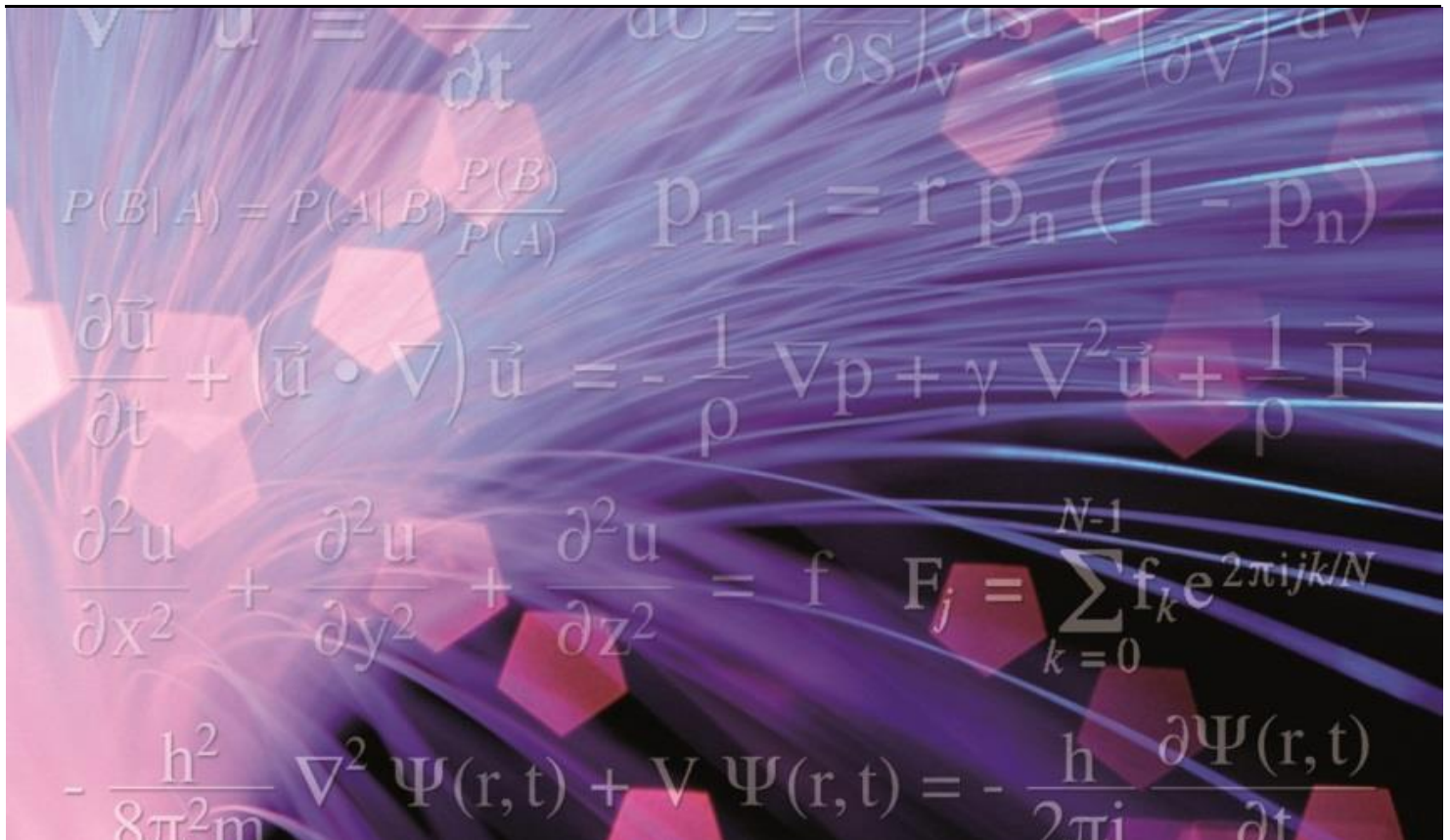


Program for eVitenskap 2006 - 2015

Sluttrapport



© **Norges forskningsråd 2016**

Norges forskningsråd
Drammensveien 288
Postboks 564
NO-1327 Lysaker
Telefon: 22 03 70 00
bibliotek@forskningsradet.no
www.forskningsradet.no/

Publikasjonen kan bestilles via internett:
www.forskningsradet.no/publikasjoner

Oslo, juni, 2016
ISBN 978-82-12- 03522-5 (pdf)

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	3
Forord	4
Innledning.....	5
Økonomi.....	6
Aktiviteter.....	6
Viktigste aktiviteter i programperioden	6
Utlysninger	6
Formidling og kommunikasjon	8
Internasjonalt samarbeid.....	8
Personlige doktorgradsstipend og postdoktorstipend i utlandet	9
Vinterskole i e-vitenskap.....	9
Kunnskapsgrunnlag	9
eInfrastruktur	10
Nøkkeltall, aktiviteter	11
Administrasjon	11
Resultater.....	11
Resultatindikatorer	11
Høydepunkter og funn.....	12
Samlet vurdering og utfordringer framover	19
Samlet vurdering av framdrift, måloppnåelse og nytte	19
Mål og prioriteringer innenfor programmets økonomiske ramme	19
Faglig, geografisk og kjønnsmessig profil	21
Rekruttering og publisering.....	21
Internasjonalisering	22
Samlet vurdering	23
Utfordringer framover	23
Data-drevet og beregningsbasert forskning.....	23
Fagområder og samfunnsutfordringer	26
eVitenskap – Infrastruktur, Teori og Anvendelser (eVITA) Prosjektoversikt	28
Tverrfaglige prosjekter	28
Forskerprosjekter.....	28
Personlig postdoktorstipend	29
Personlig doktorgradsstipend	30
Arrangementsstøtte.....	30
Annen støtte.....	31

Forord

Programmet *eVitenskap – Infrastruktur, Teori og Anvendelser (eVITA)* ble startet 1.1.2006 og avsluttet 31.12.2015. Det representerte en videreføring av programmet *Beregningsorientert matematikk i anvendelser (BeMata)*. Fagområdet eVitenskap dekker skjeringsfeltet mellom matematikk, statistikk, informatikk og anvendelser. Det omfatter teori, modeller, metoder, algoritmer og programvare rettet mot viktige beregnings- og dataintensive vitenskapelige og industrielle problemstillinger.

Betegnelsen eVitenskap ble tatt i bruk i arbeidet med programplanen til eVITA. Det representerer en utvidelse av begrepet beregningsvitenskap, der utvidelsen i all hovedsak omfatter investeringer i og effektiv bruk av infrastruktur for beregninger og datalagring. eVITA bestod opprinnelig av to deler, en forskningsdel og en del for investeringer i eInfrastruktur. I 2010 vedtok Divisjonsstyret for vitenskap at ansvaret og budsjett for eInfrastruktur skulle legges under Styreutvalget for forskningsinfrastruktur. Denne delen ble dermed tatt ut av programmet.

I denne sluttrapporten gir vi informasjon om programmets økonomi, aktiviteter og tallfestede resultater. Dessuten beskriver vi de ulike prosjektene og noen av de høydepunkter og funn som er fremkommet. Vi har valgt å fokusere på forskningsdelen, siden rapportering fra infrastrukturen er ivare tatt gjennom arbeidet med å etablere en ny organisering av eInfrastruktur.

Forskningsdelen av programmet har hatt en budsjetttramme på 221 millioner kroner, og har tildelt midler til 18 forskerprosjekter og ni stipendiater som tar hele utdanningen i utlandet. Programmet har støttet initiativet Nordic eScience Globalisation Initiative (NeGI), som blant annet har etablert tre Center of Excellence i eVitenskap med anvendelser innen klima og helse. Videre har eVITA i hele perioden bidratt til den årlige vinterskolen i eVitenskap. Programmet har prioritert rekrutteringsstillinger. Totalt har 31 doktorgradsstipendiater og 47 postdoktorstipendiater fått finansiering. Anvendelsesområdene for prosjektene omfatter medisin, bioteknologi, klima/miljø, økonomi, transport, marin aktivitet, materialteknologi og kjemi, og mange av prosjektene har industrielle anvendelser. Flere av fagmiljøene som er støttet har etablert seg på et høyt internasjonalt nivå, og har i dag tildelinger fra EU-prosjekter.

Ved avslutningen av programmet 31.12.2015 var det avklart hvordan både infrastrukturen og forskningsdelen vil bli videreført. I Forskningsrådet er eInfrastruktur en del av porteføljen til *Nasjonal satsing på forskningsinfrastruktur* og fra 2015 er det etablert en ny modell for organisering og langsiktig finansiering av nasjonal eInfrastruktur. Forskningsdelen av eVitenskap videreføres fra 2016 innenfor Forskningsrådets store satsing på IKT, IKTPLUS.

Programstyret vil rette en takk til Kunnskapsdepartementet og Nærings- og fiskeridepartementet, som har bidratt til finansieringen av eVITA. Takk også til forskere og stipendiater for det arbeidet med forskning og formidling som er utført med finansiering fra programmet.

Trondheim, 3. juni 2016

Helge Holden
Programstyreleder

Innledning

Navn på programmet: eVitenskap – Infrastruktur, Teori og Anvendelser (eVITA)

Programmets hovedmål:

eVITA skal gjennom metodeforskning, kompetanseutvikling og investeringer i ny *eInfrastruktur* sikre norsk *eVitenskapelig* forskning på et høyt internasjonalt nivå, samt løse viktige nasjonale utfordringer innen de tematiske områdene energi og miljø, hav, mat og helse slik de er beskrevet i Forskningsmeldingen "Vilje til forskning" (Stortingsmelding nr. 20, 2004/2005).

Programplanen la til grunn at programmet skulle dekke både infrastrukturen for eVitenskap og forskning innen teori og anvendelser av eVitenskap, slik det også fremgår av navnet på programmet. I 2010 vedtok Divisjonsstyret for vitenskap at eInfrastruktur skulle knyttes tettere opp mot Forskningsrådets interne arbeidsgruppe for forskningsinfrastruktur og at beslutninger skulle tas av styreutvalget for forskningsinfrastruktur. Ansvar og budsjett for eInfrastruktur ble dermed tatt ut av programmet. Denne sluttrapporten dekker derfor i hovedsak forskningsdelen av programmet. Infrastrukturdelen for 2006-2010 er omtalt i et eget avsnitt i kapittelet Aktiviteter.

I sluttrapporten for eVITA har vi valgt å benytte betegnelsene eVitenskap og eInfrastruktur, siden disse benyttes i programplan og andre programdokumenter. I tråd med norske regler for rettskriving benytter Forskningsrådet nå betegnelsene e-vitenskap og e-infrastruktur.

Virkeperiode: 1.1.2006 – 31.12.2015

Programstyre 15.1.2009 – 31.12.2015 (alle titler og arbeidssted som de var på tidspunktet for oppnevning):

Professor Helge Holden, Institutt for matematiske fag, NTNU, *leder*
Prosjektleder Geir Evensen, StatoilHydro, Bergen
Seniorforsker Galen Gisler, Physics of Geological Processes, Universitetet i Oslo
Professor Pinar Heggernes, Institutt for informatikk, Universitetet i Bergen
Professor Ebba Thora Hvannberg, Institutt for informatikk, Islands universitet
Førsteamanuensis Vidar R. Jensen, Kjemisk institutt, Universitetet i Bergen
Professor Juni Palmgren, Karolinska Institutet, Stockholm

Programstyre 1.1.2006 – 31.12.2008:

Professor Morten Dæhlen, Institutt for informatikk, Universitetet i Oslo, *leder*
Professor Arnaldo Frigessi, Institutt for medisinske basalfag, Universitetet i Oslo
Professor Pinar Heggernes, Institutt for informatikk, Universitetet i Bergen
Professor Kersti Hermansson, Uppsala universitet
Seniorforsker Trond Kvamsdal, SINTEF, Trondheim
Professor Gudrun Magnúsdóttir, School of Physical Sciences, University of California, Irvine
Professor Risto Nieminen, Laboratory of Physics, Helsinki University of Technology

Programkoordinator:

Guðmund Høst, 1.1.2006 – 31.7.2012

Roar Skålin 1.10.2012 – 31.12.2015

Utvalget som utarbeidet programplanen for eVitenskap i perioden mai – september 2005:

Professor Morten Dæhlen, Institutt for informatikk, Universitetet i Oslo, *leder*

Professor Pinar Heggernes, Institutt for informatikk, Universitetet i Bergen

Direktør Helge Drange, Nansen Senter for Miljø og Fjernmåling, Bergen

Førsteamanuensis Mette Langaas, Institutt for matematiske fag, NTNU

Dr. Scient. Elisabeth Nøst, Miros AS

Professor Kenneth Ruud, Institutt for kjemi, Universitetet i Tromsø

Professor Ragnar Winther, Senter for Matematikk for Anvendelser, Universitetet i

Oslo

Økonomi

Programmets finansieringskilder: Kunnskapsdepartementet og Nærings- og fiskeridepartementet.

