

# **FORSKNINGSSTRATEGIER 2005+**

## **Institutet för rymdfysik**

### **Innehållsförteckning**

---

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING</b> .....	1
<b>2</b>	<b>VERKSAMHETSANALYS</b> .....	2
2.1	Inledning .....	2
2.2	Internationell rymdforskning .....	3
2.3	Svensk rymd- och atmosfärforskning .....	6
2.4	IRF:s forskning .....	7
<b>3</b>	<b>FORSKNINGSSTRATEGIER FÖR 2005-2008</b> .....	8
3.1	Bredd, profilering och specialisering.....	8
	IRF:s forskningsfronter.....	9
	IRF:s forskningsprogram .....	12
	Global observatorieverksamhet .....	13
3.2	Jämställdhet inom forskning och forskarutbildning .....	13
3.3	Samverkan med andra myndigheter, lärosäten och institut.....	13
3.4	Samverkan med näringslivet.....	15
3.5	Internationellt forskningssamarbete.....	15
3.6	Forskarutbildning.....	17
3.7	Ett tillgängligt kompetenscentrum.....	17
<b>4</b>	<b>FÖRKORTNINGAR</b> .....	18

# FORSKNINGSSTRATEGIER 2005+

## 1 Sammanfattning

Institutet för rymdfysik, IRF, är ett statligt forskningsinstitut som lyder direkt under utbildningsdepartementet. Med sina fem forskningsprogram lokaliserade i Kiruna (huvudkontor), Umeå, Uppsala och Lund utgör IRF ett nationellt kompetenscentrum för forskning i rymdfysik, atmosfärfysik och dess tillämpningar.

IRF sammanfattar *syftet* med sin verksamhet på följande sätt:

*IRF ska bedriva grundläggande forskning och medverka i forskarutbildning i rymdfysik, atmosfärfysik och rymdteknik samt stödja exploateringen av tillämpningsmöjligheter för att därigenom förse samhället med ny kunskap. Denna kunskap är av betydelse för den vetenskapliga, tekniska och kulturella utvecklingen och gör att:*

- universitet och högskolor kan erbjuda kvalificerad utbildning till studenter
- regering, riksdag och andra beslutsfattare får kvalificerat beslutsunderlag
- företag i Sverige kan utveckla och stärka sin konkurrenskraft.

IRF ska dessutom:

*som en del i ett globalt nätverk, bedriva observatorieverksamhet i rymdfysik och atmosfärfysik samt registrera och rapportera trender av betydelse för den långsiktiga utvecklingen av jordens närmiljö som bas för vetenskapliga och politiska beslut.*

För att IRF ska vara framgångsrikt och uppskattas av samhället – allmänheten, politiker, rymdindustrin – och av det internationella forskarsamfundet, ska IRF under den närmaste fyraårsperioden kännetecknas av följande *strategier/framgångsfaktorer*:

- *Forskning av högsta internationella klass*, som uppnås genom att IRF
  - utgör en slagkraftig miljö som skapar förutsättningar för nya genombrott i forskningen
  - medverkar i ett kvalificerat nationellt och internationellt nätverk
  - samverkar med andra forskningsdiscipliner för ett ökat djup och ökade synergier i forskningen.
- *Tillgänglig kompetens*. IRF
  - informerar om forskning och forskningsresultat till regering, riksdag, myndigheter, näringsliv, media och allmänhet
  - utbildar forskare och samverkar med högskolor och universitet.

För att uppskattas som arbetsplats ska IRF dessutom kännetecknas av:

- ett kreativt arbete inom ett spännande internationellt forskningsområde som har stort inflytande på den vetenskapliga, tekniska och kulturella utvecklingen
- delaktighet, omtanke och gott ledarskap, samt
- lika möjligheter för kvinnor och män att göra karriär inom forskningen.

IRF ska bedriva frontlinjeforskning, d v s grundforskning präglad av nya upptäckter och förnyelse. En sådan ambition kräver att forskningen får utvecklas i en kreativ miljö.

## 2 Verksamhetsanalys

### 2.1 Inledning

Institutet för rymdfysik, IRF, tillkom år 1957 som en av Kungl. Vetenskapsakademiens institutioner under namnet Kiruna geofysiska observatorium. Sedan 1973 är IRF ett statligt forskningsinstitut. Uppsala jonosfärobservatorium (bildat 1952) överfördes 1976 från Försvarets Forskningsanstalt till IRF. IRF har också etablerat verksamhet i Umeå och Lund samt har observatorieverksamhet i Lycksele.

IRF är idag ett internationellt framgångsrikt svenskt *institut för grundforskning*. I kraft av framgångsrik forskning och på basis av erkänt hög kompetens har IRF i internationell konkurrens fått förtroendet att leda forskningsexperiment i stora rymdprojekt. Några forskningsprojekt är så långsiktiga att de sträcker sig väl bortom 2010. Framgångsrik ledning av långsiktiga projekt kräver en stabil organisation som respekteras av omvärlden. En stabil organisation och hög vetenskaplig och teknisk kompetens är IRF:s viktigaste framgångsfaktorer.

IRF bedriver experimentell forskning i *rymdfysik, atmosfärfysik och inom näraliggande forskningsområden*. Forskarna vid IRF utvecklar och nyttjar mätningar från olika typer av rymdsonder, från ballonger, från markbaserade forskningsanläggningar och från globala observationsnätverk. IRF samarbetar med flera universitet i Sverige. I t ex Uppsala sker en nära samverkan mellan IRF:s forskare och universitetets astronomer och plasmafysiker.

Ett viktigt skäl till den framgång IRF nått inom rymd- och atmosfärfysikområdet är att det i norra Skandinavien finns unika möjligheter att bedriva forskning inom dessa områden. Det nordliga läget och ett för latituden varmt klimat har gjort norra Skandinavien till en idealisk plats för observationer med hjälp av markbaserade forskningsinstrument, ballonger och sondraketer. I Kiruna kan man dagligen göra direkta observationer av fenomen som är konsekvenser av fysikaliska processer i rymden och atmosfären. Detta gäller t ex magnetiska störningar, norrsken samt molnbildning i stratosfären och mesosfären. Detta har också medfört ett *internationellt intresse att bedriva naturvetenskaplig forskning i norra Skandinavien – särskilt i Kiruna-området*. Även de på europeisk skala glesbebyggda områdena i södra Skandinavien tillåter att t ex mätningar som nyttjar elektromagnetisk strålning kan göras, i stort sett störningsfritt, inom mellanlatitudområdet.

IRF har myntat begreppet *ekopelare* som en lämplig metafor för fördjupade studier av den variabla solen och dess effekter på jorden. På senare år har intresset väsentligt ökat för solens variabilitet (karakteriserad av t ex solfläckar) och dess effekter på atmosfären/biosfären. IRF:s forskning täcker hela området från solen ner till atmosfären. IRF bidrar med såväl mätdata som kompetens till internationella nätverk och europeiska utvecklingsprojekt.

*Rymdteknik* används i dag inom ett stort antal tillämpningar, t ex för telekommunikation, väderinformation, miljödata, räddning och navigation. Kunskap om miljön ute i rymden och de möjligheter som rymden kan erbjuda framtida generationer känns därför mycket angelägen. IRF arbetar aktivt för att öka kontakter med företag och organisationer som nyttjar rymdteknik eller där IRF:s kompetens kan komma till nytta. Ett nära samarbete sker med Ångström Space Technology Center, ÅSTC, som finns i samma byggnad som IRF i Uppsala.

Under senare år har IRF i ökande grad medverkat till att sprida resultat från och *information* om sina forskningsområden till skolor, media och övrig allmänhet. IRF tillfrågas allt oftare i frågor som berör det lokala samhället och näringslivet, samt medverkar i allt högre omfattning i grundutbildningar vid universiteten. På det här sättet fyller IRF en viktig funktion som ett tillgängligt kompetenscentrum.

