



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

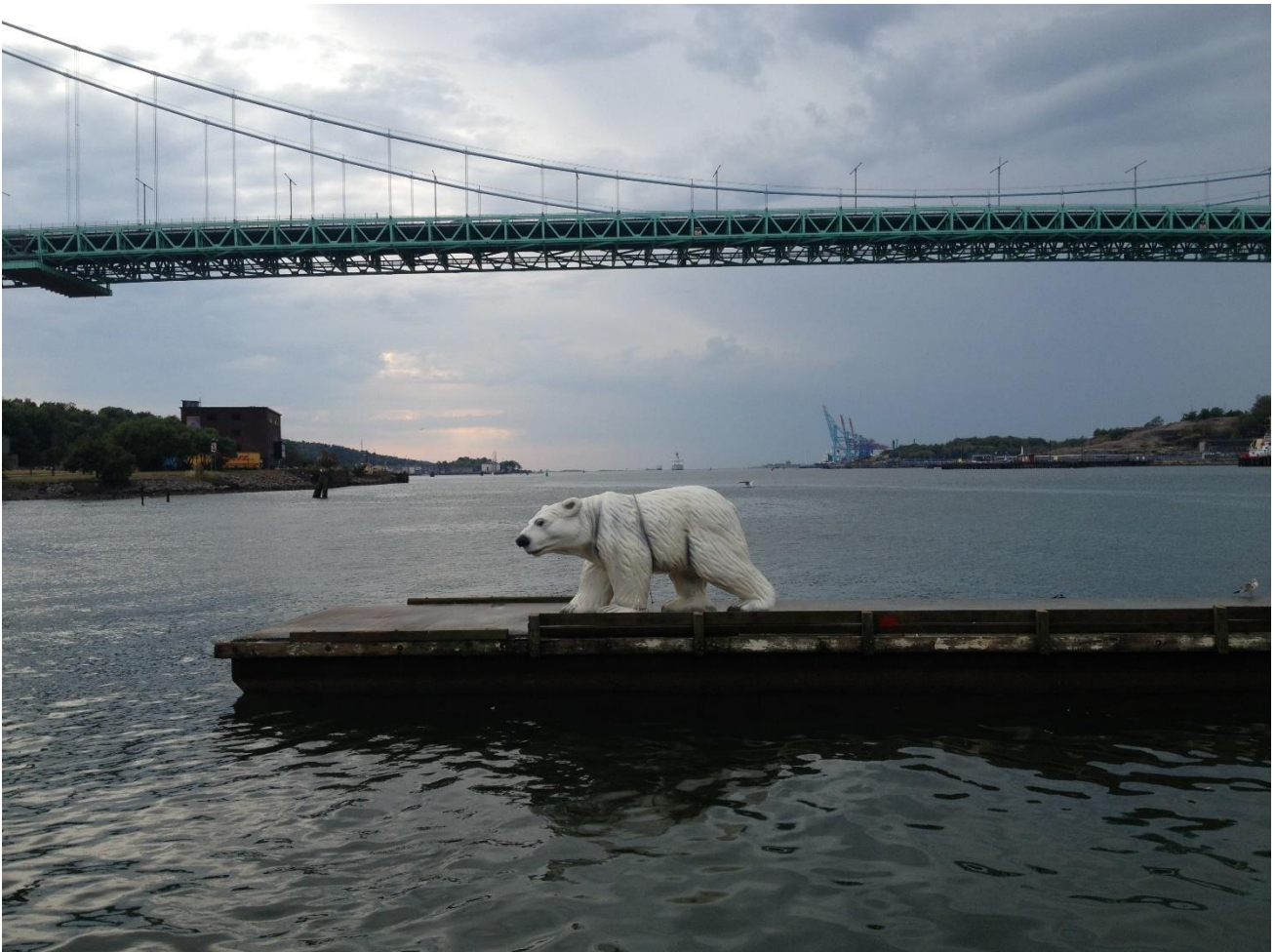


RYMDSTYRELSEN
Swedish National Space Board

Havs
och Vatten
myndigheten

Öppna data från Copernicus

Möjligheter för klimatanpassningen



Havs- och vattenmyndigheten
Datum: 2017-12-13

Ansvarig utgivare: Jakob Granit
Foton: Thomas Klein
ISBN 978-91-87967-80-1
Tryck: Digital publikation

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

Öppna data från Copernicus

Möjligheter för klimatanpassningen

Denna rapport har tagits fram av Havs- och vattenmyndigheten i samverkan med Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Naturvårdsverket och Rymdstyrelsen. Myndigheterna ansvarar för rapportens innehåll och slutsatser.

Rapporten har författats av Thomas Klein, HaV, Susanne Ingvander, MSB, Anna Maria Johansson, NV samt Göran Boberg och Björn Lovén, Rymdstyrelsen.

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2017:31

Förord

Digitalisering och smartare miljöinformation skapar nya möjligheter för ökad kunskap om miljön, samhällsvinster och en hållbar utveckling. Klimatförändringen är en nyckelfråga för vår och kommande generationer. För att begränsa klimatförändringen behövs en global energiomställning. Samtidigt behöver vi underlätta klimatanpassningen av samhället och miljön till de klimateffekterna som inte längre går att undvika. Digitaliseringen kan stödja vårt arbete med energiomställningen och klimatanpassningen.

EU:s miljödataprogram Copernicus är världsledande för datainsamling om jordens klimat och andra globala system. EU har pekat ut Copernicus som ett flaggskeppsprogram för hållbar tillväxt och innovation. Copernicus är en långsiktig satsning som ska ge tillförlitlig miljöinformation över tid och som användare ska kunna lita på. Programmet är också unikt eftersom alla insamlade data tillhandahålls öppna. Utvecklingen av Copernicus har möjliggjorts genom betydande investeringar av medlemsländerna genom den europeiska rymdorganisationen ESA och EU. För driften av programmet avsätts betydande medel från EU. Ett avancerat system av miljöövervakningssatelliter gör dagligen en stor mängd observationer som ger värdefull information om hav, is, land och atmosfär. Copernicus tematiska tjänster kombinerar data från satelliter med in situ-mätningar (data från andra miljöobservationer på land, i hav och atmosfär) samt modeller för att skapa produkter för olika användningsområden. Data och tjänster kan lära oss mer om trender, samspel och variationer i naturen.

Miljödata från Copernicus kan stödja en hållbar förvaltning av hav, sötvatten och landmiljöer på många olika sätt. Ett viktigt användningsområde som vi belyser i denna rapport är klimatanpassning. Det är angeläget att myndigheter, forskare och utvecklare tar del av investeringen i Copernicus och börjar nyttja programmets data och tjänster i större omfattning. Copernicus erbjuder dels färdiga produkter som redan kan tillgodose vissa förvaltningsbehov. I och med att Copernicus även tillhandahåller öppna satellitdata finns också möjligheten för användare att skapa skraddarsydda produkter. Här kan det finnas behov av metodutveckling och nationella samarbeten. Ett exempel på detta är projektet nationella marktäckedata (NMD) som genomförs av Naturvårdsverket i samverkan med flera andra svenska myndigheter. Parallellt arbetar Havs- och vattenmyndigheten med att undersöka förutsättningarna för en ökad användning av satellitdata i miljöövervakningen av hav och sötvatten.

Möjligheterna med Copernicus är många. Med denna korta rapport vill vi hjälpa användare inom klimatanpassning att upptäcka Copernicus-programmet. Vi hoppas att exemplen i rapporten kan ge inspiration till hur denna stora europeiska investering skulle kunna stödja det svenska klimatanpassningsarbetet på nationell, regional eller lokal nivå.

SAMMANFATTNING.....	7
SUMMARY	9
INLEDNING	11
Kort om Copernicus.....	11
Problemställning	11
Bakgrund och syfte	11
RESULTAT OCH DISKUSSION.....	13
Copernicus – ett jordobservationsprogram för miljö och säkerhet.....	13
Om satelliter och datamottagning	13
Tillgång till satellitdata	14
Satellitdata och klimatanpassning.....	17
Tematiska tjänster	21
Landtjänsten.....	22
Marina tjänsten	24
Atmosfärstjänsten.....	25
Klimattjänsten	30
Säkerhetstjänsten	33
SLUTSATSER OCH UTVECKLINGSBEHOV	34
BILAGOR.....	37
B1: Myndighetsnätverket för klimatanpassning.....	37
B2: Myndighetssamverkan Copernicus.....	37
KÄLLFÖRTECKNING.....	39

Sammanfattning

Det europeiska jordobservationsprogrammet Copernicus är ett världsledande användarstyrt program för insamling och spridning av data om jordens miljö, klimat och säkerhet ([Copernicus 2017a](#)). 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 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. Denna rapport hjälper användare inom klimatanpassning att upptäcka Copernicus och ger några konkreta exempel på hur programmet kan stödja just det svenska klimatanpassningsarbetet.

Sverige täcks flera gånger i veckan av satelliter som mäter tillståndet i haven, på land och i atmosfären. De europeiska rymdorganisationerna ESA och Eumetsat har EU-kommissionens uppdrag att samla in, lagra och tillhandahålla satellitdata från Copernicus till grund för bred användning, forskning och datadriven innovation. All data över svenskt territorium länkas automatiskt över från ESA till det svenska satellitverktyget Swea ([Rymdstyrelsen 2017](#)). Swea har både ett webbgränssnitt och en portal med öppet applikationsprogrammeringsgränssnitt (API). Det är möjligt att utan kostnad söka, titta på och ladda hem data från Sentinelsatelliterna (Sentinel 1–3) och även de amerikanska Landsat-satelliterna. Data i Swea är geokorrigerade efter svenska referenssystem, höjddatamodeller och kartprojektioner vilket gör det lätt för svenska användare att behandla satellitbilderna i olika Gis-verktyg och bildbehandlingsprogram.

EU-kommissionen förbereder också en egen central datainfrastruktur - Copernicus Data and Information Access Services (DIAS). DIAS ska säkerställa snabb och säker tillgång till data och kommer även att erbjuda beräkningskapacitet för att bearbeta stora datamängder.

Satellitbilder från Copernicus ger heltäckande och kontinuerlig information om tillstånd i miljön, infrastruktur och urbana områden. Detta gör det möjligt att detektera och följa långsiktiga trender såsom förändringar av vegetationen eller vattenmiljöer. Exempel på detta är skogsbranden i Västmanland 2014 då MSB tog hjälp av Copernicus tjänst för katastrofhantering för att få skräddarsydda lägesbilder och tolkningsunderlag över brandområdet. Ett annat exempel är torka där satellitbilder visar förändringar i växtligheten men även på områden som torrlagts som en följd av lågt vattenstånd. Det går även att få information om vattnets temperatur, algblomningar, klorofyll, suspenderat material och humusämnen vilket stödjer bedömningar av vattenkvaliteten.

Projektet Nationella Marktäckedata (NMD) syftar till att skapa och förvalta information om landskapet och hur det förändras över tid ([Naturvårdsverket 2017a](#)). Data från detta projekt ska vara rikstäckande, uppdateras var femte år och vara jämförbar över tid. NMD kommer att användas som underlag för klimatanpassningsarbetet inom olika samhällssektorer i frågor som rör till exempel skyddad natur, urbana miljöer och brandrisker i skog och mark.

Data och information av intresse för klimatanpassning tillhandahålls av flera tematiska tjänster inom Copernicus. Copernicus landtjänst tillhandahåller bland annat marktäckedata på europainivå samt högupplösta data för permanenta vattenförekomster, våtmarker, skog och hårdgjorda ytor. Data från Copernicus marina tjänst stödjer säkerheten för sjöfart, observation av kust- och havsmiljö, havsplanering, förvaltning av marina resurser samt väderprognoser, säsongprognoser och klimatobservationer. Copernicus atmosfärstjänst erbjuder till exempel regelbundna beräkningar av atmosfärisk sammansättning, luftkvalitet och pollenhalter. Kombinationen av värmeböljor och dålig luftkvalitet kan orsaka stora problem i samhället, framförallt i urbana miljöer. Copernicus tjänst för katastrofhantering använder satellitbilder som huvuddatakälla och har världsomfattande täckning. I Sverige görs aktiveringen av tjänsten vid krisläge av MSB. Tjänsten för katastrofhantering är ett viktigt stöd för klimatanpassningen och har nyttjats av Sverige i samband med stormar, bränder och översvämningar.

Copernicus klimattjänst använder miljö- och klimatövervakning från satellit och andra mätinstrument tillsammans med modeller av jordens atmosfär, hav, land, sötvatten och isar. Klimattjänsten kommer att stödja arbetet med minskad klimatpåverkan och speciellt klimatanpassning inom ett antal sektorer, däribland vattenförvaltning, planering för kustområden, jord- och skogsbruk, transport, energi, hälsa, naturmiljö och ekosystem, infrastruktur, riskminskning och katastrofer.

EU:s jordobservationsprogram Copernicus erbjuder alltså en snabbt växande mängd data som kan stödja arbetet med klimatanpassning på olika sätt inom många områden. Rapporten förmedlar en kort och lättförståelig översikt över Copernicus och illustrerar användningen av programmet inom klimatanpassning med några enkla exempel. Mängden av data från Copernicus för klimatanpassningen kommer att öka och åtkomsten av data från Copernicus kommer samtidigt att förenklas. Detta kommer att förbättra förutsättningarna för användningen av Copernicus inom klimatanpassningen ytterligare. För att nå en ökad användning behövs dock även kunskapshöjande insatser, liksom kommunikationsåtgärder med goda exempel i linje med de behov och utmaningar som användare inom klimatanpassning möter. Det behövs även kompetensutveckling så att dagens användare, från myndigheter till forskning och näringsliv, kan dra nytta av Copernicus data och tjänster på ett enkelt sätt.