Totalt disponibelt budsjett for forskningsdelen: 220 692 443,-, hvorav 160 492 443,- fra Kunnskapsdepartementet og 60 200 000,- fra Nærings- og fiskeridepartementet.

Totalt disponibelt budsjett for infrastrukturen (2006 – 2010): 187 500 000,- fra Kunnskapsdepartementet. Beløpet inkluderer en engangsbevilgning på 70 000 000,- i 2007 og 13 000 000,- til finansiering av gridaktivitet i 2009-2010.

Aktiviteter

Viktigste aktiviteter i programperioden

Fagområdet eVitenskap dekker skjeringsfeltet mellom matematikk, statistikk, informatikk og anvendelser. Det omfatter teori, modeller, metoder, algoritmer og programvare rettet mot viktige beregnings- og dataintensive vitenskapelige og industrielle problemstillinger.

eVITA har hatt fokus på å støtte metodeutvikling og anvendt FoU på områder der eInfrastruktur spiller en avgjørende rolle. I tråd med de tematiske prioriteringene i Forskningsmeldingen "Vilje til forskning" har eVITA ønsket å prioritere beregnings- og dataintensive utfordringer innen petroleumsvirksomhet, utvikling av nye energikilder, transport, problemstillinger knyttet til vær og klima, forvaltningen av marine ressurser, maritime utfordringer, spredning av forurensning, studier av biologiske og biokjemiske prosesser, medisinsk årsaksforskning, samt lagring, modellering og analyse av store datamengder (biobanker).

Utlysninger

Det har vært 3 utlysninger av forskerprosjekter i programmet. Metodeprosjekter ble utlyst i 2006 og 2010, mens tverrfaglige prosjekter i ble utlyst i 2006/2007.

Metodeprosjektene ble utlyst med omfang på 1-2 millioner kroner årlig og varighet inntil 5 år i den første utlysningen, og 1-3 millioner kroner årlig og varighet på inntil 4 år i den andre utlysningen. Det var angitt at prosjektene i stor grad burde omfatte rekrutteringsstillinger på doktorgrads- og postdokornivå. Det kunne søkes om prosjekter rettet mot:

- Generiske utfordringer innen de eVitenskapelige metodefagene matematikk, statistikk og informatikk, herunder utvikling av ny teori, nye modeller, metoder, algoritmer, teknikker og verktøy for et bredt spekter av beregnings- og dataintensive utfordringer.
- Spesifikke beregnings- og dataintensive utfordringer innen naturvitenskap, teknologi og medisin/helse.
- Utvikling av ny informasjons- og kommunikasjonsteknologi som kunne forbedre utnyttelsen av investeringene i eInfrastruktur. Dette omfattet metoder for beregninger og datahåndtering på meget stor skala.

De tverrfaglige prosjektene ble utlyst med omfang på 4-6 millioner kroner årlig og varighet på inntil 5 år. Også her var det spesifisert at prosjektene i stor grad burde omfatte rekrutteringsstillinger på doktorgrads- og postdokornivå. Denne utlysningen skulle spesielt støtte opp under eVITAS mål om å utvikle tverrfaglige forskningsmiljøer i skjæringsfeltet mellom metodefagene matematikk, statistikk og informatikk, og andre fagområder innen naturvitenskap, teknologi og medisin. Det var spesifisert at prosjektene burde ta utgangspunkt i aktuelle vitenskapelige og/eller industrielle problemstillinger der det er potensial for betydelige fremskritt ved forbedring av beregnings- og dataintensive metoder samt utvikling av nye programvareløsninger for bedre utnyttelse av investeringer i eInfrastruktur.

I tillegg til disse tre store utlysningene, har det vært løpende utlysninger av doktorgradsstipend og postdoktor der hele utdanningen tas i utlandet (fra 2010) og arrangementsstøtte.

Tabell 1 oppsummerer utlysningene innenfor eVITA-programmet. Vinterskolen i e-vitenskap ble først innvilget for perioden 2006-2010, og deretter på nytt for perioden 2011-2015. Det angitte beløpet omfatter begge bevilgningene.

Søknadsfrist	Tema	Antall søknader behandlet	Antall innvilgede prosjekter	Bevilget beløp (mill. kroner)
26.4.2006	Metodeorienterte prosjekter	29	8 forskerprosjekter	51,8
	Vinterskole i e-vitenskap	1	1 annen støtte	2,8
1.6.2006 prekvalifisering 6.3.2007 endelig søknad	Tverrfaglige prosjekter	19 skisser 8 fullstendige søknader	4 forskerprosjekter	78,7
2.6.2010	Metodeorienterte prosjekter	37	6 forskerprosjekter	46,7
Løpende	Doktor og postdoktor i utlandet	9	9 stipender	19,5
Løpende	Arrangementsstøtte	13	10 arrangementsstøtte	0,9

Tabell 1 Utlysninger innenfor eVITA-programmet

Formidling og kommunikasjon

eVITA opprettet et trykt nyhetsbrev i 2007, og i alt 8 utgaver utkom i perioden 2007 – 2013. Fra 2013 har nyhetsbrevene vært elektronisk.

eVITA-programmet har skrevet populærvitenskapelig artikler for alle forskerprosjektene og for vinterskolen i e-vitenskap. Artiklene er trykket i nyhetsbrevet og lagt ut på programmets nettsider. Flere av artiklene er bruk av media, spesielt forskning.no og Teknisk ukeblad.

Det ble avholdt et allmøte i eVITA-programmet 24. november 2009. Et av formålene med dette møtet var å gi innspill til programstyret om profilene på utlysningen i 2010. I tillegg ble det presentert status for programmet og prosjekter, og det var faglige innlegg fra sentrale miljøer.

De årlige vinterskolene i eVitenskap (se under) har fungert som møteplasser i eVITA-programmet, siden svært mange av forskerne og ikke minst stipendiatene i eVITA-prosjektene har deltatt på disse samlingene.

Det er også satt av midler til arrangementsstøtte for internasjonale konferanser som arrangeres i Norge. Totalt har 10 konferanser fått tildeling på inntil 100 000,-. Mange av konferansene er arrangert av de samme fagmiljøene som har fått støtte gjennom eVITA, og er dermed benyttet til å formidle resultater fra programmet.

Internasjonalt samarbeid

NordForsk besluttet i 2009 å opprette et nordisk eScience program med fokus på løse «Grand Challenges». Dette fokuset er ikke ulikt de tverrfaglige prosjektene i eVITA, og programstyret for eVITA besluttet å delta med 12 mill. kroner i finansieringen av det nordiske programmet, som fikk navnet Nordic eScience Globalisation Initiative (NeGI). I tillegg bidro programmet NORKLIMA med 5 mill. kroner, slik at Forskningsrådets samlede bidrag til NeGI er 17 mill. kroner. NeGI har en total finansiering på 110 mill. kroner, og de øvrige bidragsyterne er Nordforsk (30 mill. kroner), Nordisk ministerråd (26,9 mill. kroner), Vetenskapsrådet i Sverige (20,4 mill. kroner) og Finlands Akademi (15,5 mill. kroner).

Den største aktiviteten til NeGI er Nordic Centre of Excellence i eVitenskap med anvendelser innen klima og helse. Etter en utlysning i 2012 fikk tre sentre tildeling, to med anvendelser innen klima og miljø, og ett med anvendelser innen helse. Det er norske deltagere i alle tre senterne og de to senterne med anvendelser innen klima ledes fra Norge. Samlet tildeling er 82 mill. kroner. Senterne begynte arbeidet 1. januar 2014.

NeGI har også utlyst midler til utvikling av verktøy og teknikker innen eVitenskap. Tre prosjekter har mottatt støtte på til sammen 12 mill. kroner. Alle tre prosjektene blir ledet fra Norge. Prosjektene startet i 2015.

Den siste aktiviteten innenfor NeGI er nordiske forskerskoler innenfor eVitenskap. Disse ble utlyst i 2015 etter at en arbeidsgruppe hadde kommet med forslag til ni temaer som samlet dekker eVitenskap og aktuelle anvendelser. Kursene skal arrangeres ved nordiske institusjoner og kunne inngå i PhD-studier. Det er avsatt inntil 10 mill. kroner til forberedelse og gjennomføring av kursene. Det er per 30.4.2016 ikke besluttet hvilke institusjoner som får tildeling til å arrangere kurs.

Personlige doktorgradsstipend og postdoktorstipend i utlandet

Programstyret vedtok i 2010 å utlyse personlige stipender for doktorstipendiater og postdoktorstipendiater som tar hele utdanningen i utlandet. Formålet med utlysningen var å stimulere unge talenter til å ta forskerutdanning innen e-vitenskap ved de beste fagmiljøer utenlands, slik at de kan bringe nye impulser og kontakter tilbake til Norge. Det langsiktige målet med ordningen var videreutvikling av det norske fagmiljøet innen e-vitenskap. De viktigste vurderingskriteriene var kvaliteten på mottakssted, kandidat og prosjekt. Stipendene fikk navn til minne om avdøde professor Magne S. Espedal ved UiB (Espedal-stipend). Espedal engasjerte seg sterkt i rekruttering og faglig fornying, og dette virkemiddelet er i hans ånd.

Programstyret satte opprinnelig av 15 millioner kroner til Espedal-stipendene. Dette ble senere utvidet til om lag 20 millioner kroner som følge av budsjettendringer og ledige midler. Det er innvilget i alt 9 stipend, 5 postdoktorstipend og 4 doktorgradsstipend. De 5 postdoktorene ble innvilget først, og er alle avsluttet ved utløpet av programperioden. De 4 doktorgradsstipendiaterne har ikke avsluttet sine studier og periode med finansiering fra Forskningsrådet ennå. To av disse er i USA (MIT og Stanford) og en i Tyskland (Duisberg-Essen). Den siste stipendiaten vil starte sine studier ved Frankfurt Institute of Advanced Studies i 2016.

Vinterskole i e-vitenskap

eVITA har i hele programperioden bidratt til den årlige vinterskolen i e-vitenskap. Formålet med vinterskolen er å etablere en møteplass hvor unge forskere kan bli oppdatert på nye ideer, metoder og teorier innen e-vitenskap samtidig som de utvikler et faglig nettverk. Primær målgruppe er doktorstudenter og postdoktorer ved norske universitet, men arrangementet er også åpent for studenter og forskere fra inn- og utland. Vinterskolene har hatt 35–100 deltagere årlig (avhengig av tema). SINTEF Anvendt matematikk har stått for koordinering av vinterskolen. Deltagerne dekker selv sine egne kostnader til reise og opphold, mens eVITA har dekket kostnader til koordinering og foredragsholdere.