## 2.2 Internationell rymdforskning

Rymd- och atmosfärfysikforskning är global och i alla avseenden gränsöverskridande. Ett tecken på omfattningen i forskningen är att det byggts upp nätverk av mätstationer med världsomspännande täckning för gemensam forskning. Solens växelverkan med jorden och jordatmosfären bestämmer inte bara villkoren i den nära rymd där artificiella satelliter kretsar utan även för allt liv på jorden. På så sätt är rymdforskning en angelägenhet för alla nationer på vår planet.

De fem forskningsprogrammen vid IRF är väl förankrade i den internationella forskningen i rymd- och atmosfärfysik och har intagit ledande roller, främst på den experimentella sidan. Samtidigt har IRF:s forskning utvecklats inom teori och numeriska simuleringar eftersom detta både fördjupar den fysikaliska förståelsen av mätningarna och är betydelsefullt vid utvecklingen av nya forskningsinstrument. Den internationella forskningstrenden går mot allt större inslag av simuleringar. IRF ser dock, tillsammans med många andra inom fysikforskningen, teori och simuleringar som komplement till experimentella undersökningar. Utvecklingen av nya avancerade sensorer, detektorer och instrument är avgörande för den process som ger insikt om naturlagarna.

I Europa råder inom rymdorgan (t ex ESA och CNES) en oro för tillgång till nya unga experimentatorer inom rymdverksamheterna. Man menar att utan tillräcklig tillgång till experimentellt kunniga personer kommer Europa att halka efter i den internationella rymdkonkurrensen. IRF anses som något av en föregångare i avseende på utbildning av rymdteknikkunnig personal i Europa. Man kan med fog påstå att Sverige med sin satsning på rymdutbildning i nära kontakt med rymdforskning ligger i den europeiska täten.

Ett stort antal satelliter används runt om i världen för observationer av stratosfären. Det är bland annat meteorologiska satelliter (t ex NOAA:s polära satelliter som ger temperaturmätningar), fjärranalyssatelliter som observerar spårgaser (t ex ozon med satelliten TOMS), samt sofistikerade forskningssatelliter som ger många olika atmosfärsp parametrar (t ex UARS från NASA, ADEOS från Japan och ENVISAT från ESA). Ett mindre antal satelliter ger information om dynamiken i mesosfären (t ex UARS och TIMED båda från NASA).

År 2006 avser NASA att sända upp satelliten AIM för att studera aeronomi (speciellt is) i mesosfären. År 2007 planerar ESA att skicka upp två satelliter inom sitt "Earth Explorer program". En av de tre möjliga kandidaterna är speciellt tänkt för observationer av bl a vattenånga i stratosfären. Atmosfärforskning baserad på in situ mätningar med sondraketer (i mesosfären) och ballonger (i stratosfären) genomförs som internationella samarbetsprojekt. EU:s program för studier av ozon har koncentrerats till lägre latituder på senare år medan USA och Japan fortfarande har ett stort intresse för genomförande av studier på hög latitud. Sondraketkampanjer för studier i mesofären har i huvudsak genomförts av forskare från USA,

Tyskland och Norge och det förefaller som att dessa studier kommer att fortsätta även i framtiden. Atmosfärstudier som nyttjar markbaserade radar- och lidarinstrument ökar i omfattning och detsamma gäller passiva fjärranalysmetoder. Det finns en trend att gå mot observatorier som använder flera olika mätmetoder för att samla in data om atmosfärförhållanden vid en speciell plats. De mätinstrument och den kompetens som finns vid IRF bidrar till de kampanjer som nyttjar det fördelaktiga läget för atmosfärforskning på höga latituder.

Rymdvädersforskning är ett helhetsbegrepp som kan relateras till effekter genererade av den variabla solen. Nya kunskaper om olinjära, komplexa och kaotiska förlopp gör att gamla sanningar måste revideras. Även små effekter kan leda till dramatiska förlopp. NASA-projektet "Living with a Star" och samarbetsprojektet "International Living with a Star" speglar detta nya synsätt inom dagens rymdforskning. Behovet av nya avancerade prognosmetoder för rymdväder har blivit påtagligt under senare år.

Internationell magnetosfär- och jonosfärforskning har stärkt sin ställning på sistone, främst som en följd av lyckade satellitmissioner som Cluster (ESA), Image (NASA) och Polar (NASA). Clusterprojektet har inom NASA graderats högt inom internationell rymdforskning. IRF är här i frontlinjen genom deltagandet i Clusterprojekt och den kommande kinesiska Double Star. Den teknik för att registrera energirika neutrala atomer, ENA, som utvecklats vid IRF för global avbildning är i den absoluta frontlinjen. IRF har både forskningstradition och en hög internationell ställning att falla tillbaka på inom denna del av rymdplasmafysiken, inte minst som en följd av de nationella Viking, Freja och Astrid-satelliterna. En ytterligare anledning till att ställningen för rymdplasmafysiken stärkts är att denna berör i högsta grad solens, solsystemets och stjärnors fysik. Det framgår om inte annat i benämningen "Living with a Star".

En trend inom rymdplasmafysiken i Europa är att man intresserar sig för andra himlakroppars plasmaomgivningar (t ex kometer och Merkurius, Mars). Studier av t ex andra planeters atmosfärer ger också en ökad insikt om vår egen atmosfär. Dessutom sker fenomen kring andra himlakroppar som inte kan studeras i jordens närliggande omgivning. IRF har inriktat sig på att delta i dessa typer av projekt (t ex Cassini, Mars Express, Venus Express, Rosetta och BepiColombo).

Inom rymdplasmafysiken sker ett allt tätare samarbete mellan plasmafysik i rymden och inom övrig plasmafysik (teori, simuleringar och laboratorieförsök). Rymdplasmafysik kan nu leda utvecklingen av grundläggande fysik inom flera områden genom att utföra flerpunktsmätningar med hög upplösning. En del processer är för komplicerade för att kunna beskrivas med analytisk teori. De innehåller för många skilda storleksordningar i tid och rum för att kunna studeras med realistiska simuleringar och de kan påverkas av det begränsade utrymmet i ett laboratorieförsök. De kan däremot studeras med formationsflygande satelliter.

En internationell trend inom stora delar av den naturvetenskapliga forskningen är studiet av komplexa system, dvs processer som är sammansatta av delprocesser med vitt skilda tid- och längdskalor. Ett välkänt exempel på en mycket komplex process är klimatet. En central frågeställning rör relationen mellan klimatvariationerna över tiotusentals år och förändringen

av atmosfärens sammansättning de senaste etthundra åren.

Komplexiteten hos den plasmaturbulens som studeras inom rymdforskningen härrör från de många olika typer av vågor som kan existera i ett plasma. Dessa samverkande vågor har vitt skilda egenskaper. Inom IRF studeras dessa fenomen både med små instrument ombord på satelliter och med hjälp av stora markbundna radioinstrument, t ex EISCAT och Heating i norra Skandinavien och liknande faciliteter i USA och Ryssland.

Begränsade ekonomiska resurser för dessa typer av projekt medför att internationellt samarbete är en nödvändighet. IRF har ett väletablerat internationellt nätverk. Vi arbetar aktivt i projekt inom t ex ESA och NASA, med rymdforskningsinstitutet i Moskva (IKI), Institute of Space and Astronautical Science (ISAS, Japan) och Center for Space Science and Applied Research (CSSAR) i Beijing. (ISAS ingår fr o m 1 oktober 2003 i Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA.) Inom den internationella rymd- och atmosfärforskningen pågår och planeras ett antal projekt där såväl miljöaspekter som grundläggande rymdfysik ska studeras.