Summary

The European Earth Observation Program Copernicus is a world-leading user-driven program for the collection and dissemination of data on the Earth's environment, climate and security ([Copernicus 2017a](#)). Data collection takes place largely using satellites. Copernicus data are processed and provided openly and freely, including data delivery in the form of user-adapted services. Copernicus currently has six thematic services that meet data and information needs in the areas of climate, sea, land and freshwater, atmosphere, emergency management and security. The services can be adapted to local and regional needs. An important use of Copernicus data is climate change adaptation. Copernicus has a long-term planning horizon. This is a prerequisite for the reliable detection and assessment of environmental changes over time, which then can underpin informed decisions. In order to create wide-ranging societal benefits, the program's data and services need to be used widely by users. This report helps users in the field of climate change adaptation discover Copernicus and provides some concrete examples of how the program can support Swedish work on climate change adaptation.

Sweden is covered several times a week by satellites that observe the marine, terrestrial and atmospheric environment. The European space organizations ESA and Eumetsat have the mandate of the EU Commission to collect, store and provide satellite data from Copernicus as a basis for a wide range of applications, research and data-driven innovation. All data on Swedish territory are transferred automatically from ESA to the Swedish platform Swea of the Swedish National Space Board ([Rymdstyrelsen 2017](#)). Swea is a satellite data portal containing a web interface and an open application programming interface (API). It is possible to search for and download data from Sentinel satellites (Sentinel 1-3) and the US Landsat satellites free of charge. Data in Swea are geo-corrected according to Swedish reference systems, elevation models and map projections, facilitating use and processing of satellite images in various GIS tools and image processing programs by Swedish users.

The EU Commission also prepares its own central data infrastructure - Copernicus Data and Information Access Services (DIAS). DIAS will ensure fast and secure access to data and access to computational capacity to process large amounts of data.

Satellite images from Copernicus provide comprehensive and continuous information about the state of the environment, infrastructure and urban areas. This makes it possible to detect and follow long-term trends and changes in vegetation or aquatic environments. An example of this is the forest fire in Västmanland in 2014 when the Swedish Civil Contingencies Agency (MSB) took advantage of the Copernicus Service for Emergency Management to get tailor-made scenarios and interpretations on the fire area. Another example is drought where satellite images can identify changes in vegetation, but also in areas that fall dry due to changes in water levels. Copernicus also provides information about water properties such as temperature, algal blooms,

chlorophyll, suspended matter and humus which can support the assessment of water quality.

The national land use data project (NMD) coordinated by the Swedish Environmental Protection Agency aims at creating and managing information about the landscape and its changes over time ([Naturvårdsverket 2017a](#)). Data from this project will be nationwide, updated every five years and be comparable over time. NMD will support climate change adaptation in various societal sectors on issues such as nature protection and conservation, urban environments and fire risks.

Several Copernicus thematic services provide data and information of relevance to climate change adaptation. The Copernicus Land Monitoring Service hosts, among other, data on European land cover as well as high-resolution data on permanent water bodies, wetlands, forests and imperviousness. Main application areas for the Copernicus Marine Environmental Monitoring Service are maritime safety, observation of coastal and marine environments, planning support, marine resources and support to weather prediction, seasonal forecasts and climate observations. The Copernicus Atmosphere Monitoring Service offers daily and delayed-mode computations of atmospheric composition, air quality and atmospheric pollen contents. The combination of heat waves and poor air quality can cause major health problems, especially in urban environments. The Copernicus Emergency Management Service uses satellite images as its main data source and has worldwide coverage. In the event of a crisis, MSB can activate the service. The Emergency Management Service is an important tool for climate change adaptation and has been used by Sweden in response to storms, fires and floods.

The Copernicus Climate Change Service uses environment and climate observations from satellite and in-situ measurements combined with models of the Earth's atmosphere, sea, land, freshwater and ice. The Copernicus Climate Change Service will support work on climate change mitigation and in particular climate change adaptation in a number of sectors, including water management, coastal planning, agriculture and forestry, transport, energy, health, nature and ecosystems, infrastructure, risk reduction and disasters.

The EU Earth Observation Program Copernicus thus offers a rapidly expanding amount of data that can support climate change adaptation in many ways and in many areas. This report provides a brief and easy-to-understand overview of Copernicus and illustrates the use of Copernicus in climate change adaptation by some simple examples. The amount of Copernicus data in support of climate change adaptation will increase further. At the same time, access to and handling of Copernicus data will improve. This will in turn improve the opportunities for the use of Copernicus in climate change adaptation. However, in order to achieve a more widespread use of Copernicus data there is a need for complementary efforts on knowledge building, communication and good examples that focus on the specific needs and challenges encountered by climate change adaptation users. There is also a need for skills development so that today's users, from government to research and business, can easily benefit from Copernicus's data and services.

Inledning

Kort om Copernicus

EU:s jordobservationsprogram Copernicus ([Copernicus 2017a](#)) är en ny källa till allt större mängder av öppna miljödata¹. Copernicus är ett långsiktigt, användarstyrt program som tillhandahåller både satellitdata och tematiska tjänster för arbetet med miljö, klimat och säkerhetsfrågor. De tematiska tjänsterna omfattar områdena klimat, hav, land och sötvatten, atmosfär, katastrofhantering och säkerhet. Genom öppna data och tjänster från Copernicus kan olika användare få kontinuerliga, regelbundna och högkvalitativa miljödata som ger en helhetsbild av tillståndet i miljön över tid vilket möjliggör att nya analyser kan göras och förbättrade beslutsunderlag kan tas fram.

Problemställning

Copernicus är en ambitiös satsning på ett oberoende europeiskt informationsförsörjningssystem med global täckning som finansieras av EU och rymdorganisationen ESA. Programmet levererar redan nu en volym av mer än 12 Terabyte miljödata per dag. För att satsningen ska nå sina syften och bli framgångsrik genom att skapa samhällsnyttor krävs att programmets data och tjänster nyttjas i bred utsträckning av många användargrupper utifrån deras behov. Ett viktigt användningsområde för data från Copernicus är klimatanpassning ([EEA 2017a](#)). Det finns stor användningspotential i data och tjänster, men sökbarheten och tillgängligheten av programmets data och tjänster är idag bristfälliga när det gäller sådana tvärgående frågor som klimatanpassning. Även om Copernicus redan idag används av ett flertal olika myndigheter, organisationer och företag i Sverige har det hittills saknats konkreta exempel på hur data från Copernicus kan stödja just det svenska klimatanpassningsarbetet. Som en följd finns bristande kunskap inom det svenska klimatanpassningssamfundet om vilka data och tjänster som erbjuds genom Copernicus och hur dessa kan utgöra en resurs för klimatanpassning.

Bakgrund och syfte

Idén till denna rapport uppstod inom den särskilda arbetsgruppen för dataanvändning och dataförsörjning inom det svenska myndighetsnätverket för klimatanpassning MNKA ([SMHI 2017a](#), se även bilaga B1). Arbetsgruppen arbetar med att sammanställa befintliga data av relevans för klimatanpassning som tillhandahålls av olika leverantörer för att göra den lättillgänglig och

¹ Datapolicyn för Copernicus-programmet regleras i EU:s förordning om Copernicusprogrammets inrättande ([EU 2014](#)) och EU-kommissionens delegerade förordning ([EU 2013](#)). Huvudprincipen är öppen tillgång till Copernicusdata och Copernicusinformation. Som användare kan det vara bra att notera att det finns krav på registrering före nedladdning av Copernicus data och att det kan förekomma restriktioner i licenser för data från andra satelliter än Copernicusprogrammets egna. Naturvårdsverkets datapolicy, liksom Havs- och vattenmyndighetens datapolicy, tolkar begreppet öppna data ännu mer omfattande ([Naturvårdsverket 2017b](#)).

sökbar. Den typ av geodata som Copernicus levererar identifierades av arbetsgruppen som en viktig källa med potential för det svenska klimatanpassningsarbetet. I framtagningen av denna rapport medverkade både medlemmar från arbetsgruppen för dataanvändningen och dataförsörjning och medlemmar från den svenska myndighetssamverkan Copernicus (se även bilaga B2). Författarteamet har inte haft möjlighet att göra en heltäckande inventering av Copernicus alla produkter. Utifrån webbkällor, tillgänglig litteratur, och författarnas personliga erfarenheter från arbetet med Copernicus-programmet på europeisk och nationell nivå presenterar vi i stället:

- en övergripande bild av programmets datakällor och tjänster, och
- några nedslag i utvalda produkter från Copernicus samt en diskussion av deras potentiella nyttor för klimatanpassning.

Resultat och diskussion

Copernicus – ett jordobservationsprogram för miljö och säkerhet

Om satelliter och datamottagning

För att tillgodose behovet av data för miljöobservation och programmets tematiska tjänster använder Copernicus ett system av flera ”familjer” av satelliter med olika uppdrag. En satellitfamilj består av identiska satelliter som flyger i par, skilda med ett halvt varv i sin bana runt jorden. På så sätt halveras tiden för återbesök över en given plats vilket ger en dubbelt så frekvent miljöobservation. Detta ger en god upplösning av insamlade data i både tid och rum, särskilt på Sveriges breddgrader. Sverige täcks flera gånger i veckan. Copernicus-satellitfamiljerna kallas ”Sentinels” eller på svenska ”vaktposter”.

Första satellitfamiljen Sentinel 1 består av två radarsatelliter som levererar information om vind, vågor, havsströmmar, isar och oljespill helt oberoende av väder, moln och tid på dygnet. Satellitfamiljen Sentinel 2 bidrar till en bättre kartering av marktäckning och miljöer såsom skog och annan vegetation, sjöar, våtmarker och vattendrag, urbanisering med mera. Information om marktäckning är viktig för att kunna bedöma utsläppskällor och markanvändning som påverkar till exempel vattnets kvalitet, skyddsvärda naturområden, och brandrisk. Liknande nyttor kan förväntas när det gäller övervakning av den känsliga kustzonen. Ett annat viktigt område för tillämpningar är landskapsplanering och utformningen av gröna och blåa ytor. Det sista har stor betydelse för ekosystemtjänster, bevarandet av biologisk mångfald och klimatanpassning. Naturliga översvämningsytor kan fungera som så kallade fördröjningsmagasin vid stark nederbörd, något som kommer att bli ännu viktigare med tanke på ett blötare framtida svenskt klimat. Sentinel 2 har också visat sin potential för marina användningar såsom övervakning av algbloomningar i Östersjön. Den svenska marktäckekarteringen ”Nationella Marktäckedata” som tas fram och förvaltas av Naturvårdsverket, baseras i huvudsak på data från Sentinel 2 och kommer att användas av flera myndigheter i klimatanpassningsarbetet. Sentinel 2 används operationellt av Skogsvårdsstyrelsen för att kontrollera efterlevnaden av skogsvårdslagen, ända ut i fältorganisationen. Tillämpningen har betydelse för att förebygga olaglig avverkning nära stränder och vattendrag där vattenkvalitet och skuggning från trädridåer behöver säkerställas för att bevara värdefulla fiskbestånd såsom havsöring. Sentinel 2 kan även användas för att följa upp utsläpp från muddringsarbeten.

Även den första satelliten av familjen Sentinel 3 har skickats upp. Denna satellit bär på instrument som kan analysera variationer i hav och större sjöar och ge information om till exempel strömmar, vattentemperatur och vattenkvaliteten. Ett av satellitens instrument är speciellt utvecklat för att avläsa färger i vattnet. Vattnets färg påverkas av halten av löst material, suspenderade partiklar och klorofyll. Dessa samband kan utnyttjas för att få en

bättre bild av vattenkvaliteten och behovet av miljöförbättrande åtgärder. Satelliten kommer att leverera helhetsbilder av havs- och sötvattenområden som kan komplettera direkta provtagningar av vattnets egenskaper.

Det finns även Copernicus-satelliter som mäter atmosfäriska variabler för bedömning av luftkvalitet och havsvattenståndsändringar. Läs mer om alla satelliter och deras uppdrag på Copernicus hemsida ([Copernicus 2017a](#)) och hos europeiska rymdorganisationen ESA ([ESA 2017a](#)). En viktig aspekt av EU:s Copernicus-program är den långsiktiga planeringen med kontinuerliga mätningar. Långsiktigheten är viktig för att användarna ska kunna lita på att mätserierna kommer att fortsätta även efter en viss satellits livslängd. Driften av Copernicus efterliknar driften av meteorologiska satellitsystem när det gäller den långsiktiga dataförsörjningen. Inom Copernicus finns t ex redan planer för nästa generations Sentinel-satelliter som ska efterträda den nuvarande för att effektivt säkerställa försörjningen av data med hög kvalitet. Långsiktigheten och jämförbarheten av mätningar är en förutsättning för att kunna följa och analysera miljöns förändring över tid på ett tillförlitligt sätt som kan ligga till grund för välgrundade beslut hos olika samhällsaktörer.

De enorma mängder satellitdata som samlas in genom sensorerna ombord på Sentinel-satelliterna skickas ner till jorden när satelliterna passerar över en mottagningsstation. Data kan också länkas via särskilda reläsatelliter. Från mottagningsstationerna förmedlas data utan dröjsmål till särskilda bearbetningscentraler som korrigerar dem för atmosfäriska störningar och variationer i terrängen så att de passar in i referenssystem och kartprojektioner. Alla data sparas för framtiden i omfattande arkiv och tillhandahålls öppet och fritt för alla som vill använda dem. Copernicusdata är mycket efterfrågade och har satt en ny global standard för satellitdata. Offentliga och privata aktörer över hela världen står i kö för att få tillgång till data från Copernicus.

