

Nasjonal strategi for eInfrastruktur

© **The Research Council of Norway 2008**

The Research Council of Norway
P.O.Box 2700 St. Hanshaugen
N-0131 OSLO
Telephone: +47 22 03 70 00
Telefax: +47 22 03 70 01
bibliotek@forskningsradet.no
www.forskningsradet.no/english

The report can be ordered at:
www.forskningsradet.no/publikasjoner

or green number telefax: +47 800 83 001

Printing: The Research Council of Norway
Number of copies: 110

Oslo, October 2008

ISBN 978-82-12-02582-0 (trykt versjon)
ISBN 978-82-12-02583-7 (pdf)

Til Norges forskningsråd

Dette dokumentet er utarbeidet av Rådgivende utvalg for investeringer i eInfrastruktur (ReInfra), et utvalg under Programstyret for eVitenskap – Infrastruktur, Teori og Anvendelser (eVITA). Dokumentet har vært underlag for arbeidet Forskningsrådets nasjonale strategi for forskningsinfrastruktur, som ble publisert i 2008. Alle utvalgets medlemmer stiller seg bak vurderingene og anbefalingene som gis i dokumentet.

Dekanus Knut Fægri (leder),
Universitetet i Oslo

Vitenskapelig direktør Petter Bjørstad
Bergen Center for Scientific Computing

Dekanus Bjørn Hafskjold,
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Administrerende direktør Petter Kongshaug
UNINETT AS

Administrerende direktør Kimmo Koski
CSC- The Finnish IT Center for Science

IT direktør Roar Skålin
Det norske meteorologiske institutt

Hva er eInfrastruktur?

Stadig flere fagområder blir beregnings- og dataintensive, samtidig som mange viktige forskningsutfordringer krever tverrfaglig samarbeid. *eVitenskap* er betegnelsen på de nye former for tverrfaglig forskning der aktørene må dele ulike datakilder, forskningssamarbeid må trosse store geografiske avstander og måledata må hentes inn i reell tid og bearbeides hurtig. Denne ”forskningens tredje vei” krever en distribuert *elektronisk infrastruktur (eInfrastruktur)* bestående av meget store beregningsressurser, avanserte lagringssystemer, Grid-infrastruktur, høyhastighetsnettverk og nødvendige støttetjenester.

Slik eInfrastruktur for forskning gir grunnlag for raske vitenskapelige og teknologiske fremskritt, og skaper muligheter for kunnskapsbasert innovasjon og samfunnsutvikling. Mange vestlige land, deriblant USA, Storbritannia og Tyskland, har betydelig fokus på å utvikle nasjonal eInfrastruktur. Samtidig er det tegn som tyder på at massive infrastrukturinvesteringer i land som Kina, India og Sør-Korea vil akselerere disse landenes industrielle utvikling forbi verdens mer etablerte industrisamfunn. For å innfri Lisboa-målene om å gjøre EU til «den mest konkurransedyktige og dynamiske kunnskapsdrevne økonomi innen 2010» er forskningsinfrastruktur derfor gjort til et betydelig satsingsområde i EUs rammeprogrammer. En norsk satsing på eInfrastruktur er viktig både for understøttelse av nasjonale målsetninger og for deltakelse på de europeiske og globale arenaer.

Meget store beregningsressurser omfatter datamaskiner for å utføre store vitenskapelige beregninger (*tungregning*). Tungregnemaskiner er datamaskiner laget for å håndtere store datamengder og flyttalloperasjoner. I dag vil dette typisk være datamaskiner med stort primærminne, mye disklagringsplass og en ytelse på minst 1 TeraFlops/s¹.

Avanserte lagringssystemer inkluderer store datarepositorier², program- og maskinvare for tilgang og håndtering, samt systemer for sikkerhetskopiering av dataene. Mengden digitale forskningsdata dobles omtrent hvert 2. år, og mange forskningsmiljøer er ikke forberedt på å håndtere denne økende dataflommen. Eksempelvis vil den nye partikkelakseleratoren i CERN generere 12-14 PetaBytes³ årlig, tilsvarende en 20 km høy stabel med CD'er. Mange forskningsdata vil det være umulig eller svært kostbart å reprodusere. I dag kreves nasjonale forskningsdata lagret i minst 10 år, mens enkelte typer observerte data må kunne lagres evig. I Europa øker forståelsen av de digitale repositoriernes strategiske betydning for målet om et samlet europeisk informasjonsområde. Digitale løsninger kan forbedre tilgjengelighet og gjenfinning i de enorme informasjonsmengdene som vitenskapen i dag besitter, samt tilrettelegge for bruk og gjenbruk på tvers av fagområder.

