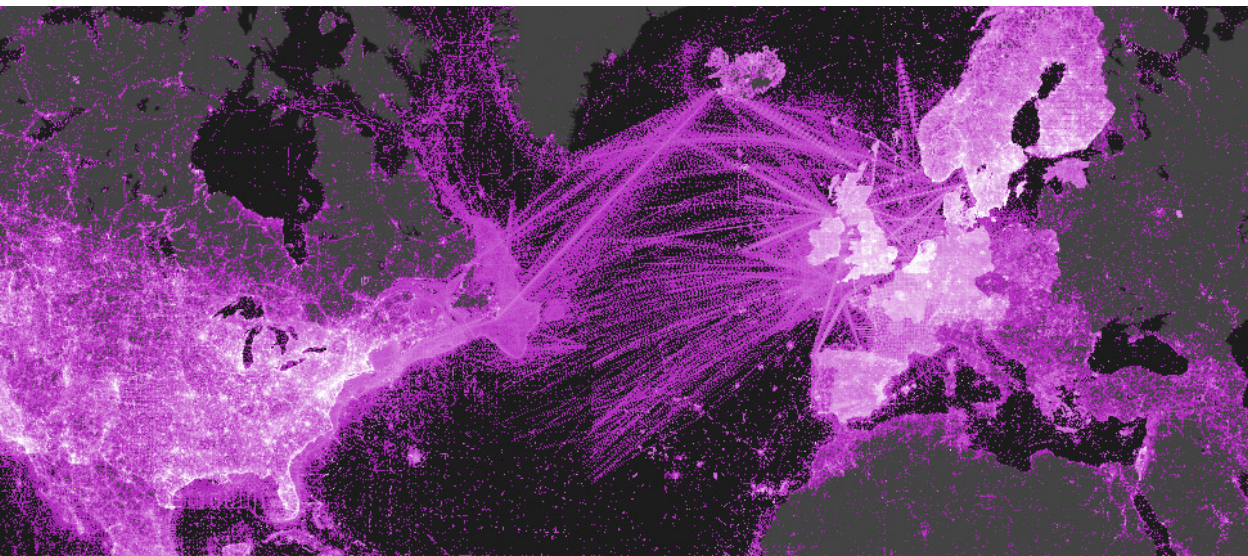


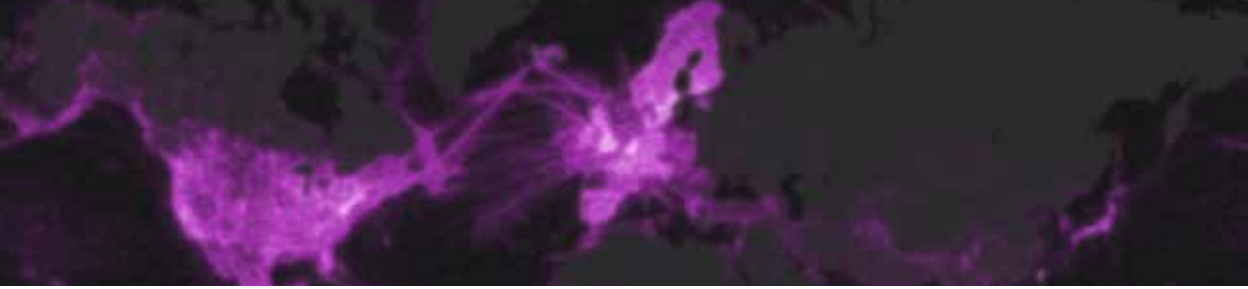


Vetenskapsrådet

VETENSKAPSRÅDETS GUIDE TILL INFRASTRUKTUREN 2014



VETENSKAPSRÅDETS GUIDE TILL INFRASTRUKTUREN 2014



VETENSKAPSRÅDETS GUIDE TILL INFRASTRUKTUREN 2014

Rapporten kan beställas på www.vr.se

VETENSKAPSRÅDET

101 38 Stockholm

© Vetenskapsrådet

ISBN: 978-91-7307-259-5

Grafisk form: Erik Hagbard Couchér, Vetenskapsrådet

Omslagsbild: Species occurrence data shared through the GBIF network, December 2014 (<http://gbif.org/occurrence>).

Layout: Nimbus Communication

Tryck: Danagård LiTHO, Motala 2015

FÖRORD

Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen 2014 ingår som en del i det kunskapsunderlag som Vetenskapsrådet sammanställt för att bidra med beslutsunderlag inför regeringens kommande forskningsproposition och för prioriteringar inom ämnesråd, råd och kommittéer. Den kan även användas som referensmaterial inom forskningssektorn.

Vetenskapsrådets styrelse har under 2014 initierat en översyn av processerna för prioritering, finansiering och organisation av nationell forskningsinfrastruktur. Som en konsekvens är denna guiderevision begränsad när det gäller förslag på ny infrastruktur och har i stället huvudsaklig tonvikt på koncentration och samordning av existerande infrastrukturer och på att förtydliga roller och principer för framtida hantering av infrastruktur. I 2016 års uppdatering av guiden förväntas den nya modellen för Vetenskapsrådets infrastrukturhantering implementeras i sin helhet.

Den internationella utvecklingen och utvecklingen inom Sverige har tydliggjort vikten av uttalade roller och strukturer när det gäller att prioritera infrastruktursatsningar. I motsats till enskilda forskningsprojekt är infrastrukturprojekten förhållandevis fåtaliga samtidigt som de är storskaliga, kostsamma, långsiktiga och ofta kräver långtgående samordning mellan organisationer och vetenskapsområden. Det delade finansieringsansvaret mellan olika aktörer som föreslås i den nya modellen förväntas spela en nyckelroll för att uppnå tydligare behovsdriven prioritering, samt bättre effektivitet och förnyelse. Infrastruktursatsningarna speglar landets forskningspolitiska profil och därför är det viktigt att regering och riksdag, forskningsfinansiärer samt universitet och högskolor har tydliga roller och ett gemensamt ansvar när det gäller att forma strategiska riktlinjer och att driva och ansvara för svenska forskningsinfrastrukturintressen.

Vetenskapsrådet lät under 2013 genomföra en utredning av det vetenskapliga behovet av e-infrastruktur, det vill säga resurser för storskalig beräkning, datahantering och -lagring. Utredningen pekar på att Sverige behöver en nationell strategi för e-vetenskap och e-infrastruktur som omfattar hela forskningssystemet. Denna fjärde upplaga av Vetenskapsrådets infrastrukturguide kommer därför att ha e-vetenskap och e-infrastruktur som ett genomgående tema.

Stockholm i december 2014.

Juni Palmgren

Huvudsekreterare för forskningens infrastrukturer vid Vetenskapsrådet

Kerstin Eliasson

Ordförande för Rådet för forskningens infrastrukturer (RFI)

INNEHÅLL

FÖRORD	3
INNEHÅLL	5
SAMMANFATTNING.....	6
SUMMARY	8
REKOMMENDATIONER.....	10
MÅLSÄTTNINGAR OCH DEFINITION AV FORSKNINGSMATERIALEN.....	17
EN NY MODELL FÖR PRIORITERING OCH FINANSIERING AV NATIONELL FORSKNINGSMATERIALEN.....	19
SVENSKA FORSKNINGSMATERIALEN I ETT INTERNATIONELLT PERSPEKTIV.....	22
MORGONDAGENS UTMANINGAR	27
MATERIALVETENSKAP	33
FYSIK OCH TEKNIKVETENSKAPER.....	51
ENERGIFORSKNING.....	69
MILJÖVETENSKAPER – PLANETEN JORDEN.....	80
MÄNNISKA, KULTUR OCH SAMHÄLLE.....	98
LIVSVETENSKAPER	121
E-VETENSKAP	143
BILAGA 1. TABELL 2.....	162
BILAGA 2. AKRONYMER OCH ORDFÖRKLARINGAR.....	172
BILAGA 3. LEDAMÖTER I RÅDET FÖR FORSKNINGENS FORSKNINGSMATERIALEN OCH DESS BEREDNINGSGRUPPER 2014.....	175

SAMMANFATTNING

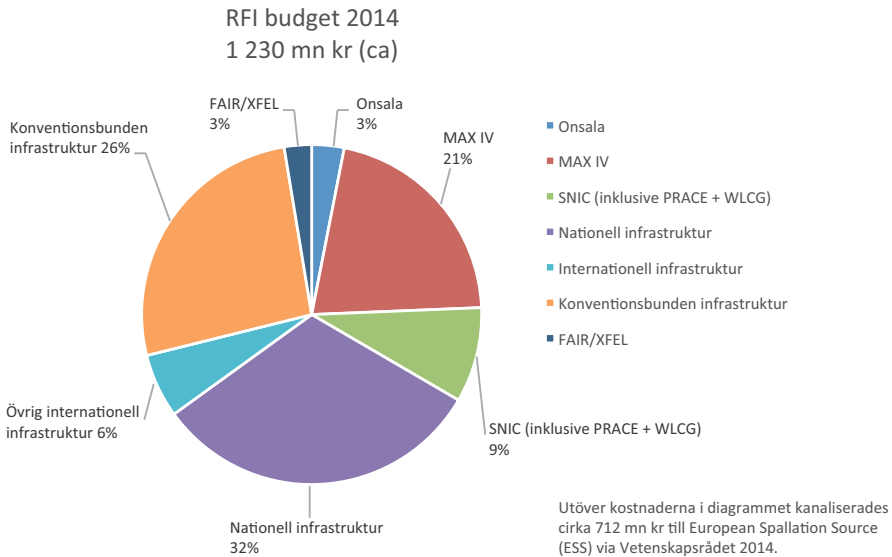
För att ge svenska forskare tillgång till effektiva och högkvalitativa verktyg krävs en avvägning mellan långsiktighet och dynamik samt mellan nationella och internationella infrastruktursatsningar. Under 2014 har Vetenskapsrådet fört en dialog med svenska lärosäten om att förändra systemet för prioritering och finansiering av nationell forskningsinfrastruktur för att skapa större långsiktighet och finansiell stabilitet. Detta har resulterat i framtagandet av en ny modell som beskrivs i den här rapporten. Modellen implementeras i begränsad form 2015 för pågående nationella infrastrukturer som har stöd från Vetenskapsrådet. En bred behovsinventering för framtida satsningar kommer att göras inför uppdateringen av Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen 2016. Som en följd av övergången till en ny modell för prioritering och finansiering är rekommendationerna i denna rapport begränsade när det gäller nya framtida satsningar.

Denna rapport innehåller sju områdesspecifika avsnitt (Materialvetenskap, Fysik och teknikvetenskap, Energiforskning, Miljövetenskaper, Människa, kultur och samhälle, Livsvetenskaper och E-vetenskap), med korta lägesbeskrivningar och beskrivningar av infrastrukturer som har finansiering från Vetenskapsrådet 2014, samt exempel på nya angelägna initiativ. I den övergripande delen av rapporten beskrivs behov av strukturella åtgärder som avser bland annat avvägning mellan forskningssatsningar och infrastruktursatsningar, vikten av ökad information och utbildning i anslutning till infrastruktur, möjligheten att engagera och motivera forskare i arbetet med infrastrukturer samt ökat industriengagemang och teknikutveckling i samband med Sveriges deltagande i internationell infrastruktur.

Under rubriken "Rekommendationer" identifieras särskilda områden som behöver investeringar och satsningar. Speciellt nämns e-infrastruktur, svenska engagemang i internationella anläggningar och samordning av distribuerad infrastruktur inom områdena samhällsvetenskap, medicin, livsvetenskap och miljövetenskap. Riktade utlysningar inom biologisk mikroskopi och masspektrometri samt för databaser inom samhällsvetenskap och medicin har varit under planering en längre tid. Vidare diskuteras hur Sverige på bästa sätt ska förvalta sitt värdskap för neutronspridningsanläggningen European Spallation Source (ESS), synkrotronljusanläggningen MAX IV och radaranläggningen EISCAT-3D.

Rekommendationerna syftar till att svenska medel för infrastruktur används effektivt och långsiktigt. Figur 1 visar en fördelning av Vetenskapsrådets totala budget för forskningsinfrastruktur 2014. I linje med utveck-

lingen i Europa och övriga världen förväntas de samlade kostnaderna för forskningsinfrastruktur under 2015–2020 öka också i Sverige. Tabell 1 ger en uppskattning av kända nya investeringsbehov (se sida 16).



SUMMARY

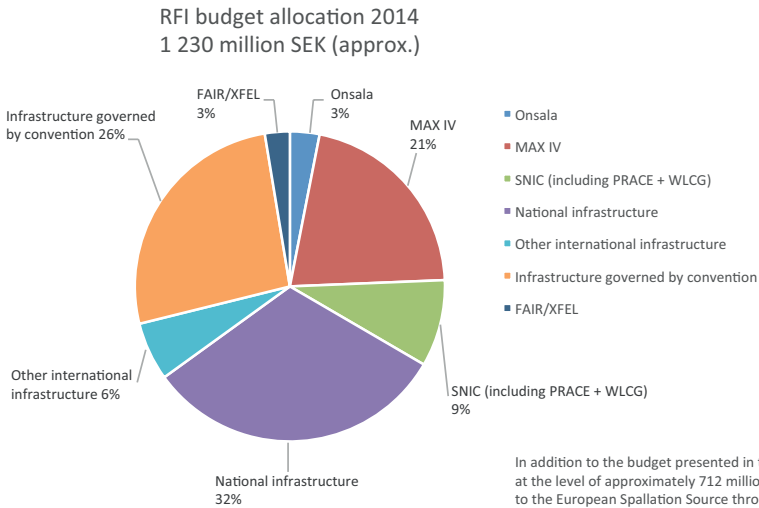
A balance needs to be struck, between sustainability and flexibility and between national and international infrastructure investments, in order to give Swedish researchers access to effective and high-quality tools. In 2014, the Swedish Research Council initiated a dialogue with Swedish higher education institutions on the review of the system for prioritising and funding of national research infrastructure, aimed at creating more sustainability and financial stability. This has resulted in the new model described in this report. In 2015, it will only be applied to national research infrastructure projects currently receiving funding from the Swedish Research Council. Prior to the 2016 update of the Swedish Research Council's Guide to Infrastructures, a broad survey will be undertaken to assess the needs for future research infrastructure investments. Due to the transition to the new prioritisation and funding model, the report only contains limited recommendations regarding new future investments.

This report contains seven subject-specific sections (Materials Science, Physics and Engineering Sciences, Energy Research, Environmental Sciences, Humanity, Culture and Society, Life Sciences and e-Sciences), with brief progress reports and descriptions of infrastructure financed by the Swedish Research Council in 2014, as well as examples of much needed future initiatives. The report contains examples of structural measures relating to the balance needed between research investments and research infrastructure investments. Furthermore, the examples relate to the importance of more outreach and training by infrastructures towards users, the capacity to motivate scientists to build and maintain infrastructures, as well as greater involvement for the Swedish industry in international research infrastructure cooperation and technological development.

The "Recommendations" section identifies specific areas where investments are needed. Particular reference is made to e-infrastructure, Swedish involvement in international (research) facilities and the coordination of distributed infrastructure in social sciences, medicine, life sciences and environmental sciences. Targeted calls for proposals within biological microscopy, mass spectrometry, and for databases in the fields of social sciences and medicine, have been envisaged for some time. This section also addresses how Sweden can best manage its role as host of the neutron scattering facility European Spallation Source (ESS), the synchrotron light facility MAX IV and the radar facility EISCAT-3D.

The aim of the recommendations is to make the use of Swedish research

infrastructure funding more efficiently and with a long-term perspective. Figure 1 shows a breakdown of the Swedish Research Council's total research infrastructure budget in 2014. The cumulative research infrastructure costs are expected to rise in Sweden between 2015 and 2020. This is in line with the trend in Europe and the rest of the world. Table 1 provides an estimate of known new investment needs (see page 16).



REKOMMENDATIONER

Rekommendationerna utgår från återkommande teman i områdesöversikterna och för fram de strukturella åtgärder och satsningar som bör ligga närmast i tiden. Rekommendationerna riktar sig till de aktörer som tillsammans med Vetenskapsrådet formar det svenska forskningssystemet. De områden som rekommendationerna omfattar utvecklas i avsnittet morgondagens utmaningar och i områdesöversikterna.

Från och med 2015 kommer utlysningar för infrastruktur av nationellt intresse att bygga på prioriteringar i Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen. Nedanstående ruta sammanfattar utlysningen för 2015.

Utlsyning av infrastrukturbidrag av nationellt intresse 2015

- Konsortier av flera universitet kan 2015 söka bidrag för en åttaårsperiod för nationella infrastrukturer som behöver förnya ett pågående bidrag från Vetenskapsrådet.
- År 2015 planeras även en riktad utlysning för tvååriga bidrag till drift och för samordning av databaser inom samhällsvetenskap och medicin med fokus på individdata.
- Ansökan om svensk medverkan i internationell infrastruktur sker 2015 enligt samma principer som tidigare år.

Behov av strukturella åtgärder 2015–2020

Ny hantering av forskningsinfrastruktur av nationellt intresse

En ny modell för prioritering och finansiering av nationell forskningsinfrastruktur kommer att implementeras stegvis under perioden 2015–2020. Modellen beskrivs i ett eget avsnitt. Under de närmaste åren behöver Vetenskapsrådet även se över svensk medverkan i internationell forskningsinfrastruktur så att den ger största möjliga nytta ur ett nationellt perspektiv. En sammanhållen prioritering av det nationella och internationella engagemanget eftersträvas.

Avvägning mellan forskning och forskningsinfrastruktur

Forskningens behov ska styra satsningar på infrastruktur, och effekten av infrastruktursatsningar är beroende av utvecklingen inom de forskningsområden som använder sig av infrastrukturen. Både uppbyggnad och utnyttjande av forskningsinfrastruktur kräver att personer med spetskompetens engageras. Detta innebär att stora satsningar på infrastruktur också bör motsvaras av satsningar på forskning. RFI föreslår därför att nya medel anslås av regeringen för forskning och utbildning inom områden där stora infrastruktursatsningar byggs upp nationellt och internationellt.

Information och utbildning

Infrastrukturerna behöver bistå forskare med ökad information och utbildning om hur de kan utnyttja resurserna. Forskare måste få nödvändig kunskap om metoder och tekniker vid de olika infrastrukturerna och erbjudas hjälp med planering av frågeställning och experiment. Användarstöd och utbildningsinsatser är avgörande för att infrastrukturerna ska få genomslag. Svenska lärosäten och infrastrukturer bör fästa ökad uppmärksamhet vid denna funktion.

Kompetensutveckling och karriärvägar för personal vid infrastrukturer

Det är viktigt att stimulera svenska och internationella forskare att engagera sig i uppbyggnad av infrastrukturer och att bistå med experthjälp. För att underlätta detta bör arbetet ges formellt erkännande. Diskussionen om forskares meritering behöver föras samordnat, både vid svenska lärosäten och av finansierare, bland annat inom Vetenskapsrådets ämnesråd och kommittéer.

Instrument- och teknikutveckling samt industriengagemang

Deltagande i infrastrukturprojekt innebär möjligheter för svenska forskare och svensk industri att medverka i instrument- och teknikutveckling, både i själva instrumentkonstruktionen och i utvecklingen av analysverktyg och stödjande programvara. Svensk teknik är i framkant och en sådan medverkan behöver i betydligt högre grad uppmuntras och stödjas. Brett stöd och samverkan av samtliga relevanta aktörer behövs kring verksamheten i Vinnovas nyinrättade Industrial Liaison Office-funktion, ILO.

Behov av samordning och utveckling 2015–2020

De nya satsningar som tas upp här avser i första hand ökad samordning och tillgängliggörande av befintliga resurser.

Stödjande e-infrastruktur

Ur såväl internationellt som nationellt perspektiv ökar betydelsen av e-infrastruktur för forskning inom flertalet ämnesområden. Rapporten *Science cases for e-infrastructures*¹ beskriver hur kvaliteten i såväl basen som spetsen i svensk forskning kan höjas om de digitala verktygen utvecklas och anpassas efter forskningsinfrastrukturernas behov. Basfinansieringen för storskaliga datorresurser för beräkning och lagring behöver öka liksom kapaciteten i nätverk för digital kommunikation. Kraftfulla satsningar på avancerat användarstöd och utbildning behöver genomsyra hela forskningssystemet och innefatta allmän kompetenshöjning och ökad tillgång till e-expertis vid lärosätena. Nationella aktörer, som Vetenskapsrådet och svenska lärosäten, behöver tillsammans utforma nya finansieringsmodeller för e-infrastruktur för det svenska forskningssystemet för att tillgodose de ökande behoven.

Internationella satsningar

Vid många internationella infrastruktururanläggningar kommer betydande investeringar eller uppgraderingar att göras inom de närmaste åren, och nya internationella infrastrukturer planeras som är relevanta för svensk forskning. Vetenskapsrådet behöver utveckla en sammanhållen nationell process för prioritering av nya engagemang.

Samordning av nationella satsningar inom specifika områden

Inom flera områden finns idag ett fragmenterat infrastrukturelandskap, som behöver samordnas och konsolideras. Nedan beskrivs de mest angelägna behoven av samordning. Bakgrunden utvecklas i de områdesspecifika avsnitten.

Databaser inom samhällsvetenskap och medicin med fokus på individdata. Vetenskapsrådet genomförde 2013 en utredning om behovet av nationell samordning av surveyundersökningar, longitudinella studier och kohortstu-

1 Science cases for e-infrastructures, A. Ynnerman, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-240-3

dier². Utredningen pekar på att det behövs ett nationellt koordinerat system för kvalitetssäkrade forskariniterade individdatabaser inom samhällsvetenskap och medicin. Arbetet anknyter till Vetenskapsrådets regeringsuppdrag att skapa en förbättrad nationell infrastruktur för registerforskning (2012/13:30). Det anknyter också till behovet av tydligare information och dokumentation om existerande datakällor samt upprättande av kvalitetssäkrade system för samordning, arkivering och återanvändning av data inom ramen för gällande lagstiftning.

Nationell struktur för biobanker, databaser och register för medicin. Forskning inom livsvetenskaper är beroende av tillgång till information om biologiska material och relaterade individdata där informationskällorna ofta finns inom sjukvården. RFI avser att ge fortsatt stöd i arbetet med att skapa en gemensam nationell biobanksinfrastruktur för såväl forskning som hälso- och sjukvård.

Bioinformatik och systembiologi. Regeringen har gjort stora strategiska satsningar på uppbyggnaden av Science for Life Laboratory (SciLifeLab) som en nationell infrastruktur för storskalig molekylärbiologisk forskning inom livsvetenskaperna. Uppbyggnaden av de experimentella plattformarna ställer höga krav på effektiv hantering, lagring och analys av stora mängder biologiska data. Vetenskapsrådet och Knut och Alice Wallenbergs stiftelse (KAW) verkar för en samordnad gemensam nationell infrastruktur för bioinformatik och systembiologi, vilket kommer att konkretiseras redan vid Vetenskapsrådets utlysning 2015. Likaså har Vetenskapsrådet och KAW enats om att verka för en gemensam datorinfrastruktur för säker hantering av känsliga persondata inom ramen för SNIC.

Biologisk utbildning och strukturbestämning. Vetenskapsrådet stödjer ett flertal noder vid svenska lärosäten som tillhandahåller utrustning för biologisk och medicinsk utbildning. Det nationella nätverket Swedish Bioimaging syftar till att vara en gemensam organisation för dessa noder. Under 2012 genomfördes två utredningar avseende utrustning inom områdena biologisk masspektrometri respektive mikroskopi inom livsvetenskaper³⁴. Dessa pekade på behov av att tillgängliggöra avancerad och dyrbar spetsutrustning, och därför utlyste Vetenskapsrådet 2014 riktade bidrag i syfte att samordna tillgängliggörandet av sådan utrustning.

2 Nationell samordning av frågeundersökningar och längdsnittsstudier, R. Eriksson, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-235-9

3 Nationell samordning av biologisk masspektrometri, G. Hansson, Vetenskapsrådet, 2014, ISBN: 978-91-7307-229-8

4 Möjligheter till samordning av mikroskopi inom livsvetenskaperna, K-E Magnusson, Vetenskapsrådet, 2014, ISBN: 978-91-7307-241-0

Samverkan mellan infrastrukturer för analys av ekosystem. Ekologisk forskning, såsom studier av terrestra, limniska och marina ekosystem, ekosystemtjänster och forskning inom biologisk mångfald är traditionellt starka områden i Sverige. Vetenskapsrådet stödjer ett flertal distribuerade infrastrukturer inom området. De hanterar både e-infrastruktur som samlar och tillgängliggör data och metadata och fältinfrastrukturer som levererar långa tidsserier av fältobservationer. För att uppnå ett tydligt infrastrukturlandskap och ett effektivt utnyttjande av resurserna för forskning bör satsningarna fortsätta att utvecklas och samordnas.

Samverkan mellan infrastrukturer för analys av den fasta jorden. Forskning om den fasta jorden berör frågor om evolution och klimat men också frågor om slutförvaring av kärnbränsle och utvinning av mineraler och olja. Vetenskapsrådet stödjer ett flertal infrastrukturer inom området, såsom vetenskapliga borrhningar, insamling av data och analys för att studera geovetenskap och mineralresurser, samt geodesi. För att uppnå ett tydligt infrastrukturlandskap och ett effektivt utnyttjande av dessa resurser för forskning bör dessa satsningar fortsätta att utvecklas och samordnas.

Utveckling av anläggningar med svenskt värde

Tillvarata möjligheterna vid synkrotronljusanläggningen MAX IV och spallationskällan ESS. Uppbyggnaden av forskningsanläggningarna MAX IV och ESS öppnar nya möjligheter för forskning inom ett brett spektrum av områden som utnyttjar röntgentekniker och neutronspridning. Det är angeläget att ta ett samlat grepp med riktade utlysningar av bidrag till forskning, forskarskolor och industrisamverkan så att svensk forskning som kan utnyttja anläggningarna breddas och fördjupas. Svensk medverkan i existerande infrastrukturer inom området utomlands och utveckling av noder vid andra lärosäten än Lund bör kunna förstärka de svenska värdeskapen för MAX IV och ESS. Med stöd av Sveriges regering behöver MAX IV-laboratoriet, svenska universitet och högskolor samt Vetenskapsrådet, KAW och andra finansörer arbeta för medverkan av ytterligare länder i den fortsatta uppbyggnaden och driften av experimentstationer vid MAX IV.

Säkerställa implementering av radaranläggningen EISCAT-3D. Den internationella organisationen EISCAT, med säte i Kiruna, planerar för en uppgradering av sin radaranläggning för jonosfärsstudier i ett initiativ kallat EISCAT-3D. Förhandlingar mellan de ingående länderna pågår för att kon-

struktionen av den första fasen ska kunna påbörjas under de närmaste åren. Enligt planen kommer Sverige, Norge och Finland att ha gemensamt värdskap för anläggningen som har sändar- och mottagarstationer i de tre länderna. Nationellt stöd och finansiering behövs för att säkerställa det svenska värdskapet för EISCAT-3D och bidra till uppbyggnaden av dess första fas.

Analys och utredningar

Vetenskapsrådet har identifierat behov av nationell samordning av infrastruktur inom teknikvetenskap, humaniora, högupplöst mikroskopi för materialanalys, havsforskning och försöksdjursverksamhet. Därför rekommenderas analys och utredningar inom dessa områden.

Behov av nya investeringar 2015–2020

Ett begränsat antal kända och angelägna nya investeringar för Vetenskapsrådet under 2015–2020 listas i Tabell 1. De är motiverade av utredningar som Vetenskapsrådet låtit utföra 2012–2014. Ytterligare behov av nya investeringar förväntas i samband med uppdateringen 2016 av Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen.

Tabell 1. Kända nya behov för uppbyggnad av infrastruktur av nationellt intresse 2015–2020 (Vetenskapsrådets del av kostnaden)

Infrastruktur	Period	Kostnadsuppskattning
Uppgradering av internationella anläggningar	2018–2020	Bedömning senare
E-infrastruktur	2015–2020	850 mkr*
Biologisk mikroskopi och masspektrometri	2016–2020	150 mkr**
Databaser inom samhällsvetenskap och medicin	2016–2020	150 mkr***
Radaranläggningen EISCAT-3D	2015–2020	120 mkr****

* Detta är den uppskattade ökningen av Vetenskapsrådets bidrag för stödande e-infrastruktur under perioden 2015–2020. Behoven beskrivs i rapporten "Uppdrag till SNIC avseende kartläggning av andra infrastrukturers behov av storskaliga datorresurser för beräkning och lagring"⁵ samt i den utredning som gjorts av forskarnas behov av stödande e-infrastruktur⁶. Uppskattningen tar inte hänsyn till SUNET:s behov.

** Behoven baseras på rapporterna *Nationell samordning av biologisk masspektrometri*⁷ och *Möjligheter till samordning av mikroskopi inom livsvetenskaperna*⁸. En riktad utlysning ägde rum 2014 och den nya samordnande infrastrukturen förväntas sjösättas 2016.

*** En riktad utlysning för databaser inom samhällsvetenskap och medicin planeras 2015, baserad på rapporten *Nationell samordning av frågeundersökningar och längdsnittsstudier*⁹.

**** Protokoll från RFI:s möte den 17-18 september 2014. Dnr 821-2013-1730 och 822-2013-17

5 Uppdrag till SNIC avseende kartläggning av andra infrastrukturers behov av storskaliga datorresurser för beräkning och lagring, Vetenskapsrådet dnr 823-2014-7381

6 *Science cases for e-infrastructures*, A. Ynnerman, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-240-3

7 *Nationell samordning av biologisk masspektrometri*, G. Hansson, Vetenskapsrådet, 2014, ISBN: 978-91-7307-229-8

8 *Möjligheter till samordning av mikroskopi inom livsvetenskaperna*, K-E Magnusson, Vetenskapsrådet, 2014, ISBN: 978-91-7307-241-0

9 *Nationell samordning av frågeundersökningar och längdsnittsstudier*, R. Eriksson, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-235-9

MÅLSÄTTNINGAR OCH DEFINITION AV FORSKNINGSinFRASTRUKTUR

Målsättningar för forskningsinfrastruktur

Förutsättning för banbrytande forskning

Vetenskapsrådet har ansvaret för att svensk forskning har tillgång till den nationella och internationella infrastruktur som behövs för excellens inom grundforskning och den sektorsforskning som avser de statliga forskningsfinansiärerna Forte, Formas och Vinnova. Medel till forskningsinfrastruktur som ligger under till exempel Rymdstyrelsen och Energimyndigheten kanaliseras inte idag via Vetenskapsrådet. Storskalig och långsiktig forskningsinfrastruktur utgör strategiska satsningar som formar det svenska forskningslandskapet.

Samhällsnytta

Infrastruktursatsningar förväntas ha betydelse för samhällsutvecklingen bland annat genom kunskapsuppbyggnad inom olika samhällssektorer, teknikutveckling och innovation samt genom förutsättningar att skapa gemensamma lösningar på globala samhällsproblem. Några exempel där tillgången till infrastruktur varit avgörande för grundforskning med ett stort genomslag i samhället är Argo (3 000 bojar i havet, som visat att värme och koldioxid absorberas av havet), EISCAT (internationell radaranläggning för studier av jonosfären som också används för kartläggning av rymdskrot), CERN (initierade och utvecklade webben) och SHARE (kartläggning av ekonomiska och sociala konsekvenser av åldrande i olika delar av Europa, som bland annat har använts för ny utformning av pensionssystem i olika länder).

Definition och kriterier

Vetenskapsrådet använder följande definition av forskningsinfrastruktur:

- Forskningsinfrastrukturer utgör nödvändiga verktyg för att kunna bedriva forskning av högsta kvalitet.
- Forskningsinfrastrukturer innefattar anläggningar, instrument, kunskapsinsamlingar och tjänster och syftar till att utnyttjas av forskare eller forskargrupper inom grundforskning eller tillämpad forskning inom alla forskningsområden.
- Forskningsinfrastrukturer kan vara centraliserade, distribuerade eller virtuella och infrastrukturen tillgängliggörs utifrån vetenskapliga bedömningskriterier.

Forskningsinfrastruktur ser olika ut inom olika områden. Det kan till exempel röra sig om stora forskningsanläggningar för studier inom materialvetenskap eller fysik, eller om distribuerade databaser för forskning inom humaniora, samhällsvetenskap och medicin. Huvudregeln för alla infrastrukturer som får stöd från Vetenskapsrådet är att de är öppna tillgängliga för svenska forskare och att tillgången regleras på basis av vetenskaplig excellens. De kan vara nationella eller internationella men ska sedan 2008 vara av nationellt intresse och helt eller delvis uppfylla följande generella kriterier. De ska

- ge förutsättningar för världsledande forskning
- vara av brett nationellt intresse
- utnyttjas av ett flertal forskargrupper och användare med högt kvalificerade forskningsprojekt
- vara så omfattande att enskilda grupper inte kan driva dem på egen hand
- ha en långsiktig planering för vetenskapliga mål, finansiering och utnyttjande
- vara öppna och enkelt tillgängliga för forskare, industri och andra aktörer
- ha en plan för tillgängligheten (gäller både utnyttjande av infrastrukturen, tillgång till insamlade data och presentation av resultat)
- i relevanta fall introducera ny spetsteknologi.

EN NY MODELL FÖR PRIORITERING OCH FINANSIERING AV NATIONELL FORSKNINGSFRASTRUKTUR

Vetenskapsrådet finansierar för närvarande ett flertal nationella infrastrukturer som beviljats bidrag baserat på årliga ansökningsomgångar. Dessa nämns i bilaga 1 och beskrivs närmare under respektive område. Vetenskapsrådet har under 2014 gjort en översyn av hanteringen för prioritering, finansiering och organisation av nationell forskningsinfrastruktur. Till grund för arbetet finns en utredning som ingick som ett delprojekt inom

Vetenskapsrådets arbete med strategisk styrning av verksamheten¹⁰. Viktiga utgångspunkter har varit att den nya modellen ska möjliggöra en tydligare process för prioritering, och att den ska uppmuntra en större långsiktighet samt delaktighet i beslut, ansvar och medfinansiering från lärosätenas sida. Det är svårt att hitta ett format som lämpar sig för all forskningsinfrastruktur. Den nya modellen kommer därför att implementeras stegvis och kräver initialt en flexibel hantering. Samtidigt behöver det finnas mekanismer som kopplar satsningarna på infrastruktur med de satsningar som görs på forskning.

Prioritering

Den nya modellen bygger på cykliskt återkommande perioder för framtagande av infrastrukturvägvisaren Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen ("guiden") samt på utlysningar. Guiden föreslås bli vägledande för efterföljande års utlysningar. Detta innebär att möjligheten att ansöka om Vetenskapsrådets infrastrukturbidrag för samordning, utveckling, uppbyggnad och drift av nationell och internationell infrastruktur kräver att infrastrukturprojektet är identifierat och prioriterat i guiden. En fortsatt viktig princip är att ansökningar om både nya och existerande infrastrukturer ska bedömas i konkurrens i en kvalitetssäkrad process. Modellen innebär därmed att Vetenskapsrådets årliga, öppna utlysning av bidrag till infrastruktur (planerings-, utrustnings- och driftsbidrag) upphör.

¹⁰ *Synpunkter på planering, organisation, styrning och finansiering av svensk nationell infrastruktur*, K. Bremer, Vetenskapsrådet 2013, ISBN 978-91-7307-227-4

Underlaget till guiden ska tas fram genom en bred behovsinventering. Olika intressenter, exempelvis universitet och högskolor och andra organisationer som bedriver forskning liksom forskningsfinansiärer inbjuds att lämna förslag på initiering av ny forskningsinfrastruktur, baserat på forskningens behov. Även forskargrupperingar från flera lärosäten har en möjlighet att samordnat formulera behov av infrastruktur. Baserat på det samlade underlaget från behovsinventeringen gör Vetenskapsrådet en vetenskaplig och strategisk prioritering av de identifierade behoven. Prioriteringen ligger till grund för presentationen i guiden och ska ske efter samråd med svenska lärosäten, som är potentiella värdorganisationer, och med Vetenskapsrådets ämnesråd.

Guiden ska publiceras vart fjärde år och en mindre uppdatering planeras vartannat år. Ansökan om nationell infrastruktur bör som regel göras gemensamt av fler än ett universitet (eller annan organisation). Detta borgar för att det nationella intresset finns och för infrastrukturens ekonomiska stabilitet.

En finansieringsplan och ett bindande åtagande från samtliga ingående parter om att stödja uppbyggnad och drift finansiellt ska finnas i ansökan. Vetenskapsrådets bidrag betalas ut när färdigt konsortialavtal och särskilda villkor för bidrag undertecknats.

I bedömning av ansökan om nationell infrastruktur kommer stor hänsyn att tas till mognad och genomförande. Ansökan ska innehålla en detaljerad vetenskaplig, organisatorisk och teknisk plan, samt en plan för stödjande e-infrastruktur. Vidare kommer stor vikt att läggas vid en realistisk och hållbar ekonomisk plan. Ett principbeslut om finansiering innebär att Vetenskapsrådet inleder förhandlingar med det ansvariga konsortiet. Detta kan även innebära en förhandling om värdskap för infrastrukturen.

Organisation och utvärdering

Forskningsinfrastruktur kräver samordning och samarbete. För att en forskningsinfrastruktur ska fungera oberoende av enskilda forskares eller forskarutövares egenintresse behövs en så oberoende organisation och styrning som möjligt, samt internationell *peer review* vid uppföljning. Varje infrastruktur ska ledas av en styrelse som har ett övergripande ansvar för verksamheten. Styrelserna ska vara sammansatta av högt meriterade nationella och internationella forskare och experter på forskningsinfrastruktur som inte ingår i ledningen för universitet och högskolor eller har andra motsvarande ledningsfunktioner inom akademien. Vetenskapsrådet kommer att följa upp verksamheten kontinuerligt och utvärdera den inför beslut om förnyat bidrag.

Finansiering

Vetenskapsrådets finansiering för nationell infrastruktur föreslås kunna uppgå till åtta år. Om infrastrukturen därefter är fortsatt prioriterad i Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen, kan infrastrukturen ansöka om stöd för ytterligare en period. Som riktlinje kommer Vetenskapsrådet att eftersträva en jämn fördelning av infrastrukturens totalkostnader mellan konsortiet och Vetenskapsrådet, beräknat över hela bidragsperioden. Efter beslut om bidrag inleds en förhandling mellan Vetenskapsrådet och det ansvariga konsortiet. För riktigt stora nationella anläggningar som MAX IV, Onsala rymdobservatorium och SNIC behövs en särskild förhandling om nivån på Vetenskapsrådets stöd.

SVENSKA INFRASTRUKTURSATSNINGAR I ETT INTERNATIONELLT PERSPEKTIV

Vetenskapsrådet deltar som medlem i ett flertal internationella infrastrukturer. För Sverige innebär medlemskap i internationella infrastruktursatsningar stora fördelar eftersom de ger tillgång till avancerade utrustningar och anläggningar som är för dyra eller omfattande att bygga upp och driva nationellt. Samtidigt innebär varje enskilt medlemskap ett finansiellt åtagande som binder upp medel under många år framåt och därmed påverkar det framtida handlingsutrymmet. Framtida prioriteringar och finansiering av svenskt deltagande i internationell infrastruktur behöver relateras till nationella satsningar och behov samt till de internationella processer som styr utvecklingen i Europa och globalt.

Det europeiska landskapet: Horisont 2020, ESFRI och Science Europe

Under 2014 lanserade EU sitt nya forskningsprogram för perioden 2014-2020, Horisont 2020, i vilket stödet till forskningsinfrastruktur ökade markant i jämförelse med tidigare program. Uppbyggnaden av paneuropeisk forskningsinfrastruktur har underlättats av att EU från 2009 instiftade en ny organisationsform för gemensamma europeiska projekt, European Research Infrastructure Consortium (ERIC).

ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) är ett nyckelorgan för kartläggning och prioritering av paneuropeisk infrastruktur, bestående av representanter från EU:s medlemsstater med flera. ESFRI har sedan 2002 identifierat angelägna europeiska infrastrukturer, vilka presenteras i *The European Roadmap for Research Infrastructure*.

Science Europe bildades 2011 som en forskningspolitisk organisation vars syfte är att stärka samarbetet mellan forskningsorganisationer i Europa. Science Europe har i samråd med ESFRI bland annat utarbetat principer för tillgång till paneuropeisk infrastruktur.

Sverige har aktivt deltagit i det europeiska infrastruktursamarbetet och bör fortsatt prioritera strategisk representation i europeiska forum där infrastrukturfrågor diskuteras och beslutas.

Svenskt värdskap för internationell infrastruktur

Fördelarna med svenskt värdskap för internationellt ledande infrastruktur är såväl vetenskapliga som strategiska och samhällseliga. Den forskningsintensiva miljön kring infrastrukturerna lockar forskare och företag och leder till regionala satsningar, vilket redan sker i samband med uppbyggnaden av MAX IV och ESS i Lund. Samtidigt kräver värdskapet att Sverige tar ett stort ansvar för genomförande, användning och strategier för finansiering på alla nivåer.

ESS och MAX IV

European Spallation Source (ESS) är en forskningsanläggning för detaljerad analys av material och andra molekylära strukturer och kommer att användas inom ett brett spektrum av områden. Anläggningen identifierades tidigt av ESFRI som en angelägen europeisk infrastruktur och byggs nu i Lund med finansiell medverkan av minst 17 länder. Sverige och Danmark ansvarar för koordinering av uppbyggnad och drift av anläggningen som planeras att stå klar för användning 2019.

Utvecklingen och uppbyggnaden av den närliggande synkrotronljusanläggningen MAX IV är ett resultat av svenska forskares målmedvetenhet och erkända kompetens inom området acceleratorfysik och synkrotronljusanvändning. Acceleratorkonstruktionen och första fasen av strålrörsutvecklingen för MAX IV har varit ett huvudsakligen svenskt infrastrukturprojekt med stöd endast från de närmaste grannländerna. För konstruktionen och driften av strålrör i senare faser behövs utökad internationell samverkan för att säkerställa att anläggningens exceptionella förutsättningar utnyttjas maximalt. Vetenskapligt och politiskt förhandlingsstöd är en förutsättning.

Utbyggnad av EISCAT till EISCAT-3D

Sverige är värdland för den internationella organisationen EISCAT Scientific Association med säte i Kiruna. Anläggningen är avsedd för forskning inom rymd-, plasma- och atmosfärfysik och används även för forskning inom bland annat meteoritastronomi, rymdsäkerhet och radioastronomi. Det befintliga EISCAT-radarsystemet i norra Skandinavien och Finland kommer att fasas ut inom några år när frekvensrättigheterna tas över av kommersiella aktörer. Som efterträdare befinner sig ESFRI-projektet EISCAT-3D vid tröskeln mellan planerings- och implementeringsfas. I detta skede stödjer Vetenskapsrådet planering och internationell koordinering.

Minst fem länder i EISCAT Council, bland annat Sverige, förväntas under 2015 eller 2016 ta finansieringsbeslut för uppbyggnad av EISCAT-3D.

Svenskt deltagande i distribuerade internationella infrastrukturer

De distribuerade infrastrukturer där Sverige för närvarande är medlem nämns i tabellen i bilaga 1 och beskrivs närmare under respektive område. Karakteristiskt för de distribuerade internationella infrastrukturerna är den relativt låga kostnaden för medlemskap i den koordinerande internationella centralenheten och den relativt större kostnaden för uppbyggnad och framför allt drift av de nationella delarna av infrastrukturen, vilka ofta fungerar som noder i den internationella infrastrukturen.

Efter beslut i Sveriges riksdag och regering har Vetenskapsrådet getts uppdraget att prioritera och inom givna ekonomiska ramar förhandla villkor för svenskt deltagande i ett antal av de europeiska infrastrukturerna på ESFRI:s vägkarta 2010. Vetenskapsrådets prioritering av deltagande baserar sig på ansökan inlämnad av en potentiell svensk nod till den europeiska infrastrukturen. Vid bedömningen tas hänsyn till infrastrukturens vetenskapliga höjd, dess tekniska och organisatoriska planer samt dess strategiska betydelse för svensk forskning.

Svenskt deltagande i internationella infrastruktur-anläggningar

De internationella infrastruktur-anläggningar där Sverige för närvarande är medlem nämns i tabellen i bilaga 1 och beskrivs närmare under respektive område i områdesöversikterna. Gemensamt för många av de internationella anläggningarna är att de utgör mycket långsiktiga engagemang med betydande kostnader. Detta gäller främst under uppbyggnadsfasen, men även senare under driftsfasen och då i synnerhet vid uppgraderingar av anläggningen.

Många av de internationella infrastrukturerna styrs av mellanstatliga konventioner som är särskilt stabila organisationer med en långdragen och komplicerad process för eventuellt utträde. Svensk medverkan i konventionsbundna samarbeten på internationell nivå bör därför föregås av nog-

grann utredning och avvägning av den vetenskapliga nyttan.

Svenska forskare är också ofta engagerade i utveckling, uppbyggnad, drift och uppgraderingar av specifika experiment vid internationella anläggningar. Arbetet organiseras i någon form av forskarkonsortium och finansieras, utöver bidraget till anläggningen i sig, i regel av medlemsländerna. Genom forskarkonsortierna bygger de medverkande länderna gemensamt upp specialiserade, inte sällan dyra, för experimenten anpassade instrument och laboratorier vid anläggningen, vilka ofta utgör forskningsinfrastrukturer i sig. Vid bedömning av svenskt deltagande i internationella anläggningar är det därför viktigt att så tidigt som möjligt i processen ta ställning till vilka forskarkonsortier Sverige kan ha intresse av att medverka i och vilka kostnader som deltagandet medför.

Delar av den svenska finansieringen till uppbyggnaden av nya anläggningar kan utgöras av så kallade in-kind-bidrag. Detta innebär att en del av medlemsavgiften betalas genom att svenska forskare bidrar till anläggningen med utrustning och/eller kompetens, vilket medför nytta för svenskt kunnande och svensk teknikutveckling. In-kind-bidrag har utgjort en betydande del av det svenska bidraget till de internationella anläggningarna XFEL och FAIR som båda kommer att gå från konstruktionsfas till driftsfas under de närmaste åren. Vid bland annat CERN, ESO och IceCube planeras betydande utvecklings- och uppgraderingsarbeten.

Svenska forskare deltar redan idag i utvecklingsarbetet inom infrastrukturer där Sverige ännu inte är medlem. Vissa av dessa infrastrukturer är särskilt intressanta, bland annat radioastronomianläggningen SKA, högenergi-astrofysikanläggningen CTA och forskningsreaktorn MYRRHA.

Exempel på andra stora svenska satsningar

Biobanker, databaser och registerforskning

Sverige har en unik potential att inom medicinsk, folkhälsovetenskaplig och samhällsvetenskaplig forskning utnyttja personnummerbaserade nationella biobanker, databaser och register. De nationella registren bygger på sekel-långa traditioner av noggrann datainsamling om den svenska befolkningens sammansättning och levnadsförhållanden. De nationella biobankerna och modern molekylär teknik kombinerade med forskarinitierade tvärsnittsstudier, longitudinella studier och kohortstudier ger helt nya möjligheter att studera bakomliggande mekanismer, tidig upptäckt och behandling av

sjukdomar. Dessutom har Sverige ett antal generella system för vård och socialförsäkring samt nationella kvalitetsregister för våra folksjukdomar. Det finns också några större nationella satsningar på att ta fram och studera djurmodeller för att bättre förstå olika sjukdomsförlopp.

Svenska register och biobanker har i huvudsak uppförts i annat syfte än forskning: nationell statistik samt vård och omsorg. Avsaknaden av integrerade system mellan olika registerförande myndigheter, behovet av etisk prövning av forskning på människa samt vikten av att säkerställa den personliga integriteten har gjort att användningen av nationella biobanker och register för forskning är krävande. Ett fortsatt arbete för att möjliggöra effektiv användning av dessa resurser för forskning behövs.