Det är av stort internationellt intresse att undersöka förutsättningarna för liv på andra platser i universum. IRF:s forskning bidrar här med jämförande studier av processer som påverkar olika planeters atmosfärer. Rymdsonden Cassini kommer att undersöka atmosfären på Saturnus måne Titan, bl a för att jämföra med teorier om jordens ursprungliga omgivning. Mars Express kommer att undersöka atmosfären på Mars.

Intresset för bemannade rymdfärder kommer med stor sannolikhet att öka. Förutom USA och Ryssland har nyligen Kina visat att man kan sända ut människor i rymden. Sveriges första astronaut planeras få göra en färd ut i rymden under 2005 och detta kommer att generera ett ökat svenskt intresse för rymdfrågor. Obemannade missioner kommer dock under överskådlig tid att förbli den i särklass mest kostnadseffektiva lösningen för forskning med hjälp av rymdfarkoster.

EU har genom sitt "Green Paper on European Space Policy" tagit ett välkommet steg för att uppmärksamma de möjligheter som rymdbaserad teknologi har att erbjuda. Att vidareutveckla och stärka europeisk rymdforskning är en förutsättning för att Europa ska kunna nå en ledarposition i kunskapsutvecklingen på rymdområdet. EU:s beslut att inom det sjätte ramprogrammet satsa på Galileo och GMES är det mest synbara tecknet på Europas intresse för rymdfrågorna. Men betydligt mer måste till så att EU kommer upp till samma nivå som USA:s kunskapsutveckling inom rymdområdet. De riskfyllda satsningarna som ska erbjuda morgondagens teknologier genomförs ofta av rymdforskare. Rymdforskningen arbetar ofta nära rymdindustrin, men stödet och den ömsesidiga kunskapsöverföringen är otillräcklig.

Inom de nationella satellitprogrammen tas oftast större risker med nya teknologier än man kan tillåta sig inom ESA:s vetenskapliga program. De nationella programmen utgör en testbädd för avancerad mätteknik, något som driver utvecklingen snabbare framåt och ger en konkurrensfördel.

### 2.3 Svensk rymd- och atmosfärforskning

Ämnesområdet rymdfysik brukar definieras som läran om fysikaliska processer i den del av rymden som kan nås med rymdsonder eller med aktivt proberande radiovågor. Rymdfysiken som särskild disciplin baseras på den teknologiska utvecklingen av raket och satelliter. Detta har möjliggjort direkta mätningar på plats i rymden, samt den radio- och radarteologiska utvecklingen som lett fram till jonofärradarsystem. Sverige och IRF har framgångsrikt exploaterat dessa teknologiska möjligheter att föra rymdforskningen framåt. Sverige har varit pionjär inom en rad områden. Som exempel kan nämnas utvecklingen av raketsonder för uppsändning från Esrange, de svenska vetenskapliga småsatelliterna (Viking och Freja), utveckling av miniatyriserade satelliter (Astrid, Munin) samt etablering och utveckling av radio- och radarsystem för rymdforskning (bl a EISCAT, Super-DARN, LOIS).

Den atmosfärforskning som etablerats i Sverige baseras på en liknande satsning på både markbaserade och rymdburna instrument. Atmosfärforskning i Sverige utförs i huvudsak vid Stockholms universitet, Chalmers och Göteborgs universitet samt vid IRF i Kiruna. På nationell nivå, används satelliten Odin för observationer av stratosfären och mesosfären. Grupperna i Stockholm och Göteborg är ansvariga för den vetenskapliga kontrollen av satelliten och IRF deltar i analys av data. En av Rymdstyrelsens referensgrupper har givit hög prioritet till en ny satellit för att i första hand studera vattenånga i den övre troposfären men den bedöms som för dyr.

Atmosfärforskning med sondraketer från Esrange har under många år genomförts av meteorologiska institutionen vid Stockholms universitet. En fortsättning, med inriktning mot studier av vattenånga och aerosoler, har nyligen beslutats av Rymdstyrelsen. In situ mätningar med ballonger gjordes av Kirunagruppen i samband med EU-finansierade projekt åren 1996-2000. Markbaserad atmosfärforskning genomförs främst av IRF i Kiruna med hjälp av radar och ett antal fjärranalysmetoder, t ex spektrometrar. Ett lidarinstrument är under konstruktion och håller på att testas.

Rymdplasmafysikforskningen i Sverige är starkt beroende av såväl anslag från Rymdstyrelsen som forskningsprogram initierade av denna. Rymdstyrelsen är idag en garant för det internationellt mycket framgångsrika nationella rymdforskningsprogrammet.

Svenska rymdframgångar är resultat av djärva satsningar på helhetslösningar med nyttolaster bestående av experiment från svenska forskargrupper i intimt samarbete med ledande forskargrupper från andra nationer. Satsningarna har inneburit ett teknologiskt och forskningsmässigt lyft för svenska forskargrupper och gjort dem internationellt konkurrenskraftiga i tävlan om ledarskap på missioner inom ESA, NASA, IKI (Ryssland) och ISAS (Japan). De har också lyft svensk rymdindustri till en väsentligt högre nivå. Denna strategi för rymdforskning med en fokusering mot experimentell forskning har blivit en förebild för andra mindre nationer i världen.

Rymdteknikforskning har ökat i omfattning i Sverige de senaste åren. Detta har skett bl a genom den nationella forskarskolan i rymdteknik (Luleå tekniska universitet) och de medel som avsatts för ett program för rymdteknikforskning i Kiruna. Ett program för forskarutbildning i rymdteknik, också det i Kiruna, har tagits fram och godkänts av Umeå universitet. IRF samverkar med Ångström Space Technology Center i Uppsala som ger värdefulla bidrag

till utvecklingen av ny teknik för rymdändamål. IRF ingår också som en del av den av Stiftelsen för Strategisk Forskning finansierade forskarskolan AIM som utbildar fysikdoktorer bl a inom rymdområdet för karriärer i näringslivet. Dessutom genomför IRF olika rymdteknikprojekt finansierade av ESA.

## 2.4 IRF:s forskning

IRF bedriver i huvudsak experimentella forskningsprojekt i rymd- och atmosfärfysik. Inom forskningsprojekten sker utveckling, framtagning och drift av experiment samt analys av mätdata från ett eller flera instrument. Forskningsprojekten definieras och utvecklas mer efter generella fysikaliska förutsättningar och förväntningar om nya upptäckter i rymden än efter modellen hypotesprövningar. När experimenten väl genomförs upptäcks fortfarande nya intressanta fenomen som leder till nya frågeställningar och hypoteser. Men närvaron i och kunskapen om jordens rymdomgivning har lett till att rymden mer och mer börjat användas som ett stort laboratorium.

Inom IRF:s forskningsprogram bedrivs också teoretisk forskning och numeriska simuleringar som ett stöd för den experimentella verksamheten. Nya analysmetoder gör det möjligt att behandla vetenskapliga data på ett sätt som väckt intresset för studier av astrofysikaliska processer.

IRF:s forskning är en i hög grad interdisciplinär vetenskap som omfattar många olika delområden inom bland annat klassisk fysik, elektromagnetism, plasmafysik, strålningsfysik, geofysik, aeronomi, meteorologi, flödesdynamik, astrofysik och kemi.

Forskningsprogrammen vid IRF, under ledning av en programchef, har följande indelning:

- Atmosfärfysik
- Sol-jord växelverkan
- Solsystemets fysik och astrofysik
- Rymdplasmafysik
- Rymdens fysik

Växelverkan mellan forskningsprogram, inom IRF såväl som nationellt och internationellt, är en viktig orsak till framväxten av den kreativa och mycket framgångsrika forskningen vid IRF. Vid senaste utvärderingen gjord med anlitande av internationell expertis karakteriserades följdriktigt IRF-forskningen som mestadels ”excellent”. IRF:s en egen vetenskaplig referensgrupp, bestående av tre externa seniora forskare, bidrar till kvalitetsgranskningen av IRF:s forskning.

