

FFI RAPPORT

OVERSIKT OVER EUROPEISK ROMVÆRVIRKSOMHET

Svenes Knut

FFI/RAPPORT-2002/03188

FFIE//768/172

Godkjent
Kjeller 8. august 2002

Vidar S Andersen
Forskningsjef

**OVERSIKT OVER EUROPEISK
ROMVÆRVIRKSOMHET**

Svenes Knut

FFI/RAPPORT-2002/03188

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2002/03188 1a) PROJECT REFERENCE FFIE//768/172	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 45		
4) TITLE OVERSIKT OVER EUROPEISK ROMVÆRVIRKSOMHET OVERVIEW OF EUROPEAN SPACE WEATHER ACTIVITY				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) Svenes Knut				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)				
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>Spaceweather</u> b) <u>Satellite</u> c) <u>Telecommunication</u> d) <u>Ionosphere</u> e) <u>Magnetosphere</u> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Romvær</u> b) <u>Satellitt</u> c) <u>Telekommunikasjon</u> d) <u>Jonosfære</u> e) <u>Magnetosfære</u> </td> </tr> </table>			a) <u>Spaceweather</u> b) <u>Satellite</u> c) <u>Telecommunication</u> d) <u>Ionosphere</u> e) <u>Magnetosphere</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Romvær</u> b) <u>Satellitt</u> c) <u>Telekommunikasjon</u> d) <u>Jonosfære</u> e) <u>Magnetosfære</u>
a) <u>Spaceweather</u> b) <u>Satellite</u> c) <u>Telecommunication</u> d) <u>Ionosphere</u> e) <u>Magnetosphere</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Romvær</u> b) <u>Satellitt</u> c) <u>Telekommunikasjon</u> d) <u>Jonosfære</u> e) <u>Magnetosfære</u>			
THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT <p>During the last few years there has been a general increase of interest in space weather. Very likely this is related to the increasing understanding of the potential damage such processes can inflict on modern technological systems. Consequently, the European Space Agency (ESA) has during the last two years conducted an investigation of how and whether a common autonomous European space weather programme should be initiated. It is clear that the basis for this is very good when looking at the scientific and technological expertise available. However, economical and political considerations must also be taken into account in this respect. Hence, ESA commissioned a reference group (where the institute has been represented) to assist in evaluating these questions. This report gives an overview of the work as well as a few thoughts on the future possibilities in this area.</p>				
9) DATE 8. August 2002	AUTHORIZED BY This page only Vidar S Andersen	POSITION Director of Research		

ISBN-82-464-0651-5

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOOLD

	Side	
1	BAKGRUNN	7
2	EUROPEISK PERSPEKTIV	9
3	FYSIKALSKE FORHOLD	11
4	TEKNOLOGISK PÅVIRKNING	14
5	EKSEMPLER PÅ EKSISTERENDE EUROPEISK ROMVÆRVIRKSOMHET	16
6	ESA PLANER	23
7	KONKLUSJON	28
APPENDIKS		
A	ESA SPACE WEATHER INITIATIVE BRIEFING PACK	30
B	SPACE WEATHER WORKING TEAM	39
C	TECHNOLOGICAL IMPACT OF SPACE WEATHER PROCESSES	40
	LITTERATUR	44
	FORDELINGSLISTE	45

OVERSIKT OVER EUROPEISK ROMVÆRVIRKSOMHET

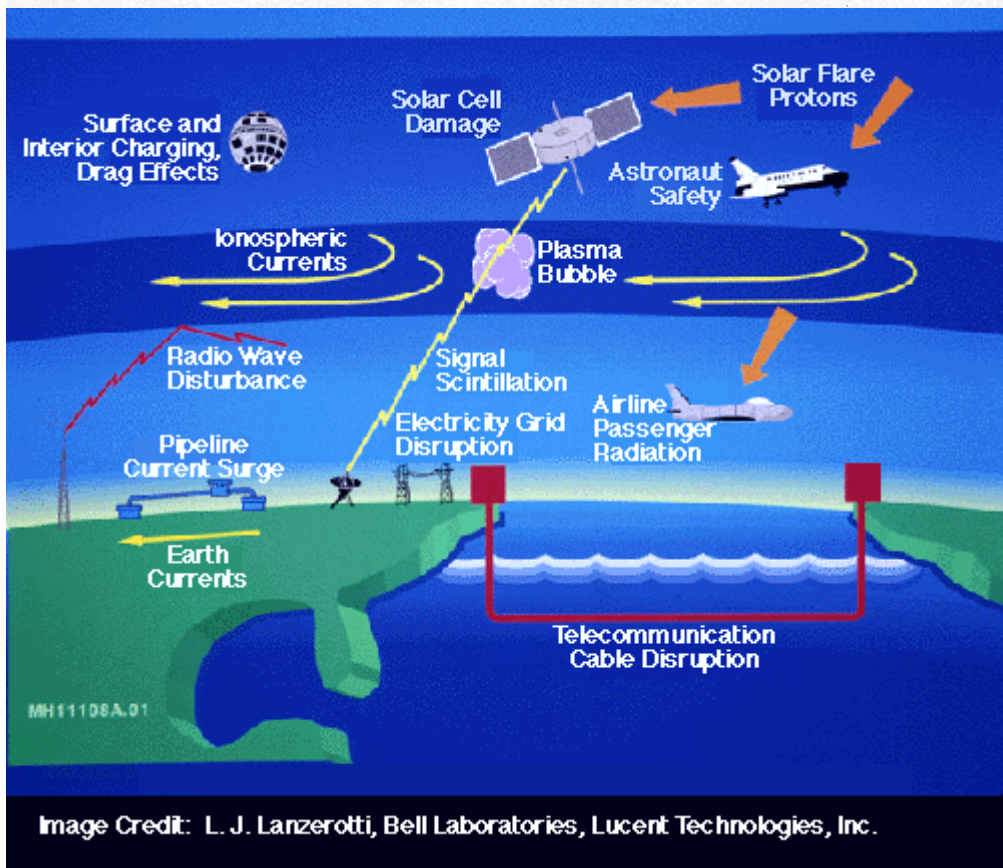
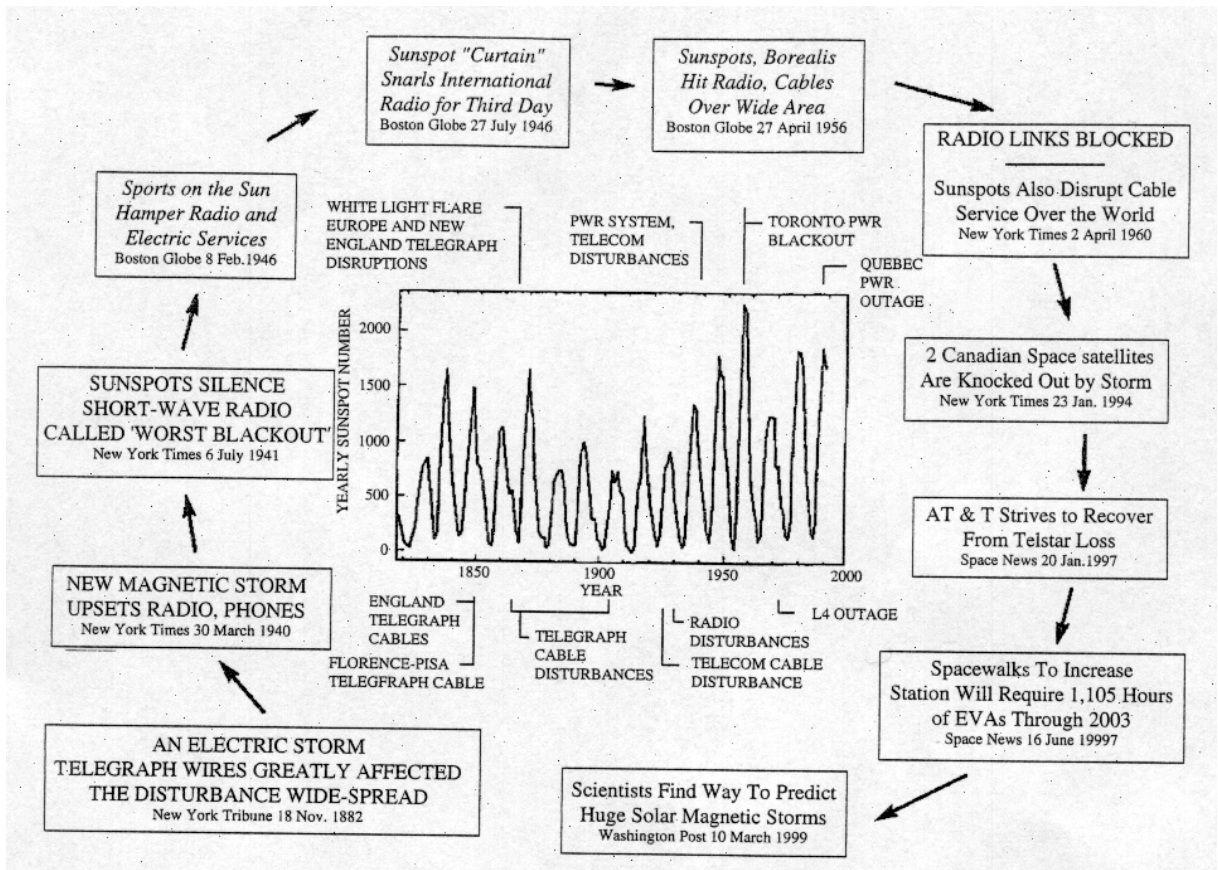
I løpet av de to siste år jeg deltatt i en referansegruppe som har bistått European Space Agency (ESA) med å vurdere mulighetene for et eget europeisk program innen romvær. Denne rapporten inneholder en oversikt over den nåværende europeiske innsatsen på dette området, samt noen betraktninger om hvilke framtidsmuligheter som foreligger.

1 BAKGRUNN

Romvær er et begrep som har kommet til anvendelse stadig oftere i løpet av de senere år. Begrepet har ofte ikke en entydig definisjon, men det kan vel kanskje best betraktes som et samlebegrep for de prosesser i vårt nære verdensrom som har potensial til å skade teknologiske systemer både på bakken og i rommet. Derfor dekker begrepet den på et hvert tidspunkt aktuelle fysiske tilstanden i de forskjellige regionene av verdensrommet som omgir vår planet. I virkeligheten omfattes dermed en rekke forskjellige plasmafysiske prosesser og deres vekselvirkninger. Begrepet blir følgelig ganske analog med været slik vi kjenner det fra meteorologien.

Det er først og fremst to hovedtrekk i den generelle samfunnsutviklingen som ligger til grunn for denne interessen for romvær. Det ene er det moderne samfunns stadig økende avhengighet av teknologiske systemer, som i sin tur også medfører større sårbarhet ovenfor de naturprosesser som påvirker systemene. Det andre er vitenskapens økende forståelse for hvordan disse prosessene fungerer rent fysisk. Dermed øker også mulighetene for at virkningene kan forutsies presist, og følgelig kan også mottiltak settes i verk på en kosteffektiv måte.

I figur 1.1 er dette forsøkt framstilt med to illustrasjoner hentet fra (1), som beskriver den økende samfunnsmessige interesse og betydning av romvær. Den øverste delen av denne figuren viser hvordan effekten av romværphenomener har endret karakter fra å virke som en forstyrrelse på isolerte kabelsystemer til å sette ut av spill komponenter i tett integrerte kommunikasjonssystemer og å påvirke mennesker fysisk i form av øket strålingsfare for astronauter. Den nederste delen viser også hvordan romvær kan påvirke en rekke forskjellige elementer i en moderne samfunnsstruktur avhengig av breddegrad og hvilken spesifikk prosess som er aktiv. I USA har man derfor allerede i noen år nå fokusert mye på hvordan disse utfordringene best kan møtes. De samlede ressurser som blir tilført romværmiljøet i USA er svært store, faktisk mange ganger den samlede innsats i resten av verden, og dette har naturlig nok ført til at amerikanerne er ledende i verden på feltet. Derfor fungerer i realiteten amerikanernes viktigste senter for romværprediksjoner, Space Environment Center (SEC) som ligger i Boulder i Colorado, også som et verdensomspennende overvåkingscenter for romvær.



Figur 1.1 Romværferfenomens innflytelse på teknologiske systemer framstilt i et historisk perspektiv (øverst) og detaljert i dagens situasjon (nederst).

SEC, som sorterer under National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), ble opprettet for kontinuerlig å overvåke jordens nære verdensrom i sanntid, samt for å utvikle teknikker til prediksjon av romværphenomener. Senteret har ansvar for en meldingstjeneste som er operativ på døgkontinuerlig basis, og det blir også utstedt daglige situasjonsrapporter. Deres meldinger er i dag offentlig tilgjengelig uten noen form for restriksjoner blant annet via internett. Ansvar for driften av de operative systemene er delt mellom NOAA og US Air Force (USAF) ved 55th Space Weather Squadron, lokalisert på Schriever AirForce Base i Colorado. Årsaken til dette er selvfølgelig den amerikanske vektlegging på betydningen av rommet som element i militære strategiske og taktiske overveielser. Siden dette igjen medfører en omfattende avhengighet av operative satellitter særlig på overvåknings - og kommunikasjonssiden, har USAF således en betydelig egeninteresse av å opprettholde driften ved SEC. I tillegg til de ovenfor nevnte institusjoner bidrar også både NSF og NASA til romværprediksjoner først og fremst gjennom støtte til relevante grunnforskningsprogram. I NSF's tilfelle kanaliseres slik støtte hovedsakelig gjennom Solar Influences programmet som omfatter flere teoretiske modelleringsprosjekt. Dette programmet er igjen en del av Global Change Research Programs som omfatter studier av alle forhold som er av betydning for jordens miljø i videste forstand og endringer av dette.

I tillegg bidrar NASA på sin side først og fremst med operasjonelle data frambrakt gjennom International Solar-Terrestrial Physics (ISTP) programmet, som omfatter en rekke satellittprosjekter med til dels betydelig internasjonal deltagelse av blant annet ESA (European Space Agency). Amerikanske romværinteresser er beskrevet nærmere i (2) samt i referanser derfra. Siden diskusjonen i (1) og (2) bygger på et amerikansk perspektiv blir det naturlig nok fokusert mest på den nasjonale innsatsen der. Imidlertid er jo romværphenomener i sin natur globale, og Europa står selvsagt ovenfor de samme problemstillingene. Det er dog sider ved den europeiske situasjon som har medført at aktiviteten her har ligget på et adskillig lavere nivå.