Tillgång till satellitdata

De europeiska rymdorganisationerna ESA och Eumetsat har EU-kommissionens uppdrag att samla in, lagra och tillhandahålla satellitdata från Copernicus. Copernicus Open Access Hub ([ESA 2017b](#)) och Copernicus Space Component Data Access (CSCDA) ([ESA 2017c](#)) är de huvudsakliga ingångarna till Sentinel-1, Sentinel-2 och Sentinel-3 produkter. Copernicus Open Access Hub vägleder användaren genom ett interaktivt grafiskt gränssnitt. Via CSCDA-portalen får man även tillgång till data från ESA:s forskningssatelliter eller Copernicus samverkande satelliter som skickats upp av enskilda medlemsländer och samlar in kompletterande data av annat slag än Sentinel-satelliterna. Det kan till exempel handla om mycket högupplösta bilder som visar detaljer på jordytan så små som 50 cm (se nedan under Plejaderna). Medverkande satelliter ingår inte i Copernicus kärnprogram och är inte finansierade av EU. Tillgång till data från dessa är därför förenat med den datapolicy som varje satellitägare har bestämt. EU-kommissionen köper upp en stor mängd sådana data för användning i Copernicus tjänsteproduktion i

huvudsak. Data kan även rekvireras för bruk av myndigheter i medlemsländerna.

Eumetcast är ett system som tillhandahålls av satellitorganisationen Eumetsat. Via Eumetcast distribueras bland annat data från Copernicus marina och atmosfärsanalyserande satellituppdrag och relaterade produkter ([Eumetsat 2017](#)).

Ett flertal länder har också skapat egna nationella plattformar för arkivering och distribution av Copernicus-data till grund för bred användning, forskning och datadriven innovation. All data över svenskt territorium länkas automatiskt över från ESA:s plattformar till den svenska plattformen Swea ([Rymdstyrelsen 2017](#)) som är utvecklad för att tillgodose svenska användares intressen och behov. Swea är ett satellitdataverktyg med både webbgränssnitt och en portal med öppet applikationsprogrammeringsgränssnitt (API). Det är möjligt att helt gratis söka, titta på, beställa och ladda hem data från de aktiva Sentinelsatelliterna (Sentinel 1-3). Även data från de amerikanska Landsat-satelliterna finns tillgängliga via Swea. Data i Swea är geokorrigerade efter svenska referenssystem, höjddatamodeller och kartprojektioner vilket gör det lätt för svenska användare att behandla satellitbilderna i olika Gis-verktyg och bildbehandlingsprogram. Det är också möjligt att göra egna mosaiker och tidserier. Sentineldata kan antingen laddas hem som de ursprungliga produkterna eller som vidareförädlade produkter som genereras i Swea. En första version av Swea är redan i drift. Systemet kommer att vidareutvecklas i takt med svenska användares behov och synpunkter samlas in. Satellitbildsdaten i Saccess ([Lantmäteriet 2017a](#)) kommer att integreras med Swea så att satellitbilder från sent 1970-tal kan erbjudas tillsammans med en kontinuerlig ström av nya bilder. Detta kommer att innebära en otrolig potential för förändringsanalyser av svenska mark- och vattenområden över tid. Eftersom datakontinuiteten nu säkerställs genom Copernicus är det dags att betrakta satellitdata som en naturlig del av svensk geodataförsörjning.

Inom ramen för två stora EU-projekt (Copernicus Caroline Herschel Framework Partnership Agreement och InterReg-projektet BalticSatApps) kommer en rad olika åtgärder att genomföras. Flera av åtgärderna syftar till att öka förståelsen för hur svenska aktörer kan dra nytta av Swea i olika verksamheter och hur Swea kan stimulera den kunskapsintensiva industrin att utveckla avancerade informationsprodukter med hjälp av satellitdataverktyget. Därtill planeras en workshop med goda exempel och interaktiva övningar. Syftet är att sammanföra deltagare från olika nätverk inom samfundet för klimatanpassning med den särskilda myndighetssamverkan Copernicus. Att samla grupper från olika delar av samhället kan öka användningen av Copernicus data och tjänster i klimatanpassningsarbetet och därigenom skapa samhällsnyttor. Workshopen kommer att belysa flera aspekter av klimatförändringar och samhällets informationsbehov för anpassningar därtill. Händelser som översvämning, torka, skred, minskande glaciärer, erosion och havsnivåhöjning, förändringar i habitat och biodiversitet med mera kommer att tas upp.

Flera av EU:s andra medlemsländer har skapat motsvarigheter till Swea. Finland tillhandahåller systemet Finhub ([FMI 2017](#)). Tyskland och Frankrike har gått längre och gjort närmast världsvida kopior av insamlat Sentinel-data. Tysklands plattform Code-DE (Copernicus Data and Exploitation Platform – Deutschland) är en portal som ger tillgång till både Copernicus satellitdata och produkter från de tematiska tjänsterna ([Code-DE 2017](#)).

Eftersom Copernicus-data distribueras fritt har även några företag skapat tjänster som tillhandahåller satellitdata från programmet. Ett par exempel är molntjänster för Sentinel 2 data som erbjuds genom Amazon Web Services ([Amazon 2017](#)) och Google Earth Engine ([Google 2017](#)). Google Earth Engine erbjuder även godkända användare att nyttja ett antal jordobservationer från olika källor (i dagsläget Sentinel 1 och 2 från Copernicus) tillsammans med viss beräkningskapacitet på Google's datorer.

För att matcha de amerikanska initiativen förbereder nu EU en egen central infrastruktur för att lagra, bearbeta och sprida data från Copernicus. Copernicus Data and Information Access Services (DIAS) ska säkerställa snabb och säker tillgång till data samt tillgång till beräkningskapacitet för att bearbeta stora datamängder. Det ska också bli möjligt att tillfälligt flytta dataset av intresse, till exempel från Swea för att processa dem i DIAS och sedan ladda ner resultatet. DIAS kommer att bli den huvudsakliga ankningspunkten för användare och företag som vill utveckla datadriven innovation. Sammantaget finns det alltså flera ingångar till data från Copernicus som tävlar med varandra i att presentera och tillhandahålla data på ett användarvänligt och effektivt sätt förenat med tjänster för databearbetning. I framtiden kommer troligen nya verktyg att knytas till de stora datamängderna för att underlätta navigering och slutsatser med hjälp av artificiell intelligens och maskininlärning.

Vid sidan av Copernicus kan det vara värt att nämna att Sverige också har tillgång till en kvot satellitbilder från det fransk-svenska samarbetsprojektet Plejaderna. Dessa data är tillgängliga för institutionella användare såsom myndigheter och forskare utan kostnad. Satellitbilderna är tagna med mycket hög upplösning. Detaljer på jordytan ner till ca 50 cm i storlek kan analyseras. Bilder kan även fås i 3D. Dessa satellitbilder kan utgöra värdefull kompletterande information till Sentineldata för den som vill ha mer detaljinformation om ett visst område, till exempel en stadsmiljö eller ett vattendrag. Rymdstyrelsen har en enkel rutin för att beställa sådana bilder².

² Kontakta Göran Boberg (boberg@snsb.se) eller Björn Lovén (bjorn.loven@snsb) för mer information och tillvägagångssätt.

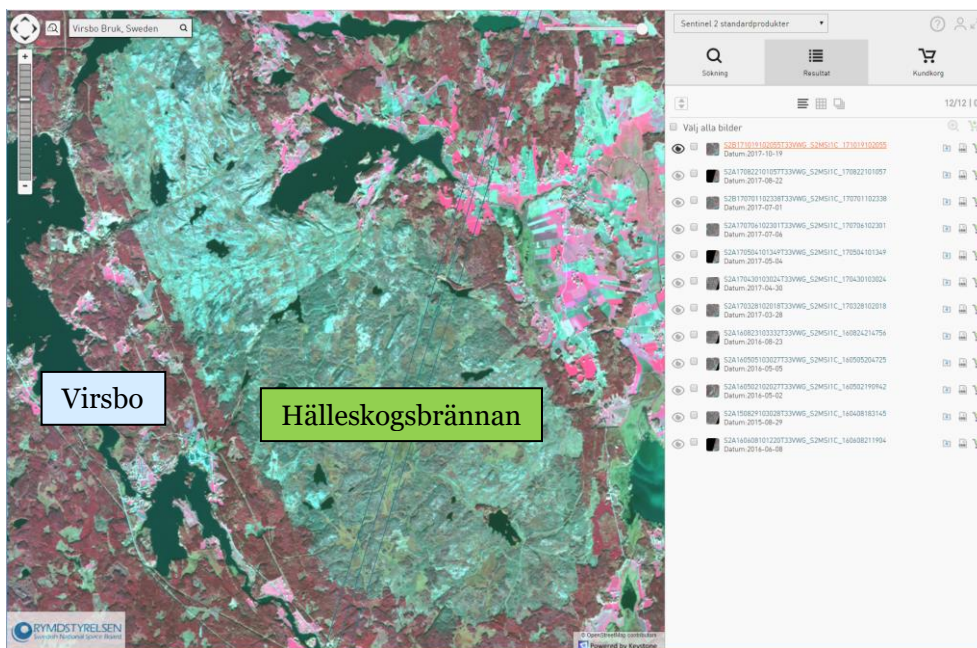
Satellitdata och klimatanpassning

Satellitbilder från Copernicus ger heltäckande och kontinuerlig information om tillstånd i miljön, infrastruktur och urbana områden. Detta gör det möjligt att upptäcka långsiktiga trender eller säsonsberoende förändringar av vegetationen eller vattenmiljöer. Några svenska fallstudier diskuteras i Klein et al. (2017). Satellitbilder kan även användas som stöd till katastrofhantering vilket diskuteras längre ner i samband med programmets tematiska tjänst för katastrofhantering.

Exempel skogsbränder

Risken för bränder i skog och mark har ökat med 20 procent globalt sedan slutet av 1970-talet. Ökningen kan kopplas till klimatförändringen och den globala uppvärmningen (Jolly et al. 2015). Under sensommaren 2014 drabbades även Sverige då branden i Västmanland blev den största skogsbranden i Sverige i modern tid. Det tog elva dagar innan branden var under kontroll (MSB 2014, Skogsbrandsutredningen 2015). Även om en enda händelse inte kan härledas till klimatförändringen så blev branden i Västmanland en tydlig illustration av de möjliga effekterna av ett varmare klimat. Värme, extrem torka och hårda vindar identifierades som bidragande faktorer till brandens omfattning.

Under den akuta krisen tog Sverige hjälp av Copernicus tjänst för katastrofhantering för att få skraddarsydda lägesbilder och tolkningsunderlag över brandområdet. Användare som i efterhand vill studera brandens effekter kan även ladda ner satellitbilder från Copernicus. Hälleskogsbrännan är en del av det område som drabbades av branden. I brandens spår växer ny grönska fram och djur och fåglar har vänt tillbaka ([Länsstyrelsen Västmanland 2017](#)). Samtidigt är brandens omfattning och inverkan fortfarande synliga nästan tre år efter händelsen. I figur 1 visas en bild av Hälleskogsbrännan tagen av Sentinel 2B den 19 oktober 2017. Med hjälp av Swea kan du enkelt välja ut ett intresseområde över vilket du söker satellitbilder. Om du söker optiska bilder (som ofta störs av moln) kan du även sätta en gräns för hur många procent moln bilden får innehålla som mest.

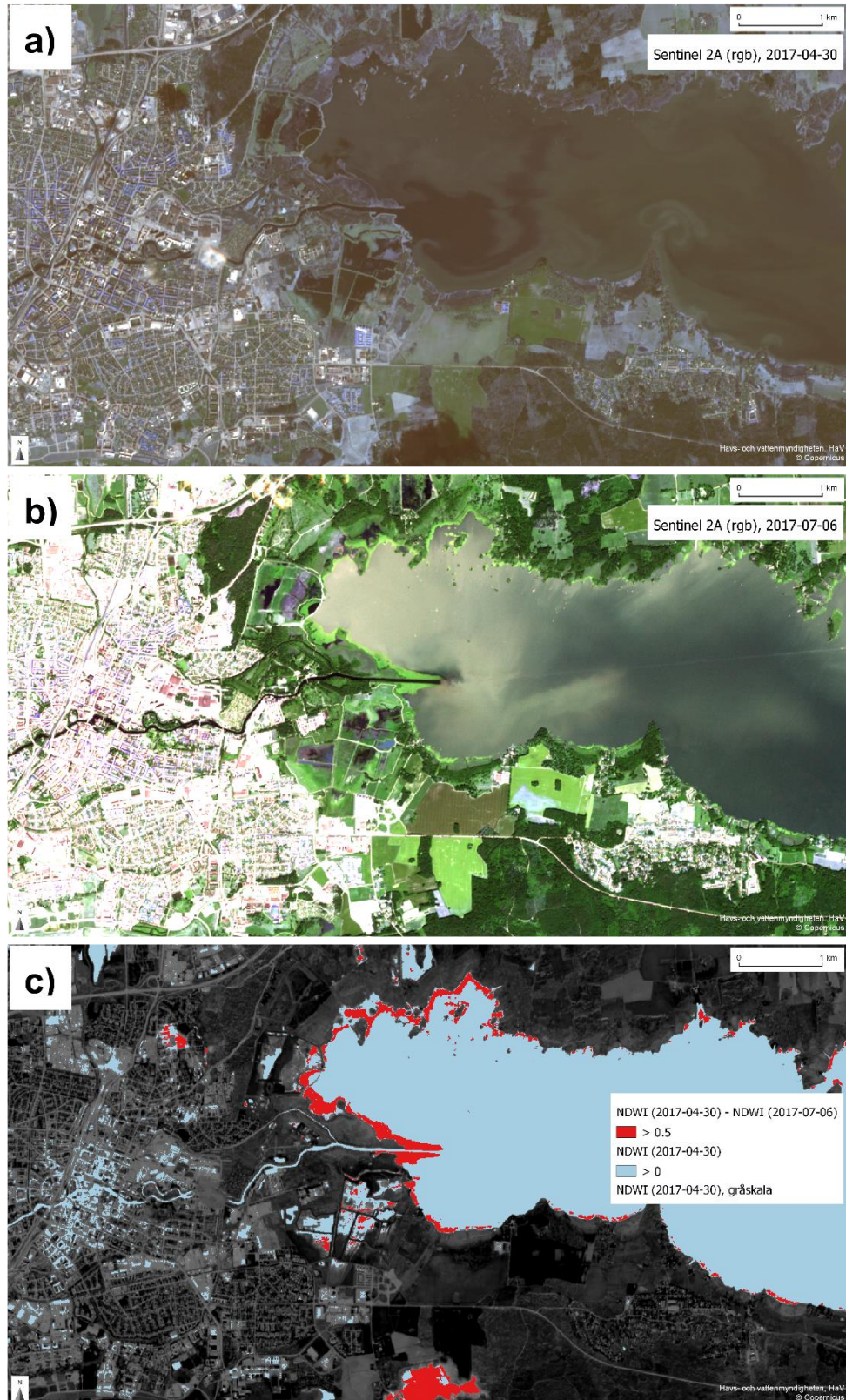


Figur 1. Skärmdump av webbtjänsten Swea. Bilden till vänster är tagen av Sentinel 2B den 19 oktober 2017. Bilden visar området Hälleskogsbrännan nära samhället Virsbo i Västmanlands län. Kolumnen till höger visar resultaten av en sökning av satellitbilder för ett valt område (en rektangel som omfattar brandområdet) och med en maximal molnighet på 5 %.