Kunnskapsgrunnlag

Programstyret hadde i perioden 1.1. 2006 – 31.12. 2008 et Rådgivende utvalg for investeringer i eInfrastruktur (ReInfra). Utvalget skulle gi innspill til programstyret om langsiktige investeringsstrategier, internasjonale teknologitrender, samt behov for dataressurser og avansert brukerstøtte til norsk forskning og til operativ værvarsling. Utvalget skulle også vurdere behovene for investeringer i eInfrastruktur som er nødvendig for å understøtte ulike nasjonale satsinger, herunder de store programmene i Norges forskningsråd. ReInfra utarbeidet to rapporter:

- [Nasjonal strategi for eInfrastruktur \(oktober 2008\)](#)
- [Investments in the Norwegian eInfrastructure for Computational Science – An investment plan for the period 2008-2017 \(oktober 2008\)](#)

Den nasjonale eInfrastruktursatsingen ble evaluert av en internasjonal komité i 2008, etter vedtak i Divisjonsstyret for vitenskap. Komiteen hadde fått i oppgave å foreta en gjennomgang av, og gi anbefalinger om, den videre utviklingen av organisering og omfang av nasjonal eInfrastruktur for forskning. Oppdraget ble gitt av Divisjonsstyret for vitenskap, men arbeidet skjedde i perioden eVITA hadde ansvar for eInfrastruktur og programstyret fulgte opp rapporten fra komiteen.

- [Second Evaluation of NOTUR – Norwegian High Performance Computing Infrastructure \(September 2008\)](#)

Programstyret for eVITA opprettet i mai 2009 utvalget «The eInfrastructure Scientific Opportunities Panel» (eSOP). Formålet var å belyse behovet for utvikling av norsk eInfrastruktur det neste 10-året, med utgangspunkt i muligheter og utfordringer innen vitenskapene som benytter eInfrastruktur. Etableringen av eSOP var en oppfølging av eInfrastruktursatsingen. eSOP leverte i henhold til sitt mandat to rapporter:

- [The scientific case for eInfrastructure in Norway](#) (oktober 2010)
- [Norwegian eInfrastructure Roadmap](#) (februar 2012)

eSOP tok utgangspunkt i vitenskapene som benytter eInfrastruktur og samfunnsutfordringer hvor eVitenskap og eInfrastruktur kan bidra til løsninger. Rapportene til utvalget er derfor interessante også med tanke på forskningsbehov innen eVitenskap, og spesielt den første rapporten er benyttet som grunnlag for beskrivelsen av fagområder og samfunnsutfordringer i kapittelet *Utfordringer fremover* (se s. 23).

eInfrastruktur

Ved opprettelsen av eVITA i 2006 ble programstyret gitt et strategisk ansvar for nasjonal eInfrastruktur i tillegg til ansvar for forskningsaktivitet innen eVitenskap. I praksis var programstyrets rolle i all hovedsak av rådgivende karakter, fordi midlene til eInfrastruktur i stor grad var bundet opp gjennom langsiktige avtaler. Programstyret har imidlertid initiert flere viktige strategiske utredninger, herunder forslag til nasjonal strategi for eInfrastruktur, investeringsplaner og behovsundersøkelse (se punktet *Kunnskapsgrunnlag*).

Forskningsrådet etablerte i 2009 en nasjonal finansieringsordning for forskningsinfrastruktur. Divisjonsstyret for vitenskap vedtok i 2010 at finansiering av eInfrastruktur skulle forankres strategisk i Forskningsrådets arbeidsgruppe for forskningsinfrastruktur og at beslutninger om finansiering skulle tas av styreutvalget for den nasjonale finansieringsordningen. Bakgrunnen for endringen var betydningen eInfrastruktur har for alle Forskningsrådets virkemidler, og dermed et behov for sikre bred forankring og helhetlig prioritering. Etter dette fikk programstyret for eVITA formelt en rådgivende rolle for eInfrastruktur.

I perioden 1.1.2005 – 31.12.2014 var nasjonal koordinering av eInfrastruktur ivarettatt gjennom prosjekter i regi av UNINETT AS' datterselskap UNINETT Sigma. UNINETT Sigma gjennomførte prosjektene i samarbeid med NTNU, UiB, UiO, UiT; disse fem utgjorde sammen med Meteorologisk institutt Notur-konsortiet. Det største prosjektet var NOTUR II som finansierte og koordinerte drift av tungregnemaskiner. Dette prosjektet hadde en bevilgning fra Forskningsrådet på 84 millioner kroner i perioden 2006 – 2010. I tillegg fikk prosjektet 50 millioner kroner av en engangsbevilgning på 70 millioner kroner til eInfrastruktur i 2007. Denne bevilgningen ble benyttet som bidrag til nye maskinvareinstallasjoner i Bergen og Tromsø og oppgradering av installasjonen i Oslo. I tillegg til bevilgningene fra Forskningsrådet, kom egenbidrag fra de fire universitetene.

Uninett Sigma fikk i perioden 2006 - 2010 også ansvar for koordinering av prosjekter innen gridtjenester (NorGrid) og håndtering av forskningsdata (NorStore). NorGrid hadde i perioden en bevilgning på 19 millioner kroner. NorStore fikk en bevilgning på 11 millioner i 2010.

I tillegg til prosjektene i regi av UNINETT Sigma, ble norsk deltagelse i internasjonale organisasjoner innen eInfrastruktur finansiert over budsjettet til infrastrukturen av eVITA. Dette omfattet blant annet deltagelse i Nordic Data Grid Facility (NDGF, senere videreført gjennom Nordic eInfrastructure Collaboration - NeIC) og European Grid Initiative (EGI).

Ressurser svarende til Forskningsrådets andel av finansiering av eInfrastruktur ble fordelt av ressursfordelingskomiteen (RFK). Alle forskere som var kvalifisert til å motta støtte fra Forskningsrådet kunne få tildeling av eInfrastruktur-ressurser, uavhengig av program eller institusjon/bedrift. eInfrastrukturen var derfor ikke begrenset til forskere ved de fire organisasjonene som deltok i Notur-konsortiet. Tildeling ble gjort etter søknad fra prosjektene og vurdering fra RFK. RFK ble oppnevnt av Divisjonsstyret for vitenskap og bestod av norske forskere med kompetanse på eVitenskap og eInfrastruktur.

Fra 1.1.2015 har Forskningsrådet og de fire universitetene NTNU, UiB, UiO og UiT blitt enige om en ny modell for organisering og finansiering av eInfrastruktur. Det er opprettet et nytt selskap, UNINETT Sigma2 AS, med større strategisk ansvar og mer langsiktig finansiering enn det tidligere UNINETT Sigma. Forskningsrådet bidrar med en årlig finansiering på 25 mill. kroner og de fire nevnte universitetene har samlet forpliktet seg til langsiktige avtaler med en årlig verdi på 50 mill. kroner. I tillegg kan selskapet søke om konkurranseutsatt finansiering fra Forskningsrådet, og det er forventet at forskningsprosjekter også vil bidra til finansieringen.

Nøkkeltall, aktiviteter

Antall prosjekter: 45

Antall dr.grads.stipendiater: 31, herav sju kvinner

Antall postdoktorstipendiater: 47, herav ni kvinner

Administrasjon

Administrative kostnader

Programstyret: 992 000,-

Søknadsbehandling: 488 084,-

Drift av programmet: 252 533,-

Formidling: 570 412,-

Programadministrasjon: 5 275 305,-

Resultater

Resultatindikatorer

Avlagte doktorgrader: 15, herav 2 kvinner

Vitenskapelig publisering: 782

Annen publisering/formidling: 692

Nye metoder/modeller/prototyper: 26

Antall doktorgrader er basert på rapportering fra institusjonene til NIFI. Tall for publisering er basert på sluttrapportering fra prosjektene. Både antall avlagte doktorgrader og antall publikasjoner er forventet å øke etter at prosjektene/programmet er avsluttet.

Høydepunkter og funn

eVITA har innenfor budsjettammen prioritert å støtte generisk forskning innen metodefagene (matematikk, statistikk, informatikk) og forskning på spesifikke metodiske problemer innen utvalgte anvendelsesområder. Videre har programmet prioritert noen større tverrfaglige prosjekter. De prioriterte tematiske områdene er petroleumsvirksomhet, utvikling av nye energikilder, transport, problemstillinger knyttet til vær og klima, forvaltningen av marine ressurser, maritime utfordringer, spredning av forurensning, studier av biologiske og biokjemiske prosesser, medisinsk årsaksforskning, samt lagring, modellering og analyse av store datamengder (biobanker).

I avsnittene under beskrives resultater fra de tverrfaglige og de metodeorienterte prosjektene.

Vinterskolen i e-vitenskap

Programstyret i eVITA ser på den årlige [Vinterskolen i e-vitenskap](#) som et av høydepunktene i eVITA-programmet. Temaene for vinterskolen er knyttet til hvordan man skal løse morgendagens problemer med morgendagens matematikk og morgendagens datamaskinarkitekturer. Skolen har vært arrangert som en forelesningsserie bestående av 24–30 forelesninger på 45 minutter i løpet av en uke. I begynnelsen av uken har det vært gitt en serie av introduksjonsforelesninger, etterfulgt av en serie forelesninger hvor temaet har vært spisset og snevret inn mot slutten av uken. Det er lagt vekt på benytte dyktige og anerkjente forelesere som også kan ta del i de sosiale aktivitetene på vinterskolen. Alle deltagerne har vært samlet på ett hotell, og det har vært satt av tid til både skiaktiviteter og sosial omgang. Kombinasjonen av faglig påfyll, nettverksbygging, sosial omgang og friluftaktiviteter har skapt et arrangement med en unik atmosfære. Tilbakemeldingene fra deltagere har vært svært gode.

Knut-Andreas Lie er sjefsforsker ved SINTEFs avdeling for anvendt matematikk, og grunnlegger av vinterskolen. Han forteller at det var behovet for flere kurs i moderne beregningsmetoder som startet det hele. – Det var ikke veldig mange slike kurs på de norske universitetene, sier han. – I tillegg så vi at norske stipendiater og yngre forskere kunne ha god nytte av å bygge ut nettverket sitt mer, og bli kjent med flere mennesker på samme eller tilstøtende fagområder, forklarer Lie. – Jeg tror det er mye lettere å innlede samarbeid med folk man har møtt. Det gjør det lettere å plukke opp telefonen eller sende en e-post, sier Lie.

Smartere metoder for bruk av observasjoner gir bedre varsler

Rakettstyring, værvarsling, havvarsling, oljeleting, bærekraftig utnyttning av ressursene i havet og varsling av influensaepidemier har minst én ting felles: Det handler om å bruke usikker informasjon til å fatte mest mulig sikre beslutninger. I prosjektet *Forecasting non-linear systems using the ensemble Kalman filter and related methods* har forskere fra flere fagmiljøer gått sammen om å videreutvikle en metode for å ekstrahere signaler i observasjoner (data) og bruke dataene mest mulig effektivt i beregningsmodeller. – Utgangspunktet vårt er et slags ”filter” som ble utviklet av den ungarsk-amerikanske matematikeren og elektroingeniøren Rudolf Kalman på 1960-tallet. Det første Kalman-filteret var et feilhåndteringssystem som ble brukt til å kontrollere kursen til rakettene i Apollo-programmet, forteller prosjektleder Laurent Bertino ved NERSC.

Prosjektet har videreutviklet varianten ensemble Kalman-filter (EnKF) som ble introdusert av Geir Evensen (som ledet prosjektet sammen med Bertino) i 1994. Denne varianten er tilpasset analyser der selv små feil i observasjonene kan gi store utslag (ikke-lineære systemer). EnKF benyttes til å integrere informasjonen fra observasjoner med modeller slik at man får en bedre beskrivelse av f.eks. været, enn ved bruk av modeller eller observasjoner hver for seg. De nye metodene er tatt i bruk i beregningsmodeller for værvarsling, oseanografi og oljereservoarer, og

har ført til både raskere beregninger og høyere kvalitet på resultatene av beregningene. I Statoil er ensemblebaserte metoder nå anbefalt praksis for alle nye reservoar-modelleringsprosjekter. I prosjektet har man bidratt til å spre kunnskap om ensemble metoder til flere forskningsmiljøer (bl.a. økonomisk og reservoar modellering) og metodene er blitt forbedret og tilpasset mer generelle problemstillinger som også inkluderer parameterestimering.