Molekylär biovetenskap (Science for Life Laboratory)

Sverige har ett brett kunnande och en stark tradition inom molekylärbiologiska tekniker, medicinsk forskning, miljöforskning och läkemedelsutveckling. För att bevara positionen i en ökande global konkurrens har avsevärda satsningar gjorts på infrastruktur och forskning på nationell nivå. Regeringens stora satsning på uppbyggnad av Science for Life Laboratory (SciLifeLab) har ambitionen att skapa nationella molekylärbiologiska teknikplattformar och infrastrukturer samt bedriva forskning i världsklass. Flera av infrastrukturerna har finansiering också från Vetenskapsrådet, och betydelsen av att de kopplas till annan infrastrukturverksamhet, exempelvis för nationella register och biobanker, ökar stadigt.

MORGONDAGENS UTMANINGAR

Vetenskapsrådets uppgift att stödja och utveckla forskningsinfrastruktur inom alla ämnesområden kräver behandling av många komplexa frågor liksom samverkan mellan olika aktörer. Generellt ökar kostnaderna för infrastruktur av nationellt intresse och den höjda ambitionsnivån för Sverige följer trenden i Norden, Europa och övriga världen.

Avvägning mellan forskning och forskningsinfrastruktur

Vetenskapsrådets finansiering av forskningsinfrastruktur ska stödja forskning av högsta vetenskapliga kvalitet. Det kräver att forsknings- och infrastruktursatsningar är koordinerade vilket uppmärksammas allt mer. Ansvaret för infrastrukturerna förskjuts mot lärosätena som vid sin prioritering av lokal, nationell och internationell infrastruktur behöver relatera till den högkvalitativa forskning som bedrivs vid lärosätena. Även Vetenskapsrådets ämnesråd och kommittéer får en allt viktigare roll i prioritering av infrastrukturprojekt.

Inte minst uppbyggnaden av MAX IV och ESS bidrar till ett förändrat landskap. Det är rimligt att dessa stora infrastruktursatsningar åtföljs av riktad förstärkning till forskning som kan bidra till utformningen av anläggningarna och optimera utnyttjandet av dem. Utmaningen gäller såväl traditionell forskning – som idag använder synkrotronljus och neutronspredning – som nya forskare inom nya forskningsområden. Dessa forskargrupperingar behöver utbildning och tillfällen att testa hypoteser och metoder vid anläggningar utomlands och i förekommande fall genom att universiteten investerar i lokala centra och laboratorier samt i mindre instrument och infrastrukturer.

Information och utbildning

Infrastrukturernas tillgänglighet behöver belysas brett så att forskare inom alla områden vet vilken infrastruktur som finns att tillgå och kan se nyttan av den för den egna forskningen. Såväl forskare från alla svenska lärosä-

ten som internationella forskare ska kunna utnyttja resurserna. Kunskap om metoder och tekniker vid de olika infrastrukturerna är nödvändig för en effektiv användning. Infrastrukturer bör därför ägna avsevärd möda åt kompetensutveckling och service till användare, exempelvis planering av frågeställningar och experiment samt principer för analys av data. Denna typ av användarstöd tillsammans med utbildningsinsatser är avgörande för att infrastrukturerna ska få genomslag. För de infrastrukturer som Vetenskapsrådet stödjer kommer skärpta krav att ställas på genomförande och uppföljning av informationsinsatser, service och utbildning.

Kompetensutveckling och karriärvägar för personal vid infrastrukturer

Forskarengagemang i gemensam nationell och internationell infrastruktur är viktigt för forskarsamhället i stort. Ett strukturellt problem är att de forskare som under längre perioder ägnar sig åt olika aspekter av konstruktion eller drift av forskningsinfrastruktur riskerar att halka efter i sin akademiska karriär. Experter vid infrastrukturerna behöver ges en akademisk identitet vid universiteten och möjligheter att utvecklas och meritera sig. Tjänstestrukturen och karriärvägarna i hela forskningssystemet behöver anpassas för dessa behov.

Instrument- och teknikutveckling samt industri- och forskarengagemang

Vanligtvis kan länder som deltar i utvecklingen av stora anläggningar dra nytta av detta genom att vinna upphandlingar av material och komponenter. Sverige uppnår sällan en rimlig industriretur i relation till nivån på sitt medlemsbidrag till infrastrukturen. Sverige går således miste om den kunskapsöverföring som industrikontrakten kan bidra till. Vinnova har under 2014 fått ett uppdrag att främja forsknings- och näringslivssamverkan kring svensk och internationell forskningsinfrastruktur med syfte att öka svenska företags medverkan i uppbyggnad och användning av forskningsinfrastruktur-anläggningar. Detta arbete pågår nu, bland annat genom inrättande av en Industrial Liaison Office-funktion, ILO.

Anställningar av personal vid internationella infrastrukturer annonseras

i regel i medlemsländerna. Sverige har även här ofta en oproportionerligt låg nivå anställningar i relation till medlemsavgiften. Detta faktum behöver uppmärksammas och åtgärder om möjligt vidtas.

Instrument- och teknikutveckling som bedrivs av forskare vid svenska lärosäten har tidigare varit framgångsrik. Denna aktivitet ligger i gränslandet mellan forskning och infrastrukturutveckling och är avgörande för svensk kompetensuppbyggnad. Det behövs tydliga incitament för finansiering av och meritering från sådan verksamhet.

Behov av stödande e-infrastruktur

De infrastrukturer vars målsättning är att tillhandahålla e-vetenskapliga metoder och tekniker benämns ofta e-infrastrukturer, vilket omfattar allt från datorer, databaser och nätverk till mjukvara och användarstöd. Simuleringar, visualisering och datadriven forskning, ibland populärt kallat *Big Data*, håller snabbt på att bli en självklar del av allt fler forskningsfält, vilket gör att forskningens villkor är på väg att förändras i grunden.

Starkt bidragande orsaker till den explosionsartade ökningen av mängden forskningsdata är den tekniska utvecklingen och uppbyggnaden av infrastrukturer som genererar betydande datamängder vid varje experiment. Forskningen vid dylika infrastrukturer är beroende av väl fungerande e-infrastruktur.

En kritisk faktor inom data- och beräkningsrika forskningsområden är den begränsade tillgången till e-vetenskapsexperten som har möjlighet att bidra med avancerat användarstöd till andra forskare. Detta behöver uppmärksammas vid beviljande av stöd för såväl forskning som infrastruktur. Ökad expertis behövs parallellt med kraftfulla satsningar på hårdvara för kapacitets- och kapabilitetsberäkning, lagringsmöjligheter och tillgängliggörande av storskaliga komplexa data, utveckling av mjukvara och analysverktyg samt snabba kommunikationsverktyg. Forskarnas behov av stödande e-infrastruktur beskrivs mer utförligt i respektive områdesbeskrivning samt i Vetenskapsrådets rapport *Science cases for e-infrastructures*¹¹.

Finansiering av e-infrastruktur kommer med nuvarande utveckling att bli en viktig fråga inom flertalet ämnesområden. I dagsläget uppfattas resurser för e-infrastruktur ofta som gratis av användarna, men om expansionen ska fortsätta är det nödvändigt att ta ställning till nya finansieringsmodeller för e-infrastruktur. Följande tre aspekter behöver uppmärksammas:

¹¹ *Science cases for e-infrastructures*, A. Ynnerman, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-240-3

1. Forskningsprojekt med stora behov av stödjande e-infrastruktur behöver identifieras och specifika resurser behöver avsättas inom projektet.
2. Alla forskningsinfrastrukturer behöver budgetera för stödjande e-infrastruktur. Realismen i planeringen kommer att ingå i bedömningen av infrastrukturens mognad.
3. Tidigare investeringar i experimentella infrastrukturer behöver kompletteras med följdfinansiering av datorresurser för storskaliga beräkningar och lagring samt nätverk för digital kommunikation. Dessa behov är mycket omfattande.

Hantering av persondata inom forskning

För att skydda den personliga integriteten finns specifika juridiska och etiska regelverk för användning av persondata inom forskning. Forskningens förankring i samhället och förtroendet för forskningen är beroende av att upprätthålla skyddet för den enskildes integritet. Forskaren behöver därmed förhålla sig till både nationella lagar och internationell rätt.

Grundregeln är att forskning endast får utföras om individen lämnat sitt uttryckliga samtycke till att medverka. Ett samtycke kan endast ges efter att information om forskningen erhållits och ska vara frivilligt, uttryckligt och preciserat till viss forskning. Det finns undantag från regeln om samtycke.

För att effektivt kunna föra samman existerande data lagrade hos olika aktörer och för att återanvända data som samlats in i tidigare projekt, är det önskvärt att skapa enhetliga och kompatibla databaser för forskning, vilket skulle skapa långsiktighet, kontinuitet och kostnadseffektivitet i datahanteringen. De juridiska förutsättningarna för detta har beskrivits utförligt i Vetenskapsrådets rapport *Rättsliga förutsättningar för en databasinфраstruktur för forskning*¹². Lagstiftningen kan betraktas som svåröverskådlig och delvis motstridig.

Betänkandet *Unik kunskap genom registerforskning*¹³ presenterar bedömningar och förslag om bland annat etikprövning, kodnyckelförfarande och sekretessbestämmelse. Betänkandet föreslår även att det införs en särskild lag som ska gälla generellt för forskningsdatabaser.

I 2013 års regleringsbrev fick Vetenskapsrådet i uppdrag att inom myndigheten bygga upp en verksamhet för att förbättra tillgängligheten till

¹² *Rättsliga förutsättningar för en databasinфраstruktur för forskning*, Vetenskapsrådet 2010, ISBN: 978-91-7307-179-6

¹³ *Unik kunskap genom registerforskning*, SOU 2014:45

och underlätta användningen av registeruppgifter för forskningsändamål (2012/13:30). I uppdraget ingår även att bistå forskare med information om register och relevant lagstiftning. Ett registerdataråd bestående av representanter från de stora dataägarna och det nationella forskningsintresset har inrättats för att säkerställa att principiellt viktiga beslut inom ramen för Vetenskapsrådets uppdrag förankras hos berörda myndigheter och organisationer. Vetenskapsrådet kommer bland annat att bygga upp en intern koordineringsfunktion och vidareutveckla informationsportalen www.registerforskning.se inom ramen för uppdraget.

Samordning av infrastrukturer för bättre överblick och utnyttjande

För att underlätta för forskare som använder sig av ett flertal verktyg är behovet av samordning mellan infrastrukturer stort. Framför allt gäller detta inom samhällsvetenskap, miljövetenskap och livsvetenskaperna. Inom dessa vetenskapsområden handlar det i allt väsentligt om samordning av data, terminologi och standarder samt upprättande av tvärvetenskapliga och kompatibla datasystem.

Utlysningen 2015 förväntas leda till samordning inom flera områden:

- databaser inom samhällsvetenskap och medicin, biobanker och register
- bioinformatik och systembiologi
- biologisk avbildning och strukturbestämning
- infrastruktur för analys av ekosystem respektive infrastruktur för analys av den fasta jorden.

Nya behov av samordning manifesteras i behov av utredningar inom teknikvetenskap, kontextdatabaser och databaser inom humaniora, högupplöst mikroskopi för materialanalys, havsforskning och försöksdjur. Områdena beskrivs i områdesöversikterna och utredningar förväntas leda till prioriteringar och utlysningar 2017 eller 2019.

När det gäller implementering av infrastrukturerna på ESFRI:s vägkarta 2010 har behovet av samordning uppmärksamats och bland annat lett till en infrastrukturutlysning inom Horisont 2020 för koordinering av kluster av ESFRI-infrastrukturer.

Mot ett tydligare framtida infrastrukturlandskap

För att möta morgondagens utmaningar och tillgodose svenska forskares behov av nödvändiga verktyg för forskning behövs en transparent prioriteringsprocess och beredskap för långsiktiga lösningar som samtidigt tillåter dynamik och förnyelse. Ambitionen är att motverka fragmentering genom att forma samordnade infrastrukturer inom breda vetenskapsområden. Hela forskningssystemet behöver engageras i de komplicerade processer som ska leda fram till goda beslut. Den nya modellen för prioritering och finansiering av forskningsinfrastruktur har ett tydligare infrastrukturlandskap som mål. Avvägningen mellan lokala, nationella och internationella infrastrukturer kräver initierade inomvetenskapliga diskussioner för att identifiera de mest angelägna satsningarna på respektive nivå. Engagemang i internationell infrastruktur har ett speciellt värde genom att det möjliggör internationellt vetenskapligt utbyte och en bred kunskapsöverföring. Ett gott samspel mellan olika aktörer och nivåer behöver utvecklas, i synnerhet som de avancerade och långsiktiga satsningar som forskningsinfrastruktur utgör kräver både strategiska politiska beslut och högt kvalificerad vetenskaplig kompetens. I ljuset av detta arbetar Vetenskapsrådet bland annat för att stödja, sammanföra och samordna de aktörer och de resurser som på olika sätt har visat sig att vara nyckelfaktorer för att skapa ett gynnsamt svenskt forskningslandskap.

MATERIALVETENSKAP

Beskrivning av området

Det mesta i vår vardag styrs av egenskaper hos material. Egenskaper hos ett material är till exempel dess hårdhet, formbarhet, ledningsförmåga, magnetism, transparens eller korrosionsbeständighet. Egenskaperna befstämmer kvaliteten i allt från de konstruktionsmaterial som ingår i hus, broar, bilar och flygplan till de funktionella material som utgör basen för mikroelektronik, läkemedel, batterier och bränsleceller. Dessutom är livet självt med dess celler och molekyler en avancerad form av material. Materialvetenskap kan därför ses som ett samlingsnamn för flera olika forskningsområden inom fysik, kemi, geologi, biologi och medicin där forskare ofta arbetar tillsammans över de traditionella akademiska gränserna.

Dagens materialforskning är till stor del utmaningsdriven. Att öka förståelsen av material från atomär nivå och uppåt för att utveckla material med nya unika egenskaper är av största betydelse. De möjligheter som öppnas för att designa nano-material kommer att vara av största vikt för områden såsom energi, miljö och medicin/hälsa. Dessa tre områden är också mycket viktiga i ett globalt perspektiv och ligger således också på topplistan för prioriterade områden inom EU:s forsknings- och innovationsprogram Horisont 2020. Innovationer inom materialområdet är både av största vikt för samhällets hållbara utveckling och för industrins fortsatta konkurrenskraft, både nationellt och internationellt.

Utvecklingen av nya material är nödvändig för att producera, transportera, lagra och omvandla energi i framtida hållbara energisystem, till exempel batterier och bränsleceller. På samma sätt är det viktigt för samhällsutvecklingen med nya material som kan fånga in miljöfarliga ämnen, för användning av förnybara råvaror, för återvinning av material, för utveckling av lättvikts- och kompositmaterial för att spara energi i transporter, samt i tillämpningar inom informations- och kommunikationsteknik. Multifunktionella material, där man kombinerar flera egenskaper som exempelvis magnetiska, katalytiska och elektriska egenskaper, är ett forskningsområde där Sverige är starkt. Sådana typer av material används bland annat i detektorer och sensorer.

Sverige har en stark ställning inom materialforskning och ett viktigt bidrag till landets exportintäkter är produkter baserade på materialinnovationer. Till svenska starka områden hör forskning inom stål och metall,

halvledare, fiber- och polymermaterial, bio- och biofjkompatibla material, nanomaterial inklusive grafen, energirelaterade material inklusive batterier samt gröna katalysatorer. För att kunna bygga upp material från dess minsta beståndsdelar, så kallad materialsyntes, ställs stora krav på den omgivande miljön och då spelar tillgång till renrumsinfrastrukturer en viktig roll. En trend på stark frammarsch inom materialforskningen är additiv tillverkning, som inkluderar 3D-utskrift som kan bygga upp nya strukturer på en mikrometerskala. Detta banar väg både för nya egenskaper och för möjligheten att snabbt ta fram prototyper.

Materialforskning är till stor del en experimentell vetenskap. De stora kraven på avancerad infrastruktur för materialforskning skapade tidigt en kultur av samordning och samutnyttjande, vilket gett upphov till starka forskningsmiljöer kring synkrotronljus- och neutronspridningsanläggningar samt renrumslaboratorier. Man bör notera att forskare inom materialområdet ofta använder sig av en rad olika infrastrukturer, eftersom kombinationen av infrastrukturer ger mer heltäckande information. Ett exempel är komplementariteten mellan röntgenljus och neutroner som ger olika kontraster mellan atomslag och därför också olika "bilder" av ett material.

Men utvecklingen av moderna datorer, nya teoretiska metoder och beräkningsalgoritmer har gjort att virtuell design av material och simuleringar numera är en lika viktig del av forskningen kring, och utveckling av, nya material. Området har därför behov av både experimentella infrastrukturer och e-infrastrukturer. Avancerade karakteriseringsmetoder är väsentliga för förståelsen av egenskaper hos ett material. Det består av både stora infrastruktur-anläggningar (neutronkällor, synkrotroner, renrum) och av lokala infrastrukturer som används dagligen i forskarnas närhet. På den teoretiska sidan finns det ett starkt behov av beräkningsresurser i form av både nationella och internationella superdatorcentra. Behov av e-infrastrukturer finns också i form av att ta hand om de stora datamängder som produceras av experiment vid synkrotron-, neutron- och frielektronlaseranläggningar.

Infrastruktur som finansieras av Vetenskapsrådet

ESRF

Sverige är medlem i ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) via Nordsync, en nordisk sammanslutning initierad av Nordforsk. ESRF är Europas största synkrotronljusanläggning med placering i Grenoble, Frankrike, med 20 europeiska länder som medlemmar. ESRF-ringen drivs med en energi av 6,0 GeV vilket gör att den har sin styrka inom hårdröntgenområdet. Det finns för närvarande 43 strålrör tillgängliga för användare, och ytterligare ett antal är under ombyggnad i en omfattande uppgradering. De allra flesta synkrotronljusbaserade metoder finns tillgängliga vid ESRF. Svenska forskare använder ESRF främst inom strukturbiologi, för bestämning av struktur hos material och bestämning av struktur hos främst fasta material under höga tryck och/eller höga temperaturer, speciering av metaller i biologiska system, vatten och mark med hjälp av röntgenspektroskopi, bestämning av reaktionsdynamik hos främst katalytiska system, bestämning av elektronstruktur och magnetiska egenskaper hos fasta material, strukturbestämning av mjuka material, samt för tredimensionell avbildning av till exempel fossila djur och växter (tomografi) och skannande röntgentransmissionsmikroskopi (STXM).

ESRF genomgår ett uppgraderingsprogram för att ytterligare förbättra anläggningens prestanda. Den första delen av två är precis avslutad, och del två ska genomföras 2015–2019. Den andra uppgraderingen kommer att innebära att ESRF får egenskaper som är jämförbara med de som den stora ringen på MAX IV kommer att få, med en kraftigt ökad briljans och koherens av röntgenstrålningen.

ESS

ESS (European Spallation Source) är ett sameuropeiskt initiativ för att bygga en anläggning för neutronspridning i Lund. ESS kommer att vara mer kraftfull än alla befintliga och planerade anläggningar i fråga om intensitet och detektion av spridda neutroner. Detta innebär ett viktigt steg i utvecklingen för användandet av neutronspridning. Idag är metoden begränsad av neutronflödet, vilket leder till att stora prover och/eller långa mättider behövs. Framöver förutspås dessutom tillgången till neutronspridningsinstrument vara begränsad, eftersom många av de nuvarande källorna är gamla och reaktorbaserade och kan komma att stängas av andra än rent vetenskapliga anledningar.

ESS planeras leverera en styrka av 5 MW (protonaccelerators) med 22 planerade instrument. Detta kommer att förbättra forskningen på storskaliga strukturer och långsam dynamik, som till exempel i mjuk materia, biologiska system och magnetiska material. Byggnationen av anläggningen startades i september 2014 och de första neutronerna beräknas komma år 2019. Under perioden fram till 2026 kommer en första operativ fas att pågå samtidigt som konstruktionen pågår.

ILL

ILL (Institute Laue Langevin) är idag ett ledande laboratorium för neutronspredning. Laboratoriet ligger i Grenoble, Frankrike, och har ett fyrtiotal olika instrument. Instrumenteringen spänner över alla typer av neutronspredningstekniker och användarna kommer från många olika forskningsfält, från fysik och biologi till arkeologi (kulturavsnittundersökningar).

ILL är en internationell anläggning med tre ägare (Frankrike, Storbritannien och Tyskland) och tretton vetenskapliga medlemmar. Sverige är medlem, tillsammans med Danmark och Belgien, genom det så kallade TRANS-NI-konsortiet. Svenska forskare är relativt jämnt spridda över de olika typer av instrument/tekniker som finns vid ILL, med en viss övervikt för reflektometri, småvinkelspredning och inelastiska metoder.

Sverige finansierar också ett CRG-instrument (Collaborative Research Group) vid ILL: SuperAdam. SuperAdam är en neutronreflektometer som drivs av Uppsala universitet.

ISIS Neutron Spallation Source

ISIS är en av världens ledande neutronkällor och är belägen i Storbritannien. ISIS har 35 instrument för neutronspridning på två målstationer, och en anläggning för undersökning av material med hjälp av myoner.

Sverige deltar i två av ISIS instrumentutvecklingsprojekt: uppgraderingen av diffraktometrarna Polaris och HRPD. Projektet leds av Chalmers tekniska högskola i samarbete med forskare på Stockholms universitet och Uppsala universitet. Genom stödet för detta projekt har svenska användare haft tillgång till alla instrument på ISIS. Sverige är vetenskaplig medlem av ISIS från 2015.

Max-lab och MAX IV laboratoriet

Sverige har idag ett nationellt synkrotronljuslaboratorium, MAX IV-laboratoriet. Den tidigare anläggningen, MAX-lab började ta emot användare 1986 och kommer gradvis att stängas under 2015. Röntgenljuset från det nya MAX IV-laboratoriet, som ska invigas i mitten av 2016, kommer att få nya egenskaper i form av bland annat mycket hög briljans och koherens. Egenskaperna hos röntgenstrålningen från MAX IV-anläggningen beror till stor del på den design av magneter som utvecklats vid MAX IV. MAX IV kommer att bestå av en linjäraccelerator som i sin förlängning har ett hårdröntgenstrålrör för korta (ner till 100 femtosekunder) och mycket intensiva röntgenpulser, samt två stycken lagringsringar som drivs med energier på 3,0 GeV respektive 1,5 GeV. MAX IV kommer därför att ha sina styrkor vid lite lägre energier än Petra III och ESRF. När MAX IV-anläggningen är fullt utbyggd i mitten av 2020-talet bör det finnas cirka 30 strålrör för att fullt utnyttja investeringen i de två lagringsringarna.

För närvarande är uppbyggnad och finansiering av 11 strålrör beslutade. Ett av strålrören är finansierat gemensamt av Finland och Estland och ett annat av Danmark, medan övriga strålrör är finansierade av Vetenskapsrådet, Knut och Alice Wallenbergs stiftelse (KAW) samt tolv svenska universitet. Ytterligare tre strålrör kommer att flyttas från nuvarande MAX-lab till nya MAX IV med stöd från Vetenskapsrådet och KAW.



Skiss av ESS, MAX IV och Science Village Scandinavia under uppbyggnad i Lund. Bild: ESS / Team Henning Larsen Architects.

Myfab

Myfab är en nationell distribuerad forskningsinfrastruktur bestående av de tre största svenska akademiska renrumsbaserade nanotekniklaboratorierna vid Chalmers (MC2 Nanotekniklaboratoriet – NFL), KTH (Electrumlab) samt Uppsala universitet (Ångström Mikrostrukturlaboratoriet – MSL). Det pågår ett arbete för att utöka infrastrukturen med ytterligare en nod, Lund-NanoLab, från 2016.

Forskning som bedrivs vid infrastrukturen är bland annat inom materialvetenskap, nanovetenskap, information- och kommunikationsteknik, bio-nanoteknik, livsvetenskaper, energiforskning och mikronanosystem. Myfab erbjuder öppen tillgång, utbildning och processservice till akademi, institut och företag genom mer än 600 av de bästa tillgängliga utrustningarna för mikro- och nanotillverkning och specialiserade processlinor. Myfabs olika laboratorier är delvis specialiserade på olika tillämpningsområden och deras relaterade processer. Noden vid Chalmers är inriktad mot tillverkning av mikrovågs-, fotonik- och kvantkomponenter. Electrumlab som drivs i nära samarbete med industriforskningsinstitutet Acreo, Swedish ICT, är inriktat mot tillverkning av halvledarmaterial och -komponenter, wide-bandgap-kiselteknologi samt mot syntes av nanomaterial. MSL har en inriktning mot materialanalys, tunnfilmsteknologi, jonstråleteknologi och livsvetenskaperna. Myfab har ungefär 650 användare från akademi (80 procent) samt 80 företag och institut (20 procent) per år.

Petra III

Petra III är en tysk nationell synkrotronljusanläggning i Hamburg som öppnade 2009 efter att tidigare varit en accelerator för partikelfysik. Petra III-ringen drivs precis som ESRF med en energi av 6,0 GeV och har därför sin styrka i hårdröntgenområdet. Petra III, precis som ESRF, kompletterar MAX IV-anläggningen på så sätt att Petra III har ett högre energiområde som inte MAX IV kommer att täcka. Sverige finansierar och ansvarar för ett materialvetenskapligt strålrör, P21 (även kallat Swedish Material Science beamline, SMS). Energiområdet som kan användas vid P21-strålröret är 50–150 keV. P21-strålröret kommer att ha en sidostation för in-situ-diffraktion och storvinkelröntgenspridning (wide angle X-ray Scattering, WAXS) utan fullständigt monokromatiserad strålning samt en huvudstation för diffraktion med monokromatiserad strålning. P21-strålröret kommer att bli tillgängligt för användare tidigt 2016. Genom det svenska engagemanget i P21 får svenska användare tillgång även till övriga instrument vid Petra III genom deras användarprogram.

XFEL

XFEL är en spallationskälla som håller på att byggas i anslutning till en existerande anläggning (Desy) i Hamburg, Tyskland. Sverige är sedan 2009 delägare i det tyska bolaget XFEL GmbH som ansvarar för uppbyggnaden och äger anläggningen. Man planerar att XFEL ska tas i bruk 2017. Maskinen kommer att leverera energi på 17,5 keV (0,7 Å) med 27 000 femtosekunds-ljuspulser per sekund. Detta öppnar nya möjligheter för forskning inom materialvetenskap, strukturbologi och femtosekundkemi. Flera svenska forskningsgrupper är aktiva i konstruktionen av XFEL.

Bilaterala avtal

Röntgen-Ångström Cluster

Röntgen-Ångström Cluster är ett bilateralt avtal mellan Sverige och Tyskland för att stärka forskning med neutroner och fotoner inom materialvetenskap och strukturbologi. Avtalet syftar också till att främja effektiv användning av stora anläggningar i regionen (Sverige och norra Tyskland). Det löpande avtalet inleddes 2010 och hittills har ett antal samarbetsprojekt startats. Finansieringen för samarbets-/forskningsdelen är 3–4 miljoner euro per år från respektive land. Dessutom kommer Sverige att bygga och driva ett strålrör på den nya tyska synkrotronen PETRA III (se beskrivning ovan).

Det fransk-svenska samarbetet för att utveckla neutroninstrument

Som del av ett större bilateralt avtal mellan Sverige och Frankrike bidrar Sverige till konstruktionen av två nya instrument vid Laboratoire Léon Brillouin (LLB) i Saclay (Frankrike): ett SANS-instrument och en spektrometer. Projekten pågår från år 2011 till 2016. Sverige finansierar delar av uppgraderingen och svenska forskare erbjuds att arbeta på LLB och delta vid utvecklingen av instrumenten. Som ett resultat av samarbetet med LLB genomfördes en sommarkurs i mjuka material på doktorandnivå 2013.

Styrkor och svagheter

Behov av e-infrastruktur inom området

Det stora e-infrastrukturbehovet inom materialområdet har hittills uppstått på grund av simuleringar och teoretiska beräkningar. Nu pågår förändringar inom flera forskningsfält samtidigt, och det kommer att förändra behoven radikalt. Samtidigt kommer behoven av simuleringar och teori att kvarstå och fortsätta att öka i både omfattning och komplexitet.

Den största förändringen drivs av utvecklingen av nya experimentella metoder som genererar stora datamängder. Nya detektorer med en förbättrad dynamik och upplösning, tillsammans med materialanalysinstrumentens möjligheter att tidsanalysera och tidsstrukturera allt fler fenomen, leder till en dramatiskt ökad datamängd. Att hantera dessa datamängder ställer större krav på alla e-infrastrukturled: först i den tidiga selektionen (enorma datamängder som behöver genomgå någon typ av tidig databehandling), därefter överföringen via exempelvis SUNET och slutligen lagringen av data, databehandling och analys. Koppling till teoretisk analys såsom systemens dynamik kommer att bli väsentlig, liksom bildbehandling och visualisering av data.

Detta kommer att ställa krav på beräkningskapacitet från grupper som hittills inte har varit stora användare av SNIC. Det medför i sin tur nya krav på den expertis som SNIC tillhandahåller, utbildningsbehov för forskare och ny mjukvara. Möjligheten att i en framtid kunna fjärrstyra olika experimentstationer vid de stora anläggningarna kommer att ställa nya och högre krav på näten och på kvaliteten i tjänsterna.

Synkrotronljus

Synkrotronljus är röntgenstrålning som produceras i lagringsringar, där elektroner cirkulerar med i princip ljusets hastighet. Elektronerna accelereras för att generera mycket intensiv elektromagnetisk strålning som sedan kan användas för att "avbilda" olika molekylära strukturer. Synkrotronljus är sedan många år ett etablerat redskap för avancerad forskning inom material och materialutveckling, strukturbologi, molekylär strukturkemi, katalysforskning, biogeokemi, fysik och kärnkemi. Tekniken har idag också introducerats som verktyg inom områden som medicin, biologi och kulturvård. Det finns en mycket stark verksamhet inom flertalet av dessa fält i Sverige idag. Svenska användare finns både vid den svenska nationella infrastrukt-

turen MAX IV i Lund och vid internationella synkrotronanläggningar som exempelvis ESRF (Grenoble, Frankrike), SSRL (Stanford, USA), Diamond Lightsource (UK), Soleil (Paris, Frankrike), Bessy (Berlin, Tyskland), DESY/PETRA III (Hamburg, Tyskland) samt SLS (Schweiz).

Forskare från hela Sverige har också framgångsrikt varit med och byggt upp MAX-lab vilket har resulterat i en lång tradition och hög kompetens inom fältet. Uppbyggnaden av MAX IV ger goda möjligheter för en fortsatt positiv svensk utveckling inom de traditionellt starka områdena (såsom spektroskopi och makromolekylkristallografi). Det skapar också möjligheter inom nya områden som koherens och avbildning. Idag används synkrotronljus för biomedicinsk avbildning av vävnader och celler och för högupplöst bestämning av den tredimensionella strukturen hos makromolekyler (strukturbiologi). Detta är bland annat av betydelse för att utreda molekylära mekanismer och visualisera bindning av läkemedel till målprotein. Dessa experiment förutsätter att kristaller av makromolekylen kan framställas, vilket är en begränsande faktor idag. I framtiden kommer den höga briljansen och koherensen av strålen vid MAX IV att möjliggöra studier av mindre proteinkristaller. Att följa mycket snabba biokemiska förlopp i realtid, till exempel hur växter omvandlar solljus till energi i fotosyntesen, kommer att bli möjliga.

Det är viktigt att laboratorier och utrustning vid MAX IV fortsätter att anpassas till frågor från ett brett spektrum av ämnesområden, för att ta tillvara anläggningens olika möjligheter. Tekniken bakom designen av MAX IV:s accelerator och lagringsringar har fått stor internationell uppmärksamhet och samtliga synkrotronljusanläggningar under planering eller uppgradering kommer att använda sig av denna teknik. Synkrotronljusanläggningen ESRF, som snart ska genomgå nästa uppgraderingsfas, kommer efter år 2019 ha samma egenskaper som MAX IV. Svenska forskare har de närmaste åren möjlighet att ta ledningen genom de erfarenheter och den kompetens som byggs upp kring MAX IV. För detta krävs fortlöpande en strategisk planering, långsiktig finansiering och nationell kompetensuppbyggnad på alla nivåer. Planeringen behöver bland annat klargöra vilka forskningsområden som ska prioriteras vid MAX IV och inom vilka svenska forskare ska hänvisas till andra anläggningar.

Detta kommer också att kräva samordning mellan de svenska universitetet och MAX IV så att utbildning och praktisk träning för såväl forskarstuderande som seniora forskare anordnas inom samtliga tekniker som kommer att finnas representerade vid laboratoriet.

Infrastruktur för neutronbaserade tekniker

Neutronspridning är en teknik där man använder neutronstrålar för att studera olika materials struktur och dynamik. En fördel med att använda neutroner i stället för röntgenstrålning är att lätta kärnor detekteras mycket effektivare med neutroner. Metoden ökar i betydelse genom ökade prestanda hos anläggningarna och har gått från att vara främst ett verktyg för fysiker till att idag ha användare jämt fördelat över olika discipliner: fysik, kemi, biologi, materialvetenskap och kulturvård. Neutroners unika egenskaper används exempelvis för att förstå supraledning och utveckling av nya material för elektronikindustrin. Tekniken används också för att visualisera enzyms verkningsmekanismer, protontransport genom biologiska membran eller protein-ligand-växelverkan. Andra exempel är småvinkelspridning av neutroner (SANS) för att studera form och växelverkan i ickekristallina system. Den kraftfulla ESS-anläggningen kommer genom sin ökade briljans i framtiden att öppna för helt nya experiment inom livsvetenskaperna som tidigare inte varit möjliga.

Den svenska användarbasen ökar och är internationellt konkurrenskraftig, vilket man exempelvis ser genom en ökande tilldelning av stråltid vid ILL. Den svenska användningen av neutroner, som hittills främst bedrivits vid ILL och ISIS, kan förväntas fortsätta att öka i framtiden. Svenska användare är jämt fördelade över flera discipliner, och med tanke på de möjligheter som öppnas för svenska forskare med ESS finns det ett stort behov att utbilda en ny generation av svenska forskare med inriktning mot neutronspridning. Mer specifikt finns det ett behov att öka kompetensen inom utveckling av instrumenteringsprojekt för att svenska forskare ska kunna delta aktivt i uppbyggnaden av ESS och på så sätt bli delaktiga i de första experimenten. Denna kompetensuppbyggnad kan ske genom en kombination av nationell och internationell rekrytering av kompetens, forskarskolor och stöd till miljöer som idag är starka.

På den tekniska sidan finns det ett stort behov av utveckling av detektorer. Dels behöver detektionen optimeras för att öka effektiviteten i experimenten, men framför allt finns ett behov av att hitta tekniker som inte bygger på användning av helium – som idag (och även i framtiden) är en bristvara med mycket höga priser som följd. Sverige, genom Linköpings universitet, är del av en mycket lovande internationell utveckling av tunnfilmsdetektorer som är i testfas på ILL. Med mer effektiva detektorer, som täcker stora rymdvinklar, kommer hantering av stora datamängder även för neutronspridning att vara en viktig fråga.

Utveckling av instrumentering och komponenter

Svenska forskare är idag främst engagerade som användare av synkrotron- och neutronkällor och är generellt mycket konkurrenskraftiga när det gäller att erhålla stråltid i öppen konkurrens. Vad gäller teknikutveckling vid infrastrukturer är svenska forskargrupper sämre representerade (med undantag för utveckling av instrumentering vid hårdröntgenfrielektronlasrar, till exempel XFEL). Deltagande i instrumenteringsprojekt (inklusive utveckling av detektorer, komponenter, mjukvara och analysverktyg) ger fördelar i form av möjligheter att kunna vara först med att utföra avancerade experiment och ha den kunskap som behövs för att optimera instrumentens prestanda och därigenom bryta ny mark.

De moderna tredje generationens synkrotronljusanläggningar, som MAX IV kommer att tillhöra, producerar röntgenstrålning med så hög intensitet att detektorerna inom många tillämpningar inte linjärt kan mäta strålningsintensiteten i experimenten. Det är därför av yttersta vikt att nya detektortyper utvecklas så att den mycket höga strålningsintensiteten som synkrotronerna producerar kan utnyttjas fullt ut. Forskning och utveckling av främst röntgen-detektorer måste få ett kraftfullt stöd framöver och internationellt samarbete inom detta område bör uppmuntras.

Mobilitet och karriär

Världsledande infrastrukturer lockar forskare från många länder och ofta kan vara det enskilt tyngst vägande skälet för forskare att förlägga hela eller delar av forskningen på ett visst ställe. Att forskare engagerar sig i uppbyggnad av gemensam nationell och internationell infrastruktur är viktigt för forskarsamhället i stort, men det är ett problem att de forskare som under en längre period ägnar sig åt konstruktion eller drift av forskningsinfrastruktur riskerar att halka efter i sin akademiska karriär. Detsamma gäller forskare som under en period är verksamma inom industrin och sedan vill söka sig tillbaka till den akademiska världen liksom för forskare som lägger mycket av sin tid på samverkan eller kommunikation. Det är angeläget att de som arbetar vid forskningsinfrastrukturerna har en ordentlig koppling till universitet genom adjungeringar och på så vis får möjligheter att meritera sig i handledning och undervisning.

Trender och tendenser

Synkrotronljusanläggningar

Utvecklingen vid synkrotronljusanläggningar runt om i världen styrs av den lokala kompetensen vid anläggningen. De satsningar som görs syftar vanligtvis till att bli världsledande inom några tekniker eller tillämpningar eller inom ett eller två heta och väldefinierade forskningsområden. En annan trend är att göra undersökningarna *in situ* eller *in operando*.

Det har på senare tid varit en snabb utveckling av magnetdesignen för lagringsringarna vilket har lett till högre briljans och allt mindre strålar. De tekniska utmaningarna för alla synkrotronljusanläggningar är nu att få tillräckligt bra stabilitet hos strålrörsoptiken. Detta för att både möjliggöra mätningar på mycket små ytor och volymer (ner till tiotals nanometer) och för ett acceptabelt signal-brus-förhållande för tillämpningar där den önskade signalen är liten i förhållande till totalsignalen, till exempel röntgen-Raman. Vissa synkrotronljusanläggningar arbetar intensivt med långtidsstabiliteten och långtidstillförlitligheten hos den levererade strålningen. Ett annat övergripande problem är att de existerande detektorerna idag inte klarar av att linjärt mäta de fotonflöden som de moderna synkrotronljusanläggningarna producerar. Ytterligare ett ökande problem är att det idag inte finns verktyg att smidigt hantera de stora datamängder som produceras. Varken hård- eller mjukvaror klarar av detta på ett tillfredställande sätt.

Den forskning som generar mest publikationer är den där experimenttiderna är korta som till exempel biokristallografi, röntgenmikroskopi och röntgendiffraction. Man bör vara medveten om att hög publiceringstakt eller publicering i tidskrifter med hög "impact factor" inte är de enda måtten på hög vetenskaplig kvalitet. Publicering i inomvetenskapliga tidskrifter av hög kvalitet kan vara minst lika värdefullt för den vetenskapliga kunskapsutbyggnaden.

Frielektronlasrar – FEL

Frielektronlaserområdet utvecklas snabbt. Antalet möjliga experimentstationer förväntas öka inom de närmsta två till fem åren, dock från en mycket låg nivå. Vid Stanfordinstitutet finns LCLS, den första hårdröntgenfrielektronlasern. Där byggs nu flera strålrör och nya typer av experiment utvecklas, samtidigt som en andra frielektronlaser projekteras (LCLS-II). Det pågår också uppbyggnad av den europeiska hårdröntgenfrielektronlasern

XFEL i Hamburg (vilken förväntas vara i drift 2016). Vid DESY-laboratoriet i Hamburg finns mjukröntgenfrielektronlasern FLASH I (som är i drift och utvecklas kontinuerligt), och en andra frielektronlaser, FLASH II, kommer att tas i drift inom kort.

Svenska forskare är, när det gäller utveckling av FEL-området, mycket engagerade och väl positionerade internationellt, med tanke på landets storlek. Antalet svenska användare och utvecklare inom frielektronlaserområdet är relativt litet och de finns huvudsakligen i ett par stora forskargrupper i Uppsala, Göteborg och Stockholm. Dessa grupper är idag framförallt aktiva vid LCLS, FLASH I och i uppbyggnaden av XFEL. Det kommer att vara möjligt att utnyttja den intensiva, kortpulsiga och koherenta strålningen från röntgenfrielektronlasrar för strukturstudier av biomolekyler som är svåra att kristallisera (femtosekunds nanokristallografi) eller inte kan kristalliseras alls (avbildning av enskilda partiklar). Den europeiska röntgenfrielektronlasern XFEL kommer att leverera tio miljarder gånger intensivare röntgenstrålning än vad som finns tillgänglig idag i ultrakorta blixtar på femtosekundnivå. Detta öppnar för en mängd experiment som inte kunnat genomföras tidigare och för helt nya frågeställningar inom strukturbioologi och medicin. Bland de nya experiment som röntgenfrielektronlasern ger möjlighet till kan nämnas att "filma" atomernas struktur i en molekyl eller avbilda enskilda levande celler.

Då teknologin är relativt ny, men med stor potential, bör man stödja forskning med inriktning mot frielektronlasrar. Det är önskvärt att bredda användarbasen och framförallt att få fler forskningsledare inom området. Rekommendationen är att långsiktigt driva och stödja befintlig FEL-infrastruktur. Det finns förslag och önskemål att bygga upp och driva FEL också inom Sverige. Dock är teknologin i ett tidigt skede varför de internationella åtagandena bör prioriteras och nationella initiativ bör övervägas noga. En granskning och uppföljning av pågående projekt bör ske för att kunna göra en rimlig bedömning av eventuella framtida satsningar på FEL nationellt och internationellt.

En annan relativt ny teknologi är de laserdrivna röntgenljuskällorna, vilka i framtiden bör kunna fungera som ett komplement till andra pulsade röntgenbaserade karakteriseringsmetoder.

Infrastruktur för neutronbaserade tekniker

I och med de ledande neutronkällornas ökande kapacitet har användarbasen ökat och fördjupats ämnesmässigt och innefattar idag fysikalisk kemi, teknik, biologi, medicin och kulturarv. Dagens användare av neutronbaserade

tekniker är i hög utsträckning ”expertanvändare” eller instrumentutvecklare. När antalet användare ökar och nya användargrupper tillkommer, kommer stöd av erfarna instrumentforskare och -utvecklare vid anläggningarna att vara viktigt för att komma igång med försök och dataanalys.

För att fullt ut dra nytta av den kommande ESS-anläggningen som byggs i Lund är det viktigt att förbereda de svenska forskarna. Det är viktigt att stimulera och stödja forskningsprojekt som använder neutronspridning som ett verktyg för att hantera problem inom materialvetenskap och livsvetenskaper. Utbildningsaktiviteter såsom forskarutbildningar och stöd för unga forskare att specialisera sig på neutronbaserade tekniker kan öka antalet användare och deras samarbete. Genom avtalen med ILL och ISIS har svenska användare god tillgång till neutronspridning och dessa program bör få mycket stöd även i framtiden.

En ökad svensk användning av dessa anläggningar innebär också ett behov av ökad svensk finansiering till verksamheten. Ett djupare engagemang i anslutning till anläggningarna inom utbildningsaktiviteter, doktorand- och postdoktorprogram är ett annat effektivt sätt att stärka användarnas samarbete.

Distribuerade infrastrukturer

Flera av de metoder som används inom materialvetenskap organiserar sig i nätverk och infrastrukturer. Trenden är allt större nätverk och en internationalisering av dessa nätverk. Det finns ett behov av att underlätta en förnyelse av innehåll och verksamhet i dessa infrastrukturer.

Myfab

Teknikmässigt är det idag stort tryck på litografutrustningar med mycket hög upplösning och elektronmikroskopi. En tydlig trend både nationellt och internationellt är att koppla karakterisering av material och komponenter till infrastrukturer för mikro- och nanofabrikation. Detta dels för att garantera snabb tillgång till relevanta metoder och kvalitetssäkra processer, dels för att karakteriseringen behöver ske i en renrumsmiljö.

Organisatoriskt så finns en tydlig europeisk trend att man bildar nationella nätverk eller, som i Myfabs fall, distribuerade nationella infrastrukturer av nanoteknikfaciliteter. Dessa nätverk börjar nu knytas ihop på en internationell nivå. Här har Myfab positionerat sig väl med till exempel långsiktiga samarbetsprojekt med vår systerorganisation NorFab i Norge samt de nationella infrastrukturererna i Danmark (Danchip), Finland (Micronova), samt Frankrike (RENATECH). Ämnesmässigt ser vi att Myfab används av en allt bre-

dare användarskara; de allra flesta nya användargrupper kommer idag ifrån kemin och biovetenskaperna. Detta ställer nya krav på en flexiblare miljö som kan hantera en mängd nya material och förmåga att utbilda användare utan bakgrund inom mikro- eller nanoelektronikområdet.

Kraftfulla utbildningsmetoder

Kraftfulla utbildningsmetoder, med neutroner och röntgen, finns idag tillgängliga och är i ett bredare perspektiv relativt nytt i Sverige (elektronmikroskopi är däremot ett väl etablerat fält i Sverige). Dessa utbildningsmetoder har stor potential inför framtiden. Det är nu viktigt att öppna upp för ämnesområden som tidigare inte använt sig av dessa metoder.

En viktig trend inom materialforskningen är att skraddarsy material (materialsyntes) och komponenter med atomär precision vilket kräver möjlighet att avbilda och analysera dessa med atomär upplösning. Utvecklingen inom transmissionselektronmikroskopi (TEM) går mycket fort. Ett modernt TEM-instrument kombinerar ofta flera olika tekniker som avbildning, diffraction och spektroskopi, som samtliga kräver mycket hög kompetens hos användaren för att mikroskopets fulla kapacitet ska tas tillvara. En nationell samordning är därför mycket angelägen för ett maximalt utnyttjande av befintliga och framtida infrastrukturer så att fler forskare än idag kan utnyttja avancerade tekniker på en hög vetenskaplig nivå i sin forskning. Samma situation kan gälla även för NMR och masspektrometri.

Rekommendationer 2015–2020

Bred satsning på forskning och teknikutveckling inom materialvetenskap

I anslutning till de stora satsningarna på infrastrukturer för materialvetenskap som nu pågår, till exempel uppbyggnaden av ESS och MAX IV men också genom det svenska engagemanget i XFEL i Hamburg, behövs åtgärder för att säkerställa ett optimalt utnyttjande av anläggningarna.

Detta innebär att man bör hitta sätt att stödja forskning inom bland annat materialvetenskap, samt unga forskare och forskarskolor, för att ta tillvara de nya möjligheter som infrastrukturerna erbjuder.

Det innebär också ett behov av stöd till teknikutveckling vid infrastrukturer så att svenska forskargrupper kan delta i teknikutveckling (instrumenteringsprojekt inklusive detektorer, komponenter, mjukvara och analysverktyg) framförallt inom synkrotron-, neutron- och frielektronlasertekniker.

Översyn av modell för uppbyggnad, förnyelse och avveckling av distribuerade infrastrukturer

Det behövs en översyn av hur distribuerade infrastrukturer organiseras och förnyas (exempelvis genom att nya noder skapas) med bibehållen vetenskaplig kvalitet, fokusering och effektivt resursutnyttjande.

Tillvarata MAX IV laboratoriets möjligheter för svensk forskning och utveckling

Eftersom Sverige satsar på en kraftfull synkrotronljuskälla är det också viktigt att se till att den fulla potentialen hos laboratoriet tillvaratas. Detta kräver finansiering och prioriteringar av forskning som tillåter svenska forskargrupper att hävda sig internationellt inom de prioriterade områdena under en längre period. För att detta ska vara möjligt behövs forskning, teknikutveckling och kompetensuppbyggnad.

