, [Copernicus 2018d](#)) från nya Copernicus-klimattjänsten för några första tester. Datasetet är en global återanalys av klimatdata såsom temperatur och andra parametrar. Den rumsliga upplösningen av ERA5 är ungefär 30 km och därmed inte optimal för användning på nationell och lokal nivå. Mer högupplösta data är under framtagning och förväntas levereras av Copernicus-klimattjänsten under 2019.

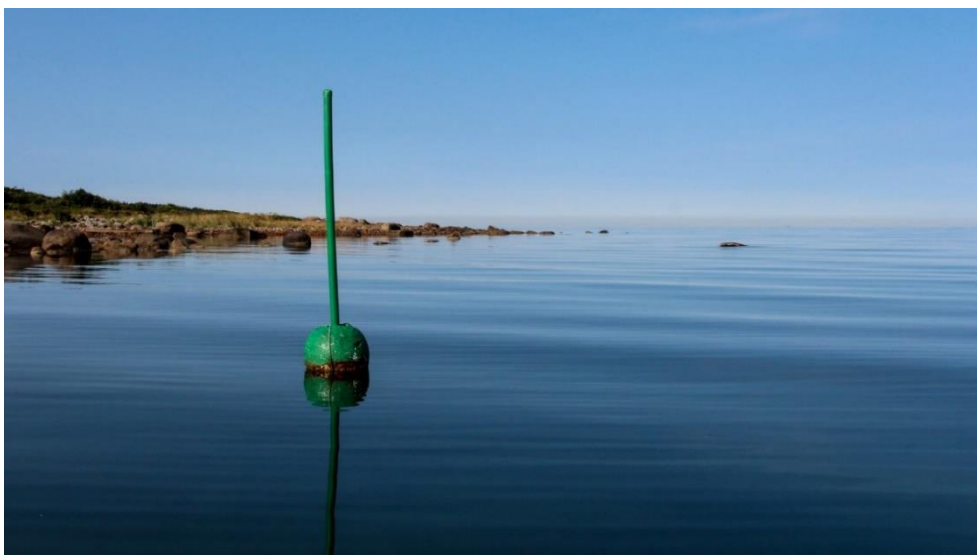


Foto 4. Havet nära Väröbacka i Halland.



Foto 5. Lövskog i Ulricehamn.

Resultat

Förbättringar av infrastrukturen

Nya rasterfunktioner

Utifrån SKI-projektets dialog med projektets referensgrupp framstår det som särskilt viktigt för klimatanpassning och för miljöarbetet generellt att kunna få en bra bild av det aktuella tillståndet av till exempel jordbruksmark, skog, brandområden och vattenområden. Det är också angeläget att kunna hitta förändringar i naturliga och konstgjorda miljöer. I linje med dessa behov har det tagits fram ett antal rasterfunktioner (33 stycken). Dessa funktioner har sedan lagts upp centralt i Skogsstyrelsen servermiljö och finns därmed färdiga att nyttja för bildtjänstens användare. Tabell 1 ger en översikt över några av dessa rasterfunktioner. För en fullständig lista se Bilaga B2.

Tabell 1. Några av de rasterfunktioner som är tillgängliga för alla användare av serverns tjänster.

Namn	Beskrivning
SKS_SWIR	Skogsstyrelsen normala bildsträckning för banden Bo8, B11 och B4
HaV_NDWI	Skapar ett vattenindex med B8 (NIR) och B11 (SWIR1) enligt Gao 1996
HaV_NDWI1	Skapar ett vattenindex med B8 (NIR) och B11 (SWIR1) enligt Gao 1996. Maskar default bort ytor som har ett NDWI < 0.01
HaV_NDWI2	Skapar ett vattenindex med B8 (NIR) och B3 (Green) enligt McFeeters 1996. Maskar default bort ytor som har ett NDWI < 0.01.
SJV_Jordbruksaktivitet	Jordbruksverkets sträckning för aktivitetskontroll med banden B11, Bo8 och Bo2
SKS_Brandinformation	Bandkombination för att hitta brandområden (B12, Bo8, Bo4)
SKS_Diff	Beräknar förändring i ett angivet spektralband mellan två bilder från olika tidpunkter.
SKS_DiffNBR	Beräknar förändring i Normalized Burn Ratio mellan två bilder från olika tidpunkter.

Rasterfunktioner förklarade

En rasterfunktion utför en bildbehandlingsoperation på ett eller flera raster genom så kallad *on-the-fly processing*. Det betyder att det endast är det område som användaren begär som processas och att inga resultat lagras. Resultatet skickas istället direkt till klienten och finns därefter inte kvar på servern. Exempel på sådana rasterfunktioner är *Terrängskuggning* av höjdmodellen, *Kontraststräckning* av bilder och *Färgsättning* av klassat data.

När en användare vill använda en rasterfunktion skickas namnet på funktioner in via bildtjänstens REST-API. Operationen utförs på servern och användaren får tillbaka ett svar som i de flesta fall är en bild. I en hel del fall går det

dessutom att skicka med parametrar till rasterfunktionen som gör det möjligt att styra på vilket sätt som operationen på data utförs. Det kan handla om att ändra en multipliceringsfaktor, justera en belysningsvinkel, förändra en färgsättning, göra delar av bilden genomskinlig eller justera vilka spektralband som används. Med rasterfunktioner får användaren tillgång till ett oerhört kraftfullt och variabelt verktyg som gör det möjligt att utföra komplicerade operationer med några enkla klick.

Förbättrade möjligheter att distribuera data och applikationer

I ArcGIS online finns en applikation för att skapa och administrera webbplatser kopplade till ArcGIS Hub. ArcGIS Hub är ett webbredigeringsverktyg för att skapa portaler med fokus på ett visst område. ESRI beskriver det som ett verktyg att engagera och samarbeta inom en användargrupp ([ESRI 2018b](#)). Tanken med ArcGIS Hub är att samla information och länkar till dataset och tjänster, men även annat innehåll som är till nytta i sammanhanget. Det kan vara exempelapplikationer, dokumentation och länkar till information och tjänster som finns hos andra leverantörer. ArcGIS Hub innehåller verktyg för att underlätta design och administration av en sådan webbplats.

ArcGIS Hub bygger på samma principer kring grupper som finns i ArcGIS online och ArcGIS Portal. Det innebär ett sätt att styra ”vem som ska få se vad” i en portal eller på en webbplats. Innehåll kan delas till specifika grupper eller publikt. Grupper i Hub styr även vilket innehåll som visas per automatik i en webbplats när till exempel en tjänst publiceras. Inom SKI projektet har det varit intressant att se hur väl ArcGIS bildtjänster presenteras, samt hur en tematisk sida med öppna data och tjänster kan se ut. I Sverige har Kalmar kommun kommit en bit på väg och gör sina öppna geodata tillgängliga via ArcGIS Hub ([Kalmar 2018](#)).

Publicera och administrera tjänster

Skogsstyrelsen utvecklar och tillhandahåller kart- och bildtjänster på ArcGIS plattformen. Vid publicering kan beskrivande text och vissa metadata anges för aktuell tjänst. Dessa texter följer sedan med tjänsten. I ArcGIS Hub finns ett standardiserat sätt att visa information om tjänsten.

Beskrivning av tjänster

ArcGIS Hub innehåller en mall som visar information om en kart- eller bildtjänst. Informationen hämtas från tjänstens REST gränssnitt. Här finns förutom metadata även länkar till tjänstens endpoint, samt möjlighet att ladda hem data (om tjänsten tillåter det). För en karttjänst finns information om vilka fält som ingår och det finns möjlighet att se och prova REST-anrop mot tjänsten. När det gäller bildtjänster (ImageService) är inte funktionaliteten lika utbyggd. Här saknas till exempel möjlighet att på ett bra sätt se vilka rasterfunktioner som ingår. Däremot finns länk till tjänstens endpoint och REST gränssnitt.

Dela tjänster publikt eller till vissa grupper

Vid publicering anges även till vilken eller vilka grupper tjänsten ska vara tillgänglig. Det här styr samtidigt om tjänsten blir synlig på en ArcGIS Hub webbplats. En tjänst som är lösenordsskyddad kan vara synlig på ArcGIS Hub, så att användare kan se dess metadata.

Dela dokumentation

Länkar till dokument, bilder mm kan göras tillgängligt via ArcGIS Hub. Det kan även vara länk till kod eller färdiga applikationer på till exempel Github.

Skapa exempelapplikationer

I vissa lägen kan det vara bra att skapa applikationer där användare får provköra data och funktioner. Eftersom Hub är en del av ArcGIS online är det möjligt att bygga applikationer med de mallar som finns där. Detsamma gäller applikationer som byggs med den konfigurerbara Web Appbuilder. Det kan vara användbart för att visa en egenbyggd widget med speciell funktionalitet. Det går även att skapa så kallade "Storymaps" för att skapa en berättelse baserad på en eller flera kartor.

Skogsstyrelsen planerar att inom en snar framtid besluta om verktyget ska användas för exponeringen av alla öppna datatjänster. Det sker dock under våren 2019 och finns alltså inte med inom projektets åtagande. Däremot har den utvärdering som gjort inom SKI gett väsentlig information för framtiden. Verktöget behöver tillföras viss funktionalitet för de datamängder som består av raster för att fullt ut kunna presentera och beskriva de data och rasterfunktioner som Skogsstyrelsens bildtjänster exponerar.

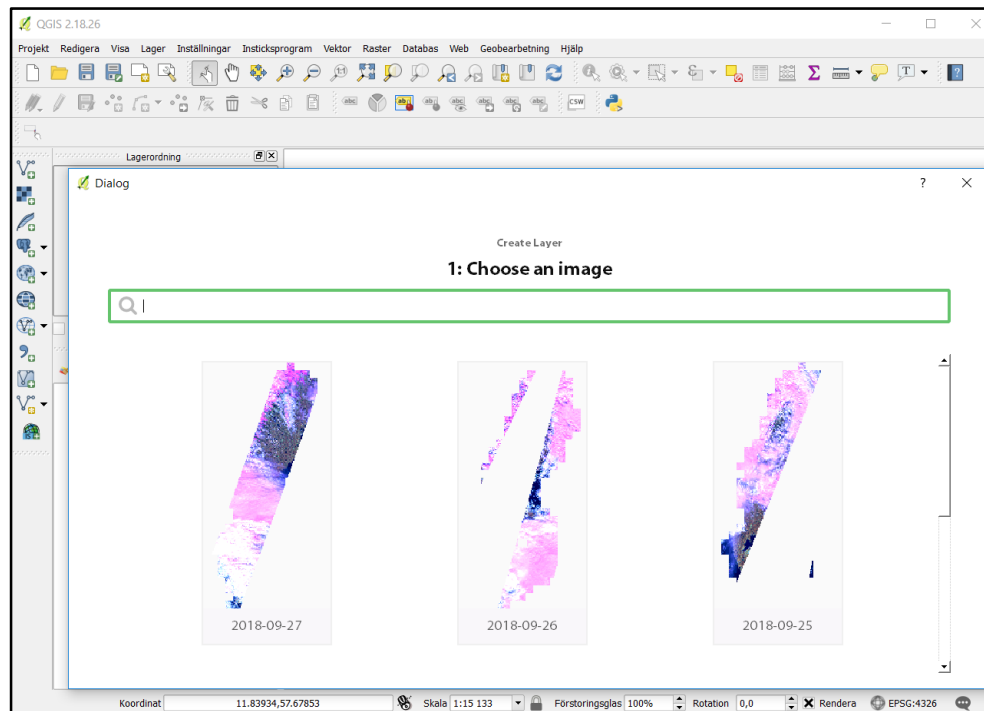
Nytt sätt att bearbeta stora datamängder

SKI-projektet har installerat programvara och konfigurerat den miljö som krävs för att kunna bearbeta data med hjälp av ESRI:s Raster Analytics ([ESRI 2018c](#)). Nästa steg är att starta regelrätta körningar. Tyvärr har inte projektet kunnat utföra dessa körningar inom projektiden på grund av förseningar hos leverantören. De första körningarna och utvärderingarna kommer därför först igång i början av 2019.