Matematiske modeller av hjernebarken

– Hvis vi forstår mer av hvordan hjernebarken virker, kan vi kanskje komme på sporet av bedre behandlinger for mentale lidelser. Eller bygge datamaskiner som er flinkere på visuell gjenkjenning, sier Gaute Einevoll ved NMBU. Han ledet prosjektet *eNEURO – Multilevel neural simulation and modelling*. Hjernens fantastiske egenskaper følger av et intrikat samspill mellom milliarder av nerveceller koblet sammen i et komplekst nettverk. Vi er fortsatt langt unna en god forståelse av denne nettverksoppførselen, men vi har i dag et presist og veldefinert utgangspunkt å forstå koblingen mellom egenskaper til enkeltnevroner og målinger av hjerneaktivitet på systemnivå med, for eksempel, elektro- eller magnetencefalografi (EEG, MEG) eller funksjonell magnetisk resonans avbildning (fMRI). Målsettingen for eNEURO var å bidra til utvikling av metoder for slik multiskala modellering av nevroner og nettverk av nevroner med utgangspunkt i to konkrete, velstuderte modellsystemer: værharshjernebarken til rotter og den tidlige synsbane hos katter.

Prosjektet har resultert i hele 51 vitenskapelige artikler i internasjonale tidsskrifter med fagfelleevaluering. Som et høydepunkt kan artikkelen “Modeling the spatial reach of the local field potential”, publisert i tidsskriftet *Neuron* høsten 2011, nevnes. I denne artikkelen brukte prosjektet fysikkbasert modellering og regnekraft fra superdatamaskinen Stallo i Tromsø til å besvare et gammelt spørsmål i nevrovitenskapen. Hvor ‘lokalt’ er målesignalet som plukkes opp med en målelektrode i hjernen, dvs. hvor langt unna er nevronene som genererer det målte signalet? Artikkelen ble plukket ut som en «Must read» i *Faculty-of-1000 Biology*, og ble referert til som en nyhetssak på flere titalls internasjonale nettsteder som dekker forskning vinteren 2011/12. Resultatene fra prosjektet har også gjort at forskningsgruppen ved NMBU har blitt invitert med i flere store EU prosjekter, herunder Human Brain Project, et av EU-kommisjonens Future and Emerging Technologies Flagship.

En av systembiologiens største utfordringer

Teorien sier at et individ av en hvilken som helst dyre- eller planteart er et resultat av de medfødte genene og de miljømessige påvirkningene, og av intet annet. Professor Stig W. Omholt og hans forskningsgruppe har i prosjektet *Bridging the gap: Disclosure, understanding and exploitation of the genotype-phenotype map* gått løs på en av den moderne systembiologiens største utfordringer: Å lage matematiske beskrivelser som kobler genotype og fenotype. Mens genotypen beskriver hvilke gener en organisme bærer på, beskriver fenotypen summen av alle målbare indre og ytre egenskaper hos individet. Et av genetikkenes fremste disiplinære mål er å forstå hvordan den genetiske variasjonen sammen med miljøet forårsaker den fenotypiske variasjonen. Dette eVITA-prosjektet fokuserte på utvikling av matematisk metodologi og eVitenskapelige løsninger knyttet til påvisning av genetisk variasjon som forårsaker fenotypisk variasjon, og forståelse av hvordan den genetiske variasjonen rent mekanistisk forplanter seg fra det første genuttrykket til fenotypen.

Prosjektet besto av tre delprosjekter som understøttet og motiverte hverandre. Det første fokuserte på bioinformatisk metodeutvikling for effektiv bruk av storskala genetiske data for å forstå viktige produksjonsegenskaper hos laks og andre husdyr. Resultatene bidro til kartlegging av laksegenomet og til å finne genvarianter som bestemmer økonomisk viktige egenskaper hos laks.

Det andre delprosjektet brukte gjær som modellorganisme for å forstå det mekanistiske grunnlag for adaptasjonsprosesser. Resultatet ble et kraftfullt eksperimentelt-teoretisk system som kombinerer tusenvis av parallelle evolusjonære eksperimenter, sekvenseringsteknologi, bioinformatikk, individbasert populasjonsmodellering og automatisk høyoppløselig fenotyping for å identifisere kausal adaptiv genetisk variasjon og forstå hvordan naturlig seleksjon av denne variasjonen er resultat av samvirke mellom populasjonsgenetikk og populasjonsdynamikk. Det tredje delprosjektet, som fokuserte på bruk av matematisk modellering for å bygge en årsaksmessig bru mellom genetisk og fenotypisk variasjon på ulike nivåer, har bidratt til en langt bedre forståelse av hva som er de grunnleggende prinsippene for genetiske dominans og epistasieffekter, hvordan arvbarheten til egenskaper er en funksjon av den regulatoriske strukturen underliggende disse, og til nye matematiske metoder for å fotfølge effektene av genetisk variasjon i svært kompliserte regulatoriske nettverk. Resultatene medførte videre finansiering fra National Institute of Health (USA), og invitasjon til å foredra for programdirektørene i National Science Foundation (USA). Prosjektet som helhet åpnet opp for et nytt forskningsprogram for digital lakseproduksjonsbiologi i grenseflaten mellom kvantitativ systemfysiologi og genetikk. Ideene ble presentert på Vitenskapsakademiets møte om “Mat fra havet – Norges muligheter” i 2013 og kapittelet “The Digital Salmon - Key to both More Science and More Profit” i rapporten fra møtet. Dette forskningsfeltet er i dag en viktig del av Digitalt Liv-satsningen under BIOTEK2021.

Biologien møter tungregningen

Mange biologiske systemer og prosesser er forutsigelige i prinsippet, men samtidig avhengige av så mange kjente og ukjente faktorer at de har vært uforutsigelige i praksis. Løsningen er å angripe problemstillingene ved hjelp av både matematikk, informatikk og beregningsvitenskap. Målsettingen i prosjektet *eSysbio - an e-science environment for systems biology* har vært å være en pådriver innen systembiologisk forskning, som er interdisiplinær av natur, innebærer (matematisk) modellering av biologiske systemer og ofte integrering av store mengder heterogene data. Et høydepunkt i prosjektet er utviklingen av systemet «eSysbio - the adaptable workbench for collaborative life science research» som er tilgjengelig på esysbio.org. Systemet er en prototype som støtter lagring og deling av data, analyse av data ved bruk av tjenester, manuelle og automatiserte arbeidsflyter. Kompetanse og programvare som er bygget opp gjennom eSysbio brukes i den av nasjonale e-infrastruktur for livsvitenskap (NELS), som inngår i den norske noden i ESFRI-prosjektet ELIXIR.

Best i verden på ruteplanlegging

Norske forskere lager transportruter som knuser de fleste. Industrien kan spare opp til 40 prosent av transportkostnadene ved å la en datamaskin finne de beste rutene. – Forskingen ligger langt foran industriens praksis på dette feltet, sier Marielle Christiansen. Hun er professor ved Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse ved NTNU, og ledet prosjektet [*Discrete Optimization Methods in Maritime and Road-based Transport \(DOMinant\)*](#) som er støttet av eVITA gjennom to forskerprosjekter. Forskerne tok for seg transportoptimering, og forsøkte å redusere gapet mellom forskningsfronten og praksisen for norsk og internasjonal transport på sjø og vei. Å planlegge en transportrute er nemlig ikke så enkelt som det kan høres ut. Selv med en superrask datamaskin er det ingen garanti for å finne den aller beste løsningen. – Grunnen er at det er så veldig mange muligheter, sier Christiansen. Algoritmene utviklet i prosjektet har vist seg å være svært konkurransedyktige målt mot de best kjente algoritmene internasjonalt, og de er implementert i programvare som brukes til å optimalisere ruteplanlegging og dermed redusere både kostnader og klimautslipp.

Designer molekyler med kunstig evolusjon

Det ligger mye testing, prøving og feiling bak utviklingen av for eksempel nye katalysatorer, isolasjonsmaterialer, solceller eller superledere. Den møysommelige prosessen koster mye tid og penger. Muligheten for å oppdage nye, nyttige molekyler på en mer effektiv måte, er derfor svært attraktiv. Professor Bjørn Kåre Alsberg ved Institutt for kjemi ved NTNU og professor Vidar Remi Jensen ved Universitetet i Bergen har ledet utviklingen av en ny teknologi som gjør designprosessen av nye molekyler med forbedrede egenskaper mye raskere, billigere og enklere enn før. Dette har de gjort i prosjektet [A method for automated de novo optimisation of functional transition-metal complexes](#). Ideen er å la datamaskiner regne seg fram til både organiske og uorganiske forbindelser med attraktive egenskaper ved å bruke prinsipper fra Darwins evolusjonsteori. Sentralt her er altså "survival of the fittest", og nye molekyler blir vurdert etter i hvor stor grad de har de ønskede egenskapene. Disse nye "kandidatmolekylene" settes sammen på en måte som minner litt om Lego, men hvor byggeklossene er molekylære fragmenter. All denne byggingen og testingen av nye molekyler skjer automatisk ved hjelp av dataprogrammet som er utviklet i prosjektet. Mens tilsvarende programmer innen farmasøytisk industri kun takler organiske forbindelser, kan det nye programmet bygge realistiske molekyler av alle slag, både organiske og uorganiske. Programmet er allerede blitt brukt til å foreslå nye og mer effektive katalysatorer, nye forbindelser med anvendelse innen elektronikk og datalagring, absorbenter for karbonfangst og nye solcellekomponenter.

Avkoder styrken i aluminium

Aluminiumslegeringer brukes i alt fra biler til bygninger og brusbokser. Mens rent aluminium er mykt, blir aluminium hardt når det blandes med ørsmå mengder av andre stoffer og varmes varsomt. Stoffene som legges til kan for eksempel være magnesium og silisium. En aluminiumsstav med innblandede stoffer varmebehandles ved for eksempel 200 grader i 20 timer, og etterpå har du ikke sjans til å bøye den. Hva er det egentlig som skjer inni metallet? – Tenk deg at 1 av 100 atomer ikke er aluminium. Under oppvarmingen klumper disse seg sammen til nåler, forklarer Randi Holmestad, professor ved Institutt for fysikk ved NTNU. Det er disse ørsmå nålene som virker herdende. De er under en mikrometer lange og legger seg i tre bestemte retninger vinkelrett på hverandre. Dette forandrer metallens egenskaper kraftig. – Det er nesten som å ha stålarmering i betong, sier Holmestad. Hun ledet prosjektet [Multiscale modelling of hardening precipitate interfaces in alloy design](#) der forskerne modellerer og regner på disse nålene. Målet er sterkere og billigere legeringer, og bedre utnyttelse av resirkulert aluminium som inneholder forurensninger. Hvis vi klarer å forstå og deretter modellere hva som skjer på nanonivå i disse aluminiumslegeringene, kan vi bruke dette som input for modeller på større skala. I dette prosjektet har vi gjort nettopp det – vi har brukt tungregning til atomistiske beregninger av grenseflateenergier mellom nålene og aluminiumen rundt. Resultatene her brukes som input i en modell på større skala som modellerer mikrostrukturen. Herfra kan en igjen beregne styrken og bruke dette til å forbedre egenskaper og designe nye aluminiumslegeringer.

Regner for livet

Hvorfor stanser hjertet hos noen, og hva gjør et infarkt med hjertets funksjon? Forskere i Oslo utvikler mer effektive datamodeller for å etterligne hjertet. Resultatet kan bli bedre behandling. – Vi jobber med å lage bedre metoder og verktøy for å modellere hjertet, altså etterligne hvordan hjertet fungerer i bestemte situasjoner. I dag er det veldig utfordrende å utføre gode datasimuleringer av hjertets fysiologi og av sykdommer i hjertet, forteller Joakim Sundnes, forsker ved Simula Research Laboratory på Fornebu. Modellering handler om å beskrive en situasjon gjennom å bruke matematiske ligninger. Sammen med kollegene prøver Sundnes å utvikle dataprogrammer som kan løse ligningene på en mer effektiv måte. Han ledet eVITA-prosjektet [In Silico Heart Failure - Tools for Accelerating Biomedical Research](#) hvor hjertesvikt

står i sentrum. Dette er et stort helseproblem i den industrialiserte verden og rammer stadig flere. Hjertesvikt utvikler seg ofte etter et hjerteinfarkt, men ingen vet helt sikkert hvordan eller hvorfor. Ifølge Sundnes er den vanligste hypotesen at cellene rundt infarktett overbelastes. SIMULA-forskerne har regnet seg fram til at det er en sannsynlig forklaring. - Vi fant ut at det faktisk er slik at cellene i området rundt infarktett utsettes for en mye større belastning enn cellene som befinner seg lenger unna, forteller Sundnes.