Ett kontinuerligt strategi- och analysarbete som involverar både finansierare och MAX IV behövs, för att följa upp och utveckla den tidigare strategiplanen (2012). Arbetet bör syfta till att klargöra vilka forskningsområden som ska prioriteras vid MAX IV, så att anläggningen kan bli, och på längre sikt fortsätta att vara, en världsledande infrastruktur för forskning inom dessa områden.

I samband med uppbyggnad av MAX IV behövas en gedigen plan för att ta tillvara och förstärka kompetens hos personal och användare vid anläggningen. Stöd till kunskapsförmedling och utbildning kommer att ha stor betydelse för att MAX IV ska kunna användas effektivt och nå ut till nya potentiella användargrupper. Ett program för kompetensuppbyggnad bör inrättas så att de vetenskaper och metoder där MAX IV:s unika egenskaper, såsom nanostrålar, hög koherens och extrem briljans, utnyttjas till sin fulla potential och utvecklas för forskning i internationell toppklass.

Det nationella strategiska arbetet med att samla nationella och internationella finansierare behöver fortsätta. Detta behövs bland annat för att finna finansiering för fler strålrör, så att cirka 30 experimentstationer kan färdigställas omkring år 2025.

Prioriteringar av svenskt engagemang i frielektronlaserinfrastruktur (FEL)

Frielektronlaserinfrastruktur är av stor betydelse för svensk forskning. Befintliga svenska engagemang i sådan infrastruktur, till exempel vid XFEL, bör även fortsatt prioriteras.

En granskning och uppföljning av pågående projekt bör ske kontinuerligt för att det ska vara möjligt att bedöma eventuella framtida satsningar på FEL, nationellt och internationellt.

Tillvarata ESS möjligheter för svensk forskning genom kompetensuppbyggnad

Sverige kommer att stå som värd för det stora paneuropeiska forskningslaboratoriet ESS och det är av största vikt att det svenska forskarsamhället förbereds för denna kommande möjlighet. Kompetens kring användning av neutronspridningstekniker och kring utveckling och konstruktion av instrumentering bör byggas upp för att fullt ut utnyttja kommande möjligheter. Detta kan bland annat åstadkommas genom att möjliggöra deltagande för svenska forskare i instrumenteringsprojekt (ESS, ISIS, ILL), i forskarskolor, internationella rekryteringar och genom stöd till starka miljöer. De internationella avtal som träffats med Tyskland (RÅC), Frankrike (LLB) och Storbritannien (ISIS) bör utnyttjas för detta.

Utbildningssatsningar och karriärvägar vid nationellt och internationellt viktiga infrastrukturer

Infrastrukturernas ansvar för uppföljning av utbildningsinsatser behöver bli tydligare. Det är viktigt att infrastrukturerna regelbundet ger kurser, dels med teoretisk bakgrund till de experiment som kan göras vid infrastrukturen, dels med praktiska träningsmoment för säker och korrekt användning (oavsett om det finns personal som utför experimenten eller inte), dels med kunskap om och träning i att analysera de data som ett experiment producerar.

Inom materialvetenskap behövs till exempel utbildningsinsatser för att utveckla kunskapen om, och stimulera användningen av, olika utbildningsmetoder, som i ett bredare perspektiv är relativt nya i Sverige. Detta gäller för visualisering inom mikroskopi, MRI och tomografi med olika metoder för avbildning inom synkrotronljus och neutronspridning. Detta behövs för att öppna upp för forskning inom ämnesområden som hittills inte använt sig av dessa metoder. Därför behöver kompetent personal rekryteras, modern utrustning installeras och utbildning i form av forskarskolor och traineeprogram samt expert- och användarstöd bedrivs.

Sverige har satsat och satsar stort på uppbyggnad och drift av världsledande (nationellt viktiga) forskningsinfrastrukturer. Därför finns också ett behov att se till att både svenska och internationella forskare engagerar sig i

uppbyggnad och experthjälp vid dessa anläggningar. De forskare som engagerar sig i dessa projekt, eller är verksamma vid infrastrukturerna, behöver ges erkännande för sitt arbete och även möjlighet till akademisk meritering i form av till exempel adjungering.

Förbättrade processer för prioritering och urval av svenska engagemang

De svenska engagemangen i internationella infrastrukturer, framförallt inom neutron-, synkrotron- och frielektronlaserområdena bör fokuseras på ett begränsat antal för att i dessa möjliggöra långsiktiga satsningar och tydligt inflytande över verksamheten. Ett arbete kommer att behöva göras för att ta fram tydliga prioriteringar av satsningar på infrastrukturer, nationellt och internationellt.

Behov av nya infrastrukturer för materialanalys

En utredning behövs kring behovet av nationell samordning av utrustning för materialanalys genom mikroskopi (till exempel TEM, SEM) och spektroskopi (till exempel NMR, masspektroskopi).

FYSIK OCH TEKNIKVETENSKAPER

Beskrivning av området

Gemensamma forskningsinfrastrukturer utvecklades först inom fysikområdet för att bland annat söka svar på frågor om universums ursprung och materiens beskaffenhet. I takt med att de anläggningar som krävs blivit allt större har de blivit alltför omfattande och dyra att utveckla för ett enskilt universitet eller ens ett enskilt land, varför forskare ofta samarbetar nationellt eller globalt för att bygga upp och driva de faciliteter som behövs för nya framsteg.

Inom fysik är det idag fortfarande främst inom astronomi, subatomär fysik och jonfysik som nationella och internationella forskningsinfrastrukturer förekommer i stor utsträckning. Här är forskningen i många fall helt beroende av tillgången till stora internationella infrastrukturer. Inom teknikvetenskap finns forskningsinfrastrukturer i högre grad fortfarande på regional nivå. Även inom andra delar av fysik, till exempel materialfysik samt atom- och molekylfysik, används stora infrastrukturer (exempelvis MAX IV och ESS). Dessa hanteras i andra delar av guiden (se kapitlet om materialvetenskap). Genomgången i detta kapitel inskränker sig därför till i första hand astronomi, subatomär fysik och jonfysik, och i mindre omfattning teknikvetenskap.

Astronomin strävar efter att öka vår förståelse för de fysikaliska processer som sker i universum, från planeter till universum som helhet. Traditionellt har astronomin växt fram genom studier inom områdena för radiovågor och synligt ljus, men under de senaste decennierna har observationer inom även andra våglängdsområden kommit att inta en central plats. Inom alla områden kompletterar observationer från markbundna och rymdbaserade teleskop varandra, men den rymdbaserade delen behandlas inte närmare här eftersom den hanteras av Rymdstyrelsen. De infrastrukturer som nu planeras drivs av fundamentala frågeställningar såsom bildandet av de första galaxerna i det avlägsna universum, förekomsten av jordliknande planeter och markörer av biologisk aktivitet på andra planeter.

Inom partikelfysiken bedrivs forskning för att förstå universums minsta byggstenar. Upptäckten av Higgs-partikeln på CERN bekräftade den så kallade Standardmodellen (teorin för partikelfysiken), dock återstår ett antal frågor som Standardmodellen inte ger svar på. Flera av dessa är kopplade till universums utveckling, som frågorna om vad mörk materia är och var-

för universum innehåller nästan bara materia och nästan ingen antimateria. Standardmodellen kan heller inte förklara varför neutriner har massa.

Astropartikelfysiken försöker besvara frågor inom både partikel- och astrofysik, med hjälp av protoner, neutriner och fotoner som observeras i olika typer av detektorer. Forskningen har som centralt mål att undersöka kosmiska partiklar och deras ursprung i universum. Svensk markbaserad forskning inom astropartikelfysik är inriktad mot kosmiska neutriner och gammastrålning.

Kärnfysiken omfattar studier av atomkärnorna, deras beståndsdelar, struktur, dynamik och de fundamentala krafter som verkar på och inom dem. Utvecklingen inom kärnstrukturfysiken går mot att utnyttja strålar av kortlivade radioaktiva isotoper för att studera atomkärnor med extrema förhållanden mellan antalet neutroner och protoner. Det finns dessutom direkta kopplingar till nukleär astrofysik där processer ofta involverar instabila kärnor. Hadroner är ett samlingsnamn för de partiklar som består av kvarkar; hur de enklaste bundna systemen av kvarkar byggs upp är fortfarande okänt, och det studerar hadronfysiken genom att undersöka kortlivade partiklar som bildas vid kollisioner. Inom jonfysik studeras i detalj hur laddade atomer eller molekyler växelverkar med varandra.

Gemensamt för experiment inom partikel-, kärn-, hadron- och jonfysik är att de alla är beroende av partikelacceleratorer, ofta vid stora internationella laboratorier. Partikelacceleratorer utvecklades just för att det skulle vara möjligt att studera materiens inre struktur. Utvecklingen av accelerorteknik vid nationella och internationella laboratorier har kommit ett antal andra forskningsfält till nytta, såsom cell- och materialforskning och medicinsk radioterapi.

Teknikvetenskap är ett område som omfattar både grundforskning och tillämpning. Området består i sin tur av många olika forskningsämnen; gemensamt för alla ämnen är att de strävar efter tillämpning av grundforskning och prediktering av processutfall och funktioner hos produkter. Forskningsinfrastrukturer inom teknikvetenskap är ofta dedikerade till ett visst område. Forskarna använder också en del av de större infrastrukturer som beskrivs i andra delar av Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen, som till exempel synkrotronljus- och neutronspridningsanläggningar.

Infrastruktur som finansieras av Vetenskapsrådet

CERN

CERN (Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (Europeiska organisationen för kärnforskning)) är en konventionsbunden organisation som driver världens största partikelfysiklaboratorium utanför Genève, på gränsen mellan Schweiz och Frankrike. Sverige var ett av de tolv grundande länderna när organisationen bildades 1954; CERN var därmed den första större internationella forskningsinfrastrukturen. Idag har CERN 21 medlemsländer, främst från Europa, men anläggningen används av forskare från hela världen. CERN styrs av Council som består av representanter från medlemsstaterna. CERN:s Council har enligt konventionen även ett uppdrag att utveckla strategin för europeisk partikelfysik. På CERN bedrivs förutom partikelfysikforskning, även accelerator- och detektorutveckling. Vidare bedrivs i mindre skala forskning inom kärnfysik, medicinsk teknik, materialfysik och e-vetenskap. Large Hadron Collider (LHC)-acceleratorn och LHC-experimenten är de högst prioriterade projekten på CERN, med en uppgradering av LHC planerad under början av 2020-talet.

Forskningen som bedrivs vid LHC är unik och världsledande; partikelfysiker från hela världen är verksamma vid dessa experiment. Svenska forskare är med i två av dessa: ATLAS och ALICE. Experimenten är semi-autonoma och kontrolleras av en styrelse som består av representanter för de olika institutionerna som är knutna till experimenten. De finansieras delvis av CERN, men i huvudsak direkt av de länder som deltar i experimenten, i Sveriges fall av Vetenskapsrådet. Budgeten till driften av experimenten beslutas av en kommitté med representanter för alla finansörer.

CTF3 är en testanläggning på CERN som byggts som ett led i acceleratorforskningen inför den möjliga framtida acceleratorn CLIC. Testanläggningen stöds med driftsbidrag från Vetenskapsrådet och styrs på samma sätt som ALICE och ATLAS.

ISOLDE-anläggningen vid CERN levererar radioaktiva strålar för forskning inom grundläggande kärnfysik samt områden som nukleär astrofysik, studier av svag växelverkan, och kondenserade materiens fysik. ISOLDE har av tradition haft en stark skandinavisk profil och Sverige har varit med sedan starten.

DESIREE

DESIREE (Double ElectroStatic Ion Ring ExpERiment) är en anläggning för atomär och molekylär kollisionfysik vid Stockholms universitet. Den består av två överlappande lagringsringar som kan lagra strålar av atomära och molekylära joner, de senare bestående av allt från enkla molekyler till komplexa biomolekyler. Med DESIREE kan man studera processer inom fundamental atom- och molekylfysik, samt tillämpningar, till exempel inom laboratorieastrofysiken och biomolekylär fysik. DESIREE har varit under uppbyggnad ett antal år och närmar sig i skrivande stund experimentfasen.

ESO

ESO (European Southern Observatory) är en konventionsbunden internationell organisation för astronomisk forskning där Sverige har varit med sedan grundandet 1962. I dag består den av 15 medlemsländer och Vetenskapsrådet företräder Sverige i de styrande organen. ESO:s högkvarter ligger i Tyskland, men observatorierna La Silla-Paranal och ALMA finns i Chile.

På La Silla och Paranal finns ett antal större teleskop för observationer i de optiska och infraröda våglängdsområdena, bland annat VLT (Very Large Telescope), som består av fyra 8,2-meters teleskop. ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) består av 66 sammankopplade radioantennor och är ett partnerskap mellan främst ESO, USA och Japan. Vid ALMA finns även APEX-teleskopet som är ett samarbete mellan ESO, det tyska Max Planck-institutet för radioastronomi och svenska Onsala rymdobservatorium.

Forskning som bedrivs i Sverige med hjälp av ESO:s anläggningar spänner över alla större frågor i modern astronomi, exempelvis bildande och utveckling av galaxer, stjärnor och planetsystem och studier av extrema förhållanden i universum såsom flöden av gas kring svarta hål.

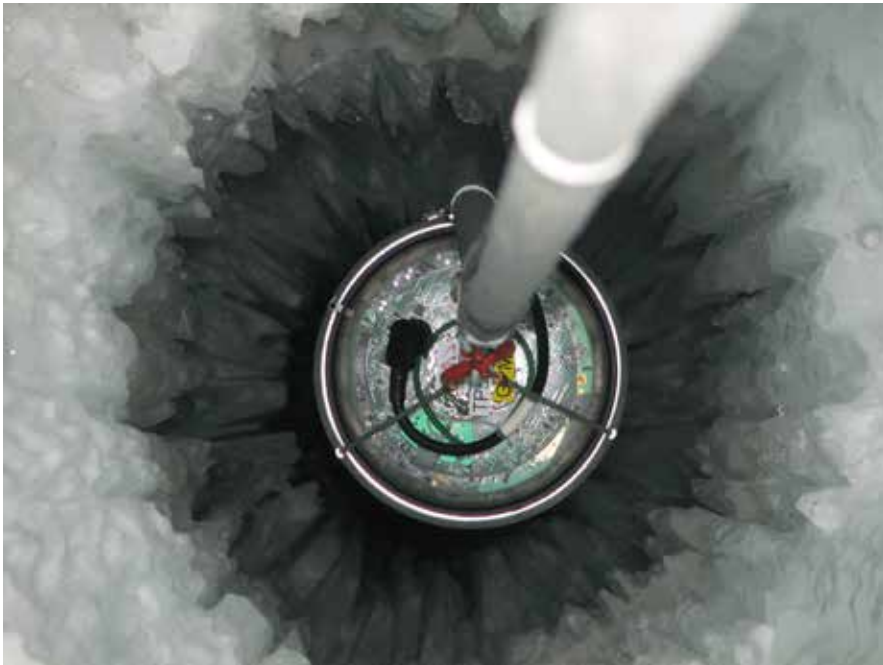
ESO:s högsta prioritet de närmaste åren är att konstruera världens största teleskop för synligt och infrarött ljus, E-ELT (European Extremely Large Telescope). Teleskopet kommer att ha en spegeldiameter på 39 meter och kommer att stå färdigt tidigast 2023. Observationer med E-ELT kommer bland annat att bidra till att besvara frågeställningar om planeter bortom vårt solsystem och följa uppkomsten av storskalig struktur i universum.

FAIR

FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) är en acceleratoranläggning för kärn-, hadron- och jonfysik. Anläggningen är under uppbyggnad

i anslutning till forskningsanläggningen GSI i Darmstadt i Tyskland. FAIR konstrueras inom ramen för en internationell konvention och ägs via ett tyskt aktiebolag med internationella aktieägare, för närvarande nio länder samt en associerad partner. Sverige undertecknade konventionen 2010 och genom ett konsortium med Finland äger Vetenskapsrådet aktier motsvarande knappt 1,5 procent av kapitalet. Medlemsländerna bidrar både med kontanta medel och med utrustning.

FAIR styrs genom sitt Council med representanter för medlemsländerna. FAIR har utvecklats som ett användardrivet projekt med starkt engagemang av de framtida användarna. Driftskostnader och hur de ska fördelas förhandlas i skrivande stund mellan medlemsländerna.



IceCube Neutrino Observatory är världens ledande neutrino teleskop och består av ljuskänsliga detektorer som placerats djupt ned i isen på Antarktis. Bild: IceCube/NSF.

IceCube

Världens ledande neutrino teleskop, IceCube Neutrino Observatory, består av ljuskänsliga detektorer som placerats djupt ned i isen på Antarktis, i en volym av en kubikkilometer. Det centrala målet med detektorn är att studera

högenergetiska neutriner – en typ av svårдетекterbara elementarpartiklar – från rymden och deras astrofysikaliska källor. Även neutrinooscillationer studeras med hjälp av atmosfäriska neutriner. Nyligen har IceCube detekterat de första högenergetiska kosmiska neutronerna.

Belgien, Sverige, Tyskland och USA startade IceCube och i dagsläget deltar tolv länder. De fyra grundande länderna övervakar projektet via en styrgrupp där Vetenskapsrådet är representerat. Observatoriet finansieras till stor del av det amerikanska forskningsrådet National Science Foundation, men har även bidrag från Vetenskapsrådet.

ISF

Institutet för solfysik, ISF, driver det svenska solteleskopet på kanarieön La Palma. Institutet är en nationell infrastruktur med Stockholms universitet som värd. Denna världsledande anläggning har varit ansvarig för viktiga framsteg i vår förståelse av solen. Forskningen syftar till att förstå strukturen och dynamiken i solens atmosfär.

NOT

NOT (Nordiskt Optiskt Teleskop) är ett gemensamt nordiskt teleskop på kanarieön La Palma. NOT styrs av NOTSA (Nordic Optical Telescope Scientific Association) Council, där Vetenskapsrådet representerar Sverige. Samtliga nordiska länder bidrar till finansieringen genom sina nationella forskningsråd. Under årens lopp har svenska astronomer utnyttjat ett antal instrument på detta teleskop, på senare år främst för observationer av supernovor och galaxer.

Vetenskapsrådet (RFI) fattade 2010 ett inriktningsbeslut att stödja ett svenskt deltagande i konstruktionen av ESO-teleskopet E-ELT. Som en konsekvens beslutade RFI att på sikt avveckla sitt engagemang i NOT. Två år efter ett beslut om konstruktion av E-ELT kommer således Sveriges stöd till NOT att börja fasas ut. ESO:s definitiva beslut om konstruktionsstart för E-ELT togs i december 2014.

Onsala rymdobservatorium

Onsala rymdobservatorium är en svensk nationell anläggning med Chalmers som värd. Observatoriet bygger och driver astronomisk och geodetisk infrastruktur både på plats i Onsala och internationellt. Den astronomiska

forskningen vid Onsala handlar framförallt om att använda radioastronomisk teknik för att studera olika aspekter av universum. Forskningen är främst fokuserad på studier av det interstellära mediet och dess fundamentala betydelse för universums utveckling – från planetsystem till kosmologi.

Vid Onsala finns två parabolantennor (20 m och 25 m diameter) som används både för enskilda observationer och tillsammans med radioteleskop i övriga världen för interferometri, genom det europeiska institutet JIVE (Joint Institute for Very-long baseline interferometry in Europe). JIVE kommer under 2015 att organiseras som en ERIC under namnet JIV-ERIC. Dessutom finns vid Onsala en station som utgör en del av det internationella LOFAR-nätverket, en föregångare till SKA-projektet.

Onsala är värd för "the Nordic ALMA ARC node", som har till uppgift att stödja nordisk användning av ALMA (se vidare under ESO). Observatoriet ansvarar även för den svenska delen av APEX (se ovan under ESO). Vid den nationella anläggningen bedrivs även avancerad instrumentutveckling för radioastronomi.

Onsala rymdobservatorium används sedan många år också av det nationella och internationella forskningssamhället inom geovetenskapen. Onsala rymdobservatorium är en så kallad geodetisk fundamentalstation som är del av det internationella stationsnätet för International Terrestrial Reference Frame och bidrar till internationellt samarbete inom till exempel International Earth Rotation and Reference Systems Service och Global Geodetic Observing System. Den av Vetenskapsrådet stödda instrumenteringen på Onsala används för bland annat forskning inom referensramar och jordrotation, Jordens tyngdkraftsfält, variationer i atmosfärens sammansättning och havsnivåmätningar.

Beskrivning av möjlig ny infrastruktur

CTA

CTA (Cherenkov Telescope Array) är en planerad infrastruktur för högenergiastrofysik och astropartikelfysik. EU finansierar just nu den förberedande fasen. CTA består av ett antal Cherenkov-teleskop som ska byggas i antingen Namibia eller Chile. Planer finns även för en anläggning på norra halvklotet. Forskning som skulle möjliggöras med CTA handlar främst om högenergiastrofysik, kosmisk strålning och mörk materia. CTA är prioriterat i vägkartorna från ASPERA, ASTRONET och ESFRI.

SKA

SKA (Square Kilometer Array) är ett internationellt radioastronomiprojekt med för närvarande 19 medlemsländer. Den kommer att bestå av ett antal sammankopplade radioteleskop i Sydafrika och Australien. Onsala rymdobservatorium är involverat i planeringen och utvecklingen av SKA, vilket ger potential för Sverige att spela en framträdande roll inom projektet. Vägkartorna från ASTRONET och ESFRI ger E-ELT och SKA gemensamt högsta prioritet.

SKA kommer att byggas i faser och den första delen, SKA-1, kommer att stå klar i början av 2020-talet och ha 15–20 procent av den slutliga insamlade ytan. SKA-1 kommer trots den begränsade ytan att ha en mycket högre känslighet jämfört med dagens radioteleskop och dessutom vara avsevärt mycket snabbare. SKA har ett mycket brett vetenskapligt program, bland annat studier av universums återjonisering, galaxernas utveckling, gravitationsvågor och prebiotiska molekyler.

Styrkor och svagheter

Astronomi och subatomär fysik

Svensk forskning inom astronomi och subatomär fysik är i många fall helt beroende av tillgång till stora forskningsinfrastrukturer. Det finns därför en lång tradition av arbete med internationella infrastrukturer, vilket i sin tur har medfört att det finns ett omfattande internationellt samarbete och samtidigt en hög grad av nationell samordning inom de flesta områden.

Svensk astronomi är internationellt framstående, både vad gäller teoretisk och observationsbaserad verksamhet. Den observationsbaserade verksamheten är helt beroende av svenska forskares tillgång till stora internationella infrastrukturer. Till stor del tillgodoses detta av de svenska medlemskapen i ESO, NOT och ESA¹⁴, de nationella anläggningarna ISF och Onsala, samt den "open time policy" som många anläggningar har: genom att de anläggningar där Sverige är medlem ger forskare från icke-medlemsländer möjlighet att utnyttja anläggningen, ges svenska forskare i gengäld tillgång till infrastrukturer där Sverige inte är medlem.

Astronomiforskningen i Sverige har ingen nationell styrning, utan forskare söker tid i öppen konkurrens. De olika universiteterna har egna tydliga

¹⁴ ESA (European Space Agency) tillhandahåller rymdbaserad forskningsinfrastruktur. Det svenska ESA-medlemskapet hanteras av Rymdstyrelsen.

forskningsprofiler, och på nationell nivå finns en god kunskap om verksamheten och dess prioriteringar. Men det svenska utnyttjandet av vissa infrastrukturer är ibland lågt i förhållande till den finansiella andelen, vilket sannolikt beror på den svenska astronomiforskningens bredd och möjligheten att använda infrastrukturer som Sverige inte finansierar.

Astropartikelfysiken i Sverige är traditionellt knuten till neutrinoexperimentet IceCube och dess föregångare, där Sverige har haft en mycket framträdande roll sedan starten. Framstående svensk forskning inom astropartikelfysik sker sedan en tid tillbaka även med rymdbaserade instrument och markbaserade så kallade Cherenkov-teleskop. Astropartikelfysiken har expanderat som forskningsfält sedan 1990-talet och antalet svenska forskare har ökat sedan dess. De svenska forskarna är framgångsrikt engagerade i flera infrastrukturprojekt, vilket gör att kompletterande information kan samlas in från olika partiklar och våglängdsområden. För att förbättra den nationella samordningen vore det dock önskvärt att forskarsamfundet inrättar ett forum där prioriteringar inom astropartikelfysiken i Sverige kan diskuteras.

Inom subatomär fysik har svenska forskare i hög grad varit synliga i de stora experiment som de deltar i, samt i utveckling av infrastrukturerna i sig. De har inom experimenten bidragit till forskningsresultat som har legat i framkanten för verksamheten. De har också bidragit till konstruktionen av experimenten och i uppbyggnaden av e-infrastruktur.

Verksamheten har inom detta område koncentrerats till ett fåtal stora internationella acceleratoranläggningar. Till exempel bedrivs all svensk forskning inom partikelfysik vid CERN. Denna koncentration har lett till ökad samordning mellan de svenska forskargrupperna och ett starkare fokus på ett fåtal ledande projekt.

En generell karaktäristik som är speciellt påtaglig inom kärn- och partikelfysiken, men även inom delar av astropartikelfysiken, är det stora antalet författare på publikationer. Detta medför svårigheter för enskilda forskare att profilera sig och gör det problematiskt att jämföra ämnet med andra.

Även om medlemskap i stora internationella infrastrukturer ger svenska forskare inom området utmärkta möjligheter till framgångsrika karriärer, så finns det ett problem med deltagandet i själva uppbyggnaden av infrastrukturerna. Uppbyggnadsprocessen är lång (vanligtvis längre än tio år) och genererar få publikationer under tiden. Därför är det riskfyllt för yngre forskare utan tillsvidareanställning att engagera sig i denna. Inom astronomi har detta som konsekvens att deltagandet i uppbyggnaden av infrastrukturer är svagt. Ett undantag är dock Onsala rymdobservatorium där existensen av radioteleskop på plats, samt den tekniska forskning kring detektorer som

bedrivs på Chalmers, bidrar till ett framgångsrikt deltagande även i internationella infrastrukturer inom radio- och IR-området. Inom subatomär fysik deltar svenska forskare i högre grad i detektorutveckling, men då detta inte genererar publikationer är det viktigt att forskarna även har möjlighet att delta i experiment vid andra forskningsanläggningar. Det gäller i synnerhet för yngre forskare.

Det är viktigt att de stora satsningar som görs på de internationella infrastrukturerna följs upp med satsningar på tjänster så att dessa anläggningar kan utnyttjas av svenska forskare. Exempelvis har de tidigare satsningarna från Vetenskapsrådet på forskartjänster varit ett stort stöd för att kunna rekrytera kompetenta unga forskare. Karriärmöjligheterna vid svenska universitet bestäms av universiteten och det är därför viktigt att det finns en förståelse för verksamheten vid stora internationella anläggningar. En förbättrad dialog mellan forskningsfinansiärer och universiteten vore därför önskvärd. Förutom tjänster behövs det resurser för att kunna resa till de internationella anläggningarna och även för att kunna utstationera forskare. Idag får forskare och ingenjörer ersättning från Vetenskapsrådet för att resa och utföra arbete som är en del av driften. För att vara synlig och att kunna göra karriär vid dessa infrastrukturer är det även nödvändigt att delta i andra delar av verksamheten. Det går endast att få finansiering till detta via ansökningar till Vetenskapsrådets ämnesråd för naturvetenskap och teknikvetenskap. Som det ser ut idag, med väldigt få bidrag, är situationen oroväckande.

När nya tjänster och materiel ska införskaffas vid stora internationella infrastrukturer, sker upphandling i de olika medlemsländerna. Sverige har i flera fall en oproportionerligt låg nivå på sin industriretur i jämförelse med medlemsbidraget till infrastrukturen. Sverige går därmed miste om den kunskapsöverföring och de arbetstillfällena som dessa kontrakt bidrar till. Förhoppningsvis kommer Industry Liaison Office (ILO)-funktionen vid det nya näringslivssekretariatet som är på väg att upprättas av Vinnova att förbättra denna situation.

Anställningar av personal vid internationella infrastrukturer annonseras i regel också i medlemsländerna. Sverige har även här ofta en oproportionerligt låg nivå av anställningar i jämförelse med medlemsavgiften som vi betalar till dessa anläggningar.

Vad gäller administrationen av medlemskapen i de stora internationella infrastrukturerna är ett återkommande problem fluktuationerna i valutakurserna, vilket medför stora variationer i de årliga medlemsavgifterna.

Teknikvetenskap

Teknikvetenskap har traditionellt varit ett starkt ämne i Sverige under lång tid. Sverige har en bred industriellt anknuten forskning och industrin har med tiden alltmer lärt sig uppskatta akademisk forskning och anställer doktorer i en högre grad än tidigare.

Det finns inga pågående driftsbidrag till forskningsinfrastrukturer inom teknikvetenskap, däremot används andra existerande infrastrukturer till forskning inom teknikvetenskap. Detta beror antagligen på att de infrastrukturer som finns inom området ofta är av regional karaktär och ganska specialiserade till ett smalt område, vilket innebär att det inte finns så många anläggningar som används av flera olika forskargrupper nationellt. En ökad nationell samordning vore önskvärd och här skulle Vetenskapsrådet kunna spela en roll.

Verksamhet vid svenska företag flyttar i allt större utsträckning utomlands genom att företagen köps upp av större utländska aktörer. Detta kan ses som en svaghet för området, men får emellertid i många fall som konsekvens att det blir ännu viktigare för företagen att behålla forskningsverksamhet i Sverige. Här behöver Sverige satsa på forskningen för att fortfarande stå starka inom teknikvetenskapsområdet.

Behov av e-infrastruktur

Gemensamt för de beskrivna infrastrukturerna inom subatomär fysik och astronomi är att de alla producerar enorma datamängder som måste bearbetas och analyseras. En stark och välutvecklad e-infrastruktur är därför absolut nödvändig för att forskning ska kunna bedrivas inom området. Utan detta skulle Sverige ha begränsad möjlighet att kunna göra betydande bidrag till forskningen. Kraven på högpresterande datorer (HPC), datalagring och höghastighetsdatalänkar är därför mycket höga och väntas öka de kommande åren.

Behoven av HPC beräknas att öka i genomsnitt med en faktor fem de närmaste fem åren, men varierar naturligtvis mellan olika områden. Efterfrågan på HPC är så hög inom vissa områden att den i princip kan beskrivas som obegränsad. Varje given ökning av beräkningskapacitet kan där förbrukas direkt genom att precisionen i beräkningarna kan ökas. En ökad

beräkningskapacitet kan också öppna upp möjligheter att ställa nya frågor som idag inte är möjliga på grund av begränsad kapacitet. Även behoven av nätverkshastighet beräknas öka dramatiskt, i synnerhet inom observationsbaserad astronomi.

Tidsskalorna för experiment inom subatomär fysik och astronomi är vanligtvis mycket långa och de instrument som byggs är ofta mycket dyra och komplicerade. Fysiker har därför varit drivande i utvecklingen av exempelvis gridteknologi och svenska forskare har aktivt deltagit i denna utveckling, på europeisk nivå såväl som på nordisk och nationell nivå. Nyinvesteringar i forskningsinfrastruktur inom astronomi och subatomär fysik kommer fortsatt kräva omfattande utveckling av snabba datanätverk, hårdvara, datalagring och gridteknologi.

Inom teknikvetenskap finns stora behov även inom avancerat användarstöd och kodutveckling.

Trender och tendenser

Gemensamt för hela ämnesområdet är att utvecklingen i hög grad styrs av internationella trender och tendenser, möjligtvis med undantag av delar av teknikvetenskapsområdet.

Astronomi

Inom astronomin bidrar ny instrumentering med bättre upplösning och bredare våglängdsintervall ständigt till en ökad förståelse av den ofta komplexa fysiken från små skalor (planeter) till de största (galaxhopar). Stora satsningar såsom Very Large Telescope (VLT), James Webb Space Telescope (JWST) och även SKA har i stor utsträckning motiverats av studier av objekt i det tidiga universum. På senare år har exoplaneter blivit en snabbt växande gren inom astronomin, och inte minst designen av E-ELT har påverkats av de tekniska krav som ställs för att kunna studera exoplaneter. En annan trend är större kartläggningsprojekt, där stora datamängder samlas in av forskarkonsortier snarare än av enskilda forskargrupper. Som exempel kan nämnas GAIA-satelliten och dess stödprojekt. Även om en stor del av tiden vid observatorier fortfarande kommer att användas av enskilda forskargrupper (i storleksordningen tio personer) är en tendens att andelen stora projekt



ALMA kommer att bli världens mäktigaste teleskop för att studera universum vid submillimeter- och millimetervåglängder, på gränsen mellan infrarött ljus och de längre radiovågorna. Foto: ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

ökar, då de nya teleskopen blir större men färre till antalet. En framtida gren med stor potential är sökandet efter biomarkörer, det vill säga liv på exoplaneter. Här finns framtida satellitobservatorier på idéstadiet, men även SKA har potential för viktiga upptäckter inom området.

Vetenskapsrådet tog i slutet av 2010 ett inriktningsbeslut om svenskt deltagande i det europeiska jätteteleskopet E-ELT. Projektet drivs av ESO, och ett beslut om konstruktion togs i december 2014 och teleskopet beräknas tidigast kunna stå klart 2023.

Nya satsningar gör att en del tidigare relevant infrastruktur bör fasas ut. Som exempel kan nämnas Vetenskapsrådets beslut att avveckla sitt engagemang i NOT. Betydelsen av VLT kommer dock att kvarstå då E-ELT inte kommer att göra allt, utan enbart användas för de projekt som kräver en spegel på 40 m. Det svenska solteleskopet förväntas fortsätta spela en viktig roll tills det planerade europeiska solteleskopet (EST) står färdigt.

ALMA och SKA kommer att vara de dominerande instrumenten inom radioastronomin i framtiden. Därför bör de astronomiska aktiviteterna vid

Onsala inriktas mot främst dessa anläggningar för att stödja, driva och även till viss del komplettera dem. I dagsläget är Very Long Baseline Interferometry (VLBI) en viktig verksamhet vid Onsala, som dessutom kan komplettera SKA med extremt hög spatial upplösning.

Astropartikelfysik

Inom astropartikelfysiken har stora framsteg gjorts inom neutrinoastronomi, med upptäckten av högenergetiska astrofysikaliska neutriner 2013 vid IceCube. För att tolka denna upptäckt krävs en ökning av detektorns volym. Även en utvidgning av detektorn mot låga energier (PINGU) planeras, främst för studier av neutriners egenskaper, men också för sökandet efter mörk materia.

Svenska forskare är sedan starten aktiva inom IceCube och deltar inte i det planerade neutrinoprojektet KM₃NeT som har prioriterats av ESFRI. IceCube och KM₃NeT har dock initierat samarbeten inom ramen för Global Neutrino Network (GNN).

Förutom ryddbaserade observationer ges kompletterande information både vad gäller mörk materia och den kosmiska partikelstrålningens ursprung av så kallade Cherenkov-teleksop. Det planerade CTA väntas bli nästa stora infrastruktur inom detta område.

Partikelfysik

CERNs Council beslutade under 2013 om Europas strategi för partikelfysik, där uppgraderingen av LHC fått högsta prioritet. Detta innebär att inom partikelfysik i såväl Europa som resten av världen så kommer LHC under de kommande fem åren att dominera infrastrukturbehoven. LHC kommer 2015 att komma upp i sin fulla energi och svenska forskare kommer fortsätta bedriva sin forskning vid experimenten ATLAS och ALICE. Omfattande uppgradering kommer att ske i början av 2020-talet men redan nu pågår forskning och utveckling inför projektet i vilket svenska forskare deltar. Vetenskapsrådet har finansierat utvecklingsarbetet men kostnaderna för själva uppgraderingen återstår att besluta om.

Upptäckten av Higgs-partikeln har lett till att Japan planerar en ny accelerator med syfte att särskilt studera denna partikel. I såväl Europa som i USA har deltagandet i detta projekt hög prioritet. Denna accelerator beräknas, om den byggs, vara klar runt 2030. Ett annat prioriterat område är neutrinforskning, där projekt för att studera neutriners egenskaper är på planeringsstadiet. Även forskning och utveckling kring nästa generations accelerators, där Compact Linear Collider (CLIC) är ett alternativ, är en viktig verksamhet.

Kärn-, hadron- och jonfysik

För svensk kärn- och hadronfysik är FAIR och de experiment som kommer att byggas upp där högsta prioritet, och svenska grupper lägger stor kraft på att planera och färdigställa detektorkomponenter under konstruktionstiden. De första experimenten vid startversionen av FAIR kan tidigast starta 2019, vilket gör att vissa existerande infrastrukturer kommer att vara viktiga under närmaste åren. För svensk del är anläggningarna vid RIKEN (Forskningsanläggningar i Japan), GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds, Frankrike) ISOLDE och BEPCII (Beijing Electron-Positron Collider II, Kina) de av störst intresse, och instrumentering som företrädesvis syftar till användning vid FAIR (exempelvis AGATA och CALIFA) kan komma att testas och användas där under FAIRs konstruktion.

Startversionen av FAIR är begränsad, vilket innebär att endast en del av infrastrukturens fulla potential kommer att kunna utnyttjas till en början. Den fullständiga anläggningen kommer succesivt att konstrueras under nästa decenniums första hälft. Det kommer inte bara att innebära ytterligare möjligheter att bredda det vetenskapliga programmet utan också att effektiviteten ökar drastiskt.

Den svenska anläggningen DESIREE, som utnyttjar lågenergetiska joner, har potential att bli en världsledande anläggning. En gradvis utveckling av användarbasen nationellt och internationellt liksom det vetenskapliga programmet kommer att ske de närmaste åren.

Teknikvetenskap

Trender och tendenser inom teknikvetenskap kan ofta härledas till tvärvetenskapliga trender, samt till tendenser inom de ämnesområden där den tillämpade forskningen görs. För att motverka risken att industriproduktionen går ner i Sverige i framtiden bör vi satsa på teknikvetenskaplig forskning. Denna forskning är en viktig länk mellan grundforskning och tillämpad produktutveckling.

I gränslandet mellan teknikvetenskap och energiforskning finns flera satsningar inom alternativa energikällor, bland annat gröna bränslen, vind- och vågkraft. Även traditionella energiformer har behov av forskning och inom den för Sverige så viktiga vattenkraften sker idag forskning på nya och effektivare turbiner och generatorer.

Inom transportteknik har Sverige sedan länge framstående forskning. Exempel på intressanta framtida områden är testbanor för järnvägstransporter och elektrifierade landsvägar, självgående fordon och dynamisk fordonstestning.

Ett intressant område inom tillverkningsteknik är additiv tillverkning (ofta kallat 3D-utskrifter), där Sverige ligger i framkant i teknikutvecklingen. Inom de tta område görs snabba framsteg, både forskning på nya möjliga materialsystem som kan användas och nya användningsområden. På proces-sidan pågår arbete med att öka toleranser och volymer som kan produceras.

Rekommendationer 2015–2020

Astronomi och astropartikelfysik

Fortsatt medlemskap i ESO är en förutsättning för att Sverige ska kunna fortsätta bedriva förstklassig forskning inom astronomi. ESO-teleskopen VLT och ALMA kommer att ha fortsatt stor betydelse för svenska forskare inom de närmaste åren. Längre fram kommer det planerade teleskopet E-ELT att ha en mycket viktig roll.

Onsala rymdobservatorium kommer att vara fortsatt viktigt som svensk radioastronomi-nod. De internationella anläggningar där Onsala är verksam, framförallt ALMA och SKA, bör på sikt få ökad betydelse framför den astronomiska observationsverksamheten på plats.

Sverige har en idag världsledande ställning inom observationell solfysik tack vare det svenska solteleskopet (SST) på La Palma som har den högsta spatiala upplösningen av alla existerande solteleskop. SST kommer att vara det främsta solteleskopet framöver till dess att nästa generations större solteleskop, det amerikanska DKIST och det europeiska EST, står färdiga någon gång i nästa decennium. Fortsatt stöd till ISF är nödvändigt för att behålla Sveriges starka ställning inom solfysiken.

Svenska forskare har framträdande roller inom IceCube-projektet och fortsatt stöd för denna verksamhet rekommenderas. Det finns planer för att utveckla IceCube genom att bygga ut teleskopet mot både högre och lägre energier, men detaljerna för hur det svenska engagemanget skulle kunna se ut är ännu oklara.

Svenska forskare har haft planeringsbidrag från Vetenskapsrådet för att förbereda ett möjligt svenskt medlemskap i tre nya större internationella infrastrukturerprojekt: CTA, EST och SKA. Högst prioriterat av de nya projekt som har haft planeringsbidrag från Vetenskapsrådet är SKA, men även CTA är av stort nationellt intresse. Vägkartorna från ASTRONET och ESFRI ger E-ELT och SKA gemensamt högsta prioritet. Ett svenskt deltagande i EST är en förutsättning för att behålla Sveriges starka ställning inom solfysik,

men planeringsarbetet på europeisk nivå har avstannat de senaste åren och ett investeringsbeslut ligger några år fram i tiden. Vetenskapsrådet bör ha projektet i åtanke för framtiden.

Subatomär fysik

Fortsatt medlemskap i CERN är en förutsättning för svensk partikelfysik, där LHC kommer att vara orubbat viktigast inom den aktuella tidsperioden. Under början 2020-talet kommer man att göra omfattande uppgraderingar av LHC för att öka antalet kollisioner per tidsenhet i detektorerna. Detta kräver att även experimenten ATLAS och ALICE uppgraderas. Om svenska forskare ska kunna fortsätta som medlemmar i experimenten och som aktiva forskare inom experimentell partikelfysik, måste de också delta i uppgraderingen av ATLAS och ALICE.

Inom kärn- och hadronfysik ligger högsta prioritet på att färdigställa FAIR-anläggningen med dess experiment. Då startversionen av FAIR inte kommer att tas i drift förrän tidigast 2019 kommer aktiviteter vid andra infrastrukturer att vara viktiga, till exempel vid ISOLDE-anläggningen och med AGATA-detektorn vid GANIL. En succesiv utbyggnad av FAIR utöver startversionen kommer att ske från 2020 och framåt. De involverade svenska forskarna kommer redan dessförinnan att behöva planera uppgraderingar av instrumentering för att matcha de ytterligare möjligheter som öppnas i och med konstruktionen av den fullständiga anläggningen.

Den nationella infrastrukturen DESIREE kommer att bli än mer relevant inom jon-, atom- och molekylfysik de närmaste åren, då man går mot att fullt kunna utnyttja anläggningen. Emellertid är det viktigt att den nationella och internationella användarbasen stärks. I nuläget syns det synnerligen rimligt att fortsatt stödja DESIREE på en adekvat nivå för att anläggningens fulla potential ska kunna förverkligas.

Allmänna rekommendationer

Deltagande i internationella infrastrukturprojekt innebär möjligheter för svenska forskare att medverka i instrument- och teknikutveckling, både i själva instrumentkonstruktionen och i utvecklingen av analysprogramvara. Detta har potential att utvecklas, särskilt med samordnande initiativ från myndigheter och näringsliv.

Samordning inom teknikvetenskap

Inom teknikvetenskap finns ett stort behov av ökad nationell samordning, då det endast förekommer i mindre omfattning. Idag finns öar av infrastruktur vid de olika lärosätena, men det är inte säkert att alla vet om vilka anläggningar som finns. Vetenskapsrådet kan spela en stor roll här för att samordna infrastrukturerna i Sverige, genom att undersöka förutsättningarna för nationella infrastrukturer samt genom att inleda en dialog med forskarna inom teknikvetenskap, de tekniska högskolorna och finansierare inom området.

Behov av stödjande e-infrastruktur

Nyinvesteringar i forskningsinfrastruktur inom astronomi och subatomär fysik kommer fortsatt kräva omfattande utveckling av snabba datanätverk, hårdvara, datalagring och gridteknologi. Det finns inte en enskild datorarkitektur som är optimal för alla forskningsanläggningar. I stället bör svenska forskare fortsatt erbjudas tillgång till ett brett spektrum av datorresurser. Det kan vara exempelvis snabba nätverk, traditionella superdatorer, massivt parallella beräkningar, gridresurser och möjligen distribuerade system som utnyttjar överksamma arbetsstationer.

Inom teknikvetenskap finns stora behov av stödjande e-infrastruktur i form av kodutveckling och avancerad användarsupport. Avancerad e-infrastruktur, till exempel högpresterande datorkluster, bör också kunna användas för teknikvetenskaplig forskning om dessa infrastrukturer. Precis som inom ämnesområdet finns här ett behov av nationell samordning.

Beskrivning av området

Utveckling av ett långsiktigt hållbart och säkert energisystem är en av de globala samhällets största utmaningar. Det finns en tydlig koppling mellan ett samhälles energianvändning per capita och utvecklingen av dess materiella välbefinnande. Världens energisystem är idag starkt sammankopplade och i en fas av snabb utveckling. Fossila bränslen fortsätter att dominera världens energiförsörjning, med cirka 85 procent av kommersiellt handlad energi. Det mesta (cirka 60 procent) av jordens el produceras från stenkolk och naturgas och användningen av fossila bränslen ökar kraftigt från år till år. Samtidigt finns en allt större oro för hur denna användning kan komma att påverka klimatet genom en förstärkt växthuseffekt. Kraven skärps för att öka andelen förnybar energi, både nationellt och inom EU. En annan tydligt trend är att många länder av geopolitiska skäl är oroliga över sitt beroende av importerad energi. Somliga länder, inklusive Finland, satsar på nya kärnkraftverk men Fukushima-olyckan har lett till ett starkt ifrågasättande av detta energislag. Det är oklart hur framtida lösningar för energiförsörjning kommer att utformas, i synnerhet på medellång och längre sikt. Forskningsinsatser inom många områden är därför starkt motiverade.

Biomassa används redan idag i stor utsträckning som energikälla. Mer än 30 procent av den tillförda energin i Sverige kommer från biomassa, i praktiken skog. Det finns en global förskjutning från enkel till mer högteknologisk användning av resurserna. Det finns en stor ännu outnyttjad potential i bland annat Sverige, även om biomassa inte ensamt bedöms kunna ersätta fossila bränslen och kärnbränslen. Globalt har vattenkraft byggts ut kraftigt, men utbyggnadsmöjligheten av traditionell vattenkraft är begränsad. Stora satsningar har gjorts på andra "förnybara" alternativ såsom solenergi, vindkraft och bioenergi för elproduktion. Dessa sektorer har vuxit kraftigt i flera länder, fast ofta med hjälp av relativt stora subventioner. Forskning pågår för att minska kostnaderna. Om utbyggnaden ska fortsätta krävs antagligen omfattande investeringar i förstärkta system för högspänningsleverans av el (grid) samt smarta elnät (smart grids). På så sätt skulle konsumtionen kunna styras för att effektivt parera fluktuationer i elproduktion från variabla förnybara källor. Dessutom måste antagligen vattenkraften användas på ett annat sätt än idag, för att bättre kunna samspela med den icke styrbara produktionen från vind och sol. Andra områden såsom vågkraft,

undervattensströmkraft och geotermi har en stor teknisk potential, om kostnaderna kan minskas.

För stationära anläggningar, såsom kraftverk, finns Carbon Capture and Storage (CCS) som en möjlighet för att fortsätta elda fossila bränslen eller biobränslen utan koldioxidutsläpp. På transportsidan går utvecklingen mot eldrivna bilar, men användningen dämpas av begränsad räckvidd och relativt långa uppladdningstider. Nya tekniska landvinningar inom framför allt batteri- och bränslecellsteknologin, samt lagringsteknik för vätgas, kan eventuellt snabbt ändra detta. Detta skulle bidra till Sveriges vision av en fossilfri bilflotta redan 2030. Nya metoder (olika biokemiska och termokemiska processer) är under utveckling för att omvandla biomassa till förnybara drivmedel, kemikalier och material i så kallade energikombinat eller bioraffinaderier.