Så kan du arbeta med det nya QGIS-insticksprogrammet

SKI-projektets insticksprogram till QGIS gör det möjligt för användare att koppla upp sig mot Skogsstyrelsens ArcGIS bildserver och söka, visa, ladda ned och analysera satellitdata i QGIS. Insticksprogrammet kan även användas för att nyttja data från liknande ArcGIS bildservrar i hela världen.

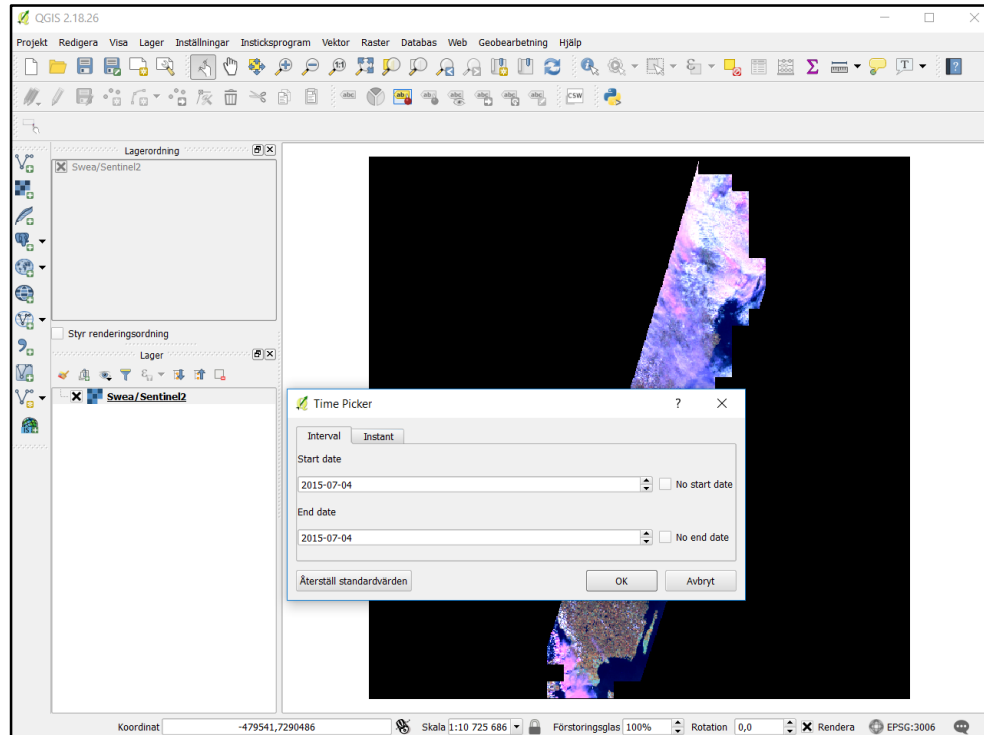
Efter inloggning på servern möts användaren av en översikt med de dagar för vilka det finns satellitdata hos Skogsstyrelsen. För varje dag visas även en liten bild som ger en översikt över bildens läge, kvalitet och molnighet (Figur 7).



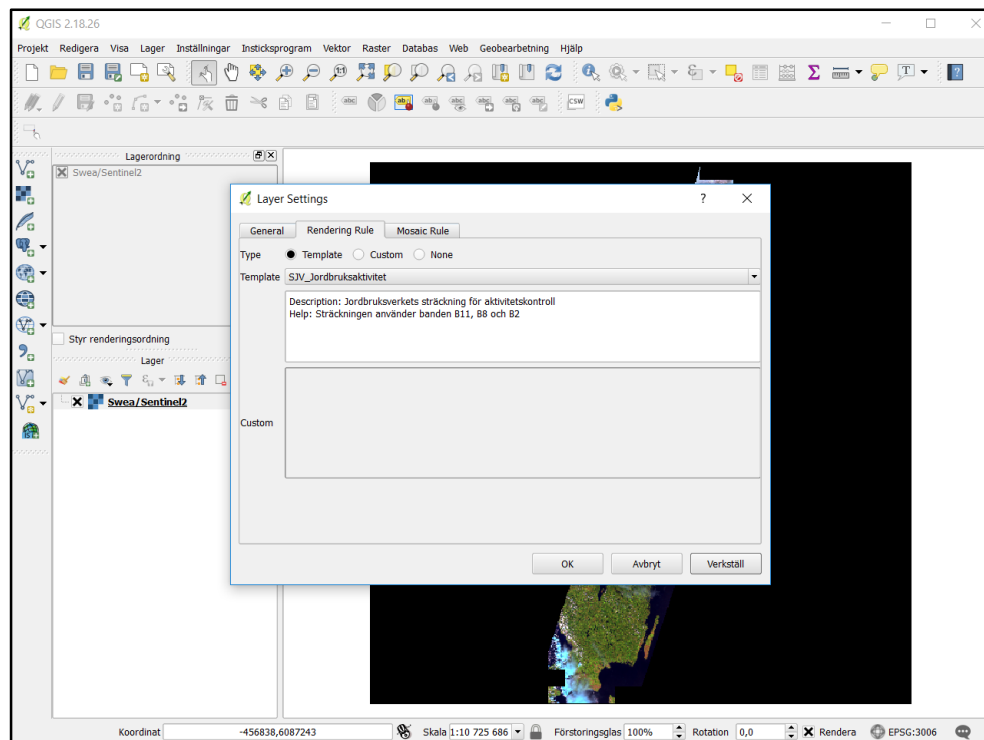
Figur 7. QGIS-menyn efter inloggning till Skogsstyrelsens server.

När användaren valt en bild för ett visst datum laddas bilden i QGIS och visas som lager i listan med tillgängliga skikt. Genom att högerklicka på lagret i lagerlistan nås fliken ArcGIS och en meny där användaren kan välja en tidsintervall för att få en mosaik eller en stapel av tillgängliga satellitbilder inom intervallet (Figur 8).

I samma meny kan det även väljas nedladdning av data med en rad andra konfigurationsmöjligheter såsom bildens upplösning. Användaren kan även välja bland de fördefinierade visningsfunktionerna ("rendering rules") som visar bilden med hjälp av bandkombinationer från Sentinel 2 som är skräddarsydda för olika ändamål (Figur 9). För erfarna satellitdataanvändare finns även en möjlighet att definiera egna visningsfunktioner med hjälp av Skogsstyrelsens ArcGIS bildserver och dess rasterfunktioner. Användaren kan också påverka hur överlappande bilder hanteras genom rasterfunktionerna. På så sätt kan till exempel satellitbanden med de lägsta pixelvärden väljas ur en bildstapel. Detta är ett relativt enkelt sätt att minska molnigheten (hög pixelvärden) i bilderna.



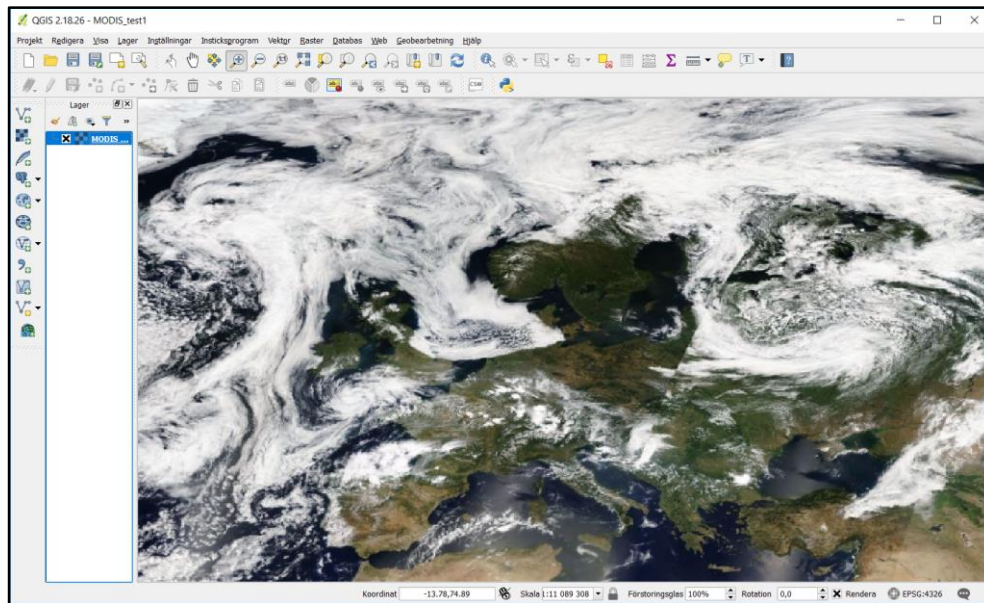
Figur 8. Urval av tidsintervall i QGIS-insticksprogrammet.



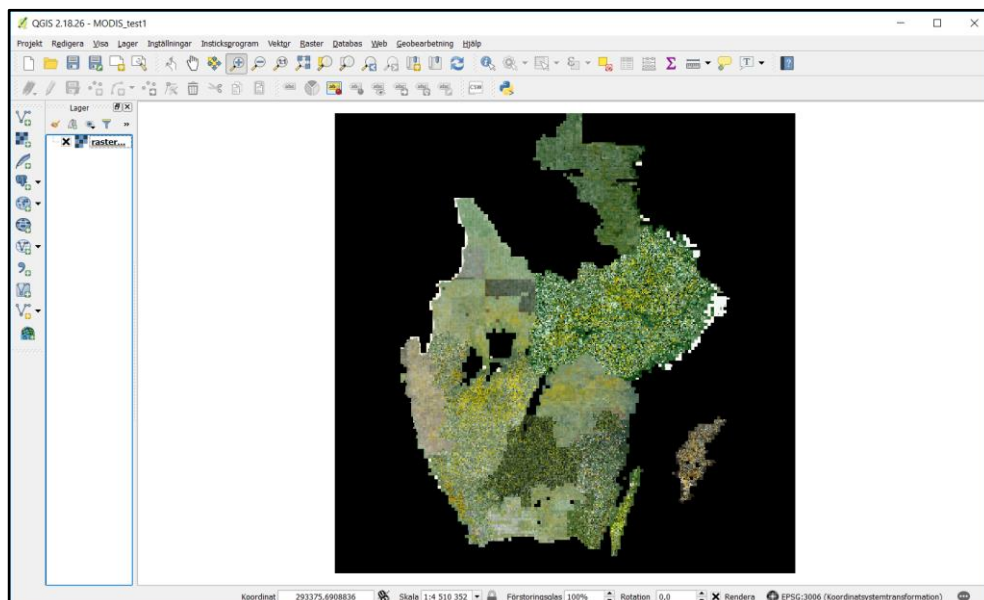
Figur 9. Urval av visningsfunktioner ("rendering rules") i QGIS-insticksprogrammet. I detta exempel visas en fördefinierad färgsättning ("raster function") för visning av jordbruksaktivitet som nyttjar banden 11, 8 och 2 från Sentinel 2.

Insticksprogrammet togs fram utifrån behovet att kunna nå Skogsstyrelsens bildserver men kan även nyttjas för att nå andra likartade servrar i hela världen. I Figur 10 visas ett exempel där insticksprogrammet har använts för att hämta en bild från en bildtjänst för satelliten MODIS som drivs av NASA. Ett annat exempel ges i Figur 11 där verktyget har nyttjats för att hämta data från Länsstyrelsernas bildserver. I Bilaga B3 visas en lista med några

bildservrar som har testats inom ramen för SKI-projektet. ESRI:s gränssnitt ArcGIS REST ImageServer är dock mycket kraftfull och flexibel vilket gör att uppsättningarna av bildtjänsterna varierar en del. Det lär behövas mer arbete och utveckling av QGIS-insticksprogrammet utanför SKI-projektets ramar för att kunna hantera vissa bildservrar.