Exempel tillgång till vatten

Klimatförändringarna kommer att påverka både land- och vattenmiljöer. Även om Sverige överlag går emot ett blötare klimat så kommer det under delar av året och särskilt i landets sydöstra delar att bli ökade problem med torka och vattenbrist. De senaste två åren bjöd på ovanligt lite nederbörd vilket har fört frågan om vattenbrist och torka högt upp på den svenska dagordningen. Enligt en analys av SMHI blir det vanligare med låga vattennivåer i Hjälmarens och Vättern, vilket främst beror på att mer vatten avdunstar i ett varmare klimat (SMHI 2017b). Beräkningar tyder på att medelvattennivån i Vättern kommer att minska med en till två decimeter till slutet av seklet, med ungefär lika stor minskning under alla årstider. För Hjälmarens del kan medelvattennivån i genomsnitt bli omkring en decimeter lägre under sommar och höst. När vattnet i sjöar och vattendrag blir varmare så påverkas även vattnets kvalitet vilket innebär effekter på ekosystem och viktiga samhällsfunktioner såsom dricksvattenförsörjningen. Längre perioder med skiktning i vattenmassorna, det vill säga att ytvattnet och djupare liggande vatten inte blandas, ökar risken för syrebrist på bottenarna och negativ påverkan av hela ekosystemet. Det blir även fler och kraftigare algbloomingar när det näringsrika vattnet blir varmare.

I figurerna 2a och 2b visas förändringar i strandzonen av Hjälmarens mellan våren och sommaren 2017 med hjälp av två satellitbilder tagna av Sentinel 2A. Bilderna visar den västra delen av Hjälmarens nära Örebro den 30 april 2017 respektive 6 juli 2017. Bilderna använder satellitbanden röd, grön och blå och motsvarar det mänskliga ögats sätt att se färgerna.



Figur 2. a) Satellitbild tagen av Sentinel 2A den 30 april 2017. Bilden visar delar av Örebro och den västra delen av Hjälmaren. b) samma som a) men för 6 juli 2017. c) NDWI för 30 april 2017 (bakgrundsbild, gråskala). Områden med positiv NDVI (som tyder på vattenytor) visas i ljusblått. För dessa områden har även skillnaden i NDWI mellan 30 april och 6 juli 2017 beräknats. Områden med stor positiv skillnad (som tyder på torrläggning eller övergång till vegetation) visas i rött. Satellitbilderna har laddats ned från Swea och bearbetats med ett Gis-program med öppen källkod ([QGIS 2017](#)).

I jämförelsen av figur 2a och 2b syns dels skillnader i växtligheten. Det går även att se strukturer i vattnet som tyder på partiklar och material löst i vatten. I figur 2c har det gjorts en enklare uppskattning av områdena som blivit avsevärt mycket torrare mellan 30 april och 6 juli (rött färgade områden nära strandkanten)³. Dessa förändringar kan tyda både på en förändring i växtlighet men även visa på områden som torrlagts som en följd av lågt vattenstånd. Speciellt längs norra stranden har det under sommaren 2017 kommit in rapporter från allmänheten till Länsstyrelsen i Örebro län om låga vattenstånd (Ernst Witter, Länsstyrelsen Örebro och Lotta Carlström, Hjälmarens Vattenvårdsförbund, personlig kommunikation).

Nationella Marktäckedata

Nationella Marktäckedata (NMD) är ett nytt initiativ av Naturvårdsverket med stöd av flera andra myndigheter ([Naturvårdsverket 2017a](#)). Projektet syftar till att skapa och förvalta information om landskapet och hur det förändras över tid. Data från detta projekt ska vara nationellt heltäckande och jämförbar mellan olika analystillfällen. Produktionen ska vara återupprepar och fånga förändringar. Nationella Marktäckedata omfattas av Naturvårdsverkets datapolicy och tillgängliggörs som öppna data. I produktion och förvaltning eftersträvas största möjliga kostnadseffektivitet och användarupptag. Satellitdata från Copernicus Sentinel 2 är en nyckelresurs för produkten, och projektet är faktiskt en av Europas största tillämpningar av Sentinel 2 data. Att Sentinel 2A och 2B flyger i par innebär att samma område återbesöks med bara några dagars mellanrum vilket ger ökade möjligheter att få molnfria scener och en bättre kartering och klassning (Olsson 2017). I figurerna 3 och 4 visas exempel på olika typer av marktäckte. Marktäckte är ofta komplex vilket innebär att den höga rumsliga upplösningen av Sentinel 2-serien (10 m) är en tillgång. Nationella Marktäckedata kommer att användas som underlag för klimatanpassningsarbete inom olika samhällssektorer i frågor som rör till exempel skyddad natur, jordbruk, urbana miljöer och brandrisker i skog och mark.

³ Beräkningen gjordes med hjälp av en enklare index för vattenytor (Normalized Deviation Water Index, NDWI). $NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)$ där GREEN är ett spektralband i den gröna delen medan NIR (Near InfraRed) är ett spektralband i den nära infraröda delen av det optiska spektrumet (McFeeters et al. 1996). För Sentinel 2 motsvarar dessa band 3 respektive band 8. Indexen NDWI varierar mellan 1 och -1 där positiva värden tyder på vattenytor.



Figur 3. Jordbrukslandskap, Ven, södra Sverige.



Figur 4. Skogstjärn i Ånggårdsbergen, Göteborg.

Tematiska tjänster

Copernicus tillhandahåller också tematiska tjänster. De tematiska tjänsterna kombinerar data från satelliter med in situ-mätningar och modeller för att ta fram produkter för olika användningsområden. Copernicus har idag sex tematiska tjänster som tillgodoser data- och informationsbehov inom områdena klimat, hav, land och sötvatten, atmosfär, katastrofhantering och säkerhet. På EU-kommissionens Youtube-kanal för Copernicus ([EU-KOM 2017a](#)) finns en introduktion till Copernicus ([EU-KOM 2017b](#)) och ingående beskrivningar av programmets olika tjänster och hur de kan anpassas efter lokala och regionala behov såsom kustplanering ([EU-KOM 2017c](#)). I de följande avsnitten i detta kapitel ges korta beskrivningar av de olika tjänsterna samt några exempel på hur de kan stödja klimatanpassning.

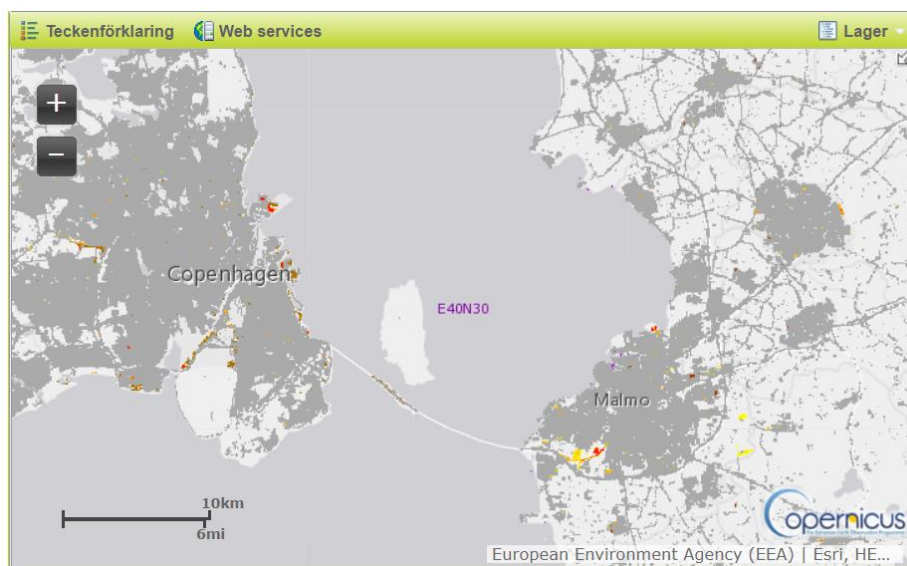
Landtjänsten

Landtjänsten inom Copernicus är uppdelad i fyra produktgrupper efter produkternas geografiska område och detaljeringsgrad. EU:s gemensamma forskningscentrum JRC (Joint Research Centre) ansvarar för globala produkter medan Europeiska miljöbyrån EEA (European Environment Agency) ansvarar för pan-europeiska produkter, lokala produkter och referensdata ([Copernicus Land Monitoring Service 2017a](#)).

Landtjänstens pan-europeiska produkter innehåller till exempel information om marktäckte på europainivå samt högupplösta skikt för teman såsom permanenta vattenförekomster, våtmarker, skog och hårdgjorda ytor. Dessa skikt uppdateras normalt med tre till sex års mellanrum vilket möjliggör förändringsanalyser.

Exempel hårdgjorda ytor

Figur 5 visar förändringen i hårdgjorda ytor i Öresundsregionen mellan 2009 och 2012 enligt landtjänstens kartering. Upplösningen av produkterna från Landtjänsten (20 m, vissa produkter bara 100 m) kan vara begränsande för detaljerad planering på lokal nivå. Däremot finns ett värde i att kartlagren täcker hela Europa och har tagits fram med en harmoniserad metodik. På så sätt stöds till exempel jämförelser mellan länderna, analyser av klimatteffekter och anpassning över nationsgränser.



Figur 5. Copernicus-landtjänstens kartgränssnitt (skärmdump). Kartan visar Öresundsregionen. Gula och röda områden visar nytillkomna hårdgjorda ytor mellan 2009 och 2012. Områden utan större förändring av andelen hårdgjorda ytor visas i grått ([Copernicus Land Monitoring Service 2017b](#)).

Exempel grön infrastruktur

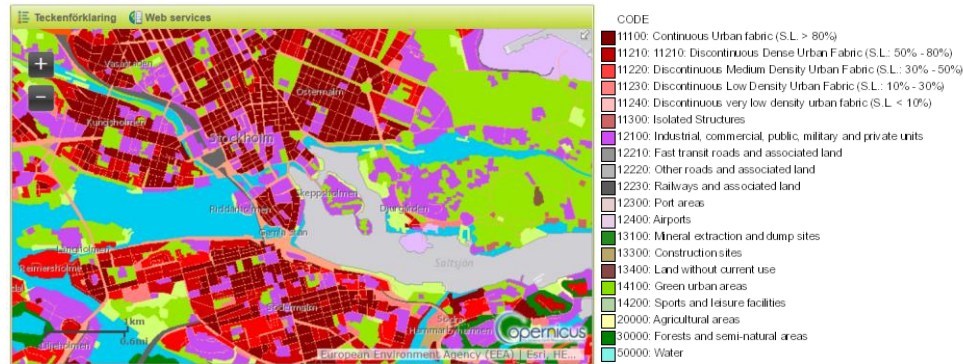
Grön infrastruktur⁴ definieras som ett ekologiskt funktionellt nätverk av livsmiljöer och strukturer, naturområden samt anlagda element som utformas, brukas och förvaltas på ett sätt så att biologisk mångfald bevaras och för samhället viktiga ekosystemtjänster främjas i hela landskapet. Grön infrastruktur 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 2017c](#)).

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 (figur 6). Samtidigt motverkas urbana värmeöar och effekten av värmeböljor minskas avsevärt ([EU 2017](#)). Hur gröna och blå områden är utformade i Sveriges stadsmiljöer och hur dessa står sig i en internationell jämförelse kan analyseras med hjälp av Copernicus data från landtjänsten. Figurerna 7 och 8 visar delar av centrala Stockholm respektive Bryssel enligt kartor från Copernicus-produkten "Urban Atlas".