Nästa generations fusionsforskningsreaktor, ITER, är under uppbyggnad, och framgång med den kan möjligen göra fusionskraft till en viktig energikälla inom överskådlig tid. Ambitionen är att en demonstrationsreaktor (DEMO) ska byggas under 2030-talet för att därefter leverera energi till elnätet före 2050. Även nya generationers fissionskraftverk, såsom GenIV eller acceleratordrivna system (ADS), kan vara viktiga för framtidens energisystem genom effektivare utnyttjande av kärnbränsle, högre säkerhet och minskad avfallsproblematik. Forskningsreaktorn MYRRHA kan komma att bidra till denna utveckling. Kärnteknisk forskning, liksom mycket annan energifokuserad forskning, är beroende av försöks- och demonstrationsanläggningar för att utveckla och testa ny teknik. Det finns också behov av anläggningar för materialanalys, både för att förstå processer i dagens kärnenergisystem och för att utveckla framtida system. Ett större antal sådana anläggningar, både i form av forskningsreaktorer och andra anläggningar på nationell nivå, existerar eller är under konstruktion. Genom ett samarbetsavtal med Frankrike deltar svenska forskare i förberedande arbete med Jules Horowitz-reaktorn (JHR) som är under konstruktion. JHR syftar till att studera åldrande och materialskador i existerande lättvattenreaktorer. Svenska forskare deltar också i ASTRID-projektet där en framtida natriumkyld GenIV-demonstrationsreaktor planeras.

Energisektorn är på flera sätt mycket viktig för samhället och är samtidigt stadd i kraftig omvandling. Eftersom vi inte vet vilka energislag och tekniker som kommer att dominera i framtiden så är stora riktade insatser på bred front starkt motiverade. Insatserna bör vara samordnade mellan de många olika relevanta aktörerna och på flera nivåer.

Infrastruktur som finansieras av Vetenskapsrådet

I tillägg till forskningsinfrastrukturer som kan anses vara helt avsedda för energiforskning finns en rad infrastrukturer som används både för energirelaterad och annan forskning. Exempel är synkrotronljusanläggningen MAX-lab som till exempel används i forskning om batterier, samt ICOS som mäter koldioxidfluxer för att bidra till vår förståelse av hur användning av fossila bränslen kan påverka klimatet. Det finns även ett antal olika pilot- och demonstrationsinfrastrukturer som utvecklats delvis med hjälp av statligt stöd, dock inte från Vetenskapsrådet.

ITER och EUROfusion

Reaktorexperimentet ITER byggs gemensamt av EU, Japan, Sydkorea, Kina, Indien, Ryssland och USA, och väntas stå klart i södra Frankrike i mitten av 2020-talet. Målet är att producera nettoenergi och därmed visa vägen för morgondagens energiproducerande fusionskraftverk. De europeiska leveranserna till ITER koordineras av Fusion for Energy (F4E) där Sverige är medlem. Parallellt med ITER byggs dessutom två experiment i Japan som ett samarbete mellan EU och Japan: en supraledande tokamak (JT60-SA) samt en acceleratorbaserad anläggning för neutronbestrålning (IFMIF) där man kommer att studera material för en fusionsreaktor inför DEMO-projektet.

Från och med 2014 samordnas de europeiska insatserna av konsortiet EUROfusion, där alla EU-länder samt Schweiz ingår. Konsortiet driver, förutom forskning och utveckling riktad mot ITER och DEMO, också fusionsexperimentet JET. Konsortiet delfinansierar även experimentell verksamhet vid de mellanstora europeiska fusionsanläggningarna. Genom EUROfusion får svenska fusionsforskare nya möjligheter att delta i forskningen vid dessa anläggningar och testa nya idéer, som sedan kan skalas upp till JET och ITER. EUROfusion satsar också på e-infrastruktur med standardiserade datamodeller av fysikaliska objekt, databaser samt verktyg för att koppla ihop numeriska koder till metakoder.

Beskrivning av möjlig ny infrastruktur

MYRRHA

MYRRHA är en planerad acceleratordriven test- och demonstrationsreaktor vid SCK•CEN i Mol, Belgien. Infrastrukturen har prioriterats av ESFRI och har fokus på fjärde generationens fissionsreaktorer och transmutation av använt kärnbränsle. Syftet med MYRRHA är att testa och validera teknologier, kärnbränsle och material för framtida fissionsreaktorer i en realistisk miljö. Dessutom kan den bidra till isotopproduktion för medicinska tillämpningar. MYRRHA kommer att demonstrera hur ett acceleratordrivet system (ADS) kan operera. ADS-reaktorer har potential att drastiskt minska mängden långlivade aktinider i dagens kärnavfall efter uppärbetning genom transmutation med snabba neutroner. MYRRHA är för närvarande på planeringsstadiet och utvärderades av den belgiska regeringen under 2014. Anläggningen beräknas kunna vara i drift 2025 till en total kostnad om 960 miljoner euro. Man förutsätter att finansieringen kommer att ske inom ett internationellt konsortium.

Styrkor och svagheter

Energiforskningens speciella karaktär och olika myndigheters roller

Vetenskapsrådet ansvarar för nyfikenhetsdriven grundforskning såväl som forskningsinfrastrukturfrågor på bred front, inklusive tillämpad forskning och energiforskning. För att uppnå politiskt önskade inriktningar inom energi har regeringen inrättat en särskild myndighet, Energimyndigheten, vars uppdrag är brett och inkluderar forskning och forskningsnära utvecklingsarbeten, dock med vissa fokusområden. Energisektorn är stor och viktig för landet och även andra statliga finansiärer ger omfattande stöd till energirelaterad forskning. Dessutom kan det inom energiforskning ibland vara svårt att dra tydliga gränser mellan forskningsinfrastruktur, provanläggningar och demonstrationsanläggningar, vilket har betydelse för gränsdragningen mellan olika myndigheters ansvarsområden. Flera potentiellt intressanta forskningsprogram äger rum eller planeras vid infrastrukturer som uppfyller Vetenskapsrådets generella kriterier för att få stöd, men inte har ansökt

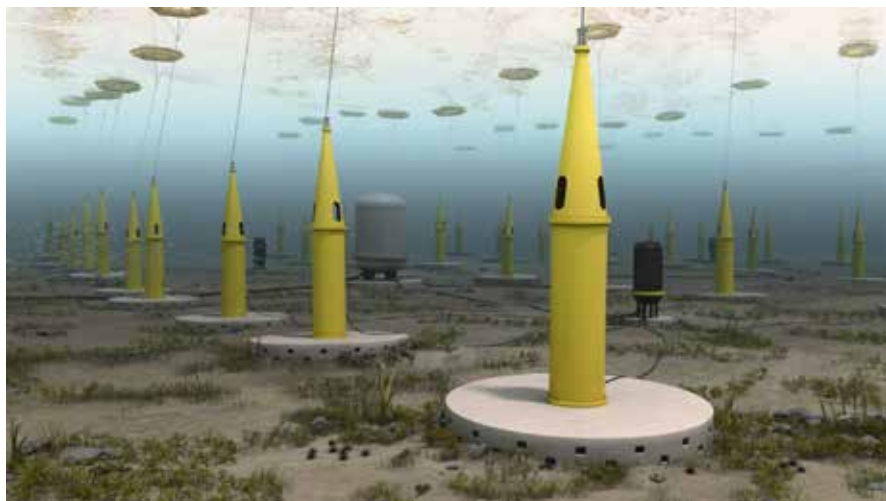
om sådant stöd från Vetenskapsrådet. Många av dessa infrastrukturprogram och satsningar stöds i stället bland annat av Energimyndigheten. En ökad samverkan mellan Vetenskapsrådet och Energimyndigheten skulle troligen ge ytterligare förutsättningar för att nå vetenskaplig excellens inom flera områden. Inom energieffektiviseringsområdet finns också starka beröringspunkter mot forskningsrådet Formas. Därför är det mycket viktigt att det finns en effektiv samordning mellan berörda myndigheter.

Inom vissa områden är svensk energiforskning med i den internationella fronten. Energiforskningens natur gör att detta ofta sker genom deltagande i stora internationella integrerade projekt, såsom ITER. Tydliga politiska viljeyttringar och mycket höga kostnader för energirelaterad forskning betyder att forskningens inriktning i relativt hög grad styrs av politiska beslut. Ett tydligt exempel är kärnkraftsforskning, där forskningsmöjligheterna begränsades under lång tid genom politisk styrning. Starka policystyrda beslut ger möjlighet till fokuserade satsningar som kan bidra till ledande forskning, men innebär samtidigt risker på längre sikt, eftersom politiska beslut kan ändras.

Utveckling av förnybar energi

Under senare år har omfattande riktat stöd getts till forskning som syftar till att öka möjligheterna att utvinna energi ur vind, vatten och sol, främst i form av el. Det samma gäller för forskning om utvinning av energi från biomassa, främst i form av drivmedel, värme och el. Detta har resulterat i flera nya anläggningar, delvis finansierade av Vetenskapsrådet med aktiviteter som omfattar både nya koncept och storskaliga prov- och demonstrationsanläggningar. Inom ett antal områden ligger Sverige klart i internationell toppklass. Den internationella konkurrensen är dock hård, varför det är viktigt att de satsningar som görs verkligen levererar konkurrenskraftiga lösningar. Därför bör dessa satsningar löpande utvärderas.

Vattenkraften är mycket viktig för Sveriges elförsörjning, och kan bli ännu viktigare framöver. Detta beror bland annat på att den kan användas som balanskraft för en ökande andel intermittent elproduktion. Fortsatt forskning och utveckling av vattenkraft är därför av stor vikt. Det finns här en risk att statliga stöd till grundläggande forskning begränsas alltför hårt till följd av att vattenkraftindustrin ses som väletablerad med egna resurser för sitt utvecklingsarbete.



I gränslandet mellan teknikvetenskap och energiforskning finns flera satsningar inom alternativa energikällor, bland annat gröna bränslen, vind- och vågkraft. Bilden visar en animation av en vågkraftspark. Bild: Seabased.

Många av de mest relevanta infrastruktursatsningarna för produktion av nästa generations biodrivmedel har idag karaktären av prov- eller demonstrationsanläggningar. Intressanta infrastrukturfrågor är bland annat förbättring av termokemiska och biokemiska processer för produktion av såväl gröna bränslen som nya material och kemikalier i så kallade bioraffinaderier eller energikombinat. Dessa anläggningar stöder forskning om biomaterial och biobaserad ekonomi i en vidare mening.

Viktiga infrastrukturer för forskning om produktion och skörd av bioenergiråvara är bland annat SITES (samordningen av fältstationer), som omfattar långliggande skogliga fältförsök.

Riktat stöd har även getts till forskning om effektivare bruk av energi, exempelvis smarta elnät, för att förbättra hanteringen av varierande elproduktion från förnybara källor och för att utveckla transportsystem, exempelvis i form av bättre batterier för att bland annat göra elbilar mer konkurrenskraftiga. Sveriges relativt starka ställning inom relevanta delar av materialvetenskapen samt inhemsk elektroteknisk industri gör att Sverige har flera framgångsrika grupper inom området. Utvecklingen av komplexa system, såsom smarta elnät, kräver dock storskaliga försök, och dessa aktiviteter har också ofta karaktären av utvecklings- och/eller demonstrationsprojekt.

Kärnenergi: Fission och fusion

Sveriges historiskt starka internationella roll inom kärnkraftsforskning (fission) har minskat. Dessutom saknas en nationell strategi för forskningen vilket försvårar koordineringen av det svenska kärnforskningsprogrammet. Sverige tecknade dock 2010 ett samarbetsavtal med Frankrike vilket involverar forskare vid svenska universitet och högskolor i förberedelsearbetet inför forskningsreaktorerna ASTRID och Jules Horowitz, med fokus på utbildning av unga forskare och doktorander. I ESFRI:s vägvisare från 2010 föreslås en europeisk satsning på en forskningsanläggning för acceleratorbaserad kärnteknik och utveckling av GenIV-teknologi – MYRRHA. Vetenskapsrådet har efter intresseanmälan från svenska forskargrupperingar funnit att det svenska intresset är stort för att delta i den europeiska verksamheten och att det finns behov av en nationell samordning. Vetenskapsrådet har därför godkänt att den svenska grupperingen deltar i den gemensamma planeringen av anläggningen för svensk räkning.

Svensk experimentell fusionsforskning är internationellt framstående, vilket återspeglas i den starka positionen inom samarbetet EUROfusion, samt i de pågående kontrakten med ITER. Detta har möjliggjorts genom det europeiska samarbetet som gett svenska forskare tillgång till internationella infrastrukturer, framför allt JET. Detta samarbete har från och med januari 2014 utökats till att inkludera också Europas mellanstora fusionsexperiment. Detta innebär nya möjligheter att studera skalningen av plasma- och materialfysik mot dimensionerna av en reaktor, samt att testa nya koncept (till exempel mätinstrument och plasmafenomenologi) i mindre experiment för att sedan gå vidare och testa samma koncept på JET.

Kontrakten inom både EUROfusion och F4E delas ut under konkurrens och innebär ett stöd på cirka 50 procent. I de flesta europeiska länder, dock inte i Sverige, domineras fusionsforskningen av laboratorier som drivs av nationella atomenergiorgan med direkt finansiering. Många av de relevanta projekten har en mer teknisk karaktär, och därför kan det i det svenska systemet vara svårt att erhålla resterande finansiering till dessa projekt.

Fossila bränslen och CCS

CCS (Carbon Capture and Storage) är en teknik som möjliggör lagring av koldioxid inuti geologiska formationer till lands eller till havs för att på så sätt neutralisera effekten av koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen. Inte minst industri- och transportsektorn i Sverige är idag starkt beroende av fossila bränslen. Dock är utvinningen av fossila bränslen i landet liten, vilket också avspeglas inom forskningen. Trots det har Sverige en

stark roll i ett antal frågor som relaterar till detta forskningsfält, företrädesvis där en bredare metodik kan tillämpas på de aktuella frågorna. Ett exempel är CCS där svenska forskare har haft viktiga roller i ett antal projekt, och även lett aktiviteter på EU-nivå. CCS-forskning är i hög grad tillämpad, och kräver omfattade forskningsinfrastrukturer och provanläggningar. Inga större anläggningar finns i Sverige, men ett antal forskningsinitiativ har finansierats av berörda aktörer, bland annat Vetenskapsrådet, Energimyndigheten, Elforsk och EU. En frågeställning som antagligen kommer att undersökas de närmaste åren är användningen av CCS vid kraftvärmeverk.

Framtiden för Sverige i världen

Energisektorn och den tillhörande forskningen utvecklas relativt snabbt. Sektorn svarar för en betydande andel av landets BNP, och de stora kostnaderna betyder att billigare lösningar som är politiskt och miljömässigt acceptabla på sikt kommer att konkurrera ut andra lösningar. Även på kortare sikt kan den snabba utvecklingen inom forskningen komma att avspeglas i snabba ändringar av politiska inriktningar. Eftersom energisystemet i hög grad är internationellt, så styrs energiforskningen också av vad som händer i utlandet. Det finns därför både stora möjligheter och, om inte effektiva och realistiska omvärldsbedömningar görs, stora risker med riktade satsningar på energiforskning och relaterad infrastruktur.

Behov av e-infrastruktur

E-vetenskap blir allt viktigare inom många energiforskningsområden, exempelvis inom förbränning och förgasning, fusions- och kärnteknik. Inom fusions- och kärnteknisk forskning är simulerings- och modelleringsarbete mycket viktiga komponenter. Detta innebär att en e-infrastruktur med standardiserade datamodeller av fysikaliska objekt, databaser samt verktyg för att koppla ihop numeriska koder till metakoder blir allt viktigare. I synnerhet fusionsforskningen har stora behov av högpresterande dataresurser för modellering, främst av fusionsplasmata och mätutrustning, samt för att optimera designen för komponenter för ITER och DEMO. Dessa resurser behövs både nationellt via SNIC och internationellt via bland annat PRA-CE. Det finns även behov av tillämpningsexperten för att utveckla, underhålla och optimera både simuleringskoder och infrastruktur för utveckling av integrerade metakoder.

Trender och tendenser

Energirelaterad forskning, i synnerhet den som får riktat stöd, är ofta behovsdriven. Därför styrs utvecklingen inom forskningen och tillhörande infrastrukturer förhållandevis starkt av uppfattningar om de framtida behoven, bedömningar av de tekniska möjligheterna och politisk inriktning. Den internationella utvecklingen kommer att påverka Sverige starkt, trots att landets energisektor avviker från de flesta andra länders genom en nästan fossilfri elproduktion och stor användning av biomassa. Exempel på stora förändringar som skulle kunna ske är användning av storskalig europeisk skiffergasproduktion eller utvinning av geotermisk energi med hjälp av moderna borrhings- och hydrauliska uppsprickningsmetoder – områden där stora projekt nu genomförs, bland annat i Schweiz. Politikerna måste staka ut vägen, men eftersom framtida inriktningar bör ta hänsyn till tekniska möjligheter och vetenskapliga analyser måste beslutsfattarna förse med bästa möjliga vetenskapliga underlag.

Under den kommande perioden sker sannolikt en stark europeisk och global utveckling inom flera viktiga områden, både inom förnybar energi för produktion av el och drivmedel (biobränsle samt sol-, vind-, vatten- och vågkraft) och inom fissionskraft. Till detta ska även läggas potentiella framsteg inom integrering av intermitterent förnybar el i elsystemet, CCS, klimatforskning, skiffergasproduktion, elfordon, energieffektivisering inom transport, samhälle och industri samt energisystemforskning.

Utvecklingen kommer att ha stor betydelse för bland annat nivåer av koldioxidutsläpp och olika länders ekonomi. Inom flera områden präglas infrastrukturbehoven av tillgång till anläggningar, såsom MAX IV och/eller demonstrationsanläggningar som inte huvudsakligen tillhör Vetenskapsrådets ansvarsområde. Eftersom olika komponenter i energisystemet ingår i ett komplext samspel, och samhället vill se nya praktiska lösningar på energiproblemen, är en effektivare samverkan mellan olika forskningsfält och aktörer eftersträvänsvärd.

Fusionsforskningen är idag under omvandling, med minskade anslag till grundforskning och med ett internationellt koordinerat och integrerat program för forskning och teknikutveckling för ITER och det planerade demonstrationskraftverket DEMO. Detta innebär att man på flera europeiska fusionsanläggningar försöker lägga en större vikt vid teknikutveckling (väggmaterial, väggeometri, bränslecykeln, uppvärmningssystem med mera). Den ökade koordineringen och integreringen innebär också att forskare måste ta en större del i det organisatoriska och administrativa arbetet med att definiera och koordinera forskning och teknikutveckling inom det

europiska samarbetet. Detta gäller inte minst svenska forskare som är väl representerade som ledare för delprojekt inom konsortiet EUROfusion.

Kärnteknisk forskning fokuseras idag dels på att utveckla teknologi för fjärde generationens fissionsreaktorer, dels på att förlänga livslängden hos existerande reaktorer. Avfallsproblematiken är alltså aktuell med förhoppningar om att minimera och/eller transmuttera långlivat avfall i framtida reaktorer, alternativt lagra det geologiskt på ett säkert och permanent sätt. Flera lösningar studeras, och konstruktion eller planering av test- och demonstrationsanläggningar pågår.

Rekommendationer 2015–2020

Energisystem, naturresurser, klimat och miljö

Eftersom samhällets val av framtida energilösningar kommer att styras av tillgången på naturresurser och de miljöbelastningar som användningen av dessa leder till, så är det viktigt att det finns lämpligt forskningsstöd och relevanta infrastrukturer som kan användas effektivt för att skaffa kunskap om de olika alternativens konsekvenser. Viktiga forskningsinfrastrukturer är bland annat SITES (samordningen av fältstationer), ICOS (koldioxidobservationssystem), EPOS-systemen för geologiska och geofysiska observationsdata, forskningsfartyget Oden och Riksriggeren för vetenskaplig djupborrning. E-infrastrukturer av olika karaktär blir sannolikt viktigare. E-infrastrukturer inkluderar databaser för allt från klimatdata och elkonsumenters beteende till information om skogsbestånd. Flera energiforskningsfält har behov av mycket stor beräkningskapacitet för bland annat modellering. E-infrastrukturer som har energirelevans bör planeras också utifrån energiforskningens behov.

Förnybar energi

Forskning inom området förnybar energi behöver tillgång till avancerade infrastrukturer inom flera forskningsfält, till exempel infrastrukturer som Myfab och MAX IV inom materialforskning. Behovet gäller till exempel forskning om förnybar el- och drivmedelsproduktion, utvecklingen av "smart grids" för att bättre kunna hantera varierande elproduktion från förnybara källor och ökad användning av biomassa. Det är viktigt att hänsyn tas till energiforskningens behov när relevanta infrastrukturer planeras och byggs upp. Planering av nya forskningsnära pilot- och demonstrationsan-

läggningar som huvudsakligen finansieras av statliga myndigheter bör göras i samråd mellan myndigheterna för att det nationella systemet som helhet ska hänga ihop på ett genomtänkt sätt. I vissa fall kan infrastrukturstöd behövas för nya prototypanläggningar inom området, och det bör finnas möjlighet att söka finansiering för sådant från Vetenskapsrådet eller en annan statlig myndighet. Riktade utlysningar för sådana infrastrukturer kan vara motiverade.

Fusionsforskning

För att behålla en konkurrenskraftig svensk fusionsforskning krävs att svenska forskare kan bidra till både vetenskap och teknikutveckling inom det koordinerade europeiska fusionsprogrammet genom medlemskapet i konsortiet EUROfusion. Här ingår de svenska bidragen till experimentet JET, samt de kompletterande anläggningarna MAST, ASDEX-Upgrade, TCV och Wendelstein 7-X. EUROfusion koordinerar även designen av en demonstrationsreaktor, DEMO, som är tänkt att leverera elenergi före 2050, samt utvecklingen av en europeisk e-infrastruktur för integrerad modellering och dataanalys där Sverige bidrar med bland annat applikationsexperter. Svenska forskare har möjlighet att bidra till utvecklingen av ITER, men både EUROfusion och ITER (F4E) kräver omfattande in-kindbidrag. Sådan medfinansiering kan i Sverige vara svår att erhålla när projekten är av teknisk karaktär och inte ger direkta vetenskapliga resultat. Det är viktigt att lämpliga finansieringsmöjligheter finns för att möjliggöra för svenska forskare att medverka i dessa infrastrukturprojekt. Situationen försvåras av att anslaget till JET Joint Fund, som betalades av Vetenskapsrådet under det sjunde ramprogrammet, kommer att avskaffas. Därmed kommer omkostnaderna för medverkan vid JET att öka.

Kärnteknisk forskning

I synnerhet mot bakgrund av klimatfrågan är det viktigt att samhället har teknik som ger möjlighet att välja att bygga nya, säkrare och effektivare kärnreaktorer. Detta kräver att svenska forskare är aktiva inom internationella samarbeten för att få tillgång till infrastrukturer utomlands. Engagemangen i de franska anläggningarna JHR och, på längre sikt, ASTRID bör beredas möjlighet att fortsätta. Ett framtida svenskt deltagande i ESFRI-projektet MYRRHA kan också övervägas eftersom anläggningen kommer att ha en mycket bred och relevant forskningsprofil syftande till utveckling av framtida reaktortyper.

MILJÖVETENSKAPER – PLANETEN JORDEN

Beskrivning av området

Några av mänsklighetens största utmaningar finns inom området miljövetenskaper. Här ryms grundforskning och tillämpade forskningsfält som spänner från naturresurser och matproduktion till klimatförändringar och naturkatastrofer. Stora och långsiktiga forskningsinfrastrukturer behövs för att täcka de många samspelande systemen inuti, på och ovanför jordytan. Dessa inkluderar ekologi, inklusive ekosystemstudier på land och till havs, atmosfärs-, hydrosfärs-, och jonosfärsforskning, geologi och geofysik. Forskningen sträcker sig från grundforskning för att förstå de myriader av samverkande processer som gör att naturen ser ut som den gör, till helt tillämpad forskning om samspelet mellan människan och vår miljö, idag och i framtiden.

En globalt ökande befolkning med allt högre krav på levnadsstandard sätter hårt tryck på jordens resurser. För att trygga välståndet, miljön och naturresurserna krävs därför en ökad förståelse inom många av de forskningsområden som relaterar till planeten jorden. Ett hållbart samhälle kräver att bygg- och planeringsprocesser utvecklas med hänsyn till miljön samt att klimatförändringarnas konsekvenser analyseras. Vår livsföring leder till ökad förbrukning av vatten, energi, råvaror och mat, vilket kräver nya och effektivare metoder för att hitta och använda jordens naturresurser. Konkurrerande intressen från skogs- och jordbruk, turism, utrymme för städer och fabriker, gruv-, energi-, fiske- och vattenindustrin med mera ställer allt högre krav på effektiva tekniker för att granska, kartlägga och undersöka jordens biologiska, kemiska och fysiska tillgångar. Ofta leder ökad resursanvändning till ökad miljöbelastning genom att nya problem uppstår och befintliga problem förvärras. Särskilt i fokus under senare tid har varit koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen i relation till klimatet, användandet av naturresurser och föroreningsproblematik, produktutveckling och nya kemikalier samt frågor som berör förluster av habitat, biodiversitet och ekosystemtjänster. Fördjupad forskning inom, och i spänningsfältet mellan, skilda områden som geovetenskap, ekologi, atmosfär, miljö, samhällsbyggnad och samhällsvetenskap krävs för att förstå och hantera dagens och framtidens utmaningar. För att nå dit krävs ett flertal långsiktiga forskningsinfrastrukturer av mycket olika karaktär.

Relevant för området är infrastrukturer av olika karaktär: laboratorie-

faciliteter (till exempel VEGA för laserablationsmasspektrometri), distribuerade observationsverksamheter (till exempel ICOS, SITES och EPOS), anläggningar (till exempel Onsala rymdobservatorium, ESS och MAX IV), dyra mobila resurser (till exempel Riksriggen för djupborrning) samt e-infrastrukturer av olika slag (till exempel ECDS). Några av infrastrukturen är nationella, andra internationella. I vissa fall är Vetenskapsrådet huvudfinansiär. I andra fall, till exempel när det gäller IODP-ECORD, bidrar Vetenskapsrådet till en internationellt ägd och driven infrastruktur. Planeten jorden studeras med alla tänkbara verktyg, bland annat inom biologi, kemi, fysik och geovetenskap. Området anknyter dessutom handfast till exempelvis arkeologi och paleontologi. Eftersom tidsskalan för observationer styrs av naturliga processer, som kan vara mycket långa, krävs i ett flertal verksamheter observationer under mycket lång tid, ibland hundratals år.

Det finns ofta en tydlig kontaktyta med andra myndigheters ansvarsområden, till exempel vad gäller miljöövervakning och naturresursutnyttjande. Dessutom kan nystartade infrastrukturer, som initialt motiverades av forskningsbehov, efter ett tag användas till annan viktig myndighetsutövning. I vissa fall bör det finnas en dialog mellan Vetenskapsrådet och andra aktörer om ansvaret för specifika infrastrukturer, där Vetenskapsrådets engagemang eventuellt utvecklas eller avvecklas över tid även om infrastrukturen i sig är kvar.

Forskningsområden och tillhörande infrastrukturer kan klassificeras på olika sätt. Några, delvis överlappande, grupper med relevanta befintliga områden är listade nedan, följt av mer detaljerade beskrivningar av ett urval av de viktigaste forskningsinfrastrukturerna. Listan inkluderar bland annat några ESFRI-projekt i planeringsfasen. För många av infrastrukturerna är det inte möjligt att räkna antalet ”användare”, främst för att de samlar eller tillhandahåller data över långa tidsperioder och för att data görs öppet tillgängliga för nedladdning över internet. Dessutom är många relevanta forskningsfrågor globala till sin natur och mycket data levereras till gemensamma integrerade internationella databaser, vilket gör kartläggning av användningen av specifikt svenska data svår eller omöjlig.

Infrastruktur som finansieras av Vetenskapsrådet

Bojbaserat miljömätssystem

Klimatförändringar påverkar även vattnets fysik, kemi och biologi. Ett samarbete mellan fem forskningsinstitutioner/lärosäten utgörs av ett distribuerat bojbaserat miljömätssystem placerat på ett antal nyckelpositioner längs Sveriges kust. Bojarna mäter kontinuerligt fysiska, kemiska och biologiska parametrar vid olika djup för att studera mekanismerna för bland annat övergödning, försurning och andra förändringar i Östersjöns unika miljö, både under kort och lång tid.



Som efterträdare till EISCAT befinner sig ESFRI-projektet EISCAT 3D, världens mest avancerade forskningsradar, vid tröskeln mellan planerings- och implementeringsfasen. Bild: Copyright 2009, EISCAT Scientific Association.

EISCAT (EISCAT-3D)

Sverige är värdland för den internationella organisationen EISCAT Scientific Association, med säte i Kiruna. Anläggningen är utvecklad för forskning inom norrsken, plasmafysik och atmosfärfysik, men används även för forskning inom bland annat meteoriter, rymdsäkerhet och radioastronomi. Genom att använda ett radarsystem med en kraftfull sändare tillsammans med mycket känsliga mottagare på tre platser på Nordkalotten är EISCAT den enda forskningsanläggningen som kan ge full vektorinformation om fenomenen i atmosfären och den nära rymden. Det befintliga EISCAT-radarsystemet i norra Skandinavien och Finland kommer att fasas ut inom några år när frekvensrättigheter tas över av kommersiella aktörer. Som efterträdare befinner sig EISCAT-3D vid tröskeln mellan planerings- och implementeringsfasen. EISCAT-3D bygger på samma grundläggande principer som EISCAT och kommer ge samma möjligheter, men med flerfaldigt högre rums- och tidsupplösning samtidigt som man går från att svepa en linje genom rymden till att göra simultana observationer över stora volymer. I detta kritiska skede stödjer Vetenskapsrådet anläggningens huvudkontor med bidrag för planering och internationell koordinering. Minst fem länder i EISCAT Council, inklusive Sverige, förväntas under hösten 2014 ta finansieringsbeslut för uppbyggnad av EISCAT-3D.

ICOS

Initiativet ICOS (Integrated Carbon Observatory System), ursprungligen initierat av ESFRI, är ett paneuropeiskt nätverk för att mäta och kvantifiera växthusgasupptag och avgivning mellan mark/vatten och atmosfär. Man bildar nu en ERIC som ska styra verksamheten. Sverige är också värd för den europeiska portalfunktionen som ska lagra och leverera forskningsdata. Inom ramen för ICOS finansierar Vetenskapsrådet ett antal verksamheter för koldioxidfluxmätningar på land och till havs. Verksamheten består av tre högmast (100–150 meter höga) för atmosfärsmätningar samt sju ekosystem spridda över landet. Till dessa ska läggas en havsbaserad station vid Östergarnsholm som dessutom erbjuder studier av gasutbytet med havet. Dessa processer kan även studeras med hjälp av ett mobilt mätsystem monterat på isbrytaren Oden. Vid de landbaserade ICOS-stationerna finns även denna typ av kompletterande utbytesmätningar för att ge information om samspelet mellan atmosfären, marken och växtligheten och i vissa fall det avrinnande vattnet.

Syftet med ICOS är dels att förstå de lokala variationerna i kolutbytet, dels att möjliggöra kvantifieringen av växthusgasutbyten över hela Europa. ICOS data är således viktig för många forskare internationellt.

GET

Genom distributionstjänsten GET tillhandahålls geodata från Lantmäteriet, Trafikverket, Statistiska Centralbyrån och Sjöfartsverket avgiftsfritt för att användas inom utbildning, forskning och kulturverksamhet. För att få åtkomst till denna geodata behöver man teckna ett licensavtal. För universitet och högskolor är det möjligt att använda sig av distributionstjänsten GET för att ladda ner en del av de data som avtalet ger tillgång till. Tjänsten ger också åtkomst till geodata från Sveriges geologiska undersökning.

Miljö- och klimatdatabaser

Det finns idag ett antal olika databaser för olika sorters klimat och miljödata. ECDS vid SMHI är främst en metadatabas för att forskare ska kunna få information om vilka miljö- och klimatdata som finns, samt hur de kan få tillgång till dessa. LifeWatch och GBIF, med respektive huvudmän Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Naturhistoriska Riksmuseet (NRM), är databaser för biodiversitetsinformatik. Databasen WRAM (SLU-Umeå) är en relaterad databas, fokuserad på att hantera och tillgängliggöra data om djurs rörelser. Sverige (Lunds universitet) har tagit ansvar för att driva portalen för ICOS, det vill säga databasfunktionen för att tillgängliggöra data och analysverktyg. The Swedish National Infrastructure for Computing (SNIC) kan användas av forskare inom alla discipliner. Data av relevans för bland annat klimatforskning samlas även av satelliter, och en funktion för att säkra både data och tillgång till sådana klimatdata förvaltas av Chalmers (Resdacs, databas över jordobservationer för klimatforskning).

Nordsim och VEGA

Det nya VEGA-centret som startar under 2014 vid Naturhistoriska riksmuseet använder laserteknik för att frigöra material från geologiska prover, som sedan analyseras med hjälp av en masspektrometer. Tekniken kan med hög precision välja att till exempel ta prover från olika delar av en bergkristall, som ger viktig information om hur olika kristaller har formats och påverkats under olika geologiska tidsåldrar. Verksamheten styrs av en nationell styrgrupp. Det nordiska instrumentet Nordsim är liknande, men material frigörs i det fallet av en jonstråle. Vetenskaplig planering av instrumenttid görs av en nordisk kommitté utsedd av Naturhistoriska riksmuseet i samråd med Vetenskapsrådet.

Riksriggen – vetenskaplig borrhning

Riksriggen är en borrhningsrigg för vetenskapliga undersökningar av jordskorpan ner till 2,5 kilometers djup. Den förvaltas av Lunds universitet. Viss kompletterande utrustning och aktiviteter till borrhningsriggen finns vid andra högskolor, till exempel utrustning för borrhållsspänningsmätningar (Luleå tekniska universitet). Viktiga vetenskapliga frågor som kan studeras med djupborrning inkluderar berggrundens geologiska utveckling, livet djupt ner i berget, storskaliga grundvattensystem och kalibrering av klimatmodeller genom temperaturmätningar.

Förutom grundforskning kan riggen användas för mer tillämpade projekt, till exempel studier av möjligheter till geotermisk energiutvinning och lagring av koldioxid i berg. Före en djupare borrhning krävs omfattande förstudier, framförallt av de geofysiska förutsättningarna för optimal placering av borrhålet samt planering av själva borrhningen och det vetenskapliga arbetet på borrhplatsen. Sverige deltar i två stora internationella vetenskapliga konsortier för borrhning: oceanborrningsprogrammet IODP via den europeiska grenen ECORD, samt ICDP som är den landbaserade motsvarigheten.

SITES

SITES (Swedish Infrastructure for Ecosystem Science) är en nyinstitad distribuerad forskningsinfrastruktur som samordnar ett antal (för närvarande nio stycken) av landets fältstationer för landbaserad klimat-, miljö- och ekosystemforskning. Syftet med SITES är att erbjuda forskare vid landets alla lärosäten och forskningsinstitut välfungerande och allmänt tillgängliga infrastrukturer för fältbaserad forskning. Tillsammans täcker stationerna vitt skilda naturtyper och klimatzoner, från jordbrukslandskap, skogsmark, fjälltrakter och våtmarker till olika typer av inlandsvatten. Den egentliga kärnverksamheten på stationerna finansieras av de olika huvudmännen SLU (Svartberget, Grimsö, Asa, Lönnstorp och Röbbäcksdalen), Stockholms (Tarfala), Uppsala (Erken) och Göteborgs universitet (Skogaryd) samt Polarforskningssekreteriatet (Abisko).

Styrkor och svagheter

Forskningen inom miljövetenskaper är bred och spänner över många olika forskningsfält och kräver i många fall internationell samordning. Genomslagskraften varierar mellan olika forskningsfält, men överlag håller forskningen i Sverige högsta internationell klass. Det finns flera väletablerade

infrastrukturer i Sverige, och viktiga e-infrastrukturer började tidigt utvecklas här. Sverige ligger tack vare detta långt fram inom vissa områden. Ekologisk forskning, såsom studier av terrestra, limniska och marina ekosystem, ekosystemtjänster och biologisk mångfald är traditionellt starka områden i Sverige, delvis på grund av tidigare riktade forskningssatsningar. Klimat- och atmosfärforskningen är också stark. Närheten till polarområdet (där många viktiga processer i jonosfären pågår) har bland annat lett till att rymdforskningen länge varit ett profilområde. Trots att Sveriges naturresurser, inklusive skogen, jordbruket, haven och gruvnäringen, varit enormt viktiga för landets ekonomi är andelen forskare inom exempelvis geologisk och geofysikalisk forskning, eller tillhörande infrastrukturer, inte lika stor som i många andra jämförbara länder. Trots detta anses Sverige vara i den internationella fronten inom ett antal relevanta forskningsfält.

Sverige är ett stort land med en ganska liten befolkning. Av den anledningen behövs proportionellt mer resurser för att täcka landet (inklusive vatten) med mätpunkter för empiriska studier jämfört med många andra europeiska länder.

Långsiktig finansiering

Delvis liknar infrastrukturerna dem inom andra forskningsfält. Exempel är laborativ verksamheter som masspektrometri och olika databasfunktioner. Det finns dock också ett omfattande behov av andra slags infrastrukturer för att studera jorden. Dessa inkluderar stora flyttbara anläggningar, distribuerade observationssystem och stora samlingar av biologiska och geologiska material. Det är till stort gagn för svensk forskning att ha tillgång till flyttbara anläggningar, såsom isbrytaren Oden och Riksrigen för vetenskaplig djupborrning. Ett gemensamt bekymmer med dessa och liknande faciliteter är dock att planerings- och driftskostnaderna kan vara stora och att det saknas en naturlig hemvist för sådana kostnader i forskningsfinansieringssystemet. Dessa kostnader kan anses vara "projektkostnader" i stället för infrastrukturkostnader, men de är av en sådan karaktär, och kan vara så omfattande, att de inte ryms inom ramen för till exempel ett vanligt projektbidrag.

Observationsverksamheter kan ta många olika former. Somliga är fördelade geografiskt där olika komponenter kan ha olika huvudmän. Detta kan vara både en styrka – för att kostnader fördelas – och ett problem eftersom samordningen kan försvåras. I de fall en huvudman tar hela ansvaret kan långsiktig finansiering vara ett problem. Effektiv samordning och tydlig ansvarsfördelning mellan olika huvudmän och mellan huvudmännen och Vetenskapsrådet behövs för att åstadkomma stabilitet på den långa tidsskala som ofta är helt nödvändig för att infrastrukturerna ska få genomslagskraft.

Marin forskning

Havsforskning kräver lämpliga infrastrukturer av flera olika slag, inte minst tillgång till lämpliga fartyg inklusive stora utsjögående forskningsfartyg. Forskningsfartyg är viktiga utifrån många vetenskapsområdets perspektiv – från geologi till klimat, ekologi, fiskeri och så vidare. Dessa kan vara dedikerade forskningsfartyg men oftast används de även för andra ändamål såsom myndighetsutövande, miljöövervakning och utbildning. Det finns ett antal sådana fartyg med flera olika huvudmän spridda i landet.

Eftersom kapital- och driftskostnaderna är stora behövs en effektiv nationell samordning. Tyvärr finns idag en tendens att suboptimera fartygsutnyttjandet så att enskilda aktörer införskaffar egna fartyg vilka därmed riskerar bli jämförelsevis dyra i drift. Detta gäller också andra former av marina forskningsresurser, vilka är lämpade att utnyttjas som gemensamma infrastrukturer. Liknande problem finns även med andra sorters resurser såsom forskningsstationer, masspektrometrar och andra kostsamma specialinstrument. Ett bättre samarbete mellan olika lärosäten, myndigheter och institut krävs.



Provtagning från båt vid Erkenlaboratoriet, som är en av nio fältforskningsstationer inom SITES, en nationellt samordnad infrastruktur för terrester och limnologisk fältforskning. Övriga fältforskningsstationer är Abisko, Tarfala, Svartberget, Röbbäcksdalen, Grimsö, Asa, Skogaryd och Lönnstorp. Foto: Pia Larsson, Erkenlaboratoriet.

Miljöforskning

Sverige har unika data som beskriver tillståndet i landets skogar under det senaste seklet. Miljö-, biodiversitets- och ekosystemforskning har under senare tid, generellt sett, genomgått något av en revolution genom nya tekniska landvinningar. Exempel är databasfunktioner såsom GBIF, SLW, ECDS, RINFI och WRAM, de intensiva lokala miljömätningar som genomförs nära ICOS koldioxidfluxstationer och allt fler observationer av olika slag på land och till havs. Det saknas dock viss infrastruktur för dataproduktion och -förvaltning och för analys inom toxikologi och miljöföreningar.

Klimatforskning

Sverige har länge bidragit påtagligt till utvecklingen av området. Idag finns ett antal viktiga infrastrukturer som är kopplade till klimatfrågor. Ett exempel är ICOS, där Sverige driver ett antal mätstationer, och "portalfunktionen" – alltså e-infrastrukturen där forskare ska få effektiv tillgång till data och analysverktyg. Dessa klimatrelaterade infrastrukturer fokuserar på processer kring växthusgaser. Viktiga öppna frågor inom klimatforskning handlar idag bland annat om aerosolpartiklar och moln, där andra sorters mätningar är relevanta och observationsinfrastrukturerna inte är lika väl utbyggda. Studier av atmosfären är naturligtvis centrala inom klimatforskning, men även samspelet mellan atmosfären och den ytnära marken, växtligheten, hydro- och kryosfären, inklusive sjöar, hav och glaciärer. Även studier av den djupare jorden är relevant ur ett klimatperspektiv. Sverige har omfattande forskningsverksamhet inom kvartärgeologi som bygger på de klimatarkiv som finns lagrade i is- och sedimentkärnor.

Utöver observationssystem och databaser är klimatmodellering avgörande för att förstå klimatsystemet och dess utveckling på olika tidsskalor. Klimatmodellering är ett starkt forskningsfält i Sverige idag, men en kritisk faktor är dock fortsatt tillgång till omfattande och ökande beräkningskapacitet.

Forskningsbehoven är omfattande, och tydligare prioriteringar behövs på infrastruktur inom området. Exempel på sådana infrastrukturer är SITES (forskningsstationer för klimatdata), ANAEE (analys och experiment i ekosystem) och ACTRIS (klimat och aerosolmätningar).

Rymdforskning

Infrastruktur för rymdforskning stöds dels av Vetenskapsrådet, dels av andra aktörer såsom Rymdstyrelsen (Odin-satelliten, Esrange, bidrag till internationella European Space Agency (ESA)-aktiviteter med mera). Men den vetenskapliga produktionen från viktiga delar av Sveriges rymdforsknings-samhälle har minskat under senare år. EISCAT-3D är en storskalig anläggning i planeringsfasen som kommer att användas för att studera bland annat jonosfären och atmosfären med hjälp av radarvågor. Projektet är vetenskapligt välunderbyggt men kostsamt. Ett antal frågor om ansvarsfördelningar mellan de olika inblandade aktörerna, inte minst från Sverige, Norge, Finland, Japan och England, behöver svar innan projektet kan starta.

Polarforskning

Sveriges traditionellt starka roll inom forskning vid och om Arktis och Antarktis fortsätter, inte minst tack vare tillgång till isbrytaren Oden samt den subarktiska forskningsstationen Abisko och glaciärforskningsstationen i Tarfala, vilka båda ingår i SITES. Som med många projekt i Arktis, är möjligheterna starkt beroende av aktivt stöd från ett antal länder. ESFRI-projekten SIOS (Svalbard Integrated Observing System) och EISCAT-3D är under planering.

Den fasta jorden

Vetenskapsrådet har under senare år stöttat ett antal borrhingsprojekt. Dessa inkluderar havsborrningsprogrammet IODP och den europeiska komponenten ECORD, landborrning i form av Riksriggen och driftstöd till en första djupborrning utanför Åre. Sverige deltar också i planeringsfasen av ESFRI-projektet EPOS (European Plate Observing System), som har fokus på naturkatastrofer och naturresurser och på flera sätt är Europas största pågående geovetenskapliga projekt.

Det finns också en ledande verksamhet för avancerade mineralogiska analyser vid Naturhistoriska riksmuseet som kompletterar ett antal instrument vid olika högskolor. Det är viktigt att öka den nationella samordningen av dessa infrastrukturer.

Karriärmöjligheter

Relevanta forskningsområden och tillhörande infrastrukturer är mycket olika, och situationen för unga forskare skiljer sig därför mycket inom olika

fält. Redan idag finns brist på personal med spetskompetens inom vissa områden. Det kan finnas risk att duktiga yngre forskare flyttar utomlands om de uppfattar att en stabil långsiktig finansiering saknas inom det egna fältet och för den typ av infrastruktur de behöver. Eftersom ett allt större fokus läggs på individers prestationer i form av publikationer och citeringar kan deras engagemang i infrastrukturer starkt komma att påverka deras karriärutveckling. Arbete med att driva en infrastruktur och hjälpa andra forskare är inte automatiskt meriterande, trots att avancerade insatser är nödvändiga för att forskningen vid infrastrukturer ska kunna utvecklas. Det bör föras en dialog med universiteten samt tydliggöras vid ansökningsberedning att man vid bedömningen av forskares prestationer bör ta hänsyn till mycket mer än publikationer, och inte minst till engagemang i infrastrukturer.

Behov av e-infrastruktur

Komplexiteten i världen omkring oss och ett ökande forskningsfokus på miljö-, klimat- och naturresursfrågor innebär tillsammans både en kraftig ökning av mängden data av olika typer och stora behov av datorbaserad modellering. Behovet av beräkningskapacitet ökar snabbt i takt med utvecklingen av komplexa modelleringsverktyg, till exempel klimatmodeller som bättre beskriver kopplade system med atmosfär, hav, is och biosfär. Här spelar SNIC en central roll. Ett antal databaser, med omfattande observationsdata och tillhörande analysverktyg, existerar redan idag. Ett antal bredare satsningar, såsom SITES, har e-vetenskapskomponenter. Många modelleringsverktyg, databaser och funktioner är nya och under utveckling, och andra är i planeringsfasen. Ytterligare utveckling och verktyg behövs för att garantera effektiv tillgång till data, ofta under mycket lång tid framåt. Effektivare samordning mellan olika befintliga och kommande databaser är nödvändig, och bör kunna utvecklas, inte minst inom livsvetenskaper, geovetenskap, miljövetenskap och materialvetenskap.

Trender och tendenser

Ökat internationellt intresse

Internationellt fångar forskning om jorden och naturen ett ökande intresse, inte minst på grund av de enorma utmaningar som dagens samhälle står inför. Till exempel berör tre av fem nuvarande stora europeiska så kallade

EIT-projekt (European Institute of Innovation and Technology) tydligt detta område ("Climate", "Energy" och "Raw Materials"). Vidare är över en tredjedel av ESFRI:s planeringsfasprojekt listade i den nuvarande vägvisaren kopplade till miljövetenskaper. Områdena är också välrepresenterade i det nuvarande europeiska forskningsprogrammet Horisont 2020, inklusive de delar som fokuserar på forskningsinfrastrukturer. Utvecklingen beror på att forskningsfrågorna blivit allt mer aktuella, nya mätmetoder har utvecklats och att vissa forskningsinfrastrukturer är starkt eftersatta.

