De nya bilderna

Av Eric Dyring

Under 1960-talet började en ny typ av bilder att dyka upp i den allt stridare informationsströmmen. Det var bilder av jorden tagna från mycket hög höjd. Jorden framträdde i helt nya perspektiv samtidigt som bilderna visade sig innehålla detaljerad information, som representerade ny kunskap om jorden.

De nya bilderna är inte någon plötslig ny upptäckt. De är i stället resultatet av teknisk utveckling inom en rad områden – bild-, data-, informations- och rymdteknik.

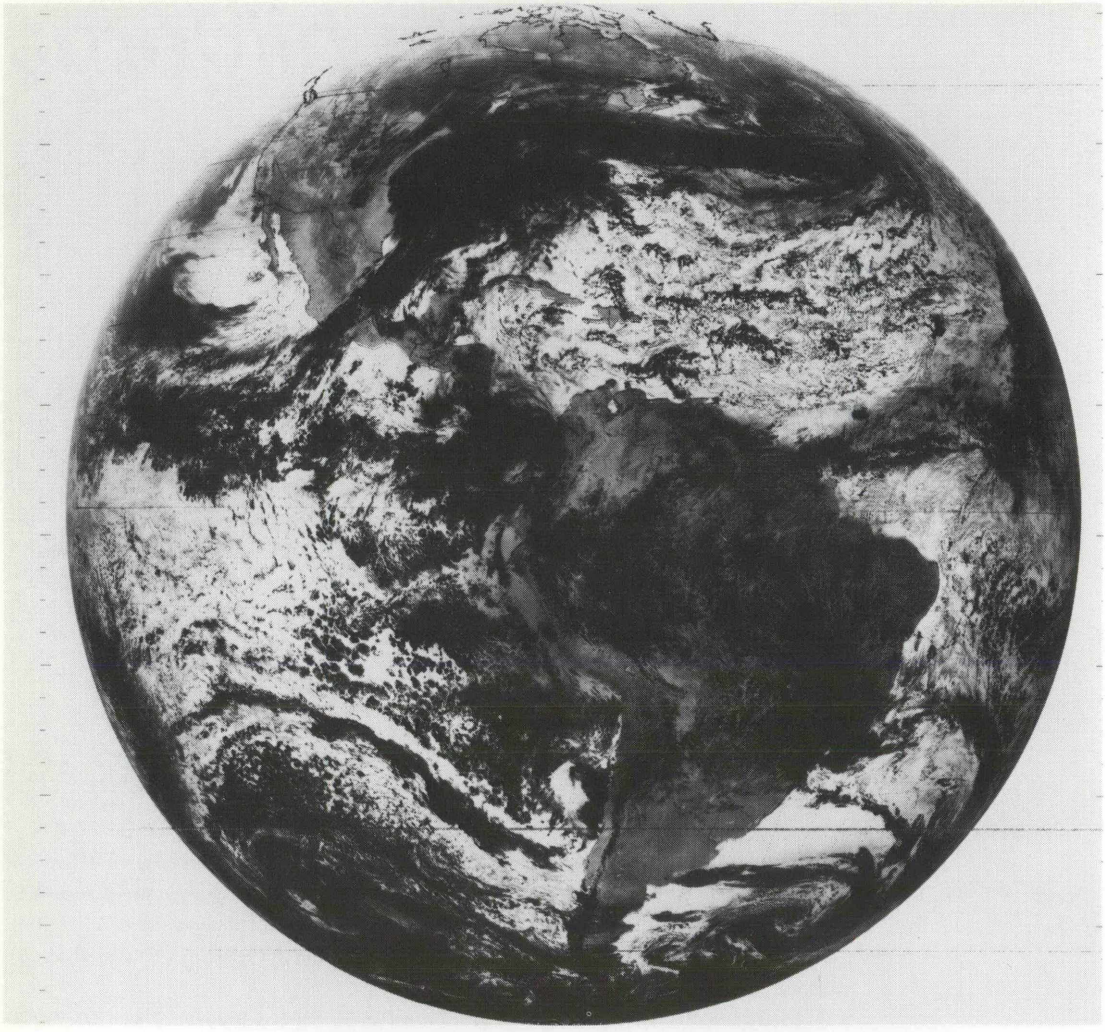
Bildteknik

Ett föremål står i ständig växelverkan med sin omgivning. Det är ett fortlöpande samspel mellan materia och energi. Energiöverföringen sker genom elektromagnetisk strålning. Hur denna strålning är beskaffad beror på föremålets fysikaliska och kemiska egenskaper – temperatur, ytstruktur, kemiska uppbyggnad etc.

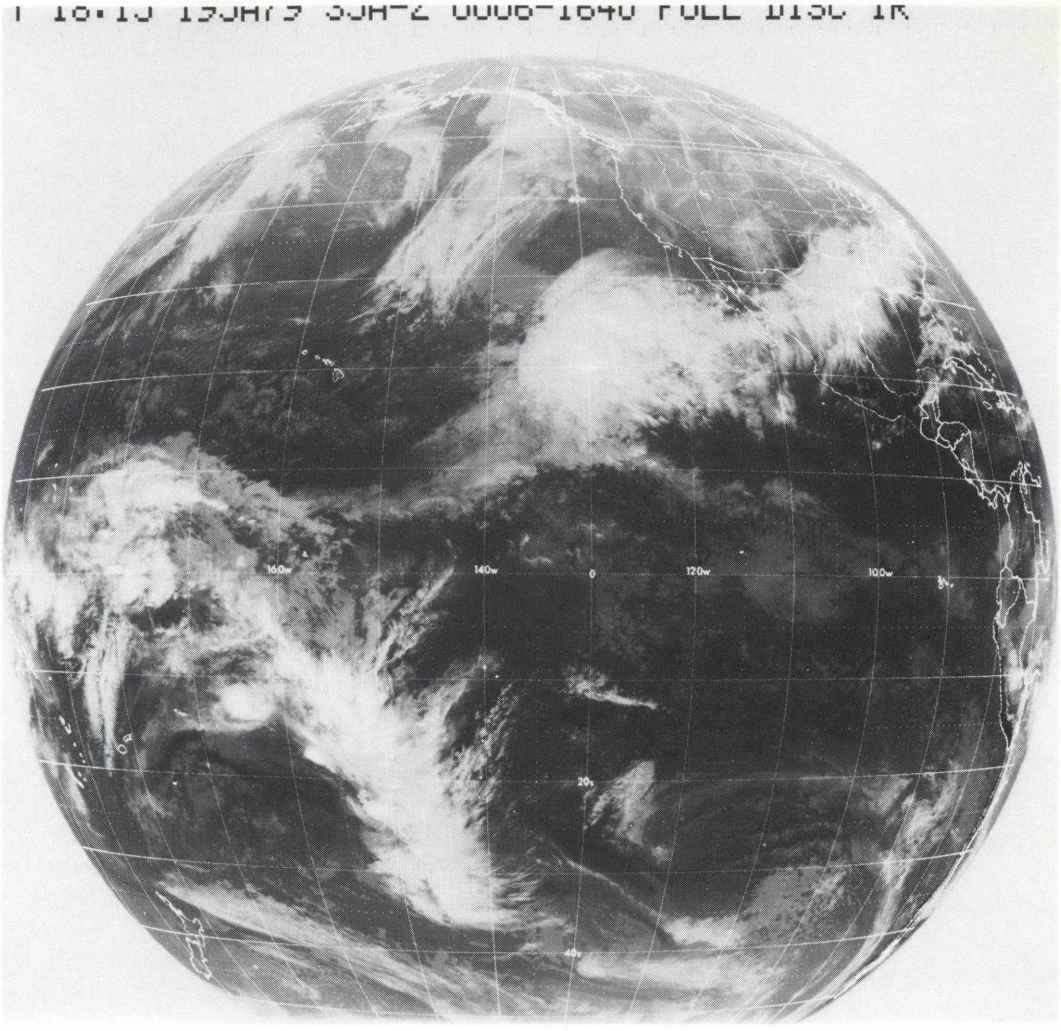
Strålningen kan antingen vara reflekterad efter belysning av t ex solen eller också sändas ut av föremålet själv – en egenstrålning som huvudsakligen styrs av föremålets temperatur (värmestrålning eller IR-strålning).