Nye verktøy i jakten på sykdomsårsaker

I arvestoffet vårt, DNA, finner vi genene våre. Ved å analysere hvilke varianter syke og friske personer har av ulike gener, har forskere funnet de arvelige faktorene for en rekke sykdommer som brystkreft, lungekreft og diabetes. Genene utgjør imidlertid bare en til to prosent av arvestoffet vårt, så kanskje er det lurt å analysere de andre delene av arvestoffet i jakten på årsakene til at vi utvikler ulike sykdommer. Det tror i alle fall professor Pål Sætrom ved NTNU. Han ledet prosjektet [*eGenVar - Handling, integrating, and analysing biobank data in a hypothesis-driven framework \(eGenVar\)*](#). Sætrom og hans kolleger har konsentrert seg spesielt om noen små molekyler i cellene som kalles mikroRNA-molekyler. Disse molekylerne regulerer aktiviteten til bestemte gener ved å hindre at det blir laget protein fra dem. De slår rett og slett av genene.

Forskerne ved NTNU har laget et dataprogram som skal hjelpe dem med å forutse hvilke variasjoner i arvestoffet det er som har betydning for om mikroRNA-molekylerne får slått av bestemte gener. Ved hjelp av dette dataprogrammet har Sætrom og kolleger analysert alle menneskets kjente proteinkodende gener. Programmet fant flere genvarianter som påvirker mikroRNA regulering. Noen av disse variantene påvirker kun et enkelt mikroRNA, enten ved å skape nye eller ødelegge eksisterende bindingssteder for mikroRNAet. Andre varianter påvirker imidlertid mange mikroRNA ved at varianten gjør genet kortere og dermed forhindrer at mikroRNAene kan regulere genet. Forskerne fant at også at flere av disse variantene potensielt kan forklare økt arvelig risiko for enkelte sykdommer, inkludert kreft.

Bedre risikostyring i strømmarkedet

Hvor mye skal det koste for en industribedrift å inngå en avtale som sikrer dem mot høye strømpriser? Og når lønner det seg for dem å benytte den? Prisen på vannkraft avhenger av blant annet været. Hva slags vær vi har er viktig for strømprisene, særlig i et land som Norge hvor vi bruker mye vannkraft, som er en begrenset ressurs. Hvordan været blir, en måned eller et år framover i tid, kan ingen si. Matematikere forsøker likevel etter beste evne å beregne hva framtidens vær og strømpriser blir. Fred Espen Benth er professor ved Matematisk institutt ved Universitetet i Oslo og ledet prosjektet [*Energy markets: modelling, optimization and simulation*](#).

Benth og hans kolleger har utviklet såkalte stokastiske modeller som beskriver variasjonen i fremtidig vær og risikoen i elektrisitetsmarkedet. Modellene sier noe om hvordan prisen på elektrisitet vil bevege seg basert på hvordan markedet har vært fram til nå, og nye algoritmer for stokastisk simulering åpner for analyse av produksjonsplanlegging og prising av risiko, for eksempel. Videre har man i prosjektet laget en helt ny metode for å interpolere foroverpriser, som gjør at aktører i markedet kan prise levering av strøm til alle ønskelige tidspunkt basert på markedsnoterte priser i forovermarkedet. Et annet viktig bidrag fra prosjektet har vært utvikling av metodikk for risikostyringsverktøy som svingopsjoner og opsjoner på pris-differanser. Aktører i markedet kan bruke slike finansielle kontrakter til å forsikre seg mot tap i elektrisitetsmarkedet.

Matematisk analyse finner de beste feilene

Det vil alltid bli gjort feil i numeriske beregninger, men professor Hans Z. Munthe-Kaas ved Matematisk institutt ved UiB er systematisk på jakt etter metoder som gir de beste feilene. – Den tradisjonelle innfallsvinkelen i numerisk analyse har vært å gjøre feil som er så små som mulig. Vi er mer opptatt av at viktige underliggende matematiske strukturer i størst mulig grad blir bevart når vi går fra en kontinuerlig matematisk formulering til en numerisk simulering i en datamaskin, forklarer Munthe-Kaas. Han ledet eVITA-prosjektet *Structure Preserving Algorithms for Differential Equations, Applications, Computation and Education (SpadeACE)*, som handlet om å analysere numeriske metoder som brukes til å simulere tidsutviklingen av fysiske systemer.

I prosjektperioden har Munthe-Kaas og hans team utviklet en rekke nye metoder og introdusert nye grunnleggende verktøy for numerisk analyse av strukturbevarende algoritmer. Eksempler på egenskaper det er ønskelig å bevare kan være energi- og impulsbevarelse av mekaniske system, volumbevarelse, bevarelse av symmetrier og eksakt bevarelse av geometriske føringer. Metodene og verktøyene kan brukes til så forskjellige ting som digital bildebehandling, magnetisering av harddisker og beregning av planetbaner. Resultater som følger i etterkant av SpadeACE er mange. Et eksempel er et nytt arbeid om geometrisk karakterisering av B-rekker som løser et 50 år gammelt problem i numerisk analyse.

Parallele algoritmer for kombinatoriske problem

Prosjektet *Parallel Algorithms for Combinatorial Scientific Computing*, ledet av professor Fredrik Manne ved UiB, hadde som hovedfokus å utvikle algoritmer for grunnleggende kombinatoriske problem som ofte oppstår i vitenskapelige beregninger. For å unngå at slike algoritmer blir flaskehals i en større sammensatt beregning ble det fokusert på å utvikle parallelle metoder med høy skalerbarhet. Spesifikt ble det utviklet nye metoder for ulike graf- og nettverksproblem, som for eksempel fargelegging, beregning av sammenhengende komponenter og parring (eng. matching).

I og med at fokus var rettet mot grunnleggende problem har også løsningene hatt anvendelser innenfor en rekke ulike områder. Parringsalgoritmer forsøker å oppdage par av gjenstander som hører sammen. Disse algoritmene ble brukt i et forsøk på å detektere kreft basert på blodprøver fra pasienter. Tankegangen er at man prøver å klassifisere en ukjent blodprøve gjennom å sammenligne den med en rekke blodprøver der man vet om de stammer fra en frisk eller syk pasienten. Andre har også brukt våre algoritmer for å finne grupper med felles interesser i sosiale nettverk. Sammenhengende komponenter i grafer kan si noe om nærhet mellom ulike objekt og våre algoritmer har blant annet blitt anvendt for å studere fordelingen av stjerner i verdensrommet. Fargeleggingsalgoritmer prøver å dele opp gjenstander i uavhengige mengder. Anvendelser her har inkludert beregning av matriser for deriverbare funksjoner.

Statistikk bekjemper hudkreft og hjelper oss å forstå historiske klimaendringer

Føflekk-kreft (malignt melanom) er den mest alvorlige formen for hudkreft og rammer hvert år 1100 - 1200 mennesker bare i Norge. De fleste tilfellene som blir oppdaget tidlig nok kan kureres, men helbredelsesprosenten faller hvis sykdommen blir oppdaget sent. Derfor er det om å gjøre å oppdage ondartede føflekker så tidlig som mulig. I prosjektet *The Power of Scale-Space Methods and Gaussian Markov Random Fields Applied in Climatology and Medicine* har professor Fred Godtliebsen og hans team utviklet avanserte statistiske metoder som kan benyttes i automatisert diagnose av føflekker. De nye metodene, som er basert på å kombinere flerskalateknikker med gaussiske Markov-metoder, løser statistiske problemer på en enklere måte og mye raskere enn tidligere metoder. Metodene er generelle og kan gi et objektivt svar på hvilke hovedfrekvenser et observert signal inneholder. I tillegg til systemet for å oppdage ondartede føflekker, har forskerne

i eVITA-prosjektet benyttet metodene til å analysere historiske klimaendringer. Disse analyser kan for eksempel brukes til å avgjøre om forskjellige steder på jorda har hatt samme temperaturutvikling. Forskerne har også laget en algoritme for å oppdage sykdomsutbrudd og beskrive hvordan dette brer seg i en populasjon. Godtlielsen ser for seg at metodene også kan benyttes i andre medisinske problemstillinger, som analyse av EKG signaler. Teknikken kan også hjelpe personer med diabetes av type I å holde et mer stabilt blodsukkernivå.

Mer realistisk opsjonsprising

I prosjektet *Integro-PDEs: Numerical methods, Analysis, and Applications to Finance* har Espen Robstad Jakobsen og hans kolleger jobbet med ikke-lokale likninger fra matematisk finans. Løsningen til slike likninger kan gi prisen på en opsjon eller verdien av en optimal aksjeportefølje. Den enkleste og mest kjente likningen er Black-Scholes likningen som i sin tid revolusjonerte børshandelen og førte til at oppdagerne fikk Nobelprisen i økonomi. I mange tilfeller er det behov for mer avanserte modeller, som ikke-lokale likninger, eller integro-PDEs på engelsk. Siden disse likningene kan være kompliserte — degenererte, ikke-lineære, singulære, ikke-lokale — er det mange utfordringer som må overvinnnes for utvikle matematisk teori og numeriske metoder for dem. Hovedresultatene fra prosjektet omfatter nye numeriske metoder, ny og rigorøs analyse av numeriske metoder, og nye analytiske resultater for slike likninger.

Prosjektet resulterte i 15 artikler og 8 påbegynte arbeider, alle publisert i gode internasjonale tidsskrift. To høydepunkt er en mye sitert artikkel om såkalte semi-Lagrange-metoder for HJB likninger og en artikkel om spektralmetoder for fraksjonelle konserveringslover. Den første metoden viser vi at er robust og konvergent (med et feilestimat) for en stor klasse problemer som innbefatter mange problemer fra finans. Den andre metoden viser vi at er rask for pene løsninger (spektral konvergens) og at den likevel er robust nok til å konvergere for diskontinuerlige løsninger. Et analytisk høydepunkt er en artikkel der vi viser entydighet for ikke-lokale konveksjons-diffusjonslikninger. Resultatet, som er ganske teknisk, var et gjennombrudd for likninger som både er ikke-lokale og ikke-lineære.

Matematikk og datateknologi gir kirurgen nye øyne

Medisinsk bildebehandling omfatter en rekke teknikker som i hovedsak brukes enkeltvis og til diagnostisering. Men tenk om kirurgen kunne bruke flere bildeteknikker samtidig, under selve operasjonen? Da blir det mulig å se både overflaten og innsiden av de organene som blir operert. Sykehusene bruker bilder produsert med både røntgenteknologi, ultralyd, computertomografi (CT) og magnetresonanstomografi (MRI) til å stille diagnoser og planlegge operative inngrep. I tillegg er videoutstyr mye brukt til kikkhullskirurgi, hvor kirurgene opererer ved hjelp av bilder fra et kamera som er ført inn i kroppen. I prosjektet *Mathematical and computational methods for co-registering multi-modal medical images (MATMED)* har Eigil Samset ved UiO og hans samarbeidspartnere utviklet matematiske dataverktøy for å gi kirurgene en kontinuerlig og interaktiv kombinasjon av både videobilder, diagnostikkbilder og bildeanalyse under selve operasjonen. Det er en åpenbar fordel hvis det for eksempel er snakk om å fjerne en kreftsvulst i hjernen uten å skade viktige funksjoner som ligger i nærheten av svulsten. Forskningsgruppen har formidlet resultatene av prosjektet blant annet gjennom en [video på YouTube](#). Tre stipendiater har tatt doktorgrad som en del av dette prosjektet, og to av disse har senere fått personlig postdoktorstipend i utlandet gjennom eVITA.