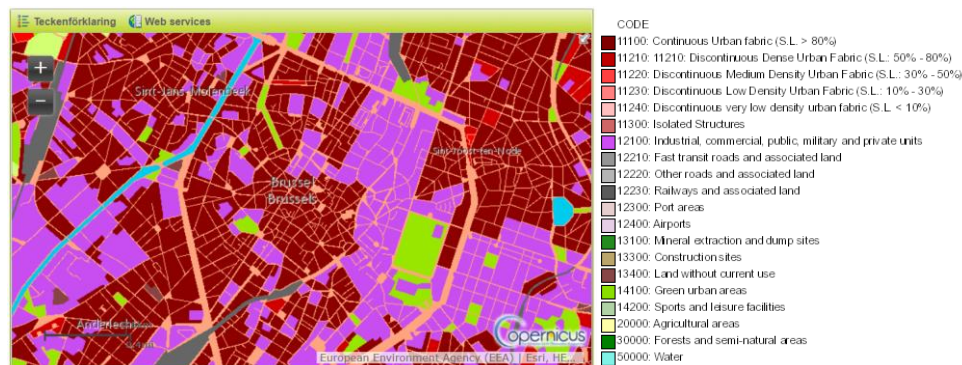


Figur 6. Hårdgjord yta respektive gräsmatta efter skyfall.

⁴ I begreppet "grön" infrastruktur i föreliggande rapport inkluderas även "blå" infrastruktur såsom vattendrag och hållbara dräneringssystem.



Figur 7. Centrala Stockholm enligt Copernicus landtjänstens produkt Urban Atlas 2006 (skärmsklipp, [Copernicus Land Monitoring service 2017c](#)). En längdskala visas i nedre vänstra hörnet av bilden. Teckenförklaringen (på engelska) finns till höger om kartan.



Figur 8. Centrala Bryssel enligt Copernicus landtjänstens produkt Urban Atlas 2006 (skärmsklipp, [Copernicus Land Monitoring Service 2017c](#)). Området i utsnittet är något mindre än området i figur 7. En längdskala visas i nedre vänstra hörnet av bilden. Teckenförklaringen (på engelska) finns till höger om kartan.

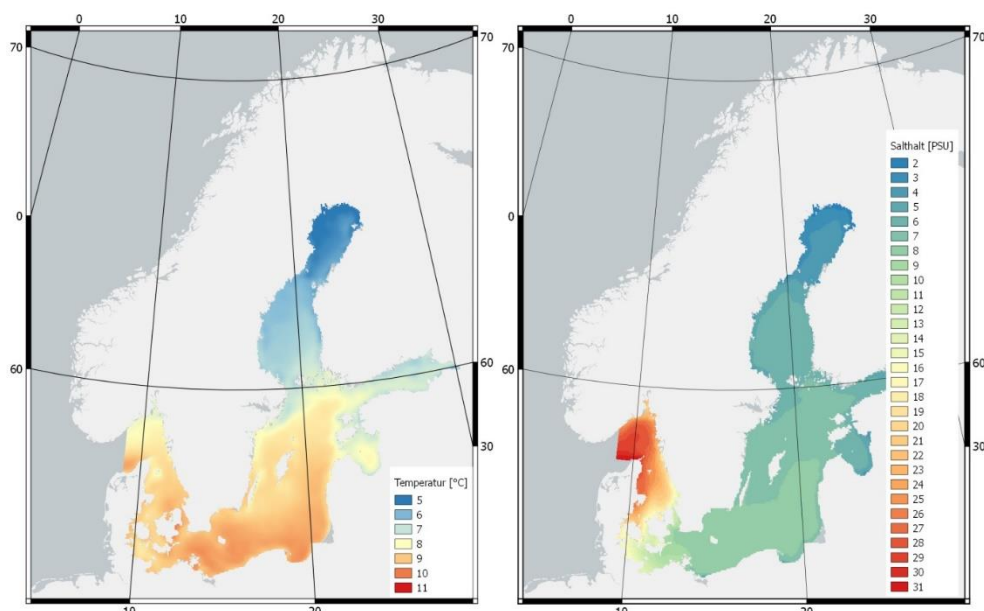
Ytterligare exempel på hur produkter från Copernicus landtjänst kan stödja klimatanpassning och arbetet med miljöfrågor kan hittas i Havs- och vattenmyndighetens nya karttjänst ([Havs- och vattenmyndigheten 2017](#)).

Marina tjänsten

Huvudanvändningsområdena för den marina tjänsten är säkerheten för sjöfart, observation av kust- och havsmiljö, övervakning av marina resurser samt stöd till väderprognoser, säsongsprognoser och klimatobservationer ([Copernicus Marine Environment Monitoring Service 2017a](#)). Tjänsten tillhandahåller en utförlig produktkatalog ([Copernicus Marine Environment Monitoring Service 2017b](#)) där användare kan söka efter geografiskt område, tidsperiod och typ av variabel. Marina tjänsten erbjuder till exempel information om havets aktuella tillstånd. Utöver satellitdata utnyttjas även in-situ observationer och fysikaliska och biogeokemiska modeller vilket möjliggör att den vertikala strukturen av haven kan beskrivas. Havsinformationen i nära realtid kompletteras av så kallade återanalyser. Återanalyser kombinerar modeller och historiska observationer för att skapa jämförbara tidsserier av data som kan användas för trendanalyser. Detta är en viktig förutsättning för att kunna hitta klimatförändringar och undersöka deras möjliga effekter.

Exempel klimatologi av Östersjöns ytvatten

Miljö- och klimatarbetet behöver regelbunden miljöövervakning. Det är viktigt att bedöma miljöns tillstånd och hur den förändras över tiden, till följd av mänsklig påverkan eller klimatförändringen. EU:s ramdirektiv om en marin strategi (EU 2008, herefter kallad havsmiljödirektivet) är miljöpelaren i EU:s integrerade havspolitik och pekar ut den marina miljön i Europa som ett värdefullt arv som måste skyddas och bevaras. Havsmiljödirektivet lyfter bland annat behovet att kunna beskriva havsområdets fysikaliska och kemiska förhållanden, till exempel avseende geografisk och tidsmässig fördelning av salthalt och temperatur. I figur 9 visas modellerade årsmedelvärden från en återanalys för Östersjön som genomförts av SMHI på uppdrag av Copernicus marina tjänst. Ytterligare exempel på hur produkter från Copernicus marina tjänsten kan användas hittas i Havs- och vattenmyndighetens nya karttjänst ([Havs- och vattenmyndigheten 2017](#)).



Figur 9. Klimatologiska årsmedelvärden av Östersjöns ytvatten: Modellerade årsmedelvärden (medelvärde för perioden 1989-2014, genomfört av SMHI för Copernicus marina tjänst) av havets ytvattentemperatur (vänster) och salthalt (höger) i Östersjön (Dataälla: [Copernicus Marine Environment Monitoring Service 2017c](#)).

Atmosfärstjänsten

Atmosfärstjänsten erbjuder data och information om atmosfärisk sammansättning, växthusgaser, luftkvalitet och förnybar energi ([Copernicus Atmospheric Monitoring Service 2017a](#)). En fullständig översikt över de tillgängliga produkterna ges i tjänstens katalog ([Copernicus Atmospheric Monitoring Service 2017b](#)).

Tjänsten erbjuder till exempel regelbundna beräkningar av halten av luftföroreningar. Luftföroreningar påverkar hur klimatet förändras. Samtidigt kan även luftkvaliteten påverkas av klimatförändringen. I ett varmare klimat och under soliga förhållanden kan bildningen av marknära ozon underlättas.

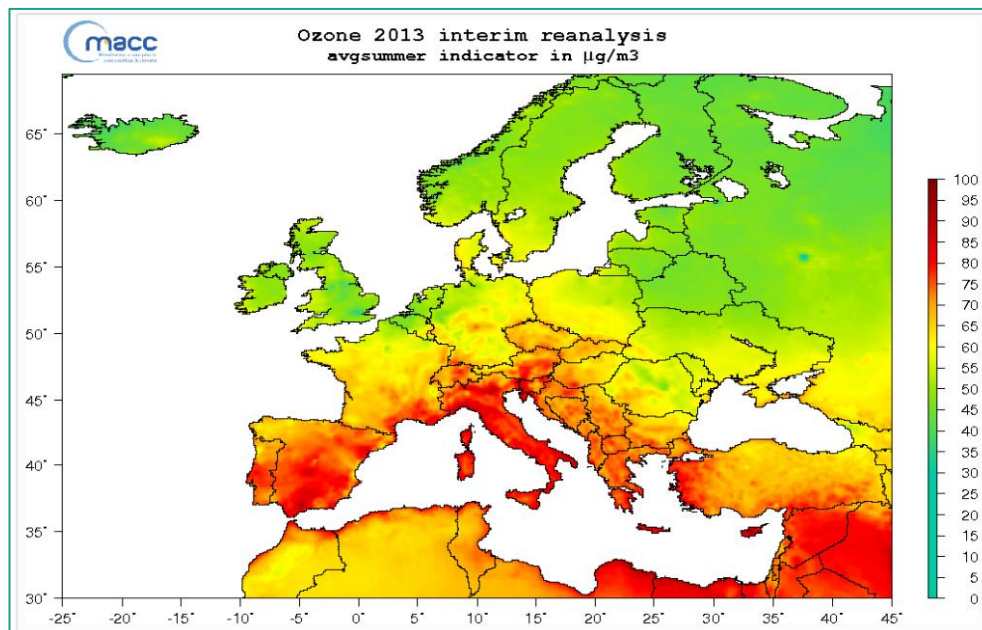
Marknära ozon är en sekundär luftförorening som bildas genom kemiska reaktioner där utgångsämnen såsom kväveoxider och kolväten omvandlas med hjälp av energin från solljuset. Höga halter av marknära ozon ökar risken att dö i förtid i luftvägssjukdomar. Ozon är en giftig gas som är kraftigt oxiderande och därför irriterar slemhinnor och ögon. Ozon kan också nedbryta vissa material. Höga halter av marknära ozon förekommer ofta på den europeiska kontinenten under sommaren i kombination med varmt och torrt väder. Kombinationen av värmeböljor och dålig luftkvalitet kan orsaka stora problem i samhället, framförallt i tätorter. Problematiken fick stor uppmärksamhet i samband med den värmeböljan under sommaren 2003 som resulterade i tusentals förtida dödsfall ([Folkhälsomyndigheten 2015](#)) i sydvästra Europa. Det finns problem med luftkvaliteten i många stora städer i världen. Även Europa har fortsatt problem med luftkvaliteten ([EEA 2017b](#)). Dålig luftkvalitet påverkar inte bara människans hälsa utan även miljön och kulturarvet. Dagliga beräkningar från Copernicus atmosfärstjänst ger data och information om aktuella och förväntade halter av luftföroreningar. På så sätt stöds varningstjänster och verktyg för att hantera episoder med dålig luftkvalitet. Beräkningar görs även på årsbasis och för flera år bakåt i tiden. Dessa underlag kan användas för att regelbundet följa luftkvaliteten i Europa och hela världen, för att genomföra åtgärder som kan bidra till bättre luft och för att följa upp effekten av miljöförbättrande åtgärder. Om till exempel ozonbildningen gynnas av ett varmare klimat kan det behövas ännu större ansträngningar för att minska de utgångsämnen som är en förutsättning för ozonbildningen.

Klimatförändringen påverkar även fenologin⁵, och en av konsekvenserna är en allt längre pollensäsong. Atmosfärstjänsten tillhandahåller både globala produkter och regionala europeiska produkter som illustrerar detta. Atmosfärstjänsten erbjuder till exempel pollenprognoser som kan användas av allergiker som varningstjänster för höga halter av pollen. Satellitbilder som med täta intervall visar lövsprickning och vårens ankomst över landet kan förfinas kvaliteten i sådana produkter.

Exempel ozonhalter

Figur 10 visar ett exempel på modellerade halter av marknära ozon under sommaren 2013 i Europa. Bilden visar resultat från en så kallade ensemble där flera modeller kombinerats för att minska osäkerheten i beräkningarna. Under sommaren 2013 förekom höga halter av marknära ozon över den europeiska kontinenten och särskild i medelhavsområdet. Liknande beräkningar görs även dagligen och för ett flertal andra luftföroreningar. Beräkningarna utförs både för Europa och för hela världen.

⁵ Fenologi är läran om regelbundet återkommande fenomen i växternas och djurens i växternas och djurens årscykler, t ex lövsprickning, blomning, djurs reproduktion mm.



Figur 10. Beräkning av marknära ozonhalter i Europa under sommaren 2013 från en ensemble av luftkvalitetsmodeller inom Copernicus atmosfärstjänst ([Copernicus Atmospheric Monitoring Service 2017c](#)).

Tjänsten för katastrofhantering

Tjänsten för katastrofhantering (Copernicus Emergency Management Service, EMS) samordnas av EU:s forskningscentrum JRC. Ett huvudsyfte med tjänsten är att ta fram och tillgängliggöra skräddarsydd information och stöd i akuta nödsituationer och katastrofer ([Copernicus Emergency Management Service 2017a](#)). Katastrofer kan bero på naturolyckor såsom översvämningar, jordskred, stormar, bränder eller jordbävningar men det kan även handla om av människan orsakade olyckor eller humanitära katastrofer. Tjänsten stödjer dessutom katastrofarbetet när det handlar om förebyggande, beredskap, respons och återuppbyggnad. Aktuell forskning och sammanställningar av forskning (till exempel IPCC 2013 och IPCC 2014) tyder på en ökande trend av naturkatastrofer kopplade till klimatförändringen och lyfter fram behoven av anpassning vad gäller förebyggande och hantering av katastrofer. Tjänsten för katastrofhantering är alltså ett viktigt stöd för klimatanpassningen, både inom Europa, EU:s medlemsstater och vid internationella katastrofer. Under 2017 har tjänsten bland annat nyttjats i samband med flera tropiska cykloner, översvämningar och bränder. Det svenska arbetet med tjänsten för katastrofhantering samordnas av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap ([MSB 2017a](#)) som kontinuerligt arbetar med utveckling av tjänsten för nationella behov samt utvärdering av tjänstens tidiga varningssystem.