Grid-infrastruktur er program- og maskinvare for å kople elektroniske ressurser sammen ved bruk av Internet slik at de kan utnyttes av forskere uavhengig av geografisk lokasjon. Grid kan gi mulighet for fordeling av beregningsoppgaver over mange datamaskiner, enklere tilgang til datarepositorier og forskningsdatabaser, samt fjerntilgang til vitenskapelige instrumenter og forskningsinfrastruktur. Det er økende interesse for Grid-infrastruktur, både på nasjonalt, nordisk, europeisk og globalt nivå.

¹ Tera = 10^{12} . 1 TeraFlops/s = 10^{12} flyttallsoperasjoner pr. sekund. Ved utgangen 2007 har de kraftigste datamaskinene i verden en spissytelse på ca. 1000 TeraFlops/s, mens den kraftigste datamaskinen for forskningsformål i Norge yter ca. 60 TeraFlops/s.

² Datarepositorie- sted der data lagres og vedlikeholdes.

³ Peta = 10^{15} . 1 PetaByte = 10^{15} Bytes. 1 bokstav kan typisk lagres i 1 byte.

Høyhastighetsnettet er i denne sammenheng de raskeste delene av forskningsnettet som binder sammen alle universiteter og høyskoler. I dag vil det si fiberoptiske nettforbindelser på mer enn 1 GBit/s⁴. Det norske forskningsnettet drives i dag av UNINETT og finansieres direkte fra Kunnskapsdepartementet.

Støttetjenester omfatter personellinnsats for drift og brukerstøtte, samt den programvare som skal til for å drive og benytte komponentene over. Drift og støttetjenester for tungregning og Grid krever spesialkompetanse som bygges opp over lang tid, og teknologiskifter krever kontinuerlig vedlikehold av kompetanse. Datarepositorier må kunne yte støttetjenester som omfatter håndtering av data fra deres opprinnelse, tilretteleggelse for bruk og gjenfinning, vedlikehold og oppdatering av metadata⁵, samt trygg arkivering for fremtiden.

Hvor står vi i dag?

Norge var tidlig ute med sin tungregnesatsing. Betydelige investeringer ble gjort allerede i 1986 med bidrag fra Forskningsrådet, Statoil, Hydro, NTNU og SINTEF. Dette bidro til at mange beregningskrevende forskningsområder inntok en sterk og internasjonalt synlig posisjon. Den tidlige satsingen har vært fulgt opp gjennom flere tungregneprogrammer, med investeringer i Bergen Oslo, Tromsø og Trondheim. De siste 10 år har imidlertid utviklingen vært preget av stagnasjon. Eksempelvis har den ordinære bevilgningen til nasjonale tungregneressurser ligget konstant på 22 MNOK årlig siden 1996, på tross av at flere internasjonale utredninger har påpekt betydelig høyere investeringsbehov for eInfrastruktur. I 2006 startet Forskningsrådet opp et program for eVitenskap- Infrastruktur, Teori og Anvendelser (eVITA). eVITA ivaretar ansvar for nasjonal eInfrastruktur med unntak av forskningsnettet, som hører inn under UNINETT AS. I 2007 ble det gitt en ekstraordinær bevilgning på 70 MNOK til eInfrastruktur. Bevilgningen ble fordelt på tungregneressurser, Grid og etablering av et nasjonalt repositorie for forskningsdata. eVITA er organisert med et programstyre og egne underutvalg for investeringsstrategi og ressursfordeling. I tillegg er UNINETT Sigma AS⁶ (Sigma) etablert som en statlig operatør av tungregning og Grid for forskningsformål med bevilgninger fra Forskningsrådet.