2 EUROPEISK PERSPEKTIV

Som nevnt blir driften av foregangsinstitusjonen SEC delt mellom NOAA og USAF. Dermed blir også romværproblematikken en del av amerikansk sikkerhetstenkning, og følgelig kan midler tilføres uten at kommersielle aspekter blir vektlagt. Her er vi ved kjernen til forskjellene i nivå mellom den amerikanske og europeiske innsats innen romværvirksomhet. For det første finnes det ingen samlende europeisk militær pådriver innen dette området, og i tillegg er de nasjonale interessene for de forskjellige aspekter ved romværforstyrrelser høyst varierende etter geografisk beliggenhet og industrielt fokus.

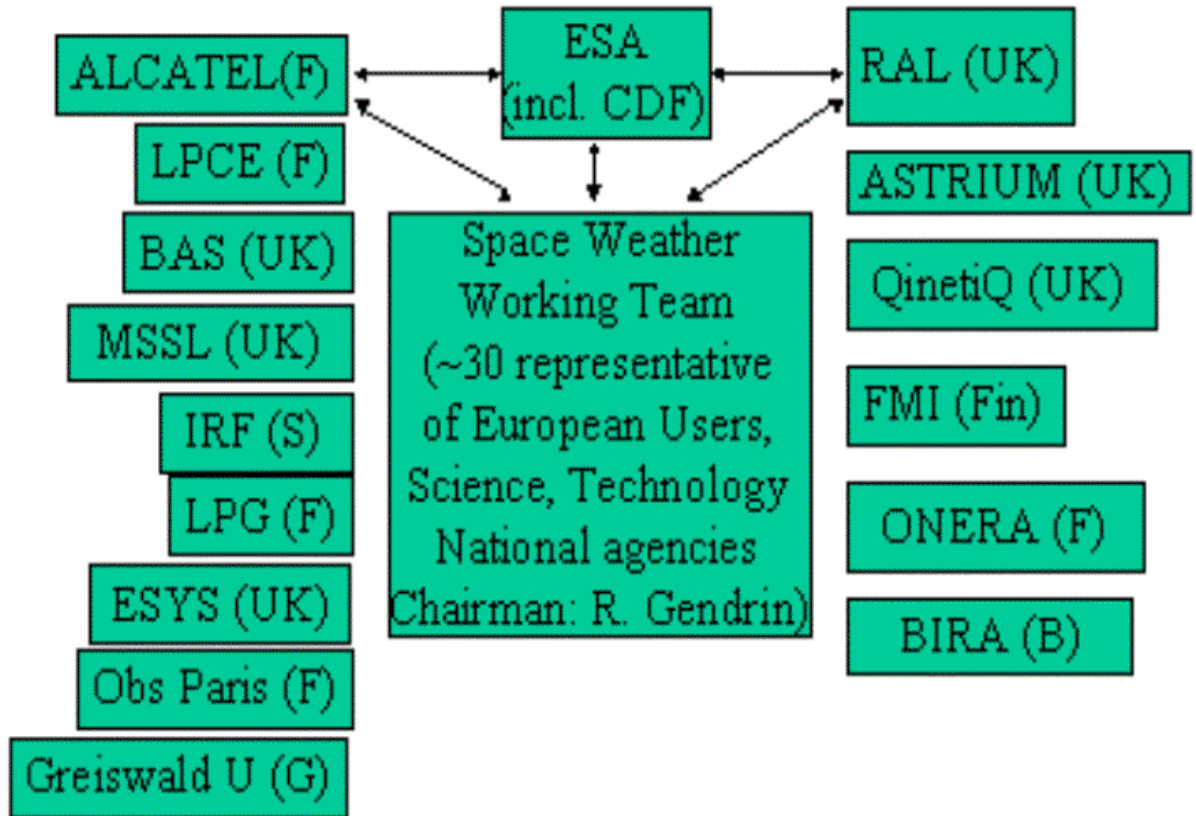
Likevel har bevisstheten omkring disse problemstillingene også i Europa økt i takt med solaktiviteten fram mot det siste maksimum i år 2000. Det er to hovedårsaker til denne økende europeiske interessen for romværphenomener.

Den ene er at verdien av det europeiske romsegmentet er sterkt økende. Dette omfatter ikke bare den europeiske romfarts-organisasjonen ESA's egne satellitter, men også medlemsstatenes egne romprogrammer og ikke minst den kommersielle romaktiviteten. I sistnevnte kategori hører først og fremst telekommunikasjon til, men også jordobservasjon så vel som "launcher"-industrien og forsikringsbransjen. For det andre er det også en økende bevissthet for betydningen av europeisk autonomi i strategiske teknologiske områder. Dette gjenspeiles både i forslaget om et eget europeisk posisjoneringssystem (Galileo) og et europeisk initiativ for å samle sikkerhets- og miljømonitorering Global Monitoring for Environment and Security (GMES) innen en felles organisasjon.

I tillegg vil et romværprogram kunne bidra til viktige målsetninger som europeisk integrasjon og rekruttering til teknologistudier. For å følge opp dette satte derfor ESA i gang en vurdering av totale europeiske behov og ferdigheter innen dette området. Initiativet til dette studiet kom fra "Space Environments and Effects Division", som har ansvar for teknisk analyse av hvordan miljøet i verdensrommet påvirker ESA's satellitter. En samlet framstilling av ESA's egne begrunnelser for dette initiativet er grundigere beskrevet i appendiks A.

For å kunne gjennomføre dette studiet i praksis, og dessuten for å støtte europeisk romindustri, ble det derfor satt ut to parallelle kontrakter for analyse av et mulig felles europeisk romværprogram. Hensikten her var å trekke inn et så vidt spekter som mulig av vitenskapsfolk, teknologer, administratorer og potensielle brukere. Arbeidet ble organisert som vist i figur 2.1 ved at de to hovedkontraktørene (Alcatel fra Frankrike og Rutherford-Appleton Laboratory (RAL) fra England) benyttet sine kartell-medlemmer til å frambringe løpende rapporter på deloppgaver underveis. I sin tur igjen rådførte ESA seg med et ad-hoc støttetteam, nemlig Space Weather Working Team (SWWT) for hele tiden å kunne gi relevante tilbakemeldinger. FFI har vært representert i SWWT både i 2000 og 2001. Alle deltagere i SWWT er for øvrig listet i appendiks B.

Mandatet for de to gruppene bestod for det første i å gjøre en så bred markedsundersøkelse som mulig for å vurdere det kommersielle potensialet for et felles europeisk romværprogram. Dernest var oppgaven å framlegge en plan for et mulig slikt program. For å sikre et vidt spekter av opsjoner ble det bestemt å legge en plan med tre mulige aktivitetsnivåer. Følgelig ble det gjort et kostnadsoverslag for et fullstendig autonomt romværprogram, samt en vurdering av hvilke komponenter Europa burde bidra med i et internasjonalt program. Den siste opsjonen gikk på å vurdere hvilke bidrag ESA kunne tilby for å samordne den allerede eksisterende kommersielle europeiske virksomheten innen dette feltet.



Figur 2.1 Organisering av ESA's romværstudier med de to kartellene og SWWT.

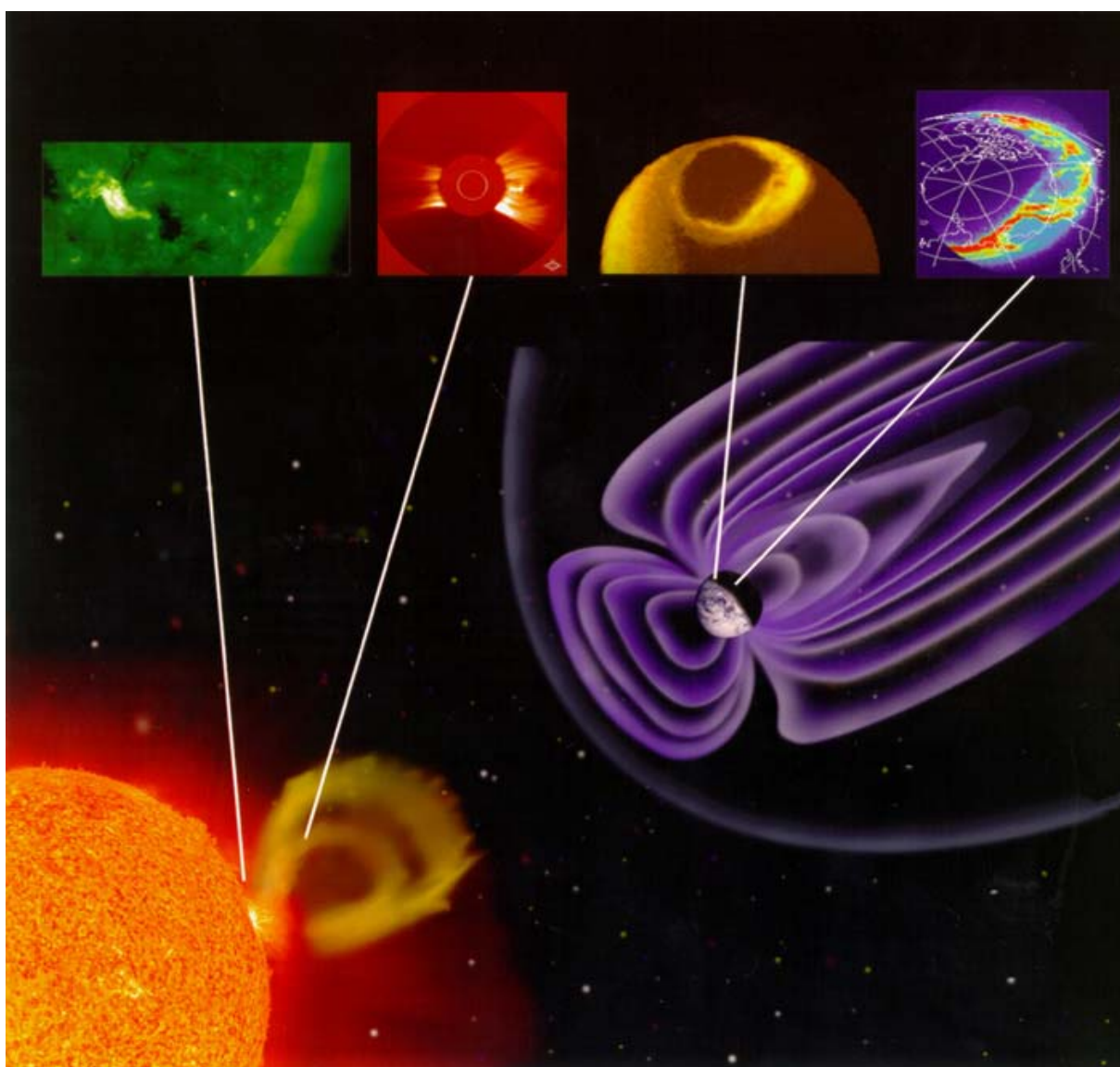
Tilbakemeldingen til ESA er blitt gitt i form av en serie dokumenter som tar for seg ulike aspekter ved den totale analysen. Disse dokumentene er for tiden til vurdering hos ESA, og innholdet er derfor ennå ikke offentlig tilgjengelige. Imidlertid kan et sammendrag av resultatene være nyttig som basis for en gjennomgang av den europeiske aktiviteten på feltet. Derfor vil hovedpunktene kort bli gjengitt her.

3 FYSIKALSKE FORHOLD

Rent fysisk blir miljøet i det nære verdensrommet rundt vår planet påvirket både av forhold på vår egen klode og prosesser på solen. Disse fenomenene er deler av en kjede av koblede prosesser som opprinnelig har sitt utspring i forstyrrelser på solen, men som i nærheten av planeter blir modifisert av tilbakekoblingsprosesser som er knyttet til fenomener i den lokale atmosfæren. Det fysiske forståelsen av disse prosessene er utdypet i (3), men kan sammenfattes ved hjelp av figur 3.1 som illustrerer noen viktige elementer i denne kjeden.

Utgangspunktet er forstyrrelser i selve soloverflaten som via såkalte "coronal mass ejections (CME)" gir opphav til sjokkfronter som sprer seg via solvinden de 150 millioner km til jorden hvor energi overføres til magnetosfæren via koblingsprosesser både på dag- og nattsiden. De resulterende forstyrrelsene kan samlet beskrives mer kvantitativt ved hjelp av å relatere dem til den geomagnetiske aktivitet.

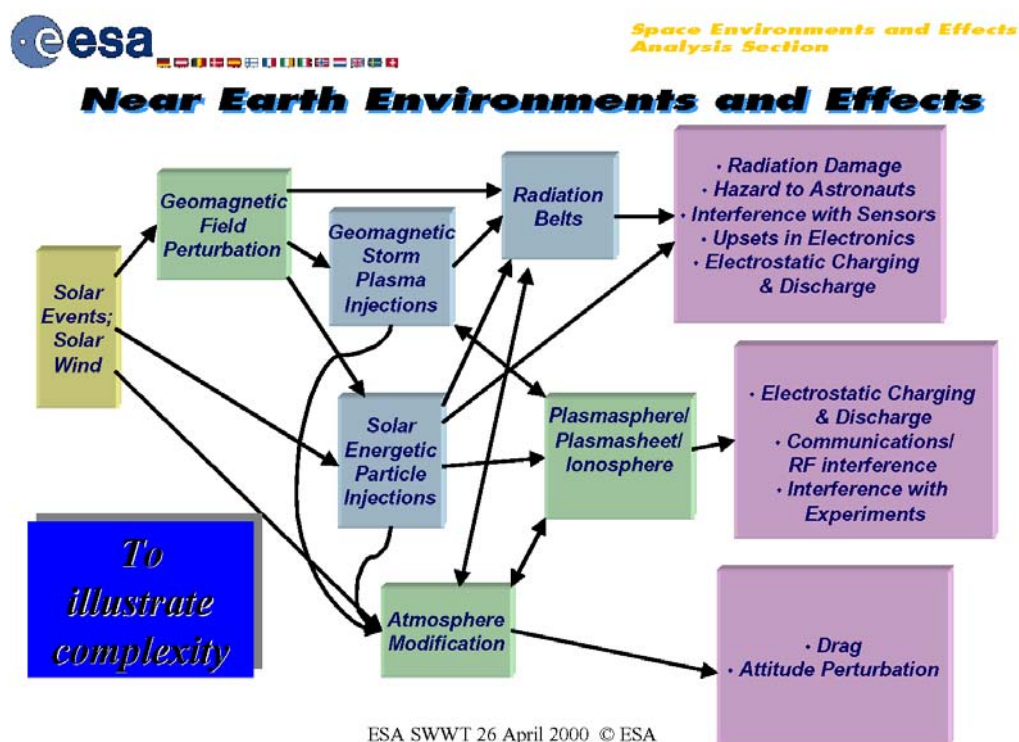
De spesifikke mekanismene som samles under dette begrepet kan være nokså forskjellige, men endringer av energetiske partikkel-populasjoner i det nære verdensrom står som regel sentralt i de fleste tilfeller. Kort sagt vil det si at når tilstrekkelig energi er blitt lagret opp i magnetosfæren, først og fremst gjennom oppbygning av magnetisk fluks i haleområdet, vil instabiliteter utløse energitransport til ionosfæren. Dette skjer hovedsakelig ved hjelp av energetiske partikler som ledes av magnetfeltet ned i nordlyssonen. De mest energetiske av disse partiklene vil også sørge for overføring av energi til den nøytrale delen av atmosfæren. Samtidig vil horisontale strømmer i ionosfæren, som må til for å slutte strøm-systemene i magnetosfæren, kunne indukere store spenninger på bakkenivå. Alt dette medfører at flere typer romværforstyrrelser er særlig aktive ved høye breddegrader.