Som det stora antalet ESFRI-projekt vittnar om finns ett ökat behov av internationell samordning, dels för effektivisering (till exempel vad gäller metodutveckling), dels för att geografisk täckning behövs och dels för att kostnaderna för ett land kan bli orimliga för somliga funktioner. Eftersom flera av de relevanta aktiviteterna är mycket långsiktiga till sin natur är en stabil finansiering av högsta vikt. Det är även viktigt att den svenska strategin är synkroniserad med den europeiska, att långsiktig finansiering säkerställs och att de nationella infrastrukturerna görs tillgängliga för utländska användare.

Insamling och integrering av stora datamängder

Många relevanta forskningsproblem kan inte brytas ner i mindre delfrågor. Istället måste större problemkomplex analyseras i sin helhet. Med många olika mätpunkter, hög tidsmässig upplösning, hög precision och långa tidsserier skapar man unika data för att förstå processer i och mellan olika system, till exempel mellan klimat och ekosystem. Det har därför blivit vanligare med allt mer sofistikerade fältforskningsinfrastrukturer och datormodeller av stora och komplexa system, även inom områden där datormodellering inte tidigare varit etablerat. En stark trend i forskningsintensiva länder som till exempel USA är att allt mer fokus läggs på att bygga upp så kallade superanläggningar (super sites) som inte sällan kompletteras med geografiska data som spänner över hela landet.

En teknik som länge har varit på frammarsch inom flera discipliner är autonoma stationer, farkoster och robotar som kan agera självständigt och utföra mätningar under långa tidsperioder på platser som är för farliga eller helt enkelt för dyra att bemanna. Detta är särskilt relevant för den marina forskningen eftersom insatser inom detta område i regel kräver stora resurser i form av fartyg eller någon annan observationsplattform. Det finns tendenser till att fler och fler miljörelevanta parametrar rutinmässigt kan övervakas genom delvis autonoma bärare av mätsystem, och i takt med detta kommer mera data till forskarsamhället. Liksom många andra dataintensiva

discipliner kommer ökat utnyttjande grundas på avancerad men relevant databehandling och databashantering.

På samma sätt som stora landvinningar inom fysiken gjorts genom kraftsamling i stora infrastrukturer så bör även forskning om planeten jorden gå denna väg för att bättre förstå de stora utmaningar vi står inför, inte minst när det gäller frågor om klimat, miljö och naturresursanvändning. Denna utveckling måste dock gå hand i hand med utvecklingen av komplexa datormodeller, stora databaser och tillhörande verktyg.

Utvecklingen i Sverige

Under lång tid har studier av ekosystem och biologisk mångfald varit fokusområden för forskning i Sverige, inklusive tillhörande infrastrukturer. Under senare tid har energifrågor och samspelet mellan natur och energiutvinning och användning fått större uppmärksamhet. Allt tyder på att intresset kommer att fortsätta och antagligen även öka. Dessa områden anknyter starkt till bland annat klimatforskning där ett antal stora investeringar har gjorts relativt nyligen. De senaste årens utveckling har påmint om hur centrala frågorna om naturresurser och energi är för Sveriges och Europas utveckling, och den ökade forskningen kommer att medföra behov av förstärkta och nya infrastrukturer. Akvatisk forskning, på både söt- och saltvatten, förblir viktig. Framtiden för Sveriges roll inom forskning kring övre atmosfären/jonosfären samt klimatrelevant växelverkan mellan solen och jorden kommer att påverkas starkt av huruvida EISCAT-3D inrättas eller inte.

Svenska forskares möjligheter att ligga i den internationella framkanten och att bidra till lösningar av för samhället viktiga problem är starkt beroende av tillgång till nödvändig infrastruktur. En fortsättning på den nuvarande positiva trenden kräver att ett antal områden förstärks. När samhället ställer allt högre krav på ”nytta” och leveranser från forskningsvärlden finns det allmänt, och inte minst i geo-miljö-området, en tydlig tendens mot att forskningens fokus flyttas från kartläggning och grundläggande förståelse av omvärlden till problemlösning och tillämpningar. Detta påverkar behovet av infrastruktur, och kommer förmodligen att fortsätta göra det också i framtiden.

Ökad tillgång till geospatial informationsförsörjning för planering och beslut

Hållbar samhällsplanering kräver komplex kunskapsintegration av olika ämnesområden och aktörer med olika perspektiv. För väl avvägda beslut krävs att den kunskap som det tillgängliga informations- och dataunderlaget ger på ett effektivt sätt kan implementeras och användas i både privat och offentlig verksamhet. Ny kunskap kan utvecklas i tvärvetenskapliga projekt där teknik- och samhällsvetenskaplig forskning samverkar, till exempel inom systemvetenskap, organisationsforskning, byggteknisk forskning och samhällsplanering.

Geodata syftar på all information med en rumslig komponent och är en nödvändig del av informationsförsörjningen för samhällsplaneringen, men också för forskningen inom klimat och miljö, jord- och skogsbruk, naturresurser och energisystem. Mängden av tillgängliga datakällor ökar ständigt, mycket tack vare myndigheters öppnare datapolicys. Svenska myndigheter samverkar, som en del i implementeringen av Inspire-direktivet¹⁵, inom geodataportalen¹⁶. Svenska forskningsinstitutioner har nyligen erhållit fri tillgång till Lantmäteriets data¹⁷. Utöver insamling av data från forskning och myndigheter har en ny typ av datakälla, Volunteers Geographic Information (VGI) tillkommit. Där rapporterar allmänheten iakttagelser, och ett exempel är Artportalen¹⁸. Utvecklingen av geovetenskapliga informationstjänster öppnar nya och spännande möjligheter, men kan innebära stora kostnader. Ändamålsenlig planering, inklusive samverkan mellan berörda myndigheter, är viktig för kostnadseffektiviteten.

¹⁵ <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

¹⁶ <http://www.geodata.se/>

¹⁷ <http://alturl.com/qsntw>

¹⁸ <http://www.artportalen.se/>

Rekommendationer 2015–2020

Balans och prioriteringar behöver anpassas till framtida behov

Flera faktorer gör att behovet av stödet för befintliga och nya infrastrukturer är stort och under utveckling:

- Samhällets fokus på problem som anknyter till jorden och hur vi lever och påverkar den blir allt större. Energi, naturresurser, klimat och ekosystemtjänster är bara några bland flera relevanta rubriker.
- Flera områden som rör planeten jorden är nyligen prioriterade av Sverige och EU.
- Det finns flera områden där svenska forskare håller hög internationell klass, men där brist på nödvändig infrastruktur kan hota detta långsiktigt.
- Flera relevanta forskningsfält utvecklas starkt just nu, vilket innebär nya infrastrukturbehov.
- Långsiktighet måste säkerställas för ett flertal observations- och tidsseriebaserade forskningsfält.
- Globalt har grundforskningen inom de relevanta områdena ökat markant, men inte i Sverige.

Ovanstående betyder att tidigare prioriteringar mellan infrastrukturer och områden kan komma att behöva ses över för att anpassas till morgondagens behov. Detta gäller både inom området ”planeten jorden”, men också mellan detta och andra områden. Den nuvarande utvecklingen innebär att tillgången till infrastrukturresurser för att studera jorden och naturen riskerar att minska trots ett ökande behov.

Ökad samordning av infrastruktur för studier av ekosystem

Det är viktigt att e-infrastrukturer som berör ekosystem, såsom GBIF, LifeWatch och WRAM, samordnas effektivt. Nuvarande fokus på kopplingen mellan klimat och ekosystem gör att även effektiv samverkan med bland annat ECDS är nödvändig. Även fokus på nya kopplingar till forskning inom

samhällsbyggandet bör utvecklas. Den gemensamma strukturen för klimat- och miljöforskning, SITES, kan spela en viktig roll för en samordnad hantering av relevanta långa tidsserier. Satsningen är viktig, och bör fortsätta att utvecklas, med ambition att utgöra infrastrukturstöd till all den relevanta forskningen. Möjligheten till samordning inom marina infrastrukturer för havsforskning, såsom EMBRC, bör undersökas. ESFRI-projekt som ANAEE, EMSO, EMBRC, LifeWatch med flera är väl motiverade och bidrag för svenskt deltagande kommer antagligen att sökas. En större samordning och eventuell samlökalisering av gamla och nya infrastrukturer bör också ses över för att uppnå maximal nytta.

Klimatforskning, meteorologi

Avgörande för framsteg inom detta område är kunskap om kopplingen mellan olika delar av klimatsystemet. Detta leder till en komplexitet som behöver ett helhetsgrepp för forskningsverksamheten, med både högpresterande datormodeller och monitoreringsaktiviteter. Detta inkluderar även samordning och prioriteringar mellan olika sorters mätningar.

Rymdfysik

EISCAT-3D bör stödjas, inklusive fortsatt aktivt stöd till det pågående internationella konsortiebyggandet. Långsiktigt stöd förutsätter att de andra inblandade parterna också bidrar med finansiering i lämplig grad.

Den fasta jorden

Viktiga pågående verksamheter inkluderar bland andra EPOS, ICDP/SSDP, IODP/ECORD, SIOS, Nordsim, VEGA, Riksrigger, SNSN och relevanta aktiviteter vid Onsala rymdobservatorium. Stöd till borrhingsprojekten bör också fortsätta. Det är viktigt att verksamheterna, inklusive förstudier i fält- och planeringsfaser av nya projekt, fungerar bra. Ett samlat grepp inom detta område vore önskvärt. EPOS anses intressant för Sverige, inte minst avseende naturresurser, och Sverige bör delta om villkoren är rimliga. Samtidigt bör långsiktigt stöd för de ingående observations- och analysverksamheterna inom geofysik, geodesi och geologi säkerställas. Nationell och nordisk samordning av tillgången till infrastrukturer för avancerade mineralogiska analyser såsom Nordsim är önskvärd och kräver stabila, långsiktiga och ändamålsenliga finansieringsmodeller. För centraliserade analysverksamheter såsom VEGA är det viktigt att en lämplig helhetsmodell används inklusive

direkt bidrag, lämpliga användaravgifter, och med mekanismer för att inte praktiska frågor, såsom till exempel resekostnader, begränsar användningen geografiskt. Det senare kan eventuellt hanteras genom finansiering via infrastrukturen själv eller aktivt hänsynstagande till frågan i behandlingen av ansökningar om projektbidrag.

Områden som anknyter till miljövetenskap

Det är inte ovanligt att forskningsinfrastrukturer som används inom området miljövetenskap också kan användas för forskning inom andra områden. Ett exempel på ett angränsande område är arkeologi, där den kraftigt ökade användningen av nya högteknologiska verktyg erbjuder många nya möjligheter. Exempel på infrastruktur som erbjuder sådana verktyg är faciliteter som bedriver metod- och instrumentutveckling för nya tillämpningar. Det önskvärt att effektiva mekanismer hittas för att säkerställa att arkeologi och andra områden som anknyter till miljövetenskap får fortsatt tillgång till nya och användbara verktyg för sin forskning. Ett annat sådant exempel är bygg- och planeringsprocesser, där användning av så kallad ”building information modellering” (BIM) kan ha stor nytta av utveckling av nya infrastrukturer och instrument.

Fältstationer

Det finns redan ett samordningsorgan för de landbaserade fältforskningsstationerna för miljö- och klimatstudier med stöd från Vetenskapsrådet (SITES). I viss mån finns klimatstationer samlokaliserade med denna verksamhet. SITES bör, tillsammans med ICOS och berörda universitet, överväga att inkludera även andra möjliga nya fältinfrastrukturer inom ramen för till exempel ACTRIS och ANAEE. Andra sorters stationer, till exempel de för marina studier och fasta jordens mätstationer (exempelvis seismiska, geodetiska och magnetiska stationer) bör hellre integreras med andra mätaktiviteter inom Sverige och med europeiska nätverk, såsom EPOS. Sverige bör delta i SIOS om organisationsformen blir passande och kostnaden står i proportion till bidragen till svensk forskning.

E-infrastruktur

Miljö-, klimat- och ekosystemdata bör integreras i ett samordnat koncept, som kan betyda att vissa verksamheter bör integreras med varandra. Det är viktigt att det finns en tydlig och långsiktig ansvarsfördelning mellan

involverade aktörer. Det finns behov av stor beräknings- och lagringskapacitet inom flera forskningsfält som anknyter till miljövetenskap och här bör SNIC kunna utnyttjas. Tillämpningsområden inkluderar meteorologi, klimatstudier och den fasta jorden, och i ökande grad även andra fält där beräkningskrävande modellering görs. Det är därför viktigt att storskaliga data- och beräkningsresurser dimensioneras och utformas på ett sätt som är till gagn för alla berörda forskare.

Infrastrukturer för marinforskning

En undersökning av möjligheter för ett nytt forsknings- och undersökningsfartyg har nyligen genomförts av SLU och SMHI på uppdrag från regeringen. Både Göteborgs och Stockholms universitet investerar i nya båtar. Sveriges Geologiska Undersöknings (SGU) forskningsfartyg är i behov av renovering eller ersättning. Det finns dessutom fartyg vid Umeå, Kalmar, Lund och andra högskolor. Marinen, kustbevakningen och Transportstyrelsen har också fartyg som kan vara lämpliga för vissa forskningsändamål. Dessutom kan vissa mätningar göras från fartyg som reser av andra anledningar. Möjligheten till samordningsvinster är uppenbar. Tidigare undersökningar¹⁹ har inte löst problemet. Ett klart och samordnat nationellt system behöver utvecklas för att dessa resurser tillsammans ska uppfylla Vetenskapsrådets kriterier för infrastruktur av nationellt intresse. Sverige bör överväga att delta i den europeiska infrastrukturen EMBRC.

¹⁹ Remissyttrande från Vetenskapsrådet 2010-04-26, Förslag till organisation avseende statens forsknings- och undersökningsfartyg (Ref: N2010/9194/TE); Remissyttrande från Vetenskapsrådet 2014-04-22, Rapport God Havsmiljö 2020 Del 3 Övervakningsprogram.

MÄNNISKA, KULTUR OCH SAMHÄLLE

Beskrivning av området

Under de senaste åren har såväl humanistisk, medicinsk som samhällsvetenskaplig forskning i allt högre grad blivit beroende av forskningsinfrastrukturer. Genom ökad samordning av existerande infrastrukturer, ändrade juridiska förutsättningar, ämnesövergripande samarbeten, innovativa infrastrukturer och utnyttjande av förbättrad e-infrastruktur kan man förvänta sig betydande framsteg i framtida forskning.

Infrastrukturer inom samhällsvetenskap utgörs av dels myndigheter och hälso-/sjukvårdens register över individuella sociodemografiska livsförlopp, dels av liknande individdata insamlade i storskaliga intervjuundersökningar som även inbegriper data om mer subjektiva livsfaktorer. I många fall kopplas individdata till databaser som ger information om vilka kontexter som individer lever i. Infrastruktursatsningar bör möjliggöra en systematisk analys av den här typen av individdata och samhällsinformation på olika nivåer (lokalt, nationellt, europeiskt och globalt). Detta för att öka kunskapen om effekterna av olika slags samhällsinstitutioner, reformer och interventioner.

I hälsorelaterade databaser (medicin, folkhälsovetenskap, epidemiologi) sker insamling av data genom en blandning av metoder såsom enkäter, intervjuer, psykologiska tester, fysiska mätningar och analyser av biologiska prov. I flera fall kompletteras forskarinsamlade data med data från journaler eller register från Socialstyrelsen och Statistiska centralbyrån (SCB). Datas värde förädlas med tiden genom uppföljningar över tid eller nya registerkopplingar och är på så sätt levande databaser. Databaser som utgår från medicinska eller epidemiologiska frågeställningar har ofta ett stort värde för flera vetenskaper och kan användas för fördjupning inom andra områden, exempelvis psykologi och övriga samhällsvetenskaper, som analyserar effekter av socioekonomiska och andra strukturella faktorer.

Det humanistiska området erbjuder flera exempel på forskning som går över disciplinränsen. Arkeologer har kunnat dra stor nytta av landvinningar inom olika naturvetenskapliga områden genom de arkeologiska forskningslaboratorierna, till exempel inom infrastrukturen SEAD som tillgängliggör miljöarkeologiska och kvartärgeologiska data. Infrastrukturer framstår i sammanhanget som en strategisk komponent.

Språkinfrastrukturen CLARIN är en infrastruktur för fördjupad språkkanalys för alla ämnesdiscipliner som använder språkmaterial (till exempel

historia, juridik och litteraturvetenskap). Den historiskt inriktade demografin är ytterligare ett område som erbjuder exempel på fruktbara samarbeten mellan historiker och samhällsvetare. Genom att öka medvetenheten om fördelar med digitalt tillgängligt material kan såväl kvaliteten som jämförbarheten inom historie-, kultur- och litteraturvetenskaperna höjas. Digitala humaniora har stimulerat metodutvecklingen på ett övergripande plan och inneburit att kvalitativa och kvantitativa undersökningar kunnat kombineras. Utvecklingen av digitala verktyg och data är också viktig för det utbildningsvetenskapliga området.

Det finns verktyg för samordning av databaser, men det krävs också professionell databashantering för att forskningen ska kunna dra nytta av dem. Den flervetenskapliga potentialen behöver integreras redan under uppbyggnadsfasen för nya databaser, men bör också främjas i redan existerande databaser. Nyttan av tvärvetenskaplig infrastruktur kan exemplifieras utifrån frågeställningar om det åldrande samhället där både individuella faktorer och kontextuella förhållanden påverkar de äldres hälsa. För att förstå till exempel skillnader mellan länder och befolkningsgrupper krävs det därför ett brett spektrum av individdata och kontextdata, till exempel om arbetslivets, sjukvårdens och äldreomsorgens organisation. Därmed fordras också infrastrukturer som spänner över det medicinska fältet till samhällsvetenskaperna och humaniora.

En uppgradering av e-infrastrukturen skulle kunna skapa nya möjligheter till forskningssamarbeten av strategisk betydelse, till exempel inom ramen för EU:s forskningsprogram Horisont 2020. Möjligheten att göra jämförande studier mellan länder och organisationsformer, samt följa upp och utvärdera policyförändringar, är gravt underutnyttjad, delvis på grund av avsaknad av nödvändig e-infrastruktur. Lämpliga e-infrastrukturer kan även möjliggöra ett mer effektivt utnyttjande av existerande geografiska och geokodade data i svenska register.

Infrastruktur som finansieras av Vetenskapsrådet

Då Vetenskapsrådet idag stöder ett stort antal databasinfrastrukturer av vilka flera tangerar samma vetenskapsområden presenteras flera av dessa tillsammans under rubrikerna "Longitudinella undersökningar av levnadsförhållanden", "Kohortstudier om hälsa", "Databaser för studier om åldrandet" samt "Sjukdomsspecifika databaser". Syftet är att göra områdena mer överblickbara.

CESSDA

CESSDA (Consortium of European Social Science Data Archives) är en sammanslutning av tjugo europeiska samhällsvetenskapliga dataarkiv och en distribuerad infrastruktur för socialvetenskapliga data med säte i Bergen, Norge (värdland). Tyskland har en framträdande roll med ansvar för centrala uppgifter när det gäller att utveckla det framtida CESSDA. Genom CESSDA får forskare tillgång till data från Europas länder och genom organisationens medverkan i globalt datasamarbete får svenska forskare även tillgång till data från ett stort antal länder utanför Europa. Sverige har varit medlem av CESSDA sedan 1981 genom Svensk Nationell Datatjänst (SND) och det finns idag ett stort forskningsengagemang inom CESSDA. CESSDA bedrivs för närvarande inom ramen för ett norskt aktiebolag (CESSDA-AS) men ska omvandlas till en ERIC.

CLARIN

CLARIN (Common Language Resources and Technology Infrastructure) är en distribuerad infrastruktur baserad på ett nätverk av nationella centra som erbjuder data, bearbetningsservice och expertis till forskarsamhället. Syftet med CLARIN är att bygga upp en forskningsinfrastruktur (e-vetenskap för humaniora, samhällsvetenskap och utbildningsvetenskap) som bygger språkliga resurser och använder språkteknologiska verktyg som kan användas i alla discipliner där man analyserar språkdata (till exempel historia, juridik och psykologi). Detta inbegriper dels dataresurser i form av text- och ljudarkiv, korpuser (samlingar av språkliga data), historiska källor, tidningar, lexikon, grammatik och så vidare, och dels de tekniker och verktyg som behövs för att lagra, distribuera och arbeta med dataresurserna. Utöver detta är "Knowledge Sharing Infrastructure" en viktig del av CLARIN:s uppdrag. CLARIN är med i ESFRI:s vägvisare och blev en ERIC 2012 med nio betalande medlemmar samt en observatör. SWE-CLARIN är svensk nod i den europeiska infrastrukturen CLARIN-ERIC.

ESS

ESS (European Social Survey) är en forskarinitierad attityd- och beteendeundersökning och har sedan starten 2002 genomförts sju gånger i mer än 30 europeiska länder, bland annat Sverige. Undersökningen har tre övergripande syften: att kartlägga och förklara interaktionen mellan Europas föränderliga sociala strukturer och attityder, föreställningar och beteenden hos dess kulturellt och socialt olika befolkningar, att öka jämförbarheten i enkätundersökningar över gränser och språkbarriärer samt att utveckla och implementera sociala indikatorer vid sidan av de ekonomiska väletablerade indikatorerna. ESS har tidigare delfinansierats av EU-kommissionen och European Science Foundation. Efter att ESS omvandlats till en ERIC ligger finansieringsansvaret på de nationella forskningsråden. Den åttonde vågen av ESS genomförs 2016.

EUI

EUI (European University Institute), förlagt till Florens, Italien, inrättades av EU 1976 för att bidra till bevarandet av Europas kulturella och vetenskapliga arv. Vid institutet bedrivs forskning och forskarutbildning inom ekonomi, historia, juridik, sociologi och statsvetenskap. Finansieringen av EUI ligger inte inom EU:s gemensamma budget, utan medlemsländerna betalar särskilda medlemsbidrag som finansierar cirka två tredjedelar av verksamheten. Nitton av EU:s medlemsstater är medlemmar i EUI. Sverige är medlem sedan 1997 genom Vetenskapsrådet. Flera andra länder har associationsavtal med EUI.

Historiska databaser

Det finns idag ett antal databaser för olika typer av historiska data. Svenskt hällristningsforskningsarkiv (SHFA) är ett nationellt arkiv för hällristningsdokumentation och forskning vid institutionen för historiska studier vid Göteborgs universitet. Syftet med SHFA är att göra modern och historisk hällristningsdokumentation tillgänglig för forskning genom att utveckla ett nytt IT-system med forskningsdatabaser. Dessa ska sedan göras tillgängliga med ett webbaserat digitalt forskningsarkiv och med originaldokumentation i ett publikt besöksarkiv. Demografiska databasen (DDB) är en särskild enhet vid Umeå universitet med inriktning på dataproduktion och forskning. DDB producerar och tillgängliggör befolkningsdatabaser, främst baserade på historisk information från kyrkböcker från 1700-, 1800- och 1900-talet, men kan länkas till moderna data vilket öppnar betydande analysmöjligheter.

SweCens vid Riksarkivet syftar till att tillgängliggöra folkräkningarna för forskning. SEDD, Skånes ekonomisk-demografiska databas 1650–2010 (Lunds universitet), syftar till att utöka och förbättra en existerande forskningsinfrastruktur med målet att stimulera ny forskning om befolkningsfrågor i ett flervetenskapligt perspektiv. Svensk databas för genus och arbete år 1550–1800 (Uppsala universitet) innehåller historisk information om mäns och kvinnors arbete. Dramawebben är en digital resurs som vänder sig till forsknings- och utbildningsvärlden, teatrar och en intresserad allmänhet. På webbplatsen finns en katalog över svensk upphovsrättsligt fri dramatik från 1600-talet fram till modern tid. För närvarande omfattar katalogen cirka 500 pjäser i olika fulltextversioner. Under 2012–2014 byggs en infrastruktur upp, och en ny textversion som möjliggör sökningar i dramatexterna, eDrama, kommer att publiceras.

ISSP

International Social Survey Program (ISSP) är ett forskarstyrkt jämförande projekt med uppgift att konstruera och genomföra internationellt jämförbara attitydstudier. Den komparativa databasen som byggts upp är i många stycken unik. Den innehåller data rörande en mängd olika attitydområden som har samlats in årligen sedan starten 1985. Över fyrtio länder är i dagsläget involverade i ISSP, vars data är fritt tillgängliga för forskarsamhället. Undersökningarna har också ett tydligt teoretiskt ramverk av mer generell art. Tack vare den långsiktiga uppbyggnaden utgör ISSP:s databas idag en väsentlig del av forskarsamhällets infrastruktur.

Longitudinella undersökningar av levnadsförhållanden

Levnadsnivåundersökningarna (LNU) är en återkommande surveyundersökning där ett riksrepresentativt urval av Sveriges vuxna befolkning intervjuas om sina faktiska levnadsförhållanden inom en rad områden, exempelvis familj, hälsa, utbildning, ekonomi, fritid, boende, politiskt deltagande och sysselsättning. Undersökningarna har genomförts sex gånger mellan åren 1968 och 2010.

The Swedish Longitudinal Occupational Survey of Health (SLOSH) är en unik longitudinell studie som belyser sambanden mellan arbetsmarknadsdeltagande, arbetsmiljö, pensionering och hälsa. Studien förväntas bidra till bättre förutsättningar för ett hälsosamt liv och ökad kunskap om hur riskerna för sjukdom och ohälsa kan minskas både i och utanför arbetslivet. Studien påbörjades under 2006 av Stressforskningsinstitutet på Stockholms universitet och syftar till att studera komplexa samband mellan arbetsorga-

nisation, arbetsmiljö, arbetsmarknadsdeltagande och hälsa. SLOSH bygger på 2003, 2005 och delvis 2007 års arbetsmiljöundersökningar (AMU).

Nationell djupstudiedatabas för trafikolyckor

Den nationella djupstudiedatabasen för trafikolyckor är en planerad infrastruktur som ska garantera en långsiktig insamling av aktuella data som möjliggör analys av trafikolycksdata, samt göra dessa data tillgängliga för forskare i Sverige. De data som samlas in under projektet kommer att bidra till ökad förståelse för orsaker till olyckor och deras konsekvenser. Databasen kommer även att vara en viktig grund för utveckling och validering av metoder och verktyg som används för utveckling och utvärdering av nya säkerhetssystem. En annan verksamhet där databasen kommer att ha en avgörande betydelse är möjligheten att kunna mäta effekten av de säkerhetshöjande åtgärder som implementeras vad gäller fordon, trafikmiljö och lagstiftning.

SHARE

SHARE (Survey of Health Ageing and Retirement in Europe) är en tvärvetenskaplig intervjubaserad undersökning om hälsa, åldrande och pensionering i Europa som sedan 2002 genomförts i 21 länder, bland annat Sverige. Syftet med SHARE är att öka förståelsen för det demografiska åldrandets konsekvenser. Undersökningen fokuserar bland annat på arbetskraftsutbud, försörjningsmöjligheter, sociala och ekonomiska förhållanden, familjenätverk samt fysisk och psykisk hälsa. Undersökningen SHARE omfattar cirka 90 000 individer över 50 års ålder och är planerad att omfatta 10 omgångar fram till och med 2024. På europeisk nivå leds SHARE från Munich Center for the Economics of Aging (MEA) vid Max Planck Institute for Social Law and Social Policy. Svenska SHARE leds från Umeå universitet, Centrum för befolkningsstudier och Sociologiska institutionen. SHARE blev i mars 2011 den första infrastrukturen i Europa som fick status som en så kallad ERIC. SHARE-S är svensk nod i den europeiska infrastrukturen SHARE-ERIC.

SND

SND (Svensk nationell datatjänst) har i uppdrag att vara en nationell infrastruktur för forskningsdata från medicin och hälsa, humaniora och samhällsvetenskap med fokus på insamling, kvalitetssäkring, dokumentation (metadata), arkivering, kompetensuppbyggnad och service för ökad tillgänglighet. Verksamheten bedrivs vid Göteborgs universitet, som också är

finansier tillsammans med Vetenskapsrådet. SND fyller som infrastruktur en övergripande och unik funktion för svensk forskning. SND koordinerar DASISH (Data Service Infrastructure for the Social Sciences and Humanities). I DASISH (2012–2014) samverkar samtliga fem ESFRI-initiativ inom forskningsinfrastrukturområdet för samhällsvetenskap och humaniora (CLARIN, DARIAH, CESSDA, ESS och SHARE). Syftet är att identifiera möjliga synergieffekter inom utvecklingen av infrastrukturer och att arbeta fram ett antal konkreta gemensamma aktiviteter.

Svenskt frasnät (SweFN++)

Svenskt frasnät är ett projekt som handlar om att skapa en central infrastrukturkomponent för svensk språkteknologi, nämligen en stor och fritt tillgänglig lexikonresurs med rik lingvistisk information. Svenskt frasnät tar till vara, integrerar och tillgängliggör en rad fria lexikonresurser som har tagits fram i olika projekt vid olika tidpunkter av olika forskargrupper. Infrastrukturen utökar också informationen om de integrerade resurserna med semantisk och syntaktisk information om orden som man finner i det engelska Berkeley FrameNet (BFN) och några få liknande resurser för andra språk.

UCDP

UCDP (Uppsala Conflict Database Program) är världsledande i att ta fram information om krig och fred. Databasen används av forskare över hela världen. Informationen finns gratis tillgänglig på institutionens hemsida och kan också laddas ner som iOS- och Android-appar. I takt med att vetenskapliga metoder och frågor har blivit alltmer förfinade har efterfrågan på mer detaljerade data ökat. Forskare och beslutsfattare behöver mer exakt information från olika konflikter, som exempelvis hur många som dödas, under vilka omständigheter och, inte minst, var i ett land detta sker, för att kunna svara på de nya frågorna på ett tillfredsställande sätt.

UGU

UGU (Utvärdering Genom Uppföljning) är den enda databasen i sitt slag i Sverige inom utbildningsområdet och är även en av de äldsta samhällsvetenskapliga databaserna i Sverige. Uppföljningsundersökningarna är ett led i den nationella utvärderingen av skolan och utgör underlag för forskning inom framförallt det samhällsvetenskapliga forskningsområdet. Hittills har nio uppföljningsundersökningar startat, som baseras på stora och riksre-

presentativa stickprov från olika årskullar av elever. Den första empiriska datainsamlingen gjordes 1961. För varje stickprov insamlas administrativa data och enkätuppgifter. UGU är ett exempel på en socialvetenskaplig databas som redan borde varit säkrad när det gäller långsiktig finansiering, men mekanismer för detta har inte funnits. Istället har forskare återkommande behöva söka medel för till exempel nya datainsamlingar.

Kohortstudier om hälsa

Flera databaser inom området människa, kultur och samhälle är så kallade kohortstudier där ett större antal personer kontaktas och följs över tid. Vid Malmös Förenade Befolkningsdatabas bedrivs sedan 37 år stora befolkningsstudier som medfört att omfattande kliniska data kunnat insamlas från mer än 50 000 individer. Detta gäller framför allt studierna Malmö Förebyggande Medicin (MFM) samt Malmö Kost Cancer (MKC). Data från MFM och MKC har regelbundet länkats till lokala, regionala och framför allt nationella register från Socialstyrelsen och Statistiska Centralbyrån.

Women and alcohol in Gothenburg (WAG) är en prospektiv, longitudinell befolkningsstudie av förekomst, riskfaktorer, dryckesmotiv och negativa konsekvenser av alkoholkonsumtion. Intervjuerna handlar om kvinnornas arbetsliv, fritid, familj och sociala situation men också om tidigare erfarenheter från uppväxten och skoltiden. Alla i ett visst område undersöks, oavsett om de har psykiska problem eller inte och oavsett hur deras alkoholvanor ser ut.

Svenska mammografikohorten (SMC) är en omfattande populationsbaserad uppföljningsstudie med över 60 000 deltagande kvinnor i Västmanland och Uppsala län. Studien har till syfte att undersöka samband mellan ett antal förändringsbara faktorer (bland annat kost, vitamintillskott, fysisk aktivitet, rökning, alkohol, och vikt) och förekomsten av ett flertal kroniska sjukdomar. Genom den longitudinella studiedesignen och tillgången till uppdaterade exponeringsdata för deltagarna i kohorten är det möjligt att ta hänsyn till förändringar i livsstilsfaktorer som kan påverka risken för olika sjukdomar. Uppföljning av kohorterna erhålls även genom register.

Databaser för studier av åldrandet

Databasen Population studies of elderly in Gothenburg omfattar information från befolkningsundersökningar av äldre som har gjorts i Göteborg sedan 1968. Studierna innehåller psykiatrisk och kroppslig undersökning, anhörigintervju, psykometriska tester, personlighetsundersökning, uppgifter om sjukdomar, sociala förhållanden och funktionsförmåga, DNA-analyser,

laboratorieundersökningar, datortomografi av hjärna, likvorundersökning och journalstudier. Databasen är unik med hänsyn till undersökningsgruppernas storlek, de omfattande undersökningarna, de långa uppföljningstiderna, den höga åldern och möjligheten att undersöka förändringar av sjukdomspanoramata över tid.

SNAC-K, den longitudinella svenska nationella studien om åldrande och vård i Kungsholmen, syftar till att under en längre tid (30 år eller mer) göra en områdesvis individbaserad insamling av uppgifter, som dels beskriver åldrandet, hälsan och uppkomsten av omsorgsbehoven ur social, medicinsk och psykologisk synvinkel. Den registrerar också vilka insatser den enskilde erhåller från kommunernas äldreomsorg och landstingens hälso- och sjukvård. Även uppgifter som belyser vilka insatser anhöriga och frivilligorganisationer gör samlas in. Uppgifterna läggs in i en longitudinell databas. Syftet med denna är att göra det möjligt att följa individerna och vårdinsatserna i området över tiden för att därmed kunna studera hur vård- och omsorgsbehoven utvecklas, hur väl de täcks och vilket resultat insatserna ger ur ett helhetsperspektiv.

SATSA, den longitudinella Swedish Adoption/Twin Study of Aging, som startade 1984, är en forskningsresurs för studier kring åldrandet. En enkät innehållande frågor kring uppväxt- och arbetsmiljö, hälsa, livsstilsfaktorer, personlighet och sociala förhållanden har besvarats av över 2 000 tvillingar med tre års intervall fram till 2010. Förutom enkäten finns ytterligare information från Svenska tvillingregistret som samlades in cirka tjugo år innan SATSA startade. Över 800 tvillingar har även deltagit i "in person testing", inkluderande kognitiva tester, en enklare hälsokontroll, tester av funktionsförmåga och lämnat blodprov upp till 9 tillfällen under en 30-årsperiod. SATSA har bland annat använts till att analysera betydelsen av arv och miljö för åldrandet, speciellt med fokus på minnes- och tankeförmåga samt den fysiska hälsan. SATSA har en omfattande mängd data kring åldrande som inkluderar allt från gener till livsstil och sociala förhållanden och som är insamlat med upprepade mätningar under tre decennier.

Betulaprojektets syften är att studera hur minnesfunktioner förändras under vuxenlivet och bestämma riskfaktorer för och tidiga prekliniska tecken på demens. Projektet är longitudinellt, med tillkommande nya kohorter. Den första empiriska datainsamlingen startade 1988 och en sjätte omgång ska genomföras. Kombinationen av psykologiska, sociala och biologiska variabler är särskilt intressant.

SWEOLD är en riksrepresentativ undersökning av Sveriges äldre befolkning. Urvalet består av personer som tidigare ingått i någon av levnadsnivåundersökningarna (LNU) men som har passerat den övre åldersgränsen på 75 år. Den första datainsamlingen genomfördes 1992 och följdes upp tre

gångar under 2000-talet och är länkad till flera LNU-undersökningar. Denna longitudinella databas erbjuder således möjlighet att följa personer över en 40-årsperiod men kan även användas för tvärsnittsanalyser. SWEOLD innehåller information om de äldres faktiska levnadsförhållanden inom en rad områden som är centrala för äldre människors liv, till exempel hälsa, vård och omsorg, ekonomi, boende, sysselsättning och vardagliga aktiviteter. En rad enkla tester ingår för att mäta fysisk och kognitiv förmåga.

Sjukdomsspecifika databaser

ANDIS och ANDIU (Alla Nya Diabetiker i Skåne och Uppsala län) är en nationell databas för att främja diabetesforskning och strävar till att använda genetiska markörer och biomarkörer för att identifiera olika diabetiska undergrupper och därigenom bättre förutsäga sjukdomsförlopp.

PCBaSe (Prostatacancer databas Sverige ACCESS Online access) står för en databerikning för forskning i stora svenska databaser där data från Nationella Prostatacancerregistret (NPCR) kombinerats med en rad andra demografiska och sjukvårdsregister. Ett system för onlinetillgång till data byggs upp, där tillgången är enkel för svenska och internationella forskare och där datasäkerheten samtidigt är bibehållen.

TBDReaMDB är en databas över mutationer i läkemedelsresistent tuberkulos och är fritt tillgänglig på en hemsida. Databasen är baserad på omfattande systematiska litteraturgenomgångar.

EIRA databasen – betydelsen av miljö och levnadsvanor för uppkomst och förlopp av Reumatoid Artrit – är en infrastruktur som integrerar och vidareutvecklar befintliga nationella forskningsdatabaser inom området kroniska inflammatoriska sjukdomar. Det övergripande målet är att skapa en infrastruktur som möjliggör svensk forskning kring hur miljö och livsstil interagerar med genetiska faktorer avseende risk för sjukdom, sjukdomsförlopp (inklusive sammorbiditet och livskvalitet), svar på terapi och de samhälleliga kostnaderna för dessa sjukdomar.

Beskrivning av möjlig ny infrastruktur

Behoven av att koordinera och långsiktigt konsolidera de databaser som finns inom samhällsvetenskap och medicin (folkhälsa och epidemiologi) är stora. Samtidigt är det angeläget att skapa förutsättningar för etablering av nya infrastrukturer och detta gäller i minst lika hög grad för humanioraområdet. Motivet är helt enkelt att kunna svara på nya forskningsfrågor. En riktad utlysning av bidrag till databaser inom medicin och samhällsveten-

skap kommer att ske redan under år 2015 i syfte att skapa ett systematiskt underlag för långsiktiga prioriteringar och samordnad utveckling av dessa infrastrukturer på nationell nivå. En ny utlysning av långsiktiga satsningar på dessa områden kan därefter ske 2017. Nedan redogörs kortfattat för områdenas styrkor och svagheter, liksom de utmaningar och möjligheter som kunnat identifieras. Dessa överväganden har väglett rekommendationerna kring framtida utlysningar.

Styrkor och svagheter

Register för samhällsvetenskap och medicin/folkhälsa

Sverige har en unik potential att inom medicinsk/folkhälsovetenskaplig och samhällsvetenskaplig forskning utnyttja personnummerbaserade register. Den registerbaserade forskningen har expanderat kraftigt under senare år. Genom att kombinera uppgifter från befintliga register och utöka med forskningsdata kan en rad forskningsfrågor analyseras. Det är tydligt att tillgången till högkvalitativa register erbjuder stora konkurrensfördelar för svenska forskare, liksom för forskare i de andra nordiska länderna. De moderna personnummerbaserade befolkningsregistren bygger på sekel-långa traditioner av noggrann datainsamling om den svenska befolkningens sammansättning och levnadsförhållanden. Detta gör att olika historiska registerdatabaser också utgör en unik infrastruktur. Registrens stora styrka ligger i att de ofta innefattar den totala relevanta befolkningen, att de erbjuder data över långa tidsperioder med minimala bortfall samt att data kan byggas upp både framåtsyftande (studier där exempelvis insjuknande ännu inte skett) och retroaktivt (studier av sådant där utfallet är känt).

De generella system för vård och socialförsäkring som finns i Sverige gör dessutom att våra register är mer heltäckande än i de flesta andra länder. Sverige har även ett antal världsunika nationella kvalitetsregister med information om våra stora folksjukdomar. Dessa nationella system och register påverkas inte alls eller endast marginellt av bortfall av individer samtidigt som de svarar mot forskningens ökade behov av longitudinella data och data med hög geografisk precision. Då sjunkande svarsfrekvenser är en realitet i de flesta andra länder (se nedan) ökar tillgången på registerdata Sveriges relativa forskningspotential. Men för att fullt ut kunna utnyttja denna potential krävs det att både juridiska och praktiska hinder undanröjs.

I det förstnämnda fallet gäller det att få en anpassad lagstiftning som både

tillgodoser forskningens krav och den enskildes rätt till integritet. Förslag på hur detta ska uppnås har nyligen lämnats av Registerforskningsutredningen (SOU 2014:45) som utarbetats med det uttalade syftet att, med bibehållet skydd för enskildas integritet, möjliggöra att svensk forskningspotential utnyttjas mer effektivt.

Praktiska hinder utgörs bland annat av forskares bristande tillgång till registerdata och möjligheten att koppla forskarinsamlade data till register. Brister finns också vad gäller samordning mellan registerförande myndigheter, dokumentation av registerdata och i vissa fall även dokumentation av data som insamlats av forskare själva. Det krävs ett ökat samarbete mellan registerförande myndigheter och mellan myndigheter och forskare, ett arbete som initierats via det så kallade registerforskningsuppdraget som ålagts Vetenskapsrådet (Prop. 2012/13:30 Kap. 12.4).

Inom medicin och folkhälsoforskning finns ett stort behov av att samordna stora populationsbaserade undersökningar. Inom samhällsvetenskap finns ett liknande behov av att långsiktigt driva stora infrastrukturer snarare än att samla in specifika data till enskilda projekt eftersom forskningen allt mer går mot att förstå processer och sociala mekanismer. Samordning betyder att infrastrukturer som gör samma sak förs samman, eller partiellt avvecklas, men det inbegriper också en tydlig arbetsdelning så att de infrastrukturer som finns tydligt fokuserar på specifika uppgifter. Det krävs ökad koordinering nationellt och internationellt för att uppnå detta. Detta är framförallt viktigt för samhällsvetenskaperna, där olika länder utgör unika "laboratorier", varför infrastrukturer som ESS och SHARE är viktiga.

En nationell process för att koordinera svenska databaser med fokus på insamling av data har också påbörjats, bland annat genom den av RFI beslutade utredningen "Nationell samordning av frågeundersökningar och längdsnittsstudier" (2014)²⁰. En utveckling mot ökad samordning bör fortsatt stärkas genom nya utlysningar inom området.

Databaser inom humaniora

Inom humaniora är framförallt arkeologiämnet beroende av metoder och analyser från naturvetenskapliga discipliner. Dessa analyser har bidragit till en betydligt bättre förståelse av den förhistoriska utvecklingen och dess kronologi, samt samspelet mellan människor, natur och klimat. Arkeologiämnets naturvetenskapliga sida har utvecklats snabbt, eftersom analyser från en rad metodologiska landvinningar såsom isotop-, metall-, och DNA-analys samt hyperspektral avbildning och fjärranalys implementeras i äm-

²⁰ *Nationell samordning av frågeundersökningar och längdsnittsstudier*, R. Eriksson, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-235-9

net. Detta är en utveckling som kommer att kräva såväl infrastrukturella satsningar som en mer omfattande nationell och internationell samordning. Vid sidan av denna metodologiska utveckling finns också en ökad strävan efter, samt infrastrukturella behov av, samordning av tidigare forsknings- och undersökningsresultat på olika nivåer, exempelvis i form av databas-, foto- och geografiska informationssystem och material. Geografiska resurser är av vikt även för verksamhet riktad mot allmänheten och för den bredare kulturarvsdiskussionen. Det handlar om att tillgängliggöra material på olika språk. De initiativ som tagits för samordning av tidigare arkeologiska forskningsresultat, undersökningar rörande hällristningar (SHFA) och olika material hos ansvarsmyndigheterna, är alla led i en ökad nationell samordning. Det är av stor vikt att uppbyggnaden av e-infrastruktur samordnas med ansvarsmyndigheterna, till exempel Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer, samt att data centraliseras, exempelvis via SND.

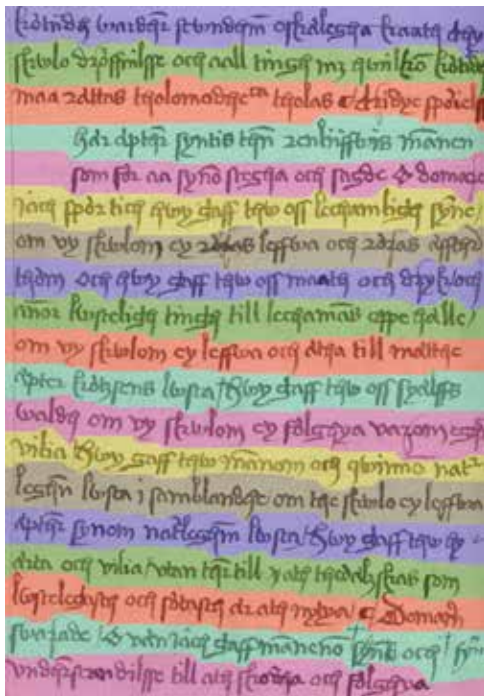
Sverige har en särskild styrka i de språkteknologiska miljöer som började med att Språkbanken inrättades som en nationell enhet, vilken redan 1975 placerades vid den humanistiska fakulteten på Göteborgs universitet. Sveriges medlemskap i CLARIN ERIC är en fortsättning på den traditionen och är därför också av strategisk betydelse för det europeiska samarbetet.

Svenskt deltagande i internationella studier och surveyundersökningar

Sveriges deltagande i olika internationella surveyprogram skapar stora möjligheter till forskning av hög kvalitet. Individdata som insamlas i ett flertal länder möjliggör forskning om rollen av samhällsinstitutionernas (kontextuella faktorer) betydelse för socialt beteende, men också för hälsa och funktion. Europeisk forskning har stora konkurrensfördelar i detta sammanhang: det europeiska forskningslaboratoriet erbjuder en intressant variation mellan länder i faktorer som historisk bakgrund, kultur, språk, religion, familje- och genussystem, ekonomiska modeller, politiska system och olika aspekter av samhällsorganisation. Även framöver kommer det att finnas ett omfattande behov av att samla in forskningsdata från individer. Detta gäller folkhälso- och beteendevetenskap, med självrapporterade data som gäller individens upplevelse av sin hälsa och livssituation och sin förmåga att hantera den. Inom hälsorelaterad forskning, till exempel studier av utvecklingsförlopp från späda ålder till ålderdom, finns även ett behov av att samla in fysiska mått, exempelvis vikt, blodtryck, handstyrka och blodprov, samt mått på kognitiva och perceptuella funktionshinder. Subjektiva data är av stort värde för samhällsvetenskaplig forskning.

Surveyundersökningar är också nödvändiga för att studera psykosociala faktorer, till exempel sociala nätverk, stress och strategier för bemästring. Sådana undersökningar kan även kombineras med data från register eller andra datakällor, till exempel genom uppföljningar av olika livsförlopp med utgångspunkt i situationen vid enkät-/intervjutillfället. Detta gör att många svenska surveyundersökningar får ett betydligt högre vetenskapligt värde än liknande undersökningar i andra länder.

Men den allmänt minskande svarsfrekvensen i insamlandet av enkät- eller intervjudata hotar kvaliteten i datamaterialen. I takt med att det blir allt svårare att samla in surveydata växer betydelsen av register, som dock inte kan ersätta självrapporterade data. Ett möjligt framtidsscenario är färre men dyrare surveyundersökningar på grund av behovet av att lägga mer resurser på att upprätthålla höga svarsfrekvenser. En satsning på nationell nivå för att med bättre kunskaper och teknik för datainhämtning kunna hindra utvecklingen mot lägre svarsfrekvenser vore önskvärd. Detta innefattar ökad forskning om "respondent motivation" som alternativ eller komplement till tidigare fokus på "respondent burden".