IRF:s grundforskning stöds i huvudsak av statliga medel via ramanslag och anslag från forskningsråd (t ex Rymdstyrelsen, Vetenskapsrådet, VR, och VINNOVA) samt med medel från privata stiftelser (t ex Knut och Alice Wallenbergs stiftelse och Kempestiftelsen). Wallenbergstiftelsen har signifikant bidragit till svensk rymdforskning, särskilt till det nationella småsatellitprogrammet (Viking och Freja), men även till vissa ESA-projekt (t ex Cluster) och markbaserade forskningsprojekt. Internationella organ (t ex EU, ESA och INTAS) bidrar också med stöd till forskningen. De anslag som erhålls från EU och ESA är för forskarutbyte eller för tillämpad forskning och från INTAS för samarbete med forskare från det forna Sovjetunionen.



Atmosfärfysik och rymdplasmafysik baserad på studier med markbaserade instrument är starkt beroende av forskningsanslag från Vetenskapsrådet. VR står för en huvuddel av den forskning som berör den internationella radio- och jonosfärradaranläggningen EISCAT. VR stödjer också forskning som utförs vid liknande anläggningar i andra delar av världen samt markbaserad optisk forskning vid IRF. Atmosfärfysiken finansieras huvudsakligen med medel från VR, men även Rymdstyrelsen har under senaste åren finansierat vissa följdkostnader för atmosfärfysikforskningen.

VR och Rymdstyrelsen är mycket viktiga forskningsstödjande organ för IRF:s forskningsprogram och vi förutsätter att IRF:s forskare ska vara fortsatt framgångsrika i den nationella konkurrensen om forskningsmedel.

### **3 Forskningsstrategier för 2005-2008**

IRF ska vara ett tillgängligt kompetenscentrum och bedriva forskning av högsta internationella klass.

Andra viktiga faktorer som IRF måste inkludera för att nå forskningsframgångar är en positiv syn på medarbetarna och arbetsmiljön. IRF ska kännetecknas av:

- kreativt arbete inom ett spännande internationellt forskningsområde som har stort inflytande på den vetenskapliga, tekniska och kulturella utvecklingen
- delaktighet, omtanke och gott ledarskap
- lika möjligheter för kvinnor och män att göra karriär inom ett forskningsområde.

#### **3.1 Bredd, profilering och specialisering**

IRF har som målsättning att vara en av de mest framgångsrika rymd- och atmosfärforskningsorganisationerna i världen. IRF prioriterar att skapa och bibehålla slagkraftiga forskargrupper med optimal storlek och sammansättning. En stimulerande och kreativ forskningsmiljö bidrar till att skapa förutsättningar för nya genombrott. Forskningsverksamheten vid IRF, med sin koppling till akademiska utbildningar och med en stark teknologisk bas, utgör en sådan miljö.

Rymdfysiken utvecklas för närvarande i två riktningar, dels mot utforskningen av områden allt längre bort från jorden där nya världar möter oss, dels mot ett ökat djup i vår förståelse av fundamentala fysikaliska processer i rymden och atmosfären.

Fördjupad forskning kräver ökad fokusering men också samverkan med andra fysikområden. Den experimentella rymdplasmafysiken har varit framgångsrik i utforskningen av fundamentala plasmafysikaliska processer, varför en nära samverkan med annan plasmafysikforskning inom universitet och högskolor är viktig. Atmosfärfysik är ett annat exempel där det krävs samverkan med andra discipliner inom t ex meteorologi och kemi för att nå ett ökat djup i forskningen. Ökat djup kan också erhållas genom nya analysmetoder (t ex neurala nätverksmetoder) som kan hantera komplexa förlopp med många variabler.

Det är angeläget att studera processer i rymden kring vår egen planet. Jordens omgivning påverkar mänskligt liv direkt, genom allt från långsiktiga förändringar i atmosfär och klimat till påverkan på modern teknologi som radiokommunikation, elförsörjning och kommersiella

satelliter. Det är också den del av rymden som lättast kan nås och därför är mest ekonomisk att studera i detalj inom grundforskningen. Den utgör dessutom ett tämligen lättillgängligt plasmalaboratorium, med exempelvis längdskalor och tryckförhållanden långt bortom vad som kan erhållas i laboratorier på jorden.

Det är också angeläget att studera solen och solens påverkan på andra himlakroppar i vårt solsystem för att klarlägga de relativa betydelseerna av olika rymdfysikaliska processer. Sådana studier, som måste vara detaljerade, kan bättre belysa de bakomliggande orsakerna av de långsiktiga förändringarna i jordens och andra planeters atmosfärer (klimat). Dessutom existerar ett flertal fundamentala rymdfysikfenomen kring andra himlakroppar som inte kan studeras i jordens närliggande omgivning. För att förstå t ex soleruptioner, planeters och atmosfärens ursprung, eller livets förutsättningar i rymden i allmänhet, måste man genomföra mer detaljerade observationer i solsystemet som helhet.

Ett viktigt arbetssätt inom forskningen för att nå oväntade resultat av karaktären genombrott är att skapa synergier mellan befintliga skilda kompetensområden. Forskningen vid IRF innefattar i dagsläget flera mer eller mindre angränsande delområden i vilka forskningsresultaten är av högsta internationella klass. Dessa utgör IRF:s plattform för den framtida forskningen.

### ***IRF:s forskningsfronter***

IRF:s atmosfärfysikprogram kan ses som ett svar på senare års starka internationella intresse för atmosfär- och klimatforskning. Denna forskning har fått stor betydelse för inte minst Kiruna, där sedan tio år tillbaka en febril internationell forskningsaktivitet råder. Sveriges geografiska läge och den goda infrastrukturen som finns i Kiruna har varit av avgörande betydelse för denna internationella satsning.

Frontlinjen i *atmosfärforskningen* kommer de närmaste åren att drivas av nödvändigheten att öka förståelsen av de processer som styr klimatet – nu och i framtiden. Två nya framsteg kan tas fram som de viktigaste inom detta område. Den första är den observerade ökningen (50%) av vattenånga i stratosfären under de senaste årtiondena. En ökning av vattenångan i stratosfären kan leda till en direkt uppvärmning av jordens yta (växthuseffekt) och kan också fördröja återhämtningen av ozonskiktet. Orsakerna till dessa observationer är ännu inte klarlagda. Det är inte känt om ökningen kommer att fortsätta eller till och med accelerera i framtiden. Vidare är övriga konsekvenser på atmosfärens dynamik och kemi, bortsett från ozon, fortfarande i stort outforskade. Det andra viktiga framsteget är den ökade förståelsen, genom såväl teori som experiment, för att ändringar i mellanatmosfärens dynamik kan påverka vädersystem i troposfären (d v s klimatet). Detta öppnar möjligheter som gör klimatet mer känsligt för sammansättningen av antropogena effekter än man tidigare trott. Det kan också ge en förklaring till de rapporter som indikerat att små effekter i solaktiviteten tycks påverka klimatet. Flera sådana rapporter har förekommit på senare tid men ingen fullständigt tillfredställande lösning har givits än.

Rymdfysik och atmosfärfysik baseras på tillämpning av kunskaper från många olika delar av den fundamentala fysiken. Detta gäller t ex elektrodynamik, gas- och hydrodynamik, plasmafysik, vågrörelselära, statistisk fysik, kvantfysik, icke-linjär fysik och kaosteori,

relativitetsteori, strålningsvetenskap samt atom- och molekylfysik. IRF syftar därför till att ytterligare stärka *samverkan med andra grenar av fysiken*.