Figur 3.1 Illustrasjon av sentrale elementer i kjeden av prosesser som står for en netto energitransport fra soloverflaten via det nære verdensrom og i siste instans helt til jordoverflaten (illustrasjon AGU).

Lokale forhold i både magnetosfæren og ionosfæren vil i sin tur fungere som tilbakekoblingsprosesser i denne kjeden av energioverføringer. Noen av disse prosessene, samt deres effekter på teknologiske systemer, er illustrert i figur 3.2. Teknologisk sett er det de elektroniske systemene ombord på satellitter som er mest utsatt for geomagnetiske forstyrrelser. Dette kan skje enten i form av differensiell overflateoppladning, som kan lede til overslag, eller “dyp” oppladning som kan føre til “single event upset”. Overflateoppladning er en kollektiv effekt og oppstår som regel som følge av høye flukser med relativt lite energirike partikler som f. eks. forekommer i nordlyssonen. “Dyp” oppladning kan ofte forårsakes av ionisering p.g.a svært energirike enkeltpartikler, men den statistiske sjansen for slike hendelser øker også med økende fluks. Dette er særlig et problem for geostasjonære satellitter som ofte blir liggende inne i strålingsbeltene under geomagnetiske stormer.

Økende solaktivitet vil også føre til atmosfærisk oppvarming p.g.a økende kortbølgestråling og dermed ekspansjon av atmosfæren. I sin tur vil dette føre til økt atmosfærisk friksjon for satellitter i lave jordbaner. Dette er et ganske godt kjent fenomen som må tas hensyn til under banevalg for f. eks. mange jordobservasjonsatellitter (for ikke å snakke om militære overvåkningssatellitter). Også den internasjonale romstasjonen vil bli berørt av dette fenomenet, og periodiske “re-boost” av hele stasjonen er planlagt.



Figur 3.2 Noen romværprosesser og deres teknologiske effekter i det nære verdensrom.

Det er også velkjent at radiobølger påvirkes av ionosfæriske variasjoner som igjen kan forårsakes av solaktivitet. Bølger i HF-området benytter ionosfæren som reflektor for kommunikasjon over store avstander, og i aktive perioder kan signalene bli absorbert eller kraftig forvrengt. For høyere frekvenser, inkludert mikrobølgeområdet, vil det først og fremst være faseforvrengninger forårsaket av de frie elektronene som skaper problemer. F. eks. vil variasjoner i ionosfærens totale elektroninnhold påvirke GPS-signaler. Begge disse typer forstyrrelser er spesielt problematiske ved høye breddegrader fordi ionosfærens totale elektroninnhold og tetthet der varierer spesielt hurtig og kraftig i forbindelse med nordlysaktivitet.

Romværphenomener kan også gjøre seg gjeldende i teknologiske systemer på bakkenivå i form av såkalte geomagnetisk induerte strømmer. Disse kan i prinsippet ramme både kraftdistribusjonslinjer, telekommunikasjonskabler, olje- og gassledninger samt jernbaneutstyr. I sin tur kan dette medføre betydelige operasjonsproblemer, hvor strømstansen i Quebec under en spesielt sterk geomagnetisk storm i mars 1989 vel er det mest kjente eksempelet (4). Også geomagnetisk induerte strømmer er spesielt sjenerende ved høye bredder siden de lett kan bli induert av de sterke strømsystemene som opptrer i ionosfæren i forbindelse med nordlysaktivitet.

Siden det totale systemet er høyst ulinært vil det følgelig være meget vanskelig å prediktere disse effektene. Mange av dagens modeller er derfor av semi-empirisk karakter. Det vil si at modellen ofte bygger på en beskrivelse av de grunnleggende fysiske fenomener, men som ennå ikke inneholder en detaljert nok forståelse av disse til å kunne prediktere ønskete parametere med tilstrekkelig nøyaktighet fort nok. Følgelig blir ofte modellene supplert med empiriske data, enten fra statistiske databaser eller fra sanntidskilder. Naturlig nok blir det da viktig å bringe på det rene hvilke parametere som best representerer resultatene fra modellen, samt å avgrense deres gyldighetsområder. Likevel eksisterer det i dag en tilstrekkelig empirisk innsikt i disse forholdene til at det er mulig å komme med systematiske varsler.

4 TEKNOLOGISK PÅVIRKNING

De teknologiske konsekvensene av romværprosesser er høyst mangslungne. Dette bunner i to viktige aspekter ved problemstillingen. For det første dekker som tidligere nevnt romværbegrepet en hel rekke forskjellige fysiske prosesser i vårt nære verdensrom, og følgelig vil også effektene av disse forskjellige prosessene på tekniske systemer være knyttet til den enkelte prosess' natur. For det andre er selvfølgelig lokaliseringen av de forskjellige tekniske installasjoner utslagsgivende for hvilke prosesser som kan være aktive.

En samlet oversikt over berørte systemer og mulige effekter er framstilt i tabell 4.1 nedenfor. Her er det så langt som mulig konkretisert utsatte bransjer og spesifisert de aktuelle problemområdene. I tillegg til dette er det gitt en mer detaljert beskrivelse av de forskjellige brukere og deres varierende krav til prediksjoner i appendiks C (hentet fra ESA-studien). Generelt kan det sies at på det nåværende stadium er evnen til hendelsesanalyser (i ettertid) og nåtidsbeskrivelse av romværsituasjonen mye bedre utviklet enn det foreliggende prediksjonapparat. Selv om dette er tilfredsstillende for en del bransjer, er det viktig å påpeke at tunge interessenter som romfarts- og militærorganisasjoner har til dels sterke krav til prediksjonsevne.

Bransje (og utsatte komponenter)	Problemområde
Satellittoperatører (<i>geostasjonære satellitter, kommunikasjon, lavbane satellitter</i>)	Høyenergi partikkelfluks, total strålingsdose, jonsfæriske irregulariteter, atmosfærisk friksjon
Oppskytningskontraktører (<i>fastsettelse av oppskytningsstidspunkt</i>)	Høyenergi partikkelfluks, jonsfæriske irregulariteter, atmosfærisk friksjon
Romfartsorganisasjoner (<i>astronauter i bane</i>)	Høyenergi partikkelfluks, total strålingsdose
Sivil luftfart (<i>personell om bord i langdistansefly</i>)	Høyenergi partikkelfluks, total strålingsdose
Kraftselskap (<i>nettverksdimensjonering</i>)	Bakkeinduserte strømmer
Geologisk prospektering (<i>styresystemer</i>)	Magnetfeltvariasjoner
Militære organisasjoner	Alle prosesser
Forskning	Alle prosesser

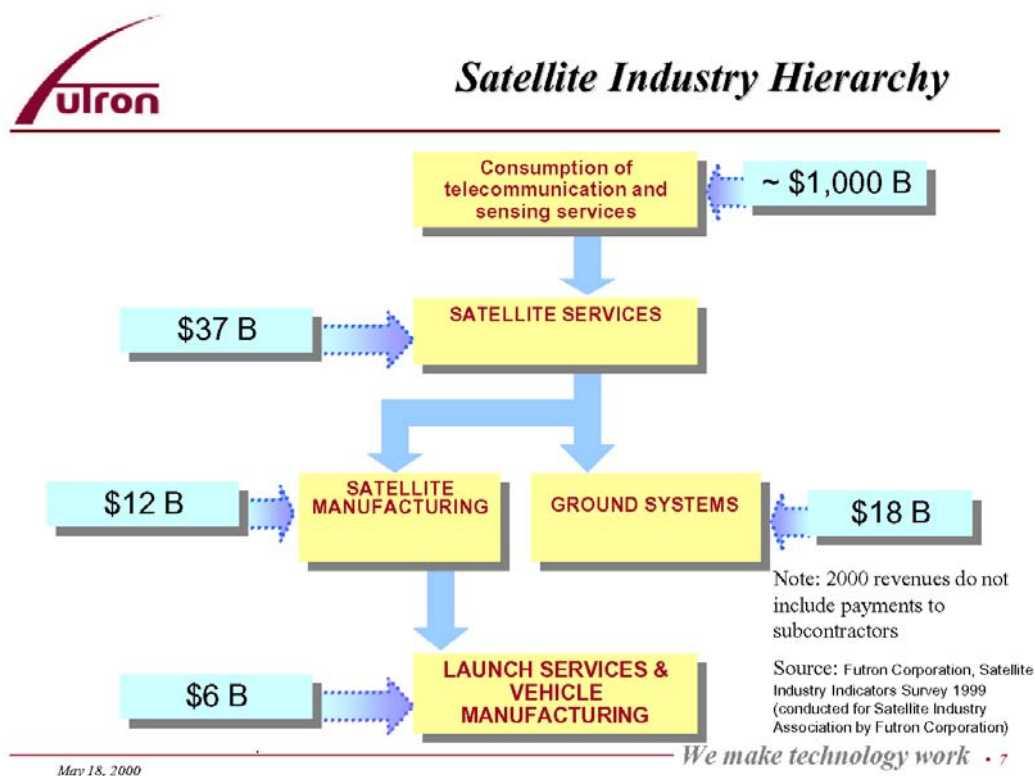
Tabell 4.1 Oversikt over berørte bransjer utsatt for problemer skapt av romværprosesser.

Som en ser av tabellen har militære organisasjoner kontakt med så godt som alle problemområder innen romvær. Dette bunner i at forsvaret benytter alle deler av romsegmentet til blant annet oppskyting, overvåkning/etterretning, posisjonering/styring og ikke minst kommunikasjon. Følgelig er også det militære i prinsippet interessert i et fullstendig romværprogram. Imidlertid er det for øyeblikket bare det amerikanske forsvaret som har verdensomspennende ambisjoner på dette området. Dette kan riktignok lett endre seg i og med de foreliggende europeiske planene om felles militær styrkeoppbygning (Rapid Reaction Force) og videre geopolitiske målsetninger.

Forskningsmiljøer har en del av de samme omfattende interesser siden deres programmer omfatter alle regioner av det nære verdensrom. Imidlertid er selvfølgelig ikke kravene de samme til kontinuerlige operasjoner, og heller ikke den finansielle styrke til bidrag kan sammenlignes. De andre bransjene har som regel snevrere interesser, men til gjengjeld kan nye regler også føre til større interesse for romværprosesser. Her kan en spesielt merke seg at EU's nye grenser for tillatte strålingsdoser medfører at også flyselskapenes personell som flyr mye langdistanseruter (særlig over polområdene) må monitoreres for stråling fra høyenergi partikler (hvor protonutbrudd fra solen er en kilde).

Når det gjelder de økonomiske konsekvensene er det meget vanskelig å komme med nøyaktige overslag. Dette er blitt behandlet grundig i løpet av ESA-studien, men fordi uttellingene ofte blir spredd langt ut over de akutt berørte bransjer vil de fleste overslag slite med store usikkerheter.

Et godt eksempel på dette er en satellittoperatør som mister en av sine satellitter. Denne har selvsagt en kjent verdi, men den har gjerne også inngått som en viktig komponent av et telekommunikasjons-system eller et overvåkningssystem. I slike tilfeller kommer også utgifter til oppdekningssystemer og krav om kompensasjon for brukertap i tillegg. I figur 4.1 er inntekspotensialet i forskjellige nivåer av romrelaterte forretningsområder gjengitt. Som det framgår her utgjør verdien av selve satellittene selv bare en begrenset del av verdiskapningen på disse områdene.



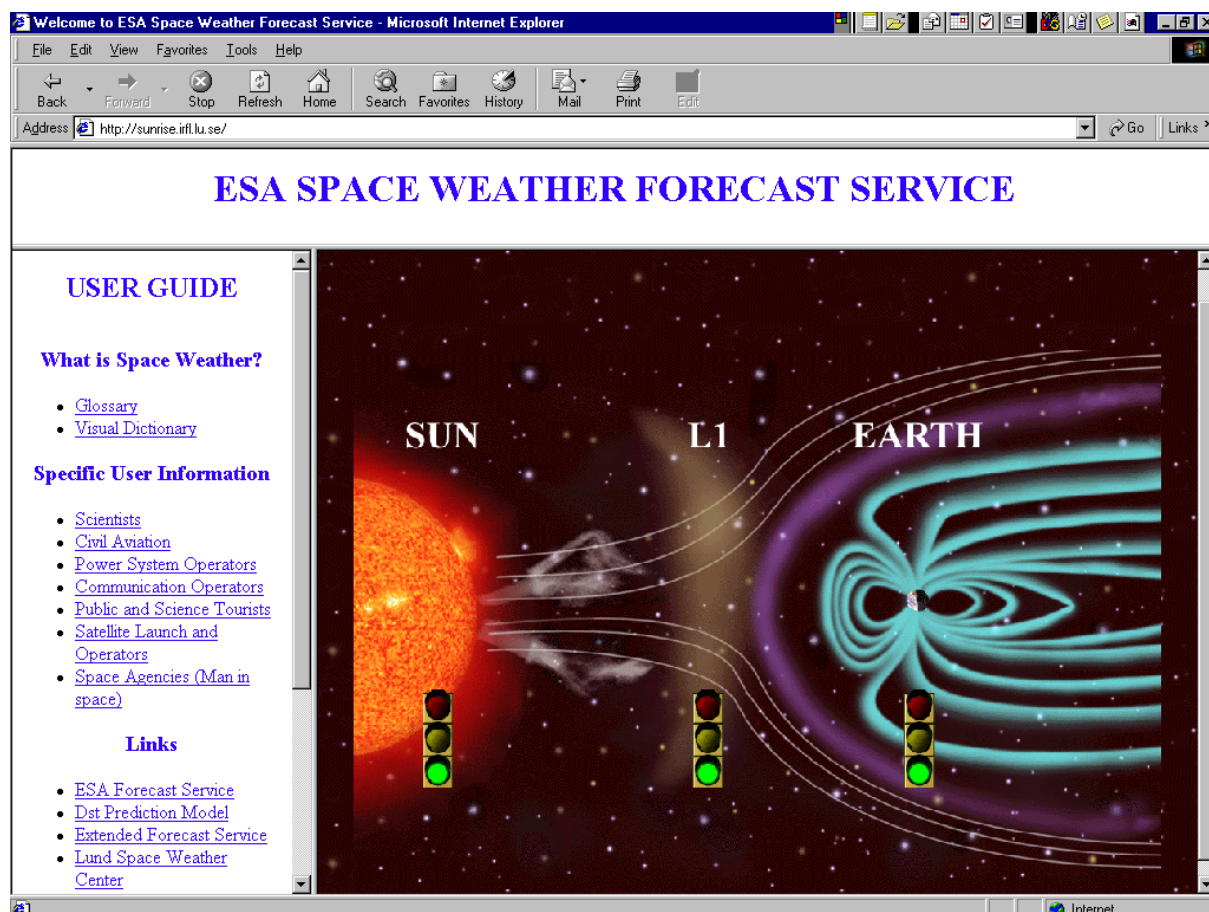
Figur 4.1 Oversikt av verdiskapningen innen romrelaterte forretningsområder.