Figur 10. Satellitbild hämtat från en ArcGIS ImageServer för data från satelliten MODIS. Bilden är en mosaik av scener mellan 2018-07-03 och 2018-07-04. Datakälla: NASA Global Imagery Browse Services. Bildtjänstens källa: <https://modis.arcgis.com/arcgis/rest/services/MODIS/ImageServer>.



Figur 11. Exempelbild från länsstyrelsernas ArcGIS ImageServer: Ekonomiska kartan (1935-1978) var registerkarta och redovisar fastigheterna och registerbeteckningarna. Datakälla: Lantmäteriet/Metria. Bildtjänstens källa: http://ext-geodata.lansstyrelsen.se/arcgis/rest/services/raster/ekonomiska_kartor/ImageServer.

SKI-projektets QGIS-plugin finns publicerat öppet på GitHub (<https://github.com/havochvatten/ImageServerConnector-QGIS-Plugin>) och i

det centrala QGIS-repository med insticksprogram. Insticksprogrammet kan installeras precis som andra experimentella QGIS-plugin och är fritt att nyttja och vidareutveckla av användare i hela världen.

Koncept för användning av klimatdata från Copernicus

Det är först under 2019 som Copernicus-klimattjänst förväntas tillhandahålla mer högupplösta klimatdata som är av intresse för klimatanpassning på nationell, regional och lokal nivå. Även tjänstens verktygslåda är fortfarande i ett tidigt utvecklingsstadium och än så länge inte lämplig för operationella användningar. SKI-projektet har därför fokuserat på att ta fram koncept för möjliga sätt hur tjänstens kommande data och verktyg skulle kunna nyttjas. Utifrån SKI-projektets tester finns åtminstone tre intressanta alternativ:

- i. Spegla relevanta klimatdata, till exempel regionala återanalyser, till Skogsstyrelsens server där de hanteras på ett liknande sätt som satellitdata. Fördelen är att data kan nås genom samma gränssnitt och analysverktyg som satellitdata. Detta skulle troligen också underlätta användningen av klimatdata för svenska användare som redan byggt upp erfarenheter med Skogsstyrelsens server och dess gränssnitt. För denna lösning skulle det dels behövas en initial spegling av det befintliga historiska dataarkivet. Efter det behövs bara inkrementell spegling av uppdateringarna i nära realtid. En nackdel är att det behövs lagringsutrymme och att beräkningskapacitet av Skogsstyrelsens server tas i anspråk för eventuell bearbetning av klimatdata.
- ii. Nyttja klimattjänstens egna verktyg och beräkningskapacitet och ladda ned bara slutprodukterna från den eventuella bearbetningen och urval utifrån ett stort arkiv av regionala klimatdata. Fördelen är att det inte behövs någon spegling och förvaltning av stora klimatdata på Skogsstyrelsens server. En nackdel är att användaren inte kan arbeta på samma sätt med hela klimatarkivet som med satellitdata på Skogsstyrelsens infrastruktur.
- iii. Anpassning av det av SKI-projektet utvecklade insticksprogrammet för QGIS mot gränssnittet för Copernicus-klimattjänsten. På samma sätt som användaren kan nyttja ”rendering rules” eller ”mosaic rules” för skräddarsydda analyser på Skogsstyrelsens server skulle det kunna skickas Python-kommandon och även kompletta skript till klimattjänstens gränssnitt. Resultat (bilden eller datalagret) skulle sedan kunna visas och analyseras direkt i QGIS. Fördelen är att användaren på så sätt skulle få ett effektivt verktyg för att arbeta med hela arkivet av data i klimattjänstens datalager. För framtagningen av ett nytt insticksprogram skulle det troligen behövas ett nytt projekt. Det krävs dessutom att klimattjänstens server kan stödja den snabba dynamiska interaktionen som behövs när en användare arbetar med kartor eller data i QGIS.

SKI-projektet har även skissat på en viktig användning av klimatdata från Copernicus. Med hjälp av regionala återanalysdata som uppdateras i nära realtid skulle det kunna räknas fram temperatursumman för ett givet tidsintervall, till exempel från början av årets växtsäsong till det tillfället där en

viss satellitbild är tagen. Denna information skulle kunna utgöra metadata till själva satellitdata. På så sätt får användaren av satellitinformation även information om hur utvecklad växtligheten är vid tiden då satellitbilden är tagen. På liknande sätt skulle nederbördsinformation kunna aggregeras för olika intervall, till exempel de senaste två veckorna innan en viss satellitbilds tid. Denna information om aggregerad nederbörd under dagarna innan bildtillfället skulle till exempel kunna ge vägledning om hur lämplig avverkning av skog och transport av virke är vid just detta tillfälle. Genom att förse sektorsaktörer med den typen av information skulle ökad hänsyn kunna tas till den rådande bärigheten av marken, något som skulle bidra till att undvika så kallade körskador och negativ påverkan på mark och vatten.

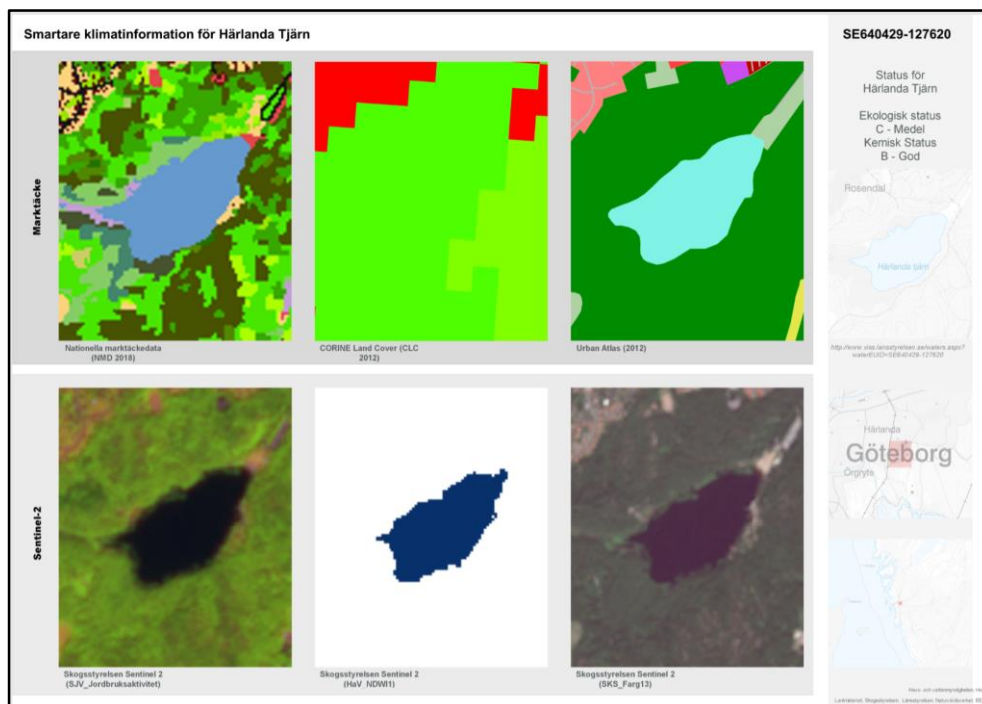
Användningsexempel

Mer regelbunden och aktuell miljöinformation

QGIS Atlas

Fördelen med regelbunden tillgång till aktuella satellitdata är en bättre uppföljning av förändringar i miljön. För att illustrera dessa möjligheter har SKI-projektet tagit fram en atlas med kartor över utvalda svenska sjöar som finns dokumenterade i VISS (VattenInformationSystem Sverige, [VISS 2018](#)). Hela QGIS-atlasen finns som en separat bilaga till denna rapport på HaVs hemsida.

Figur 12 visar ett exempel för sjön Härlanda Tjärn i närheten av Göteborg. SKI-projektet har dels gjort en enklare jämförelse av vattenytornas representation i befintliga marktäckedata. För den jämförelsen valdes Corine Land Cover (CLC 2012), Urban Atlas 2012 och det nya svenska nationella marktäckedatasetet NMD. CLC och Urban Atlas är marktäckeprodukter som tillhandahålls av den pan-europeiska respektive lokala delen av Copernicus-programmets landtjänst ([Copernicus 2018e](#)). SKI har inte haft som ambition att göra en utförlig kvantitativ jämförelse av olika marktäckedata, så den uppgiften kvarstår för andra projekt. En visuell jämförelse av de tre olika marktäckedata (CLC, Urban Atlas och NMD) visar dock på att NMD ger den mest detaljerade beskrivningen av vattenförekomsternas ytor. Upplösningen av NMD följer upplösningen av Sentinel 2 vilket gör NMD till den mest lämpliga produkten för svenska rikstäckande förändringsanalyser. SKI-projektet har därför valt att använda NMD som referensmaterial för tolkning av aktuella satellitbilder när det gäller förändringsanalys som till exempel förändring av vattenytor, avverkningar eller bränder. I andra bildraden i Figur 12 visas tre olika sätt att visualisera samma område med hjälp av de fördefinierade färgsättningarna på Skogsstyrelsens bildserver [jordbruksaktivitet, vattenindex ("normalized difference water index", NDWI) och en särskild färgsättning för skog].

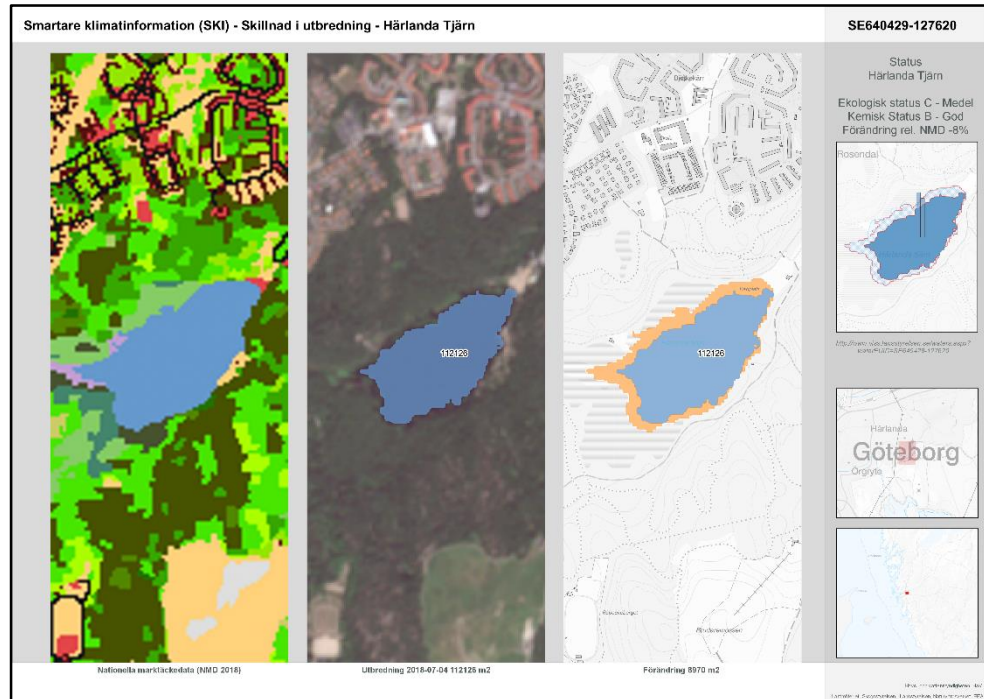


Figur 12. Nationella marktäckedata NMD, Corine Land Cover 2012 och Urban Atlas 2012 (övre raden). Jordbruksaktivitet, vattenindex (NDWI) och Skogsstyrelsens färgsättning baserad på data från Sentinel 2, 4 juli 2018.