Tjänsten för katastrofhantering består av två grupper av produkter, kriskartering och tidiga varningssystem. Den primära delen av tjänsten för katastrofhantering består av en karteringstjänst ([Copernicus Emergency Management Service 2017b](#)) för skräddarsydd produktion av kartunderlag som stöd till nödsituationer och katastrofer, naturliga eller orsakade av människan. Tjänsten använder satellitbilder som huvuddatakälla och har världsomfattande

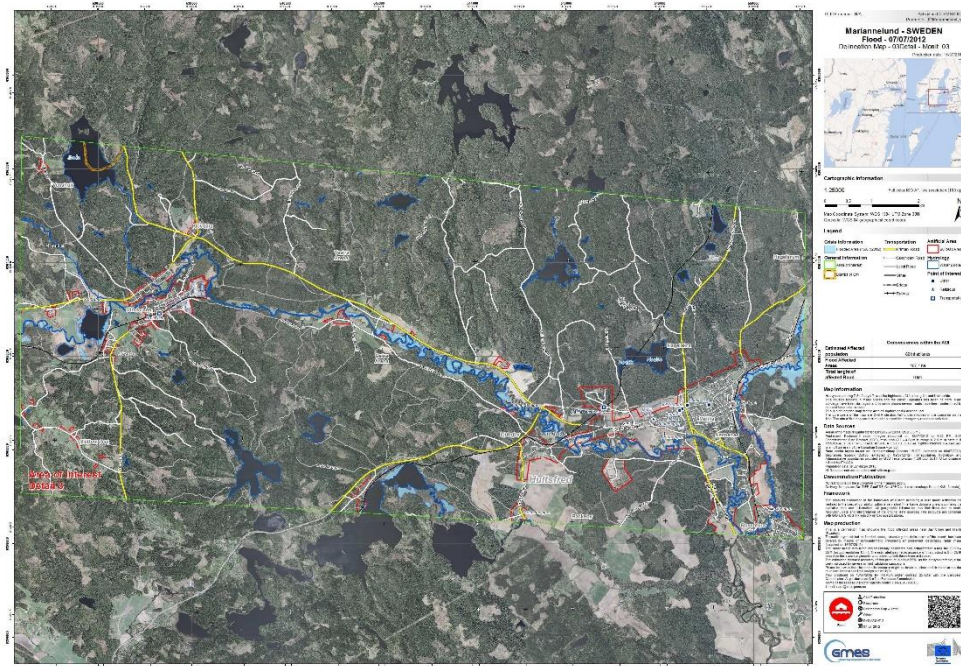
täckning. Aktiveringen av tjänsten vid krisläge sker via nationella ansvariga kontaktpunkter ([MSB 2017a](#)). Det finns även ett arkiv av kartmaterial från tidigare kriser där tjänsten har nyttjats av behöriga aktörer för att producera geodata och kartor som stöd för katastrofhanteringen. Materialet finns tillgängligt öppet, med undantag för sekretessbelagt material, och är sökbart efter typ av händelse, påverkat område, aktiverande nation med mera ([Copernicus Emergency Management Service 2017c](#)). Detta möjliggör till exempel efterbearbetning av kriser genom att faktiskt inträffade katastrofer och påverkade områden kan jämföras med tidigare karteringar av riskområden. Kriskarteringstjänsten har två komponenter: skyndsamt kartering (rapid mapping, RM) samt risk- och sårbarhetskartering (risk and recovery mapping, RRM). Den skyndsamma karteringen har sedan den startade aktiverats omkring 300 gånger, och den vanligaste anledningen är översvämning. Den första produkten efter en aktivering skall vara tillgänglig inom tolv timmar. Tidsfaktorn är dock beroende på datatillgång och det är en utmaning för tjänsten att kunna leverera produkter enligt de uppsatta tidskraven. Risk och sårbarhetskarteringen kan göras i förebyggande syfte eller för att utvärdera läget och arbetet efter en händelse. Denna tjänst är fortfarande underutnyttjad och en ökning av antalet aktiveringar är önskvärt.

Tjänsten för katastrofhantering erbjuder från 2018 tre tidiga varningssystem, EFAS (European Flood Awareness System, [EFAS 2017](#)), EFFIS (European Forest Fire Information System, [EFFIS 2017](#)) och EDO (European Drought Observatory, [EDO 2017](#)). Det europeiska informationssystemet för översvämningar EFAS avser övervakning, tidig varning och riskbedömningar relaterade till översvämningar. EFAS är ett samarbete mellan EU-organet ERCC (European Response and Coordination Centre) och nationella meteorologiska och hydrologiska institut. SMHI ingår i detta nätverk som svensk deltagare och leverantör av underlag.

Det europeiska informationssystemet för skogsbränder EFFIS stöder EU:s institutioner och ansvariga organisationer inom EU:s medlemsstater med aktuell information om vildmarkbränder i Europa. Tjänsten sammanställer prognoser, identifierade hot spots (potentiella bränder) samt statistik över brandhistorik. Den tredje varningstjänsten, EDO, kommer att bli operationell 2018. Den fokuserar på att kartera och sammanställa indikatorer på torka.

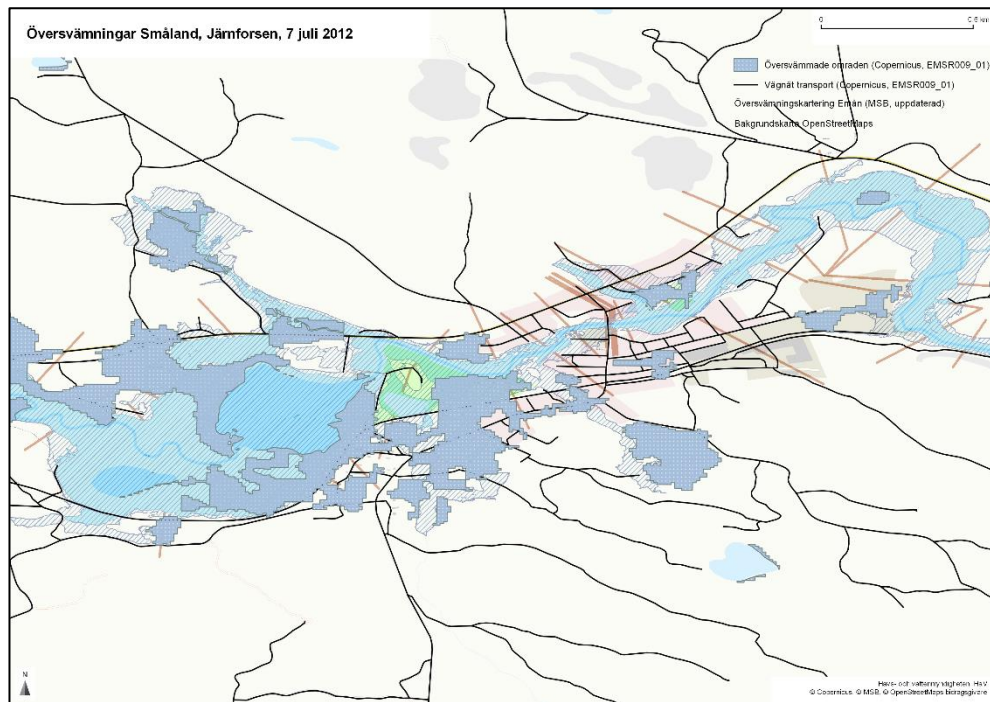
Exempel översvämningarna i Småland 2012

Småland drabbades under juli 2012 av kraftigt regn som orsakade extremt höga vattenflöden (SMHI 2012). De höga flödena medförde bland annat översvämningar i trakterna av Mariannelund, Hultsfred och sjön Hulingen. Länsstyrelserna i Kalmar län och Jönköping län kontaktade då MSB som aktiverade Copernicus EMS-tjänsten. Tjänsten producerade ett omfattande material som finns tillgänglig via listan av aktiveringar ([Copernicus Emergency Management Service 2017d](#)). I figur 11 visas ett exempel på de produkter som togs fram av Copernicus EMS för att analysera översvämmade områden längs Emån i närheten av Målilla i Småland.



Figur 11. Satellitbaserad analys av översvämningarna längs Emån mellan samhällena Järnforsen och Målilla enligt en av produkterna som togs fram av Copernicus EMS i samband med krishantering (Copernicus Emergency Management Service 2017d).

Det är viktigt att också lära från inträffade kriser för att förbättra riskkarteringen och förberedelserna inför kommande kriser. Satellitbaserade karteringar av översvämmade områden från den faktiska översvämningen i juli 2012 kan till exempel jämföras med översvämningsskarteringar som görs för att bedöma riskområden. Ett exempel på detta visas i figur 12 där kartmaterial från Copernicus för området Järnforsen i Småland jämförs med en översvämningsskartering. Jämförelsen visar överlag en bra överensstämmelse. Det finns dock områden som översvämmades under den konkreta händelsen som inte pekats ut som riskområden i översvämningsskarteringen samtidigt som områden som bedömdes ligga i riskzonen klarade sig. MSBs översvämningsskarteringar finns att nå på översvämningssportalen (MSB 2017b).



Figur 12. Satellitbaserad kartering av översvämmade områden nära Järnforsen, Småland, den 7 juli 2012 (blått med vita punkter ([Copernicus Emergency Management Service 2017e](#)) och MSB:s översvämningskartering för Emån (grönblått med diagonala sträck, källa [MSB 2017b](#)). Vägnetet visas som svarta linjer (källa Copernicus; bakgrundskartan © OpenStreetMaps bidragsgivare).

Klimattjänsten

Copernicus-programmets tematiska tjänst för klimat ([Copernicus Climate Change Service 2017a](#)) är fortfarande i utvecklingsfasen. Klimattjänsten nyttjar miljö- och klimatövervakning från satellit och andra mätinstrument tillsammans med modeller av jordens atmosfär, hav, land, sötvatten och isar. Klimat är en horisontell fråga som även betjänas av grundtjänsterna land, hav och atmosfär. I takt med att underlagen i de sistnämnda tjänsterna förbättras så förbättras också kvaliteten av klimattjänstens produkter. Klimattjänstens produktkatalog ([Copernicus Climate Change Service 2017b](#)) har än så länge ett begränsat utbud som kommer att fyllas på redan under 2018. Under 2018 förväntas klimattjänsten att ta i drift ett nytt datalager och en portal som kommer att ge tillgång till stora klimatdataarkiv från globala och regionala klimatåteranalyser, säsongsprognoser och klimatprojektioner ([Copernicus Climate Change Service 2017c](#)). Klimatprojektioner använder modeller för att uppskatta klimatförändringen för olika scenarier av framtida växthusgasutsläpp.

Copernicus klimattjänst kommer att stödja arbetet med minskad klimatpåverkan och speciellt klimatanpassning inom ett antal sektorer, däribland vattenförvaltning, planering för kustområden, jord- och skogsbruk, turism, försäkring, transport, energi, hälsa, infrastruktur, riskminskning och katastrofer. Copernicus data och information om det framtida klimatet, de

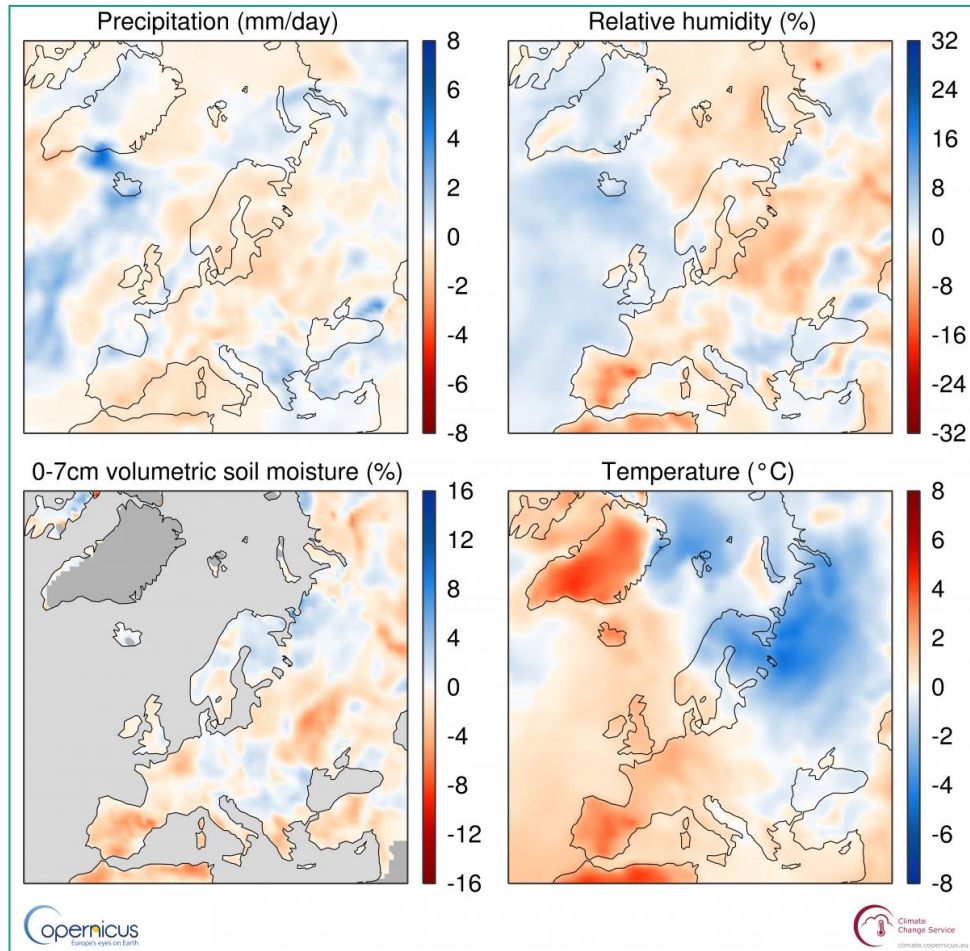
närmaste åren eller bara den kommande säsongen förväntas till exempel bli viktiga underlag för energiproduktion från vattenkraft eller andra förnybara energikällor. Flera pilotprojekt arbetar med att demonstrera informationssystem för olika samhällssektorer. Inom området vatten finns till exempel projektet SWICCA (Service for Water Indicators in Climate Change Adaptation) som arbetar med tjänster för vattenförvaltningen i ett förändrat klimat ([Copernicus Climate Change Service 2017d](#)).