Enligt Planck's välkända lag ligger den intensivaste delen av strålningen från ett föremål, som har en temperatur typisk för jordiska förhållanden (10–30°C), i det infraröda våglängdsområdet – 5–10 mikrometer (1 mikrometer motsvarar en tusendels millimeter eller 10 000 ÅE) – men strålningen sträcker sig långt upp i mikrovågsområdet, dvs våglängder på någon eller några millimeter. Denna del av strålningen är dock mycket svag.

Solen, vår dominerande ljuskälla, har en temperatur på ca 5 000°C. Dess ljus har därför sin intensivaste del kring 0,5 mikrometer. Våra ögon är avstämda för detta ljus. Vi kan se strålning inom intervallet 0,4–0,7 mikrometer men det finns dessutom mycket annan elektromagnetisk strålning omkring oss fastän den är osynlig för våra ögon.



1. Jorden avbildad i synligt ljus från den amerikanska vädersatelliten GOES 2. Den hänger på 36 000 km höjd över Sydamerika ovanför ekvatorn och följer med jorden i dess rotation. Därför ser den alltid samma sida av jorden. Den registrerar jorden i det reflekterade solljuset och under ett dygn ser den solljusets växlingar. Bild: NASA/NOAA



2. Jorden avbildad i värmestrålning (IR) från en likartad satellit, som hänger över Stilla havet. I princip rör det sig om registrering av jordens och molnsystemens temperaturförhållanden. Värmestrålning ''lyser'' dygnet runt, eftersom det är föremålen själva, som sänder ut strålning. Bild: NASA/NOAA

Avbilda det osynliga

Värmestrålningen skiljer sig på ett grundläggande sätt från solljuset. Det sänds ut av föremålet själv. Därför framträder det både under dagen och natten.

De nya bilderna strävar att utnyttja all slags elektromagnetisk strålning för avbildning. Därmed kan bilderna berätta inte bara hur föremålet ser ut – dess form – utan också avlocka information om dess uppbyggnad och struktur.

Nya avbildningsmetoder

Fototekniken har hittills varit den viktigaste tekniken för avbildning. Utvecklingen av kameror, filmmaterial och fotokemi har gått snabbt. Strävandena har främst gällt att ge avbildningar som efterliknar hur våra ögon uppfattar omgivningen. Det har bl a styrt utvecklingen av färgfilmen.

Det var under andra världskriget den nya bildtekniken bröt fram. Den militära fotospaningen var ett för de stridande viktigt hjälpmedel. Man räknar med att trefjärdedelar av den militära informationen hämtades från flygfotospaning.

Men det fanns motmedel. För att skydda sig mot flygfotospaning kunde man gömma sig i mörker eller under kamouflage. Spaningen måste hitta nya metoder.

Det första steget bestod i att utveckla filmer som "såg" in i det för oss osynliga infraröda området. Kodak utvecklade sådan film under kriget.

Men den mesta delen av den för våra ögon osynliga strålningen klarar inte den fotografiska tekniken att registrera. Ny bildteknik behövs. Strålningen samlas in med optiska system, informationen registreras i ljuskänsliga kristaller och överförs i elektrisk form.

Det kan antingen ske *analogt*, som i TV-tekniken eller *digitalt* där bilden i stället byggs upp av en mängd mycket små bildelement. Det kan liknas vid korsstygnssömnad. Den digitala tekniken har stora fördelar, bl a är den lätt anpassningsbar till datatekniken.

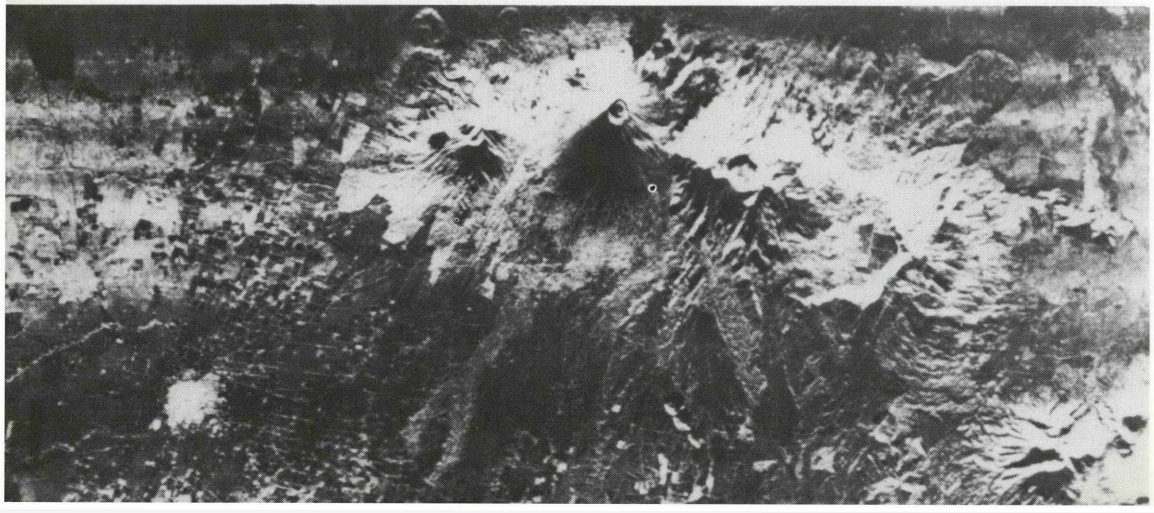
Passiva och aktiva observationer

Avbildning kräver energi. Den kan erhållas antingen genom belysning, där ljuset reflekteras av föremålet eller att föremålet själv sänder ut strålning i form av sin egen värmeutstrålning.

Vi kan på konstgjord väg belysa motivet. Metoden kallas *aktiv* i motsats till *passiv*, när vi samlar in den informationen, som på naturlig väg sänds ut. Radarn är en sådan aktiv teknik. Man "belyser" motivet med kortvågiga radiovågor och registrerar den återsända strålningen från motivet. Lasern är en annan sådan ljuskälla.

Idag används radar för många olika kartläggningsändamål. Dess fördelar är att den arbetar oberoende av ljusförhållandena och kan "se"

3. Radarbild av ett vulkanområde i västra Nicaragua gjord från flygplan på 7 km höjd. Radarn är en aktiv *metod, som "belyser" marken med mikrovågor och registrerar deras reflektion mot markytan. Den tränger igenom mörker och moln. Bild: Westinghouse Electric Corp.*



genom moln. De moderna radarbilderna har också en utomordentlig detaljrikedom. Den kan också avlocka motivet ny slags information p g a den speciella tekniken.

Instrumenten

Idag finns en uppsjö av olika slags instrument för kartläggning och avbildning. Den traditionella fototekniken har kompletterats med olika slag av svepande avbildningssystem, TV-system, system som arbetar med radioteknik etc.

Metoderna är många och förbättras ständigt. Bilderna de producerar blir allt skarpare och avlockar allt mera information om motiven.

Atmosfären släpper igenom och bromsar

Strålningens väg från föremål till bildsystem går genom luften. Den vägen är inte utan störningar. Dessa beror dels på vilken våglängd strålningen har, dels förhållandena i atmosfären.

Lufthavet släpper igenom det synliga solljuset. Viss värmestrålning slinker också igenom medan annan stoppas upp. De mer långvågiga radiovågorna störs heller inte. Det tränger också lätt igenom moln.

Mycket av värmestrålningen har ett aktivt förhållande till atmosfären. Vissa våglängder bromsas på olika nivåer och av atmosfärens olika beståndsdelar. Detta kan utnyttjas för en tredimensionell kartläggning av atmosfärens temperatur, fuktighet, rörelser och föroreningar. Det som är ett besvärligt hinder vid studier av markytan från hög höjd är en tillgång för kartläggning av atmosfären.

Genom att välja "rätt" våglängd på strålningen kan man styra avbildningen och studera speciellt intressanta fenomen på markyta och i atmosfären.