Som en kuriositet kan det til slutt nevnes at det til og med finnes næringsinteresser i noen av selve romværprosessene. Nordlysturisme er en del av den hurtig voksende opplevelsesturismen, men dette har selvsagt et nokså begrenset økonomisk omfang i denne sammenheng.

5 EKSEMPLER PÅ EKSISTERENDE EUROPEISK ROMVÆRVIRKSOMHET

Det eksisterer allerede noen nasjonale initiativ inne kommersiell romværvirksomhet flere steder i Europa. Disse vil høyst sannsynlig kunne inngå som viktige komponenter i et felles europeisk romværprogram. Noen utvalgte eksempler på dette er gitt i det følgende.

I Sverige har det allerede en god stund blitt drevet eksperimentelt med romværprediksjoner. Denne virksomheten har vokst ut fra det svenske romforskningsinstituttets avdeling i Lund. I dag fungerer senteret som en prototyp for regionale varslingsentra (se figur 5.1), og har en forsøksdekning for hele kjeden av romværphenomener. Disse prediksjonene er delt opp for tre regioner (solen, L1 (Lagrange-punkt 1 ; se figur 6.1) og jorden). All software er dessuten implementert i Java og egner seg derfor godt til interaktiv kjøring over nettet.



Figur 5.1 Hjemmesiden til romværsenteret Lund med linker videre til spesialisert brukerinformasjon.

Modellene som blir brukt i prediksjonsøymed bygger alle på såkalte kunnskapsbaserte nettverk. Dette vil si at algoritmer for nevrale nettverk trenes på tilgjengelige datasett, men i tillegg blir systemet også modifisert av fysikkbaserte regler. Dermed optimaliseres prediksjonssuksessen samtidig som systemet blir mer fleksibelt med hensyn på oppdatering.

Til alle prediksjoner trengs det data i nær sanntid. Tidsforsinkelsen her er avhengig både av tilgjengelighet og hva som blir vurdert som tilstrekkelig for de aktuelle varslere. Til prediksjon av solaktivitet brukes de seneste bildene fra Soho (ESA-satellitt) eller bakkebaserte observatorier. Prediksjoner av geomagnetisk aktivitet bygger på solvindmålinger fra ACE (NASA-satellitt). Til dette siste er det anskaffet en egen antenne for datanedlesning. I tillegg benyttes også en rekke bakkebaserte datakilder som radarer og magnetometerkjeder. Særlig er dette nyttig til lokale varslere.

Det har blitt lagt stor vekt på å spesialisere prediksjonen til de forskjellige brukergruppene under utforming av senterets servicetilbud. I tillegg har også mye arbeid blitt lagt ned i å presentere varslene i en form som er lett tilgjengelig for folk uten spesialkunnskaper innen romfysikk (her kommer blant annet trafikklysene på hjemmesiden (se fig 5.1) inn i bildet). Dette siste er meget vesentlig hvis varslene skal kunne inngå som informasjon i den daglige driften av kommersielle systemer. Her kan det nevnes at energiselskapet Sydkraft er en hovedkunde som også støtter driften i form av stipendtildeling.

British Geophysical Survey's avdeling for geomagnetisme (se figur 5.2) i Edinburgh har allerede lenge solgt varsler til kunder basert på prediksjon av lokal geomagnetisk aktivitet. Denne gruppen opererer selv de kjedene av magnetometere som varslene bygger på og er således ganske selvforsynt med data.

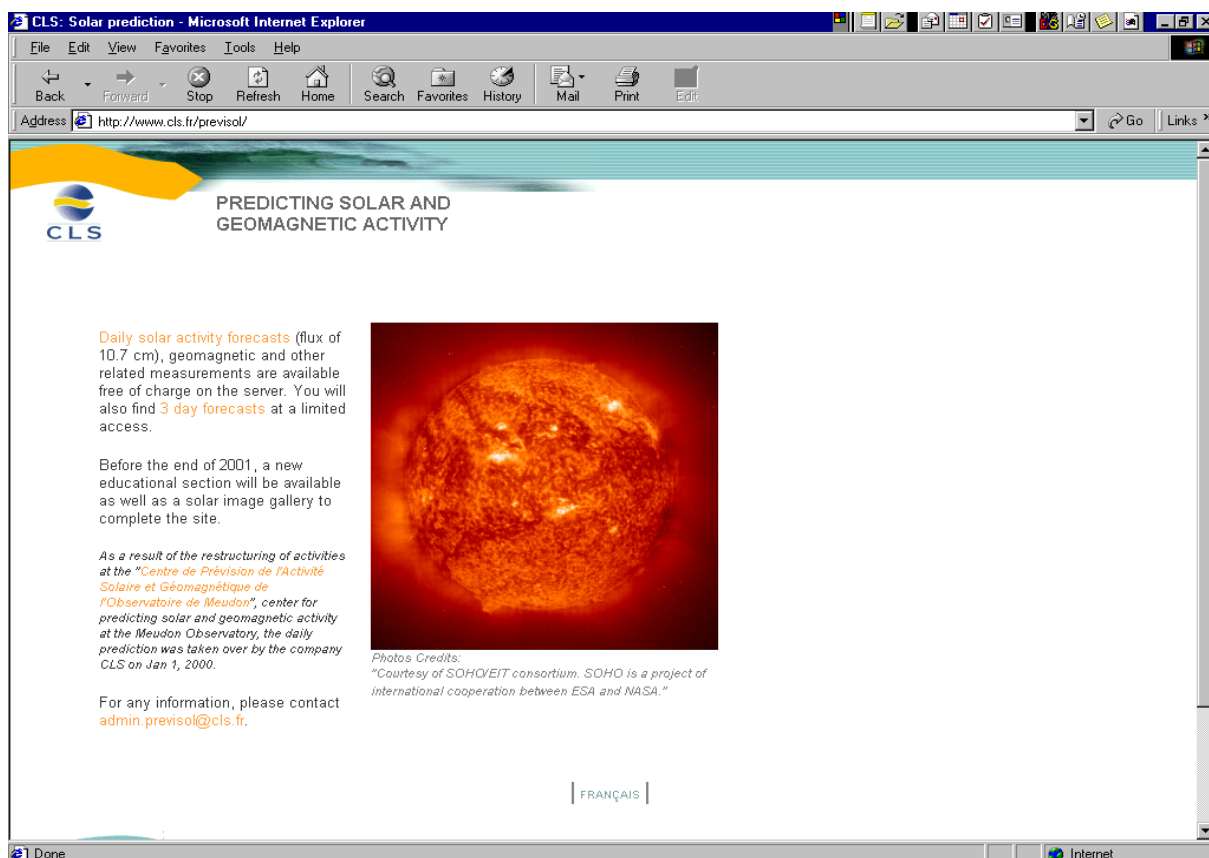


Figur 5.2 Hjemmesiden til British Geophysical Survey's avdeling for geomagnetisme.

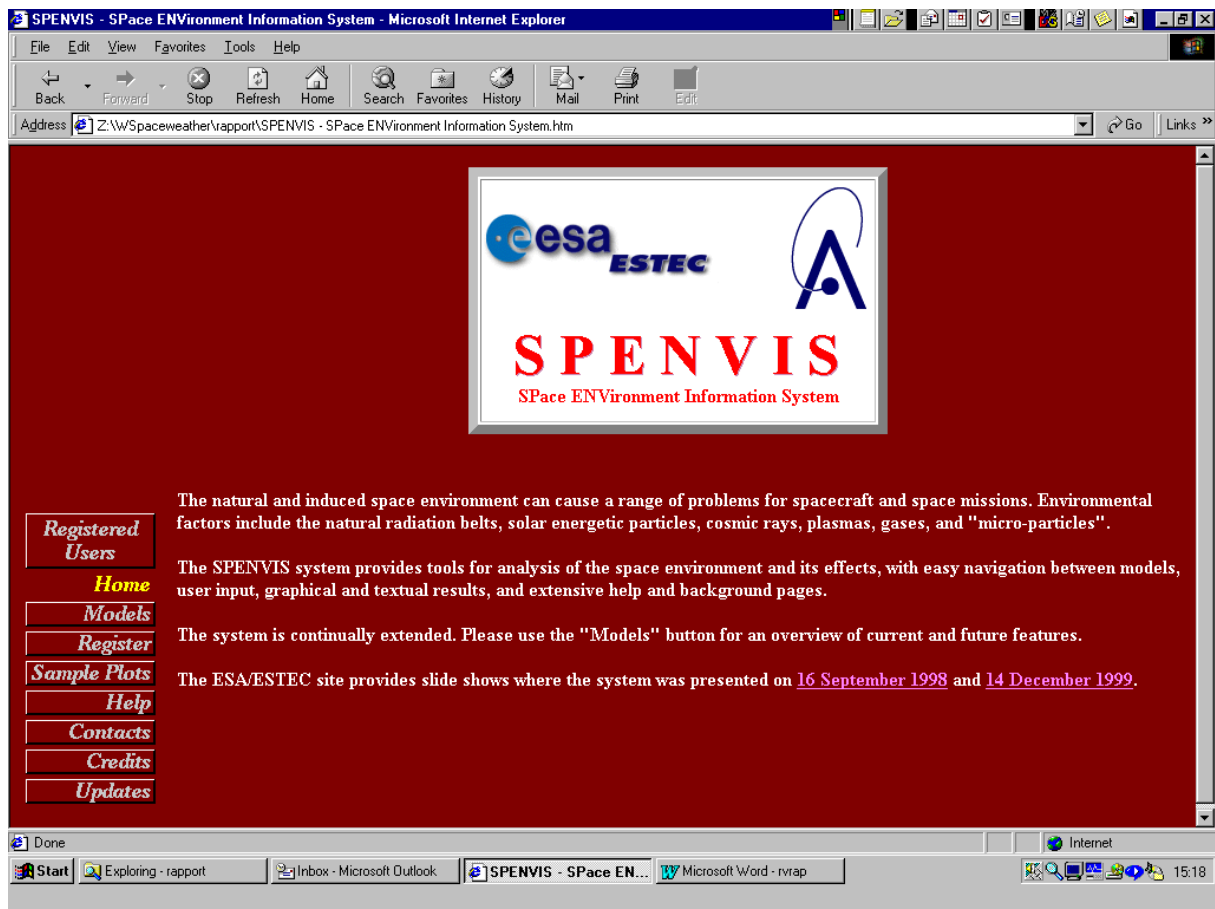
Kundene finnes innen flere bransjer, men først og fremst dreier det seg om kraftselskaper og firma som driver letevirksomhet for oljeboring. I tillegg er det også offentlige institusjoner som det britiske forsvarsdepartementet og ESA.

Kraftselskaper er først og fremst interessert i effekter fra strømmer induert i bakken som kan forårsake ukontrollerte spenningsoppbygninger i deler av store kraftdistributionsnettverk. Slike strømmer kan indueres av kraftige horisontale strømmer i jonsfæren i forbindelse med nordlys-utbrudd. Disse strømmene vil også forårsake kraftige magnetfeltsvariasjoner som virker forstyrrende under oljeboring og letevirksomhet. Dette kommer av at retningsinformasjon både for boresystemer og systemer som brukes ved seismiske undersøkelser benytter seg av magnetometere til retnings- og posisjonsbestemmelse. Siden både Storbritannia og selvfølgelig de nordiske landene ligger like under eller i nærheten av nordlysovalen, er dette særlig aktuelle problemstillinger for disse landene.

CLS (Collecte, Localisation, Satellites) er et fransk firma som opererer satellittsystemer og selger kunnskapsbaserte tjenester som bygger på dette. Hovedaktiviteten er rombasert oseanografi og banebestemmelse, men firmaet selger også varsler om solaktivitet (se figur 5.3). Disse aktivitets-prediksjoner er basert på variasjoner i fluksen av 10.7 cm mikrobølgestråling. Dette er en klassisk indikator på solaktivitet, og måles ved Meudon-observatoriet utenfor Paris.



Figur 5.3 hjemmesiden til CLS i Frankrike hvor man kan få tilgang til varsler om solaktivitet.



Figur 5.4 Hjemmesiden for SPENVIS (Space ENVIRONMENT Information System) i Belgia.

SPENVIS (Space ENVIRONMENT Information System) er utviklet med støtte fra ESA og blir vedlikeholdt og oppgradert av IASB (Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique). Systemet (se figur 5.4) består av en rekke interaktive grafiske grensesnitt for håndtering av forskjellige modeller til studier av miljøpåvirkning av satellitter. Systemet inneholder tilgang til både modelleringsverktøy og databaser som dekker romplasma-miljø, magnetfelt og variasjoner, atmosfæremodeller samt databaser for satellitt-anomalier, baneforurensning og meteoror. Dette er ment som et hjelpemiddel under utvikling og analyse av nye satellittprogrammer.

Det kan også nevnes at forsikringsbransjen nå har begynt å fatte interesse for romværproblematikken. Et eksempel er det sveitsiske reassurandørselskapet Re (se figur 5.5) som fokuserer særlig på naturskader. Her blir satellittanomalier behandlet på linje med infrastrukturskader som skyldes andre naturfenomen som stormer og jordskjelv.