Tungregning

Gjennom det nasjonale prosjektet NOTUR II, hvor de fire "gamle" universitetene og Meteorologisk Institutt deltar, administrerer Sigma et metasenter for tungregning hvor tungregne-maskiner ved de fire universitetene gjøres tilgjengelig for forskere ved norske universiteter og høyskoler. Meteorologisk Institutt benytter en maskin ved NTNU som kom i drift i slutten av 2006, til operasjonell værvarsling. I 2007 ble det investert i nye maskiner i Bergen og Tromsø, samt utvidelse av et anlegg i Oslo. Maskinene har ulike egenskaper for å kunne dekke et bredt spekter av brukerbehov. Behov for beregningsressurser vokser raskt ved universitetene og ved forskningsinstituttene, inklusive Meteorologisk institutt. Dette skyldes i hovedsak økende betydning av datamaskinberegninger som forskningens tredje vei innenfor vitenskap og ingeniørfag, men også innenfor medisin, samfunnsfag og humaniora. De nasjonale tungregneressursene deles av 2-300 forskere fordelt på 60-70 forskningsprosjekter. Forskningsrådet har satt i gang flere store satsinger de senere år; som f.eks NORKLIMA, NANOMAT og FUGE; som er helt avhengige av god tilgang på tungregneressurser. Tungregneanleggene benyttes også i utstrakt grad av flere Sentre for fremragende forskning, miljøinstitutter og teknisk-industrielle institutter. Norge deltar i det europeiske tungregnesamarbeidet Partnership for Advanced Computing in Europe, som har til hensikt å etablere en av verdens største tungregneanlegg.

⁴ Giga = 10⁹. 1 GBit/s = 10⁹ bit pr. sekund. (En bokstav er typisk lagret i 1 Byte = 8 bit.)

⁵ Metadata- data om data.

⁶ UNINETT Sigma er et datterselskap av UNINETT.

Grid-infrastruktur

Norske forskningsmiljø har de senere år deltatt aktivt i å utvikle programvare for gridbaserte løsninger og har sammen med nordiske kollegaer utviklet gridprogramvare som benyttes i det nordiske Gridsamarbeidet Nordic Data Grid Facility (NDGF). NDGF skal betjene et bredt spekter av fagområder, men med særskilt ansvar for prosessering og lagring av data fra CERNs nye akselerator. NorGrid er etablert som nasjonal Grid-infrastruktur, men med et beskjedent finansieringsnivå. Dette har hemmet nasjonal deltagelse i internasjonalt gridsamarbeid og vært til hinder for oppbygging av nasjonal kompetanse på dette fagområdet.

Lagringsystemer

Norge har i dag to betydelige datarepositorier. Et repositorie for lagring av klimasimuleringer er fordelt mellom NTNU i Trondheim og Bjerknessenteret i Bergen. Et annet repositorie er fordelt mellom UiB og UiO, og håndterer data fra eksperimenter ved Large Hadron Collider ved CERN. Dette inngår som en del av et internasjonalt Grid-samarbeid der nordiske deltakelse er organisert gjennom NDGF. Et nasjonalt lagringsprosjekt NorStore ble startet i 2007 med formål å etablere en nasjonal infrastruktur for lagring og håndtering av vitenskapelige data. Et tilsvarende prosjekt er under utvikling i Sverige.

Høyhastighetsnettverk

Også på nettverkssiden har Norge sakkert akterut de senere år i forhold til det forskningsnett som var tilgjengelig før årtusenskiftet. På nittitallet hadde norske forskere tilgjengelig et datanett som var blant de aller raskeste forskningsnettene i verden. Dette var et resultat av et nært samarbeid mellom Televerket og UNINETT som forvaltet det norske forskningsnett. Dessverre har vi ikke vært i stand til å opprettholde en slik posisjon, og i dag må vi se oss passert av mange vestlige land. At vi i dag har et forskningsnett som er relativt moderne, skyldes i stor grad at UNINETT har fått anledning til å lånefinansiere de nødvendige investeringer. UNINETT etablerte i 2007 grunnstammen i et moderne fiberoptisk datanettverk for forskning. I likhet med andre europeiske land må dedikerte optiske linjer finansieres av brukerne. Tjenester innen Grid, tungregning og datalagring vil i visse tilfelle trenge slike dedikerte optiske linjer for å kunne tilby forskningssamarbeid og datatilgang i sann tid. I dag er det forbindelser på 2,5 GBit/s mellom de fire gamle universitetene. Norske forskningsinstitusjoner er koplet opp med fiberoptiske linjer til Norden gjennom NORDUnet-samarbeidet og til øvrige europeiske land gjennom GEANT2.

Støttetjenester

Innen tungregning tilbys støttetjenester i form av drift av anleggene, programvare og brukerstøtte. Det har også i beskjeden grad vært gitt brukerstøtte innen Grid, mens støttetjenester tilknyttet datalagring ikke er utviklet. Finansieringssituasjonen har medført at nivået på støttetjenester i de senere år har ligget på et meget beskjedent nivå. UNINETT håndterer drift og brukerstøtte for forskningsnett.