Avancerad bildbehandling möjliggör läsning av gamla handskrivna texter som skannats och digitaliserats. Foto: Fredrik Wahlberg och Anders Brun.

Trender och tendenser

Tvärdisciplinär forskningsinfrastruktur

Forskningen inom samhällsvetenskap, humaniora och folkhälsa är i allt större utsträckning tvärvetenskaplig. Grundläggande vetenskapliga frågeställningar och kunskapsbehov i samhället och hos beslutsfattare rör alltmer de övergripande trenderna i samhället, bland annat fenomen relaterade till åldrande befolkningar och global migration som aktualiserar frågor om flerspråkighet, multikulturalism och integration med mera. Ökande socioekonomiska klyftor och en allt snabbare globalisering ställer också krav på ny forskning. Detsamma gäller de ändrade behov som hälso- och sjukvården har när det gäller att möta sammansatt sjuklighet, psykosocialt relaterad sjukdom liksom oönskade trender som barns och ungas psykiska ohälsa. Här är betydelsen av utbildningssystemet och andra samhälleliga institutioner centrala. Medvetenheten ökar om betydelsen av socioekonomiska skillnader för människors hälsa. Ett område som är särskilt angeläget att utforska är relationen mellan samhälle och kultur å ena sidan och hälsa å den andra sidan. För att få bättre underlag för rekommendationer till beslutsfattare kring vilka insatser som krävs behövs en tydligare koppling mellan samhällsvetare, beteendevetare, kulturvetare, psykologer, fysiologer och medicinare. I alla dessa fall krävs infrastruktur för ökad tvärdisciplinär forskning. Utöver dessa samordningsbehov finns det behov av att kontinuerligt tillföra nya data.

När det gäller longitudinella data har Vetenskapsrådet spelat en viktig roll genom stöd till olika samordningsinitiativ. Inom samhällsvetenskapen kan bland andra räknas SHARE, ESS, ISSP, WVS, GGS, SLOSH, CLARIN, UGU och LNU. Det är viktigt att kunna arbeta med långa tidsserier för att kunna dra slutsatser om långsiktiga samband och förlopp. Därför blir det alltmer angeläget att långsiktigt värna om databaser som UGU och LNU. Inom den mer medicinskt inriktade forskningen finns en rad longitudinella databaser som fått stöd. En viktig trend inom forskningen är att gränsdragningen mellan medicinsk och samhällsvetenskaplig forskning blir allt mindre relevant. En mer rättvisande benämning på detta gränsland vore "hälsoforskning". Framtida ny infrastruktur inom hälsoforskning bör därför utformas så att medicinska forskare som vill bygga en ny populationsdatabas även uppmanas att involvera samhällsvetenskaplig kompetens och omvänt. Samhällsvetare som vill bygga infrastruktur om hälsa bör samarbeta med medicinska forskare och i båda fallen involvera beteendevetare. Här finns en

viktig potential att involvera humaniora.

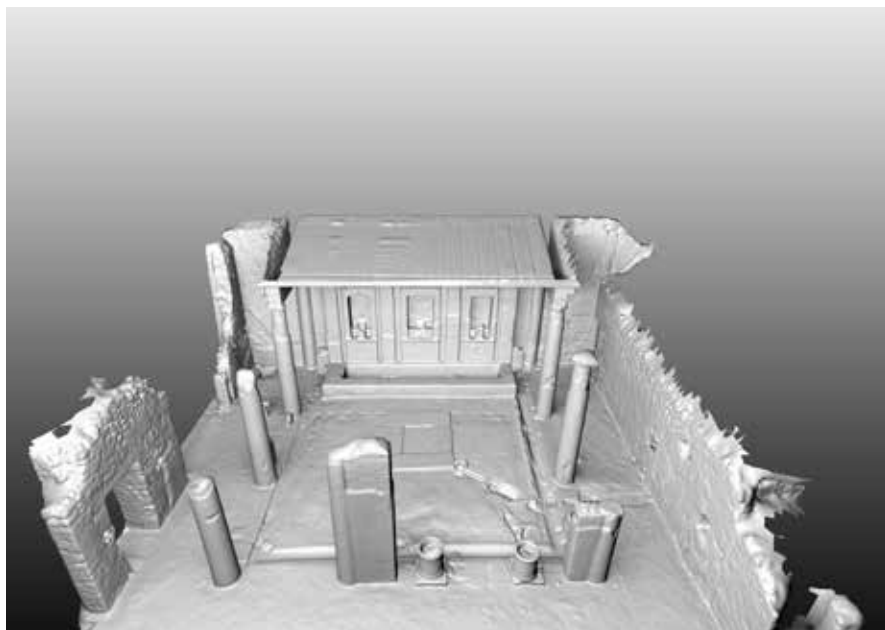
Ett annat exempel på samarbete tvärs över discipliner är det som sker mellan språkvetare och psykologer med hjälp av data från hjärnabbildningar. Mycket kan vinnas genom nordiskt samarbete, men Sverige har ansvaret för att utveckla resurser för svenska språket och här har CLARIN och andra språkdata-baser en central roll.

Internationella samarbeten

Även internationellt går trenden inom samhällsvetenskap och folkhälsovetenskap mot longitudinella och komparativa analyser. De komparativa analyserna, det vill säga jämförelser av länder och olika befolkningsgrupper, är allt mer beroende av att det vid sidan av institutionella data och andra länders uppgifter finns tillgång till individdatabaser. Särskilt för samhällsvetenskapen är internationellt koordinerade projekt centrala. Att jämföra länder och olika befolkningsgrupper på basis av individdata framstår som allt viktigare. SHARE och ESS är exempel på forskningsinitierade europeiska infrastrukturer (ERIC) som visat vägen inom detta område. Bland de internationella initiativ som Vetenskapsrådet har stöttat återfinns Generations and Gender Survey (GGS), International Social Survey Program (ISSP) och World Values Survey (WVS). GGS har genomförts i 19 länder, framförallt i Europa. ISSP genomförs och har genomförts under lång tid vid upprepade tillfällen i 48 länder och WVS har på motsvarande sätt genomförts i nästan 100 länder. Dessa infrastrukturer är alltså ur ett internationellt perspektiv allt annat än små och den svenska delen bör betraktas som vår andel av en internationell infrastruktur. På samma sätt som vi bidrar till och äger små andelar av ett stort antal anläggningar bidrar vi via dessa infrastrukturer till en internationell struktur. Vad som saknas från den samhällsvetenskapliga horisonten är i dagsläget en forskardriven internationell levnadsnivåundersökning. Idag finns EU-SILC som drivs av ländernas statistikbyråer men den är begränsad till sitt innehåll och oklar vad gäller kvalitet. CLARIN ERIC visar hur språkresurser kan utvecklas också globalt via det europeiska samarbetet genom att man bjuder in universitet utanför EU. Därmed visar man den potential som finns för internationella samarbeten kring infrastrukturer också inom humaniora. Den översyn som Vetenskapsrådet gjort av svensk utvecklingsforskning framhåller behoven att vid sidan om infrastrukturer som UCDP också utveckla data om samhällsinstitutionernas utformning (till exempel utbildning, vård, försäkring) och funktionssätt (till exempel korruption).

Longitudinella populationsstudier

Inom hälsoområdet är den kanske viktigaste trenden att kunna genomföra longitudinella populationsstudier som binder samman kliniska hälsodata med sociala/beteendevetenskapliga data och biologisk information, och där sociodemografiska data hämtas från SCB:s register. Undersökningar som EpiHealth, LifeGene, Västerbottenstudien och SCAPIS är alla av stort intresse. Samordning av biobanker, i syfte att göra dem sökbara och möjliga att koppla till data från andra register eller insamlade data sker redan, bland annat inom ramen för BBMRI.se, men framstår som en allt viktigare uppgift. Däremot saknas möjligheter att på ett enklare sätt söka information och koppla ihop data från många longitudinella kohortstudier som samlats in inom medicin. Stora vinster skulle kunna göras om det vore möjligt att till exempel studera mer sällsynta utfall i redan insamlade data, oavsett om det finns biologiska prov. Men det borde finnas ett mer aktivt deltagande från inte bara samhällsvetare utan också beteendevetare, psykologer och psykiologer under uppbyggnaden av sådana infrastrukturer.



Allt fler vetenskaper använder sig av e-infrastrukturer. Ett exempel är 3D-modellen av Atriet i Casa del Torello i Pompeji, ett av husen i det kvarter som Svenska Pompejiprojektet dokumenterat sedan 2000. Bild: Svenska Pompejiprojektet.

Behov av e-infrastruktur

Humaniora, samhällsvetenskap och hälsorforskning får i allt högre och snabbare grad tillgång till data i digital form. E-vetenskap och e-infrastruktur är högst relevanta för dessa områden eftersom resultat och slutsatser är direkt beroende av den information som kan utvinnas ur databaser och register. Beredskapen och förmågan att använda de möjligheter som e-infrastruktur och e-vetenskap erbjuder är högst varierande. En allmän kapacitetshöjning i forskarsamhället är därför ett strategiskt mål. Åtskilliga svenska forskningsmiljöer har samtidigt en lång tradition när det gäller hantering av mycket stora datamängder. Några exempel ges nedan.

Svenska forskningsinstitutioner är världsledande när det gäller såväl data-infrastruktur som analys av militär rustning (SIPRI) och militära konflikter (UCDP). Ursprungligen har detta handlat om makrokomparativa studier på nationell nivå. Under senare år byggs databaser upp på lägre geografisk nivå och med stor precision också i tidsdimensionen. En utvecklad e-infrastruktur på det här området bör inte bara kunna förbättra konkurrenskraften för den typen av forskningsmiljöer, utan skulle också kunna skapa förutsättningar för nya former av globala forskningssamarbeten och förutsättningar för visualisering av data med stor relevans också utanför forskarsamhället.

På flera svenska universitetsinstitutioner bedrivs idag komparativ forskning och databasbyggande kring hur samhällsinstitutioner och offentlig politik organiserats i olika länder. Quality of Government (QoG) på Göteborgs universitet är ett exempel och SCIP (Social Citizenship Indicator program)/SPIN (Social Policy Indicator Database) på Stockholms universitet är ett annat. En uppgradering av svensk e-infrastruktur skulle kunna öka konkurrenskraften i den här typen av forskning men också skapa möjligheter till forskningssamarbeten av strategisk betydelse. Ett exempel är de frågeställningar som rests inom ramen för EU:s forskningsprogram för åren 2014–2020, Horisont 2020. Enormt mycket data om individuella utfall (beteenden, attityder, villkor) samlas årligen in. Det europeiska forskningssamarbete som handlar om att analysera de tänkbara källorna till de skillnader som härvidlag kan observeras är dock ännu svagt utvecklat.

E-infrastrukturer är inte bara viktiga för att kunna koppla olika typer av kontextdata till samhällsvetenskapliga och medicinska individdata. Svenska register innehåller även uppgifter om geografiska koordinater till alla fastigheter i Sverige vilket bland annat ger länkar till individers bostads- och arbetsplatser. Ett optimalt utnyttjande av befintliga register kräver allt större beräkningskapacitet för att möjliggöra ytterligare metodutveckling inom området.

Inom humaniora ökar behovet av stora mängder data i digital form. Här

vore det önskvärt med en strategi för utvecklingen av e-infrastruktur, inte minst när det gäller digitalisering av texter och inventarieförteckningar på arkiv och museer. Behovet av en strategi är dock generellt och forskare bör samverka med centrala aktörer som arkiv, bibliotek, museer och kulturmiljövärd (ABMK) när det gäller utvecklingen av e-vetenskap, vilket inom området ofta kallas digital humaniora. Att samla in data via nätet, såväl genom enkäter och direkta observationer som genom att analysera sekundära data kommer förmodligen att bli allt viktigare och ställa krav på e-infrastruktur, men väcker samtidigt etiska frågor om samtycke och tidsramar för tillgänglighet. Denna utveckling drivs till exempel genom infrastrukturen CLARIN, och en liknande utveckling på flera områden torde vara nyckeln till att genomföra nätverksanalyser där humaniora samspekar med samhällsvetenskapliga teoribyggen. För att utveckla humanistlaboratorierna i Lund och Umeå till en tydlig del av en nationell infrastruktur torde det vara av avgörande betydelse att utveckla adekvata e-infrastrukturer.

I slutändan handlar behoven av e-infrastruktur om att ge forskarsamhället de verktyg som förmår upprätthålla de värden som ska bära nationella infrastrukturer där tillgänglighet, eller open access, är ledstjärnan.

Rekommendationer 2015–2020

Skapa samordning, konsolidering och innovation genom riktade utlysningar

I framtiden kommer det att krävas en mer omfattande samordning mellan Vetenskapsrådet, svenska lärosäten och andra myndigheter och finansiärer inom infrastrukturområdet. Vetenskapsrådet avser att stödja uppbyggnaden av innovativa och högkvalitativa infrastrukturer av nationellt intresse. Den framtida driften av dessa bör dock hanteras av lärosäten och/eller andra ansvarsmyndigheter. Detta kräver överenskommelser mellan Vetenskapsrådet, involverade lärosäten och ansvarsmyndigheter redan när beslut fattas om finansiering av en infrastruktur. Tillgängligheten till forskningsresurser i form av databaser och så vidare bör också säkerställas när infrastrukturer byggs upp, och här har SND en central roll liksom den registerforskningsfunktion som är under uppbyggnad på Vetenskapsrådet. Satsningar på e-infrastrukturer kommer att ha strategisk betydelse för såväl samverkan mellan infrastrukturer som tillgänglighet till data.

Tematiska bidrag till databaser inom samhällsvetenskap och medicin: Riktad utlysning 2015

Inom områdena samhällsvetenskap och medicin (folkhälsa) är en helt central utmaning att koordinera och långsiktigt konsolidera de databaser som redan finns. De infrastrukturer, som redan idag är av ett tydligt nationellt intresse, de som potentiellt är det och de som bör samordnas bättre för att ta sig an ett nationellt ansvar, bör identifieras och få resurser för att utarbeta strategiska planer.

Hur går man bäst tillväga för att skapa en bättre samordning av infrastrukturer inom medicin och samhällsvetenskap? Hur skapar man förutsättningar för att prioritera långsiktiga satsningar på nya infrastrukturer? För detta krävs en mobilisering underifrån från forskarsamhället, som också inbegriper ett engagemang från lärosätena utan att de senare i ett första skede ska fatta beslut om prioritering. Detta kan åstadkommas genom en riktad utlysning 2015. Bidragen kan sökas för drift och/eller nationell samordning av existerande och nya nationella infrastrukturer. Eriksons (2014)²¹ utredning åt Vetenskapsrådet pekar ut området surveyundersökningar, longitudinella studier och kohortstudier på de medicinska och samhällsvetenskapliga områdena som angelägna att koordinera och långsiktigt stärka. Syftet med 2015 års utlysning är alltså att underlätta samordning av existerande databaser men också att ge förutsättningar till mer innovativa forskningsprojekt där nya infrastrukturer utgör en integrerad del. Man bör särskilt värna om forskning tvärs över de traditionella disciplinerna.

En riktad utlysning för ny nationell infrastruktur gällande databaser inom samhällsvetenskap och medicin bör sjasättas 2017. Denna utlysning skulle syfta till att öppna för långsiktiga satsningar på prioriterade nationella infrastrukturer enligt den nya modell med åttaåriga bidrag som Vetenskapsrådet utarbetat. Att låta datainsamling finansieras som projekt leder inte till god kontinuitet och en fara med projektbaserade infrastrukturer är också att de ämnesmässiga stuprören lätt befästs. Insamling, koordinering, kvalitetssäkring, bevarande och tillgängliggörande av forskningsdata är alla centrala faktorer för att en god samordning av data ska kunna komma till stånd.

²¹ *Nationell samordning av frågeundersökningar och längdsnittsstudier*, R. Eriksson, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-235-9

Behovsinventering för kommande samordning av kontextdatabaser samt databaser inom humaniora

Det finns behov av en bättre samordning av olika befintliga och tillkommande databaser med kontextdata, inte minst för att stödja tvärvetenskaplig forskning. Metadata i variabelform kan användas för makro-makro-analyser, men framför allt för att analysera en rad av de individuella förhållanden som gäller exempelvis hälsa, ojämlikhet och utbildning. En behovsinventering förväntas ske under 2015 och på sikt bör en riktad utlysning för ny nationell infrastruktur gällande kontextdatabaser komma till stånd. En sådan utlysning bör kräva en precision av hur samhällsstruktur och inte minst institutionella förhållanden i allmänhet och andra typer av interventioner systematiskt skulle kunna kodifieras i nationella infrastrukturer. En behovsinventering under 2015 är nödvändig även inom humaniora. Genom att samordna databaser och genom att öka medvetenheten om fördelar med digitalt tillgängligt material kan såväl kvaliteten som jämförbarheten inom historie-, kultur- och litteraturvetenskaperna höjas. Digitala humaniora har stimulerat metodutvecklingen på ett övergripande plan och inneburit att kvalitativa och kvantitativa undersökningar kombinerats, och här är relevansen också hög för det utbildningsvetenskapliga området. I övrigt är det framförallt arkeologiämnet som har stora behov av en fungerande nationell infrastruktur för att utnyttja metoder från de naturvetenskapliga disciplinerna. På sikt bör således även en riktad utlysning för ny nationell infrastruktur gällande databaser inom humaniora åstadkommas.

Fortsatta satsningar på registerbaserad forskning

Pågående satsningar för att stimulera registerbaserad forskning ser ut att ge effekt och det är viktigt att sådana satsningar får fortsätta. Forskningen är beroende av att det även i framtiden finns metoder och expertis för att etablera nya databaser med longitudinella individdata som kan kopplas till dessa register. En bättre dokumentation av befintliga register, bättre möjligheter att länka data från olika registerhållare samt snabbare och mer transparenta processer för att organisera sådana data bör stödjas. Länknings- och registerdata från flera nordiska länder bör vidare stimuleras. Fortsatta satsningar på digitalisering av historiska folkräknings- och församlingsregisterdata bör också göras.

SND

Under perioden 2015–2020 ska arbetet fortsätta med att utveckla SND i rollen som serviceorganisation. Vetenskapsrådet har beviljat SND driftsmedel för 2014 och 2015 på i stort sett samma nivå som 2013 och utan att förändra SND:s uppdrag. Detta är ett interimistiskt tillstånd som framför allt dikteras av Vetenskapsrådets regeringsuppdrag för registerforskning, men också av den utredning som kring registerforskningens juridiska och andra villkor som letts av Westerberg (SOU 2014:45). De politiska beslutsfattarna har här att behandla inte bara lagstiftningsfrågor kring forskarnas tillgång till register och databaser och hur enskilda individers integritet härvidlag ska skyddas, utan också en del organisatoriska frågor. Westerberg har bland annat föreslagit att SND:s framtida organisering utreds. I det här sammanhanget utgör dokumentation av medicinska data en särskild utmaning. Eftersom biomaterial oftast finns med i bilden för medicin kommer en ny lagstiftning sannolikt att ställa nya krav på utformning och organisation av en nationell samordning. Även om SND:s exakta uppdrag och organisation ligger i stöpsleven kvarstår att SND i framtiden kommer att vara en viktig infrastruktur och bör ha en fortsatt central roll avseende dataservice, dokumentation, utveckling av metadatastandarder, utbildning med mera. Den rollen kan utvecklas genom att SND nära deltar i samordningsuppdraget ovan och därmed befäster sin roll i framtida infrastruktur för databaser inom humaniora, medicin och samhällsvetenskap.

Utveckla e-infrastruktur

De forskningsområden som beskrivs ovan förutsätter en e-infrastruktur där data på olika nivåer och från olika källor kan kopplas till varandra. Det är vidare angeläget att inte minst på den europeiska forskningsfronten kunna utnyttja modern e-infrastruktur för att stödja en utveckling av den här typen av samarbeten. En ny typ av e-infrastruktur skulle behövas för att analysera institutionella och andra kontextuella effekter på bred front. Det finns även en potential för att utveckla forskning och metoder som kombinerar styrkan av olika aspekter av longitudinella och geokodade individdata. Det är därför angeläget att resurser satsas på att ytterligare kartlägga och analysera hur strategiska e-infrastruktursatsningar skulle kunna bidra till att bryta ny mark på ytterligare områden. I forskarsamhället behövs en allmän kompetenshöjning när det gäller förmågan att utnyttja modern e-infrastruktur. De tematiska ansökningar som utlyses ovan bör ha en explicit plan för hur e-infrastrukturfrågor ska utvecklas. Samtidigt är det viktigt att beakta en av huvudslutsatserna från Ynnermans utredning för Vetenskaps-

rådet (2014): enskilda forskargrupper kan inte avkrävas expertkunskaper inom e-vetenskap, datadokumentation, koordinering och så vidare.

Webbaserade datainsamlingsmetoder underlättar insamlandet av självrapporterade individdata. Detta bidrar till en snabb utveckling mot hanteringen av stora datamängder inom forskningen, så kallade Big Data. Allt oftare inom longitudinella kohortstudier sker datainsamling genom webbaserade enkäter eller informationshanteringssystem. Möjligheterna att vidareutveckla olika former av webbaserad datainsamling inom ramen för de infrastrukturer som stöds bör undersökas. Möjligheten att systematiskt analysera de enorma datamängder som finns tillgängliga utvecklas snabbt och kan gynna utvecklingen inom såväl humaniora och medicin som samhällsvetenskap. Därför finns det starka skäl att utreda hur analyskapaciteten kan stärkas som en del av en nationell e-infrastruktur.

Beskrivning av området

Forskningen inom livsvetenskaperna syftar till ökad förståelse för hur alla levande organismer fungerar, samverkar och påverkar sin omgivning. Biologi och medicin är idag viktiga områden inom det som betecknas livsvetenskap. Den grundläggande forskningen använder olika modellorganismer samt genetik, genomik, proteomik och ett stort antal mätmetoder integrerade med beräkningsbiologi för att kartlägga hur organismer fungerar på system- och molekylnivå. Komplexa biologiska processer kan idag studeras tack vare snabb teknikutveckling som sker parallellt med vetenskaplig grundforskning. Den positiva utvecklingen gör det möjligt att allt snabbare få fram resultat, men är också alltmer beroende av mångvetenskapliga samarbeten och tillgång till biologiskt material. Forskningsresultaten finner sin användning främst inom medicinsk diagnostik, prevention och terapi men även inom växtforskning och bioteknologi. Resultaten är också i många fall applicerbara i växelverkan med forskare från olika discipliner förutom medicin och biologi, till exempel teknologi, kemi, fysik, materialvetenskap och farmakologi. Levnadsförhållanden och miljöaspekter är också viktiga komponenter.

Dagens forskning inom livsvetenskaper är i hög grad gränsöverskridande, internationell och kräver tillgång till infrastruktur och kompetens. Utvecklingen av nya nationella infrastrukturer för att möta dessa behov har präglat området under den senaste femårsperioden. Några exempel är de teknikplattformar som byggts upp inom Science for Life Laboratory (SciLifeLab) för forskning och frågor rörande DNA, RNA och proteiner. Vetenskapsrådet bidrar till uppbyggnad och drift av flera av dessa teknikplattformar tillsammans med ett flertal andra större finansiärer, bland annat universitet och KAW. För att skapa en långsiktig och nationell utveckling kommer samverkan mellan dessa och andra aktörer att vara nödvändig.

Infrastrukturer inom livsvetenskaper utgörs ofta av nätverk med noder på flera olika orter (så kallade distribuerade infrastrukturer) baserade på olika tekniker och resurser. Exempel på sådana infrastrukturer är BILS för bioinformatik, National Genomics Infrastructure (NGI) för DNA- och RNA-sekvensering och Biobanking and Molecular Resource Infrastructure of Sweden (BBMRI.se) för biobanker. Men även infrastrukturer i form av större anläggningar för att studera strukturer och molekylära interaktioner

kommer att vara betydelsefulla för att driva utvecklingen framåt. Bland annat förväntas MAX IV och European Spallation Source (ESS) som nu byggs upp i Lund ge helt nya möjligheter. Sverige har länge ansetts vara en guldgruva för forskning inom livsvetenskaper genom sina betydande databaser och register samt tillgång till stora provsamlingar som sträcker sig över lång tid tillbaka. Bristande samordning har till viss del utgjort ett hinder för optimal användning av dessa resurser och arbetet med att skapa en sammanhållen struktur i Sverige, Norden och Europa kommer att vara avgörande för en fortsatt positiv utveckling. En viktig del i arbetet är att utveckla nationella strukturer för att tillgängliggöra data för forskning på ett sätt som både tillgodoser forskningens behov och ger ett fullgott skydd av den personliga integriteten, när data härrör från patienter eller friska frivilliga.

De allt större datamängder som forskningen inom livsvetenskaper genererar ger nya möjligheter att utvinna information. Samtidigt krävs betydande resurser och ny kompetens inom statistik, bioinformatik och analys av stora datamängder, så kallade "Big data". Samtliga infrastrukturer inom livsvetenskaper är och kommer att vara helt beroende av utvecklingen inom e-vetenskap. Verktyg för lagring, analys och beräkning av stora datamängder kommer att vara avgörande för forskningsområdet och dess tillämpningar. Utbildning och kompetens för detta behöver byggas upp och bevaras för framtiden.

De europeiska infrastruktursamarbetena inom livsvetenskaper, särskilt de som föreslagits av ESFRI, är och kommer troligen att bli alltmer tongivande i formeringen av utlysningar inom Horisont 2020 och i arbetet inför nästa ramprogram. För att Sverige ska kunna delta på ett bra sätt i denna utveckling krävs att nationella infrastrukturer konsolideras och integreras i de europeiska satsningarna i en öppen process som svarar mot forskningens behov.

Infrastruktur som finansieras av Vetenskapsrådet

BBMRI-ERIC

BBMRI-ERIC (Biobanking and Biomolecular Resources Research Infrastructure) är sedan november 2013 en gemensam organisation för biobanker i 14 länder i Europa. Målet är att tillgängliggöra stora mängder biologiska prov för forskning och utveckling av hälso- och sjukvård och att synliggöra Europas sammanlagda resurser i ett globalt perspektiv. Infrastrukturen omfattar genom sina noder i samtliga medlemsländer ett stort och varierat underlag

av väl karakteriserade biologiska prover vilket kan förväntas öka värdet av provsamlarna och möjligheterna till större internationella samarbeten. Medlemsländerna finansierar tillsammans, inom ramen för BBMRI-ERIC, ett koordinerande huvudkontor i Graz, Österrike samt några gemensamma funktioner, så kallade common services.

BBMRI.se

BBMRI.se (Swedish Biobanking and Biomolecular Resources Research Infrastructure) är en distribuerad infrastruktur med noder vid samtliga större svenska lärosäten med medicinsk fakultet. Verksamheten syftar till ökad nationell samordning av insamling och lagring av data och biologiska prover från patienter och friska frivilliga och tillgång till dessa resurser för forskning. Prover lämnas ut för analys efter vetenskaplig prioritering och etiskt godkännande. Infrastrukturen ger således möjligheter att på ett mer effektivt sätt studera sjukdomsmekanismer och biomarkörer på större material och därmed möjliggöra utveckling av nya behandlingsstrategier anpassade för identifierade patientgrupper. BBMRI.se arbetar genom att samordna och tillgängliggöra biobanker från universitet och landsting och bygga upp en nationell organisation för standardiserad prov- och datahantering som följer etiska och juridiska ramar. De tillhandahåller också experthjälp inför nya insamlingar, som stöd till forskare utan tidigare erfarenhet av denna typ av studier. BBMRI.se är svensk nod i den europeiska infrastrukturen BBMRI-ERIC.

BILS

BILS (Bioinformatic Infrastructure for Life Sciences) är en distribuerad infrastruktur som stöder ett antal utvalda projekt på alla stora svenska universitet samt SciLifeLab. BILS omfattar under 2014 cirka 35 tjänster som finansieras av BILS och de olika värduniversitetet. Större delen av verksamheten fokuserar på bioinformatikstöd inom DNA- and RNA-sekvenseringsprojekt, men BILS ger stöd även inom proteomik, genetiska nätverk, metabolomik och i mindre skala systembiologi. BILS erbjuder tillgång till ett antal verktyg (programvara, algoritmer) via sin hemsida bils.se samt användarstöd för att använda dessa. BILS tillhandahåller och underhåller bioinformatiska metoder samt bedriver utbildning inom bioinformatik.

En annan bioinformatikinfrastuktur finansieras av KAW: WABI (Wallenberg Advanced Bioinformatics Infrastructure) som är placerad vid SciLifeLab. WABI skiljer sig något i sin profil från BILS, men på sikt behöver

det ske en integrerad utveckling och samordning av de olika bioinformatikstrukturerna. Bioinformatikstöd finns även inom infrastrukturen SNIC (se avsnitt om e-vetenskap) vid UPPNEX i Uppsala. Bioinformatikstödet täcks idag inte fullt ut och behovet av stöd kommer att öka avsevärt under de kommande åren.

BILS är den svenska kontakten till den europeiska bioinformatikinfrastrukturen ELIXIR.

CBCS

CBCS (Chemical Biology Consortium Sweden) är en distribuerad nationell infrastruktur för kemisk biologi, som bland annat arbetar med framtagande av små organiska molekyler för användning som forskningsverktyg. Verksamheten bygger på screening av samlingar av dessa organiska molekyler för biologisk aktivitet i testsystem och biologiska modeller som ingår i användarnas projekt. Biologiskt aktiva föreningar optimeras och karakteriseras med avseende på parametrar viktiga för biologiska experiment i djurmodeller såsom membranpermeabilitet och metabol stabilitet. Verksamheten startade 2010 och bedrivs vid Karolinska institutet, Umeå universitet och Uppsala universitet. I dagsläget är CBCS fullt operativt. Ett öppet ansökningsförfarande med en fristående projektgranskningsgrupp garanterar allmän och kvalitetssäkrad tillgång till infrastrukturen. CBCS har användare inom preklinisk medicinsk forskning och många områden inom naturvetenskap vid alla större svenska lärosäten.

CBCS ingår som en distribuerad infrastruktur i SciLifeLab och deltar som observatör i de förberedande diskussionerna för den europeiska infrastrukturen EU-Openscreen.

CyTOF™

Nationell utrustning för single-cell mass cytometry (CyTOF™) baserad vid Linköpings universitet ger möjlighet till att göra avancerad proteomisk analys på celler. Genom att färga celler med specifika antikroppar som bundits till särskilda metaller, kan närvaron av ett stort antal olika proteiner i cellerna detekteras. I en så kallad time-of-flight-analysator kan en cell analyseras med single-cell mass cytometry. Utrustningen tillåter mätning av 45 olika parametrar på cirka 500 till 1000 celler per sekund. Metoden lämpar sig därför utmärkt till att mäta olika komponenter i celler samt bindningar av olika molekyler, till exempel läkemedelskandidater, till individuella celler. Metodens styrka är den stora känsligheten som möjliggör analys av enskilda

celler. En begränsande faktor är tillgången på lämpliga antikroppar.

Liknande utrustning finns vid andra svenska lärosäten och samordning för nationell tillgång till även dessa är en möjlighet som behöver utredas.

ELIXIR

ELIXIR (European infrastructure for bioinformatics) är den europeiska infrastrukturen för bioinformatik. ELIXIR är i uppbyggnadsfasen och består av noder i olika länder, varav flera av Europas ledande bioinformatikcentra, och verksamheten koordineras från noden som är placerad vid European Bioinformatics Institute (EBI) i Cambridge. Sverige deltar formellt i projektet och BILS fungerar som den svenska kontakten. Sverige bidrar till ELIXIR med projektet Human Protein Atlas som syftar till att kartlägga det mänskliga proteomet. Tjänster som ELIXIR tillhandahåller omfattar till exempel verktyg för att analysera biologiska data, datalagring inklusive utveckling av metoder och standarder för detta, samt relaterad utbildning. ELIXIR kommer att integrera bioinformatiska tjänster och resurser tillhandahållna av de olika noderna med de funktioner som EBI redan erbjuder.

EMBL

EMBL (The European Molecular Biology Laboratory) firar 50-årsjubileum 2014 och är ett molekylärbiologiskt laboratorium i Heidelberg med hög internationell profil. Ett antal länder i Europa, däribland Sverige, bidrar med finansiering. Ländernas forskare, framförallt lovande yngre forskare, kan komma till EMBL för att etablera sig eller för att ta del av kurser och andra utbildningsprogram. EMBL driver ett antal laboratorier för mikrokopi, genomik och proteomik samt bioinformatik. EMBL har sedan starten kompletterats med ett antal noder, så kallade outstations, som ger service till forskare från hela Europa: European Bioinformatics Institute (EBI) för bioinformatik i England, synkrotronljusanläggningen Petra III för strukturbologi i Tyskland, synkrotronljusanläggningen ESRF i Frankrike och ett laboratorium för musbiologi i Italien. Diskussioner pågår om att bygga ut nätverket med en nod i Barcelona inom molekylär medicin.

EMBL driver också ett nordiskt nätverk med en nod i Umeå (se MIMS). Detta nätverk stöds av Nordforsk som ett Nordic Network of National Centres of Excellence (NCE) och främjar samarbete och utbyte mellan de nordiska noderna FIMM, NCMM, DANDRITE och MIMS sinsemellan och med EMBL.

EMBL har nära koppling till EMBO (European Molecular Biology Orga-

nisation) som ger ut vetenskapliga tidskrifter och bedriver kurs- och konferensverksamhet samt ett stipendieprogram.

INCF

INCF (International Neuroinformatics Coordinating Facility) är en internationell infrastruktur som initierades av OECD. Den koordineras från Sverige (KI och KTH) och arbetar för öppen tillgång till data, bioinformatik och modelleringsverktyg för forskning inom neurovetenskap. INCF arbetar genom att integrera information från olika nivåer av neurovetenskaplig forskning, alltifrån en grundläggande förståelse av hjärnans funktioner till behandling av neurologiska sjukdomar. Syftet är att underlätta forskning inom neurovetenskap globalt och att öka interaktionen mellan olika aktörer och grupper samt att värdera olika aktiviteter inom neuroinformatik, bland annat en digital hjärnatlas, standarder och ontologier samt att underlätta utbildning inom området. Aktiviteterna ligger nära området systembiologi när det gäller modellering och simulering. INCF finansieras av medlemsländerna. De svenska finansörerna, utöver värduniversitetet Karolinska institutet och Kungliga Tekniska högskolan är Vetenskapsrådet och Stiftelsen för strategisk forskning (SSF).

Instruct

Internationella samarbeten är viktiga inom strukturbiologi där utrustningen i allmänhet är mycket komplex och kostsam. Instruct (European infrastructure for structural biology) fungerar som ett europeiskt nätverk med huvudkontor i Oxford i England. Organisationer från 11 medlemsländer ställer 144 plattformar för strukturbiologi till förfogande för forskare från medlemsländerna. Dessa noder omfattar bland annat resurser för proteinproduktion, proteinkarakterisering, strukturanalys och dataanalys samt en omfattande internationell kompetensbas som bistår forskare med olika lösningar på deras frågeställningar. Instruct tillhandahåller en gemensam portal för ansökningar om att få använda sig av de olika nodernas utrustning och kompetens för olika forskningsprojekt. Efter en vetenskaplig utvärderingsprocess får forskarna tid, ofta kombinerat med ekonomiskt stöd, för att använda utrustning som passar för att kunna besvara den aktuella frågan. Det finns viktiga kopplingar mellan Instruct och andra infrastrukturer, till exempel för masspektrometri, avbildning och bioinformatik. Sverige deltar även i ytterligare infrastrukturer som stöder forskning inom strukturbiologi, i första hand olika större synkrotronljusanläggningar. Sverige är medlem i Instruct sedan december 2013.

MIMS

MIMS (The Laboratory for Molecular Infection Medicine) utgör den svenska noden i det nordiska samarbetet "The Nordic EMBL Partnership for Molecular Medicine". Målet med det nordiska EMBL-samarbetet är att underlätta och institutionalisera vetenskapligt utbyte och stöd inom områden av gemensamt intresse. MIMS är etablerat inom Umeå Centre for Microbial Research (UCMR), ett tvärvetenskapligt centrum för spetskompetens inom infektionsbiologi med mer än 50 anslutna forskningsledare. Forskningen fokuserar på molekylära mekanismer av infektionssjukdomar med det övergripande syftet att utveckla nya och hållbara antimikrobiella strategier för att bekämpa infektioner och antibiotikaresistens.

MIMS ska stärka den svenska forskningen genom att främja möjligheterna för unga forskare i enlighet med "EMBL-modellen". Här ingår internationell rekrytering av unga toppforskare som får resurser under en fem- plus fyraårsperiod för att etablera en forskargrupp med nydanade forskning.

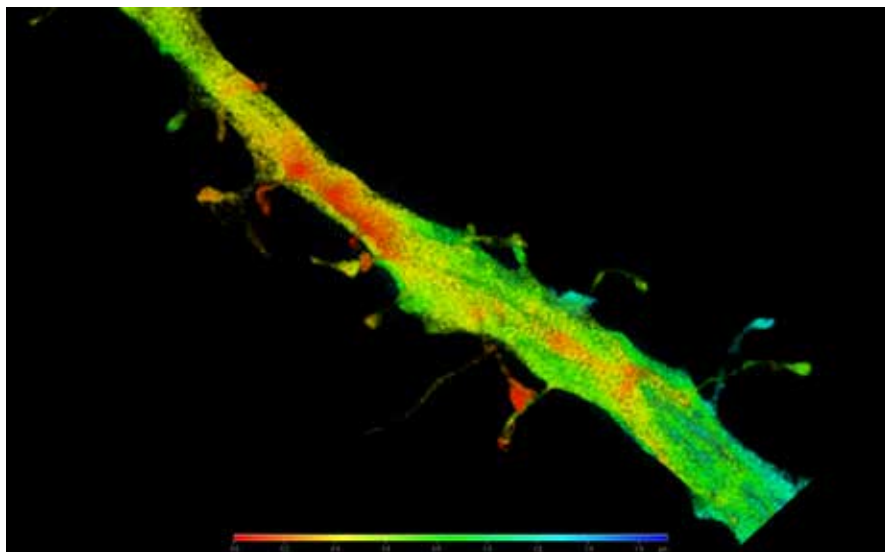
NGI

NGI (National Genomics Infrastructure, tidigare SNISS) finansieras som en nationell infrastruktur vid Uppsala universitet och KTH sedan januari 2010. Verksamheten syftar till att ge svenska forskare tillgång till den senaste teknologin för storskalig DNA-sekvensering. Storskaliga analyser av DNA- och RNA-sekvenser har en central roll inom biomedicinsk forskning. Tillgången till en bred uppsättning olika sekvenseringsteknologier gör det möjligt att välja den kombination som bäst lämpar sig för ett specifikt projekt. NGI utgör ett av de tre största genomikcentra i Europa och kan genom sin placering vid SciLifeLab i Stockholm och Uppsala samutnyttja utrustning och kompetens. Vidare samverkar NGI med andra satsningar av nationell karaktär inom bioinformatik med BILS och inom dataanalys och datalagring med SNIC:s centrum i Uppsala, Uppmax (*Uppsala Multidisciplinary Center for Advanced Computational Science*). NGI erbjuder expertis inom bioinformatik och statistik som ska säkerställa att den experimentella designen blir optimal och projektet vetenskapligt produktivt. Den konsultativa roll som NGI har utgör en av huvuduppgifterna för infrastrukturen och kan utvecklas ytterligare. En utveckling av NGI:s verksamhet med flera noder vid andra universitet, med komplementär infrastruktur, planeras i samråd med berörda universitet (kartläggning av humana genom, populationer av (mikro)organismer samt kartläggning av olika växter och djurarter).

SCAPIS

SCAPIS (Swedish cardiopulmonary bioimage study) är en storskalig satsning för att samla in data om hjärt- och lungsjukdomar. SCAPIS ska utföras vid fem noder i Sverige och finansieras av ett flertal finansiärer, bland annat Hjärt-Lung fonden, KAW, Vinnova, Vetenskapsrådet och universitetssjukhusen i Sverige. Syftet är att samla in information om många olika kliniska parametrar och persondata från ett stort antal individer för att sedan möjliggöra forskning kring hjärtsjukdomar, kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL) och andra lungsjukdomar. Styrkan är det insamlade materialets storlek och patientkaraktärisering med väl genomarbetade undersökningsmetoder, bland annat ultramodern datortomografi.

SCAPIS bygger förutom en databas också upp en biobank med blodprov, vilken kommer att utgöra en unik källa till kunskap om sjukdomsmekanismer och biomarkörer. En pilotstudie med mycket intressanta resultat har genomförts av Göteborgsnoden. Arbetet har inletts med att successivt bygga upp de individuella noderna.



Bilden illustrerar användningen av teknikerna för superupplösande fluorescensmikroskopi för att studera små strukturer i nervceller (här super-resolution structured illumination microscopy, SR-SIM). Bild: Centre of Cellular Imaging, Göteborg.

Swedish Bioimaging

Swedish Bioimaging (Swedish national infrastructure for bioimaging) är ett nationellt nätverk som koordineras av Linköpings universitet, vars verksamhet syftar till att stödja och samordna drift och användning av svensk utrustning och metodik för biologisk och medicinsk utbildning. Faciliteter som är anslutna till Swedish Bioimaging finns vid samtliga större svenska lärosäten med medicinsk fakultet. De flesta plattformar är öppettillgängliga för svenska forskare, men det finns även ett antal specialiserade plattformar som delvis är tillgängliga för svenska forskare. Flera plattformar listade under Swedish Bioimaging har idag lokal karaktär. Swedish Bioimaging har ambitionen att utveckla sin verksamhet till en nationell paraplyorganisation som samlar infrastruktur för utbildning. Verksamheten kommer att påverkas av de nya satsningar som görs på investering i och samordning av utrustning för biologisk och medicinsk utbildning.

Biologisk och medicinsk utbildning omfattar ett stort antal tekniker för både mikroskopi och helkroppsbildning. Verksamheten kräver dessutom lagring, tillgängliggörande av data och bildbehandling med hjälp av datorprogram/beräkningsbiologi och kvantifiering samt utveckling av nya prober. Kopplingen till andra typer av infrastrukturer som masspektrometri, strukturbologi, metabolomik och inte minst bioinformatik/systembiologi är uppenbar. Infrastrukturverksamheten innefattar även utveckling av och tillgänglighet till markörer för detektion som till exempel fluorescerande molekyler eller andra specifikt märkta molekyler. Klinisk och patologisk utbildning med hjälp av olika typer av strålkällor faller också under biologisk utbildning, men bedrivs oftast inte i forskningssyfte utan inom klinisk verksamhet.

Swedish Bioimaging är idag den svenska kontakten till det europeiska projektet Euro-bioimaging.

Swedstruct

Swedstruct (Swedish national infrastructure for structural biology) är en nationell infrastruktur för proteinstrukturbologi som omfattar tre noder:

- proteinproduktionsverksamheten vid Karolinska Institutet (med koppling till SciLifeLab)
- två strålrör vid den befintliga MAX II-synkrotronen och ett strålrör för makromolekylär kristallografi (BIOMAX) vid det nya MAX IV-laboratoriet i Lund

- det svenska NMR-centrat vid Göteborgs universitet.

Målet är att skapa en gemensam ingång för forskare inom strukturbologi för att underlätta och öka tillgången till utrustning och kompetens genom samarbete. Genom sina tre noder kan Swedstruct erbjuda ett komplett led från proteinproduktion via provbehandling till den för problemställningen optimala strukturbioologiska metoden.

Swedstruct kommer att fungera som nod till den europeiska infrastrukturen Instruct där Sverige blev medlem i slutet av 2013. Via Instruct får svenska forskare tillgång till ett stort antal teknikplattformar och kompetens som sträcker sig från produktion, provbehandling och karakterisering till struktur- och dataanalys (se särskild beskrivning av Instruct).

Beskrivning av möjlig ny infrastruktur

Nationell samordning av biobanker, databaser och register

Forskning inom livsvetenskaper är i hög grad beroende av tillgång till information om biologiska material och individdata. Det finns idag ett mycket stort antal databaser, register och provsamlingsar som utgör viktiga källor till ny kunskap genom forskning i Sverige. Om dessa resurser kan synliggöras, länkas, utformas och tillgängliggöras på ett för forskningen ändamålsenligt sätt, både vad gäller humana prover och prover från djur och växter, skulle detta sannolikt bidra till ökad kvalitet och genomslag för svensk forskning inom en rad olika områden. En infrastruktur för att samordna dessa resurser behöver byggas upp successivt. Det som byggs upp behöver ta tillvara och utveckla värdet i de resurser som redan finns för att sedan kunna komplettera med nya data under lång tid framöver. Komponenter som behöver ingå i en ny infrastruktur på lång sikt är:

- En eller ett fåtal gemensamma portaler för tillgång till data för forskning, som stöds av de olika aktörer som tillhandahåller data för forskning inom livsvetenskaper.
- Standardiserade och kvalitetssäkrade metoder för data- och provhantering och som stöds av de olika aktörer som tillhandahåller data och prover för forskning inom livsvetenskaper.

- En organisation med tydlig nationell styrning och en nationell fördelning av roller och ansvar för de olika aktörer som tillhandahåller data och prover för forskning inom livsvetenskaper.

Ett led i att fortsätta arbetet med att uppnå en samordning av existerande databaser och register är en utlysning 2015 för stöd till databaser inom medicin och samhällsvetenskap.

Det behövs också andra initiativ, både på politisk och på operativ nivå, för att skapa en gemensam svensk biobankstruktur som inbegriper data och prover från både forskning och hälso- och sjukvård, inom folkhälsa och veterinärmedicin.

Infrastruktur för försöksdjur och modellorganismer

En svensk nationell infrastruktur för forskning som använder sig av försöksdjur och modellorganismer, både växter och djur, behöver utformas. För detta krävs en dialog och aktiv medverkan mellan de olika aktörerna i Sverige, främst svenska lärosäten, som för närvarande har utrustning och kompetens som är av nationellt intresse inom området. En nationell infrastruktur behövs som vetenskaplig motpart vid ett svenskt deltagande i den europeiska infrastrukturen Infrafrontier. Sverige bör överväga att bli medlem i denna infrastruktur för att ta tillvara och bidra till den viktiga kunskapsbank kring olika musstammar som håller på att skapas inom Europa. I ett längre perspektiv kan en utvidgning till flera modellsystem vara motiverad. Det finns ett flertal exempel på framstående svensk forskning som rör andra djur än möss och även olika växter, för vilka standardiserade provsamlings- och tillhörande datainsamling skulle behöva skapas på nationell nivå.

Infrafrontier var ett av de första paneuropeiska infrastrukturprojekt som fördes fram av ESFRI och grundades av fem medlemsländer i april 2013. Målet för verksamheten är att koordinera och stödja framtagandet och användandet av musmodeller för forskning. Detta ska ge en mer effektiv hantering som sparar pengar och djur och samtidigt leder till olika synergieffekter. Infrastrukturen ger via en webbsida information om och tillgång till data, biologiska material, analysplattformar och kompetens. Forskargrupper och vetenskapliga projekt i de olika medlemsländerna får tillgång till infrastrukturen genom en peer-review-baserad ansökningsprocess för bedömning av vetenskaplig kvalitet. Infrafrontier koordinerar också större internationella initiativ som tar tillvara de samlade resurserna för att möjliggöra omfattande projekt som annars inte hade kunnat genomföras.

Styrkor och svagheter

Sverige har historiskt sett varit ledande inom flera av de medicinska, biologiska och medicintekniska områdena. Sverige satsar idag jämförelsevis stora resurser på forskning inom livsvetenskaper och behöver hitta sätt att förvalta sina resurser och kunskaper. Morgondagens utmaningar och möjligheter handlar om att hitta och ta vara på de globala möjligheterna. Strategier för att behålla en konkurrenskraftig svensk forskning behöver därför ses över. En del av den svenska strategin behöver involvera väl planerade, effektiva och fokuserade satsningar på nationell infrastruktur. Men också aktivt svenskt deltagande i internationella satsningar ska ge inflytande och tillgång till för svenska forskare angelägna verktyg och nätverk. Existerande infrastrukturer täcker viktiga behov men organisationen av nationell infrastruktur kan behöva förändras för att på bästa sätt tillgängliggöra resurser och stödja svensk forskning.