Multispektral teknik

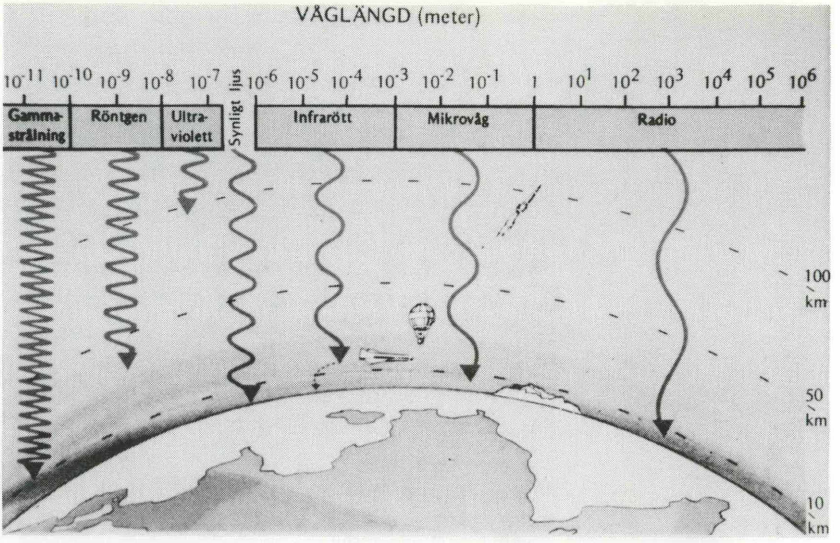
Fototekniken i sin klassiska form gav bilder, som huvudsakligen berättar om motivets utseende och form. Genom att studera hur strålningen från motivet är sammansatt kan man avlocka föremålet mer information. Principen är att observera motivet *samtidigt* i olika slags ljus – från ultraviolett till infrarött.

Den amerikanska militären har lett denna utveckling. I hemligstämplade projekt lades grunden under 1950-talet. Ett viktigt centrum blev University of Michigan i USA.

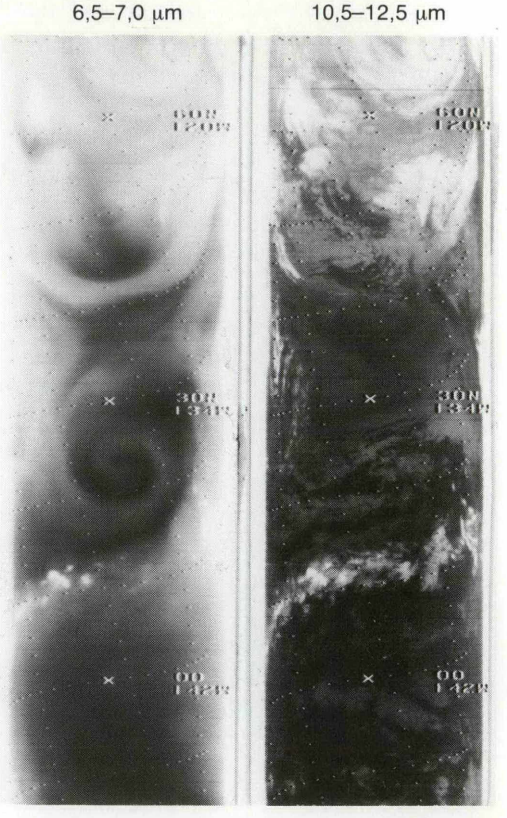
Inom fototekniken kan uppdelningen av strålningen i olika våglängdsband göras med hjälp av optiska filter. Metoden har dock sina begränsningar. Den täcker t ex endast en liten del av all strålning som finns omkring oss. Den nya bildtekniken skapade de stora möjligheterna.

Metoden kallas *multispektral* teknik. Den ger nya intressanta möjligheter men också nya problem. I stället för en bild av ett område får vi flera. Det är svårt att jämföra bilder. Det vet var och en som stirrat på veckotidningarnas bildtävlingar för att hitta "fem fel" i två nästan identiskt lika teckningar.

Dessutom innehåller en bild mycket stora mängder information. Att överföra en vanlig fotografisk färgbild i elektronisk digital form utan att bildkvalitén försämras, fordrar att bilden delas upp i miljontals informationsbitar. Det krävs stora och effektiva datorer samt avancerad datateknik för att hantera, lagra och analysera så stora mängder information.

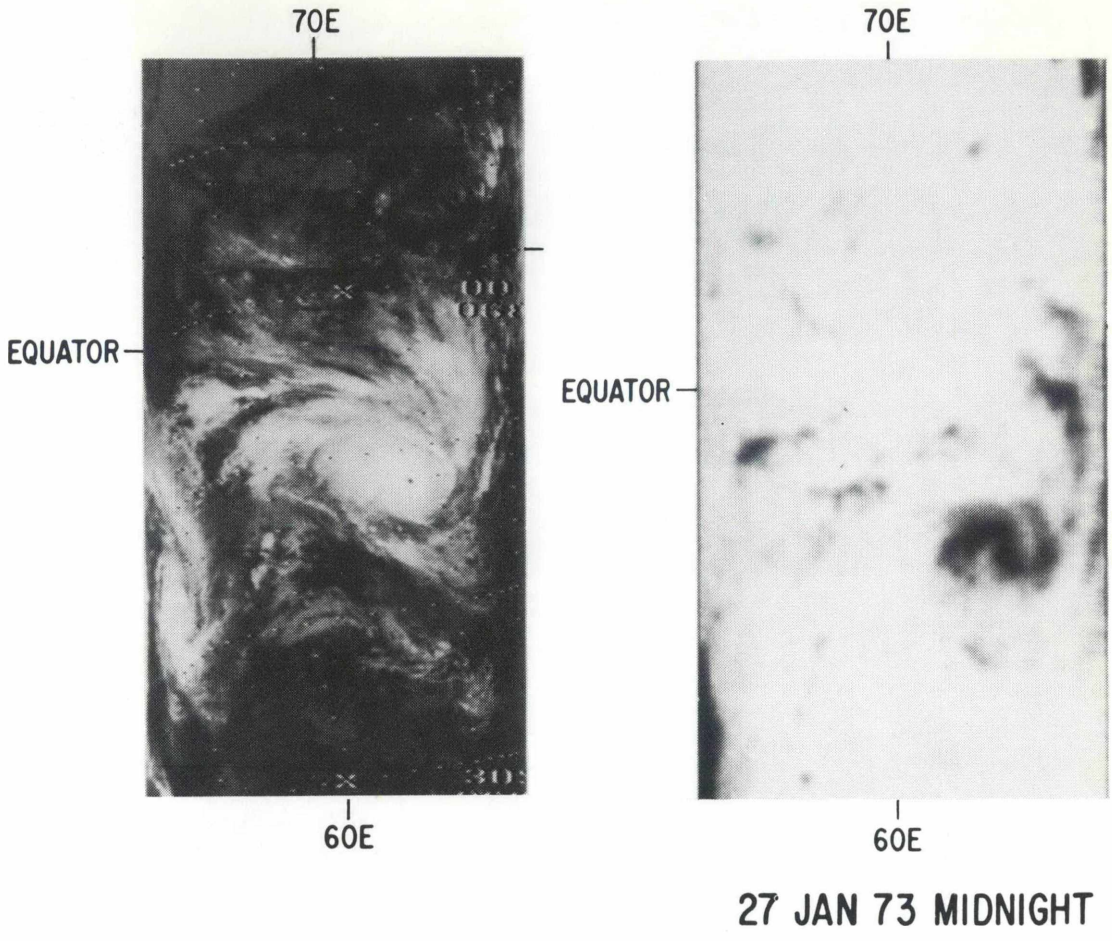


4. Diagram, som visar den elektromagnetiska strålningens spektrum och hur atmosfären påverkar olika våglängder. Det infraröda området uppvisar stor variationsrikedom. Atmosfären släpper lätt igenom vissa smala våglängdsband medan andra närliggande bromsas på olika nivåer genom aktiv påverkan av luftens kemiska beståndsdelar. Teckning: Nils Peterson, från Synligt och osynligt, *Moderna museet/Allmänna förlaget, 1973.*