Aktuell vatteninformation som komplement till statistiken

Idag finns flera system som ger omfattande information om det genomsnittliga tillståndet i land- och vattenmiljöer under en viss period. I till exempel VISS finns klassningar och kartor över alla Sveriges större sjöar, vattendrag, grundvatten och kustvatten. Information om marktäcke kan fås av NMD. Satellitbilder från Copernicus kan komplettera den typen av information med lägre uppdateringsfrekvens med mer aktuella bilder av miljöns tillstånd.

Möjligheterna illustreras i Figur 13 för Härlanda Tjärn. Enligt uppskattning från satellitbilder från Copernicus Sentinel 2 var sjöns utbredning under sommaren 2018 betydligt mindre än den utbredningen som anges i NMD. En mycket enkel förändringsanalys tyder på att det kan handla om en minskning av flera procent av sjöns normala vattenyta. Liknande förändringar kan ses i andra grunda svenska ytvattenförekomster under torkan sommaren 2018. Större förändringar i vattenytor kan innebära konsekvenser för vattenberoende ekosystem och för människans nyttjande av vatten som till exempel dricksvatten. Genom att koppla aktuell miljöinformation från Copernicus med information av mer statistisk karaktär fås en bra helhetsbild av miljöns tillstånd.

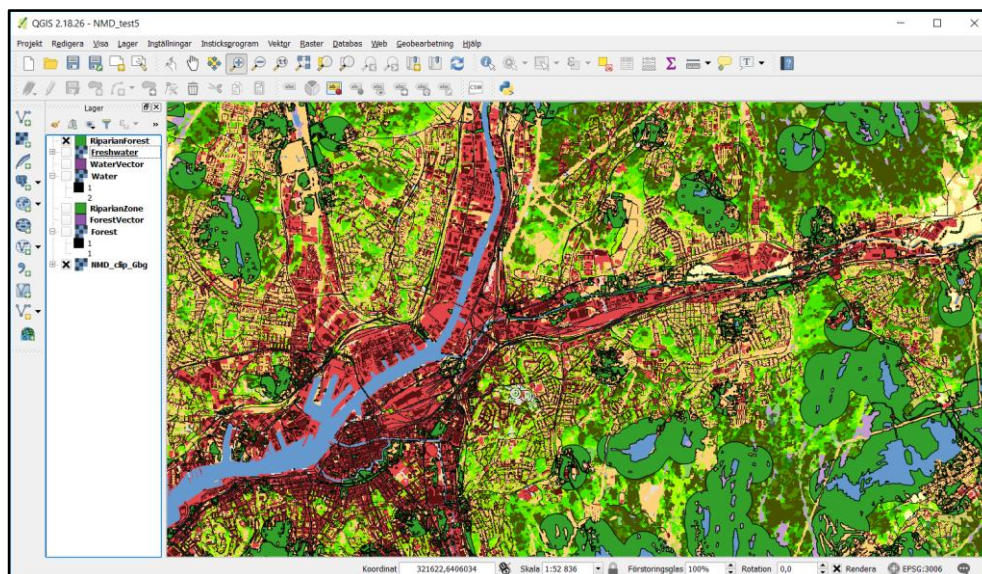


Figur 13. Förändringsanalys Härlanda Tjärn. NMD (vänster), uppskattning av vattenyta ifrån en satellitbild från Sentinel 2 (4 juli 2018, mitten) och skillnad i utbredning (tredje bild från vänster; topografiska webbkartan: Lantmäteriet).

Förändringar av grön infrastruktur

Grön infrastruktur definieras som ett ekologiskt funktionellt nätverk av livsmiljöer och strukturer, naturområden samt anlagda element som utformas, brukas och förvaltas på ett sätt så att biologisk mångfald bevaras och för samhället viktiga ekosystemtjänster främjas i hela landskapet. Grön infrastruktur bidrar till bevarandet av biologisk mångfald, upprätthåller ekosystemens status och stärker därmed viktiga ekosystemtjänster så att kapaciteten för återhämtning efter störningar stärks. Att arbeta med utgångspunkt i grön infrastruktur tillför ett mervärde både genom att insatser kan samordnas och effektiviseras, och genom att tidigare förbisedda sammanhang i landskapet uppmärksammas ([Naturvårdsverket 2018b](#)). Grön infrastruktur har stor betydelse för klimatanpassningen. Grön infrastruktur kan exempelvis användas för att minska mängden dagvatten som kommer in i avloppssystem och i slutändan når sjöar och vattendrag, genom att vegetationen och marken har en naturlig kvarhållnings- och upptagningsförmåga. Samtidigt motverkas urbana värmeöar och effekten av värmeböljor minskas avsevärt ([EU 2018](#), [Persson et al. 2018](#)).

Med hjälp av marktäckedata såsom NMD fås en bra bild av gröna och blåa områden i Sveriges stadsmiljöer. Ett exempel visas i Figur 14 där NMD-data har använts för att uppskatta andelen skog i en buffertzona på 300 m nära vatten med hjälp av den inbyggda QGIS-modellbyggaren.



Figur 14. NMD-representation av delar av Göteborg. Skog i närheten av vatten (< 300 m) visas i mörkgrönt med svart kantlinje.

Återigen kan mer regelbunden och aktuell information från satellitbilder stödja uppföljningen av förändringar, till exempel när grön infrastruktur nyanläggs eller omvandlas till annat. Konstgräs är idag ett allt vanligare underlag på fotbolls- och andra idrottsplaner. Fördelen med konstgräsplaner är lägre underhåll och en högre nyttjandegrad jämfört med naturliga gräsytor. Att grön infrastruktur omvandlas till annan typ av marktäckning kan innebära konsekvenser för klimatanpassningen. Granulat från konstgräsplaner innebär även miljörisker eftersom mikroplaster inte bryts ned naturligt utan sprids och ansamlas i miljön. Olika typer av granulat kan även innehålla farliga ämnen ([Naturvårdsverket 2018c](#), [IVL 2017](#)). Figur 15 visar ett exempel på en nyanlagd konstgräsplan i Västra Göteborg.



Figur 15. Satellitbild av Västra Göteborg (Sentinel 2, Jordbruksverkets färgsättning för jordbruksmark). Vänster 4 juli 2017, höger 4 juli 2018. Förändringen i området som utpekats av pilen beror på en nyanlagd konstgräsplan.

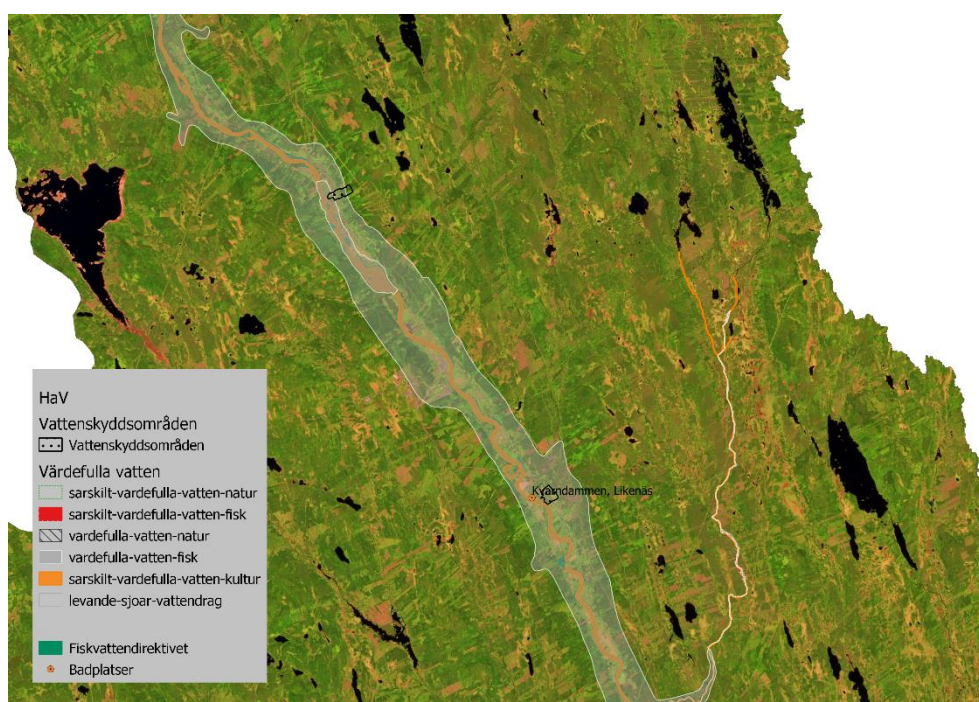
Helhetsperspektiv från källa till hav

Satellitbilder ger ett helhetsperspektiv av stora områden. Kombinationen av satellitbilder och andra myndighetsdata ger en ökad förmåga att ta ett helhetsperspektiv på till exempel ett avrinningsområde. I detta avsnitt visas exempel för Göta älv och Luleälven.

Göta älv

Göta älv är Sveriges mest vattenrika älv. Göta älv sträcker sig från Vänern till havet. Avrinningsområdet är dock betydligt större och omfattar nästan en tiondel av Sveriges yta med en sträckning från källregionen i Härjedalen till mynningen i Göteborgsområdet ([Göta älvs vattenvårdsförbund 2018](#)).

Med hjälp av Copernicus satellitdata från Skogsstyrelsen fås en sammanhängande beskrivning av hela avrinningsområdet. SKI-projektet har gjort en mosaik av satellitbilder för Göta älvs avrinningsområde med molnfria bilder från sommaren 2018. I Figur 16 visas ett utsnitt av denna mosaik. Hela bildsamlingen finns som separat bilaga till denna rapport på Havs- och vattenmyndighetens hemsida.

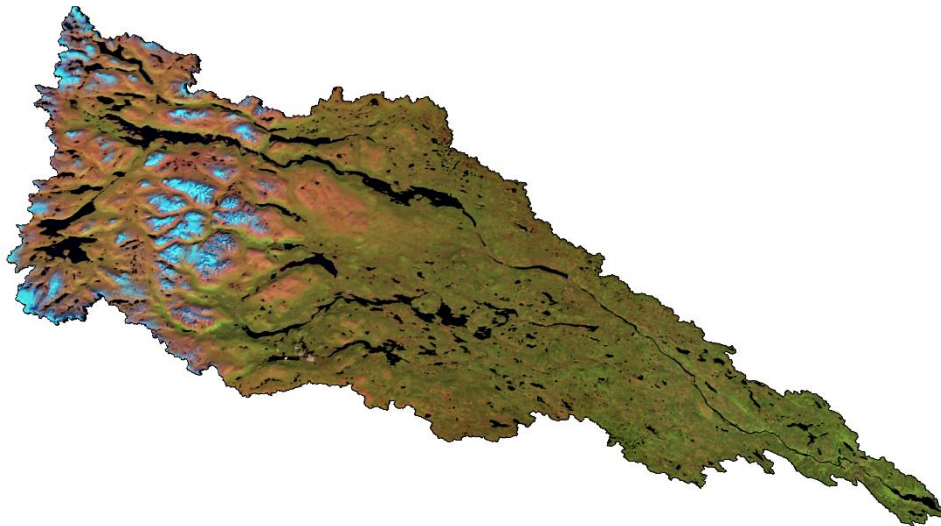


Figur 16. Del av Klarälven som ingår i Göta älvs avrinningsområde.