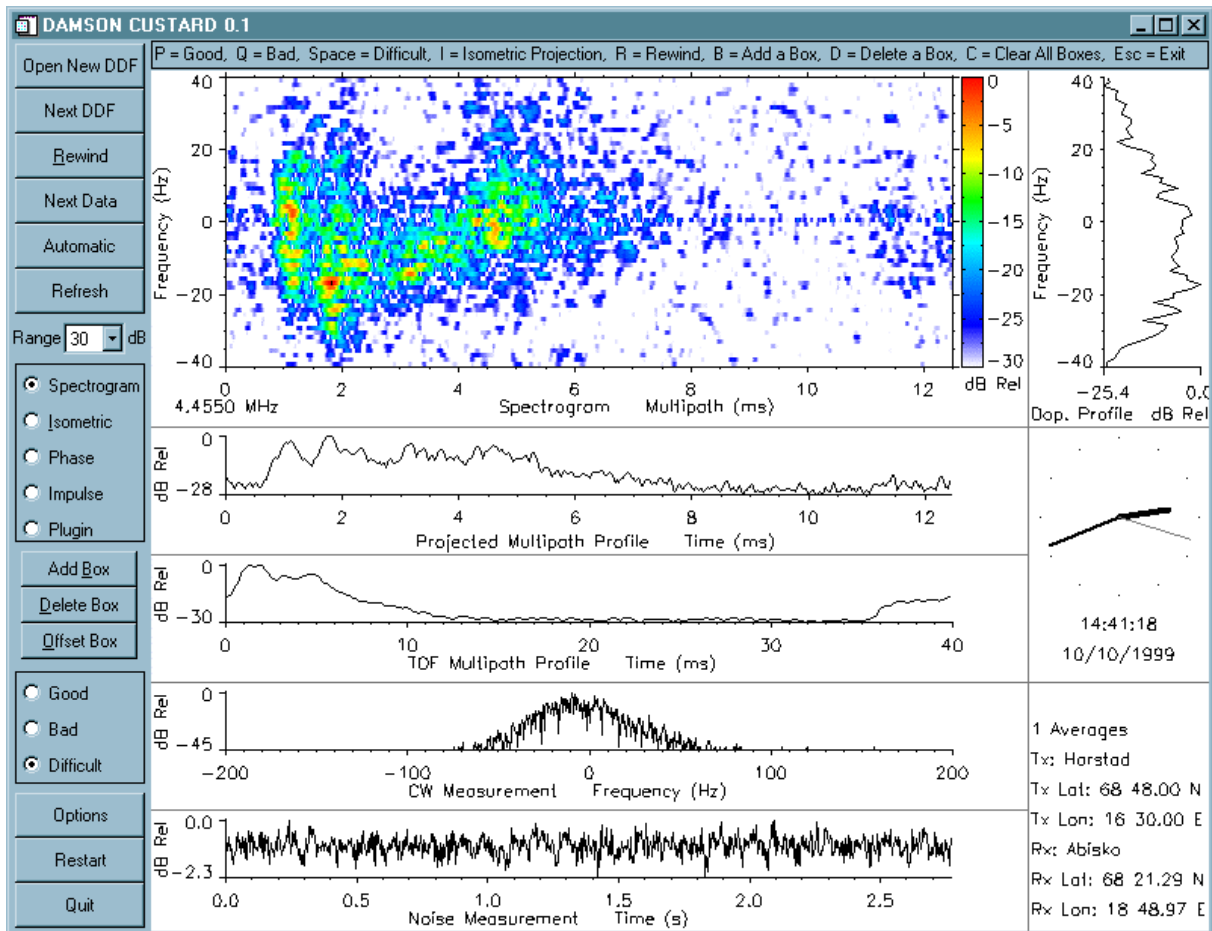


Figur 5.5 Hjemmesiden til det sveitsiske reassurandørselskapet Re.

I Norge er ikke aktiviteten innen romvær særlig stor utenfor de vitenskapelige miljøene. Imidlertid er det oppmerksomhet om problematikken innen områder som kraftdistribusjon, HF-kommunikasjon og seismisk oljeleting hvor effekter kan oppstå. En mer detaljert oversikt over involverte norske firma og institusjoner er gitt i (5). Universitetene er involvert i spørsmålsstillingen rundt romvær først og fremst gjennom sin deltagelse i relevante vitenskapelige programmer. For eksempel driver UiTø en kjede av magnetometere som gir et kontinuerlig datasett. UiO er ganske tungt involvert i Soho-satellitten som gjør nøkkel-observasjoner av solen. Her har også instituttet for astrofysikk gjort en forbilledlig innsats med sin publikumskontakt, og driver blant annet en web-side med informasjon og linker til siste nyheter på området. Både UiO og UiB er også deltagere på Cluster-satellittene som representerer ESA' store satsing innen romplasmafysikk, og dermed legger et viktig grunnlag for utvidelsen av vår forståelse for de fysiske prosesser som inngår i romværphenomener.

Romfysikkgruppen ved FFI deltar også vitenskapelig på Cluster-satellittene, og har allerede gjort en betydelig innsats ved instrumentutviklingen her. Gruppen har også arbeidet med problemstillinger knyttet til miljøpåvirkning av satellitter. På denne bakgrunn ble en representant for gruppen invitert til å delta i SWWT som tidligere nevnt. I tillegg vil også gruppens kompetanse bli utnyttet i arbeidet med testprogrammet som er satt i verk for å forberede operasjonsfasen av Galileo-systemet. Spesielt gjelder dette tester for å kvantifisere jonsfærens innflytelse på signalet og følgelig nøyaktigheten av de avledede parametre. De konkrete oppgavene her er nærmere beskrevet i (6).

FFI har også en aktivitet knyttet til oppfølging av teknologiutvikling og trender innen HF-kommunikasjon. Spesielt er det her en målsetning å støtte operasjoner på høye breddegrader. Som en del av denne virksomheten har FFI også deltatt i målekampanjer av HF-bølgeutbredelse på høye breddegrader. Dette har først og fremst blitt gjort i det såkalte DAMSON (Doppler And Multipath Sounding Network) prosjektet i samarbeid med DERA (UK), CRC (Canada) og FOA (Sverige). Prosjektet er beskrevet i mer detalj i (7) og i referanser inneholdt der.



Figur 5.6 Skjermbilder fra analyseprogram for DAMSON-tester. I dette eksempelet har jonsfæriske forstyrrelser gitt opphav til flerbane transmisjon på et testhopp fra Harstad til Abisko.

Hovedoppgaven i dette prosjektet var å statistisk kvantifisere spektral spredning, frekvensskift, tidsspredning og signal til støyforhold for flerbane kommunikasjonskanaler på høye breddegrader (se figur 5.6 for eksempel på analyse). Alt dette er resultater av fysikalske endringer i transmisjonsmediet som særlig er knyttet til variasjoner i den lokale jonsfæren. Viktige resultater her er å finne metoder for å prediktere degradering av kanaler og retningslinjer for implementering av mer robuste kommunikasjonsformer. I tillegg vil en web-side med linker til andre ressurser og ytterligere informasjon bli opprettet ganske snart.

6 ESA PLANER

Som tidligere nevnt vil rapportene fra de to konsortiene danne grunnlaget for ESA's videre arbeid på dette feltet. Disse rapportene, hvis titler for fullstendighetens skyld er listet i tabell 6.1 nedenfor, omhandler alle aspekter omkring problemstillingen vedrørende et europeisk romværprogram. Dette utgjør selvsagt et meget omfattende materiale, men her vil det bare diskuteres noen av hovedelementene som vil være utslagsgivende for den videre planleggingsprosessen.

<i>Report Topic</i>	<i>Consortium</i>
Space Weather Effects Catalogue	RAL
Benefits of Space Weather Programme	Alcatel
Benefits of a European Space Weather Programme	RAL
Rationale for a European Space Weather Programme	RAL
Market Analysis - Final Report	Alcatel
Space Weather Market Analysis	RAL
Space Weather Parameters	Alcatel
European Space Weather System Requirements Definition	RAL
A definition of Instruments Needed for Space Weather Measurements	RAL
Space Segment - Measurements and System Requirements	Alcatel
Space Segment Definition and Analysis	Alcatel
Ground Segment Interface with Space-Based Space Weather Instruments	RAL
Space Weather Service	Alcatel
Space Weather Service	RAL
Ground-Based Measurements	Alcatel
A Prototype Real-Time Forecast Service of Space Weather and Effects Using Knowledge-Based Neurocomputing	Alcatel
Space Weather Prototype System	RAL
Catalogue of European Space Weather Resources	RAL
Perspectives for a European Space Weather Programme: System Scenarios, Development Plan, Programmatics	Alcatel
Roadmap for European Co-ordination in Space Weather	RAL
Recommendation for the Co-ordination of a European Space Weather Programme	Alcatel
Project Implementation Plan and Final Report	RAL

Tabell 6.1 Detaljert oversikt over framlagte dokumenter fra ESA's studie av romværprogram.

Basis for det hele er de rapporter som gir en fullstendig oversikt over de kjente skadelige effekter av romværphenomener, og ikke minst de økonomiske og operasjonelle fordeler som kan oppnåes ved å forholde seg til disse på en systematisk måte via et romværprogram. Dessuten har det vært gjennomført flere markedsanalyser som dekket et meget vidt sett av forretningsområder. Bedrifter og organisasjoner innen områder som satellitt - design og operasjon, oppskytning, romfartsorganisasjoner, flyselskaper, geologiske undersøkelser, eiere av kommunikasjon,- posisjonering - og radarsystemer, kraftdistribusjon samt ikke minst forsvaret og til og med media har alle ytret seg positivt om et europeisk romværprogram.

Dette gir således en underbygning for et behov for et slikt program, og sammen med en vurdering av alle de forskjellige kravene til disse kundegruppene dannes grunnlaget for å velge ut de nødvendige observasjoner for å kunne tilby et fullstendig program. Videre dekker rapportene de tekniske spesifikasjonene for å kunne gjennomføre dette. I tillegg blir det, som tidligere beskrevet, gitt gode eksempler på prototype elementer som allerede eksisterer. Forslag til implementering, programmatiske forhold samt mulige rammeverk for framtidig samarbeid, både paneuropeisk så vel som internasjonalt, ble også framlagt. Sist men ikke minst ble det gjort en del budsjettmessige og politiske overveielser. De fleste konklusjoner i de framlagte rapportene var felles for de to konsortiene.

En hovedproblematikk for å kunne finne de nødvendige midlene til å implementere programmet er selvfølgelig spørsmål vedrørende investeringer og operasjonskostnader. Teknisk sett vil det nødvendigvis måtte inngå både et bakkesegment og et romsegment i et hvert romværprogram. På bakkesiden finnes allerede fasiliteter for å kunne gjennomføre de fleste nødvendige observasjoner, men disse blir nå som regel bare utført på et rent vitenskapelig grunnlag. For å kunne innlemme slike installasjoner i et romværprogram trengs ikke store nye investeringer, men derimot en mekanisme for å sikre kontinuerlig finansiering for operasjonell virksomhet gjerne på tvers av landegrensene. Det finnes allerede mulige rammeverk for dette både innen ESA og EU, og følgelig burde dette være en løsbart problemstilling.

Den mest kostbare komponenten i et autonomt romværprogram vil utvilsomt være romsegmentet. Dette har derfor vært gjenstand for spesielt grundige studier hvor også ESA' planleggingsgruppe har bidratt. Siden det fremdeles råder stor usikkerhet omkring finansieringsmulighetene for programmet, har man derfor i utredningsfasen valgt å se på flere alternativ til forskjellige kostnadsnivå. De tre utvalgte alternativene er beskrevet nærmere i tabell 6.2 nedenfor. Fullskala alternativet inneholder alle komponenter som er nødvendig for å kunne observere romværhendelser i sin fullstendighet. Lavskala alternativet inneholder på den annen side bare det som blir bedømt som det absolutt minimale antall komponenter i et program. I tillegg ble også et mellomliggende alternativ utredet.

En slik utredning vil være ganske komplisert fordi de forskjellige komponentene vil kunne relateres innbyrdes på mange forskjellige måter. Figur 6.1 viser alle de forskjellige banene som kan benyttes av satellitter som inngår i et romværprogram. For å minimalisere kostnadene må flere vurderinger av til dels motstridende hensyn gjøres. Generelt vil en oppskytning bli dyrere jo lenger vekk en satellitt skal, og også jo tyngre den er, og samtidig vil kommunikasjonskanalen bli smalere.

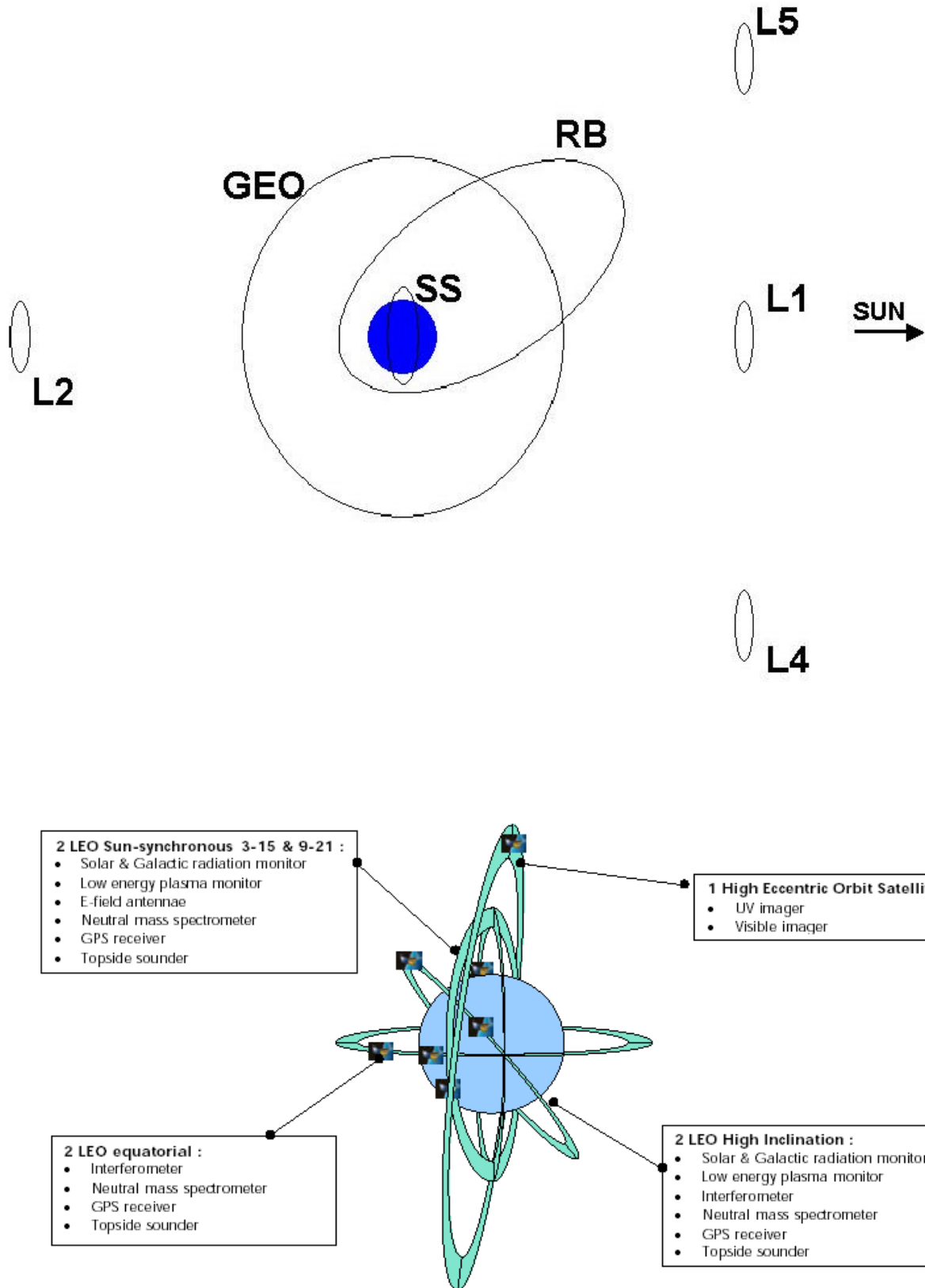
På den annen side vil satellitter i lav bane med stor overføringskapasitet bare kunne kontaktes fra en gitt bakkestasjon i korte perioder. Derfor vil man som regel trenge flere stasjoner for kontinuerlig kontakt, og følgelig vil i stedet operasjonskostnadene øke. Derfor kan det i realiteten finnes et mangfold av løsninger, som igjen vil påvirkes av sekundære forhold som muligheten for å utnytte allerede eksisterende fasiliteter på enkelte områder.