Effektiv bruk av databaser som er spredt på et stort antall datamaskiner

I prosjektet *Database Support for Computational Science Applications (DASCOSA)* har Kjetil Nørvåg og hans samarbeidspartnere utviklet metoder for effektiv distribusjon og gjenfinning av data i et system der et stort antall noder sammen fungerer som ett databasesystem. Dette

innebærer at databasene kan være spredt over mange geografisk distribuerte datamaskiner. Prosjektet har laget en robust arkitektur for slike databaser, slik at systemet vil fungere også om noen noder blir utilgjengelig. Prosjektet har også utviklet mekanismer for å sikre høy ytelse og skalerbarhet til et stort antall noder. Et distribuert databasesystem (DASCOSA-DB) har blitt utviklet for å kunne teste ideene i praksis. Denne prototypen fungerer også som rammeverk for å teste nye metoder innenfor distribuerte databaser.

Steinkoraller trives best mot strømmen

Hvorfor vokser det korallrev på noen steder langs norskekysten, men ikke på andre steder som ser helt like ut? I prosjektet *Understanding coral distribution and conditions for growth in Norwegian waters (Cordino)* har Øyvind Thiem ved UNI Research og kolleger ved UiB og Havforskningsinstituttet studert hvordan vannmassene beveger seg i nærheten av dypvannskorallrev. Denne typen koraller gjør ikke bruk av fotosyntesen. De er dermed avhengige av å velge en plassering som er optimal med hensyn på tilførsel av mat.

Prosjektet har videreutviklet en oseanografisk modell, slik at denne kan brukes til å studere hvordan partikler beveger seg i væske. Modellen er benyttet til å simulere eksperimenter som viser strøm og partikkel bevegelse over rygg/terskel (rev på fjordterskler), over humper (isolerte rev på kontinentalsokkelen) og over steg (rev ved skuringsstriper og ”pockmarks”). Resultatene viser at passive matpartikler ofte har høyere konsentrasjon eller befinner seg nærmere bunn i de områdene hvor vi finner koraller og korallkolonier. Partiklene treffer hovedsakelig den siden av revet som vender mot strømmretningen, og ikke bakkanten. - Hvis du altså er en korall som lever i et område med én dominerende strømmretning, er det viktig at du sitter med «fjeset» mot strømmretningen, forteller Thiem. En av artiklene som ble skrevet i prosjektet, "Food supply mechanisms for cold-water corals along a continental shelf edge" (Journal of Marine Systems, Volume 60, Issues 3–4, May 2006, Pages 207–219), er referert mer enn 100 ganger i andre journalartikler.

Samlet vurdering og utfordringer framover

Samlet vurdering av framdrift, måloppnåelse og nytte

Mål og prioriteringer innenfor programmets økonomiske ramme

Programplanen definerte følgende hovedmål og delmål for programmet: *eVITA* skal gjennom metodeforskning, kompetanseutvikling og investeringer i ny *eInfrastruktur* sikre norsk *eVitenskapelig* forskning på et høyt internasjonalt nivå, samt løse viktige nasjonale utfordringer innen de tematiske områdene energi og miljø, hav, mat og helse slik de er beskrevet i Forskningsmeldingen "Vilje til forskning" (Stortingsmelding nr. 20, 2004/2005).

Delmål:

- Løfte norsk forskning innen *eVitenskap* til et høyt internasjonalt nivå og gjøre norske forskningsmiljøer til attraktive partnere i internasjonale forskningsprosjekter, herunder oppnå økt støtte fra EUs rammeprogrammer og forsterke norske forskningsmiljøers posisjon i transatlantisk samarbeid.

- Oppnå internasjonale gjennombrudd innen eVitenskap på tre sentrale områder for Norge, legge forholdene til rette for jevnlige publikasjoner i prestisjetunge tidsskrifter, samt arrangere minst to større internasjonale konferanser i Norge i programperioden.
- Utvikle minst tre sterke tverrfaglige forskningsmiljøer i skjæringsfeltet mellom metodefagene matematikk, statistikk og informatikk, og andre fagområder innen naturvitenskap, teknologi og medisin.
- Sikre aktiv deltagelse i EUs rammeprogrammer innen eVitenskap, herunder oppnå ansvaret for koordinering av minst tre store internasjonale prosjekter og/eller programmer innen eVitenskap.
- Etablere en felles nasjonal arena for eVitenskap, for eksempel i form av en “forskerarena” etter modell av vinterskolen i beregningsorientert matematikk
- Utvikle et nødvendig fundament for Regjeringens strukturelle og tematiske prioriteringer i Forskningsmeldningen gjennom satsing på grunnleggende forskning innen metodefagene matematikk, statistikk og informatikk.
- Oppnå en markant økning av kvinneandelen i eVitenskapelig forskning.
- Skape økt interesse for realfag i hele den norske befolkningen med særlig vekt på elever i skoleverket gjennom målrettede formidlingstiltak.

Programplanen la videre opp til at eVITA skulle støtte tre typer forskningsprosjekter:

- Store tverrfaglige prosjekter innen *eVitenskap* innrettet mot programmets tematiske prioriteringer.
- Mellomstore prosjekter rettet mot de *eVitenskapelige* metodefagene matematikk, statistikk og informatikk og mot utvikling av nye løsninger for optimal utnyttelse av *eInfrastruktur*.
- Et fåtall mindre prosjekter som støtter opp under særskilte formidlingstiltak og utvalgte tiltak for å stimulere til internasjonalt samarbeid.

Programplanen skisserte muligheter ved tre alternative budsjetttrammer for forskningsdelen (tall for hele programperioden):

Lav:	346 mill. kroner
Moderat:	550 mill. kroner
Anbefalt:	930 mill. kroner

Resultatet ble 221 mill. kroner. For den lave budsjetttrammen skisserer programplanen følgende prioriteringer for forskningsdelen:

- Programmet må prioritere støtte til de eVitenskapelige metodefagene fremfor støtte til store tverrfaglige forskningsprosjekter innrettet mot konkrete problemstillinger og anvendelser.
- Programmets midler må i hovedsak gå til rekrutteringsstillinger.
- Det kan ikke forventes mer enn høyst ett internasjonalt gjennombrudd av norske forskningsnettverk innen eVitenskap i programperioden.
- Et fåtall norske forskningsnettverk innen eVitenskap vil kunne være på et høyt internasjonalt nivå, og norske forskningsmiljøer vil i begrenset omfang kunne konkurrere om forskningsmidler på den internasjonale arena.
- For å oppnå tilstrekkelig omfang og kvalitet på forskningen må utvalgte nisjer innen vær og klimaforskning, og medisinske og marine problemstillinger prioriteres fremfor andre områder.

Faglig, geografisk og kjønnsmessig profil

Programmet har i tråd med ovenstående prioritert metodefag og tverrfaglige prosjekter, men det har vært noen færre rene metodeprosjekter enn det programplanen indikerer. Av de til sammen 18 forskerprosjektene kan tre sies å ha hovedfokus på generisk metodeutvikling, 11 har utviklet eVitenskapelige metoder med utgangspunkt i anvendelser innen ett eller to fagområder. I de fire øvrige prosjektene har et av målene vært å utvikle tverrfaglige forskningsmiljøer i skjæringsfeltet mellom metodefagene matematikk, statistikk og informatikk, og fagområder innen naturvitenskap, teknologi og medisin.

Anvendelsene i forskerprosjektene dekker områdene medisin, bioteknologi, klima/miljø, økonomi, transport, marine problemstillinger, kjemi og materialteknologi. Det klart største anvendelsesområdet er problemstillinger innen medisin og bioteknologi. De tematiske prioriteringene er i samsvar med programplanen, og medisin var et av høyest prioriterte fagområdene ved lav budsjetttramme.

Det er interessant at det er flere prosjekter med anvendelser innen økonomi og transport. Dette er fagområder som tradisjonelt ikke har vært beregningskrevende eller dataintensive sammenlignet med flere av naturvitenskapene, men der bruken av eVitenskapelige metoder er økende.

Av de 18 forskerprosjektene er 15 ved universiteter og 3 ved forskningsinstitutter. Tre av de 18 prosjektene har kvinnelige prosjektledere. Dette tallet er lavt, men antakelig representativt for kjønnsfordelingen av forskningsledere innen eVitenskap. Av de 78 stipendiatene er 16, eller 21 %, kvinner.

Mange av prosjektene har deltagere fra flere universitet og forskningsinstitutter. Tar vi utgangspunkt i prosjektansvarlig organisasjon, er den geografiske fordelingen av prosjekter og tildelinger:

Fylke	Antall prosjekter	Beløp (mill. kroner)	Prosent av totalt beløp
Hordaland (UiB, UNI, NERSC)	5	61,3	34,6
Akershus (NMBU, Simula)	3	47,7	26,9
Sør-Trøndelag (NTNU)	7	46,8	26,4
Oslo (UiO)	2	13	7,3
Troms (UiT)	1	8,4	4,7

Det har dermed vært en rimelig god geografisk spredning, men det er verdt å merke seg at NMBU ble tildelt to av de store tverrfaglige prosjektene og NTNU sju av de totalt 14 metodeprosjektene. Universitetet i Oslo har antakelig en noe lavere uttelling enn man kunne forvente ut fra størrelsen på fagmiljøene.

Rekruttering og publisering

I alle utlysningene har det vært vekt på rekrutteringsstillinger. Programmet har totalt finansiert 31 doktorgradsstipendiater og 47 postdoktorstipendiater. Av disse har henholdsvis 4 doktorgradsstipendiater og 5 postdoktorstipendiater tatt hele utdanningen i utlandet. Gjennom vinterskolen e-vitenskap har programmet etablert en nasjonal arena for eVitenskap og skapt en møteplass for stipendiatene. Svært mange stipendiater har benyttet seg av denne muligheten.

Flere av prosjektene har ført til omfattende publisering, både vitenskapelig publisering og populærvitenskapelig formidling. Eksempler er:

- *eNEURO - multilevel modelling and simulation of the nervous system*: 69 vitenskapelige artikler, 234 vitenskapelige presentasjoner og 58 populærvitenskapelige publikasjoner.
- *Bridging the gap: Disclosure, understanding and exploitation of the genotype-phenotype map*: 103 vitenskapelige artikler, 113 vitenskapelige presentasjoner og 8 populærvitenskapelige publikasjoner.
- *Discrete Optimization Methods in Maritime and Road-based Transport (DOMinant)*, prosjekt I og II samlet: 80 vitenskapelige artikler, 170 vitenskapelige presentasjoner og 17 oppslag i massemedia og populærvitenskapelige publikasjoner.
- *Forecasting non-linear systems using the ensemble Kalman filter and related methods*: 60 vitenskapelige artikler, 82 vitenskapelig presentasjoner, 9 metoder/modeller/prototyper.
- *The Power of Scale-Space Methods and Gaussian Markov Random Fields Applied in Climatology and Medicine*: 48 vitenskapelige artikler, 84 vitenskapelige presentasjoner og 14 populærvitenskapelige publikasjoner.

Internasjonalisering

Flere av prosjektene har bidratt til å løfte fagmiljøene til et høyt internasjonalt nivå og gjøre miljøene til attraktive partnere i internasjonale forskningsprosjekter. Som eksempler vil vi nevne to av de store tverrfaglige prosjektene innenfor de prioriterte områdene vær/klima og medisin.

Prosjektet *eNEURO - multilevel modelling and simulation of the nervous system* har bidratt til å gjøre gruppen i Computational Neuroscience ved NMBU internasjonalt anerkjent:

- Gruppen er invitert inn som partner i flere EU-prosjekter (BrainScaleS, Human Brain Project) med basis i kompetansen gruppen har opparbeidet seg spesielt innen beregning av elektriske signaler målt i og utenfor hjernen og utvikling av simuleringsverktøyet NEST for storskala simuleringer av nevralt nettverk.
- Gruppens seniormedlemmer Einevoll og Plesser er blitt naturlige valg når bidragsyttere til antologier og oppslagsverk innen fagfeltet velges ut.
- Einevoll ble i 2011 valgt inn som styremedlem i den ledende organisasjonen innen fagfeltet, Organization for Computational Neuroscience; fra 2014 er han også organisasjonens visepresident. Videre er han blitt medlem av Advisory Board for Bernstein Center for Computational Neuroscience (BCCN) i Munchen og associate editor for tre av fagfeltets viktigste tidsskrift.