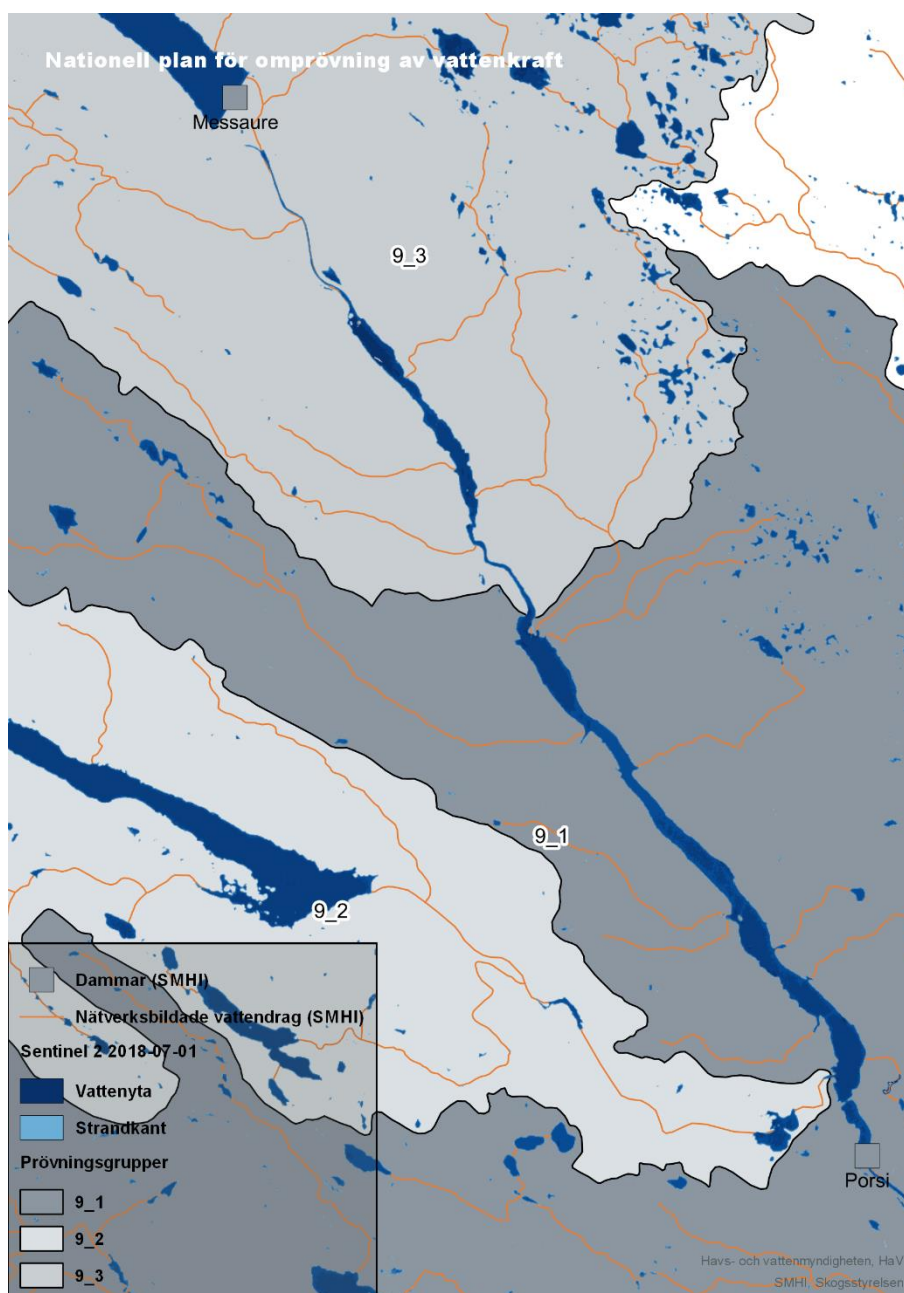
Luleälven

SKI-projektet har även arbetat med en fallstudie för Luleälven. För Luleälven har det bland annat tagits fram en 3D-modell samt en animerad flygning med hjälp av satellitdata från Sentinel 2 längs Luleälven från källa till hav. Även materialet från denna fallstudie går att nå från HaVs hemsida. Figur 17 visar en översiktsskild av 3D-modellen. I modellen används även höjddata (EU-DEM, [Copernicus 2018e](#)) som tillåter enklare analyser av till exempel effekten av vattenståndsförändringar. Användaren kan rotera, panorera och zooma in eller ut i modellen. Syftet med modellen och animationen är att förmedla en helhetsbild från källa till hav och förståelse av kopplingen mellan land och vatten.

Satellitinformationen från Sentinel 2 kan även stödja arbetet med en nationell plan för omprövning av vattenkraft (NAP, [HaV 2019](#)). Satellitdata ger en bra lägesbild i ljuset av rådande väder- och klimatförhållanden (Figur 18), en indikation av behovet av åtgärder och information om statusen av genomförandet av åtgärder.



Figur 17. 3D-modell av Luleälven. Modellen har tagits fram med hjälp av QGIS och insticksprogrammet [Qgis2threejs](#).



Figur 18. Exempel på underlag baserat på satellitdata från Sentinel 2 (uppskattning av vattenytor 1 juli 2018) som stöd i arbetet med en nationell plan för vattenkraft.

Nya analysmöjligheter - skog nära bebyggelse

SKI-projektet har testat en analys kopplad till den föreslagna indikatorn ”Andel lövskog nära bebyggelse” i Skogsstyrelsens handlingsplan för klimatanpassning ([Skogsstyrelsen 2017](#)). Målet där är att andelen lövträd nära bebyggelse ska öka fram till 2030 och 2045. Motiveringen är att lövskog inte antänds lika lätt som barrskog och att människor, djur och ekonomiska värden därmed kan skyddas.

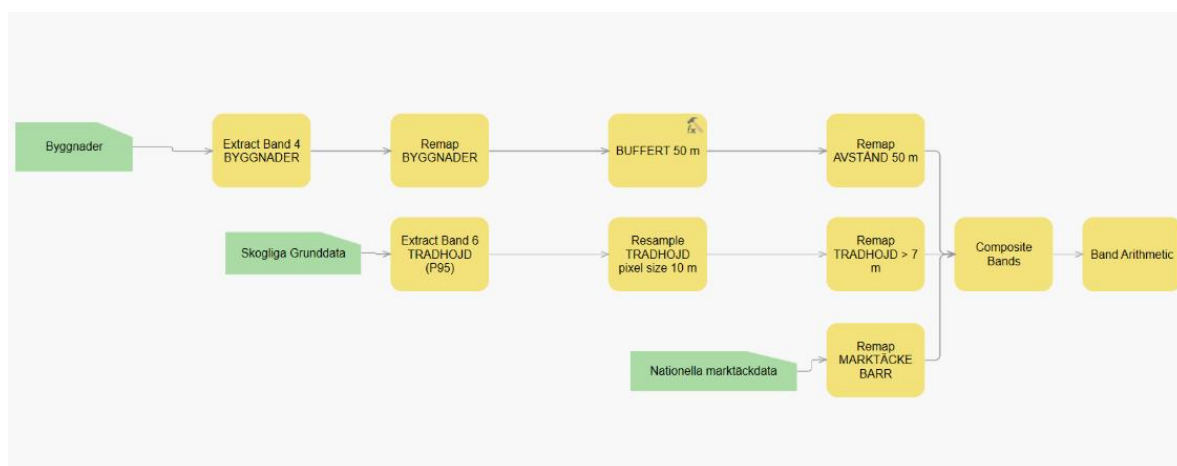
De frågeställningar som ligger till grund för analysen kan sammanfattas i några punkter. Utifrån dessa har SKI-projektet byggt en analys som för närvarande svarar på de första tre medan de övriga kräver mer utveckling för att kunna genomföras:

- Hur mycket träd finns nära bebyggelse idag?
- Hur stor andel består av träd högre än 7 m?
- Hur fördelar sig dessa på barr- respektive lövträd?
- Hur förändras andel träd högre än 7 meter över tid?
- Hur förändras andelen lövskog nära bebyggelse?

Analysen bygger på data från flera datakällor och beräknas på dessa inom ett av användaren angivet avstånd från bebyggelse. I exemplen nedan har avståndet 50 meter använts. De data som för närvarande är föremål för analysen är:

- Byggnader från GSD fastighetskartan omvandlade till raster (2m)
- Trädhöjd från skogliga grunddata (12.5 m pixlar)
- Trädslagsskylor från nationella marktäckedata (10 m pixlar)
- Trädhöjd från laser och flygbild (2 m pixlar) (ej implementerat ännu)
- Satellitbilder – Sentinel 2 (10 m pixlar) (ej implementerat ännu)

Analysen består av ett flertal så kallade Raster Functions i ArcGIS, se Figur 19, som tillsammans leder fram till ett slutresultat där de områden som uppfyller alla kriterier visas som gula pixlar (se Figur 23).

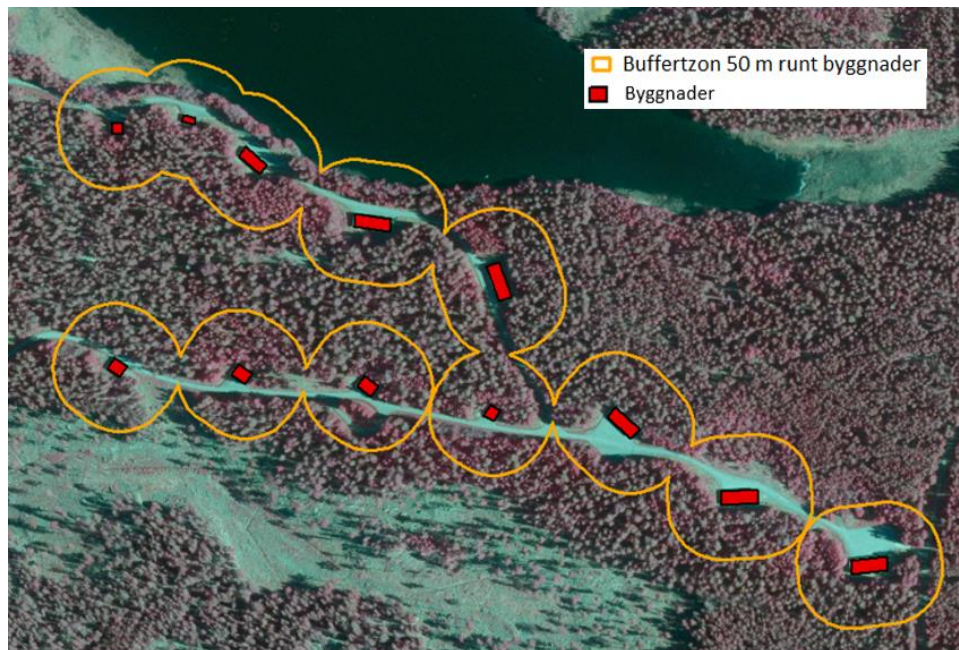


Figur 19. Modell i Raster Function Editor för att ta fram barrträd >7 meter inom 50 meter från bebyggelse.

Fördelen med detta sätt att genomföra analysen är att alla operationer sker nära data direkt på servern. Användare behöver inte ladda ner några data på dator eller mobil enhet utan kan direkt ta del av ett analysresultat. Detta sätt att distribuera analysresultat gör det dessutom möjligt att nå många användare på olika plattformar. Rasterbaserade analyser som sker direkt på servern är ett

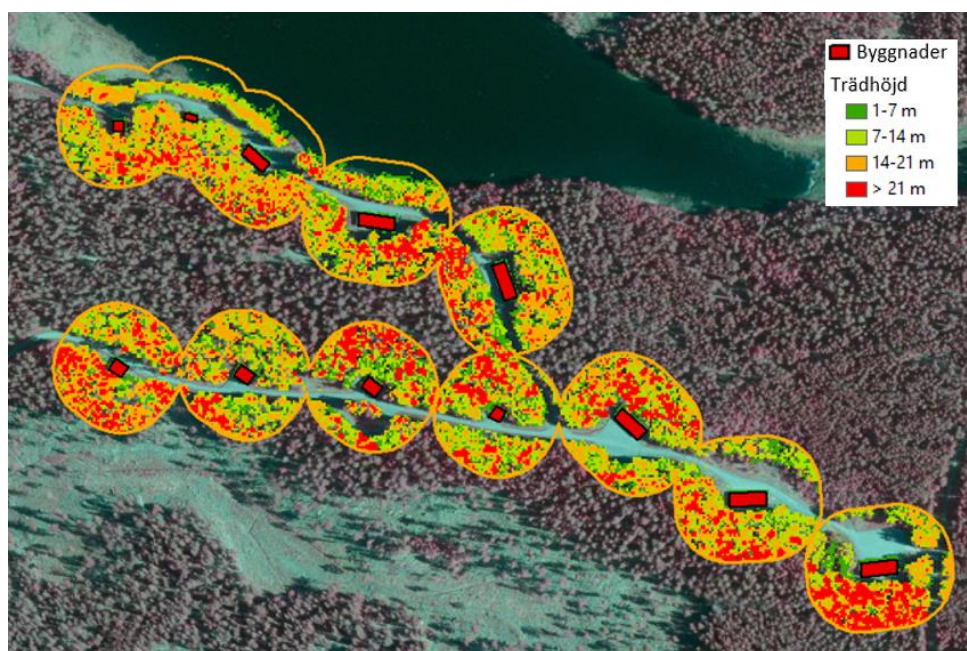
kraftfullt sätt att följa förändringar när stora datamängder krävs. Användaren kan själv styra analysens parametrar och anpassa resultatet för olika ändamål.