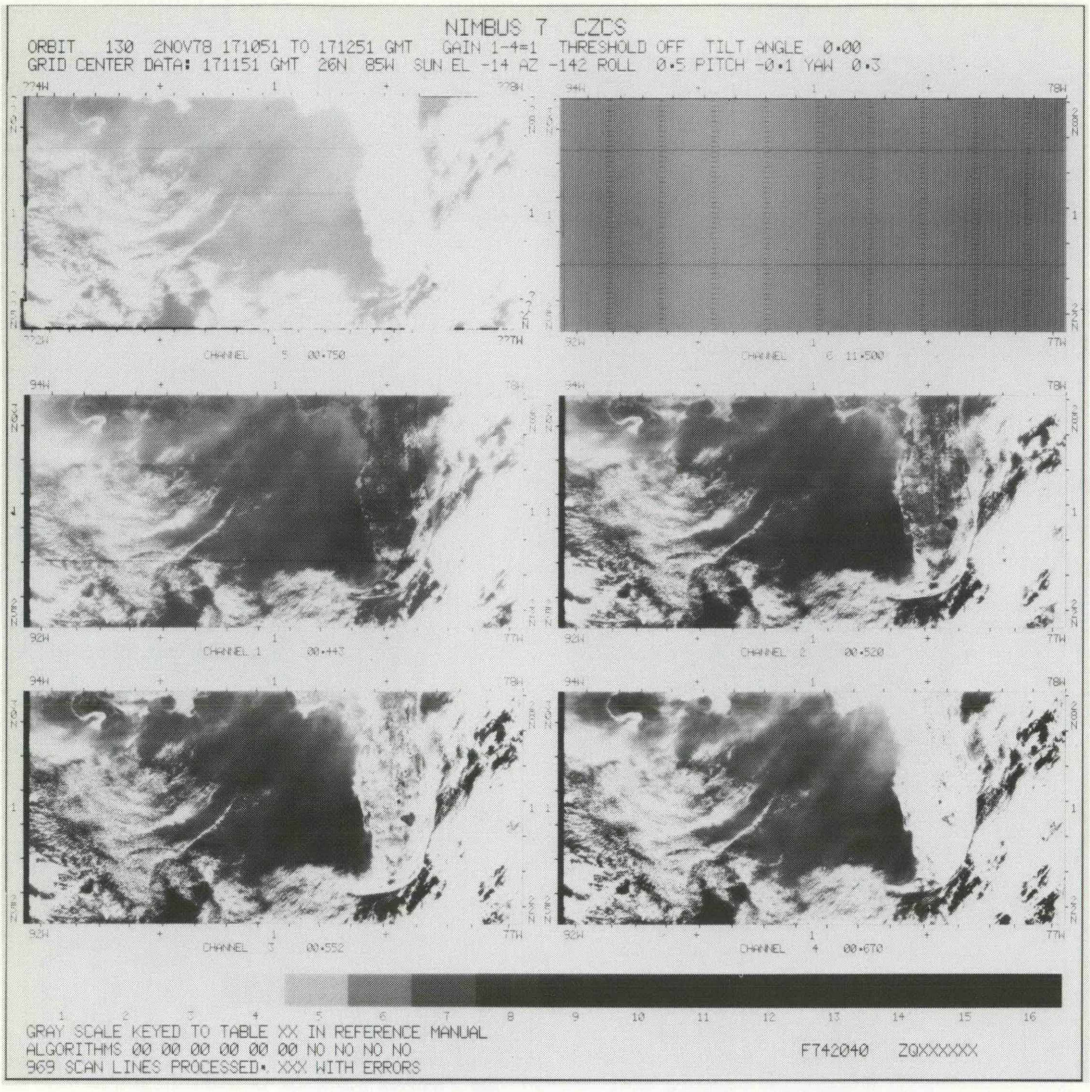


5 och 6. Atmosfären påverkar olika slags värmestrålning på olika sätt. Våglängdsbandet 6,5–7,0 mikrometer (vänstra bilden) absorberas av luftens vattenånga. Bilden blir en avbildning av atmosfärens vattenånga och ger en bild av atmosfärens struktur på 5–10 km höjd.

Den högra bilden är registrerad i 10,5–12,5 mikrometer, som atmosfären släpper igenom. Bilden blir därför en avbildning av temperaturförhållandena på jordytan och ger information om molnsystemen. Bild: Den amerikanska vädersatelliten Nimbus 4, *NASA.*



7 och 8. Värmestrålningen sträcker sig långt upp i mikrovågsområdet. Där är den dock mycket svag jämfört med IR-strålningen. Registreringen sker med antennsystem. Mikrovågstrålningen går oberörd genom atmosfären och moln. Den högra bilden är registrerad i våglängden 1,55 cm. Den visar regnets fördelning i en tropisk storm (svart). Den vänstra bilden är registrerad samtidigt i IR-strålning i 11 mikrometer och ger information om stormens molnsystem (vitt). Bild: Den amerikanska vädersatelliten Nimbus 5, *NASA.*



9. Florida och östra Mexikanska bukten registrerad med multispektral teknik (Costal Zone Color Scanner) i våglängdsbanden 0,433 (kanal 1), 0520 (2), 0,522 (3), 0,670 (4) och 0,750 (5) mikrometer. Samtliga våglängder ligger i det synliga ljuset. De olika kanalerna är valda för att registrera vattnets färg och att ge information om olika fenomen i havens kustzoner – algblomning, föroreningar etc. Bild: Den amerikanska vädersatelliten Nimbus 7, NASA.

Datateknik

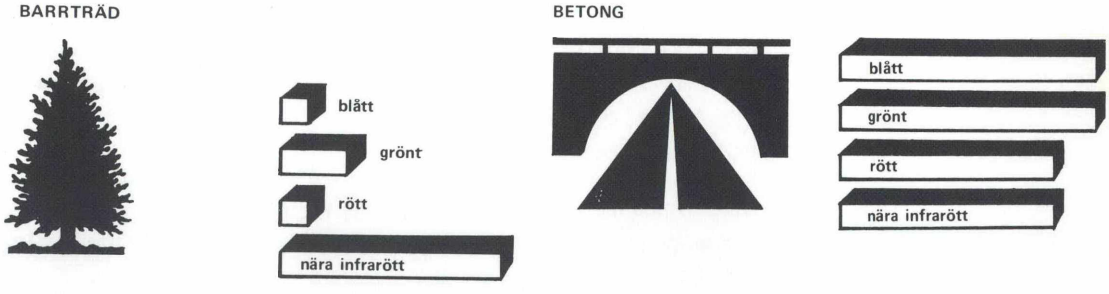
De nya bilderna krävde ännu en grundsten – datatekniken. Den elektroniska hanteringen av data kom igång under första hälften av 1940-talet. Tekniken backades snabbt upp av nya epokgörande upptäckter inom halvledartekniken – t ex transistorn i slutet av 1940-talet. Halvledar- och datateknik gav varandra effektiv draghjälp. Militär- och rymdteknik blev snabbt en lukrativ marknad som drev på utvecklingen. Där fanns behoven och pengarna.

Den elektroniska revolutionen, som satte fart i början av 1960-talet och som vi idag befinner oss mitt uppe i, skapade snabbt helt nya förutsättningar för den nya bildtekniken. Det visade sig möjligt att registrera, hantera, lagra, överföra, bearbeta och analysera de nya bildernas stora informationsmängder. Bildtekniken blev faktiskt i sig själv en utvecklingspådrivande faktor inom vissa områden av datatekniken.

Ny matematik

Analysen av de nya bilderna krävde också ny matematisk metodik. Den utvecklades under början av 1960-talet främst vid Purdue University i Indiana, USA. Detta blev en viktig del av tekniken bakom de nya bilderna.

Tekniken kan beskrivas i matematiska och statistiska termer. Den går ut på att analysera hur t ex moget vete ser ut i olika slags ljus. Man kan säga att man ur de olika bilderna letar reda på vetets strålningskarakteristika – ”fingeravtryck”. När detta är klart frågar datorn varje enskild bildpunkt – det kan finnas miljontals bildpunkter i varje bild – om dess strålningsvärde motsvarar moget vete. På så sätt kan datorn göra en *automatisk* kartläggning av markytan. Den kan berätta var moget vete, vatten, bebyggelse, skog, berg, etc finns.