Ambisjonsnivå

En velfungerende eInfrastruktur er helt nødvendig for forskning innen de fleste fagområder og spesielt innen sentrale satsingsområder som klima, petroleum, energi/miljø, material- og nanoteknologi. Dersom de vedtatte målsetninger skal nås, må norske forskningsmiljø innen disse områdene kunne hevde seg internasjonalt. Nasjonal eInfrastruktur har også betydning for innovasjon og næringsutvikling. Da må norsk eInfrastruktur for forskning som et minimum, være på høyde med den som tilbys i sammenliknbare kunnskapsnasjoner. Dette tilsier at Norge må ha følgende ambisjoner for sin eInfrastruktur for forskning.:

1. *Norge skal ha en velfungerende eInfrastruktur som er minst på høyden med den en finner i andre land det er naturlig å sammenligne seg med har.*
2. *Norske forskere må sikres adgang til relevante internasjonale ressurser der dette er hensiktsmessig ut fra en overordnet strategisk vurdering.*

Hva trengs?

Det blir stadig vanskeligere for forskningsmiljøer og de enkelte land å kunne tilby elektroniske ressurser som tilfredsstillende de aktuelle brukerbehov. Dette er noe av utgangspunktet for EU's eInfrastructures Reflection Group (e-IRG), som gir råd til EU-kommisjonen og de enkelte lands politiske myndigheter om eInfrastruktur for forskning. e-IRG understreker betydningen av at eInfrastruktur etableres som en permanent tjeneste. Det vil kreve en endring fra dagens situasjon, der eInfrastruktur gjerne er prosjektfinansiert og rettet mot spesielle disipliner og forskergrupper.

e-IRG anbefaler at fremtidens eInfrastruktur bør være disiplinuavhengig og åpen for forskere fra alle fagområder. De nasjonale myndighetene bør derfor finansiere flerfaglig og inkluderende eInfrastruktur rettet mot brukere innenfor alle fagområder. Forskningsrådet kan her spille en rolle i å samordne behov fra ulike programsatsinger slik at en nasjonal eInfrastruktur kan tilbys alle forskere basert på overordnede prioriteringer. En slik struktur har lenge vært på plass innen tungregning, der Forskningsrådet har etablert Sigma som et statlig verktøy for samordning investeringsbehovene og regnerressurser fordeles ved bruk av Forskningsrådets tredje styringsnivå.

Nasjonal eInfrastruktur må benytte internasjonale åpne standarder og det må legges til rette for samvirke mellom eInfrastruktur på tvers av landegrensene. Nye teknologier må vurderes innført fortløpende, brukervennlighet og brukeropplæring må vektlegges for at forskersamfunnet skal kunne dra mest mulig nytte av eInfrastruktur. En sterk nasjonal koordinering av eInfrastruktur er viktig for integrasjon med pan-Europeisk eInfrastruktur. Nasjonal eInfrastruktur bør inngå som et element i pan-Europeisk eInfrastruktur, og nasjonal eInfrastruktur initiativer må bidra til fellesskapet med elektroniske ressurser og brukerstøtte. For å kunne dra nytte av felles europeisk eInfrastruktur må derfor Norge selv holde et visst nivå på nasjonal eInfrastruktur.

e-IRG anbefaler også at næringsliv og små bedrifter koples tettere opp mot nasjonal eInfrastruktur, både som brukere og som tjenesteleverandører. En tettere kopling mot næringslivet og den teknisk-industrielle instituttsektoren vil være av betydning for utvikling av nye IKT-tjenester og for å fremme innovasjon. Fordi tjenesteutvikling utgjør en relativt stor andel av norsk IKT-næring (Nordisk Statistisk årbok, 2006) vil dette være et område særskilt potensiale for norsk næringsliv. Et eksempel er innføringen av integrerte operasjoner på norsk kontinentalsokkel, som kan åpne for utvikling av innovative sanntidsapplikasjoner basert på moderne eInfrastruktur.

Bruk og forståelse av IKT er meget velutviklet i Norden, og potensialet for deltakelse i og utnyttelse av IKT i de nordiske landene er rangert blant de høyeste i verden (World Economic Forum, 2007). Forening av kreftene innen oppbygging og utnyttelse av eInfrastruktur i Norden bør derfor videreutvikles slik at man kan dra felles nytte av dette potensialet for forskning og næringsutvikling.