Resultatet av analysen visas i Figur 23. För att exemplifiera fallstudien visas också delresultat i Figur 20 till och med Figur 22. Användaren kan styra analysens parametrar genom att ange dessa vid själva anropet. I fallstudien är det ett buffertavstånd på 50 meter och trädhöjd större än 7 m som använts.



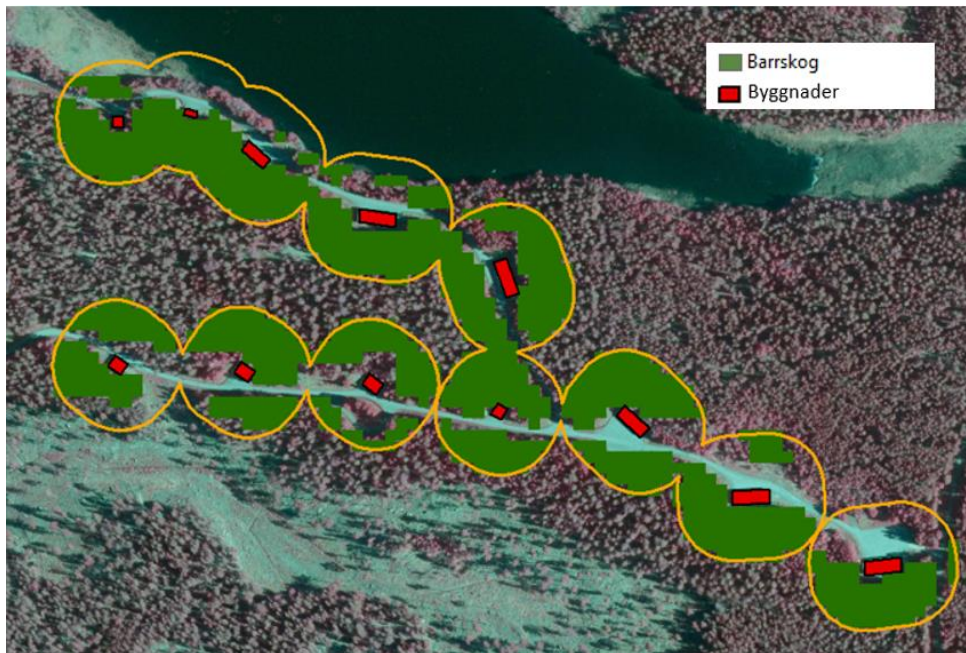
Figur 20. Områden i omedelbar (50 meter) närhet till bebyggelse utifrån Lantmäteriets GSD Fastighetskarta. Ortofoto: Lantmäteriet.

Från data med laserskannade trädhöjder plockas träd i varierande storlek fram inom det buffertavstånd till bebyggelsen som användaren definierat (Figur 21).



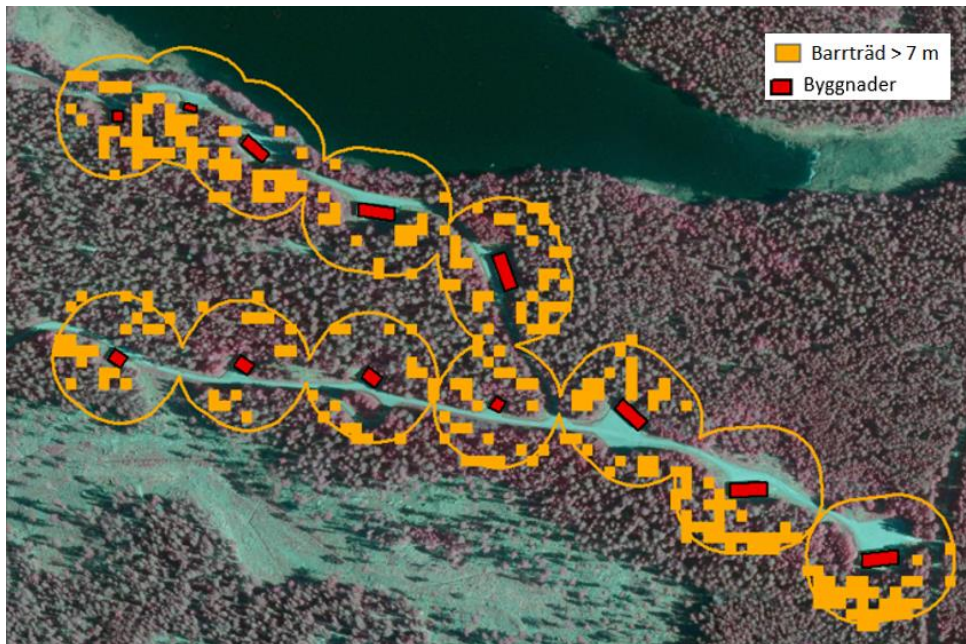
Figur 21. Skog nära bebyggelse. I exemplet visas trädhöjd i olika klasser utifrån trädhöjd beräknad utifrån laserskanning. Resultatet visar att det förekommer en stor andel höga träd (> 7 m) i direkt anslutning till bebyggelse. Ortofoto: Lantmäteriet.

Information om trädslag finns i Nationella Marktäckedata ([Naturvårdsverket 2018a](#), Figur 22). Informationen är också möjlig att ta fram utifrån satellitbilder såsom Sentinel 2.



Figur 22. Barrträd från Nationella Marktäckedata (NMD) i omedelbar närhet till bebyggelse. Resultatet visar att många hus har barrträd väldigt nära husknuten. Ortofoto: Lantmäteriet.

Det slutgiltiga resultatet visar områden där det inom 50 meters avstånd från bebyggelsen finns barrträd större än 7 meter.



Figur 23. Barrträd > 7 meter i omedelbar närhet till bebyggelse. Resultatet är en kombination av barrträd från Nationella Marktäckedata (NMD) och trädhöjd från Skogliga grunddata. Ortofoto: Lantmäteriet.

Resultaten kan bland annat användas som underlag vid rådgivning. Ett exempel är frågeställningen om hur risken för brandspridning kan minskas genom till exempel borttagning av barrträden nära husen och rekommendation att återplantering bör ske längre från husen och bestå av lövträd.

För att öka tillförlitlighet och nytta av analysen krävs viss metodutveckling såsom att utgå från enskilda träd och trädgrupper och följa förändringar i trädhöjd (från laser eller flygbild) och trädslag (från Sentinel 2).



Foto 6. Barrskog på sydsvenska höglandet.



Foto 7. Ryaskog, Göteborg.

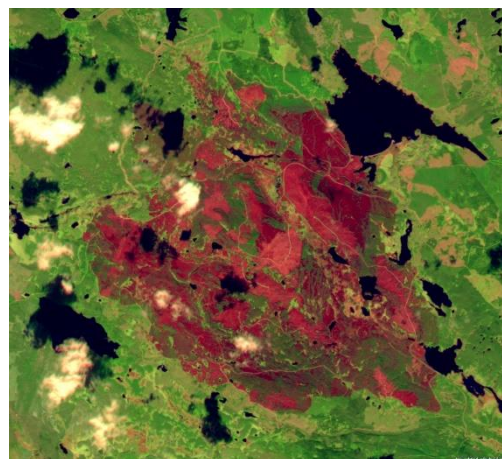
Förändringsanalys – exempel bränder

Sommaren 2018 var en ny påminnelse om vad ett varmare klimat kan innebära. Den långvariga torkan gjorde att brandrisken under långa perioder var extremt hög, mycket högre än det varit tidigare somrar i närtid. Ett mått på hur allvarligt läget var är de över 500 bränder som upptäcktes av Skogsbrandsflyget. Under en normal sommar är den siffran ca 100. När de största bränderna var som intensivast i slutet av juli blev de föremål för den största samlade brandbekämpningsinsatsen i EU någonsin ([MSB 2018](#)).

Skogsstyrelsen arbetade intensivt med att uppdatera och förfina karttjänster som underlättade arbetet med såväl brandbekämpning som eftersläckning och bevakning. Karteringen utfördes med stöd av data från Copernicus Sentinel 2 med vilken förändringsanalyser kunde göras mellan bilder före en brand och efter eller under pågående brand ([Skogsstyrelsen 2018b](#)). Ett exempel på en sådan förändringsanalys visas i Figur 24, Figur 25 och Figur 26. Förmågan till att kunna göra dessa förändringsanalyser har tagits fram av SKI-projektet där analysarbetet utförs nära data och endast resultatet skickas över till användaren.

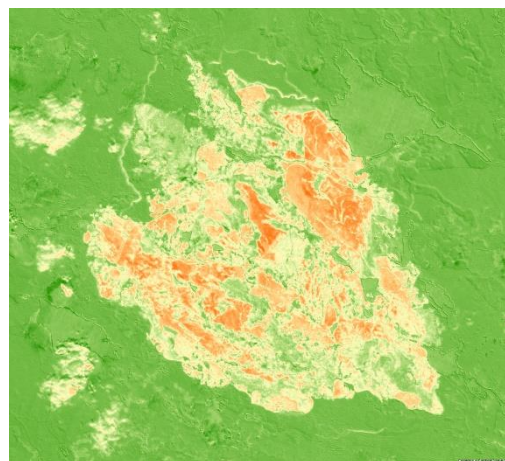


Figur 24. Satellitbild från Sentinel 2 över brandområdet Lillåsen Fågelsjö den 2 juli 2018, strax före branden.



Figur 25. Satellitbild från Sentinel 2 över brandområdet Lillåsen Fågelsjö den 27 juli 2018, strax efter branden.

Infrastrukturen som projektet tagit fram exponerar ett gränssnitt mot en så kallad rasterfunktion som en användare kan anropa. Endast de två parametrar, som definierar bilderna före branden och efter branden är nödvändiga att ange. Övriga parametrar är frivilliga men gör det möjligt att variera resultatet som returneras. På så sätt kan användaren ta analysen vidare till ytterligare steg eller helt enkelt välja att visa resultatet i en annan färgsättning än den föreslagna.



Figur 26. Färgsatt förändringsanalys mellan bilden före och efter branden i Lillåsen Fågelsjö 2018.

Slutsatser och nästa steg

SKI-projektet har gjorts möjligt tack vare en svensk satsning på att utveckla verktyg för klimatanpassning. Projektet har även kunnat dra nytta av Skogsstyrelsens och HaVs tidigare arbeten på området. Ett större antal aktörer har bidragit med sin expertis som referensgrupp till projektet.