10. Olika föremål återsänder eller sänder själv ut strålning av olika slag beroende på fysisk struktur, kemisk sammansättning, temperatur etc. En gran har helt andra strålningsegenskaper än en betongbro. Dessa strålningsstrukturer kan registreras med multispektral teknik. Teckning: Nils Peterson.

Satelliterna gav överblicken

Från en hög observationsplats får man överblick – det är en truism. Redan under mitten av 1800-talet skickades kameror – den nya avbildningsteknikens instrument – upp i luften med hjälp av ballong för att avbilda markytan. 1900-talet inleddes med att människan fick en gammal önskedröm uppfylld. Den första flygmaskinen kunde för egen maskin ta lufthavet i besittning. Flygtekniken utnyttjades snabbt av kartografer och militärer. De hade fått plattformer för att studera och avbilda jordytan med stor noggrannhet. Kartograferna kunde avfotografera den som underlag för kartframställning. Militärerna fick nya möjligheter att spana mot fienden.

Men det var rymdtekniken som öppnade vägen mot den stora – globala – översiktligheten. I och med att Sovjet sände upp den första satelliten Sputnik 1 1957 fick vi tillgång till plattformer för *regelbunden* observation av hela jorden.

Rymdtekniken blev de nya bildernas tredje grundsten. De som först insåg detta var militärerna och meteorologerna.

De senare har under hela 1900-talet strävat att studera vädret ur ett storskaligt perspektiv. Satelliterna öppnade det globala perspektivet. Redan 1960 togs de första TV-bilderna från satellit. De berättade om molnsystemens struktur och rörelser.

Nu – 20 år senare – arbetar ett system av vädersatelliter rutinmässigt och levererar en aldrig sinande ström av data och bilder av jordens och atmosfärens tillstånd. Hos USAs National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) finns idag ett satellitbildarkiv där över 8 miljoner vädersatellitbilder är lagrade. Antalet växer oavbrutet.

En av SALT-avtalens grundvalar

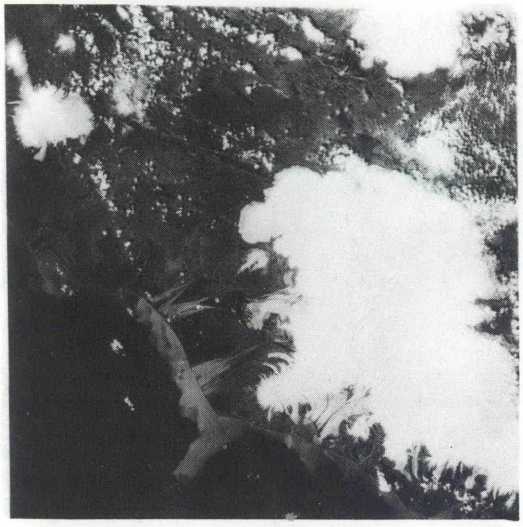
Att använda satelliter för observation och spaning hade militären i USA förberett långt före rymdålderns genombrott. Tankarna, principerna och planerna för att bedriva spaning från satellit hade börjat studeras så tidigt som 1945. I början av 1950-talet genomförde amerikanska forskare en rad studier kring möjligheterna att bedriva spaning från satellit. Fördelarna av tekniken är uppenbara. På hög höjd utom räckhåll från motåtgärder kan man ostört studera vad man vill.

Under 1960-talet utvecklades den militära spaningstekniken från satellit snabbt av både USA och Sovjet. System av spaningssatelliter bevakar sedan dess allt intensivare vad som sker på jordytan. Fotospaningstekniken från satellit är idag så förfinad att föremål av några decimeters storlek är observerbara från 150 km höjd.

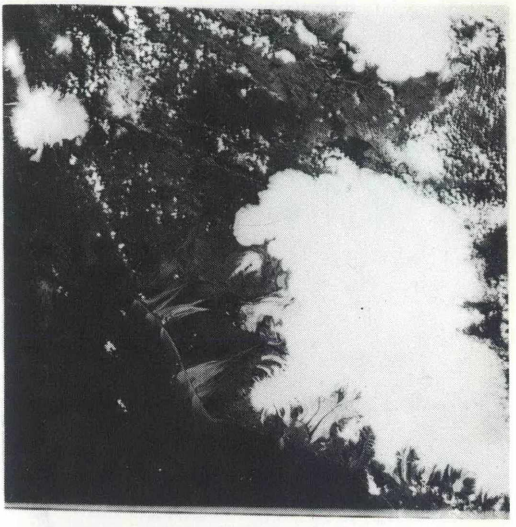
Denna teknik har också snabbt blivit en viktig del av de båda supermakternas kontrollsystem att SALT-avtalen efterlevs. Utan att behöva göra irriterande markvisitationer följer man i detalj vad motståndaren har för sig på rustningsområdet.

Astronauterna såg oväntat mycket

Astronauterna som gjorde de första bemannade rymdfärderna kunde vid återkomsten till jorden visa upp fotografier av jordytan, som förvånade både forskare och allmänhet. Bilderna hade en imponerande detaljrikedom samtidigt som man såg mycket, som hittills varit svårt, ja omöjligt att observera ur ett jordbundet perspektiv.



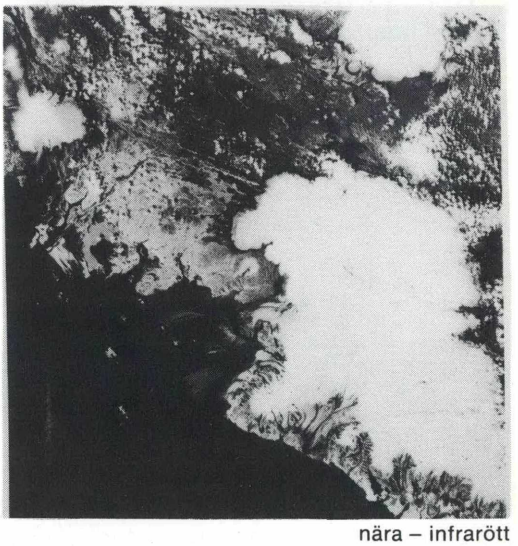
grönt



rött

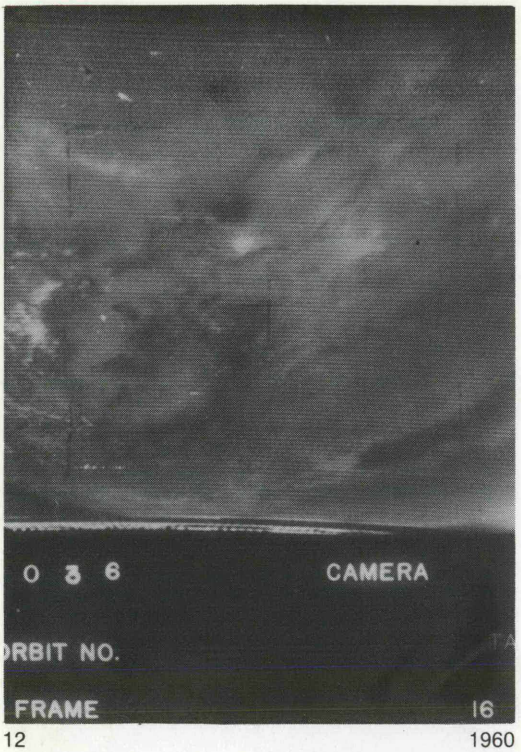


nära – infrarött

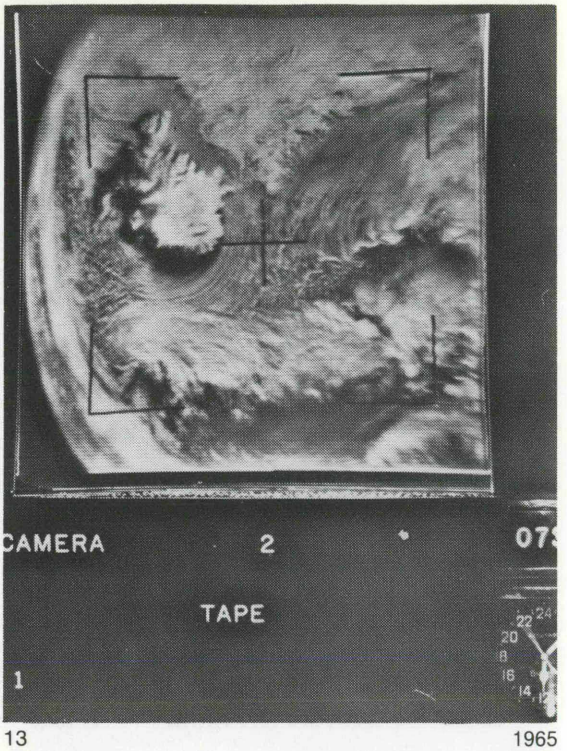


nära – infrarött

11 a–d. Landsat-*satelliterna är utrustade med ett multispektralt avbildningssystem, som registrerar i fyra band – grönt, rött och två nära – infrarött. Den stora glaciären Vatnajökull på Islands sydkust är här avbildad i de fyra våglängdsbanden. Bildytan täcker 185 × 185 km. Bild: NASA/USGS.*