	Full Scale	Medium Scale	Low Scale
Solar Observation	(1) 2 Geosynchronous Spacecrafts with full instrumentation (2) L1 Instruments on Upstream Monitor : radio-spectrograph (<40 MHz min; up to 200 MHz if feasible)	(1) L1 Observer with low freq. Radio-spectrograph(<40MHz) (2) H- α imager with reduced TM rate (3) Suppression of SXI	(1) LEO satellite, with limited instruments : • EUV Imager • Coronagraph • EUV Flux • EUV Spectrometer
Solar Wind-heliosphere	(1) Upstream Monitor at L1 with full Instruments and including radio-spectrograph	(1) Upstream Monitor at L1 combined with Solar observation (separated if less costly / more heritage)	1. Upstream Monitor at L1 with full Instruments
Magnetosphere Monitoring (Radiation Belts)	1. Three Equatorial spacecrafts in GTO 2. Hitch-hikers on GEO/MEO s/c	1. Three Equatorial spacecrafts in GTO 2. Hitch-hikers on GEO/MEO s/c	1. One Equatorial spacecraft in GTO 2. Hitch-hikers on GEO/MEO s/c
Ionosphere / Thermosphere	1. High Excentric Spacecraft 2. Two Sun-synchronous LEO 3-15 & 9-21 LT (600km) 3. Two inclined LEO (75°) on the same orbit 4. 1 pair of equatorial LEO on the same orbit	1. Two Sun-synchronous LEO at 600km 3-15 & 9-21 LT 2. Hitch-hikers for radiation belt	

Tabell 6.2 Detaljert oversikt over nødvendige komponenter i et romsegment for de tre utvalgte nivåer.

Et eksempel på et sett av slike vurderinger er observasjoner av solskiven. I et romværprogram vil slike observasjoner forutsette at et billeddannende instrument har kontinuerlig utsyn til solen. Dette kan gjøres fra L1 (en satellitt), geostasjonær bane (to satellitter) eller solsynkron lav jordbane (flere jordstasjoner). Det hele blir derfor et spørsmål om hva som blir mest kosteffektivt etter en vurdering hvor oppskytningskostnader, operasjonskostnader og programmatisk kostnader (ofte politiske vurderinger av kostnadsfordeling i tid og mellom finansieringskildene) må settes opp mot hverandre.

Til tross for alle disse valgmulighetene viser imidlertid resultatene fra ESA's studier at uansett hvilket alternativ som velges vil et romsegment kreve årlige investeringer på om lag 100 M€ for at en rimelig framdrift skal kunne oppnåes. Hvor lang investeringsperioden skal være vil da bli avhengig av den grad av europeisk autonomitet som ønskes. I tillegg må man også se hvilke elementer som best kan inngå i et internasjonalt program. Dette blir derfor i realiteten egentlig politiske avgjørelser.



Figur 6.1 Oversikt over mulige baner som kan benyttes i et romsegment. Øverst de forskjellige Lagrange-punktene som gjør stabile obsevasjoner av solen og solvinden mulig. Nederst forskjellige lave jordbaner som fortrinnsvis benyttes til magnetosfæriske og /eller jonosfæriske observasjoner.

Det generelle klimaet for investeringer i europeisk romvirksomhet er ikke det beste for tiden, noe som bekreftes av problemene man hadde for å få på plass finansieringen av Galileo-prosjektet samt de meget trange kår som ble ESA's vitenskapsprogram til del. Derfor har det foreløpig ikke vært vurdert som ønskelig å prøve og dra i gang et eget romværprogram innen ESA's rammer. Som en følge av dette er det blitt besluttet i stedet å starte et pilotprosjekt hvor ESA's viktigste oppgave blir å koordinere samt å bidra med ekstra midler til nasjonale initiativ.

Pilotprosjektet vil følgelig representere ESA's innsats for å fremme og støtte eksisterende romværvirksomhet i de forskjellige medlemsstatene. Hovedideen er å bidra med ekstra midler til allerede eksisterende virksomhet samt å finansiere spesifikke innsatser innen utvalgte områder spesielt i relasjon til kost-nytte analyser.

For å øke synbarheten av romværprogrammet vil pilotprosjektet derfor ha flersidige målsetninger. Et viktig hensyn vil være å ekspandere marked for romværdedata ved å undersøke nye, eller konsolidere allerede eksisterende, kunde-tilbyder forhold. I tillegg er det viktig å oppnå synergieffekter ved å inkludere slike aktiviteter i nettverk samt å utvikle en passende robust IT-struktur for dette formål.

Det vil også være av avgjørende betydning å få bedre oversikt over brukernes krav til tjenester som forutsettes å bygge på rombaserte målinger siden dette vil være en sentral kostnadsdriver i et eventuelt program. Likeledes er det av stor betydning å få mer presise data om verdien av slike tjenester da inntekspotensialet fremdeles er beheftet med store usikkerheter. Særlig er det her viktig å få en sikrere oppfatning av trender i markedet.

Høyst sannsynlig vil det også igangsettes spesifikke arbeid som et fase-A studium av romsegmentet, samt opprettelsen av et formelt nettverk av regionale og/eller nasjonale romværsentre. Det kan også bli aktuelt å identifisere og oppsøke ytterligere finansieringskilder. Her vil EU's sjette rammeprogram for forskning, teknologiutvikling og demonstrasjonsvirksomhet være særlig aktuelt.

Det er antatt at pilotprosjektet vil starte opp i tredje kvartal 2002. Høyst sannsynlig vil varigheten være minst to, kanskje tre, år. Det er ventet at det vil/bør kunne ut i en demonstrasjon både av etterspørsel så vel som funksjonalitet av et framtidig europeisk romværprogram. Dette vil i sin tur gi et bedre beslutningsgrunnlag for de bevilgende myndigheter.

7 KONKLUSJON

Det har vært en generell framvekst av interesse for romværphenomener i den senere tid. Dette skyldes nok en økende erkjennelse av de mulige skadevirkninger på teknologiske systemer prosesser i vårt nære verdensrom kan fremkalle. Det er særlig amerikanerne som har gått i bresjen for slike oppfatninger, men også i Europa brer nå denne erkjennelsen seg.

I løpet av de to siste årene har det derfor i regi av ESA blitt gjort en undersøkelse av mulighetene for og ønskeligheten av å igangsette et eget autonomt europeisk romværprogram. Det er klart at forutsetningene for dette er meget gode når en legger til grunn den samlede vitenskapelige og teknologiske ekspertise som allerede nå er til stede i de forskjellige europeiske land og institusjoner. Dette gjelder f. eks. i form av relevante grunnforskningsmiljøer som kan bidra med innsikt omkring nødvendige observasjoner og fysikalske modeller. I tillegg finnes industri og institusjoner som kan beherske den nødvendige teknologi for måleplattformen, inkludert et romsegment, samt den omfattende infrastruktur som trengs for å opprettholde et slikt verdensomspennende system. Dessuten beherskes også den tilhørende informasjonsteknologi for å assimilere og distribuere den store informasjonsmengden som vil måtte sirkulere i et slikt system.

Det er også allerede klart at en rekke industrier vil være interessert i resultatene fra et slikt program. Bedrifter og organisasjoner innen områder som satellitt - design og operasjon, oppskytning, romfartsorganisasjoner, flyselskaper, geologiske undersøkelser, eiere av kommunikasjon,- posisjonering - og radarsystemer, kraftdistribusjon samt ikke minst forsvaret og til og med media har alle ytret seg positivt om et europeisk romværprogram. Imidlertid har det også vist seg at det ikke synes å være et tilstrekkelig økonomisk grunnlag for å finansiere et fullverdig romværprogram på basis av denne interessen.

Hovedforskjellen mellom situasjonen i Europa og USA er her at den sterke interessen for romteknologi i militær sammenheng som finnes i USA ikke har noe motstykke i Europa. Det er nemlig helt klart at det er de sikkerhetsmessige hensyn som er den viktigste drivkraften for det amerikanske romværprogrammet. Grunnen til at dette hensynet ikke har samme betydning i Europa er todelt. For det første er det militære romsegmentet foreløpig langt mindre utbygd på europeisk side, og for det andre finnes det heller ikke noen samlende europeisk politikk på dette området.

På dette siste punktet kan det dog muligens være i ferd med å skje en endring. I flere sammenhenger har det blitt reist spørsmål om hvorvidt ikke store investeringer i systemer med et betydelig romsegment burde kunne benyttes både av sivile og militære interesser slik tilfellet er med GPS. Dette skillet har til nå vært sterkt i Europa siden ESA har nedfelt i sitt charter at militær virksomhet ikke skal drives.

Ikke minst ble denne debatten tydelig under sommerens "European Satellites for Security"-konferanse i Brussel. Her ble eksempler som det nye navigasjonssystemet Galileo (et samarbeid mellom EU-kommisjonen og ESA) og det nystartete programmet GMES - "Global Monitoring of Environment and Security" (partnere her er EU-kommisjonen, ESA og en rekke nasjonale romfartsorganisasjoner deriblant Norsk Romsenter) trukket frem. Selv om det ennå muligens er et stykke unna, vil også opprettelsen av EU's Rapid Reaction Force virke som en samlende kraft innen europeisk militærpolitisk tenkning. Det er derfor sannsynlig at den militære interessen for et europeisk romværprogram vil øke i tiden som kommer.

Følgelig har ESA foreløpig valgt å igangsette et pilotprosjekt som vil ha som hovedoppgave å danne nettverk for den aktivitet som allerede finnes i Europa innen romværvirksomhet. Slik virksomhet må i dag sies å være nisjeaktiviteter innen spesielle deler av romværproblematikken hvor det allerede finnes nasjonale motiver for dette arbeidet. Som eksempler på dette fra Skandinavia kan det nevnes effekter på kraftdistribusjonssystemer som det har vært arbeidet med særlig i Sverige og Finland så vel som undersøkelser omkring HF-kommunikasjon hvor både Norge og Sverige har vært involvert. På begge disse områdene er det vår beliggenhet nær nordlysovalen som gir opphav til særskilte effekter.

Hovedideen med pilotprosjektet vil derfor være å bidra med ekstra midler til allerede eksisterende virksomhet samt å finansiere spesifikke innsatser innen utvalgte områder. Dette vil være aktuelt spesielt i relasjon til å oppnå synergieffekter ved å inkludere slike aktiviteter i nettverk samt å utvikle en passende robust IT-struktur for dette formål. I tillegg vil det være svært viktig å få mer presise data om verdien av slike tjenester da inntekspotensialet fremdeles er beheftet med store usikkerheter. Særlig er det her viktig å få en sikrere oppfatning av trender i markedet.

Det er antatt at pilotprosjektet vil starte opp i tredje kvartal 2002 og høyst sannsynlig vil varigheten være mer enn to år. Det er ventet at programmet vil munne ut i en demonstrasjon både av etterspørsel så vel som funksjonalitet av et framtidig europeisk romværprogram. Dette vil i sin tur gi et bedre beslutningsgrunnlag for de bevilgende myndigheter til å avgjøre hvilket nivå en framtidig innsats bør ligge på innen dette feltet. Siden de mulige teknologiske konsekvenser kan bli betydelige vil det uansett være sannsynlig at Europa vil bidra signifikant enten med sitt eget program, eller kanskje mer sannsynlig, som en viktig deltager i et verdensomspennende program for romvær.

APPENDIKS A
ESA SPACE WEATHER INITIATIVE BRIEFING PACK



***The
Space Weather
Initiative
Briefing Summary***

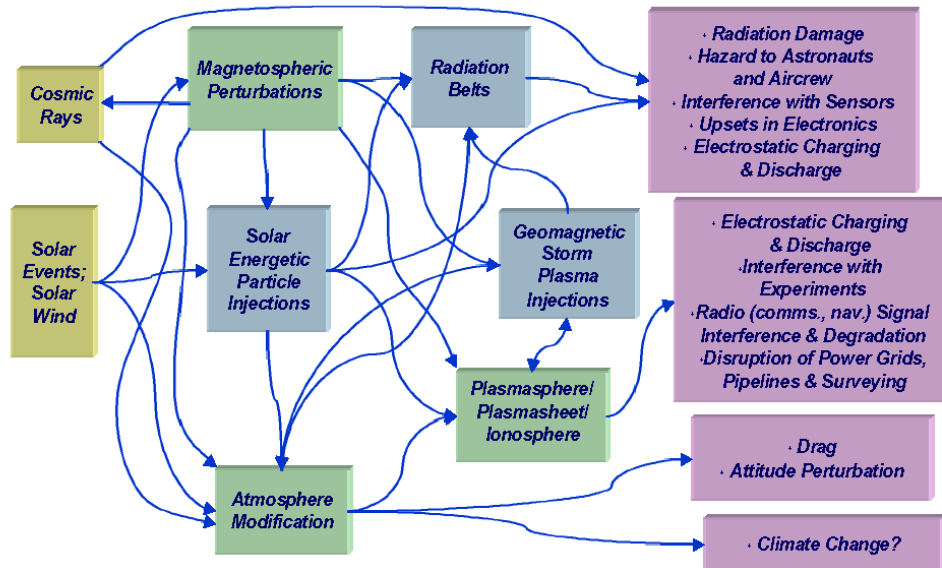
<u>1. WHAT IS SPACE WEATHER?</u>	<u>2</u>
<u>2. WHAT ARE THE EFFECTS OF SPACE WEATHER?</u>	<u>3</u>
<u>3. WHAT IS A SPACE WEATHER SERVICE?</u>	<u>4</u>
<u>4. SCIENCE OR APPLICATIONS? – SCOPE OF THE INITIATIVE</u>	<u>5</u>
<u>5. WHY IS IT IMPORTANT FOR EUROPE?</u>	<u>6</u>
<u>6. IS A SPACE WEATHER SERVICE POSSIBLE?</u>	<u>7</u>
<u>7. WHAT ESA AND ITS PARTNERS PROPOSE TO DO</u>	<u>8</u>

1. WHAT IS SPACE WEATHER?

Space Weather can be succinctly defined as: *conditions on the sun and in the solar wind, magnetosphere, ionosphere, and thermosphere that can influence the performance and reliability of space-borne and ground-based technological systems and can affect human life or health.*

It is clear from this that space weather is the collection of phenomena which gives rise to **effects** which concern society. Much of the science of space weather is a part of the larger field of solar-terrestrial physics. While the ESA Space Weather Initiative described in this paper addresses the establishment of user-oriented services and not directly scientific research, these efforts are and will remain underpinned to a large degree by solar terrestrial physics.