Stora datamängder strömmar dagligen från Copernicus. Hur stor mängd av dessa som i praktiken används av svenska användare saknas det idag uppgifter om. Om bara de deltagande myndigheterna inom SKI-projekt fick utgöra ett mått på användandet skulle siffran hamna på mycket låga nivåer. En av orsakerna till det kan antas vara avsaknaden av en lättillgänglig infrastruktur, en infrastruktur som gör det möjligt att använda Copernicus på ett sätt som till exempel [Google Maps](#) används. Deras kartor dyker upp på mängder av områden där den typen av information behövs. Användaren behöver aldrig bekymra sig om den bakomliggande infrastrukturen utan kan omedelbart utnyttja funktionaliteten utan vare sig hantering av nedladdningar eller lagring. Så fort ny funktionalitet görs tillgänglig av Google Maps så finns den i princip också tillgänglig hos användaren. Data som Copernicus skapar och distribuerar borde vara lika enkelt att använda och analysera bland användarnas egna system. Detta behövs inte minst för att programmets data och tjänster erbjuder en viktig källa till information när klimatanpassningen ska utföras i praktiken. Redan nu är datamängderna så stora att det kan vara svårt att hantera dem. Mängden kommer dessutom att öka och bli än mer ohanterligt. Samtidigt är det just i den stora datamängden som en väsentlig del av nyttan ligger. Genom dem läggs grunden till tidsserieanalyser som kan ge viktig information om trender, peka ut subtila förändringar och prediktera ett förväntat förlopp.

SKI-projektet har gjort ett försök att överbrygga en del av de svårigheter som finns genom att visa på en möjlig väg att gå. Genom att utnyttja den infrastruktur som Skogsstyrelsen har sedan ett antal år tillbaka och bygga vidare på den har Havs- och vattenmyndigheten helt kunnat släppa frågan om uppbyggnad av infrastrukturen. Istället har myndigheten kunnat gå direkt på användandet. På samma sätt har det också varit för den externa referensgruppen som genom projektet fått tillgång till infrastrukturen. Erfarenheterna från SKI-projektet visar att den väg som projektet trampat upp är väl värd att bygga vidare på, inte minst för att den investering som Sverige som nation gjort i Copernicus inte ska förbli outnyttjad.

SKI-projektet drar också den erfarenheten att idéerna om hur data och analyser i praktiken ska användas i den egna verksamheten har svårt att växa fram om inte data finns på plats i de egna systemen. Idéerna och metoderna måste nämligen komma inifrån den egna organisationen där både expertkunskapen och helhetssynen finns. Det är där, inom organisationens egna GIS-system, som kombinationen av verksamhetens data och data från till exempel Copernicus kan integreras och analyseras tillsammans. Med data på plats kan bilden framträda om hur en långsiktig uppföljning ska göras inom områden såsom klimatanpassning. SKI-projektet har visat att vägen framåt är genom någon form av delad infrastruktur.

SKI har varit ett pilotprojekt som genomförts under 2018. Projektets troligen största tillgång har varit det intresse som funnits hos de deltagande myndigheterna. Ett viktigt resultat av SKI är alla användarbehov och idéer som kommit fram under detta samarbete. SKI har behövt prioritera bland dessa förslag utifrån projektets begränsade resurser. Många fler användarbehov har förts fram av projektets referensgrupp, och goda idéer finns hur dessa behov skulle kunna tillgodoses. Dessa finns dokumenterade för andra projekt eller en eventuell fortsättning av SKI. Pilotprojektet är slut men samarbetet kommer att fortsätta. Projektets referensgrupp har redan uttryckt sitt intresse att fortsätta som intressentgrupp för delad infrastruktur kring Copernicus-data.

SKI-projektet har tagit avstamp i klimatanpassningens behov. Att skapa bättre infrastruktur och verktyg för en ökad och enklare användning av satellitdata och produkter från Copernicus stödjer dock betydligt fler behov. Som exempel kan nämnas stödet till en hållbar förvaltning av miljön i linje med Sveriges miljömål ([Naturvårdsverket 2019](#)) och en hållbar utveckling i linje med FN:s Agenda 2030 ([UN 2019](#), [UNDP 2019](#)) genom bidrag till både uppföljningen av målen och genomförandet av åtgärder som hjälper oss att nå dessa viktiga mål.



Foto 8. Grankottar.



Foto 9. Hornborgasjön har höga naturvärden.

Bilagor

B1: Axplock av öppna data för skog, vatten och klimatanpassning

I Tabell 2 ges exempel på öppna data av intresse för förvaltningen av skog och vatten i ett klimat under förändring. Listan är inte fullständig utan syftar till att illustrera den snabbt växande mängden av öppna miljö- och klimatdata från global till nationell nivå. För mer omfattande inventeringar av öppna data hänvisas till den internationella portalen som tagits fram av GEO (Group on Earth Observation, www.geoportal.org) och nationella portaler såsom den svenska geodataportalen (www.geodata.se). En inventering av svenska miljödata med relevans för hav och vatten och andra temaområden pågår även inom ramen för det svenska arbetet med digitalt först / smartare miljöinformation ([Naturvårdsverket 2017a](#)). Att förbättra tillgänglighöret och användningen av miljödata och miljöinformation ligger också i linje med den myndighetssammansatta strategin för miljödata ([Naturvårdsverket 2017b](#)).

Tabell 2. Exempel på öppna data för en hållbar förvaltning av skog och vatten i ett klimat under förändring

DATA	KÄLLA
<i>Nationella data och karteringar</i>	
Nationella marktäckedata (NMD)	https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Kartor/Nationella-Marktackedata-NMD/
Riksskogstaxeringen (NFI)	https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/
VISS	http://viss.lansstyrelsen.se/
Vattenwebb	https://vattenwebb.smhi.se/
Skogliga grunddata (SGD)	https://www.skogsstyrelsen.se/skogligagrunddata
Mesan, SMHI	https://www.smhi.se/klimatdata/oppna-data/meteorologiska-data/analysmodell-mesan-1.30445

Globala karteringar av vatten, skog och marktäck

Global Surface Water Explorer (GSWE)	https://global-surface-water.appspot.com/
Global Forest Change (GFC)	https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest
Modis land cover (MODIS)	http://glcf.umd.edu/data/lc/

Löpande miljöövervakning från satellit

Sentinel 2	https://scihub.copernicus.eu/
Sentinel 1	https://scihub.copernicus.eu/
Sentinel 3	https://coda.eumetsat.int/ , https://scihub.copernicus.eu/
Landsat	https://landsat.gsfc.nasa.gov/
Modis	https://modis.gsfc.nasa.gov/

Copernicus tematiska tjänster och andra europeiska datakällor

Copernicus Climate Change Service (C3S)	https://climate.copernicus.eu/
Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)	https://land.copernicus.eu/
Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)	http://marine.copernicus.eu/

Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAM5)	https://atmosphere.copernicus.eu
Copernicus-tjänst för katastrofhantering	http://emergency.copernicus.eu/
EFFIS	http://effis.jrc.ec.europa.eu/
EDO	http://edo.jrc.ec.europa.eu/
Tillgång till Copernicus-data via olika plattformar	http://copernicus.eu/data-access
EUMETSAT hydrologi- och vattenprodukter	http://hsaf.meteoam.it/

B2: Nya rasterfunktioner

I Tabell 3 visas alla rasterfunktioner som fanns tillgängliga vid projektets slut. Funktionerna togs fram för att tillgodose behoven av olika användare och verksamheter.

Tabell 3. Rasterfunktioner som på bildservern och som är tillgängliga för alla behöriga användare av serverns tjänster.

Namn	Beskrivning
<i>SKS_SWIR</i>	Skogsstyrelsen normala bildsträckning för banden Bo8, B11 och B4
<i>HaV_NDWI</i>	Skapar ett vattenindex med B8 (NIR) och B11 (SWIR ₁) enligt Gao 1996
<i>HaV_NDWI1</i>	Skapar ett vattenindex med B8 (NIR) och B11 (SWIR ₁) enligt Gao 1996. Maskar default bort ytor som har ett NDWI < 0.01
<i>HaV_NDWI2</i>	Skapar ett vattenindex med B8 (NIR) och B3 (Green) enligt McFeeters 1996. Maskar default bort ytor som har ett NDWI < 0.01.
<i>SJV_Jordbruksaktivitet</i>	Jordbruksverkets sträckning för aktivitetskontroll med banden B11, Bo8 och Bo2
<i>SKS_Brandinformation</i>	Bandkombination för att hitta brandområden (B12, Bo8, Bo4)
<i>SKS_Diff</i>	Beräknar förändring mellan två bildpar i ett angivet spektralband.
<i>SKS_DiffNBR</i>	Beräknar förändring i Normalized Burn Ratio (delta NBR) givet två raster som input.
<i>SKS_Farg</i>	Skogsstyrelsen bildsträckning för naturliga färger. (Bo4, Bo3, Bo2)
<i>SKS_Farg1</i>	Skogsstyrelsen bildsträckning variant 1 för naturliga färger. (Bo4, Bo3, Bo2)
<i>SKS_Farg2</i>	Skogsstyrelsen bildsträckning variant 2 för naturliga färger. (Bo4, Bo3, Bo2)
<i>SKS_Farg3</i>	Skogsstyrelsen bildsträckning variant 3 för naturliga färger. (Bo4, Bo3, Bo2)
<i>SKS_Gronskog</i>	Skogsstyrelsen sträckning som gör skogen grön. (B11 Bo8 och Bo4)
<i>SKS_IPVI</i>	IPVI, Infrared Percentage Vegetation Index på skogsmark i färgskala från blått (låga värden) till rött (höga värden).
<i>SKS_NBR</i>	NBR, Normalised Burned Ration (Bo8 och B12)
<i>SKS_NBRclass</i>	Klassificerar brandskadan genom jämförelse före och efter branden
<i>SKS_NDVI</i>	NDVI, Normalised Difference Vegetation Index. (Bo4 och Bo8)
<i>SKS_NIR</i>	Skogsstyrelsen bildsträckning för NIR-bilder. (Bo8, Bo4 och Bo3)
<i>SKS_DiffNDVI</i>	Beräknar förändring i NDVI (delta NDVI) givet två raster som input. (Bo4 och Bo8).
<i>SKS_MaskDiffNDVI</i>	Beräknar förändring i NDVI (delta NDVI) och trösklar data. Input från två raster vid olika tidpunkt. (Bo4 och Bo8).

<i>SKS_EVI</i>	Enhanced Vegetation Index - EVI (Jiang 2008) (Bo2, Bo4, Bo8)
<i>SKS_EVI2</i>	EVI2 - Enhanced Vegetation Index 2 (Jiang et al 2008) (Bo4, Bo8)
<i>SKS_pNDVI</i>	NDVI - Normalized Difference Vegetation Index, (Bo4, Bo8) (Samma som SKS_NDVI men beräknat med hjälp av egen python funktion)
<i>SKS_SAVI</i>	SAVI Soil adjusted vegetation index (Huete 1988) (Bo4, Bo8)
<i>SKS_SATVI</i>	SATVI - Soil-adjusted total vegetation index (Marsett et al 2006) (Bo4, B11, B12)
<i>SKS_RENDVI</i>	RENDVI - Red Edge Normalized Difference Index (Fernandes-Manso et al 2016) (Bo4, Bo6)
<i>SKS_NDI45</i>	NDI45 - Normalized Difference Index 45 (Frampton et al 2013) (Bo4, Bo5)
<i>SKS_IRECI</i>	IRECI - Inverted Red Edge Chlorophyll Index (Frampton et al 2013), (Bo4, Bo5, Bo6, Bo7)
<i>SKS_S2REP</i>	S2REP - Sentinel-2 Red-Edge Position (Guyot and Baret 1998), (Bo4, Bo5, Bo6, Bo7)
<i>SKS_MTCI</i>	MTCI - MERIS Terrestrial Chlorophyll Index (Dash & Curran 2007), (Bo4, Bo5, Bo6)
<i>SKS_GNDVI</i>	GNDVI - Green Normalised Difference Vegetation Index (Gitelson et al 1996), (Bo3, Bo8)
<i>SKS_BAI</i>	BAI - Burn Area Index (Chuvueco, Martin & Palacios 2002), (Bo4, Bo8)
<i>SKS_DiffRENDVI</i>	Beräknar Delta Red Edge NDVI mellan två tidpunkter. (Bo4, Bo6)

B3: Urval av bildservrar

I Tabell 4 visas ett urval av befintliga bildservrar av typ ArcGIS ImageServer som testats att nå med QGIS-insticksprogrammet. Dessa servrar gick att nå vid projektets slut (december 2018).