Exempel global lufttemperatur

Världen går mot ett varmare klimat (till exempel IPCC 2013, IPCC 2014) och uppvärmningen i Sverige är högre än det globala genomsnittet (Kjellström et al. 2014). Utvecklingen av den globala uppvärmningen över tid kan följas med hjälp av beräkningar från Copernicus klimattjänsten. Tjänsten har även tagit fram en animering av den globala temperaturen mellan 1979 och idag ([Copernicus Climate Change Service 2017e](#)).

Exempel nederbörd

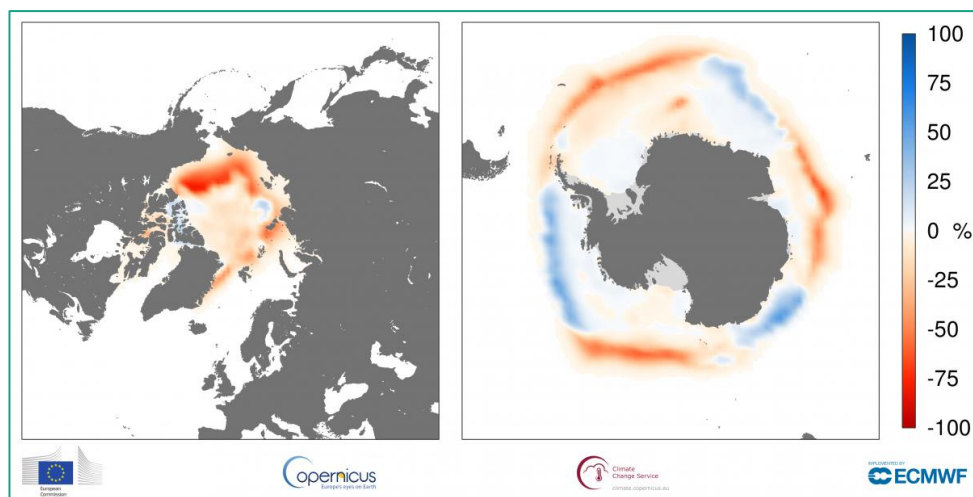
Copernicus klimattjänst tillhandahåller även hydrologiska produkter som ger informationen om nederbörd. Enligt den senaste kunskapen (till exempel Kjellström et al. 2014, SMHI 2015, Dricksvattenutredningen 2015) går Sverige mot ett klimat med ökad nederbörd. Samtidigt ökar avdunstningen och växtsäsongen förlängs som en följd av en högre temperatur. Detta kan innebära att det blir vanligare med låga vattenflöden och låga grundvattennivåer i södra Sverige. Samtidigt kan också perioder med ovanligt lite nederbörd leda till vattenbrist och låga grundvattenstånd vilket visas tydligt av aktuella svenska erfarenheter ([MSB 2017c](#)). Förändrade nederbördsmönster och vattenflöden påverkar många samhällsfunktioner såsom dricksvatten- och energiförsörjning (vattenkraft). Figur 13 visar ett exempel på en analys av hydrologiska variabler från Copernicus klimattjänst för maj 2017.



Figur 13. Nederbörd, relativ fuktighet, markfuktighet och temperatur för maj 2017 (i förhållande till medelvärdet för maj mellan 1981 och 2010) enligt återanalysen ERA-Interim ([Copernicus Climate Change Service 2017f](#)).

Exempel isövervakning

Figur 14 visar isinformation för Arktis och Antarktis från en global återanalys. Havsis var mycket mindre utbredd i september 2017 än i genomsnittet för september 1981-2010, vilket också överensstämmer med en högre temperatur i luft och hav. Effekterna är särskilt tydliga i Arktis.



Figur 14. Havsis enligt återanalysen ERA-Interim. Bilderna visar avvikelser för september 2017 jämfört med september-genomsnittet för perioden 1981-2010 (Arktis i vänstra bilden, Antarktis till höger) ([Copernicus Climate Change Service 2017g](#)).

Säkerhetstjänsten

Copernicus säkerhetstjänst syftar till att stödja EU:s säkerhetspolitik genom att ge information och underlag som kan bidra till arbetet med Europas säkerhetsutmaningar ([Copernicus Security Service 2017](#)). Tjänstens produkter stödjer krishantering, beredskap och respons vad gäller gränsövervakning, sjöövervakning och EU:s utrikestjänst för externa insatser. Nationella myndigheter med ansvar för gränsbevakning, sjösäkerhet och försvar har rätt att aktivera tjänsten vid behov, till exempel vid misstanke om olaga fiske, trafficking, smuggling och hot mot utländska beskickningar med mera. Folkförflyttningar, förändrade odlingssystem, konflikter om resurser som begränsas av klimatförändringar, humanitära kriser är några frågor som tjänsten adresserar. Klimatförändringen skapar och påverkar kriser och konflikter. Många av säkerhetstjänstens produkter är i sig respons på aktiviteter som kan vara former av anpassning till ett ändrat klimat eller symptom på sådana anpassningssvårigheter. Säkerhetstjänsten kan därför ses som ett viktigt verktyg för klimatanpassningsarbete med fokus på säkerhet. Tjänstens produkter är som regel inte publika utan delas inom berörda nätverk av europeiska och nationella myndigheter med uppdrag på det säkerhetspolitiska området.

Slutsatser och utvecklingsbehov

EU:s jordobservationsprogram Copernicus erbjuder en snabbt växande mängd data som kan stödja arbetet med klimatanpassning på olika sätt inom många områden, däribland vattenförsörjning, energiförsörjning, fysisk planering och bebyggelse, hälsa, naturmiljö och ekosystem. I denna rapport har vi förmedlat en kort och lättförståelig översikt över Copernicus och illustrerat användningen av programmets data inom klimatanpassning med några enkla exempel. Rapporten har tagits fram med mycket små resurser. Att ta fram en detaljerad bild av hela Copernicus-programmets alla användningsmöjligheter är en alltför komplex och allomfattande uppgift för att rymmas inom de existerande ramarna för Copernicus myndighetssamverkan. För att på ett effektivt sätt nå användare inom olika tematiska områden är den här typen av mindre pilotstudier utförda genom myndighetssamverkan mycket lämpliga informationsverktyg. Allteftersom fler användarbehov identifieras kan det bli aktuellt med ytterligare rapporter. Utifrån denna korta rapport drar vi följande **slutsatser**:

1. **Ökande datamängder:** Mängden data från Copernicus för klimatanpassningen kommer att öka ytterligare redan under 2018. Copernicus-programmet kommer att byggas ut med flera datakällor såsom ytterligare miljöobservationssatelliter. Under 2018 förväntas också programmets särskilda tematiska tjänst för klimat att öppna ett större datalager. Datalagret kommer att ge tillgång till enorma mängder av både historisk och framåtsyftande klimatdata och information som möjliggör allt tillförlitligare analyser och framskrivningar av scenarier.
2. **Bättre åtkomst till data:** Åtkomsten till data från Copernicus kommer att förbättras vilket sannolikt kommer att gynna användningen av programmets data inom klimatanpassningen. Parallellt till arbetet med nationella plattformar såsom Swea och kommersiella lösningar upphandlar EU-kommissionen nu Copernicus-programmets nya plattform för tillgång till, bearbetning och användning av programmets data (DIAS).

Klimatanpassningen är ett arbetsområde som borde kunna dra större nytta av den ökande mängden av data och information från Copernicus. För att detta ska hända är det dock angeläget att prioritera kunskapshöjande insatser. Några av dessa skulle kunna ingå i de kunskapshöjande åtgärder som redan planeras inom de aktuella EU-projekten Copernicus Caroline Herschel Framework Partnership Agreement och InterReg-projektet BalticSatApps. Det lär dock även behövas ytterligare nationellt stöd och fördjupat samarbete mellan myndighetsnätverk. Det känns särskilt viktigt att påtala följande **utvecklingsbehov**:

- **Kommunikation:** Det finns ett stort behov av att skraddarsy kommunikation om programmets möjligheter och begränsningar i linje med de behov och utmaningar som användare inom klimatanpassning

möter inom sina respektive arbetsområden. Det behövs även information om hur Copernicus kan komplettera befintliga metoder och datainsamling. En väg framåt skulle kunna vara en samling av goda exempel och illustrativa användningsfall fördelat mellan olika samhällssektorer eller temaområden.

- Utbildning och kompetensutveckling – på kort och lång sikt: Det finns behov av läromaterial för klimatanpassning (kurser, instruktionsvideos och annat lämpligt stöd) som underlättar för dagens användare, från myndigheter till forskning och näringsliv, att nyttja Copernicus data och tjänster på ett enkelt sätt. Kunskap om hur jordobservation och annan geodata kan användas i samverkan med fritt tillgängliga bildbehandlingsprogram och geografiska informationsystem (Gis) behöver stärkas. Utöver att ta fram material finns det även mer långsiktiga utbildningsbehov som handlar om att förbereda morgondagens användare för användningen av geodata i klimatanpassningsarbete. Inspiration för detta skulle kunna hämtas från den svenska geodatasamverkans Geoskola ([Lantmäteriet 2017b](#)). Geoskolan är en digital lärmiljö som erbjuder lärare tillgång till undervisningsstöd för grundskolan och gymnasiet. Det skulle till exempel kunna tas fram läromaterial riktat till klimatanpassning som bygger på öppna data från Copernicus-programmets satelliter och tematiska tjänster. Berörda aktörer behöver naturligtvis vara delaktiga som kravställare i framtagningen av ett sådant material. Inspiration för detta arbete kan till exempel hämtas från Nordic Esero (European Space Education Resource Office, [Esero 2017](#)) som redan arbetar med fortbildningar i naturvetenskapliga ämnen för nordiska grund- och gymnasielärare. Nordic Esero är grundad av ESA och de nordiska ländernas rymdorganisationer. Uppdraget är att samordna fortbildningar i naturvetenskapliga ämnen för nordiska grund- och gymnasielärare. Idag erbjuds en- till tvådagarsutbildningar i ämnen som jordobservation och fjärranalys för lärare i både Sverige, Norge och Finland. Även flera av de universitetskurser på distans som erbjuds via Nordic Esero fokuserar på jordobservation, geodata och klimatforskning. Detta skulle kunna utvecklas ytterligare. Nordic Esero erbjuder även ett omfattande läromaterial framtaget av de lärare som deltagit i utbildningarna.
- Bättre dialog med användare: För myndighetssamverkan Copernicus och det nationella myndighetsnätverket för klimatanpassning finns det också goda möjligheter till ökad dialog med användare om deras erfarenheter. Att löpande samla in återkoppling om Copernicus användbarhet för klimatanpassning och integrera användarnas synpunkter i nationell kommunikation är ett arbetssätt som centrala myndigheter kan utforska vidare. Befintliga nätverk och referensgrupper kopplade till de nationella myndigheternas arbete inom klimatanpassningsområdet kan användas för att samordna återkopplingen och för att koordinera eventuella utvecklingsinsatser som identifieras som viktiga.

Bilagor

B1: Myndighetsnätverket för klimatanpassning

Myndighetsnätverket för klimatanpassning (MNKA) står bakom den svenska klimatanpassningsportalen ([SMHI 2017c](#)). Klimatanpassningsportalens syfte är att stödja olika aktörer i samhället i arbetet med klimatanpassning. Portalen drivs och förvaltas av Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning vid SMHI. Portalen samlar kunskap om klimatanpassning såsom information om hur klimatet förändras, vilka effekter det kan få för samhället och klimatanpassningsaktiviteter på nationell, regional och lokal nivå. Portalen tillhandahåller även nyhetsbevakning, ett kalendarium och en exempelsamling för klimatanpassning. Myndighetsnätverket består av 18 myndigheter med sektors- eller informationsansvar för hur samhället och miljön påverkas av nutida och framtida klimat, samt 21 länsstyrelser som ansvarar för samordning av klimatanpassningsarbetet på regional nivå. Utöver myndigheter ingår även Sveriges kommuner och landsting (SKL). Myndigheterna i nätverket arbetar tillsammans för att stärka samhällets och miljöns förmåga att hantera de positiva och negativa effekterna av klimatförändringarna. Det handlar till exempel om att samverka kring datahantering, handlingsplaner för klimatanpassning eller att arrangera gemensamma kurser. Arbetet sker i arbetsgrupper med olika teman. Idén till föreliggande rapport uppstod i nätverkets arbetsgrupp för dataanvändning och dataförsörjning.

B2: Myndighetssamverkan Copernicus

På regeringens inrådan har en särskild samarbetsgrupp för nationell samordning av Copernicus inrättats - myndighetssamverkan Copernicus. Arbetet med Copernicus förutsätter nämligen en väl fungerande samordning mellan berörda myndigheter. Den ska se till att myndigheternas resurser utnyttjas så effektivt som möjligt och att myndigheternas behov av data och tjänster kanaliseras rätt. Samverkan ska också öka kännedomen och användningen av den information, data och tjänster som kommer från Copernicus. Den ska också skapa gynnsamma förutsättningar för datadriven innovation och tjänsteutveckling baserade på Copernicus så att programmet leder till tillväxt.