Prosjektet *Forecasting non-linear systems using the ensemble Kalman filter and related methods* ledet av NERSC har sørget for at Norge har gjenopprettet en sterk posisjon internasjonalt innen data assimilering, både innen vær/klima og andre fagområder:

- Ulike varianter av EnKF benyttes nå ved alle store internasjonale værvarslingscentre (se artikkel i Nature: <http://doi.org/10.1038/nature14956>).
- Partnerne i eVITA-prosjektet deltar i flere EU-prosjekter hvor resultatene fra prosjektet benyttes.
- NERSC leder et av NeGIs Center of Excellence innen klima.
- Meteorologisk institutt (MET) har fått ansvaret for data assimilering i HIRLAM, et europeisk samarbeid om utvikling av værvarslingsmodeller, og her benyttes metoder utviklet i prosjektet.
- Norge, representert ved NERSC, MET og Havforskningsinstituttet, har fått hovedansvaret for marin overvåking og varsling i Arktis i EUs Copernicus program. Dette er en videreføring av modellutviklingen i MyOcean prosjektet. Metodene fra eVITA-prosjektet er implementert i disse modellene.

- Gjennom en utvidelse av prosjektet er det utviklet en kommersiell versjon av metoden for dataassimilering. Denne er implementert i en modell for Sør-Kina havet og tjenester basert på modellen leveres til flere oljeselskaper.

Også flere av forskerprosjektene har oppnådd resultater som har gjort forskningsmiljøene attraktive internasjonalt. Et eksempel er algoritmer og programvare for transportoptimering, utviklet innenfor prosjektene i *Discrete Optimization Methods in Maritime and Road-based Transport*. Algoritmene har vist seg å være svært konkurransedyktige målt mot de best kjente algoritmene internasjonalt, og algoritmene er implementert i programvare som brukes til å optimalisere ruteplanlegging og dermed redusere både kostnader og klimautslipp.

Et annet eksempel er metoder og algoritmer utviklet gjennom prosjektet Symmetry Preserving Algorithms for Differential Equations; Applications, Computation and Education (SpadeACE). Forskerne i dette prosjektet har vært inviterte foredragsholdere til en rekke internasjonale konferanser, bla. keynote lecture i Foundations of Computational Mathematics, og de har også blitt invitert til å skrive artikler i prestisjefylte tidsskrift som Acta Numerica.

Samlet vurdering

Programstyrets samlede vurdering er at programmet har fulgt prioriteringene og nådd de målene som ble satt for lav budsjettamme. Antallet doktorgradsstipendiater og postdoktorstipendiater er svært tilfredsstillende. De 18 forskerprosjektene har resultert i nær 800 vitenskapelige publikasjoner. Antakelig er det reelle tallet høyere fordi ikke alle artikler er ferdigstilt på avslutningstidspunktet.

Fagmiljøenes gjennomslagskraft internasjonalt er større enn man kunne forvente ut fra programmets finansieringsnivå, og programmet har nådd målet om internasjonalt gjennombrudd på tre områder som er sentrale for Norge. De store tverrfaglige prosjektene har spesielt lyktes med å frembringe forskning som har ført til internasjonal anerkjennelse.

Utfordringer framover

Data-drevet og beregningsbasert forskning

Historisk har forskningen vært basert på eksperimenter/observasjoner og teori. Fundamentet for eVitenskap og en viktig begrunnelse for eVITA programmet var det tredje paradigme innen forskning – beregningsbasert forskning. Gjennom bruk av regnekraft til simuleringer og studier av store datamengder ble det mulig å oppnå ny viten innen naturvitenskap, teknologi og medisin – og etter hvert også innen flere av samfunnsvitenskapene og humaniora.

I løpet av de siste årene har det vokst frem et fjerde paradigme innen forskningen – data-drevet forskning¹. Utgangspunktet for dette paradigmet er de eksponentielt økende datamengdene som er tilgjengelig fra store instrumenter som teleskoper, satellitter, partikkelakseleratorer og lyskilder, fra et utall av små sensorer som finnes over alt og utplasseres av både profesjonelle og folk flest, fra tekst og fra simuleringer eller andre former for datagenerering på datamaskiner.

¹ Hey, T, S. Tansley og K. Tolle (Red.): *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery*. Microsoft Corporation, oktober 2009. Tilgjengelig på <http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/> [Lastet 2. juni 2016.]

Trenden med økt tilgang til data, ikke bare innen forskning, men generelt i samfunnet, refereres til som «Stordata» (Big data). Dette navnet antyder at det dreier seg om store datamengder. Det er bare delvis riktig. I den opprinnelige definisjonen² ble det pekt på tre egenskaper ved Stordata:

- Størrelse (engelsk: Volume) – den økende mengden med data som er tilgjengelig for en bedrift, et fagfelt eller et samfunn. Data størrelse skaper utfordringer innen lagring og analyse av data.
- Hastighet (engelsk: Velocity) – den økende hastigheten på data, både inn og ut av et system eller en organisasjon. Data hastighet skaper utfordringer knyttet til å håndtere store datastrømmer og levere analyseresultater tilstrekkelig raskt.
- Variasjon (engelsk: Variety) – Variasjonen i typen data og måten data oppstår på. Data kan komme fra varierte kilder som vitenskapelige målinger, video og sosiale medier, og de kan være strukturerte eller ustrukturerte.

Senere har det blitt foreslått og til dels tatt i bruk en fjerde egenskap ved Stordata

- Troverdighet (engelsk: Veracity) – hvordan kan en stole på alle de data som er tilgjengelig og bruke informasjonen i beslutninger.

Ut fra dette er det riktigere å si at Stordata referer til stor kompleksitet snarere enn store datamengder.

Innen vitenskapene har det gjennom den beregningsbaserte forskningen blitt utviklet metoder for analyse av store datamengder, men i hovedsak strukturerte data med kjente egenskaper. Et eksempel er numerisk løsning av differensialligninger innen fagfelt som fluidmekanikk (for eksempel analyse av fly) og geofysikk (for eksempel værvarsling). Det nye er hvordan disse typene analyser kan videreutvikles gjennom å ta i bruk de store mengdene data fra sensorer som kan ha relevant informasjon og som sender data i sann tid, som alle sensorene som finnes i flyet og alle sensorene som måler data av atmosfærens tilstand (eksempler er usikre data fra trykkmålere i pulsklokker og bilder tatt med mobilkameraer). Videre hvordan slik informasjon kan kombineres til å finne nye resultater, som hvor mye egenskaper ved flyet og den enkelte flyvingen påvirker utslippet av karbondioksid.

Den data-drevne forskningen fører til at eVitenskap får økt fokus på de muligheter og utfordringer som oppstår innen ulike fagområder som følge av økt tilgang på data. Her kan nevnes områder som høy-energi fysikk, astrofysikk, livsvitenskap og geofag (inkludert klimaforskning), energi og materialforskning, men også samfunnsvitenskapelige fag som økonomi og humanistiske fag som språkanalyse og musikkanalyse. Utvikling av metoder, algoritmer og verktøy knyttet til datafangst, arkivering, søk, deling, analyse og visualisering er sentralt. Forskningen vil kreve kompetanse innen data håndtering (IT- og bibliotekskompetanse), analyse (matematikk- og statistikkkompetanse) og fagspesifikk kompetanse. Tverrfaglig forskning og utvikling av metoder og algoritmer som kan benyttes innen flere fagområder vil være spesielt interessant.

Det er ingen tvil om at Stordata også har store anvendelser innen kommersielle analyser og analyser av samfunnsutfordringer. Eksempler er analyse av forbruksmønstre dokumentert gjennom bilder, video og tekst for å øke kundetilfredshet eller analyse av elektroniske

² Laney, D: 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety. META Group, 6. Februar 2001. Tilgjengelig på <http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf> [Lastet 2. juni 2016.]

transaksjoner for å oppdage økonomisk kriminalitet. Denne typen analyser krever forskning, men mye av denne forskningen faller utenfor det naturlige temaområdet for eVitenskap og håndteres av andre program i Forskningsrådet.

Den data-drevne forskningen vil ikke erstatte, men komme i tillegg til den beregningsbaserte forskningen. De store datamengdene vil i mange sammenhenger bli brukt som inngangsdata til beregninger, som i sin tur genererer data av samme størrelsesorden. Tilsvarende må de store datamengdene fra instrumenter analyseres på kraftige datamaskiner for at de skal gi en informasjonsverdi.

Kombinasjonen av data-drevet og beregningsbasert forskning vil stille store krav til arkitektur av datamaskiner og til algoritmer og programvare for beregninger, analyse og visualisering. I noen sammenhenger vil den beste løsningen være å flytte beregningene dit dataene befinner seg for å redusere kostbar flytting av store datamengder, i andre tilfeller er det riktig å bruke den mer tradisjonelle beregningsorienterte metoden med at data strømmer gjennom beregningsenhetene. Disse utfordringene kommer i tillegg til de tekniske utfordringene som følger av at hver enkelt prosessorkjerne ikke lenger blir mye raskere, men at antallet i stedet øker kraftig. I løpet av det neste 10-året må det utvikles algoritmer og programvare som er i stand til å utnytte i størrelsesorden 100 000 prosessorkjerner, og kjernene kan ha en annen arkitektur enn de som benyttes i de fleste av dagens tungregnemaskiner.

Utfordringene innen data-drevet og beregningsbasert forskning og sammenhengen mellom disse har blitt utredet på oppdrag fra det amerikanske Department of Energy³. Rapporten anbefaler tiltak som også kan være relevante for et norsk forskning innen eVitenskap:

- Forskning som kan bidra til å forenkle arbeidsflyt og øke produktiviteten for forskere som baserer seg på data-intensive og beregningsbaserte metoder:
 - Utvikling av bedre menneske-maskin grensesnitt og systemer for menneskelig deltagelse i arbeidsflyten
 - Utvikling av skalerbare metoder for data søk og analyse, matematiske teknikker og programvarekomponenter som kan utgjøre standard byggesteiner i applikasjoner
- Etablering av virkemidler som gjør det mulig å utdanne eksperter med kompetanse i både data-intensiv og beregningsbasert forskning, og som dermed blir i stand til å dra nytte av begge disse paradigmene.

Flere av problemstillingene omtalt over er adressert av eVITA og blir videreført i prosjekter som er innvilget etter avslutningen av eVITA. Her kan nevnes:

- Vinterskolen i eVitenskap er etablert som en felles nasjonal arena for eVitenskap, og den blir videreført med finansiering fra IKTPLUS etter avslutningen av eVITA. Metoder innen data-drevet og beregningsbasert forskning er sentrale temaer på samlingene.
- eVITA har støttet NeGI, som blant annet oppretter nordiske forskerskoler innenfor eVitenskap.

³ DOE Advanced Scientific Computing Advisory Committee (ASCAC) Data Subcommittee: *Synergistic Challenges in Data-Intensive Science and Exascale Computing*. U.S. Department of Energy, Office of Science, 30 mars 2013. Tilgjengelig på http://www.exascale.org/bdec/sites/www.exascale.org/bdec/files/background/DOE-ASCAC_Data_Intensive_Computing_report_final.pdf [Lastet 2. juni 2016.]

- Forskerprosjektene i eVITA adresserte problemstillinger innen både data-drevet og beregningsbasert forskning, og flere av aktivitetene er nå videreført gjennom bevilgninger fra andre virkemidler i Forskningsrådet eller fra EU. Et eksempel er aktiviteten i data assimilering, som har fått nye bevilgninger fra både Forskningsrådet (IKTPLUS) og EU.

De fire personlige doktorgradsstipendiatene som har fått støtte fra eVITA fortsetter sine studier etter utløpet av eVITA. Alle fire har temaer knyttet til datadrevet og/eller beregningsbasert forskning, tre av dem med anvendelser innen henholdsvis geofag, økonomi og høy-energi fysikk.

Stordata er også tema for to Sentre for forskningsdrevet innovasjon, Big Insight, Statistics for the knowledge economy og Centre for Scalable Data Access (SIRIUS). Begge fikk bevilgning i slutten av 2014.