Space Weather may be more broadly interpreted to include other space environmental conditions such as particulate environments (meteoroids), the electromagnetic environment, and man's pollution of space (contamination, debris, radio pollution, etc.).

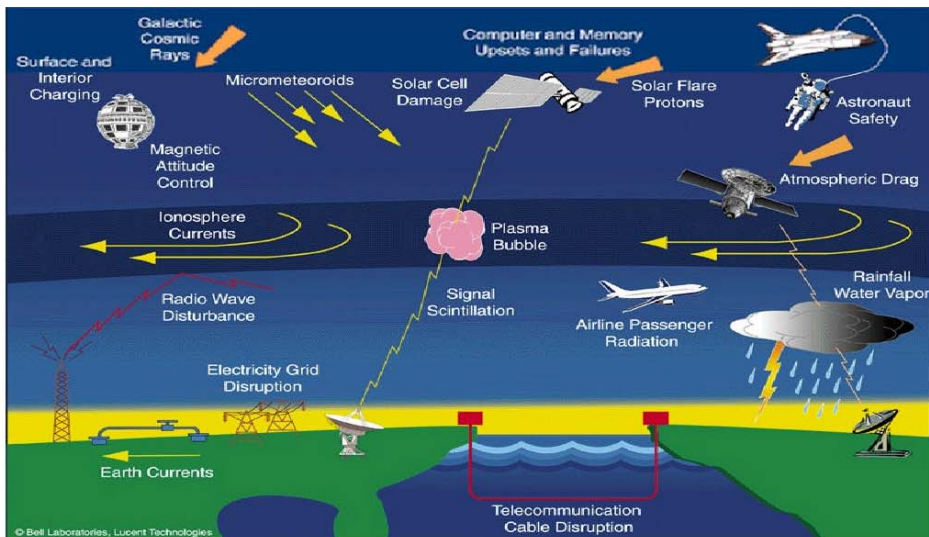


This figure illustrates the complex interactions which contribute to Space Weather, and the ultimate effects it can have. It is not intended to be comprehensive and much more information is available from the www sites associated with the ESA Initiative [1].

2. WHAT ARE THE EFFECTS OF SPACE WEATHER?

Space Weather affects a broad range of technologies and activities. The effects can be caused by different elements of the space weather system: radiation, plasmas, ionospheric currents, particulates, etc.. Over all sectors, the economic impact of is estimated to be some tens of millions of Euros per year and since the effects are increasing as technology advances, the economic impact will also grow. The effects, some of which are illustrated in the cartoon below, include:

- Terrestrial power distribution networks: These are affected by additional current flows in cables induced by currents in the ionosphere. The current surges can destroy equipment, necessitate operational system reconfiguration or special designs.
- Terrestrial communications: Some systems which make use of transmission via the ionosphere are seriously affected. Many of these systems are military.
- Users of space-based trans-ionospheric services: Radio propagation through the ionosphere can be seriously perturbed. Ground-space communications and navigation services can be disrupted, as well as radar-based remote sensing.
- Oil and mineral prospecting and operations: Geomagnetic field variations can perturb magnetic readings routinely used in these fields.
- Defence: The defence sector makes increasing use of communications and navigation services which are affected. Space systems are important to this sector. Over-the-horizon radars are also affected.
- Airlines and aircraft developers: Advanced avionics systems are becoming susceptible to cosmic radiation effects. Aircrew are exposed to doses of cosmic radiation which European legislation now requires be monitored
- Space agencies and commercial space system operators: Space systems are subject to numerous types of serious radiation damage and interference. Radiation hazards to astronauts are significant. Spacecraft can discharge following plasma-induced charging, causing anomalies. Rapid atmospheric variations can affect spacecraft orbits and stabilisation.
- Climate: Space weather is suspected to have important effects on climate. These have to be accounted for in global change programmes. The “Maunder Minimum” in solar activity of the 17th century led to a series of extremely cold winters which added significantly to the hardship of European nations.

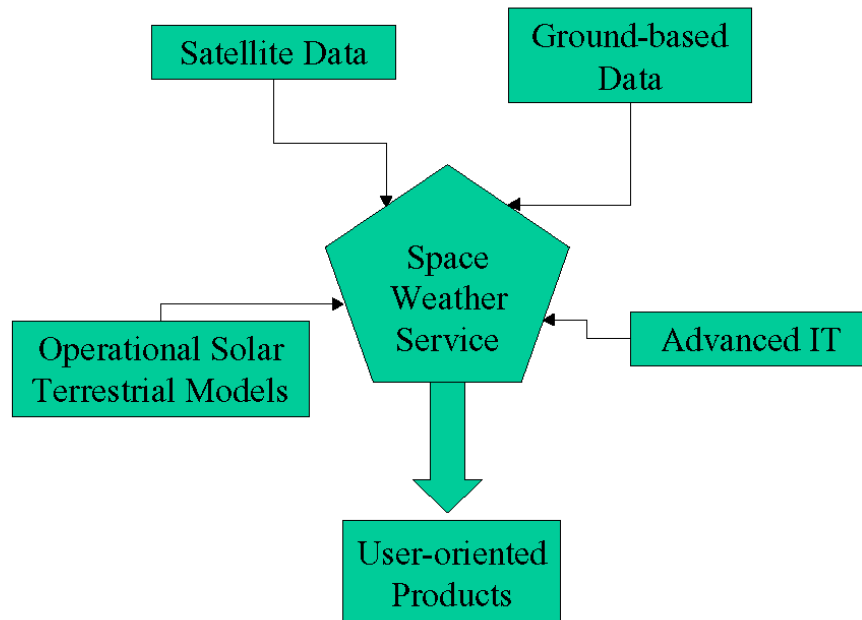


3. WHAT IS A SPACE WEATHER SERVICE?

A space weather service provides end-users in the various affected sectors with tailored products to avoid or reduce space weather hazards through design or operation. While in many sectors the goal of reliable forecasting can only be reached through much further research, the data and services which can be provided are already proving valuable in certain sectors such as communication, spacecraft and power grids.

A space weather service federates ground and space based measurement of the solar-terrestrial environment, not to perform science, but to derive products. To do so, it makes use of resources existing because of solar-terrestrial physics programmes but must deploy independent resources to augment these measurements and to guarantee the continuity and response required by a service. A service must respond to evolving user needs and develop products for supply of user-oriented parameters for direct use by engineers.

Elements of the service include advanced data processing and information technologies to exploit the data and execute simulations of the space weather systems.



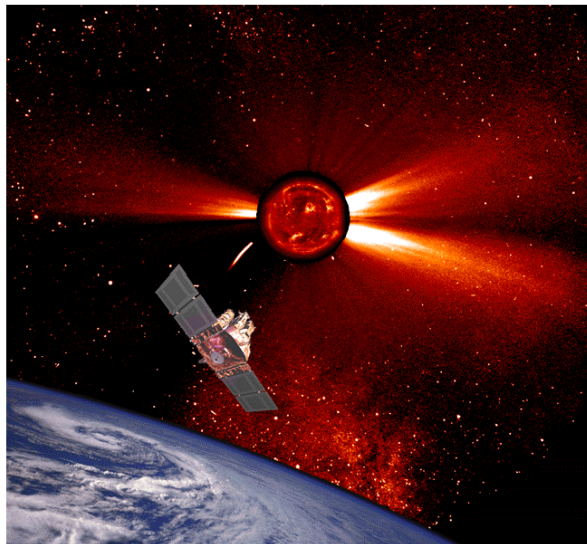
4. SCIENCE OR APPLICATIONS? – SCOPE OF THE INITIATIVE

It is important to emphasise that while space weather services are built on a foundation of results from solar terrestrial physics, the establishment of these services is not itself a scientific subject. Its relevance for Europe and the Agency lies in the increasing concern over space weather *effects* to a range of human activities.

Space weather services are nevertheless excellent examples of the *spin-off* from the scientific programme, the results of which make possible genuine social benefits. ESA, through the solar-terrestrial physics part of the science programme, has been at the forefront of the development of the understanding of the physics of the sun, the production of energetic solar events, their propagation through the interplanetary medium and the consequent responses of the magnetosphere, ionosphere and atmosphere to the events. The SOHO and Ulysses projects have been key tools in exploring this highly complex sun-earth connection and it is expected that the excellence they represent will continue with Cluster-II and eventually Solar Orbiter.

While data from science projects can in the short-term provide valuable resources for developing and operating space weather services, science projects have very different goals and constraints than operational space weather projects. SOHO provides excellent data on the sun and the heliosphere. This has become crucial for space weather service developers and operators and certainly shows the way forward by demonstrating measurement possibilities and the usefulness of the data in building products. However, it is not necessarily the role of the ESA science programme to continue this provision. A sustainable service, on the other hand, would have this as a priority. Furthermore, whereas it may be desirable for operational reasons to return data from a science mission some days after the observation and at very high resolution, the requirements of an operational system are for real-time data at a (probably lower) resolution determined by the service requirements. Of course, long-term continuous data sets acquired for an operational space weather service become available for use in scientific research too.

In the US the Space Weather service activities are run mainly by NOAA, along with the National Weather Service. While NASA's motivation in this area is related mainly to scientific exploration, they collaborate with NOAA in making its expertise and resources available and also have interests in space weather effects on spacecraft.



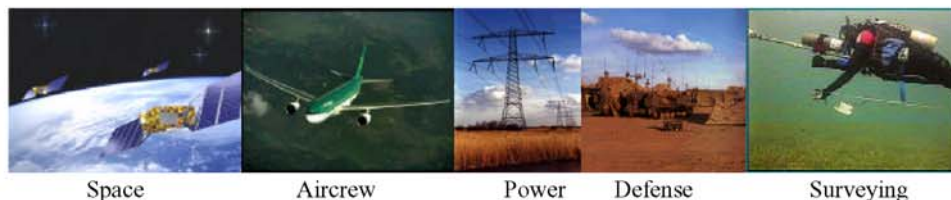
5. WHY IS IT IMPORTANT FOR EUROPE?

Space weather related problems are increasing because of technological advances. Advances in space and on the ground make many systems (satellites, ground-based communications, aircraft, power grids...) susceptible to disruption from space weather disturbances (solar, radiation belt, geomagnetic, ionospheric, atmospheric, etc.). In addition, the expanding population of astronauts and growth in air travel further increase the importance of the effects of cosmic radiation on humans.

Analyses [2] have identified and studied in detail several important benefits of a European space weather programme and the service it will provide. These include:

- **Economic benefits:**
Improvement in the ability to circumvent space weather problems in all domains. A space weather service would deliver products to improve the quality and efficiency of design and operation of increasingly sensitive technologies.
- **Strategic benefits:**
Europe is heavily reliant on US capabilities in this field; there is no guarantee that the open data policies in the US will continue. Indeed there are examples of export restrictions impeding European access to models in this domain. In order to safeguard access, agreements are needed, based on contribution of European resources;
- **Defence benefits:**
Defence forces rely heavily on technological systems which can be strongly affected by space weather. A space weather programme would provide independent access or a firm basis for collaboration;
- **Research and Development**
A space Weather programme allows opportunities for cutting-edge technology developments in many space and ground technologies of strategic interest to European industry;
- **Collaboration**
Several European member states have world-class resources which can gain considerably from a collaborative framework. Facilitation of this collaboration is the natural role of ESA. In order to establish wider collaboration, space weather capabilities need to be established.
- **Education and Outreach**
The general public and education sector have considerable demonstrated interest in space weather. Space weather services demonstrate to the general public the relevance of space research in general and solar terrestrial physics in particular, but also stimulate interest in, and support for, European space activities. Strongly growing interest is apparent in the media and general public's following of solar events and visible effects at earth such as spectacular aurora.

European contributions to the development of the world-wide Space Weather knowledge are well-recognised. In the US and Japan significant programmes are starting including both scientific and user-service elements. In the US this is through the NASA *Living with a Star* programme which while mainly scientific in its thrust contains important application elements, and also through the activities of NOAA and the DoD. ESA plans to explore collaboration with some of these actors as well as within member states' agencies and other organisations, including the EU.



6. IS A SPACE WEATHER SERVICE POSSIBLE?

Excellent progress has been made over the last decade in our understanding of the solar-terrestrial system. While it is true that some important features of that system lack detailed understanding (such as the phenomena on the solar surface which give rise to *Coronal Mass Ejections*, or *Solar Flares*), many elements shown in the diagram in section 1 have progressed significantly. Science missions will continue to improve our understanding in these areas, provided that the scientific interest remains. Otherwise it would be the responsibility of a space weather research and development activity to further such understanding.

While a long-term challenge is to establish a capability to predict hazardous conditions at Earth based on solar precursors or other *space weather drivers*, a space weather service is much more than this.

A service provides a framework for continuous observations of space weather, warning of hazardous conditions based on tested and proven methods and maintaining a historical record of the space weather. This latter point is crucial and often overlooked; these data are needed for investigation *after the event* of the environment associated with suspected space weather induced problems. They are also needed to build the capability to improve the services.

Some examples are provided below of services which already exist and the developments anticipated over the next decade.

Needs (examples)	Observation	Future development
Warning of geomagnetic storms for ground-based activities	Plasma structures in the solar wind known often to cause geomagnetic storms	Effectiveness of solar wind structures in storm initiation
Warning of radiation hazard to astronauts	Position and magnitude of solar flares	Influence of coronal mass ejections and shocks
Prediction of drag on satellites	Solar and geomagnetic variations	Use of better data and model developments
Warning of hazards to satellites	Solar flares and coronal mass ejections; Shocks in the solar wind	Better models of the radiation belts and hot plasma injections
Prediction and warnings of radio signal perturbations	Ionospheric and solar measurements	More complete data; perturbation models of the ionosphere/plasma-sphere
Archive of Space Weather Data	Many space based and ground-based data sources	Augment system: more data points, better types of measurement, easier access
...		

The current capabilities are provided by co-operation between ground-based solar and geophysical observatories and space-based measurements. This co-ordination is often led by NOAA and includes Japan and some European states. European space-based data are not formally exploited in this co-ordinated effort and indeed arrangements for co-operation are often ad-hoc.