Utöver samråd om myndigheternas informationsbehov ska nätverket kunna identifiera kunskapsluckor, bereda och förankra gemensamma svenska ståndpunkter och hantera en mängd olika aspekter rörande Copernicus till nytta för samhället och dess användare. Kommunikation och informationsaktiviteter, nätverksbyggande samt datatillgång via Swea och spridning av kunskap om hur data kan användas ingår i det arbetet.

Visionen är att Copernicus ska bli ett uppskattat och välfungerande hjälpmedel i det dagliga rutinarbetet på många myndigheter, organisationer och företag för ökad samhällsnytta. Myndighetssamverkan står öppen för alla användande myndigheter att när som helst ansluta sig. För närvarande är 16 myndigheter

(se Figur 15) engagerade i samverkan under Rymdstyrelsens ledning. Flera av myndigheterna bidrar till verksamheten genom årliga frivilliga bidrag.



Figur 15: Svenska myndigheter som deltar i myndighetssamverkan Copernicus 2017.

Källförteckning

Amazon (2017). Sentinel 2 data on Amazon web services. <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/> [2017-12-06].

Code-DE (2017). Copernicus Data and Exploitation Platform – Deutschland. <https://code-de.org/> [2017-12-01].

Copernicus (2017a). EU:s hemsida för hela Copernicus-programmet. <http://www.copernicus.eu> [2017-12-01].

Copernicus Atmospheric Monitoring Service (2017a). Hemsida för Copernicus atmosfärstjänst. <http://atmosphere.copernicus.eu> [2017-12-01].

Copernicus Atmospheric Monitoring Service (2017b). Produktkatalog för Copernicus atmosfärstjänst. <http://atmosphere.copernicus.eu/catalogue/> [2017-12-01].

Copernicus Atmospheric Monitoring Service (2017c). Modellberäkningar från Copernicus atmosfärstjänst. http://www.regional.atmosphere.copernicus.eu/index.php?category=eva_access&subensemble=eva_products&date=LAST&species=o3&statistic=yearlyavg [2017-11-05]

Copernicus Climate Change Service (2017a). Hemsida för Copernicus klimattjänst. <http://climate.copernicus.eu> [2017-12-01].

Copernicus Climate Change Service (2017b). Produktkatalog för Copernicus klimattjänst. <http://climate.copernicus.eu/monthly-maps-and-charts> [2017-12-01].

Copernicus Climate Change Service (2017c). Klimatprojektioner. <http://climate.copernicus.eu/climate-data-store> [2017-12-01].

Copernicus Climate Change Service (2017d). Vattenförvaltning i ett förändrat klimat. <http://swicca.climate.copernicus.eu/> [2017-12-01].

Copernicus Climate Change Service (2017e). Animering av global temperatur 1979 till idag. <http://climate.copernicus.eu/resources/data-analysis/average-surface-air-temperature-analysis> [2017-12-01].

Copernicus Climate Change Service (2017f). Copernicus klimattjänst ERA-INTERIM. Nederbörd, relativ fuktighet och markfuktighet i maj 2017. <https://climate.copernicus.eu/monthly-summaries-precipitation-relative-humidity-and-soil-moisture/may-2017> [2017-11-10].

Copernicus Climate Change Service (2017g). Copernicus klimattjänst ERA-INTERIM. Havsis i september 2017.

<https://climate.copernicus.eu/products/monthly-sea-ice-maps/monthly-maps/september-2017> [2017-11-10].

Copernicus Emergency Management Service (2017a). Hemsida för Copernicus tjänst för katastrofhantering. <http://emergency.copernicus.eu> [2017-12-01].

Copernicus Emergency Management Service (2017b). Copernicus tjänst för katastrofhantering – stöd till kriskartering. <http://emergency.copernicus.eu/mapping> [2017-12-01].

Copernicus Emergency Management Service (2017c). Lista med Copernicus aktiveringar. <http://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-activations-rapid> [2017-12-01].

Copernicus Emergency Management Service (2017d). Aktivering Copernicus EMSR009. <http://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR009> [2017-12-01].

Copernicus Emergency Management Service (2017e). Data från aktivering Copernicus EMSR009. http://emergency.copernicus.eu/mapping/ems-product-component/EMSR009_01MARIANNELUND_DELINEATION_DETAIL03/2 [2017-11-05].

Copernicus Land Monitoring Service (2017a). Hemsida för Copernicus landtjänst. <http://land.copernicus.eu/> [2017-12-01].

Copernicus Land Monitoring Service (2017b). Utsnitt från landtjänstens kartverktyg. <http://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/imperviousness-2012/view> [2017-12-06].

Copernicus Land Monitoring Service (2017c). Urban atlas. <http://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2006/view> [2017-11-15].

Copernicus Marine Environmental Monitoring Service (2017a). Hemsida för Copernicus marina tjänst. <http://marine.copernicus.eu> [2017-12-01].

Copernicus Marine Environmental Monitoring Service (2017b). Produktkatalogen för Copernicus marina tjänst. <http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/> [2017-12-01].

Copernicus Marine Environmental Monitoring Service (2017c). Återanalys för Östersjön, genomfört av SMHI inom ramen för Copernicus marina tjänst. http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=BALTICSEA_REANA_LYSIS_PHY_003_008 [2017-12-12].

Copernicus Security Services (2017). Hemsida för Copernicus säkerhetstjänst. <http://copernicus.eu/main/security> [2017-12-06].

Dricksvattenutredningen (2015). Klimatförändringar och dricksvatten. Delbetänkande av Dricksvattenutredningen. <http://www.regeringen.se/contentassets/9eb7b76720c04e1183c759c8a595f388/klimatforandringar-och-dricksvattenforsorjning-sou-201551-del-12.pdf> [2017-12-01].

EDO (2017). Tidigt varningssystem för torka. <http://edo.jrc.ec.europa.eu/> [2017-12-06].

EEA (2017a). Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction in Europe. EEA Report No 15/2017. <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-adaptation-and-disaster> [2017-12-12].

EEA (2017b). Air quality in Europe 2017. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017> [2017-12-01].

EFAS (2017). Tidigt varningssystem för översvämning. <https://www.efas.eu/> [2017-12-06].

EFFIS (2017). Tidigt varningssystem för bränder. <https://www.effis.eu/> [2017-12-06]

ESA (2017a). Europeiska rymdorganet ESA:s hemsida för Copernicus-programmets rymddel. http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus [2017-12-01].

ESA (2017b). Copernicus Open Access Hub. <https://scihub.copernicus.eu/> [2017-12-06].

ESA (2017c). Copernicus Space Component Data Access. <https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/home> [2017-12-06].

Esero (2017). Nordic Esero. www.esero.no [2017-12-06].

EU (2008). Ramdirektiv om en marin strategi, 2008/56/EG. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:SV:PDF> [2017-12-01].

EU (2013). Kommissionens delegerade förordning (EU) nr 1159/2013 av den 12 juli 2013 om komplettering av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 911/2010 om det europeiska jordövervakningsprogrammet (GMES) genom att fastställa registrerings- och licensvillkoren för GMES-användare och

kriterier för begränsning av tillgången till särskilda GMES-data och information från GMES-tjänster. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1159&from=EN> [2017-12-11].

EU (2014). Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 377/2014 av den 3 april 2014 om inrättande av Copernicusprogrammet och om upphävande av förordning (EU) nr 911/2010. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0377&from=SV> [2017-12-11].

EU (2017). Europeiska unionens informationssida om grön infrastruktur. http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm [2017-12-01].

EU-KOM (2017a). EU-kommissionens Youtube-kanal om Copernicus. <https://www.youtube.com/channel/UCpuwnbuwGG2oenAdE5og6TA> [2017-12-06].

EU-KOM (2017b). EU-kommissionens Youtube-kanal om Copernicus. Video med en övergripande beskrivning av programmet. <https://www.youtube.com/watch?v=ILygioXhJoE> [2017-12-06].

EU-KOM (2017c). EU-kommissionens Youtube-kanal om Copernicus. Video om användning av Copernicus för bedömning av sårbarhet i kustområden. <https://www.youtube.com/watch?v=CbSlbHKAs8o&list=PLNxdHvTE74JwiUGf6kAcM4lg5-InkUqjo> [2017-12-06].

Eumetsat (2017). Eumetcast-plattform för leverans av satellitdata och produkter i nära realtid. <https://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/EUMETCast/index.html> [2017-12-01].

FMI (2017). Finska satellitdatabasen - Finhub. <https://finhub.nsd.c.fmi.fi/> [2017-12-06].

Folkhälsomyndigheten, (2015). Hälsoeffekter av höga temperaturer. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/e39b42555f44a3ba05aaodbaa956c43/halsoeffekter-hoga-temperaturer-15048-webb.pdf> [2017-12-06].

Google (2017). Google Earth Engine. <https://earthengine.google.com/> [2017-11-30].

Havs- och vattenmyndigheten (2017). Överblick med data från Copernicus. Karttjänst som nyttjar produkter från Copernicus landtjänst och marina tjänst. <https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljoovervakning/overblick-med-data-fran-copernicus.html> [2017-12-01].

IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5. <http://www.climatechange2013.org/> [2017-11-30].

IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. IPCC Working Group II Contribution to AR5.

<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> [2017-11-30].

Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J., Bowman D.M.J.S. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. Nature Communications 6, 7537.

<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms8537> [2017-11-30].

Kjellström, E., Abrahamsson, R., Boberg, P., Jernbäcker, E., Karlberg, M., Morel, J., Sjöström, Å. (2014). Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget. SMHI rapport klimatologi nr 9.

<https://www.smhi.se/publikationer/publikationer/uppdatering-av-det-klimatvetenskapliga-kunskapslaget-1.81290> [2017-12-06].

Klein, T., Nilsson, M., Persson, A., Håkansson, B. (2017). From Open Data to OpenAnalyses – New Opportunities for Environmental Applications?

Environments 4, 32. <http://www.mdpi.com/2076-3298/4/2/32/> [2017-11-30].

Lantmäteriet (2017a). Satellitdatabasen Saccess.

<https://saccess.lantmateriet.se> [2017-11-30].

Lantmäteriet (2017b) Geoskolan. Undervisningsstöd om geodata.

<https://www.geodata.se/lara/geoskolan/> [2017-12-06].

Länsstyrelsen Västmanlands län (2017). Hälleskogsbrännan - naturen börjar om efter skogsbranden. <http://www.lansstyrelsen.se/Vastmanland/Sv/djur-och-natur/skyddad-natur/naturreservat/surahammar/halleskogsbrannan/> [2017-12-06].

McFeeters, S.K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 17, 1425–1432.

MSB (2014). Ansvar, Samverkan, Handling: Åtgärder för Stärkt Krisberedskap Utifrån Erfarenheterna från Skogsbranden i Västmanland 2014.

<https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Ansvar-samverkan-handling--atgarder-for-starkt-krisberedskap-utifran-erfarenheterna-fran-skogsbranden-i-Vastmanland-2014/> [2017-12-06].

MSB (2017a). Myndigheten för samhällsskydd och beredskap – webbsida för Copernicus EMS.

<https://gisapp.msb.se/apps/kartportal/CopernicusEMS/1index.html> [2017-11-06].

MSB (2017b). Myndigheten för samhällsskydd och beredskap –

översvämningportal. <https://gisapp.msb.se/apps/oversvamningsportal/> [2017-11-06].

MSB (2017c). Myndigheten för samhällsskydd och beredskap – webbsida för

vattensituationen 2017. <https://www.msb.se/sv/Insats--beredskap/Pagaende-handelser-och-insatser/Vattenbrist-och-laga-grundvattennivaer/> [2017-12-06].

Naturvårdsverket (2017a). Nationella Marktäckedata (NMD).

<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Kartor/Nationella-Marktackedata-NMD/> [2017-12-06].

Naturvårdsverket (2017b). Öppna data från Naturvårdsverket.

<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Data-databaser-och-sokregister/Oppna-data/> [2017-12-11].

Naturvårdsverket (2017c). Grön infrastruktur.

<https://www.naturvardsverket.se/gron-infrastruktur> [2017-12-06].

Olsson, B. (2017). Nationella marktäckedata.

http://workshop.copernicus.eu/sites/default/files/content/attachments/ajax/day1_session_swedishactivities_pres1_nationella_marktackedata_olsson.pdf [2017-12-06].

QGIS (2017). A Free and Open Source Geographic Information System, version 2.18.8. <http://www.qgis.org/> [2017-11-30].

Rymdstyrelsen (2017). Satellitbilddatabasen Swea.

<https://swea.rymdstyrelsen.se> [2017-11-30].

Skogsbrandsutredningen (2015). Rapport från Skogsbrandsutredningen.

<http://www.regeringen.se/rapporter/2015/O3/rapport-fran-skogsbrandsutredningen/> [2017-12-06].

SMHI (2012). Juli 2012 - Extremt höga flöden i Småland.

<https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-sverige/laget-i-sveriges-sjoar-och-vattendrag/juli-2012-extremt-hoga-floden-i-smaland-1.23845> [2017-12-06].

SMHI (2017a). Om myndighetsnätverket för klimatanpassning MNKA.

<http://www.klimatanpassning.se/om-oss> [2017-12-06].

SMHI (2017b). Klimatstudie för Vättern och Hjälmaren: Varmare vatten och lägre nivåer i framtiden. <https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/klimatstudie-for-vattern-och-hjalmlaren-varmare-vatten-och-lagre-nivaer-i-framtiden-1.122580>

[2017-12-06].

SMHI (2017c). Klimatanpassningsportalen. www.klimatanpassning.se [2017-12-01].

Personlig kommunikation:

Hjälmarens Vattenvårdsförbund - Lotta Carlström [2017-11-20].

Länsstyrelsen Örebro - Ernst Witter [2017-11-20].

Öppna data från Copernicus

Möjligheter för klimatanpassningen

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2017:31
ISBN 978-91-87967-80-1

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**