Tungregning

Bruk av datamaskinsimuleringer betegnes ofte som den "tredje forskningsvei", i tillegg til eksperimentering og teori. For mange forskningsområder vil tungregnerressurser være helt nødvendig for at forskerne skal kunne benytte denne tredje vei. Beregningsbehovet er imidlertid mangfoldig, og kan både variere mellom forskningsgrupper og internt i de enkelte prosjekter.

Øvrige faktorer som det bør tas hensyn til er:

- Den teknologiske utviklingen gir kort levetid for tungregnemaskiner. (I dag er levetiden omlag 4 år.)
- Meteorologisk Institutt sitt behov for tungregnekraft til operasjonell varsling stiller spesielle ytelseskrav til minst en av de nasjonale tungregnemaskinene.
- Spredning av investeringer i maskinvare over tid vil gi jevn oppbygging av tungregneressurser.
- Hvilken maskinarkitektur som er mest kostnadseffektiv, vil avhenge av hva slags type beregningsoppgave som skal utføres.

For å ivareta varierende behov trengs et balansert system for tungregning med tilgang på maskiner med arkitektur som tilfredsstiller de ulike brukergrupper. I et slikt system bør mindre oppgaver utføres lokalt, mens de store oppgavene gjøres på nasjonale spissressurser. Et balansert system vil bidra til at de store kostbare ressursene ikke nedleses med mindre bergningsoppgaver som bedre kan utføres på annet billigere utstyr. For å få til dette trengs en tydelig arbeidsdeling mellom lokale og nasjonale tungregneressurser. For spesielt krevende beregningsoppgaver vil det være viktig at norske forskere gis mulighet til å benytte internasjonale tungregneanlegg.

Teknologisk sett ser man nå konturene av et paradigmeskifte innen prosessorutvikling, noe som vil få betydelige konsekvenser for fremtidens tungregning. Svært få brukere har programvare som kan utnytte tungregneanlegg med mange tusen flerkjerneprosessorer. For å utnytte disse regneanleggene trengs betydelig forskningsinnsats innen utvikling av beregningsorienterte matematiske metoder og programvare, et fagområde som også ivaretas gjennom Forskningsrådets eVITA-program. Avkastningen fra en nasjonal satsing på tungregning vil derfor være koplet mot forskningsinnsatsen i eVitenskap.

Grid-infrastruktur

I Europa går utviklingen nå fra prosjektfinansiering av Grid til etablering av en felles europeisk Grid infrastruktur. Grunnpilarene i den europeiske Grid infrastruktur vil være sammenknytning av de forskjellige nasjonale og regionale Grid som etableres. En bærekraftig nasjonal Grid-infrastruktur vil være en forutsetning for at norske forskere skal få tilgang til Grid-infrastruktur utenfor Norge og dermed kunne delta i forskningssamarbeid basert på Grid-teknologi. Regional (nordisk) Grid-infrastruktur ivaretatt gjennom NDGF er nødvendig for vår deltagelse i CERN-samarbeid. Videre vil deltagelse i større internasjonale prosjekter innen eVitenskap forutsette nasjonal Gridinfrastruktur som kan samvirke med internasjonal Grid-infrastruktur. Nasjonal Grid-infrastruktur vil kunne gi forskere tilgang til internasjonale tungregneressurser og samtidig øke utnyttelsen av de nasjonale anleggene.

Lagringssystemer

Dersom gamle og nye digitale data skal kunne brukes i fremtiden trengs en aktiv strategi for datahåndtering. Repositoryene må utgjøre varige strukturer, slik at viktige forskningsdata overlever teknologiskifter. Data må håndteres i henhold til internasjonale og åpne standarder slik at de kan utveksles mellom fagområder og over landegrensene. En varig nasjonal infrastruktur vil kunne sikre en koordinert tilnærming til håndtering av digitale forskningsdata og kunne utvikle og opprettholde kjernekompetanse for pleie, bevaring og arkivering av data. Den fysiske delen av lagringsinfrastrukturen vil bestå av dedikerte datamaskiner med store lagringssystemer (disk, robotiserte tapesystemer, etc.) samt utstyr for nødvendig sikkerhetskopiering. Lagringsinfrastrukturen må også tilby tjenester som gir hensiktsmessig tilgang og søkemulighet. En nasjonal koordinert løsning vil best kunne sikre tilgang, lagring, standardisering og samordning med øvrige systemer i Norden, Europa og resten av verden.