Biobanker, databaser och register

Sverige har fram till nyligen, tillsammans med våra nordiska grannländer, varit ledande inom biobanksområdet. Men den snabba internationella utvecklingen och insikten att samordning av stora datamängder och provsamlingar ger en kraftigt ökad möjlighet att angripa medicinska frågeställningar på ett framgångsrikt sätt har gjort att de nordiska ländernas försprång har krympt.

Det råder fragmentering och bristande samordning av svenska biobanker och tillhörande data på nationell nivå. Bland annat saknas en nationell plan för långsiktig finansiering, samordning och förenklad lagstiftning som stödjer biobankbaserad forskning och användning av databaser och register för forskning. Viktiga initiativ i denna riktning är bildandet av den nationella infrastrukturen BBMRI.se, där samtliga större lärosäten med medicinsk fakultet medverkar, samt arbetet för att skapa en ökad samverkan på nationell nivå mellan forskningens och sjukvårdens biobankverksamheter, en *gemensam svensk biobankstruktur* (GSB). Processer för att effektivisera och öppna upp utnyttjandet av biobanker och register pågår, men mycket återstår att göra. Sverige måste samla och organisera sina resurser för att i förlängningen kunna fortsätta att delta som en viktig spelare i de internationella satsningar som nu påbörjas. Sverige har också biobanker där prover från djur samlas in och sparas för forskning. Dessa provsamlingar ställer delvis andra krav på till exempel de etiska och juridiska områdena men har stor betydelse för biologisk, veterinärmedicinsk och annan medicinsk forskning och bör även kunna samordnas med de humana biobankerna och datastrukturerna.

Det är också centralt att Sverige är med och aktivt påverkar de internationella diskussioner som pågår för att möjliggöra större europeisk samordning och samverkan kring biobanker och register. Bland annat kommer etiska och juridiska frågor att vara viktiga i internationella samarbeten med biologiskt material av olika slag. Med visionen att svensk forskning ska få större lyskraft och delaktighet i utvecklandet av produkter och processer är det nödvändigt att etiska och juridiska frågor hanteras enat inom Europa. Sverige bör genom sitt medlemskap i BBMRI-ERIC bidra med inspel och kompetens.

Behov av nationell infrastruktur för masspektrometri och mikroskopi

Utvecklingen inom bildgivande tekniker för människa och djur har medfört att avancerade biologiska och medicinska frågeställningar kan angripas. Syftet med metoderna är att synliggöra sådant som annars är osynligt för det mänskliga ögat eller som ska kvantifieras. Modern biologisk avbildning kräver oftast digital bildbehandling för analys, lagring och tillhandahållande av data. Biologisk avbildning har därmed kopplingar till bland annat e-infrastruktur, masspektrometri och strukturbologi samt spelar en framträdande roll inom metabolomik och systembiologi.

Masspektrometri omfattar ett antal olika metoder som gör det möjligt att upptäcka och kvantifiera olika typer av biomolekyler samt deras derivat (till exempel modifierade proteiner) i komplexa biologiska prover. Samtliga lärosäten med betydande forskning inom livsvetenskaper behöver täcka sina grundbehov inom masspektrometriska mätmetoder. Utvecklingen inom fältet går enormt snabbt vilket innebär att spetsutrustning och kompetens inte kan finnas på samtliga universitet i landet. I många fall är utrustning och kompetens också mycket specialiserad på vissa typer av prover eller molekyler och bör organiseras inom en distribuerad nationell infrastruktur.

Under 2012 initierade Vetenskapsrådet två enmansutredningar för att undersöka möjligheterna till nationell samordning inom dessa områden, en inom biologisk mikroskopi och en inom biologisk masspektrometri. I båda fallen pekar resultaten på ett stort behov av nationell samordning så att dyr och avancerad teknik kommer svenska forskare från hela landet till del^{22,23}. Samtidigt behöver grundläggande utrustning som är nödvändig för

22 *Nationell samordning av biologisk masspektrometri*, G. Hansson, Vetenskapsrådet, 2014, ISBN: 978-91-7307-229-8

23 *Möjligheter till samordning av mikroskopi inom livsvetenskaperna*, K-E Magnusson, Vetenskapsrådet, 2014, ISBN: 978-91-7307-241-0

att bedriva forskning inom området tillhandahållas på lokal och regional nivå av varje enskilt lärosäte. Det kommer också att skapas nya möjligheter inom dessa fält när anläggningarna MAX IV och ESS kommer på plats. En mycket viktig pusselbit för att utnyttja dessa svenska investeringar kommer att vara att se till att de utnyttjas även av nya användargrupper.

Under hösten 2014 utlyste Vetenskapsrådet riktade bidrag i syfte att samordna några av de mest avancerade utrustningarna vid svenska lärosäten. Det gjordes i två nationella satsningar finansierade av både Vetenskapsrådet och de svenska lärosätena: en inom mikroskopi för livsvetenskaperna och en inom biologisk masspektrometri.

Djurmodeller

Användande av djurmodeller inom biologisk och medicinsk forskning är en viktig men också mycket kostsam och komplicerad verksamhet. Det mesta av detta arbete sker idag i flera svenska forskningslaboratorier utan samverkan sinsemellan. I Sverige finns några universitet som har investerat i relevant utrustning och kompetent personal, till exempel Karolinska institutet som bland annat driver EMMA (European Mouse Mutant Archive) vars uppgift är att frysa biologiskt material från musstammar (främst sperma och embryo). Läkemedelsföretaget AstraZeneca med verksamhet i Sverige har under längre tid genomfört både musfenotypning och farmakologisk fenotypning, som bas för sin läkemedelsutveckling. Det finns också ett flertal andra centra i Sverige där det bedrivs forskning om olika djurmodeller, till exempel husdjur och lantbrukets djur (SLU), sällskapsdjur samt mindre arter som *Drosophila* och *C. elegans*. Denna mångfald är viktig för att tillåta att ett brett spektrum av biologiska och medicinska studier kan genomföras.

Det saknas idag nationell samordning för gemensamma resurser inom området i Sverige, vilket är en stor svaghet.

Behov av e-infrastruktur

Många talar om ett paradigmskifte inom forskningen, som handlar om att man idag och i framtiden i allt högre grad forskar genom att förutsättningslöst samla in stora datamängder som sedan kan användas brett för analyser med hjälp av statistiska metoder och visualisering av data samt modeller och simuleringar. Vidare finns det ett stort behov av att koppla patientdata och kliniska data med genetiska och molekylära nätverk samt tas fram inom grundforskningen, för att utveckla diagnos, prevention och behandling inom fältet "personalized medicine".

Den explosionsartade utvecklingen av stora och komplexa datamängder ställer en rad krav på nya tekniska lösningar och resurser för korrekt och effektiv datahantering. En rapport av Anders Ynnerman kartlägger framtida behov av e-infrastruktur inom olika områden²⁴. Rapporten konstaterar bland annat att det inom livsvetenskaper krävs en rad åtgärder för att få en väl fungerande e-infrastruktur. Befintliga strukturer som Swedstore och Uppmax (SNIC) klarar i nuläget av denna uppgift men expansionen inom området genomik, systembiologi, proteomik, klinisk forskning, strukturbiologi och bildanalys kommer att öka kraven på e-infrastruktur avsevärt. Utmaningarna är framförallt lagring, dataextraktion och datatolkning samt simuleringar och prediktioner av stora datamodeller på nätverk och processer, upp till cell- och kropps nivå. Storskalig datahantering inom livsvetenskaper ställer också krav på säkerhet och integritet för patienter och friska provgivare.

Det behövs en överblick över vilka aktörer som finns och vilka komponenter som behövs nationellt och lokalt, för att utforma adekvat e-infrastruktur till de olika delarna av svensk forskning inom livsvetenskaper.

Trender och tendenser

Utveckling av infrastrukturer för forskning inom livsvetenskaper omformar forskningslandskapet

Vi befinner oss i ett kulturskifte inom livsvetenskaperna där forskargrupper i allt mindre omfattning definieras av den utrustning som de har till sitt förfogande inom det egna eller angränsande laboratorier. Avancerad utrustning samt kompetens att använda den tillgängliggörs i stället genom lokala eller nationella anläggningar och laboratorier. Framöver kommer forskargrupper i stället att definieras av sina idéer och sin förmåga att använda den bäst lämpade utrustningen för att lösa komplexa frågeställningar.

Skiftet till samordning av utrustning inom plattformar samt skapande av nationell infrastruktur är i många fall inte okontroversiellt och betyder att en ny forskningskultur behöver skapas. Vinsten för den enskilda forskargruppen som möjliggörs via infrastrukturinitiativ behöver förmedlas mycket tydligare än det har gjorts tidigare. Det finns idag ett stort antal infrastrukturer avsedda för biologisk och medicinsk forskning både på na-

²⁴ *Science cases for e-infrastructures*, A. Ynnerman, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-240-3

tionell och på internationell nivå. Det stora flertalet av dem är relativt nya eller under uppbyggnad. Detta speglar både en mycket snabb teknisk utveckling under den senaste tioårsperioden, som tillgängliggjort avancerade utrustningar och system med mycket hög prestanda som lämpar sig för att användas av många forskargrupper (till exempel inom avbildning och DNA-sekvensering), men också ett nytt arbetssätt som präglas av tvärvetenskap och gränsöverskridande samarbeten, ofta i internationella kontexter. De frågor forskarna söker besvara är ofta på en nivå som kräver medverkan av många forskargrupper med olika kompetens. Gemensam infrastruktur har erkänts som en naturlig del av forskningslandskapet inom livsvetenskaper. Samtidigt behöver frågor om infrastrukturernas användning och funktion för forskning fortfarande tydliggöras för att optimera användningen. Bland annat handlar det om att forskare ska kunna se till nyttan av gemensamma satsningar och om att kontinuerligt anpassa infrastrukturerna till forskningens behov. Det avgörande för att fungera som nationell infrastruktur är tillgänglighet, kvalitet och kompetens. Det är därför viktigt att kompetensen hos personal vid infrastrukturerna behålls och utvecklas. Akademiska infrastrukturer bör utvärderas när kommersiella aktörer kan ta över. Utbildning och kommunikation kommer att bli viktiga komponenter i det nationella ansvaret.

Trenden mot nationell samverkan och storskaliga initiativ är också tydlig genom de mycket stora nationella resurser som fördelas till infrastrukturinitiativ på enskilda lärosäten och orter inom olika områden. Exempel på sådana satsningar är European Spallation Source (ESS), MAX IV i Lund och inom livsvetenskaper uppbyggnaden av SciLifeLab i Uppsala-Stockholmsregionen. Dessa och liknande anläggningar kommer att möjliggöra strukturstudier på molekylär och atomär nivå i biologiska material. Nya möjligheter kommer att erbjudas för studier av proteindynamik, biologisk avbildning, studier av ytor såsom membraner och andra bioaktiva ytor samt av komplex i lösning, till exempel protoner och vattenmolekyler i enzyms "active site". Detta innebär nya möjligheter att förstå bakomliggande biologiska processer och ger ökade möjligheter att ta fram fungerande läkemedel (se text om dessa tekniker i avsnittet om materialvetenskap).

Detta är viktiga initiativ för att stärka svensk forskning och det är angeläget att denna typ av stora satsningar verkligen kommer till nytta för forskare från hela landet för att avvärja en utarmning av kompetens och utbildning på orter som inte är direkta mottagare av satsningarna. En bibehållen spridning av kompetens är central för återväxt och diversitet inom grundforskningen. Detta är avgörande för att säkra framtida forskning och forskningsmiljöer. Ett sätt att åstadkomma nationell nytta som pågår vid

SciLifeLab är att bygga upp satellitverksamheter på flera orter i anslutning till de nationella satsningarna. Samverkan mellan nationell infrastruktur som finansieras av olika finansörer behöver också stärkas och gränsdragningen mellan infrastruktur och forskning tydliggöras för att säkerställa att resurser fördelas på ett transparent sätt och för forskningens bästa.

Det kommer att vara av stor betydelse att belysa vilken inverkan de pågående och planerade forskningsinitiativen kommer att innebära för Sveriges framtida forskningslandskap.

En liknande utveckling mot samverkan och storskalighet sker på internationell nivå och det är viktigt att Sverige stärker sitt deltagande och stöd i de europeiska samarbeten som finns inom livsvetenskaper. Idag är Sveriges insyn begränsad till ett fåtal europeiska infrastrukturprojekt inom livsvetenskaper.

Forskning inom livsvetenskaper är ofta translationell, det vill säga handlar om att överföra ny kunskap till åtgärder för att förbättra hälso- och sjukvården. Forskningen karakteriseras av mångvetenskapliga samarbeten nationellt och internationellt vilket gör den beroende av de europeiska nätverk och infrastrukturer som nu byggs upp, till stor del inom ESFRI. Detta behöver stödjas på strategisk nivå. Det nationella stödet till infrastrukturer som uttalat arbetar med translationell forskning behöver ses över och Sverige bör också noga följa och söka påverka utvecklingen av europeiska organisationer inom livsvetenskaper av translationell art (till exempel EA-TRIS, ECRIN och ISBE). Detta ger, utöver kompetens och nätverk, även ökad insikt och påverkansgrad i utlysningar inom Horisont 2020 och framtida ramprogram för denna typ av forskning.

Användning av djur och särskilt genmodifierade djur ökar kraftigt. Detta medför stora underhållskostnader. En katalogisering och infrysning av stammar kommer dels att minska underhållskostnaderna, eftersom djur som inte används fryses undan tills nya frågeställningar dyker upp, dels säkra tillgången till specifika djurstammar.

Koordinering av områden och infrastrukturer

En konsekvens av den ökade förståelsen av komplexa biologiska system och möjligheten att samanalysera en ökande mängd data, är framväxten av nya breda och komplexa forskningsområden. Translationell forskning bygger på kunskap inom flera olika mer traditionella forskningsområden och driver forskningsfronten framåt, både genom att de genererar nytänkande inom grundforskning och genom att fungera som en motor för att omsätta nya rön i förbättrad hälso- och sjukvård. Dessa områden ställer i samtliga fall

krav på en ökad koordinering av flera olika infrastrukturer. Exempel på sådana områden är metabolomik och systembiologi. Nedan följer en beskrivning av dessa framväxande områden och den infrastruktur som de berör.

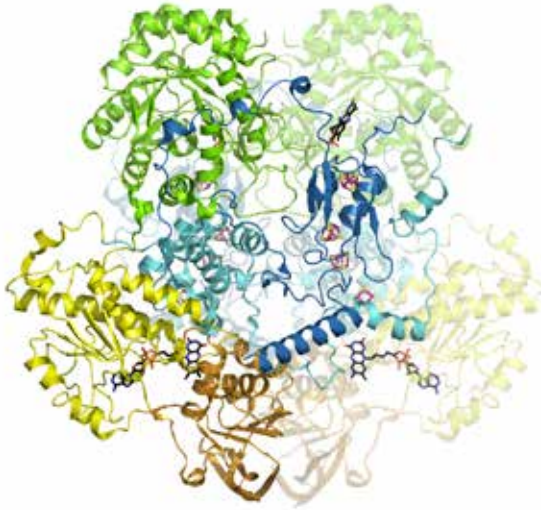
Metabolomik omfattar detektion och kvantifiering av metaboliter i cellextrakt eller levande celler genom ett antal metoder/instrument som är del av andra plattformar/infrastrukturer: masspektrometri, biologisk avbildning, NMR, samt bioinformatik och systembiologi. Idag finns inom området två plattformar som har stöd av KAW:

- Swedish Metabolomics Centre SMC koordineras av Umeå universitet och i centret ingår även Sveriges Lantbruksuniversitet, Göteborgs universitet samt Chalmers. Centret har fokus på olika MS-metoder och stor vikt på provbehandling (till exempel med hjälp av vätskekromatografi and gaskromatografi), samt dataanalys. NMR-centret vid Göteborgs universitet ingår i SMC och utför analyser med olika NMR-instrument. Traditionellt ligger mycket fokus på växtforskning (Umeå plant science center). Chalmers del innefattar även bioinformatik och framförallt modellering och systembiologi.
- National Center for Imaging Mass Spectrometry NCIMS använder masspektrometri för avbildning och undersöker i första hand lipider. Centret är placerat vid Göteborgs universitet och Chalmers med en nod i Uppsala och är världsledande med sitt fokus på neurobiologi och medicinska frågeställningar. Centret har idag karaktär av ett forskningsnätverk snarare än den av en infrastruktur. Dessa plattformar skulle med fördel kunna integreras inom andra infrastrukturer. Ett kunskapskluster rekommenderas inom metabolomik som guidar potentiella användare till teknik och infrastruktur som är lämplig i den relevanta frågeställningen.

Systembiologi använder matematiska modeller för att förklara experimentella data, generera nya hypoteser som sedan ska testas genom experiment och simulera experiment eller behandlingar innan de genomförs i realitet. Modeller, simulering och prediktion förväntas bli några av de viktigaste verktygen till diagnos och behandling av sjukdomar, utveckling av nya behandlingsmetoder, biologisk grundforskning samt bioteknologi och ekologi. Behovet av tillgång till kompetens och verktyg kommer att växa avsevärt de kommande åren.

Vetenskapsrådet stödjer planering av infrastrukturen SILS (Systems Biology Infrastructure for the Life Sciences). Det finns gemensamma gränssytor mellan bioinformatik och systembiologi och en sannolik utveckling är att

systembiologistödet organiseras inom en infrastruktur för beräkningsbiologi under samma paraply tillsammans med BILS och WABI. Dimensionering av den nya organisationen ska definieras i samband med ansökningsprocessen 2015. Fältet beräkningsbiologi ligger mycket nära e-vetenskap och därför finns redan idag nära samarbete med SNIC. Kopplingarna mellan e-vetenskap, bioinformatik och systembiologi kommer att öka framöver.



Tredimensionella strukturen hos dihydropyrimidin dehydrogenase. Bild: Centre of Cellular Imaging i Göteborg, courtesy of Doreen Dobritzsch and Gunter Schneider.

Rekommendationer 2015-2020

En starkt tvärvetenskaplig diskussion och analys

Infrastrukturerna inom livsvetenskaper behöver sinsemellan definiera samverkan och föra en kontinuerlig dialog. En gemensam syn på utvecklingen och vetenskapliga mål kan skapa ett oerhört mervärde för svensk forskning. Samverkan mellan finansiärer av nationell infrastruktur behöver också stärkas och gränsdragningen mellan infrastruktur och forskning tydliggöras för att säkerställa att resurser fördelas på ett transparent sätt och för forskningen bästa.

Förnyelse, utveckling och avveckling av infrastrukturer bör stödjas

Eftersom den tekniska utvecklingen och forskningens behov av infrastruktur är dynamisk och avhängig den globala utvecklingen, behöver de infrastrukturer som byggs upp utformas för att bejaka och följa med i denna utveckling. Detta handlar till exempel om att löpande tillföra noder med nya profiler och att avveckla noder som inte längre är efterfrågade inom nationella infrastrukturer. Det handlar också om att medvetet avväga när nationella satsningar är motiverade och när det är mer fördelaktigt att utnyttja internationella infrastrukturer. De system som driver denna utveckling och olika aktörers roller i en sådan process behöver vara tydliga. Principer för tillgång till infrastruktur för biologisk och medicinsk forskning och hur användningen ska finansieras behöver också utvecklas. Lärosätena behöver effektiva strategier när det gäller finansiering av den lokala (icke nationella) utrustningen för att säkerställa högkvalitativ externt finansierad grundforskning.

Betydelsen av infrastruktur för den hypotes- och idédrivna forskningen ökar inom livsvetenskaper. Tillgång till dessa infrastrukturer som i många fall är nya satsningar kan vara avgörande för att forskare från hela landet ska kunna bedriva spetsforskning och möjligheterna behöver kommuniceras och synliggöras betydligt bättre så att de kommer forskarsamhället till nytta på bästa sätt. En del av informationen behöver utformas som utbildning, särskilt på forskarnivå, om vad infrastrukturerna erbjuder och hur forskare kan utnyttja dessa resurser. Vinsten för den enskilda forskargruppen som skapas via infrastrukturinitiativ behöver förmedlas mycket tydligare än det har gjorts tidigare.

Detta kulturskifte har konsekvenser på olika nivåer: forskningsplanering i ansökningar, budgetering, bedömning av forskningsansökningar, utbildning och träning. Vetenskapsrådet tillsammans med universiteten och stora infrastrukturer är alla viktiga aktörer i skapandet av det nya forskningslandskapet.

Stärkt svenskt deltagande i Europa

Sveriges deltagande i internationella samarbeten behöver stärkas genom att etablera en transparent och effektiv nationell process för omvärldsanalys. Några av de samarbeten som skapas genom ESFRI är potentiellt mycket värdefulla för att ge svenska forskare nödvändiga verktyg, nya kontakter och nätverk, utan att Sverige behöver satsa stora nationella resurser. Det gäller att välja vilka sammanhang som vi bör medverka i och för dessa krävs en löpande information och svensk påverkan.

Ett fortsatt arbete med att uppnå nationell samordning av biobanker och register

Utvecklingen mot en tydlig struktur där olika nationella aktörer samlar in, hanterar och distribuerar biologiska prover och data behöver fortsätta. När det gäller biobanker sker en samordning på nationell nivå av system för hantering av biobanker (prover och data) mellan sjukvård och forskning.

En stor utmaning för framtiden är koppling och integration av olika typer av data: att koppla patientdata med genetiska och molekylära data från grundforskningen för att utveckla diagnos, prevention och behandling inom fältet individanpassad medicin ("personalized medicine"). Detta ligger i ett gränsområde mellan e-vetenskap, bioinformatik och systembiologi. De olika aktörerna behöver samverka på ett strukturerat och långsiktigt sätt. Detta kräver också integritetssäkra tekniska, etiska och juridiska lösningar. Här finns en tydlig koppling till infrastruktur i form av databaser och register för all folkhälsa och samhällskunskap samt den allmänna framtida strukturen för e-infrastruktur (e-vetenskap).

Användning av MAX IV, XFEL och ESS inom livsvetenskaper

De stora anläggningar för synkrotronljus-, frielektronlaser- och neutronspidningsbaserad forskning som Sverige nu investerar i är av stor betydelse för framtida forskning inom livsvetenskaper. Redan idag finns det användargrupper inom till exempel strukturbologi som är helt beroende av dessa verktyg och potentialen för nya typer av användning bör utnyttjas fullt ut. Detta kommer att kräva nya engagemang, avancerad teknisk support och utbildningsinsatser både vid anläggningarna i fråga och vid landets lärosäten för att ge svenska forskare den information och de kontakter som behövs för att vidareutveckla deras användning av dessa tekniker.

Samordning av utrustning och kompetens för forskning på djurmodeller

Ett fortsatt arbete för en ökad nationell samordning inom området djurmodeller och fenotypning av djurmodeller kommer att vara viktigt. Bland annat behövs en överblick över de resurser som hittills byggts upp i Sverige och mer kunskap om hur en samordning på nationell nivå kan öka mervärdet av dessa. Tillgång till en infrastruktur för fenotypning av möss och för lagring och distribution av genetiskt modifierade musstammar skulle till exempel kunna utgöra en effektivisering och kraftsamling inom detta område. Ett svenskt medlemskap i den Europeiska infrastrukturen Infrafrontier behö-

ver övervägas. Också andra djurmodeller är viktiga inom medicinsk forskning. Sverige behöver stödja och utveckla en nationell samordning inom djurmodeller så att viktiga resurser och ny kunskap tillgängliggörs för hälso- och sjukvård.

Kraftigt ökat stöd till e-infrastruktur för livsvetenskaper

Den snabbt växande mängden data inom livsvetenskaper samt de integritetsfrågor som behöver hanteras för persondata, kräver nya tekniska lösningar och resurser så att hantering av data inte utgör en flaskhals utan blir en synlig och prioriterad del i forskningslandskapet. Ett väl fungerande system, som involverar alla nödvändiga delar, såsom kopplade och tillgängliga databaser, rätt kompetens, en tydlig lagstiftning för hantering av persondata med mera, inbegriper ett delat ansvar. Det delade ansvaret rör både de infrastrukturer som stödjer forskningen, finansiärer och lagstiftare och de som sätter ramarna för forskningen, samt de forskare och institutioner som är användare av infrastrukturerna.

Beskrivning av området

E-vetenskap är ett område som bygger på användning av hårdvara (datorer och nätverk), mjukvara och människors sakkunskap för att möjliggöra vetenskapliga upptäckter. E-vetenskapens metoder inkluderar databehandling och analys av data från olika källor, såsom simuleringar, experimentella data, observationer och olika databaser. E-vetenskap har till stor del uppstått ur vetenskapliga fält med en lång tradition av storskaliga beräkningar och dataanalys, men sprids nu också snabbt inom flertalet naturvetenskapliga ämnen, teknikvetenskap och även inom medicin, samhällsvetenskap och humaniora. I takt med att e-vetenskapen blir en förutsättning för allt fler vetenskapliga fält kommer den sannolikt att förändra det vetenskapliga arbetssättet i grunden. Ett exempel på detta är att metoder för simulering och visualisering efterfrågas av forskare inom många olika vetenskapliga fält. Ett annat exempel är den pågående utvecklingen mot dataintensiv och datadriven forskning som driver utvecklingen av nya arbetssätt, vilket beskrivs i rapporten "Swedish science cases for e-infrastructures"²⁵.

E-vetenskapens betydelse har i viss mån erkänts även på politisk nivå och när regeringen avsatte pengar till strategiska forskningsområden 2008 så var e-vetenskapen ett av dessa områden. Det resulterade i två nationella e-vetenskapliga centra: eSENCE och SeRC där flera stora universitet ingår. Ytterligare initiativ inom e-vetenskap återfinns vid lärosäten som inte ingår i eSENCE och SeRC, och många forskare använder sig också av e-vetenskapliga verktyg utan att benämna dem som sådana.

I en bredare definition av e-vetenskap behöver den inte nödvändigtvis vara baserad på storskaliga datorresurser, och det är viktigt att vara inkluderande i definitionen av e-vetenskaplig verksamhet. Vetenskapligt arbete av hög kvalitet kan bedrivas på både små och stora digitala plattformar, och forskningsprojekt använder sig ofta av olika typer av verktyg i olika projektfaser. Här beskrivs olika typer av användare, användning och behov av e-vetenskapliga verktyg och e-infrastrukturer. Tonvikten ligger emellertid på användare som behöver mycket stora datorresurser, nätverk och tillhörande tjänster, eftersom de användarna fortfarande är tongivande.

De datornätverk, datorresurser och vetenskapliga databaser som e-veten-

²⁵ *Science cases for e-infrastructures*, A. Ynnerman, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-240-3

skapen bygger på utgör en särskild grupp av forskningsinfrastrukturer. Kollektivt kallas de ofta för elektroniska infrastrukturer eller e-infrastrukturer. Följaktligen är definitionen av e-infrastruktur i detta dokument en infrastruktur som innehåller följande nationellt tillgängliga resurser:

- digitalt baserad teknik (hårdvara och mjukvara),
- resurser (data, tjänster, digitala bibliotek),
- kommunikation (protokoll, åtkomstbehörighet och nätverk),
- människor och organisatoriska strukturer som behövs för att stödja internationellt ledande forskning, som använder e-infrastrukturer inom alla vetenskapliga fält, och
- kombinationen och samverkan av samtliga av ovanstående, samt underlättande av tillgång till resurser och tjänster i andra nationella eller internationella e-infrastrukturer.

Notera att den här definitionen av e-infrastruktur även innefattar den mänskliga expertisen (som här benämns *avancerat användarstöd tillhandahållen av experter inom e-vetenskap*) som stödjer forskare i deras användning av e-infrastrukturer och e-vetenskapliga metoder. Expertisen arbetar också med att utveckla, anpassa, underhålla och driva hårdvaru- och mjukvarusystemen.

Användarna av e-infrastrukturer omfattar allt från enskilda forskare och forskningsprojekt till större forskargrupperingar och forskningsinfrastrukturer, och fordrar följaktligen ett brett urval av olika system och resurser. E-infrastrukturer kan användas inom alla vetenskapliga fält och de är en ofta en nödvändig förutsättning både för många forskningsprojekt och för effektiv användning av andra infrastrukturer. E-infrastrukturer är sällan lika synliga som experimentella infrastrukturer, men de är hörnstenar i forskningssystemet eftersom de tillhandahåller tekniska lösningar, verktyg och kompetens som kan lyfta både den breda basen och spjutspetsen inom svensk forskning.

Infrastruktur som finansieras av Vetenskapsrådet

EGI

EGI (en europeisk gridinfrastruktur) syftar till att stödja europeiska infrastrukturer och forskarsgrupperingar genom att tillhandahålla globala e-infrastrukturer. Organisationen har hittills fokuserat främst på forskargrupperingar inom högenergifysik med koppling till LHC. SNIC företräder Vetenskapsrådet i EGI och deltar som partner i de EU-projekt där EGI ingår.

EUDAT

EUDAT är ett EU-projekt som syftar till att planera och bygga en sammanhållen infrastruktur som hjälper forskare, forskargrupperingar och infrastrukturer i Europa med hantering och tillgängliggörande av data. SNIC är svensk deltagare i EUDAT.

NeIC

NeIC är ett nordiskt initiativ som syftar till att underlätta och stödja utvecklingen av gemensamma e-infrastrukturlösningar för nordiska forskargrupperingar. NeIC etablerades år 2012 och är organisatoriskt en del av Nordforsk. Samarbetet inleddes redan 2003 i form av pilotprojektet Nordiska datagrid-faciliteten (NDGF) som resulterade i framtagandet och implementeringen av den första, och enda, distribuerade Tier-1-tjänsten inom WLCG-samarbetet. Utöver kärnverksamheten med det nordiska Tier-1-samarbetet har NeIC:s verksamhet gradvis utökats till att omfatta fler vetenskapliga fält. Hittills har NeIC startat aktiviteter inom två nya områden, livsvetenskaper och medicin, samt generiska tjänster inom e-infrastruktur. Syftet med dessa är att bidra till att skapa nya, gemensamma e-infrastrukturer för de nordiska forskargrupperingar som kan vinna på kollektiva lösningar.

NeIC finansieras gemensamt av Nordforsk och de fem nordiska länderna genom Vetenskapsrådet, Norges forskningsråd, Finlands Akademi, Danish e-infrastructure Cooperation (danska samarbetet för e-infrastruktur) och RHnet (isländska nätverket för universitetsforskning).

NORDUnet

NORDUnet är ett samarbete mellan de nordiska nationella forsknings- och utbildningsnätverken, eller NREN-nätverken (National Education and Research Networks), i Norge (UNINETT), Danmark (DeiC), Finland (Funet), Island (RHnet) och Sverige (SUNET). NORDUnet driver en nordisk och internationell nätverks- och e-infrastruktur-tjänst av hög klass som betjänar den nordiska forskar- och utbildningsvärlden. Genom att samarbeta via NORDUnet uppnår nordiska NREN-nätverk kostnadseffektiva internationella förbindelser, samt ökat inflytande i de organisationer som bestämmer över utvecklingen av internationella nätverkstopologier och teknikplattformar. NORDUnet bevakar internationella aktiviteter och utvecklingsprojekt inom nätverksforskning och samordnar det nordiska deltagandet i dessa projekt, bland annat GÉANT₃-projektet. NORDUnet verkar även som den nordiska representanten gentemot DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe), den organisation som driver GÉANT₃ och andra europeiska nätverksprojekt.

NORDUnet är resultatet av ett nordiskt samarbete som finansierades av Nordiska rådet under 1980-talet. Samarbetet formaliserades år 1989 och NORDUnet etablerades som ett aktieföretag år 1995.

PRACE

PRACE (Partnerskap för avancerade beräkningar i Europa) är en europeisk infrastruktur vars syfte är att stödja vetenskapliga upptäckter, teknisk forskning och utveckling med stor genomslagskraft tvärs över alla vetenskapsgrenar. För att uppnå detta strävar PRACE efter att erbjuda högpresterande beräknings- och datahanteringsresurser och -tjänster av hög kvalitet. PRACE strävar även efter att stärka de industriella användarna av high-performance computing (HPC) genom olika initiativ. All verksamhet syftar i förlängningen till att stärka Europas konkurrenskraft och användarna tilldelas resurser efter en vetenskaplig bedömning.

PRACE består av 25 medlemsländer och är organiserat som en internationell ideell förening med säte i Bryssel. De datorsystem som är åtkomliga genom PRACE tillhandahålls av fyra stora medlemsländer (BSC representerar Spanien, CINECA representerar Italien, GCS representerar Tyskland och GENCI representerar Frankrike), som har avsatt sammanlagt 400 miljoner euro till PRACE-system och -verksamhet. Sveriges medlemskap i PRACE innebär att svenska forskare har möjlighet att ansöka om åtkomst till dessa system. Den nuvarande finansieringsperioden för PRACE avslutas år 2015. Det pågår intensiva diskussioner på europeisk nivå om hur samarbetet ska gå vidare.

SNIC är den svenska partnern inom PRACE och som sådan har SNIC tagit initiativ till en supporttjänst som hjälper svenska forskargrupper med att använda de massivt parallella PRACE-datorerna.

SNIC

SNIC (Swedish National Infrastructure for Computing) erbjuder nationella HPC-resurser (högprestandadatorer) och datalagring för akademisk forskning i Sverige. Huvudkontoret, som ansvarar för strategi och budget, är inhyst vid Uppsala universitet och samordnar de resurser och tjänster som tillhandahålls av sex distribuerade datorcentra. Från norr till söder är dessa center HPC2N vid Umeå universitet, UPPMAX vid Uppsala universitet, PDC vid Kungliga tekniska högskolan, NSC vid Linköpings universitet, C2SE vid Chalmers tekniska högskola och Lunarc vid Lunds universitet. De HPC-resurser som finns tillgängliga inom SNIC spänner från det som traditionellt kallas för superdatorer till datorkluster i standardutförande. Nationellt tillgängliga lagringsresurser tillhandahålls inom SNIC genom Swestore-projektet. Swestore används för lagring på kort och medellång sikt och även för att göra data tillgängliga för andra forskare, antingen öppet eller enligt överenskomna begränsningar. Några vetenskapliga fält som är stora användare av Swestore är klimat-, miljö- och livsvetenskaperna samt högenergifysik (genom WLCG). Forskningsprojekt ansöker om datortid och lagringsresurser hos SNIC och bedöms då efter vetenskapliga meriter och teknisk genomförbarhet.

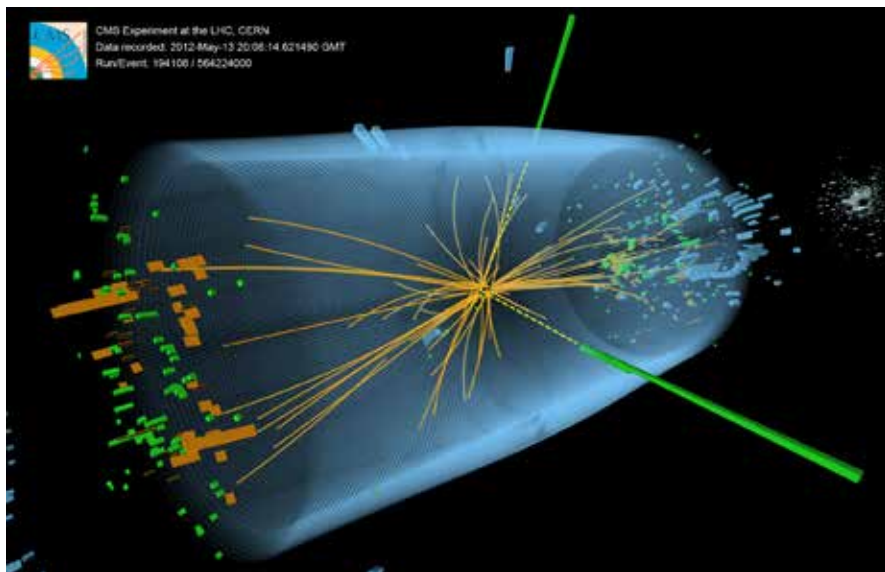
Utöver hårdvaruresurser, samordnar SNIC även vissa typer av avancerat användarstöd som tillhandahålls av experter inom e-vetenskap. De erbjuder expertkunskap och support avseende SNIC:s hårdvara, samt stöd till svenska forskare som använder PRACE-resurser.

SUNET

Kommunikationsnätverk är en viktig typ av e-infrastruktur. SUNET (Svenska universitetsnätverket) betjänar de anslutna lärosätena (och organisationerna) genom att tillhandahålla en infrastruktur för nationell och internationell datakommunikation, samt en rad relaterade tjänster. Alltsedan SUNET grundades på 1980-talet har organisationen möjliggjort för svenska forskare att få tillgång till andra nationella och internationella e-infrastrukturer och deras tillhörande resurser och tjänster. Vidare tillhandahåller SUNET tjänster för olika former av elektroniskt samarbete, till exempel videokonferenser.

Den nuvarande implementeringen av SUNET kallas för OptoSUNET och bygger på redundanta och varierade anslutningar på 10 Gbit/s till alla större svenska lärosäten. OptoSUNET är även anslutet till internationella nätverk och ger på så vis svenska forskare tillgång till internationella samarbeten. Utöver vanlig nätverksåtkomst med routrar, kan OptoSUNET tillhandahålla punkt-till-punkt-förbindelser för att överföra stora datamängder direkt mellan två punkter genom en våglängdstjänst. Denna tjänst får allt större betydelse för stora e-vetenskapliga projekt och infrastrukturer.

SUNET ligger organisatoriskt inom Vetenskapsrådet sedan 2001 och har en finansiell modell som skiljer sig från alla andra infrastrukturer. Vetenskapsrådet mottar öronmärkt finansiering för SUNET:s verksamhet och SUNET har även sin egen instruktion från Utbildningsdepartementet.



Data från CMS-experimentet vid CERN. Bild: © 2013 CERN, for the benefit of the CMS Collaboration. Image credit: Thomas McCauley and Lucas Taylor.

WLCG

WLCG (Den världsomspännande LHC-beräkningsgriden) är en distribuerad beräkningsinfrastruktur som tillhandahåller produktions- och analysmiljöer för experimenten vid LHC (Large Hadron Collider) på CERN. WLCG drivs genom ett internationellt samarbete mellan experimenten och de datacenter som deltar. Datoresurserna är fördelade över hela värl-

den, både av finansieringsrelaterade och sociologiska skäl. I nuläget består WLCG av över 170 datacenter i 36 länder som gemensamt arbetar med att bearbeta, analysera och lagra data som produceras av LHC, samt att göra data tillgängliga för alla partner oavsett var de befinner sig geografiskt.

WLCG är idag världens största beräkningsgrid. Tekniskt sett är WLCG organiserat i fyra nivåer, så kallade "Tiers" (skikt eller lager) som benämns Tier-0, Tier-1, Tier-2 och Tier-3. Tillsammans bearbetar, lagrar och analyserar de här Tier-centren alla data från experimenten vid LHC. Tier-0 är datacentret vid CERN (med en utbyggnad i vid datacentret i Budapest) medan Tier-1-centren är stora datacenter som tillhandahåller en stor del av rådata och rekonstruerade data, samt ger dygnet-runt-stöd för griden. Tier-2 är nationella och Tier-3 regionala eller lokala datorcentra. NeIC driver en nordisk Tier-1-tjänst, som är ett av de 12 Tier-1-centren.

Beskrivning av möjlig ny infrastruktur

Starkare integration mellan nationella e-vetenskapscentra och e-infrastrukturer

Sverige har under lång tid gjort stora satsningar på beräkningsinfrastruktur och nätverk, och under senare år har även andra typer av e-infrastrukturer tillkommit. Utöver dessa finns också starka nationella e-vetenskapscentra som står för en stor del av utvecklingen av algoritmer, mjukvara med mera. Sådana centra är ofta naturliga samarbetspartners för e-infrastrukturer, andra infrastrukturer och forskare. Tillsammans omfattar e-infrastrukturer och övrig verksamhet inom e-vetenskap en mängd olika aktiviteter som stödjer allt fler forskningsområden med olika förkunskaper, förväntningar och krav. Användare kan vara såväl forskare och forskargrupper som infrastrukturer. Den stora utmaningen för kommande år blir att förena de många parallella initiativen inom e-vetenskap, inklusive e-infrastruktur, till en sammanhängande verksamhet som kan tillhandahålla e-vetenskapliga verktyg och tjänster till sina användare. En del i utmaningen är att tillhandahålla en stabil och förutsägbar verksamhet som samtidigt är agil och har potential att förändra sig utifrån användarnas behov. För att nå dit och säkerställa en optimal utveckling krävs en gemensam agenda och ökad samordning.

I ljuset av ovanstående, och den snabba förändring som pågår, har Vetenskapsrådet bjudit in professor Ynnerman²⁶ för att ge vägledning om framtida

26 Presentation av A.Ynnerman för Vetenskapsrådets styrelse, dnr 811-2013-100

utveckling av svensk verksamhet inom e-vetenskap och e-infrastrukturer. Detta har lett till en diskussion om att införliva e-infrastrukturer och nationella e-vetenskapliga centra under ett gemensamt paraply för att uppnå den eftersträlvade högre graden av samordning och synergier. En ny paraplyorganisation måste emellertid vara förankrad hos de berörda parterna och framför allt på lärosätena. Det faller sig därför naturligt att en dialog om detta förs i samband med implementeringen av den nya modellen för prioritering och finansiering av nationell forskningsinfrastruktur. För att få en helhetssyn bör den diskussionen ta hänsyn till alla e-infrastrukturer, inklusive nätverk, lagring, HPC-resurser, databaser, tillgängliggörande av data och avancerad användarsupport.

Styrkor och svagheter

E-infrastrukturernas hårdvarukomponenter

Sverige har en väletablerad kärna av e-vetenskaplig infrastruktur med nätverk, storskalig datorinfrastruktur och datalagring. SUNET tillhandahåller välutvecklad och effektiv nationell och internationell datakommunikation genom sina nätverk och tjänster. Den tillförlitliga förbindelsen utgör en nödvändig grundstomme för såväl forskning som utbildning. SUNET har en särskild instruktion och öronmärkt finansiering från Utbildningsdepartementet, något som ger SUNET en stark ställning. En svaghet är dock att användardialogen kring utvecklingen av tjänster ibland har varit begränsad. SNIC erbjuder HPC-resurser som generellt framstår som kraftfulla i internationell jämförelse, såväl avseende hårdvara som teknisk kompetens. Lagring på kort och medellång sikt tillhandahålls av Swestore (inom SNIC), och även om många användare är nöjda med tjänsten hotar lagring att snabbt bli en flaskhals för både forskningsprojekt och infrastrukturer. En betydande svaghet idag är bristen på e-infrastruktur för att hantera den snabbt tilltagande andelen känsliga data från humanprover. I en rapport från SNIC²⁷ 2014 uppskattas att upp till 80 procent av all data inom genetik, biomedicinsk utbildning och strukturbiologi kommer från prover från människa. Analys och lagring av sådana data ska ske i enlighet med personuppgiftslagen (SFS 1998:204) vilket ställer ökade säkerhetskrav på såväl utrustning som drift. Etableringen av ett huvudkontor för SNIC i Uppsala

27 Uppdrag till SNIC avseende kartläggning av andra infrastrukturers behov av storskaliga datorresurser för beräkning och lagring, Vetenskapsrådet dnr 823-2014-7381

(2012) har lett till ökad samordning av verksamheten vilket är positivt. Men utvecklingen måste fortsätta för att SNIC ska kunna säkerställa effektiv resursanvändning och åtkomst för användare.

Det finns också ett mindre antal etablerade eller framväxande nationella e-infrastrukturer för hantering och tillgängliggörande av data, däribland inom samhällsvetenskap och humaniora (SND), klimat- och miljövetenskap (ECDS), livsvetenskaperna (BILS) och biologisk mångfald (GBIF, LifeWatch). Det är en svaghet att det saknas en sammanhängande nationell e-infrastruktur för hantering och tillgängliggörande av data.

Samordning mellan e-infrastrukturer och andra forskningsinfrastrukturer

De senaste åren har nationella e-infrastrukturer byggts ut på ett framgångsrikt sätt, och de enskilda komponenterna är generellt starka. Emellertid har den nuvarande fragmenteringen, och ett alltför svagt inflytande från användarna, hindrat e-infrastrukturerna från att nå sin fulla potential. Avsaknaden av sammanhängande nationell e-infrastruktur är ett problem för både infrastrukturer och forskare. För att bygga upp en produktionsmiljö med lagring, användaråtkomst, användargränssnitt och analysresurser behövs interaktion med ett flertal e-infrastrukturer. Ur användarens synvinkel skulle det vara mycket enklare att samla alla tjänster på ett och samma ställe. Detta gäller även på internationell nivå.

Många experimentella infrastrukturer har betydande behov av e-infrastruktur, men det saknas en praxis för att prioritera dem och exempelvis SNIC har idag svårt att prioritera mellan behoven på ett bra sätt. Det är en allvarlig svaghet i systemet då många infrastrukturer är helt beroende av stödjande e-infrastruktur för sin verksamhet, vilket behöver bli tydligare vid planering och budgetering av infrastrukturer.

Situationen ser något annorlunda ut för nätverk och tillhörande tjänster som tillhandahålls av SUNET eftersom användarna (universitet, stora forskargrupper eller andra forskningsinfrastrukturer) i regel köper de tjänster som de behöver.

En annan aspekt på experimentella infrastrukturer är att de i regel genererar stora datamängder som leder till ny forskning, och då krävs stödjande e-infrastruktur för att analysera experimenten.

Avancerat användarstöd som tillhandahålls av experter inom e-vetenskap

Experter inom e-vetenskap kan tillhandahålla kunskap inom beräkningar, programmering, dataanalys, algoritmutveckling och visualisering till andra forskare. Den här typen av avancerat användarstöd har stor potential att stärka svensk forskning inom alla vetenskapliga fält. Den tekniska tröskeln är ofta hög för nya användare som vill börja använda e-vetenskapliga verktyg och e-infrastrukturer. Det har talat för en omfattande satsning på avancerat användarstöd och utbildning, samt utveckling av användarvänliga gränssnitt och onlinesupport.

Två huvudtyper av avancerat användarstöd inom e-vetenskap har vuxit fram: generiska experter med fokus på support nära hårdvaran och/eller om generella tekniker, samt områdesspecifika experter som arbetar närmare respektive forskningsfält. En uppenbar svaghet idag är bristen på samordning och den oklara uppdelningen av ansvar mellan de organisationer som tillhandahåller avancerat användarstöd. Experter inom e-vetenskap kan idag vara anställda vid e-infrastrukturer som erbjuder antingen avancerat användarstöd (exempelvis BILS och WABI) eller hårdvara (SNIC), inom nationella e-vetenskapscentra eller i en forskargrupp. Ett annat problem är bristen på områdesspecifika tillämpningsexperter inom många vetenskapliga fält.

Ett vanligt bekymmer för alla typer av experter inom e-vetenskap som ger avancerat användarstöd är bristen på långsiktig finansiering och attraktiva karriärvägar. Dessa personer bedriver sällan egen forskning, utan fungerar i stället som nyckelpersoner genom att tillhandahålla verktyg och kunskaper som gör det möjligt för andra forskare att ägna sig åt framgångsrik forskning. De är avgörande för forskningssystemet och det är därför mycket viktigt att de motiveras att stanna inom akademien.