7. WHAT ESA AND ITS PARTNERS PROPOSE TO DO

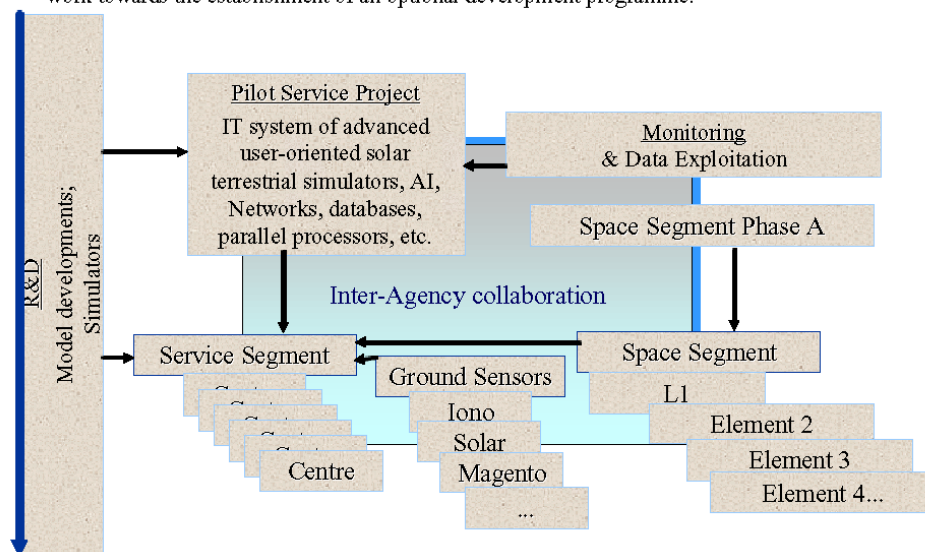
Important progress has been made in defining the requirements and possible ways forward to establish a European space weather programme by major studies undertaken under ESA contracts [2]. In the next phase ESA proposes, together with its European partners, and in collaboration with others world-wide, to:

- prototype a “service-segment” which should ingest data from existing widely disparate sources, perform large-scale simulations, make predictions of space weather hazards. The prototype performance would be evaluated;
- continue and expand the policy of flying small space weather monitors on as many European spacecraft as possible;
- study possible system and space segment options, considering the implications of potential world-wide collaboration;
- perform research and development in key areas of the space weather field, to establish products of value to users and ensure scientific advances are exploited to this end;
- study the nature of an ultimate service at the European level.
- establish partnerships and collaborations;

For achieving these objectives, ESA will place research and development contracts with European entities. It will rely on the advice of an *Inter-Agency Space Weather Co-ordination Group* and a *Space Weather Working Team*. It will organise regular community meetings through a *European Space Weather Forum*. Through these means it will be ensured that the ESA activities are in response to the established needs of service exploiters.

Such activities will make it possible to co-ordinate the development and exploitation of various member states’ space and ground-based activities which will be brought into a world-wide co-ordination.

Following the pilot project phase, it is expected that the collaborators in the Initiative will work towards the establishment of an optional development programme.



References

-
1. ESA maintains its space weather site at <http://www.estec.esa.nl/wmwww/spweather/> ;
The consortia working with ESA in the Initiative have sites accessible via:
<http://www.estec.esa.nl/wmwww/spweather/spweathstudies.htm>
 2. Studies of a future European Space Weather Programme undertaken by a consortium led by Alcatel Space and a consortium led by CLRC Rutherford Laboratories (see <http://www.estec.esa.nl/wmwww/spweather/spweathstudies.htm>)

B SPACE WEATHER WORKING TEAM

Chairman: Dr. R. Gendrin, 38 rue Oger, 92340, Bourg-la-Reine France
Prof. Dr. W. Riedler Director, Institute of Experimental Space Research, Austria
Prof. Dr. Reinhart Leitinger, Head, Institut für Geophysik, Astrophysik und Meteorologie (IGAM), Austria
Prof. Dr. Stefaan Poedts, Centrum voor Plasma-Astrofysica, Belgium
Dr. Werner Verschueren, OSTC, Space Research and Applications Section, Belgium
Dr. D. Boteler, Geomagnetic Laboratory, Geological Survey of Canada
Dr. T. Neubert, Head of Solar-Terrestrial Physics Division Danish Meteorological Institute
Dr. E. Friis-Christensen, Danish Space Research Institute
Dr. J.-Y. Prado, CNES/DP/E2U (bpi2903) , France
Dr. J.-J. Berthelier, CETP/CNRS/UVSQ, France
Dr. R. Ecoffet, CNES, France
Dr. Alain Gaubert, EUROSPACE, France
A. Arriaga, Meteorological Products Scientist Meteorological Division (room 406) - EUMETSAT, Germany
Dr. G. Reitz, (DLR, G) DLR/FF-ME, Abteilung Strahlenbiologie, Germany
Dr. Eugen Neske, Fraunhofer Inst. Physikalische Messtechnik, Germany
Dr. G. Soelkner, Infineon Technologies AG, Germany
Dr. N. Jakowski, (DLR, G) DLR/DFD Fernerkundungsstation Neustrelitz, Germany
Dr Axel Korth Max-Planck-Institut fuer Aero. Max-Planck-Strasse 2 D-37191 Katlenburg-Lindau Germany
Prof. D. O'Sullivan Astrophys. Section, School of Cosmic Physics, Dublin Inst. for Advanced Studies, Ireland
Dr. M. Candidi, Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario del CNR, Italy
Dr. E. Amata, Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario del CNR, Italy
K.R. Svenes, Norwegian Defence Research Establishment (FFI) , Norway
Dr. Blai Sanahuja Parera, Departament d'Astronomia i Meteorologia Universitat de Barcelona, Spain
Dr. A. Azcárraga, Managing Director Aerospace & Vehicles Dpt., SENER, Spain
Dr. G. Paschmann, International Space Science Institute, Switzerland
Mr. R. Favre, Swiss Re, Switzerland
Prof. Dr. E. Flückiger Physikalisches Institut, Space Research & Planetary Sciences, Switzerland
Dr. S. Gabriel Dept. Aeronautics and Astronautics, University of Southampton, UK
Dr. D. Hall, Director, Space Science British National Space Centre, UK
Dr. S. Schwartz (QMC, UK) Astronomy Unit, University of London, Queen Mary and Westfield College, UK
Dr. V. Bothmer, Universtity Kiel, Germany
Dr. P. Cugnon, Royal Observatory of Belgium
Toby D. G. Clark, British Geological Survey, UK
A. Blusson 8-10, rue Hermès Parc Technologique du Canal, Toulouse, France
Dr Anthony Hollingsworth, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, UK
Mr. Mikael Rattenborg, EUMETSAT - Meteorological Operations Manager, Germany
Ms F. Simonet, CEA-DIF/DPTA/SPPE, France
ESOC-TOS-MAS, H. Klinkrad
APP-AE , M. Doherty
APP-FPP, M. Aguirre
APP-FS, C. Readings
SCI-SO, R. Marsden,
SCI-SO, B. Fleck
SCI-MC, C. De Matos
TOS-EEP, B. Arbesser-Rastburg
ESA-HQ-ADM-STA, F. Ongaro
ESA-TOS-EMA, E. Daly
ESA-TOS-EMA, G. Drolshagen
ESA-TOS-EMA, A. Hilgers (Secretary)

C TECHNOLOGICAL IMPACT OF SPACE WEATHER PROCESSES

User	Requirement	Forecast	Nowcast	Post-event
Space Agencies	Knowledge of all hazardous environments affecting humans in space	1 day warning would allow early return of crew from LEO in the event of an extreme forecast	Real-time data could enable crew to move to a less exposed part of the space station in the case of intense radiation or meteoroids	As with aircrew, routine information on radiation is needed for crew dose assessments
Airlines and air safety organisations	Knowledge of hazardous radiation levels at altitudes and on routes used by commercial airlines, that may be dangerous to aircrew or may affect avionics systems	Forecasts need to be early enough to change crew and/or flight-plan. 18hours ahead was identified as preferred by users in the market interviews, but it is anticipated that some appropriate action is possible even with shorter warnings	Now-casts need to be sufficiently close to real-time to enable mitigation procedures for significant reduction of doses during extreme radiation events. Intercontinental flights last several hours, so real-time data must be available in a shorter time frame to be of any use	Users specify that only information on extreme radiation levels is required. However, to compute crew exposure, information at all levels is required. In the event of a severe solar energetic particle event it is likely that rapid information will be required
Satellite operators (civil and military)	Knowledge of hazardous environments affecting operational satellite systems	Users do not explicitly state whether forecasts, now-casts or post-knowledge is required, but forecasts are considered useful since they enable preventative measures to be taken and recovery procedures prepared	Users do not explicitly state whether forecasts, now-casts or post-knowledge is required. However, now-casts are considered useful since disturbed environments are often long-lasting and it is often not too late to enable some preventative measures to be taken and recovery procedures prepared	Users do not explicitly state whether forecasts, now-casts or post-knowledge is required. Post-knowledge is considered as most valuable since it is used for diagnosis of anomalies

RF systems (civil and military)	Knowledge of ionospheric disturbances leading to loss of range, degradation and outage of radio communications e.g. fadeout, polar cap absorption and scintillation	RF systems include radar and comms to and from spacecraft. Timeliness requirements depend strongly on the user. 1 day is taken as a typical time for alternative communications to be arranged	Users require only forecasts but, for HF frequency selection, nowcasts should be the main requirement. Frequency selection may require the complete density profile, not just f_oF_2 . These data also give real-time information on OTH radar range and blind-spots	
Geological prospectors and military	Knowledge of perturbations in the geomagnetic field	The 2-4 weeks found in Market Analysis is an aspiration that will be very hard to meet to a reasonable degree of accuracy. This amount of warning would act as input to planning of surveys, but it is anticipated that even with shorter warnings fruitless surveying could be avoided. This is backed up by a supplementary comment stating that certain users Requested flare data 1-3 days in advance. Detection of submarines by magnetic anomalies uses similar technology and warnings would enable periods of detector blindness to be anticipated.		It is estimated that correction of magnetically oriented drilling requires a time-scale of about 1 day to prevent drilling errors becoming unacceptable
Launch Providers	Knowledge of severe solar proton events affecting spacecraft launch operations	Warnings of severe events more than 1 day ahead would allow a planned launch delay		In the event of an imperfect launch, the solar proton environment would form part of the diagnostic process

Positioning systems and radar systems (also oth) (civil and military)	Knowledge of ionospheric Total electron content		Real-time data are needed for correction of positions. Users may not be affected if they have access to dual-frequency systems. Though trans-ionospheric Radar systems are affected. Radio tracking of satellites and radio-location of emergency beacons are similarly affected	
Satellite operators (civil and military)	Knowledge of atmospheric Drag for LEO spacecraft		This is a LEO requirement only. Drag info is needed for orbit, re-entry and attitude perturbation calculations. In military use, LEO spacecraft orbit calculations are required as a part of ballistic missile defence	
Tourism and Media (including www)	Knowledge of auroral intensity And location; Information on Solar and geomagnetic spectacular events	Whilst 1 day was specified in Market Analysis, it is expected that notification during the preceding daylight hours should be useful	<1 hour for www	<1 Day for newspapers and www sites; <1 month for popular science programme
Satellite designers	Knowledge of all spacecraft hasardous or detrimental environments	Solar cycle phase and intensity prediction (2-3 Years)		Long historical data sets (>1 month update) used for deriving typical range of parameters, variability, worst case events, and predictability for onboard systems.

Science	Whatever space environment components			Long historical data sets (>1 month) used for, e.g., background and interference subtraction, new science of climatological type (e.g. Space Weather effects on global warming).
ALL		Continuity of service Assessment of errors and uncertainty	Continuity of service	Continuity of service

Litteratur

- (1) Siscoe, G (2000): The space-weather enterprise: past, present and future, *J Atmos. Solar-Terr. Phys*, **62**, 1223-1232.
- (2) Svenes, K R (1999): Reiserapport fra Space Weather Week 1999, 99/04105, Ugradert.
- (3) Czech, P, S Chano, H Huynh and A Dutil (1992): The Hydro-Quebec system blackout of 13 March 1989; system response to geomagnetic disturbance, *Proc. Geomagnetically Induced Currents Conference*, California, Nov 8-10, 1989, EPRI TR-100450.
- (4) Svenes, K R (1998): Reiserapport fra ISTP-Workshop, 98/05249, Ugradert.
- (5) Brekke, P and Kjeldseth-Moe, O (1998): Norwegian spaceweather initiatives, *Proc. ESA Workshop on Space Weather*, Estec, Noordwijk, The Netherlands, ESA WPP-155, s 177-183.
- (6) Hoppe, U-P (2002): Reiserapport fra Galileo System Test Bed - Første prosjektmøte, FFI/REISERAPPORT 2002/02408, Untatt offentlighet.
- (7) Bergsvik, T (1998): Evaluering av HF-modemer og flerfrekvenssystemer baser på kanalmålinger på høye breddegrader, FFI/RAPPORT-98/04983.

FORDELINGSLISTE

FFIE
Dato: 8. august 2002

RAPPORTTYPE (KRYSS AV) <input checked="" type="checkbox"/> RAPP <input type="checkbox"/> NOTAT <input type="checkbox"/> RR		RAPPORT NR. 2002/03188	REFERANSE FFIE//768/172	RAPPORTENS DATO 8. august 2002
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD UGRADERT		ANTALL EKS UTSTEDT 25	ANTALL SIDER 45	
RAPPORTENS TITTEL OVERSIKT OVER EUROPEISK ROMVÆRVIRKSOMHET		FORFATTER(E) Svenes Knut		
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF Vidar S Andersen		FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF: Johnny Bardal		

EKSTERN FORDELING
INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		FO/FST	14		FFI-Bibl
1		FO/I	1		Adm direktør/stabssjef
1		FLO/IKT	1		FFIE
			1		FFISYS
			1		FFIBM
			1		FFIN
			3		Restopplag til Bibl
					ELEKTRONISK FORDELING:
					Tom Blix, FFIE
					Ulf-Peter Hoppe, FFIE
					Øystein Lie-Svendsen, FFIE
					Marit Sagen, FFIE
					Bjørn Narheim, FFIE
					Torkild Eriksen, FFIE
					Gudrun Høye, FFIE
					Bjørn Jacobsen, FFIE
					Vivianne Jodalen, FFIE
					Terje Wahl, FFIE
					Jan Erik Torp, FFISYS
					FFI-veven

FFI-K1

Retningslinjer for fordeling og forsendelse er gitt i Oraklet, Bind I, Bestemmelser om publikasjoner for Forsvarets forskningsinstitutt, pkt 2 og 5. Benytt ny side om nødvendig.