En mycket stark internationell trend är den mot att öka förståelsen av den variabla solen och dess inflytande på jorden, något som ibland brukar benämnas *rymdväderseffekter*. Denna forskning har fått ökat allmänintresse inom främst två områden: klimatet och påverkan på tekniska system (på marken och i rymden). Ett mönster börjar nu skönjas som visar ett starkt samband mellan variabiliteten hos solen och klimatet. Området är förvisso omtvistat, men nya mätningar ger allt starkare belägg för att det solära inflytandet är större än man tidigare trott. Beträffande påverkan på tekniska system finns ett intresse från industrin för att göra rymdväderprognoser, d v s kunna förvarna om effekter som kan störa tekniska system. Både ESA och NASA stöder idag sådana forskningsprojekt. IRF är väl framme inom denna forskning och ansvarar för ett antal internationella (ESA) och nationella rymdvädersprojekt. Gruppen i Lund har utsetts till ett "Regional Warning Center" inom International Space Environment Service (ISES), det organ som organiserar de internationella prognosaktiviteterna.

Samarbetet mellan rymdfysik- och atmosfärfysikforskningen måste stärkas för att bättre förstå balansen mellan de olika processer som påverkar miljö och klimat. Historien har lärt oss att det är viktigt att komplettera korta mätkampanjer med *långsiktiga observatoriemätningar*. Här spelar IRF och dess geografiska läge en särskilt betydelsefull roll.

IRF:s långa och framgångsrika tradition inom *rymdplasmafysiken* förväntas fortsätta. ESA:s flerpunktsmission Cluster illustrerar ett nytt frontavsnitt som gör det möjligt att bättre förstå komplexa system och mikrostrukturer i plasma. Med sitt stora internationella forskardeltagande kommer Cluster sannolikt att bli ett av ESA:s mest framgångsrika projekt. IRF har också fått ett antal andra experimentförslag antagna till ESA:s vetenskapliga satelliter och deltar även med instrument i andra länders rymdprogram. Det gäller t ex i ESA:s rymdsonder till Mars (Mars Express), till en komet (Rosetta) och till Venus (Venus Express), i NASA:s rymdsond till Saturnus och dess månar (Cassini), i den japanska rymdsonden till planeten Mars (Nozomi) och för studier av magnetosfären i ett kinesiskt projekt (Double Star). Bearbetning av mätdata förutsätter en allsidig forskargrupp som kan tolka observationerna i detalj och sedan göra en vetenskaplig analys. Samverkan med andra discipliner som laborieplasmafysik och astrofysik blir allt vanligare redan på ett tidigt stadium i analysen. Som en gren av rymdfysiken studerar rymdplasmafysiken det joniserade mediet (plasma) i rymden. Rymdfysiken är därför mycket nära relaterad till ämnesområdet plasmafysik. Inom delar av rymdfysiken fokuseras intresset på kartläggning och förståelse av grundläggande plasmafysikaliska processer som utspelas i rymden kring jorden, t ex generering av plasmavågor, vågpartikelväxelverkan och accelerationsprocesser.

Ett grundläggande mål är att mäta, förstå och vetenskapligt beskriva processer i rymden och i himlakroppars atmosfärer. Det behöver ske en fortsatt *utveckling av mätteknik* t ex av små effektiva integrerade satellitinstrument med liten massa. Utveckling och konstruktion av instrument förutsätter skickliga och erfarna ingenjörer, programmerare och projektledare. IRF planerar att fortsätta att utveckla massupplösande instrument för detektering av energirika neutrala atomer och avbildning av röntgenstrålning i rymden, instrument för att mäta statiska och varierande elektriska fält samt densitet och temperatur i rymdplasma. Miniaturisering av elektron- och jonspektrometrar, samt konstruktion av nanosatelliter, är också mycket

angelägna. Ett projekt, PRISMA/NanoSat-1 är nu inne för bedömning efter en lyckad fas-A studie. Inte bara mätinstrument för rymdsonder behöver utvecklas. En ”High Power Large Aperture” radar planeras för att kunna tas i bruk inom några år. En sådan radar skulle stärka IRF:s forskning om astronomiskt stoft och inverkan av meteoriter på den nära rymdmiljön.

Moderna studier av grundläggande processer i rymden kräver ofta *ett antal satelliter i formationsflygning*. Detta ger möjlighet bl a att skilja mellan förändringar i tid och rum, och att kunna studera tunna skyddande gränssytor i rymden. Sådana satellitmätningar används nu som en spets för att föra grundläggande forskning framåt. Mätningarna leder ofta till kompletterande studier inom teori, simuleringar och laboriemätningar, och har börjat leda till ökad förståelse inom astrofysiken. För att praktiskt kunna genomföra multisatellitprojekt krävs små effektiva integrerade nyttolaster med liten massa per satellit. Precis samma krav ställs på nyttolaster som sänds till andra världar längre bort i planetsystemet.

Sverige har med sitt nationella satellitprogram betraktats som ett föredöme för små länder inom rymdforskningen. Det *svenska småsatellitprogrammet*, som började med forskningssatelliten Viking (1986), har spelat en central roll för att bygga upp en hög kompetens i experimentell rymdfysik. Samtidigt har det medfört att svenska grupper kunnat starkt fördjupa sin forskning i rymdplasmafysik. Svenska rymdfysikgrupper är därför internationellt mycket konkurrenskraftiga, vilket i sin tur erbjuder ytterligare möjligheter på det internationella planet (t ex inom ESA och NASA). Både forskning och utveckling av nya instrument sker bäst i en blandning av relativt små projekt utförda på kort tid (några få år mellan byggstart och avslutande av mätningarna) och stora komplexa internationella projekt (ibland tiotals år). Små projekt ger möjlighet att snabbt göra mätningar inom vissa av forskningens frontlinjer och att testa nyutvecklade instrument. Mer komplexa projekt kan göra andra typer av breda vetenskapliga studier möjliga. Internationella organisationer kräver ofta att instrument ska vara testade innan de får vara med i nyttolasten. Rymdplasmagruppernas samarbete med Rymdbolaget har även lett till framgångar på det rymdtekniska området. Sverige har fått internationellt erkännande för sin småsatellitstrategi. Sverige nämns ofta när man i Europa (och USA) diskuterar det som anses vara en viktig mätstrategi för framtiden – svärmar av små satelliter. För att Sverige ska kunna vidmakthålla sin internationella spets krävs att man fortsätter att vidareutveckla sitt i internationellt perspektiv mycket framgångsrika och flexibla nationella småsatellitprogram. Ett nationellt satellitprogram ger IRF bättre möjlighet till frontlinjeforskning också inom stora komplexa internationella rymdprojekt.

Genom avgörande upptäckter av radiostrålning från plasmaturbulens i början av 1980-talet har IRF i praktiken öppnat och definierat en egen forskningsfront för komplexa processer i plasma. Avancerad grundforskning går hand i hand med utvecklingen av högteknologi. Nya generationer av radioinstrument, exemplifierat av LOIS i södra Sverige, byggs för att kunna ge mycket detaljerade mätningar från marken av turbulensen i området från den yttre atmosfären till solen. Utforskning av den naturliga rymdmiljön kring jorden, relaterad till geofysiken, har hittills huvudsakligen skett genom passiva observationer av naturliga fenomen, t ex norrsken. Ett komplement är att aktivt, med hjälp av kraftfulla radiovågor, orsaka en liten störning i rymdplasma för att se hur t ex norrskenet svarar. Användandet av sådan stimulus-responsteknik förväntas bli mycket värdefull för förståelsen av de naturliga komplexa fenomen som uppträder kring vår jord. *Rymden nära jorden används som ett stort*

*laboratorium*. IRF har här varit pionjärer sedan tjugo år och nya initiativ tas nu för att vidareutveckla denna teknik.

Det internationella samfundet och ESA har uppmärksammat möjligheterna att utföra *fundamental experimentell fysikforskning* i rymden. IRF:s kompetens inom rymdfysik och rymdteknologi kommer här väl till pass. IRF:s kunskaper om rymdmiljö och plasmafysik kommer också att kunna bidra till det växande området astrobiologi i större omfattning. IRF:s Cassini-instrumentet till månen Titan har anknytning till astrobiologi och jordens tidiga atmosfär.