12 1960



13 1965

12–14. De första vädersatellitbilderna togs 1960 av den amerikanska Tiros 1. *Avbildningstekniken har sedan utvecklats med stor snabbhet. Redan 1965 var bildkvaliten betydligt bättre för att i slutet av 1970-talet nått stor detalj- och nyansrikedom. Bilden från 1978 är från en amerikansk militär vädersatellit, upplösning ca 500 meter. Bild: NASA (1960 och 1965), DSMP (1978).*

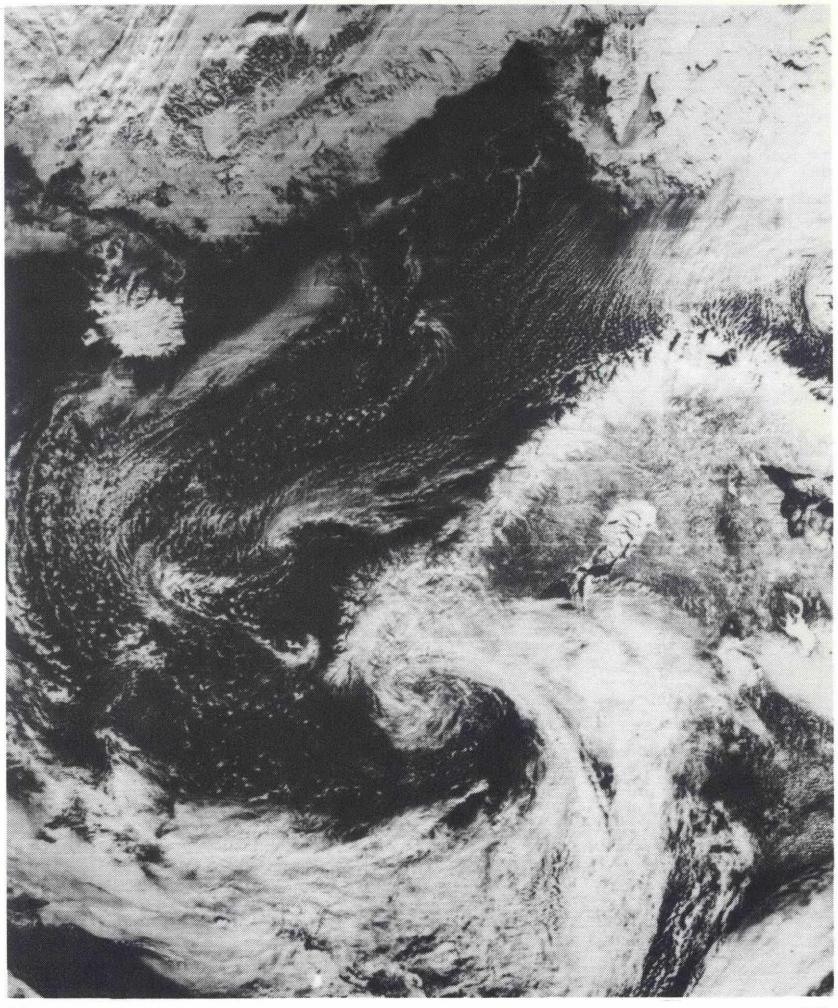
Informationsöverföring

En fjärde grundsten återstod – att överföra bilderna från rymden till markytan. Radiotekniken utvecklades att packa och bära stora mängder information.

Den amerikanska jordresurssatelliten Landsat (1972) krävde att 20 miljoner informationsbitar per sekund skulle överföras. Idag är kraven 100–200 miljoner bitar per sekund och då närmar vi oss radioteknikens yttersta möjligheter.

Men gränsen är inte nådd – ny teknik är på väg. Det handlar om informationsöverföring med pulsad laser.

Den amerikanska militären har projekt på gång, där laserteknik skall överföra 2 000 miljoner informationsbitar per sekund. Det betyder att hela innehållet i den stora ordboken *Encyclopedia Britannica* kan överföras på mindre än en sekund eller sprida 14 färgTV-program samtidigt.



14 1978

Fjärranalys

I början av 1960-talet hade de amerikanska militärerna de grundläggande tekniska principerna för de nya bilderna kartlagda och under utveckling.

Sammansatta bildade de ett system för automatisk rutinmässig kartläggning och övervakning av jorden. Men systemet behövde ett namn. Man ville skilja den från den vanliga militära spaningen (engelskans *surveillance*).

Det blev en kvinnlig forskare, Evelyn Pruitt, vid Office of Naval Research i Washington, D.C., USA, som i början av 1960-talet födde *Remote sensing* som namn på den nya tekniken. Det svenska begreppet *fjärranalys* skapades i början av 1970-talet.

Fjärranalys står för ett system, som från hög höjd samlar in, distribuerar, lagrar, bearbetar och analyserar strålningsinformation från atmosfär och jordyta.

Militären öppnar dörren

Fjärranalysen har sina rötter i militär forskning och utveckling. Hemligstämplade militära projekt får ofta civil användning – förr eller senare. När militärerna tagit ut vad de kan av en teknik eller hunnit utveckla en ännu bättre så brukar den gamla överlämnas till det civila. Det har visat sig ske efter 6–10 år. Det ger ett mått på utvecklingstakten.

USA släppte tekniken bakom de nya bilderna av jordytan fri för civilt bruk under första hälften av 1960-talet. Det skedde efter påtryckningar från olika håll. Den amerikanska rymdstyrelsen NASA fick i uppdrag att svara för utvecklingen. NASA vände sig 1964 till US Geological Survey, som sorterar under Department of the Interior, för samarbete. Målet var att utveckla metoder för att kartlägga jordens resurser från hög höjd.

Militär och civila går olika vägar

Den fortsatta utvecklingen uppvisar intressanta särdrag. Militärerna satsade främst på bildteknik som ger stor detaljskärpa. Det civila däremot valde en annan väg. De har strävat dels mot översiktlighet, dels att utveckla analys av bildinnehållet – det tematiska innehållet.

Landsat

Fjärranalysens mål var klara. Den nya bildtekniken kunde kartlägga och övervaka förhållanden och skeenden på jordytan och atmosfären. Datatekniken klarade lagring och analys medan rymdteknik öppnade det globala perspektivet.

Tekniken utprovades under 1960-talet. Flygburna bildsystem samlade in strålningsdata av markytan för bearbetning och analys. NASA provade under en tid ett flygburet system som avbildade markytan i 24 (!) våglängdsband. Det visade sig vara en överarbetning. Informationsmängden blev enorm och stod inte i proportion till resultaten man fick ut. 8–10 våglängdsband är ofta mer än tillräckligt.

Målet var dock att få fram ett satellitburet fjärranalyssystem. I USA hade militären lagt grunden. NASA och US Geological Survey skulle leda den civila utvecklingen.

Samarbetet blev inte problemfritt. NASA ville främst satsa på flygregistreringar och avbildning av markytan från bemannade rymdfärder.

US Geological Survey ville i stället satsa på obemannade rymdsystem för rutinmässig observation av markytan. Vädersatelliterna hade visat att metoden fungerade och var effektiv.