Fagområder og samfunnsutfordringer

eInfrastructure Scientific Opportunities Panel (eSOP), opprettet av programstyret for eVITA i 2009, vurderte behovet for utvikling av eInfrastrukturen. De tok utgangspunkt i vitenskapene som benytter eInfrastruktur og samfunnsutfordringer hvor eVitenskap og eInfrastruktur kan bidra til løsninger. Rapportene til utvalget er derfor interessante også med tanke på fremtidige forskningsbehov innen eVitenskap.

eSOP beskriver eInfrastruktur som samfunnsmessig infrastruktur som ikke bare er rettet mot enkeltprosjekter eller institusjoner, men tilbys på et nasjonalt nivå. Betydningen av eInfrastruktur for forskning kan sammenlignes med betydningen av veier og kraftlinjer for samfunnet. eSOP fremhever flere områder hvor eInfrastruktur spiller en særskilt rolle:

- Energi: Utvinning av energi og mer effektiv bruk av energi
- Klimaforskning og værvarsling: Bedre vår forståelse av klimaendringer og kvaliteten på værvarslene
- Fysikk og kjemi: Høyenergifysikk, solfysikk, geofysikk, fluiddynamikk, beregningsbasert kjemi og materialvitenskap
- Livsvitenskap: Tverrfaglige studier av levende organismer med tilnærminger hentet fra fag som biologi, kjemi, fysikk, farmasi, molekylærbiologi, informatikk, medisin, ernæring og odontologi
- Språkvitenskap
- Økonomi

eSOP konstaterer at i tiden som kommer vil eInfrastruktur bli enda mer sentralt i løsningen av komplekse samfunnsutfordringer, og de peker blant annet på følgende områder:

Energi: I vårt moderne samfunn bruker vi mer energi enn noen gang før, og hoveddelen av verdens energikilder er ikke fornybare og er skadelig for miljøet. Løsningen på energiutfordringene krever to ulike tilnærminger. Vi trenger forskning på sikre og bærekraftige alternativer til våre nåværende energikilder og vi må redusere vårt totale energiforbruk.

Helse og eldreomsorg: Sofistikerte dataenheter som overvåker helse og bidrar til helbredelse, og som kan detektere sykdom på et tidlig stadium, utvikles i raskt tempo. Teknikker som stammer fra beregningsvitenskap brukes for raskere å utvikle medikamenter, kontrollere epidemier, utføre personlig genomkartlegging og overvåking av helsetilstand.

Miljø: Befolkningsvekst og økonomisk vekst er en utfordring for miljøet, og vårt økologiske fotavtrykk må reduseres. eInfrastruktur bidrar til monitorering av miljøparametere, effektivisering

av motorer, optimalisering av trafikkflyt og forskning på fornybare energikilder og miljøvennlige materialer.

Transport og mobilitet: Automatisering og optimalisering av trafikkflyt vil redusere energiforbruket, redusere luftforurensningen, øke produktiviteten og øke sikkerheten. Både offentlige transportsystemer og biler kan utstyres med sensorer og kontrollsystemer som bidrar til effektivisering av trafikkflyt og økt sikkerhet.

Produktivitet: Bedre tilgang til og bruk av eInfrastruktur i forskning og industri bidrar til økt produktivitet i samarbeid på tvers av organisasjoner.

Sikkerhet: Fremskritt innen eInfrastruktur gjør det enklere å samle inn observasjoner og informasjon som er viktig for å beskytte liv og verdier. Kritiske systemer overvåkes av sensorer som detekterer feil og komponenter som er i stand til å utbedre feilene før de påvirker driften. Håndhevelse av lov og orden støttes av sofistikerte metoder for dataanalyser og etterforskning. Det militære forsvaret forbedres gjennom intelligent datainnsamling og -analyse og forbedrede logistikksystemer.

Elementer fra tre av disse temaene er adressert i forskning utført med støtte fra eVITA; helse, miljø og transport. Metodene som er utviklet er i stor grad implementert i beregningsmodeller som er satt i drift og benyttes både i forskning og i operativ virksomhet. Eksempler er ruteplanlegging innen transport, data assimilering i vær- og klimamodeller og beregningsmodeller for å detektere sykdommer i hjertet. Resultatene fra eVITA-prosjektene vil derfor ha effekter i lang tid fremover. I andre tilfeller har forskningen ført til ny grunnleggende forståelse, som i sin tur har lagt grunnlag for nye prosjekter.

eVITA har i mindre grad hatt prosjekter innen energi, produktivitet og sikkerhet. Disse temaene er imidlertid adressert av andre programmer i regi av Forskningsrådet, som ENERGIX og IKTPLUS.

eVitenskap – Infrastruktur, Teori og Anvendelser (eVITA)

Prosjektoversikt

Tverrfaglige prosjekter

eSysbio - an e-science environment for systems biology

Prosjektleder: Pål Puntervoll
Prosjektansvarlig: UNI Research AS

eNEURO - multilevel modelling and simulation of the nervous system

Prosjektleder: Gaute Einevoll
Prosjektansvarlig: Fakultet for miljøvitenskap og teknologi, NMBU

Forecasting non-linear systems using the ensemble Kalman filter and related methods

Prosjektleder: Geir Evensen
Prosjektansvarlig: Nansen senter for miljø og fjernmåling

Bridging the gap: disclosure, understanding and exploitation of the genotype-phenotype map

Prosjektleder: Stig Omholt
Prosjektansvarlig: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Forskerprosjekter

Discrete Optimization Methods in Maritime and Road-based Transportation

Prosjektleder: Marielle Christiansen
Prosjektansvarlig: Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU

The Power of Scale-Space Methods and Gaussian Markov Random Fields Applied in Climatology and Medicine

Prosjektleder: Fred Godtliebsen
Prosjektansvarlig: Fakultet for naturvitenskap og teknologi, UiT – Norges arktiske universitet

Understanding Coral Distribution and conditions for growth in Norwegian waters

Prosjektleder: Øyvind Thiem
Prosjektansvarlig: Avdeling for beregningsvitenskap, Universitetet i Bergen

Integro-PDEs: Numerical methods, Analysis, and Applications to Finance

Prosjektleder: Espen Robstad Jakobsen
Prosjektansvarlig: Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektronikk, NTNU

Parallel Algorithms for Combinatorial Scientific Computing

Prosjektleder: Fredrik Manne
Prosjektansvarlig: Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, Universitetet i Bergen

Structure Preserving Algorithms for Differential Equations - Applications, Computing, Education

Prosjektleder: Hans Munthe-Kaas
Prosjektansvarlig: Matematisk institutt, Universitetet i Bergen

Mathematical and computational methods for co-registering multi-modal medical images

Prosjektleder: Eigil Samset
Prosjektansvarlig: Center of Mathematics for Applications, Universitetet i Oslo

Database Support for Computational Science Applications

Prosjektleder: Kjetil Nørvåg
Prosjektansvarlig: Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektronikk, NTNU

Energy markets: modelling, optimization and simulation

Prosjektleder: Fred Espen Benth
Prosjektansvarlig: Matematisk institutt, Universitetet i Oslo

In Silico Heart Failure - Tools for Accelerating Biomedical Research

Prosjektleder: Joakim Sundnes
Prosjektansvarlig: Simula Research Laboratory AS

Discrete Optimization Methods in Maritime and Road-based Transport II

Prosjektleder: Marielle Christiansen
Prosjektansvarlig: Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU

A method for automated de novo optimisation of functional transition-metal complexes

Prosjektleder: Bjørn Kåre Alsberg
Prosjektansvarlig: Institutt for kjemi, NTNU

Multiscale modelling of hardening precipitate interfaces in alloy design

Prosjektleder: Randi Holmestad
Prosjektansvarlig: Institutt for fysikk, NTNU

eGenVar - Handling, integrating, and analysing biobank data in a hypothesis-driven framework

Prosjektleder: Pål Sætrum
Prosjektansvarlig: Institutt for kreftforskning og molekylær medisin, NTNU

Personlig postdoktorstipend

Registration Uncertainty in Image Guided Therapy

Postdoktorstipendiat: Petter Risholm

Efficient Computational Techniques for High Frequency Scattering Phenomena

Postdoktorstipendiat: Andreas Asheim

Convergent numerical approximations and analysis of viscous compressible flow

Postdoktorstipendiat: Trygve Klovning Karper

Reduced basis methods for parametrized partial differential equations

Postdoktorstipendiat: Jens Eftang

Efficient global minimization methods for sparsity and regularity promoting optimization problems in imaging and vision

Postdoktorstipendiat: Egil Bae

Personlig doktorgradsstipend

Doctoral programme in mathematics at Massachusetts Institute of Technology

Doktorgradsstipendiat: Nina Holden

PhD in Computational Geoscience

Doktorgradsstipendiat: Erik Nesvold

Power production management with renewables: market modelling and risk

Doktorgradsstipendiat: Audun Sætherø

Modelling of Higher Order Flow Harmonics in Ultra Relativistic Heavy Ion Collisions

Doktorgradsstipendiat: Bengt Henrik Brusheim Johansson

Arrangementsstøtte

A JOint Numerical Sea MODelling conference, JONSMOD 2008, to be held in Bergen 23-26 June 2008

Prosjektleder: Jarle Berntsen

Prosjektansvarlig: Matematisk institutt, Universitetet i Bergen

The Seventh International Conference on Mathematical Methods for Curves and Surfaces

Prosjektleder: Knut Mørken

Prosjektansvarlig: Institutt for informatikk, Universitetet i Oslo

Conference support: 2nd International Conference on Scale Space and Variational Methods in Computer Vision

Prosjektleder: Knut-Andreas Lie

Prosjektansvarlig: Matematisk institutt, Universitetet i Oslo

Konferansestøtte til Seventh Triennial Symposium on Transportation Analysis - TRISTAN VII, Tromsø 20.-25. juni 2010

Prosjektleder: Geir Hasle

Prosjektansvarlig: SINTEF Anvendt matematikk

Mathematical Methods for Curves and Surfaces

Prosjektleder: Morten Dæhlen

Prosjektansvarlig: Institutt for informatikk, Universitetet i Oslo

Scientific conference VeRoLog 2014 - Third Conference of the EURO Working Group on Vehicle Routing and Logistics Optimization

Prosjektleder: Geir Hasle

Prosjektansvarlig: SINTEF IKT

5th International Workshop on Modeling the Ocean, IWMO 2013

Prosjektleder: Jarle Berntsen

Prosjektansvarlig: Matematisk institutt, Universitetet i Bergen

Organizing the international Galaxy Community Conference (GCC) June 30th to July 2th 2013

Prosjektleder: Ingeborg Bjorvand Eng

Prosjektansvarlig: Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, Universitetet i Oslo

The SocBiN Bioinformatics 2014 conference

Prosjektleder: Geir Hovig
Prosjektansvarlig: Universitetet i Oslo

ISQBP2016 President's Meeting

Prosjektleder: Nathalie Reuter
Prosjektansvarlig: Universitetet i Bergen

Annen støtte

Planlegging av nasjonal møteserie i eVitenskap

Prosjektleder: Knut-Andreas Lie
Prosjektansvarlig: SINTEF Anvendt matematikk

Formidlingsprosjekt under Forskningsdagene 2007

Prosjektleder: Sølvi Liss Bersås
Prosjektansvarlig: UiT – Norges arktiske universitet

Deltagelse i Forskningsdagene 2007

Prosjektleder: Marielle Christiansen
Prosjektansvarlig: Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU

Kan virkelig tørr statistikk være nyttig innen klimaforskning og medisin?

Prosjektleder: Fred Godtliebsen
Prosjektansvarlig: Fakultet for naturvitenskap og teknologi, UiT – Norges arktiske universitet

Nasjonal møteserie i eVitenskap

Prosjektleder: Knut-Andreas Lie
Prosjektansvarlig: SINTEF Anvendt matematikk

eVITA Winter Schools 2011 – 2015

Prosjektleder: André Rigland Brodtkorb
Prosjektansvarlig: SINTEF Anvendt matematikk

Arbeidsgruppe for organisering og finansiering av nasjonal eInfrastruktur

Prosjektleder: Morten Dæhlen
Prosjektansvarlig: Institutt for informatikk, Universitetet i Oslo

Bidrag til Nordic eScience Globalisation Initiative (NeGI)

Prosjektleder: Sverker Holmgren
Prosjektansvarlig: NordForsk