Høyhastighetsnettverk

Et pålitelig forskningsnettverk med tilstrekkelig kapasitet er en integrert del av den nasjonale eInfrastruktur. Nettverkskapasiteten må stå i forhold til hva som tilbys internasjonalt. Gjennom det internasjonale forskningsnettverket GEANT2 er Norge koblet opp til resten av Europa med fiberoptisk høykapasitetsnett. UNINETT slutfører nå en tilsvarende oppgradering av det norske forskningsnettverket til et hybridnett som vil gi et stamnett på 10 GBit/s med mulighet for dedikerte 10 Gbit/s forbindelser til krevende brukere. Dette kan bli aktuelt for norske tungregneanlegg, datarepositorier og spesielle forskningsprosjekter. I forbindelse med analyse av data fra CERN planlegges en dedikert fiberoptisk forbindelse fra Norge til NDGF i København.

I nordområdene leier UNINETT i dag en fiberoptisk forbindelse fra fastlandet til Longyearbyen, mens Ny Ålesund kun betjenes av radiolinje med betydelig lavere kapasitet. En fiberoptisk høyhastighetsforbindelse mellom Longyearbyen og Ny Ålesund vil gjøre Svalbard til en ennå mer attraktiv base for polarforskning.

Støttetjenester

En velfungerende eInfrastruktur for forskning krever at denne drives på en profesjonell måte, og at det finnes et kompetent støtteapparat som kan hjelpe brukere til å utnytte infrastrukturen på en optimal måte. Dette betyr at det må satses på å bygge opp kompetanse innen drift og bruk av de forskjellige komponentene som inngår i vår eInfrastruktur. Styrket opplæring i bruk av eInfrastruktur vil effektivisere forskernes bruk av eInfrastruktur, fremme nye og innovative bruksmuligheter og gjøre denne infrastrukturen mer tilgjengelig for nye brukergrupper.

Hvilke tiltak er nødvendig?

En norsk eInfrastruktur må kunne koples tett opp mot eInfrastruktur i andre land og på pan-europeisk og global skala. Dette krever en enhetlig organisering av nasjonal eInfrastruktur. Nasjonal eInfrastruktur må etableres som en permanent tjeneste for brukerne. Dette vil kreve en dreining av myndighetenes finansieringsmekanismer fra prosjekt- og programfinansiering over mot mer bærekraftige ordninger. En slik dreining vil gjøre det lettere for Norge å delta i forpliktende internasjonalt samarbeid om bruk av eInfrastruktur, noe som igjen vil fremme internasjonalt forskningssamarbeid. Internasjonale utredninger (Nieminen et al, 2005) har tidligere antydnet et investeringsbehov for tungregning på 53 MNOK, med en årlig vekst på 2%. På bakgrunn av nye utviklingstrekk og øket fokus på Grid og lagringsproblematikk anbefales minimum et nivå på 70 MNOK årlig, noe som er i samsvar med anbefalinger i eVITAs programplan. I tillegg anbefales følgende tiltak (i uprioritert rekkefølge):

- Finansieringsmekanismer som sikrer permanent og bærekraftig eInfrastruktur må utvikles.
- Mekanismene som kobler nasjonale forskningssatsinger opp mot investeringer i og bruk av eInfrastruktur bør videreutvikles.
- Nordisk samarbeid innen eInfrastruktur bør styrkes.
- Utbygging av eInfrastruktur må koples til brukeropplæring og relevant forskning for å sikre effektiv utnyttelse av elektroniske ressurser.

Tungregning

- Norge må kunne tilby relevante tungregnerressurser for våre forskningsmiljøer.
- Det bør introduseres et nytt høyytelses tungregneanlegg hvert 4 år. Dette bør oppgraderes etter ca. 1 ½ - 2 år.
- I tillegg bør det etableres i tungregnekapasitet gjennom investering i kostnadseffektive tungregneanlegg (for eksempel klynger). Ett nytt slikt anlegg bør anskaffes hvert 2. år. (Dette vil sikre at i hvert fall noen av tungregnemaskinene vil være relativt moderne.)