Den 21 september 1966 meddelade Department of the Interior, utan NASAs vetskap, att projektet EROS (Earth Resources Observation Satellites) startat. Från satelliter skulle data samlas in för att observera och kartlägga jordens resurser med hjälp av fjärranalysteknik.

NASA togs med överraskning. Resultatet blev dock att den 23 juli 1972 sändes den första jordresurssatelliten upp. Den hade först namnet ERTS-1 men döptes senare om till Landsat-1.

Den blev snabbt en stor framgång. Kanske NASAs hittills största. Fjärranalys från satellit fungerade. Bilderna och analysen av dem gav ny kunskap om vår jord användbara inom en rad samhällsområden. Efter en trög start blev också alltfler myndigheter, institutioner och företag inom och utom USA intresserade av att prova och utveckla hur den nya tekniken kunde användas i den egna verksamheten.

Landsat-1 följdes av Landsat-2 (1975) och Landsat-3 (1978). En fjärde

är planerad. Satelliternas banhöjd är ca 930 km. Hundratusentals bilder i fyra våglängdsområden (grönt, rött och två band i nära-infrarött), som täcker en yta av 185 × 185 km från nästan hela jorden har samlats i arkiv. Bildernas upplösning är normalt omkring 70 meter. I Landsat-3 finns ett TV-system – Return Beam Videcon, RBV – som ger bilder med en upplösning av ca 30 meter. Stora områden kan nu snabbt kartläggas hur de ser ut och vad de innehåller. Ett arbete som tidigare krävde år av fältundersökningar och kartritning för hand.

Satellittekniken har stora fördelar. Den är dels global, dels ger den *återkommande* observationer. Landsat-satelliterna täcker ett och samma område av jorden var 18:e dag. Vi har möjlighet att studera hur vår jord, dess miljö och resurser ändras med *tiden*.

Seasat

Landsats bildsystem var avsedda för främst studier av landförhållanden. Trots detta har mycket värdefulla resultat uppnåtts också över vattenytor – sjöar, floder och hav.

Men haven har sina speciella problem. Viktiga faktorer är temperaturförhållandena, strömmar, vågrörelser, etc. För att systematiskt studera dessa oceanografiska fenomen utvecklades USA-satelliten Seasat. Den utrustades med ett flertal bildsystem vilka flera arbetade med radar och mikrovågsteknik.

Seasat sändes upp 1978 och levde en kort men intensiv tid. Resultaten håller på att utvärderas och har visat sig öppna nya intressanta vägar för framtiden.

Satellit-, flyg- och markstudier i samverkan

Men flygregistreringarna har inte spelat ut sin roll inom fjärranalys. De utgör nödvändiga komplement till satellitobservationerna. Höjden är begränsad till ca 30 km och överblicken är mindre. Men observationerna görs snabbt och precis över det önskade området och till lägre kostnad.

Satelliter och flyg räcker dock inte. Man måste också göra mätningar direkt på marken. Utan dessa kommer resultaten från höghöjdsregistreringarna att "hänga i luften". De får sitt verkliga värde först när de kopplas ihop med mätningar på ort och ställe.

Den globala testen – LACIE

Landsat-satelliterna har hittills varit experiment. Skulle hela systemet av registrering, överföring, hantering, lagring, bearbetning och analys kunna fungera? Svaret blev alltså JA.

Men den stora frågan har varit om projektet skall få en rutinmässig fortsättning. Skulle målet en global kartläggning uppnås?

För att utröna detta gick US Department of Agriculture, National Oceanic & Atmospheric Administration och NASA år 1974 samman i jätteprojektet *Large Area Crop Identification Experiment* – LACIE. Kunde en storskalig – global – kartläggning och tidig uppskattning av skördeutfallet göras med den nya tekniken?

Man valde att studera vetet. Officiellt ville USA göra en global övervakning av världens skördesituation för att underlätta en jämnare fördelning av världens matförsörjning. Vetet spelar där en viktig roll. Med mindre bokstäver talades det om att vetet är en nyckelfaktor i USAs ekonomi och ett av landets viktigaste exportprodukter. Tidig kunskap om världens

skördesituation är ett kraftfullt vapen på den internationella arenan. *Mat är makt* är ett uttryck, som fått allt större aktualitet.

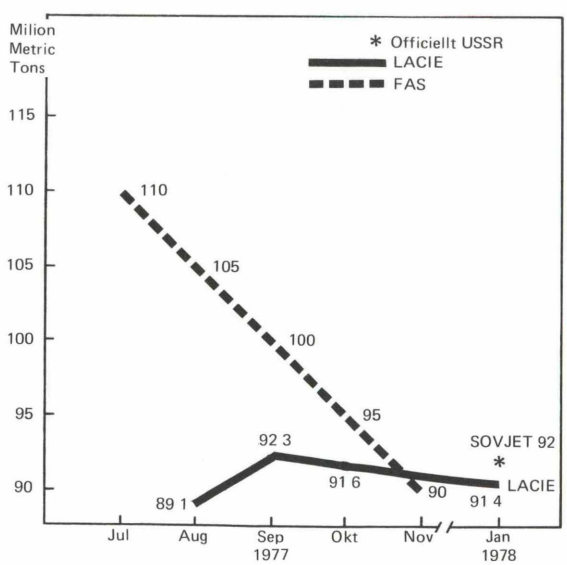
Stora resurser sattes in i projektet och mängder av forskare. Projektet var komplicerat och man ställdes inför helt nya typer av ofta mycket svåra problem.

Bilder över jordbruksområden registrerades av Landsat för att beräkna de arealer där vete växte. Vädersatelliternas information tillsammans med markbundna väderobservationer samt mjukdata i form av lokal kännedom om olika vetesorters växtcykel, traditionella växt- och odlingsmetoder, etc skapade underlag för beräkningar av växtsäsongens utveckling. Med hjälp av avancerade matematiska och statistiska modeller räknades prognoser fram för stora regioners veteskörd innan skörden var bärgad.

Veteskörden i Sovjet 1977

Det stora provet kom i och med att Sovjets veteskörd år 1977 beräknades. Redan i augusti 1977 hade LACIE räknat fram en skördesiffra för Sovjets vete. Den officiella sovjetiska siffran presenterades i början av 1978. LACIEs beräkningar stämde häpnadsväckande bra. Projektets ledning kunde meddela att tekniken fungerade och nu kunde vilken gröda som helst studeras på samma sätt.

LACIE är det hittills största fjärranalysprojektet. Det är också kontroversiellt. De politiska övertonerna har väckt kritik. Sedan har LACIE inte lika stor framgång i Europa. De europeiska vetefälten är små jämfört med USAs, Kanadas och Sovjets. Kravet på att Landsats framtida bildsystem blir mer finmaskigt – bättre detaljupplösning – kan delvis ses mot denna bakgrund.



15. Prognos för veteskörden i Sovjetunionen under odlingsåret 1976–77. Den streckade linjen visar det amerikanska jordbruksdepartementets officiella prognos, som arbetar med statistiska metoder. Den heldragna linjen visar LACIE-projektets prognos vid olika tidpunkter byggd bl a på data från Landsat *och vädersatelliter. Överensstämmelsen med Sovjets officiella siffra, presenterad i början av 1978, är som synes god redan i augusti 1977.*

Framtiden

Idag, 1980, har fjärranalys från satellit bevisat sin förmåga och sina möjligheter. Det finns faktiskt inte några större tekniska problem, som kan tänkas stoppa upp en fortsatt utveckling. Vi kommer att få uppleva än mer sofistikerade bildsystem och effektivare analysmetoder. Fjärranalysen kan se framtiden an med stor tillförsikt. Den har på några årtionden snabbt visat sig effektiv och användbar inom en rad viktiga samhällsområden. Trots detta finns det hotande moln vid horisonten.

Storpolitik och ekonomi

I takt med att fjärranalysen visat sin samhällsnytta har den fått en allt större storpolitisk betydelse. Satelliterna passerar obehindrat och ostört över de nationella gränserna. Bildsystemen registrerar och analyserar jordytans strukturer oberoende av vilken nationsflagga, som vajar för vinden.