Utbildningsklyftan – behovet av att utbilda en ny generation

Programmering, databehandling och dataanalys har länge varit centrala delar i vissa vetenskapliga fält. Med den snabba utvecklingen av storskaliga experimentella tekniker har behovet av e-vetenskaplig kompetens ökat dramatiskt också inom nya vetenskapliga fält. I takt med att tillgängliggörande av forskningsdata blir vanligare krävs dessutom ytterligare kunskaper om hantering, dokumentering och bevarande av data.

Experter inom e-vetenskap varken kan eller ska ge stöd på alla nivåer, utan snarare fokusera på avancerat stöd och utveckling. Det är därför mycket viktigt att parallellt satsa på utbildning och träning för forskare på alla nivåer, för att sluta den utbildningsklyfta som annars kommer att hindra dem från

att använda e-vetenskapliga verktyg och e-infrastrukturer. Lärosätena har en viktig roll i att tillhandahålla kurser för aktiva forskare samt i att utbilda nästa generations datadrivna forskare. Det här börjar visserligen ske, men det långsamma tempot är en allvarlig svaghet i dagens forskningssystem.

Internationell närvaro

Svenska forskare har med framgång fått tillgång till europeiska HPC-resurser och bidragit till uppbyggnaden av europeiska och internationella e-infrastrukturer. Detta är en potentiell drivkraft även för nationell utveckling, till exempel genom kunskapsöverföring. Många framväxande ESFRI-projekt har fokus på olika aspekter av data, vilket bör kunna stärka svensk forskning genom att forskarna enklare får tillgång till värdefulla data. Ett vanligt bekymmer är emellertid att Sverige sällan leder utvecklingen i internationella samarbeten, utan snarare bidrar till att genomföra fattade beslut. På så vis kan beroendet av internationella politiska processer ibland begränsa Vetenskapsrådets möjligheter att självständigt välja vilka e-infrastrukturer och tekniker som ska stödjas nationellt.

Finansiellt stöd för generiska verktyg och tekniska lösningar

Idag finns begränsade möjligheter för forskare att söka bidrag för att utveckla och underhålla generiska tekniska lösningar, såsom populära underliggande teknikkomponenter (technology stacks), server- och lagringslösningar, plattformar för onlinesamarbete, resurser för molnbaserad datoranvändning och användarvänliga gränssnitt. Likaså saknas långsiktig finansiering för utveckling och underhåll av mjukvara och mellanprogram. Detta leder till att svenska forskare som framgångsrikt utvecklat nya algoritmer och metoder baserade på forskningsprojekt har svårt att finansiera implementering av dessa algoritmer i robust och lättanvänd mjukvara. Detta hämmar såväl forskarna som infrastrukturerna eftersom utveckling av mjukvara och/eller mellanprogram ofta är en viktig förutsättning för dem.

Inom i princip alla vetenskapliga fält finns ett stort behov av ett systematiskt förhållningssätt till hantering, dokumentering och lagring av data. När dessa grundläggande tjänster väl är etablerade finns potentiellt ännu större utmaningar med att ge forskare kontrollerad tillgång till andras data och möjliggöra att forskare arbetar i gemensamma analysmiljöer. Även för denna utveckling saknas idag strukturerad finansiering.

Trender och tendenser

Övergång från simuleringsdriven forskning till datadriven och dataintensiv forskning

Datadriven forskning kan beskrivas som tillämpningen av metoder för *data mining* och algoritmer för maskininlärning för att hitta mönster, korrelationer och orsaksförhållanden i en datamängd. Detta har alltid varit en del i forskningen, men de snabbt ökande datavolymer som nu genereras – till exempel av moderna vetenskapliga instrument, avancerade simuleringar, sensornätverk och digitalisering av samlingar – driver på utvecklingen av dataintensiv och datadriven forskning i allt snabbare takt och inom nya fält. Tillgången till stora datamängder har också gett upphov till en parallell tvärvetenskaplig trend, där data från flera källor integreras för att analysera nya frågeställningar eller gamla frågeställningar på nya sätt.

Tillgången till stora mängder data öppnar nya möjligheter för vetenskapliga genombrott, men ställer även nya krav på forskare och infrastrukturer. Forskare inom ett brett spektrum av vetenskapliga fält behöver anamma nya metoder för arbetet (med ett korrelerat behov av utbildning och träning) och specialister inom e-vetenskap behöver ta fram nya algoritmer, verktyg och mjukvara. En annan trend är att interaktiv dataanalys blir allt vanligare, som komplement till *high performance batch processing*, vilket sannolikt kommer att leda till en ökad efterfrågan på applikationer för interaktiv dataåtkomst, dataanalys och datavisualisering. Interaktiva mjukvaruverktyg är mer krävande när det gäller svarstid. De använder också oftast särskilda metoder för att organisera och indexera data, vilka implementeras i databaser och sökmotorer.

Även avancerade simuleringar blir alltmer dataintensiva och för att de ska kunna nå sin fulla potential behöver data integreras med visualiseringsverktyg av hög kvalitet.

Öppen tillgång till forskningsdata och mjukvara

Parallellt med trenden mot dataintensiv och datadriven forskning finns det en internationell rörelse gällande öppen tillgång (även kallat open access) till forskningsdata och mjukvara. Exempelvis har EU-kommissionen understrukit vikten av att tillgängliggöra forskningsdata och mjukvara inom Horisont 2020, det nya ramprogrammet för forskning och innovation. En grundläggande förutsättning för att göra forskningsdata öppna är att de är

säkert och långsiktigt bevarade, tillsammans med en beskrivning av data (så kallade metadata). På samma sätt krävs att mjukvara som bevaras och görs öppen är väl dokumenterad. När detta är på plats behövs infrastrukturer som möjliggör spridning av data och mjukvara, vilket omfattar både tekniska lösningar och kompetenscentra. Exempel på tekniska lösningar är nätverk, databaser, standardiserade format för data och metadata, tekniska lösningar för autentisering, auktorisering och identifiering av användare, samt identifierare för datamängder. Vetenskapsrådet har fått i uppdrag att föreslå nationella riktlinjer för öppen tillgång och har publicerat en separat rapport om detta.²⁸

Utveckling av hårdvara och mjukvara

Den snabba utvecklingen av prestandan för datorchip verkar fortsätta ungefär enligt Moores lag, som anger att antalet transistorer på ett chip ökar exponentiellt och fördubblas var 18:e månad. Förklaringen till detta är en kombination av ökade investeringar inom FoU och förbättrade tillverkningstekniker. Samma faktorer driver även upp kostnader och komplexitet för HPC-system och följaktligen behövs ökad finansiering (utöver inflationsjustering) bara för att följa utvecklingskurvan. För att till fullo dra fördel av nya hårdvarukonfigurationer behöver i regel mjukvaran modifieras (däribland kodoptimering, algoritmutveckling och bättre minneshantering) vilket är tidskrävande. En annan avgörande faktor är utbildning. Tillsammans bidrar dessa faktorer till de ökade kostnaderna för HPC-resurser.

Utveckling av algoritmer, metoder och verktyg behövs även på grund av den snabba ökningen av olika typer av data. Inte bara omfattningen utan även utan även komplexiteten i datamängderna innebär ofta en stor utmaning, vilket kräver att algoritmer, metoder och verktyg vidareutvecklas. Nationella datorcentra skulle kunna spela en roll i detta arbete genom att tillhandahålla småskaliga forskningskluster med avancerad hårdvara för utvecklingsarbete. En närmare koppling mellan matematiska och statistiska vetenskaper och tillämpningsområden skulle också gynna utvecklingen. Den beskrivna trenden rör inte bara utveckling av hårdvara och mjukvara för olika vetenskapliga tillämpningar utan även teknisk forskning om e-infrastruktur och e-vetenskapliga metoder, såsom metoder för mjukvaruutveckling, programmeringsramverk och reglering av storskaliga datacenter, och utveckling av hårdvara för HPC, molntjänster och digital kommunikation.

²⁸ Proposal for National Guidelines for Open Access to Scientific Information. Vetenskapsrådet 2015, ISBN: 978-91-7307-263-2.

Snabbt växande behov från andra forskningsinfrastrukturer

Allt fler experimentella infrastrukturer genererar stora datamängder. Då ökar också deras behov av lagrings- och beräkningsresurser. En liknande utveckling kan förväntas för stora forskningsprojekt. Infrastrukturer utgör en användargrupp som skiljer sig tydligt från forskningsprojekt, vilka traditionellt har varit de huvudsakliga användarna av SNIC-resurser. I motsats till forskningsprojekt, som tilldelas resurser i konkurrens genom en anslagskommitté, är vissa forskningsinfrastrukturer beroende av garanterad kontinuerlig åtkomst till lagrings- och HPC-resurser för drift och insamling av experimentella data. Två sådana exempel är LHC, som är helt beroende av WLCG, och NGI, som förlitar sig på SNIC-centret UPPMAX. I takt med att andra stora infrastrukturer (till exempel XFEL och MAX IV) tas i drift är det sannolikt att en liknande utveckling kommer att ske för dem. Några infrastrukturer kan även väntas behöva interaktiv åtkomst till HPC-resurser, vilket inte är möjligt idag genom SNIC.

System där HPC- och lagringsresurser är nära kopplade till infrastrukturerna ger flera fördelar för infrastrukturerna, exempelvis när det gäller hantering av och planering för användning, uppgraderingar och kostnader. Den sista punkten är av särskilt stor vikt. I takt med att flera befintliga och nya infrastrukturer blir stora konsumenter av e-infrastrukturresurser, så konkurrerar de allt mer med andra användare. Om den här trenden håller i sig, och finansieringen inte ökar, hotar den att minska de HPC-resurser som är tillgängliga för forskningsprojekt.

Ökande efterfrågan på avancerat användarstöd

Inom de flesta vetenskapliga fält ökar efterfrågan på avancerat användarstöd till forskare för att underlätta användande av e-infrastrukturer och e-vetenskapliga verktyg. Stödet tillhandahålls i regel av experter inom e-vetenskap (andra ord som ofta används är *applikationsexperter*, *forskningsingenjörer* och ibland *den mänskliga e-infrastrukturen*). Behoven skiftar men faller oftast inom någon av följande kategorier:

- (a) tjänster nära hårdvarans operativsystem, till exempel installation av mjukvara i HPC-kluster eller konfiguration av nätverk,
- (b) behov av stöd för systemprogramvara, till exempel kompilatorer, data-

baser och webbtjänster. Kompetensen sträcker sig från att hjälpa till med programmering och design/konfiguration av en databas till mer avancerade uppgifter som anpassning/optimering av kod för olika plattformar,

- (c) applikationsberoende stöd, som är inriktat på specifika verktyg och/eller användargrupper.

De första två (punkt a och b) kallas ofta för generiskt användarstöd eftersom de tenderar att täcka in flera vetenskapliga fält och i allmänhet inte kräver kunskaper inom ett specifikt forskningsområde. Den senare (c) kallas ofta för områdesspecifikt användarstöd och de här experterna arbetar i allmänhet närmare ett forskningsområde, vilket gör att de behöver ha ämnesspecifika kunskaper. Det har visat sig att praxis för vad avancerat användarstöd förväntas innefatta, och vem som finansierar den, varierar mellan olika vetenskapliga fält.

Internationalisering

Forskning är i hög grad global och användning av gemensamma internationella system blir allt viktigare. Ett exempel är PRACE, som erbjuder avancerade HPC-resurser med högre prestanda än de som är tillgängliga genom den nationella datorinfrastrukturen SNIC. Ett annat exempel är SUNET, som tillhandahåller ett tillförlitligt och snabbt nätverk till svenska universitet, forskare och infrastrukturer genom att samarbeta med internationella partners. ESFRI-projekten är ett tredje exempel. Många ESFRI-projekt har en tydlig e-infrastrukturkomponent, ofta med fokus på att ge forskarna åtkomst till exempelvis data, tjänster och verktyg som inte finns tillgängliga på annat håll. I takt med att användningen av internationella system får allt större betydelse är det viktigt att trenden åtföljs av nationellt stöd, så att forskarna kan få största möjliga utbyte av de internationella e-infrastrukturerna.

Rekommendationer 2015–2020

Datadriven forskning får allt större betydelse inom både traditionellt dator-tunga områden och inom andra. I takt med detta så kommer e-infrastrukturer, nationella e-vetenskapscentra och forskare inom e-vetenskap att ställas inför flera utmaningar, såsom:

- Snabbt växande behov från etablerade och planerade forskningsinfrastrukturer.
- Större – och troligen även nya – behov från befintliga användargrupper.
- Införlivande av nya användargrupper med en svagare tradition inom e-vetenskap.
- Begränsad tillgång till experter inom e-vetenskap som har nödvändig sakkunskap, kompetens och intresse, vilket troligen kommer att utgöra en flaskhals. Följaktligen finns ett behov av att samla resurser och expertis för att maximera kapaciteten.
- Ökad internationalisering av forskningen, och därmed även av resursanvändningen, som medför särskilda utmaningar när det gäller samordning och tilldelning av expertis och hårdvara.

För att möta dessa och andra utmaningar krävs kraftfulla åtgärder och rekommendationerna är följande.

Starkare integration mellan nationella e-vetenskapscentra och e-infrastrukturer

För att forskarna ska ges möjlighet att till fullo utnyttja befintliga e-infrastrukturer och e-vetenskapscentra är det sannolikt nödvändigt att slå samman de fragmenterade verksamheterna till mer sammanhängande och lättillgängliga strukturer. Den utvecklingen bör ske i nära dialog med lärosäten och användargrupper. Det bör också understrykas att det är nödvändigt att utvecklingen av de tjänster som tillhandahålls drivs av användarnas behov, det vill säga behoven hos forskare och forskningsinfrastrukturer.

Vetenskapsrådet avser att verka för en ytterligare samordning mellan e-infrastrukturer och nationella e-vetenskapscentra, i synnerhet vad gäller verksamheter som finansieras av Vetenskapsrådet. Den nya modellen för prioritering och finansiering av nationella forskningsinfrastrukturer kommer att vara ett instrument för att uppnå en mer sammanhängande, lättillgänglig och kostnadseffektiv nationell e-infrastruktur.

Säkerställ tillräcklig åtkomst till nätverk, lagring, datorresurser, avancerat användarstöd, e-vetenskapliga verktyg och databaser

Behovet av högkvalitativa e-infrastrukturer och tillhörande avancerat användarstöd ökar snabbt och kommer att fortsätta att göra så. Ökad grundfinansiering till nätverk, lagring och beräkningsresurser behövs för att hålla jämna steg med den globala tekniska utvecklingen. För att nå längre och uppnå de vetenskapliga genombrott som beskrivs i rapporten "Swedish science cases for e-infrastructures²⁹" är det dessutom nödvändigt att tillhandahålla ytterligare riktad finansiering. Grundfinansieringen till nätverk, HPC-resurser och lagring behöver öka för att säkerställa att de nationella e-infrastrukturerna kan fortsätta att tillhandahålla väl fungerande tjänster till befintliga och nya användare. Dessutom behöver berörda aktörer ta ställning till eventuell ytterligare riktad finansiering till e-infrastrukturer för att främja högkvalitativ forskning.

Den ökande användningen av e-infrastrukturer och e-vetenskapliga metoder för att analysera data, bland annat från experimentella forskningsinfrastrukturer, kommer att kräva stora satsningar på avancerat användarstöd som tillhandahålls av experter inom e-vetenskap. I vissa fall efterfrågas en generisk kompetens inom e-vetenskap och i andra fall en mer områdesspecifik expertis. För att möta det snabbt ökande behovet av avancerat användarstöd behövs en avsevärt större finansiering. Likaså behöver alla aktörer uppmärksamma behovet av attraktiva karriärvägar för experter inom e-vetenskap som ger avancerat användarstöd.

Kontinuerlig utveckling och underhåll av e-vetenskapliga verktyg av hög kvalitet och gemensamma mjukvaruplattformar (community software) är avgörande för att forskare och infrastrukturer ska förbli konkurrenskraftiga. Det saknas idag fungerande finansieringsformer som möjliggör att framgångsrika generiska verktyg från en forskargrupp vidareutvecklas till gemensam mjukvara. Detta behöver åtgärdas av forskningsfinansiärerna. Även infrastrukturer är beroende av mjukvara/mellanprogram (middleware) för sin uppbyggnad och drift. En beskrivning av och budget för utveckling av nödvändig mjukvara/mellanprogram bör ingå som en del i ansökan för infrastrukturbidrag.

I ett annat kapitel i guiden framhålls att ökad samordning av databaser inom medicin och samhällsvetenskap är starkt önskvärt. För att uppnå detta kommer det att vara viktigt att utveckla federerade lösningar som ger forskarna möjlighet att få åtkomst till distribuerade databaser på ett säkert sätt, företrädesvis genom ett gemensamt gränssnitt.

²⁹ *Science cases for e-infrastructures*, A. Ynnerman, Vetenskapsrådet 2014, ISBN: 978-91-7307-240-3

Utveckla en hållbar finansieringsmodell för e-infrastruktur som stödjer forskningsinfrastrukturer och stora forskningsprojekt

Stödjande e-infrastruktur håller snabbt på att bli en nödvändig förutsättning och en integrerad del i många experimentella infrastrukturer. En hållbar finansieringsmodell behövs för att säkerställa att:

- infrastrukturer med hög nationell prioritet får tillgång till den e-infrastruktur som krävs för driften
- infrastrukturen har ett nära samarbete med stödjande e-infrastrukturer under hela planerings- och driftsfaserna
- kostnaderna för stödjande e-infrastruktur tas med i den totala budgeten för andra infrastrukturer. På så sätt kan kostnaden för nödvändig e-infrastruktur tas med i beräkningen redan i prioriteringsprocessen innan beslut tas om finansiering av en experimentell infrastruktur, vilket är viktigt för såväl infrastrukturen som för lärosätena och Vetenskapsrådet.

Infrastrukturen bör i allmänhet undvika att utveckla sin egen e-infrastruktur, utan i stället använda befintliga sådana (som SNIC och SUNET) eller anlita kommersiella leverantörer. Om befintliga e-infrastrukturer används behöver de få motsvarande ökning i finansiering så att de kan möta infrastrukturens behov. I den mån det är möjligt bör e-infrastrukturen försöka undvika system som är skraddarsydd för en enskild infrastruktur, då sådana ofta blir mindre kostnadseffektiva än mer övergripande lösningar. Om skraddarsydda resurser ändå är nödvändiga ska de fortfarande vara en del av en befintlig e-infrastruktur (till exempel datorresurser vid SNIC). För att säkerställa att infrastrukturen i framtiden får tillgång till den stödjande e-infrastruktur som krävs för att driva infrastrukturen, och att det avsätts tillräcklig finansiering för detta, är det nödvändigt att alla infrastrukturansökningar innehåller en beskrivning av, och en budget för, den stödjande e-infrastrukturen.

Den föreslagna modellen fokuserar på forskningsinfrastrukturer, men liknande frågor är relevanta även för stora forskningsprojekt och där råder större osäkerhet om hur finansieringen bör ske. Detta bör utredas närmare.

Öka medvetenhet och kompetens i forskarsamhället – träning av den kommande ”e-vetenskapliga generationen”

Den alltmer utbredda användningen av e-vetenskapliga metoder och verktyg ställer allt högre krav på enskilda forskare och infrastrukturer att behärska dataanalys, programmering, databaser och så vidare. För att uppnå detta, och för att stödja den snabba utvecklingen mot dataintensiv forskning, behöver svenska lärosäten bli mer proaktiva när det gäller att erbjuda kurser på alla nivåer. En annan viktig insats vore att initiera en tvärvetenskaplig forskarskola inom e-vetenskap.

BILAGA 1. TABELL 2

Tabell 2. Nationella och internationella infrastrukturer som har bidrag från Vetenskaprådet 2014 (Rådet för forskningsinfrastrukturer (RFI)). Här presenteras de infrastrukturer som i dag finansieras av Vetenskaprådet (bidragsutbetalning under 2014). Infrastrukturen presenteras områdesvis baserat på i vilken områdesöversikt de beskrivs. Man kan dock notera att ett flertal infrastrukturer används inom mer än ett ämnesområde.

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbadress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
<i>Materialvetenskap</i>				
ESRF synkrotronljus	Int	http://www.esrf.eu/	C	Konventionsbunden. Sverige är medlem genom ett nordiskt konsortium (Nordsync)
ESS, spallationskälla	Int (ESFRI)	http://europeanpallationsource.se/	C	Svenskt värdskap Byggstart 2014. Planerad driftstart 2019
XFEL, röntgenfrielektron- laser	Int (ESFRI)	http://www.xfel.eu/	C	Konventionsbunden, beräknad driftstart 2017
ILL, spallationskälla. <i>Super- Adam, neutronreflektometer vid ILL</i>	Int/Nat	http://www.ill.eu/	C	Medlemskap via TRANSI kollaborationen, <i>Instru- ment i drift, driftsbidrag t.o.m. 2015</i>
ISIS, spallationskälla. <i>Pola- ris och HRPD, diffraktome- trar vid ISIS</i>	Int	http://www.isis.stfc.ac.uk/	C	Medlemskap (tom 2019) <i>CRG instrument Polaris i drift – HRPD under up- byggnad, driftsbidrag t.o.m. 2017</i>

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/ experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbaddress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
MAX IV, synkrotronljus	Nat	https://www.maxlab.lu.se/	C	Beräknad driftstart 2016 Driftsbidrag t.o.m. 2018
Myfab, rentum för materialforskning. <i>MC₂ Nanotekniklaboratoriet, Chalmers. Electrum lab, KTH. Angström Mikrostrukturlaboratoriet,</i>	Nat	http://www.myfab.se/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2015
<i>UU</i>				
PETRA III – härdröntgensynkrotron. <i>SMS (Swedish Material Science) beamline</i>	Int	http://petraiii.desy.de/	C	Under uppbyggnad, driftstart planerad 2016/17
<i>Fysik och teknikvetenskaper</i>				
CERN, partikelfysik. <i>Experiment med svenskt deltagande: ATLAS/ALICE, CTF₃, Isolde</i>	Int	http://home.web.cern.ch/	C	Konventionsbunden. Driftsfas. Större uppgraderingar 2018-2019.
DESIREE, jonfysik	Nat	http://www.atom.fysik.su.se/index.php/research/experimental-group/desiree	C	Driftsbidrag t.o.m. 2015
ESO, astronomi	Int	http://www.eso.org/public/	C	Konventionsbunden. Driftsfas. Uppbyggnad av E-ELT 2015 och framåt.
FAIR, kärnfysik	Int (ESFRU)	http://www.fair-center.eu/public.html	C	Konventionsbunden. Driftstart 2020
IceCube, neutrino teleskop	Int	http://icecube.wisc.edu/	C	Driftsfas

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbaddress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
ISF, solteleskop	Nat	http://www.solarphysics.kva.se/	C	Driftsbidrag t.o.m. 2017
NOT, astronomi	Int	http://www.not.iac.es/	C	Nedfasning 2015-2019
JIVE-ERIC, radioastronomi	Int	http://www.jive.nl/	D	Driftfas. Förhandlingar 2015 efter etablerande som ERIC.
Onsala, rymdobservatorium, radioastronomi och geodesi	Nat	http://www.chalmers.se/sv/centrum/oso/Sidor/default.aspxChalmers	C	Driftsbidrag t.o.m. 2015
Energiforskning				
ITER och EUROfusion, fusion-sreaktor	Int	http://www.iter.org/ https://www.euro-fusion.org/	C	Finansieras genom Euratom
Miljövetenskaper - Planeten Jorden				
Bojbaserat miljömåtsystem. <i>Mobila enheter som koordineras av SMHI</i>	Nat	http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/havsbojar-1.13442	D	Bidrag för dyrbar utrustning t.o.m. 2016
Borrning, studier av fasta jorden Samordnas av UU. <i>Riksriggen (LTH, LTU), IODP (Washington), ICDP (Poisdam)</i>	Nat/Int	http://www.riksriggen.se/www/ http://www.iodp.org/ http://www.icdp-online.org/home/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2017
ECDS, miljö- och klimatdata	Nat	http://www.smhi.se/ecds	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015
EISCAT (EISCAT-3D), jonosfärsforskning. <i>Tre radarsystem som koordineras från Kiruna</i>	Int (ESFR1)	https://www.eiscat.se/	D	Förhandling om länders medfinansiering av EISCAT-3D pågår.

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/ experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbaddress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
GBIF och Life Watch (SLW), biodiversitetsinformatik	Nat/Int	http://www.gbif.org/ http://www.gbif.se/ <a href="http://www.svenskalife-
watch.se/en/">http://www.svenskalife- watch.se/en/	V	
GET – geodata för forskning, undervisning och kultur	Nat	<a href="https://www.geodata.se/
sv/Ga-med/Forskning-
utbildning-och-kultur-
verksamhet/">https://www.geodata.se/ sv/Ga-med/Forskning- utbildning-och-kultur- verksamhet/	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2016
ICOS, koldioxidmätningar <i>Centre for Environmental and Climate Research (CEC), IU Department of Geological Sciences, SU Abisko Scientific Research Station, Polarforsknings-sekretariatet Department of Forest Ecology and Management, SLU Department of Plant and Environ- mental Sciences, GU Department of Earth Sciences, UU</i>	Nat/Int (ESFRI)	www.icos-sweden.se/ <a href="http://www.icos-infra-
structure.eu/">http://www.icos-infra- structure.eu/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2016
Nordsim och Vega, analysinstru- ment för geovetenskap	Int (nordisk)/Nat	<a href="http://www.nrm.se/
english/researchandcollec-
tions/geosciences/nord-
sim.904_en.html">http://www.nrm.se/ english/researchandcollec- tions/geosciences/nord- sim.904_en.html <a href="http://www.nrm.se/
english/researchandcol-
lections/geosciences/vega-
center.8999657_en.html">http://www.nrm.se/ english/researchandcol- lections/geosciences/vega- center.8999657_en.html	C	Driftsbidrag t.o.m. 2016. Gemen- sam fortsättningsansökan.

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbaddress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
Resdaas. Databas över jordobserva- tioner för klimatforskning (atmos- färsdata från Odinsatelliten)	Nat	http://odin.rss.chalmers.se/	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2014
SITES, miljömätstationer <i>Abisko naturvetenskapliga station Asa forskningsstation Erkenlaboratoriet Grimso forskningsstation Lönnstorp forskningsstation Röbäcksdalen forskningsstation Skogaryd forskningsstation Svarberget forskningsstation Tarfala forskningsstation</i>	Nat	http://www.field sites.se/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2017. Utvärdering 2015.
Människa, kultur och samhälle				
ANDIS och ANDIU (Alla Nya Diabetiker i Skåne och Uppsala Län)	Nat	http://andis.ludc.med.lu.se/ http://www.andiu.se/	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015
Betulaprojektet – longitudinellt projekt om åldrande och minne	Nat	http://www.betula.su.se/	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015
CESSDA - Consortium of European Social Science Data Archives AS	Int (ESFRI)	http://www.cessda.net/	V	Driftsfas
Swe-CLARIN/CLARIN – Common language resources and technology infrastructure	Nat/ Int (ESFRI)	http://clarin.eu/ http://spraakbanken.gu.se/swe/Forskning/Infrastruktur/swe-clarin	V	Driftsbidrag t.o.m. 2018.
DASISH - Data Service Infrastruc- ture for the Social Sciences and Humanities (ESFRI)	Int	http://dasish.eu/	V	Driftsfas. Koordineras av SND

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbaddress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
DDB - Demografiska databasen	Nat	http://www.ddb.umu.se/english/	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015
Dramawebben - infrastruktur för humaniora	Nat	http://www.dramawebben.se/	V	Driftsbidrag t.o.m. 2014
EIRA-databasen - om kroniska, inflammatoriska sjukdomar	Nat	http://www.eirasweden.se/index.htm	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015
ESS -ERIC, European Social Survey	Nat/Int (ESFRI)	http://www.europeansocialsurvey.org/	V	Driftsbidrag t.o.m. 2016
EUI (European University Institute)	Int	http://www.eui.eu/Home.aspx	C (Institutt)	Driftsfas
ISSP - International Social Survey Program	Nat	http://www.issp.org/	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015
LNU - Levnadsnivåundersökningar	Nat	http://www.sofi.su.se/forskning/te-forskning-savdelningar/lnu	V	Driftsbidrag t.o.m. 2014
Malmöns förenade befolkningsdatabas	Nat	http://swecris.se/convertis/publicweb/Project/44158?s_hare=false&cntpers=false&reqstful txt=false&reports=false&lang=1	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015
Nationell djupstudiedatabas för trafikolyckor	Nat	http://www.chalmers.se/sv/projekt/Sidor/Nationell-djupstudiedatabas-f%C3%B6r-trafikolyckor.aspx	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2014

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbaddress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
PCBaSe (Prostatacancerdatabas Sverige)	Nat	http://www.cancercentrum.se/uppsalaorebro/forskning/registerstudier/pcbse-sweden/	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015
Population Studies of Elderly in Gothenburg	Nat	http://www.epinep.gu.se	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015
SATSA – Swedish Adoption/Twin Study of Ageing	Nat	http://ki.se/en/mcb/satsa-the-swedish-adoption-twin-study-of-ageing	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2014
SEDD – Skånes ekonomisk-demografiska databas	Nat	http://www.ed.lu.se/databases/secdd	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015
SHARE - Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe	Nat/Int (ESFRI)	http://www.share-project.org/	V	Driftsbidrag t.o.m. 2017
SHFA – Svenskt hällrättningsforskningsarkiv	Nat	http://www.shfa.se/	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015
SLOSH – The Swedish Longitudinal Occupational Survey of Health	Nat	http://www.idea-net.net/sloslh/	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015 samt driftsbidrag t.o.m. 2018
SMC - Svenska Mammografikhorten	Nat	http://snd.gu.se/sv/catalogue/study/618	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015
SNAC -K – äldre och vård	Nat	http://www.snac-k.se/indexsv.htm	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015
SND data-tjänst för samhällsvetenskap, humaniora och medicin	Nat	http://snd.gu.se/	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/ experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbadress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
SweCens - folkräkningar	Nat	https://riksarkivet.se/swecens	V	Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015
UCDP – Uppsala Conflict Database Program	Nat	http://www.ucdp.uu.se/gpdatabase/search.php	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015 Bidrag för stora databaser t.o.m. 2015
UGU – Utvärdering genom uppföljning	Nat	http://ips.gu.se/forskning/forskningsprojekt/ugu	V	Driftsbidrag t.o.m. 2015
Livsvetenskaper				
BBMRI.se/BBMRI-ERIC biobanker. <i>Biobanker vid GU, KI, LiU, LU, UmeU, UU, Örebro universitet</i>	Nat/Int (ESFRI)	http://www.bbMRI.se/ http://bbMRI-eric.eu/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2015
BILS/ELIXIR, bioinformatik <i>Personal vid Chalmers, GU, KTH, KI, LiU, LU, NRM, SLU, SU, UmeU, UU</i>	Nat/Int (ESFRI)	https://www.bils.se/ http://www.elixir-europe.org/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2015
CBCS, kemisk biologi <i>The Laboratories for Chemical Biology, KI</i> <i>The Laboratories for Chemical Biology Umeå</i>	Nat	http://www.cbcs.se/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2015
<i>Uppsala university drug optimization and pharmaceutical profiling platform</i>				
CytoF, cellulär visualisering	Nat	http://www.hu.liu.se/cf/cytof?l=sv	C	Bidrag för dyrbar utrustning t.o.m. 2017
EMBL, molekylärbiologi	Int	http://www.embl.de/	D	Driftsfas

Infrastruktur Inklusive svenska noder / experiment	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbaddress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
INCF, neuroinformatik	Int	http://www.incf.org/	D	Driftfas
MIMS, molekylärbiologi	Nat	http://www.mims.umu.se/	C	Driftsbidrag t.o.m. 2016
NGI, sekvensering och gentykning Sekvensering KTH, SciLifeLab, Sekvensering, genotypning, UU, SciLifeLab	Nat	http://www.scilifelab.se/ platforms/ngi/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2015
SCAPIS, hjärt- lungforskning Noder vid universitetssjukhus i Göteborg, Linköping, Malmö, Stockholm och Uppsala	Nat	http://www.hjart-lung- fonden.se/scapis	D	Driftsbidrag t.o.m. 2015; Bidrag för dyrbar utrustning t.o.m. 2018
Swedish bioimaging, biologisk och medicinsk utbildning. Superresolu- tion microscopy (3D-STED), 3D-SIM and 3D-PALM), SciLifeLab Stockholm	Nat	http://www.bioimaging.se/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2015; Flera olika bidrag för dyrbar utrustning. Gemensam ansökan 2015.
Superresolution Microscopy (SIMPALM), Center for Cellular Imaging, GU				
Magnetoencephalography (MEG), KI				
Superresolution microscopy (STORM, TIRF, 4D-ConfoCal), Biochemical Imaging Centre Umeå				
Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM), UmU				
7T MRI, LU				
PET/MR, UU				
NanoPET-CT, UU				

Infrastruktur <i>Inklusive svenska noder/experiment</i>	Nationell (Nat)/ Internationell (Int)	Webbaddress	Distribuerad (D)/ Centraliserad (C)/ Virtuell (V)	Status
Swedstruct/INSTRUCT struk- turbiologi <i>Proteinproduktion, KI Makromolekylär kristallografi, MAX IV Svenskt NMR centrum</i>	Nat/Int (ESFRI)	https://www.structuralbiology.eu/	D	Driftsbidrag t.o.m. 2016 Övergång till ERIC planeras.
e-Vetenskap				
NeIC, nordiskt samarbete för gemensam e-infrastruktur	Int	http://neic.nordforsk.org/	V	Sverige är medlem genom SNIC. Preliminärt bidrag för 2015, fort- satt bidrag beror på en långsiktig verksamhetsplan och budget.
SNIC/PRACE, storskaliga beräk- ningar, lagring samt nationellt användarstöd	Nat/Int (ESFRI)	http://www.snic.vr.se/ http://www.prace-ri.eu/	V	Driftsbidrag t.o.m. 2016.
SUNET, nätverk och tjänster för digital kommunikation.	Nat	http://www.sunet.se/	V	Utvärdering 2013. Utredning om den framtida organisationsformen samt strategi pågår 2014.
WLCG, datagrid för experiment- en vid LHC.	Int	http://wleg.web.cern.ch/	V	Sverige är medlem genom SNIC.

BILAGA 2. AKRONYMER OCH ORDFÖRKLARINGAR

ACTRIS	Aerosols, Clouds and Trace gases Research Infrastructure Network
ADS	Accelerator-driven system
ALMA	Atacama Large Millimeter Array
ANAEE	Analysis and Experimentation on Ecosystem
APEX	the Atacama Pathfinder EXperiment telescope
ASTRID	Aarhus Storage Ring in Denmark
BBMRI	Biobanking and Molecular Resource Infrastructure
BESSY	Berlin Electron Storage ring Society for Synchrotron Radiation
BILS	Bioinformatic Infrastructure for Life Sciences
CBCS	Chemical Biology Consortium Sweden
CCS	Carbon Capture and Storage
CERN	European Organization for Nuclear Research
CESSDA	Consortium of European Social Science Data Archives
CLARIN	Common Language Resources and Technology Infrastructure
CTA	Cherenkov Telescope Array
DASISH	Data Service Infrastructure for the Social Sciences and Humanities
DESIREE	Double Electrostatic Ion Ring Experiment
DESY	Deutsches Elektronen-Synchrotron
EBI	European Bioinformatics Institute
ECDS	Environment Climate Data Sweden
ECORD	European Consortium for Ocean Drilling
E-ELT	European Extremely Large Telescope
EGI	European Grid Infrastructure
EISCAT	European Incoherent Scatter Facility
EIT	European Institute of Innovation and Technology
ELIXIR	European infrastructure for bioinformatics)
EMBL	the European Molecular Biology Laboratory
EMBRC	European Marine Biological Resources Center
EMSO	European Multidisciplinary Seafloor Observatory
EPOS	European Plate Observing System

ERIC	European Research Infrastructure Consortium
ESFRI	European Strategy Forum on Research Infrastructure
ESO	European Southern Observatory
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
ESS	European Spallation Source
ESS	European Social Survey
EUI	European University Institute
FAIR	Facility for Antiproton and Ion Research
FEL	Frielektronlaser
FLASH	ljuskälla för frielektronlaser
GBIF	Global Biodiversity information facility
GenIV	fjärde generationens kärnkraftsteknik
GSI	the Geosynthetic Institute
HPC	High-performance computing
ICDP	International Continental Drilling Program
IceCube	South Pole Neutrino Observatory
ICOS	Integrated Carbon Observatory System
ILL	Institute Laue Langevin
INCF	International Neuroinformatics Coordinating Facility
Infrafrontier	European Research Infrastructure for phenotyping and archiving of model mammalian genomes under förlopp
in-operando	
in-situ	på plats i vävnad/material
Instruct	European infrastructure for structural biology
IODP	International Ocean Discovery Program
ISF	Institutet för solfysik
ISIS	Science and Technology Facilities Council
ISSP	International Social Survey Program
ITER	Experimentreaktor för fusionsforskning
JET	the Joint European Torus (europeisk fusionsforskningsanläggning)
JHR	Jules Horowitz-reaktorn
KAW	Knut och Alice Wallenbergs stiftelse
LHC	Large Hadron Collider
LifeWatch	en e-infrastruktur för biodiversitetsdata
LLB	Laboratoire Léon Brillouin
LNU	Levnadsnivåundersökningarna
MAX (IV)	Microtron Accelerator for X-rays
MIMS	the Laboratory for Molecular Infection Medicine
Myfab	nätverk för mikrofabrikationslaboratorier

MYRRHA	Multi-purpose hybrid reactor for high tech applications
NeIC	Nordiska samarbetet inom e-infrastruktur
NGI	National Genomics Infrastructure (tidigare SNISS)
Nordsim	Nordic Secondary Ion Mass Spectrometer
NOT	Nordiskt Optiskt Teleskop
NRM	Naturhistoriska riksmuséet
PETRA	Synkrotronljusanläggning i Tyskland
PRACE	Partnerskap för avancerade beräkningar i Europa
RINFI	Research Infrastructure National Forest Inventory
RÅC	Röntgen-Ångström Cluster
SANS	small angle neutron scattering
SCAPIS	Swedish cardiopulmonary bioimage study
SciLifeLab	Science for Life Laboratory
SEM	Scanning electron microscope
SGU	Sveriges geologiska undersökningar
SHARE	Survey of Health Ageing and Retirement in Europe
SILS	Systems Biology Infrastructure for the Life Sciences
SIOS	Svalbard Integrated Observing System
SIPRI	Stockholm International Peace Research Institute
SITES	Swedish Infrastructure for Ecosystem Science
SKA	Square Kilometer Array
SLOSH	the Swedish Longitudinal Occupational Survey of Health
SLW	Swedish LifeWatch
SMS	Swedish Material Science beamline
SND	Svensk nationell datatjänst
SNIC	Swedish National Infrastructure for Computing
SNS	Spallation Neutron Source (USA)
SNSN	Svenska nationella seismiska nätet
SSDP	the Swedish Scientific Drilling Programme
SUNET	Svenska universitetsnätverket
Swedstruct	Swedish national infrastructure for structural biology
TEM	Transmissionselektronmikroskopi
UCDP	Uppsala Conflict Database Program
UGU	Utvärdering Genom Uppföljning
WABI	Wallenberg Advanced Bioinformatics Infrastructure
VEGA	Center med analysinstrument för geovetenskap
VLT	Very Large Telescope
WRAM	Wireless Remote Animal Monitoring, databas
XFEL	X-ray Free Electron Laser Facility

BILAGA 3. LEDAMÖTER I RÅDET FÖR FORSKNINGENS INFRASTRUKTURER OCH DESS BEREDNINGSGRUPPER 2014

Rådet för forskningens infrastrukturer (RFI)

Ledamöter

Kerstin Eliasson, ordförande
Björn Halleröd, vice ordförande

Marcus Aldén, Lunds universitet
Peter Allebeck, Forte
Håkan Billig, Göteborgs universitet
Georgia Destouni, Formas
Peter Eriksson, Vinnova
Merja Kytö, Uppsala universitet
Hjalmar Laudon, Sveriges lantbruksuniversitet
Ingela Nyström, Uppsala universitet
Nancy Pedersen, Karolinska institutet
Kajsa Uvdal, Linköpings universitet
Barbro Åsman, Stockholms universitet

Huvudsekreterare

Juni Palmgren, Karolinska institutet

Beredningsgrupper

Beredningsgrupp 1: Infrastruktur för astronomi och subatomär forskning

Göran Östlin, ordförande, Stockholms universitet
Barbro Åsman, vice ordförande, Stockholms universitet
Thomas Nilsson, Chalmers

Susanne Aalto, Chalmers
Julia Tjus, Bochum, Tyskland
Per Magnusson, Rymdstyrelsen
Marta-Lena Antti, Luleå tekniska universitet
Thomas Jonsson, KTH

Extern rådgivare i guidearbetet: Melvyn Davies, Lunds universitet

Beredningsgrupp 2: Infrastruktur för molekyl-, cell- och materialforskning

Maria Anvret, ordförande, Göteborgs universitet
Kajsa Uvdal, vice ordförande, Linköpings universitet
Anders Malmström, Lunds universitet
Tor Ny, Umeå universitet
Alexandar Matic, Chalmers
Xiaodong Zou, Stockholms universitet
Stefan Hohmann, Göteborgs universitet
Marie Vennström, Sandvik
Lena Svendsen, Vinnova
Ingmar Persson, Sveriges lantbruksuniversitet

Extern rådgivare i guidearbetet: Inger Andersson, Uppsala universitet

Beredningsgrupp 3: Infrastruktur för forskning om jorden och dess närmaste omgivning

Roland Roberts, ordförande, Uppsala universitet
Hjalmar Laudon, vice ordförande, Sveriges lantbruksuniversitet
Helene Lundkvist, Sveriges lantbruksuniversitet
Sofie Björling, Formas
Marcus Öhman, Luleå tekniska universitet
Tim Fristedt, Totalförsvarets forskningsinstitut
Jörg Gumbel, Stockholm universitet
Annakaisa Korja, Helsingfors universitet

Beredningsgrupp 4: Infrastruktur för e-vetenskap

Pär Strand, ordförande, Chalmers
Ingela Nyström, vice ordförande, Uppsala universitet
Ebba Tora Hvannberg, University of Iceland

Mats Holmström, Institutet för rymdfysik
Fredrik Ronquist, Naturhistoriska riksmuseet
Roar Skålin, Norges forskningsråd
Milena Ivanova, Netherlands e-science center
Ellen Sherwood, Karolinska institutet/Science for Life Laboratory

Beredningsgrupp 5: Infrastruktur för individ, kultur och samhälle

Joakim Palme, ordförande, Uppsala universitet
Nancy Pedersen, vice ordförande, Karolinska institutet
Gunnar Andersson, Stockholms universitet
Bente Maegaard, Köpenhamns universitet
Margareta Kristenson, Linköpings universitet
Peter Allebeck, Forte
Erland Hjelmquist, Göteborgs universitet

Externa rådgivare i guidearbetet:
Håkan Karlsson, Göteborgs universitet
Elisabet Engdahl, Göteborgs universitet

Ansvariga för arbetet med Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen vid Vetenskapsrådet

Tove Andersson, projektledare, forskningssekreterare i beredningsgrupp 2
Juni Palmgren, huvudsekreterare, Rådet för forskningens infrastrukturer
Anneli Saarela, kommunikatör
Catarina Sahlberg, forskningssekreterare i beredningsgrupp 1
Johan Holmberg, forskningssekreterare i beredningsgrupp 2
Elin Swedenborg, forskningssekreterare i beredningsgrupp 2
Mats Andersson, forskningssekreterare i beredningsgrupp 3
Anna Wetterbom, forskningssekreterare i beredningsgrupp 4
Susanna Bylin, forskningssekreterare i beredningsgrupp 5
Per Karlsson, forskningssekreterare, enhetschef

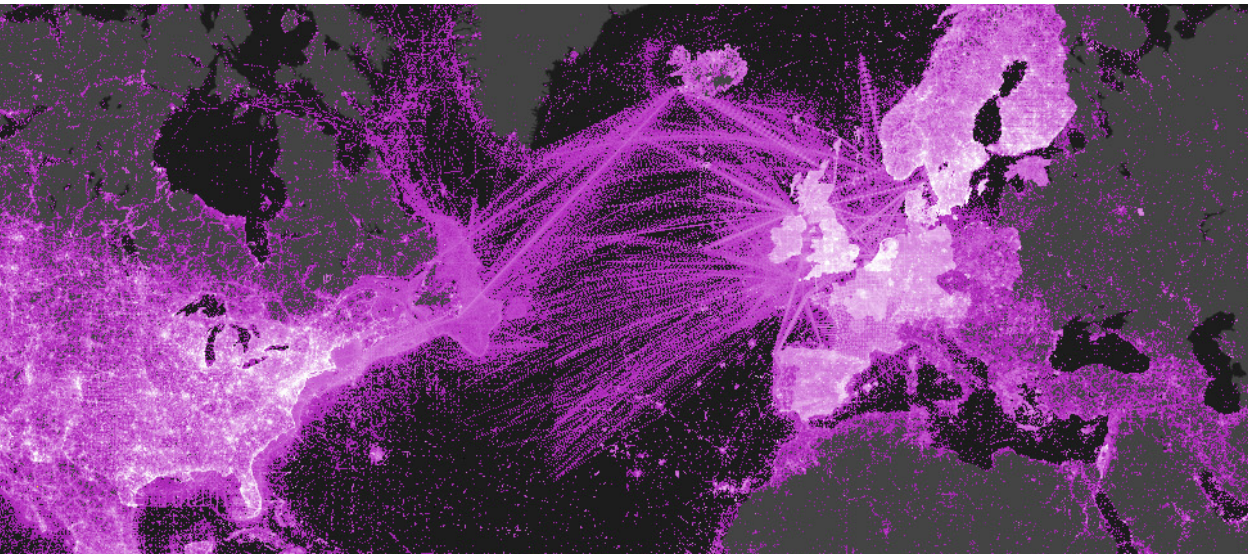
Rådet till forskningens infrastrukturer vill rikta ett stort tack till er som bidragit till arbetet med Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen 2014!

Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen är en plan för hur svenska forskare inom akademi, offentlig sektor och industri ska få tillgång till den mest kvalificerade forskningsinfrastrukturen i Sverige och i andra länder.

Guiden är Vetenskapsrådets vägvisare för Sveriges långsiktiga behov av nationell och internationell forskningsinfrastruktur. Den utgör underlag vid diskussioner om finansiering av framtida infrastrukturer inom Vetenskapsrådet, men även i samarbete med andra forskningsfinansiärer nationellt och internationellt.

Med forskningsinfrastruktur menas centrala eller distribuerade forskningsanläggningar, databaser eller storskaliga beräknings-, analys- och modelleringsresurser.

Den första utgåvan av Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen publicerades 2006 och uppdaterade versioner gavs ut 2008 och 2011. Under 2014 har Vetenskapsrådet genomfört en översyn av processerna för prioritering och finansiering av nationell forskningsinfrastruktur. Som en konsekvens är denna utgåva begränsad när det gäller förslag på ny infrastruktur och har i stället huvudsaklig tonvikt på koncentration och samordning av existerande infrastrukturer och på ett förtydligande av roller och principer för framtida hantering av infrastruktur.



Västra Järnväggsgatan 3 | Box 1035 | 101 38 Stockholm | Tel 08-546 44 000 | vetenskapsradet@vr.se | www.vr.se

Vetenskapsrådet har en ledande roll för att utveckla svensk forskning av högsta vetenskapliga kvalitet och bidrar därmed till samhällets utveckling. Utöver finansiering av forskning är myndigheten rådgivare till regeringen i forskningsrelaterade frågor och deltar aktivt i debatten för att skapa förståelse för den långsiktiga nyttan av forskningen.

ISBN: 978-91-7307-259-5