- Det bør inngås avtaler som sikrer at norske forskere kan få adgang til høytytelses tungregneressurser på europeisk nivå. Dette dreier seg om tungregneanlegg som er betydelig kraftigere enn det Norge vil være i stand til å anskaffe alene.
- Nordisk samarbeid innen tungregning bør utvikles videre.
- Meteorologisk Institutt sitt behov for tungregneressurser til operativ værvarsling krever stadig mer regnetid. Dette gjør dette anlegget mindre tilgjengelig for forskning. Det bør vurderes om det skal investeres i et eget tungregneanlegg for operativ værvarsling.
- Det bør utvikles samarbeidsmodeller som tilrettelegger for industriens bruk av tungregneressurser.

Grid-infrastruktur

- Norges deltagelse i det nordiske samarbeidsprosjektet NDGF må følges opp med de nødvendige ressurser.
- Den norske Grid-infrastrukturen NorGrid bør bygges ut slik at den kan danne basis for norsk deltagelse i internasjonale Grid-baserte forskningsprosjekter. (Merk at beregnings- og lagringsressursene i NorGrid bør være de samme som i det norske tungregnesystemet.)
- NorGrid bør videreutvikles til en permanent infrastruktur for forskning.
- Norge bør delta i internasjonale og (spesielt) europeiske samarbeidsprosjekter for utbygging og sammenkopling Grid-infrastruktur.

Lagringsystemer

- Det nasjonale lagringsprosjektet NorStore bør sikres videre finansiering.
- Det bør legges planer for å videreutvikle NorStore til en bærekraftig og integrert del av den nasjonale eInfrastruktur.
- Samordningsgevinster bør søkes i forhold til tilsvarende oppbygging av infrastruktur i de nordiske land.

Høyhastighetsnettverk

- Den planlagte oppgradering av forskningsnettet til et fiberoptisk nettverk bør gjennomføres så snart som mulig.
- Det bør vurderes å etablere dedikerte linjer mellom de nasjonale tungregneanleggene.

Støttetjenester

- Dagens ordning for brukerstøtte bør styrkes og videreutvikles.
- Avansert brukerstøtte rettet mot bestemte applikasjonsområder bør bygges ut.
- Støtte for parallellisering/optimalisering av programmer for tungregnebrukere bør forsterkes.
- Et eget apparat for brukerstøtte bør bygges opp som ledd i en satsing på datalagring.
- Et repository av vitenskapelig programvare og brukerverktøy bør etableres.

Referanser

Nordic eScience- Research, Education and Sustainable Infrastructure Services. A strategy document for the Nordic Council of Ministers, July, 2007.

Aerts P, Lüthi H P, Ynnerman A (2004) Evaluation of NOTUR. NOTUR – A Norwegian High Performance Computational Infrastructure. Norges Forskningsråd. ISBN 82-12-01991-8.

Tungregning mot 2010, Odd Gropen, Roar Skålin og Morten Dæhlen, Norges forskningsråd, august 2002.

The Future of High-Performance Computing in Norway, Risto Nieminen, Anne C. Elster, Knut Børve, Roar Skålin og Lina von Sydow, Norges forskningsråd, november 2003.

Evaluation of the Nordic Data Grid Facility (NDGF), Morten Dæhlen and Karl-Fredrik Berggren, 2007.

Investments in the Norwegian eInfrastructure for Computational Science - An investment plan for the period 2007-2016, ReInfra - The Committee for Investments in eInfrastructure, The Research Council of Norway, Oslo, March 2007
ISBN 978-82-12-02425-0 (printed version), ISBN 978-82-12-02426-7 (pdf)

Report e-IRG Task Force on Sustainable e-Infrastructures, April, 2006. Kan lastes ned fra <http://www.e-irg.org/pub/>.

e-IRG White Paper from Austrian Presidency, 2006. Kan lastes ned fra <http://www.e-irg.org/publ/2006-Austrian-eIRG-whitepaper.pdf>

Nordisk statistisk årsbok 2006, Vol. 44, ISBN 92-893-1264-5, ISSN 1398-0017, Nord 2006:001, ISSN 0903-7004, Nordisk Ministerråd, København, 2006. Kan lastes ned fra <http://www.norden.org/pub/ovrigt/statistik/sk/N2006001.pdf>

The Global Information Technology Report 2006-2007, World Economic Forum, 2007, ISBN:1-4039-9931-7. Kan lastes ned fra <http://www.weforum.org/en/initiatives/gcp/global%20Information%20Technology%20Report/>

ISBN 978-82-12-02582-0 (trykt versjon)
ISBN 978-82-12-02583-7 (pdf)