Naturligtvis är detta problem i den internationella storpolitiken. Den som har tillgång till tekniken kan sko sig på andras bekostnad. Problemet har också diskuterats i åratal inom FN. Hur stor detaljskärpa i bilderna kan accepteras? Är 30 meters upplösning en lämplig gräns? Är bilderna internationellt allmän egendom? Storpolitiska frågor av detta slag är ännu långt från besvarade och de kommer att påverka den framtida utvecklingen.

Fjärranalysen är också en komplicerad och dyrbar teknik. Den kräver stort tekniskt kunnande samtidigt som det krävs enorma ekonomiska resurser att bygga upp ett fungerande system. Som alltid är det ett fåtal som har kunskapen och resurserna för att utnyttja tekniken. Andra, t ex u-länderna, måste till stor del lita på stormakternas välvilja för att komma i åtnjutande av dess fördelar. Ett allvarligt problem eftersom det är just u-länderna som har speciellt mycket att vinna med hjälp av den nya bildtekniken. Med den kan de kartlägga och analysera sina naturresurser och göra effektiv planering.

Samverkan om vädersatelliter

Det har tidigare påpekats att fjärranalysen drivits fram främst av militära behov och resurser. Sedan mitten av 1960-talet har de militära och civila grenarna i USA gått skilda vägar. Militärerna har satsat på att förbättra bildernas upplösning medan de civila främst satsat på översiktlighet och sökt avlocka dem deras tematiska innehåll.

Den civila utvecklingen av fjärranalysen har varit så framgångsrik att de amerikanska militärerna under 1970-talet känt en växande irritation. Man har hävdat att de civila bilderna innehåller information av militär och strategisk betydelse och deras spridning bör därför begränsas.

Med hänvisning dels till de nationella säkerhetsaspekterna, dels till att det är ekonomiskt ofördelaktigt med både en militär och en civil fjärranalysverksamhet, har USAs militärer drivit frågan om en närmare samverkan mellan de båda grenarna.

Detta har mött kraftiga protester inom en rad civila myndigheter och organ i USA. Man anar att en samverkan med de militära myndigheterna i själva verket betyder att militären tar över de viktiga besluten. Den nationella säkerheten är ett svårbearbetat argument. Samtidigt hotas den hittills fria och öppna inställningen till bl a internationellt samarbete.



16



17

16–17. Avbildningens kvalitet är en fråga om hur stor yta bilden täcker, bildens upplösning och mängden information man kan hantera. Ökad yttäckning och detaljupplösning ökar snabbt informationsmängden. Bilderna är exempel på bildteknik, som använts i civila satelliter.

Bilden till vänster är en registrering i rött av Dulles flygplats utanför Washington i USA av Landsats *multispektrala svepfotometer (digital teknik). Upplösningen är ca 70 meter och originalbilden täcker 185 × 185 km, satellithöjd 930 km.*

Bilden i mitten är också tagen från Landsat *med en s k* Return Beam Videcon *(TV-system som arbetar med analog teknik). Bildens upplösning ca 30 meter och originalbilden täcker ca 92 × 92 km.*

Militärerna har vunnit en första framgång i sina ansträngningar. Den nya generationen av vädersatelliter – typ *Tiros-N* – har utvecklats i samarbete mellan militären, den amerikanska väderlekstjänsten NOAA och NASA.

Motivet har främst varit att det är ekonomiskt slöseri att USA har två system igång samtidigt med ungefär likartade uppgifter. Om samarbetet ger någon ekonomisk vinst är dock tveksamt. En militärt konstruerad satellit används som plattform. De tidigare använda civila vädersatelliterna gick på en höjd av ca 1 400 km, vilket möjliggjorde att en och samma satellit under ett dygn täckte hela jorden. Den militära varianten har en bana, som går ungefär hälften så högt, varför det behövs två satelliter för att göra samma jobb som de gamla civila klarade ensamt.

Militärerna har också riktat sina blickar på det framgångsrika *Landsat*-programmet.

Carter bryter tystnaden

Det är märkligt att ända fram till 1978 har vare sig USA eller Sovjet officiellt erkänt att man har effektiva satellitburna spaningssystem. Deras existens har alltid berörts i omskrivna och diffusa ordalag.



18

18. Fotografi taget med den hittills bästa kamera som flugit i en civil satellit – Earth Terrain Camera *ombord på det bemannade rymdlaboratoriet* Skylab. *Bilden visar San Fransisco. Upplösningen är ca 12–15 meter från en höjd av 430 km. Bilden är en delförstoring och originalbilden täcker 109 × 109 km.*

Men det finns bättre kameror. De militära spaningssatelliterna på ca 150 km höjd är utrustade med kameror som kan ta bilder med en enorm detaljrikedom. Man anser att föremål på några decimeters storlek kan avbildas. Men utvecklingen på TV-området och den digitala tekniken utvecklas snabbt. I Europa planeras nu en fjärranalyssatellit SPOT, *som skall ha ett avbildningssystem i digital teknik med en upplösning av ca 10 meter. Bild: NASA.*

Det var därför en viss bestörtning, som mötte president Carter när han i ett tal den 1 oktober 1978 meddelade att USA tänkte fortsätta utveckla sin militära satellitspaning. Han sa också att han övervägde att släppa en del av de hittills extremt hemlighållna bilderna för civil användning. Sovjet, liksom vissa kretsar i USA, mötte uttalandet med liten entusiasm. Alltför skarpa och detaljrika bilder avslöjar nationella hemligheter och är politiskt sprängstoff.

Många misstänker att Carters uttalande skall tolkas som ett första steg mot beslut om närmare samverkan mellan militär och civil rymdverksamhet.

Landsat-D

De framgångsrika tre Landsat-satelliterna har varit experiment. Under 1980-talet skall *Landsat*-projektet lämna experimentstadiet och programmet skall gå in i ett operativt skede. Efter utredningar och intensiva diskussioner är de framtida riktlinjerna nu beslutade. NASA, som är ett utvecklingsorgan, lämnar över ansvaret för projektet till NOAA. NASAs hittillsvarande samarbetspartner US Geological Survey ställs utanför.

Planerna går ut på att nästa *Landsat*, den fjärde, som utrustas med förbättrad bildteknik, skall sändas upp om några år. Samtidigt kommersialiseras projektet. De civila användarna skall betala vad det kostar samtidigt som programmet bättre anpassas till aktuella behov.

Valet av NOAA kan motiveras med att de framgångsrikt klarat av vädersatelliterna. Men samtidigt konstaterar många kritiker risken för maktkoncentration och närmande till militären. NOAA har dokumenterat god samarbetsvilja med de militära myndigheterna.

Internationellt känner man oro över den amerikanska utvecklingen. På alltfler håll, bl a i Frankrike och Japan, utvecklar man nu egna satellitburna fjärranalyssystem, t ex fransk-europeiska *SPOT*. Man litar inte längre på USAs fortsatta öppenhet till samarbete och fruktar en begynnande protektionism.

Fjärranalysen driver på

Framtiden för fjärranalysen kommer säkert mer bestämmas av det ekonomiskt och politiskt gångbara än av de tekniska möjligheterna.

Den nya bildtekniken har haft speciella behov som drivit på utvecklingen inom en rad tekniska områden t ex inom datatekniken.

Ett sådant område är stora databaser. Idag finns i NOAAs satellitbildarkiv ca 8 miljoner väderbilder från 1960 och antalet växer snabbt för varje år som går. Totalt bör det finnas upp mot 15 miljoner satellitbilder lagrade i USA. Eftersom varje bild motsvarar upp mot 10 miljoner informationsbitar handlar det om enorma datamängder som skall lagras på elektronisk väg. Den elektroniska revolutionen öppnar här nya möjligheter och utvecklingen drivs här fram bl a av rymdteknikens behov.

Samhället utnyttjar i allt större omfattning tekniken bakom de nya bilderna inom nya användningsområden. Automatisk kartläggning utgör t ex underlag för nya former av datastyrd navigering och orientering. Sådana system finns färdiga. Ett exempel utgör styrsystemet i de omdebatterade kryssningsrobotarna.

De nya bilderna har snabbt utvecklats till viktiga funktioner i samhället. De har kommit för att stanna.