### ***IRF:s forskningsprogram***

Nedan ges en sammanfattning av forskningsprogrammets huvudinriktningar.

#### *Atmosfärfysik*

- fortsatt grundforskning om globala atmosfärs- och klimatprocesser, såväl naturliga som antropogena
- ökade insatser inom dataanalys, som utnyttjar globala observationer tillsammans med egna lokala.

#### *Sol-jord växelverkan (solär-terrester fysik)*

- forskning om den variabla solen – speciellt solkoronan, dess magnetfält och plasmautflöde (solvinden) – och dess inflytande på jorden och dess närmiljö
- fördjupad forskning om grundläggande accelerations- och energiöverföringsprocesser i jordmagnetosfären, med utnyttjande av teori och avancerade analysmetoder
- innovativ rymdplasmaforskning med utnyttjande av multipla avancerade mätsonder.

#### *Solsystemets fysik och astrofysik*

- grundforskning om solsystemets tillkomst och utveckling med utgångspunkt från de plasmafysikaliska förutsättningarna (Solen, solvinden, planeter, kometer)
- utveckling av globala plasmasimuleringsmodeller
- utveckling av avancerade instrument av högsta internationella klass, speciellt högdynamiska plasm spektrometersystem, ENA- och jonmasspektrometrar
- grundforskning om komparativa magnetosfärer inom astrofysiken.

#### *Rymdplasmafysik*

- grundforskning om de väsentliga processerna i rymdens plasma, t ex energitransport och partikelacceleration, och dess inverkan på omgivningen av jorden och andra planeter, solen, solvinden och kometer
- utveckling av avancerade instrument av högsta internationella klass, speciellt integrerade system för att mäta statiska och varierande elektriska fält, samt densitet och temperatur med hög upplösning
- innovativ forskning om rymdens plasma med flerpunktsmätningar i rymden (t ex Cluster) och på marken (t ex EISCAT/ESR).

#### *Rymdens fysik*

- utveckling av avancerade radiometriska metoder för att från rymden och marken studera omgivningarna kring solen, jorden och andra planeter
- studier av turbulenta fenomen, självorganisation och komplexa system i rymden
- aktivt delta i europeiska samarbeten inom forskning och utbildning i rymdfysik och rymdteknologi.

### **Global observatorieverksamhet**

Observatorieverksamheten är grunden till nuvarande rymdfysikforskning. Etableringarna av såväl IRF i Uppsala (f d Uppsala jonosfärobservatorium) 1952 som IRF i Kiruna (f d Kiruna geofysiska observatorium) 1957 tillkom för att genomföra regelbundna observatoriemätningar. Långa obrutna tidsserier av globala mätningar är ovärderliga i dagens såväl som framtidens forskning. Ur valda delar av observatoriemätningar beräknas idag ett antal aktivitetsindex (t ex Dst och AE) som utgör viktiga referenssystem för rymdfysikforskningen. Av det skälet har de flesta utvecklade nationerna på jorden påtagit sig ansvaret att från sitt territorium bidra till den globala produktionen av observatoriemätningar.

IRF ser det som sin uppgift att svara för den svenska produktionen av observatoriemätningar inom rymdfysikområdet. Under 51 år har IRF bidragit med magnetometer-, riometer-, jonosond- och norrskensdata. Under 29 år har IRF också bidragit med kontinuerliga registreringar av infraljudvågor (med frekvens 2-20 Hz) i jordatmosfären. IRF avser att fortsätta dessa kontinuerliga registreringar, samt undersöka möjligheter till att förstärka med nya mätningar som kan vara av framtida intresse.

IRF bistår även det internationella nätverket NDSC (Network for the Detection of Stratospheric Change) med mätningar av t ex ozon. Denna verksamhet har pågått i snart 15 år.

### **3.2 Jämställdhet inom forskning och forskarutbildning**

IRF utarbetar en jämställdhetsplan som följs upp och revideras på årsbasis. Bland de aktiviteter som pågår inom jämställdhetsarbetet kan nämnas att IRF eftersträvar:

- att skapa en övergripande förståelse för jämställdhetsarbetet
- att vid rekrytering av forskare och forskarstuderande beakta könsaspekten, t ex i annonsering
- att skapa trovärdighet för att kvinnor och män har lika möjligheter inom IRF
- att skapa en situation för småbarnsföräldrar som medger att karriärmöjligheterna är könsneutrala
- att i grund- och gymnasieskolor skapa intresse för rymden för att därigenom öka rekryteringen till naturvetenskap och teknik bland ungdomar i allmänhet och kvinnor i synnerhet.

En jämnare könsfördelning inom forskning och utbildning kräver dessutom en ändring i synsätt på ett bredare plan, bland annat i de bedömningsförfaranden som för närvarande tillämpas inom forskningen. Objektivitet i granskningen är alltid viktig.

Fler kvinnliga forskningsledare (t ex som projekt- och handledare) inom IRF ökar inte bara möjligheterna för kvinnor att göra forskarkarriär inom IRF utan också rekryteringen av kvinnor till både forskarutbildning och grundutbildning. Sammantaget så ska IRF inom forskning och forskarutbildning:

- verka för en ledarskapsutveckling som tar hänsyn till könsaspekterna
- fortsätta att aktivt stimulera till blandad könssammansättning av forskare och doktorander.

### **3.3 Samverkan med andra myndigheter, lärosäten och institut**

Högkvalitativ forskning kräver nära och regelbundna kontakter med andra ledande forskare, ingenjörer och forskargrupper. IRF satsar därför på att vidmakthålla och fördjupa de nationella såväl som internationella nätverken inom rymd- och atmosfärforskning och med rymdindustrin.

IRF verkar för en samordning av svensk rymdfysikforskning. IRF var redan i begynnelsen av rymderan en påskyndare av ett nationellt rymdforskningsprogram. I slutet av 1960-talet och början av 1970-talet föreslogs från IRF att en svensk forskningssatellit skulle utvecklas, av såväl forsknings- som industriutvecklingsmässiga skäl. Ett målmedvetet arbete av IRF ledde så småningom 1979 till beslut om genomförande av det första svenska satellitprojektet Viking. Viking, uppsänd 22 februari 1986, gav inte bara svensk rymdindustri en god start utan blev en av 1980-talets stora succéer inom internationell rymdplasmafysik. Den andra forskningssatelliten Freja (uppsänd 1992) och de två mikrosatelliterna Astrid 1 (1995) och Astrid 2 (1998) befäste Sveriges ställning inom rymdområdet.

IRF fortsätter att driva på ett svenskt småsatellitprogram som ett av de viktigaste medlen för internationella forskningsframgångar. Den senaste generationen av satelliter, nanosatelliter med massa under 10 kg, utvecklas vid IRF:s avdelningar i Kiruna och Uppsala. Den första svenska nanosatelliten Munin sändes upp i november 2000. IRF avser att fortsätta denna utvecklingslinje mot mycket små forskningssatelliter under de närmaste åren.

IRF har således en väsentlig roll att spela i utformningen av det svenska rymdprogrammet inom rymdfysikområdet. Verksamheten inom IRF svarar för drygt 80% av den nationella rymdfysikforskningen inom Sverige, både i fråga om antal anställda och i fråga om ekonomisk omslutning. IRF:s val av forskningsprojekt blir därför i hög grad styrande för hela det svenska programmet.

Atmosfärfysikforskning har bedrivits vid IRF i liten skala sedan 1974, mer intensivt sedan 1996 då EU beviljade anslag till Miljö- och rymdforskningsinstitutet, MRI, och därmed till atmosfärforskningsprogrammet vid IRF. Kombinationen av fasta forskningsinstallationer vid IRF, det geografiska läget och övriga installationer i Kirunaområdet (vid Esrange och Arena Arctica) utgör sammantaget unika förutsättningar för studier av den polära atmosfären. IRF:s atmosfärfysikforskning utgör samtidigt en bas för ytterligare expansion av forskning och utbildning i Kiruna. Atmosfärfysikforskning är även nödvändig för IRF:s strävan att förstå hela ekopelaren, från solen ner till atmosfären.