Tabell 4. Urval av tillgängliga bildservrar av ArcGIS ImageServer som har testats med QGIS-insticksprogrammet.

Namn och leverantör	Adress och tillgänglighet
Sentinel 2, Skogsstyrelsen	https://geodata.skogsstyrelsen.se/arcgis/rest/services/loesenordskyddat
Landsat, USGS/ESRI	https://imagery.arcgisonline.com/arcgis/rest/services/LandsatGLS/LandWater/ImageServer
Modis, NASA	https://modis.arcgis.com/arcgis/rest/services/MODIS/ImageServer
Länsstyrelserna	http://ext-geodata.lansstyrelsen.se/arcgis/rest/services/raster
London Aerial 2017	https://logis.loudoun.gov/image/rest/services/Aerial/COLOR_2017/ImageServer

B4: Idéer och förslag till vidareutveckling

Ett syfte med SKI-projektet är att få en bättre förståelse över verksamhetsutmaningar och prioriterade behov som dataanvändare inom klimatanpassning ser. I Tabell 5 dokumenteras några idéer och förslag på vidareutveckling som har framförts av SKI-projektets referensgrupp eller andra aktörer under projektets livscykel. I dialog med referensgruppen har det även försökts att identifiera behovens prioritet, men analysen innehåller ett visst mått av subjektivitet och är troligen inte heller fullständigt. Utöver den mer övergripande listan med idéer och förslag finns även en mer teknisk åtgärdslista ("backlog") för förbättringar och vidareutveckling av SKI-projektets QGIS-insticksprogram. Åtgärdslistan finns tillsammans med källkoden på Github.

Tabell 5. Idéer och förslag till vidareutveckling.

Behov	Avsändare	Prioritet
Bättre geometri i satellitdata	Skogsstyrelsen	Hög
Konvertering av QGIS-plugin till QGIS version 3	HaV med flera	Hög
Tillgång till Sentinel 1 data	SLU	Medel
Tillgång till Sentinel 3 data:	HaV	Medel
Detektering av förändringar i marktäcke och -användning	NV	Medel
Utveckling QGIS-plugin mot Copernicus-klimattjänst	Skogsstyrelsen, HaV	Medel
Fler rasterfunktioner på servern	Flera	Medel
Arbeta vidare med QGIS-plugin enligt "backlog"	HaV	Medel

B5: Förslag på framtida samverkan

En ytterligare leverans av SKI är ett förslag på hur arbetet skulle kunna fortsättas efter pilotprojektets slut, dvs från 2019 och framåt. I Tabell 6 redovisas förslag som har diskuterats, tänkbara samverkansformer och en bedömning av förslagens genomförbarhet. En övergripande slutsats av diskussionerna inom projektets styr- och referensgrupper på Skogsstyrelsen, HaV och inom den externa referensgruppen är att det kvarstår ett antal utvecklingsförslag som motiverar en fortsättning av samarbetet i någon form. Skogsstyrelsen har även uttryckt att infrastrukturen för satellitdata är en viktig förutsättning för myndighetens verksamhet och att den kommer att vidareutvecklas. SKI-projektets referensgrupp har redan uttryckt sitt intresse att fortsätta som intressentgrupp för delad infrastruktur kring Copernicus-data (första alternativet i Tabell 6).

Tabell 6. Förslag på framtida samverkan.

Typ av samverkan	Finansiär	Genomförbarhet
Intressentgrupp	Användargrupp med intresserade experter från myndigheter, möten vid behov, Skogsstyrelsen sammankallar	Hög
Myndighetssamverkan	Överenskommelse (jmf samverkan inom nationella marktäckedata)	Medel
Arbetsgrupp inom myndighetsnätverket för klimatanpassning	SMHI-medel för klimatanpassning	Medel
Intressentstyrgrupp	Innovationssamarbete eller utlysning genom till exempel Rymdstyrelsen, Tillväxtverket	Medel
Intressentstyrgrupp	EU/Rymdstyrelsen med hjälp av medel från Copernicus Framework Partnership Agreement FPA	Medel
Konsortium för gemensam projektansökan	EU, till exempel Copernicus eller H2020	Låg (krävande förarbete, långsam process och osäkert resultat)

Källförteckning

Copernicus (2018a). EU:s hemsida för Copernicus-programmet.

<http://www.copernicus.eu> [2019-01-10].

Copernicus (2018b). Webb sida om tillgång till programmets data.

<https://www.copernicus.eu/en/access-data> [2019-01-10].

Copernicus (2018c). Webb sida för Copernicus-programmets klimattjänst.

<https://climate.copernicus.eu/> [2019-01-10].

Copernicus (2018d). Webb sida med dokumentation om Copernicus-

klimatdatasetet ERA5. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=overview> [2019-01-22].

Copernicus (2018e). Webb sida för Copernicus-programmets landtjänst.

<https://land.copernicus.eu/> [2019-01-10].

EU (2018). Europeiska unionens informationssida om grön infrastruktur.

http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm [2019-01-10].

ESRI (2018a). ArcGIS REST API. <https://developers.arcgis.com/rest/services-reference/get-started-with-the-services-directory.htm> [2018-01-10].

ESRI (2018b). ArcGIS Hub. <https://doc.arcgis.com/en/hub/> [2019-01-10]

ESRI (2018c). Get started with raster analytics. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-enterprise/analytics/get-started-with-raster-analytics/> [2019-01-10].

Göta älvs vattenvårdsförbund (2018). Fakta om Göta Älv.

<http://www.gotaalvvvf.org/> [2019-01-10].

HaV (2016). Yttrande över uppföljning och utvärdering av det nationella

klimatanpassningsarbetet. <https://www.havochvatten.se/hav/uppdrag--kontakt/vart-uppdrag/yttranden-fran-hav/yttranden/2016-12-02-yttrande-over-uppfoljning-och-utvardering-av-det-nationella-klimatanpassningsarbetet.html> [2019-01-10].

HaV (2017). Öppna data från Copernicus – Möjligheter för

klimatanpassningen. <https://www.havochvatten.se/hav/uppdrag--kontakt/publikationer/publikationer/2017-12-15-oppna-data-fran-copernicus--mojligheter-for-klimatanpassningen.html> [2019-01-10].

HaV (2018a). Havs- och vattenmyndighetens arbete med handlingsplan för klimatanpassning. Rapport 2018:9.

<https://www.havochvatten.se/download/18.413d9ff9162bd6bo8fo376e8/1523974006883/handlingsplan-klimatanpassning.pdf> [2019-01-10].

HaV (2018b). HaVs klimatstrategi 2018-2020.

<https://www.havochvatten.se/download/18.413d9ff9162bd6bo8fo29532/1523889996040/klimatstrategi.pdf> [2019-01-10].

HaV (2019). Nationell plan för omprövning av vattenkraft.

<https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/samverkansomraden/program-vattenmiljo-och-vattenkraft/nationell-plan-for-omprovning-av-vattenkraft.html> [2019-01-29].

IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5. <http://www.climatechange2013.org/> [2019-01-10].

IPCC (2014a). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/> [2018-10-15].

IPCC (2014b). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. IPCC Working Group II Contribution to AR5. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> [2019-01-10].

IPCC (2014c). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> [2019-01-10].

IPCC (2018). Global warming of 1.5°C. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/> [2019-01-10].

IVL (2017). Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment. A review of existing data. IVL-report number C 183, March 2016, revised in March 2017.

<http://www.ivl.se/download/18.3016a17415acddb01f4616/1491392836533/C183.pdf> [2019-01-10].

Kalmar (2018). Öppna geodata Kalmar kommun <http://data-kalmar.opendata.arcgis.com/> [2019-01-10]

MSB (2018). MSB:s arbete med skogsbränderna 2018: Tillsammans kunde vi hantera den extrem skogsbrandssäsong. <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/28735.pdf> [2019-01-10].

Naturvårdsverket (2017a). Digitalt först – smartare miljöinformation.

<http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Regeringsuppdrag/Digitalt-forst-smartare-miljoinformation/> [2019-01-10].

Naturvårdsverket (2017b). Strategi för miljödatahantering.
<http://www.naturvardsverket.se/strategi-for-miljodatahantering> [2019-01-10].

Naturvårdsverket (2018a). Nationella marktäckedata (NMD).
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Kartor/Nationella-Marktackedata-NMD/> [2019-01-10].

Naturvårdsverket (2018b). Grön infrastruktur.
<https://www.naturvardsverket.se/gron-infrastruktur> [2019-01-10].

Naturvårdsverket (2018c). Konstgräsplaners miljöpåverkan.
<https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Plast-och-mikroplast/Konstgrasplaner/Konstgrasplaners-miljopaverkan/> [2019-01-10].

Naturvårdsverket (2019). Sveriges miljömål. <http://www.sverigesmiljomal.se/> [2019-01-30].

Persson G., Wikberger, C. och J. H. Amorim (2018). Klimatanpassa nordiska städer med grön infrastruktur. SMHI-rapport Klimatologi Nr 50.
https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.142912!/Klimatologi_50.pdf [2019-01-10].

Regeringen (2018). Nationell strategi för klimatanpassning. Prop. 2017/18:163.
<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2018/03/prop.-201718163/> [2019-01-10].

Rymdstyrelsen (2018). Myndighetssamverkan Copernicus.
<https://www.rymdstyrelsen.se/rymddata/samarbeten-och-projekt/myndighetssamverkan-copernicus/> [2019-01-10].

Skogsstyrelsen (2015). Skogen i ett varmare klimat.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/miljo-och-klimat/skog-och-klimat/skogen-i-ett-varmare-klimat.pdf> [2019-01-10].

Skogsstyrelsen (2017). Skogsstyrelsens arbete för ökad klimatanpassning inom skogssektorn. Handlingsplan. Rapport 2017/8.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/publikationer/2017/rapport-201708.-skogsstyrelsens-arbete-for-okad-klimatanpassning-inom-skogssektorn.pdf> [2019-01-10].

Skogsstyrelsen (2018a). Användarkonto för Skogsstyrelsens öppna data.
<https://www.skogsstyrelsen.se/sjalvservice/karttjanster/geodatatjanster/skaffa-anvandarkonto/> [2019-01-10]

Skogsstyrelsen (2018b). Förslag till åtgärder för att kompensera drabbade i skogsbruket för skador med anledning av skogsbränderna sommaren 2018. Rapport 2018/15. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om->

[oss/publikationer/2018/rapport-2018-15-forslag-till-stod-efter-skogsbranderna-sommaren-2018.pdf](#) [2019-01-10]

SMHI (2015). Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat. <https://www.smhi.se/tema/nationellt-kunskapscentrum-for-klimatanpassning/nyheter-fran-kunskapscentrumet/underlag-till-kontrollstation-2015-for-anpassning-till-ett-forandrat-klimat-1.79820> [2019-01-10].

SMHI (2018a). Klimatanpassningsportalen. <http://www.klimatanpassning.se> [2019-01-10].

QGIS (2018). QGIS – A Free and Open Source Geographic Information System. <https://qgis.org/> [2019-01-10].

UN (2019). The Sustainable Development Agenda. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/> [2019-01-30].

UNDP (2019). Globala målen. <https://www.globalamalen.se/> [2019-01-30].

VISS (2018). VattenInformationSystem Sverige. <https://viss.lansstyrelsen.se/> [2019-01-10].

Smartare klimatinformation

Verktyg för bättre kunskap och ökad förmåga till klimatanpassning

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:6

ISBN 978-91-88727-38-1

Havs- och vattenmyndigheten

Postadress: Box 11 930, 404 39 Göteborg

Besök: Gullbergs Strandgata 15, 411 04 Göteborg

Tel: 010 698 60 00

www.havochvatten.se

**Havs
och Vatten
myndigheten**