IRF:s verksamhet på flera universitetsorter i Sverige (Umeå, Uppsala och Lund) ger goda möjligheter till en nära samverkan med dessa lärosäten. IRF samverkar aktivt med universitetsverksamheten i Kiruna (Umeå universitet och Luleå tekniska universitet). I Uppsala finns IRF tillsammans med universitetsforskare vid Ångströmlaboratoriet och har gott samarbete med ÅSTC i samma byggnad.

Under tidigt 1990-tal verkade IRF för grundläggande utbildningar i rymdteknik, vilket resulterade i att en rymdingenjörutbildning under Umeå universitet startade i Kiruna 1992. Den av regeringen inrättade Forskarskolan i rymdteknik under Luleå tekniska universitet började sin verksamhet i Kiruna 2001 och har idag över 20 forskarstuderande vid olika universitet i Sverige. År 2000 startade ett nationellt rekryterande rymdgymnasium i Kiruna. Sedan 2001 finns en rymdteknikgren vid Uppsala universitet där bl a forskare från IRF undervisar. Den starka satsningen på rekryteringsbasen för morgondagens internationella rymdforskning ligger helt i linje med den internationella trenden.

### 3.4 Samverkan med näringslivet

IRF eftersträvar utökade direktkontakter med svensk industri och företag med intressen inom rymdområdet.

Rymdforskningen är teknikberoende och forskningens krav är teknikpådrivande. I de artificiella satelliternas begynnelse var det naturligt att välja rymdfysikaliska projekt som tillämpningar för den nya teknologin, och teknikutvecklingen har sedan lett till andra forskningsprojekt och kommersiella tillämpningar. Även i dag begränsar teknologin de typer av rymdfysikaliska experiment som kan genomföras. Därför sker teknologiutveckling inom IRF, en utveckling som kan leda till fler industriella tillämpningar. På samma sätt sker teknikutveckling inom industrin som kommer IRF:s forskningsverksamhet till nytta. IRF samverkar nära med Rymdbolaget och större och mindre företag, liksom med organisationer som FOI. IRF eftersträvar att ytterligare utvidga kontakter med svensk industri i allmänhet och rymdindustrin i synnerhet. Rymdteknikens tillämpningsområden ökar stadigt i dagens samhälle. Det som ansågs som exklusiva experiment med begränsade samhällstillämpningar igår har blivit del av vår vardag idag. Ett exempel på detta är TV-satelliterna, som idag nästan helt ersatt de gamla marknäten för TV i världen. Ett annat är GPS som togs fram för militär användning, men som idag utgör det dominerande systemet för positionsbestämning.

De nya rymdtillämpningarna kräver kunskap om rymdmiljön. Kunskaperna om rymdvädet är avgörande för hållbarheten av tekniska system – i rymden såväl som på jorden. IRF:s kunskaper och forskning förväntas därför få gradvis ökad praktisk betydelse för samhälle och industri.

### 3.5 Internationellt forskningssamarbete

IRF eftersträvar att befästa och utveckla den internationella samverkan på en hög nivå såsom varande det främsta medlet för att i framtiden kunna initiera och genomföra avancerade rymdprojekt.

IRF är en nationell resurs med lång erfarenhet av rymdforskning. IRF-forskare har genom åren initierat, utvecklat och nationellt dominerat utnyttjandet av internationella anläggningar och forskningsprojekt. Ett exempel på en internationell anläggning där IRF spelat en ledande roll i såväl design, uppbyggnad och utnyttjande är EISCAT. Ett exempel på en liknande roll inom satellitområdet är ESA-projektet Cluster. Sedan den första ESA/ESRO forsknings-satelliten ESRO-1 (uppsänd 1968, efter ESRO-2), med ett IRF experiment ombord, har IRF deltagit i ett trettiotal satellitexperiment, i mer än hälften av dessa som huvudansvarig för ett instrument. Att göra egna erfarenheter och data tillgängliga för andra forskargrupper i Sverige är en strategiskt viktigt förutsättning för vidareutveckling av svensk rymdforskning.

Experimentell rymdforskning är resurskrävande och tidsskalorna i vissa rymdprojekt är tiotals år från projektstart tills mätresultat erhålls. Som exempel på detta kan nämnas Cassini med projektstart 1990 och som nästa år är framme vid Saturnus. Cassini beräknas samla data fram till ca 2010. Kometsonden Rosetta är ett annat exempel där instrumenten nu är färdiga för uppsändning 2004 men som når målet kometen 67P/Curyonov-Gerasimenko först hösten 2014.

Observatorieverksamheten betraktas också som en viktig del av den internationella stor-skaliga forskningen. De långa mätserierna och den globala täckningen är de främsta skälen för



att värna om denna verksamhet. Som en del av ett världsomspännande nät av observatorier ser IRF som en viktig uppgift att bidra med fortsatta jonosond-, magnetometer-, norrskens-kamera, riometer- och infraljudmätningar för en framtida generation forskare.

Med tanke på resursbehov och tidsskalor kräver rymdforskningen en särskild organisation som medger ett programtänkande och en långsiktig planering. Vad gäller forskningsanslag sker denna programplanering inom Rymdstyrelsen. Inom VR:s EISCAT-kommitté sker programplaneringen för den svenska EISCAT-forskningen. Vad gäller den långsiktiga observatorieverksamheten har denna hittills till största delen finansierats med IRF:s ramanslag, men bidrag har även erhållits från Kempestiftelsen och genom EU.

Framgångsrik verksamhet inom rymdfysik bedrivs i många länder. Flera av de större länderna i Europa (Tyskland, Frankrike, Storbritannien) har nationella satellitprogram vid sidan om deltagandet i ESA:s vetenskapliga program. Bland de mindre länderna är Sverige tämligen unikt i att ha ett eget framgångsrikt småsatellitprogram.

Större satellit- och rymdsondprojekt (t ex Cluster och Rosetta) är så pass kostsamma att de som regel kräver bred internationell samverkan. Sådan samverkan sker genom ESA, men kan också få formen av bilaterala eller multinationella samverkansavtal vid sidan om ESA. Även de stora radarprojekten (EISCAT, ESR, Super-DARN, LOIS m fl) kräver internationell samverkan för att kunna förverkligas och drivas. IRF bidrar aktivt i den planering som sker för en utveckling av EISCAT, vars huvudkontor är placerat i Kiruna. EISCAT betraktas som den mest sofistikerade forskningsradarn i världen.

Atmosfärforskningen vid IRF var redan i begynnelsen av expansionen 1996 starkt internationellt förankrad. Dess nuvarande nätverk och samarbetsprojekt gör IRF:s atmosfärfysikforskare till en integrerad del av det internationella forskarsamfundet.

Med de begränsningar i ekonomiska resurser som alltid finns kommer internationell samverkan att vara avgörande för IRF för att kunna genomföra nya stora projekt. IRF har genom de nu pågående projekten etablerat ett mycket väl utvecklat internationellt nätverk av samverkanspartners. Samtidigt måste IRF ha en sådan självständighet och kompetens att man kan initiera och driva sina egna linjer inom ramarna för de internationella projekten.

Bilaterala och multilaterala projekt utgör en viktig del av IRF:s forskningsprogram. Som exempel på framgångsrika bilaterala projekt kan nämnas samarbete med IKI. IRF har idag också ett nära samarbete med ISAS (Japan), flera universitet i USA och med NASA. Samarbetet med Kina och Indien förväntas öka. IRF har blivit inbjuden att delta i flera nya projekt. Bland de projekt som använder markbaserade instrument finns en rad framgångsrika bilaterala projekt. Bland annat sker samarbete med Finska Meteorologiska Institutet (FMI), ett samarbete med National Institut of Polar Research (NIPR, Japan) och för studier med meteorradar med England. Även sondraketkampanjer (NASA) och ozonkampanjer (England, USA, Frankrike och Tyskland) genomförs som bilaterala eller multilaterala forskningsprojekt.

Nationella forskningsprojekt, där hela eller merparten av satellitplattformen är svenskfinansierad, är multilaterala i sin forskarsammansättning. Medverkande forskare kan ha bidragit med ett centralt instrument, som på så sätt motiverar ett deltagande utan att behöva bidra med medel till övriga delar av projektet. Denna modell utnyttjas för övrigt också av

IRF-forskare när dessa deltar i andra nationers projekt.

Satsningen på bilaterala/multilaterala projekt är även fortsättningsvis en viktig strategi för att genomföra avancerade forskningsprojekt på en kostnadsnivå under den som kräver ESA:s resurser. Fördelen med bilaterala/multilaterala projekt, jämfört med ESA-projekt, är att dessa projekt kan skraddarsys bättre och ofta genomföras snabbare.

### 3.6 Forskarutbildning

Forskarutbildning är en viktig aktivitet inom IRF. Det har dock inom IRF varit för knäppt med resurser till handledning och utformande av kurser för att kunna genomföra all den utbildning som efterfrågas. IRF bedriver i samverkan med universiteten forskarutbildning inom rymdfysik, atmosfärfysik och rymdteknologi. Antalet doktorander har stigit under senare år.

Forskarutbildningen inom rymdfysik och rymdteknologi utgör en god bas för anställning inom näringsliv och förvaltning även utanför rymdområdet. Samverkan med näringslivet inom forskarutbildningen sker bl a inom forskarskolan AIM där IRF:s personal i Uppsala medverkar. Även i Lund sker en nära och ökande samverkan med näringslivet (t ex kraftindustrin. Den ökande omfattningen av forskarutbildning ställer ökande krav på handledning och utveckling av kurser.

Den nationella forskarskolan i rymdteknik har på ett mycket positivt sätt bidragit till en ökning av forskarutbildningen vid IRF. Kiruna rymd- och miljöcampus, KRM är ett exempel på hur IRF bidragit till att befästa rymdvetenskap och rymdteknik på grundutbildningsnivå. KRM-satsningen kommer att kunna ge en väsentlig förstärkning när resurserna börjat användas fullt ut.

Det är viktigt att notera att utvecklingen av atmosfär- och rymdvetenskap samt rymdteknik sker inom ramen för verksamheten vid ett forskningsinstitut. Utbildningar och kurser har *de facto* utvecklats ur ett avancerat forskningsprogram, stimulerat av näringslivets behov av utbildad arbetskraft inom ett nytt kompetensområde. Grundforskning vid ett fristående forskningsinstitut har därmed på ett naturligt sätt integrerats i utbildning på universitet och högskolor.

### 3.7 Ett tillgängligt kompetenscentrum

IRF bedriver en internationellt sett avancerad grundforskning i atmosfär- och rymdfysik. Tillämpad forskningsverksamhet bedrivs inom områden som signalbehandling, sensorteknik och rymdteknik. IRF besitter breda kunskaper om rymden och den påverkan som fysikaliska processer i rymden har på miljön och biosfären. Dessa kunskaper är av betydelse i många sammanhang. IRF vill därför öka sin tillgänglighet som kunskapscentrum, för att på så sätt öka medvetenheten om kunskapsfronten om de "naturliga" såväl som de antropogena orsakssammanhangen i vår miljö. Detta kommer att ske genom:

- ökade kontakter med politiker, organisationer, näringsliv och folkbildningsorgan
- ökade insatser för att skapa större kontaktyta med media och allmänhet
- ökade insatser för att skapa goda kontakter och samarbete med skola och utbildning på alla nivåer genom olika aktiviteter för lärare och elever

Information om forskning och forskningens roll i vårt moderna samhälle måste öka

ytterligare. IRF medverkar till att öka informationen om forskning och forskningsresultat till regering, riksdag, allmänhet och media – som ett tillgängligt kompetenscentrum för rymdvetenskaperna. IRF har t ex tillsammans med Rymdbolaget varit pådrivande för att etablera ett Rymdforum i Sverige. Den första, mycket lyckade, konferensen hölls i Kiruna i maj 2003. Rymdforum kommer att ha återkommande aktiviteter och har även på olika sätt, via media och internet, informerat om rymdverksamhet i Sverige.

Tillgänglighet är viktig för att forskningsresultat ska kunna förmedlas inom forskning, undervisning och ut i samhället. Forskning och utbildning hör ihop, d v s högre utbildning får högre kvalitet i en forskningsmiljö. På samma sätt vitaliseras forskningen av tillgång till unga studerande. Tillgänglighet till forskningsrön berör i högsta grad politiker och allmänhet. Forskningsresultat påverkar samhället direkt eller indirekt – tekniskt, ekonomiskt och kulturellt.

IRF har ett stort engagemang för att föra ut rymdvetenskaperna på grundutbildningsnivå. IRF samverkar t ex med Umeå universitet och Luleå tekniska universitet inom grundutbildningen vid Kiruna rymd- och miljöcampus. Vid universiteten i Lund och Uppsala ansvarar IRF-forskare för hela eller delar av kurser på grundutbildningsnivå. IRF bidrar på så sätt till att förankra rymdvetenskaperna i de grundläggande utbildningarna på universiteten.

IRF har som målsättning att spela en fortsatt ledande roll inom internationell forskning. I detta ingår att utveckla nya avancerade forskningsmetoder och producera forskningsrapporter av högsta internationella klass.

## 4 Förkortningar

ADEOS	Advanced Earth Observing Satellite
AE	Auroral Electrojet index
AI	Artificiell intelligens
AIM	Advanced Instrumentation and Measurements (vid Uppsala univ)
AIM	Aeronomi of Ice in the Mesosphere mission (NASA)
CNES	Centre National d'Études Spatiales (Frankrike)
CSSAR	Center for Space Science and Applied Research (Kina)
DOAS	Differential Optical Absorption Spectroscopy
EISCAT	European Incoherent Scatter
ENA	Energirika neutrala atomer
ENVISAT	Environment satellite
ESA	European Space Agency
ESR	EISCAT Svalbard Radar
ESRAD	Esrangle mesosphere-stratosphere-troposphere radar
ESRO	European Space Research Organisation (nu ESA)
FMI	Finska Meteorologiska Institutet
FOI	Totalförsvarets forskningsinstitut
FT-IR	Fourier Transform InfraRed spectrometer
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GPS	Global Positioning System

IKI	Space Research Institute (Moskva)
INTAS	The International Association for the promotion of cooperation with scientists from the New Independent States of the former Soviet Union
IRF	Institutet för rymdfysik
ISAS	The Institute of Space Astronautical Science (Japan)
ISES	International Space Environment Service
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
LOIS	Low frequency array (LOFAR) Outrigger in Scandinavia
MRI	Miljö- och rymdforskningsinstitutet
NASA	National Aeronautics and Space Administration (USA)
NDSC	Network for the Detection of Stratospheric Change
NIPR	National Institute of Polar Research (Japan)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)
SEE	Stimulated Electromagnetic Emission
SMART	Small Missions for Advanced Research and Technology
SSF	Stiftelsen för Strategisk Forskning
Super-DARN	Super Dual Auroral Radar Network
TIMED	Thermosphere-Ionosphere-Mesosphere-Energetics and Dynamics mission
TOMS	Total Ozone Mapping Spectrometer
UARS	Upper Atmosphere Research Satellite
VINNOVA	Verket för innovationssystem
VR	Vetenskapsrådet
ÅSTC	Ångström Space Technology Center