

# Digital infrastruktur til forskning i verdensklasse i 2025

*- en analyse og udredning vedrørende dansk e-infrastruktursamarbejde*

*Vision for dansk e-infrastruktur i 2025:*

*"Forskere ved de danske universiteter skal have adgang til en e-infrastruktur, der muliggør forskning og uddannelse i verdensklasse" (Uddannelses- og Forskningsministeriet 2017)*

20. december 2017

Denne rapport er udarbejdet efter anmodning fra Styrelsen for Forskning og Uddannelse og Danske Universiteter.

Bidragydere er:

Børge Obel, bestyrelsesformand, DeIC (redaktion)

Steen Pedersen, DeIC (redaktion)

Gitte Kudsk, DeIC (planlægning og redaktion)

Josva Kleist, NORUnet (redaktion)

Lene Krøl Andersen, DeIC

Birgitte Vedel Thage, DeIC

Helle Meldgaard, DeIC

Martin Bech, DeIC

Kurt Gammelgaard Nielsen, SDU

Rene Belsø, DeIC

Diba Markus, DeIC

Ole Kjærgaard, DeIC

## Indholdsfortegnelse

1	Resume .....	4
2	Definitioner og afgrænsning .....	6
2.1	Dokumentets opbygning .....	9
3	Behovskortlægning .....	10
3.1	Humaniora.....	11
3.2	Samfundsvidenskab .....	13
3.3	Sundhedsvidenskab.....	16
3.4	Teknisk- og Naturvidenskab .....	18
3.5	Fremtidige behov og muligheder .....	22
4	Benchmark i forhold til andre lande .....	25
4.1	Norge.....	25
4.2	Sverige.....	28
4.3	Finland.....	30
4.4	Holland .....	32
4.5	Benchmark af den nationale e-infrastruktur i Danmark .....	35
5	Beskrivelse af den europæiske udvikling.....	42
5.1	European Cloud Initiative - European Open Science Cloud (EOSC).....	43
5.2	HPC.....	45
5.3	Forskningsnet .....	48
5.4	Datamanagement og -lagring.....	51
5.5	eScience-kompetencer.....	52
5.6	Services .....	53
5.7	Fremtidig udvikling og involvering i de europæiske aktiviteter .....	53
6	Sammenfatning.....	55
6.1	HPC.....	55
6.2	Forskningsnet .....	56
6.3	Datamanagement og -lagring.....	57
6.4	Kompetencer.....	58
6.5	Services .....	58
7	Bilagsgliste .....	59

# 1 Resume

Uddannelses- og forskningsministeriet har i samarbejde med Danske Universiteter igangsat en strategiproces med det formål at udarbejde en fælles strategi for det nationale e-infrastruktursamarbejde for perioden 2019 – 2029.

Ministeriet foreslår, at udgangspunktet for strategiarbejdet er følgende vision for dansk e-infrastruktur i 2025:

*Forskere ved de danske universiteter skal have adgang til e-infrastruktur, der muliggør forskning og uddannelse i verdensklasse.*

De grundlæggende principper for strategien foreslås at være:

- At forskere inden for alle hovedområder har adgang til e-infrastruktur, og at adgangen til national e-infrastruktur sker på transparente vilkår.
- At der etableres en klar og tydelig rolle- og arbejdsfordeling mellem aktiviteter på det nationale niveau og på institutionsniveau.
- At investeringer i kostbar e-infrastruktur til forskning skal koordineres, samt udnyttes og drives mest effektivt og optimalt.
- At der er stabilitet omkring økonomi omkring e-infrastruktur til at sikre både kontinuerlig modernisering af teknologi og kompetenceudvikling.

På baggrund af dette er DeiC – Dansk e-infrastruktur Samarbejde – blevet bedt om at udarbejde en analyserapport, som vidensgrundlag for udformningen af strategien med følgende elementer:

- En behovsanalyse med udgangspunkt i en vurdering af forskernes nuværende behov samt en vurdering af behovene i et fem-ti-årigt perspektiv.
- Et benchmark af nationale løsninger i en række sammenlignelige lande, herunder organiseringsmodel og økonomi.
- En analyse af den europæiske udvikling på området.

Nærværende rapport udgør den ønskede analyse med besvarelse af de spørgsmål, der fremgår af kommissoriet for opgaven gengivet i bilag 1.

Nedenfor sammenfattes det overordnede indtryk efter kortlægningen af de tre analyseområder, og med fokus på HPC (High Performance Computing), forskningsnet, datamanagement og -lagring og eScience kompetencer.

Behovskortlægningen angiver et behov for fire typer af HPC-anlæg på nationalt niveau:

1. Anlæg konstrueret til at køre større beregninger parallelt på mange beregningsenheder i computeren (High Performance Computing - HPC). Anlægget vil udfylde det gab, der er mellem de eksisterende lokale anlæg og de store internationale anlæg som PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe). Behovet ses primært hos forskere, der er godt i gang med anvendelsen af HPC, typisk inden for det Teknisk- og Naturvidenskabelige område.
2. Anlæg konstrueret til at køre et stort antal beregninger samtidig, der hver især ikke optager et stort antal beregningsenheder (High Throughput Computing - HTC). Anlægget vil tilfredsstille et behov for mindre beregningsopgaver hos et bredt felt af videnskabelige områder. For etablering af et nationalt anlæg af denne type tæller primært tekniske og mandskabsmæssige stordriftsfordele.
3. Anlæg dedikeret registerdata og personhenførbare data. Det kan enten have form af en sikker cloud på et andet nationalt anlæg eller som nationalt drevne anlæg ved datakilderne. Disse anlæg vil være med til at løse udfordringerne med adgangen til at forske på disse data, der stiller høje krav til persondataskyttelsen.
4. Anlæg dedikeret lifescience området. Det skal både tilgodese forskning og fungere som produktionsanlæg til kliniske behov i forbindelse med initiativerne på området for personlig medicin. Organisering og finansiering af dette anlæg skal fastlægges i samarbejde med Sundhedsministeriets igangværende projekt på området.

Benchmarkanalysen viser, at de lande der sammenlignes med, alle har nationale HPC-anlæg, der opfylder forskellige behov. De store af deres HPC-anlæg ligger blandt de 200 største computere på den internationale Top500 liste.

Analysen af den europæiske udvikling viser, at udviklingen går mod stadigt større computere. Det europæiske projekt EURO-HPC vil være en medvirkende faktor til at øge kapaciteten på Europas største installation med mere end en faktor 10 inden for en 10-årig periode.

Behovskortlægningen viser, at forskningsnettet bliver betragtet som en basal, men uundværlig forskningsinfrastruktur, der fortsat skal have den nødvendige sikkerhed og kapacitet både nationalt og internationalt. Det er essentielt for forskningen, at der er et dedikeret net med højhastighedsforbindelser og mulighed for etablering af dedikerede og/eller sikrede forbindelser, der muliggør adgangen til data og HPC.

Forskningsnettet i Danmark er med sin opgradering i 2017 på højde med benchmark-landene teknisk og kapacitetsmæssigt.

Den europæiske satsning i forbindelse med European Cloud Initiative og internationale analyser viser, at det forventes, at behovet for kapacitet i forskningsnettene vil stige væsentligt inden for de kommende år. Derfor bør der fortsat investeres i at sikre en teknologisk udvikling af forskningsnettene, der understøtter tankerne bag Open Science og forskernes øgede behov for at tilgå data og ressourcer over hele verden. Alle de videnskabelige områder oplever en voldsom vækst i mængden af data og udfordringer med at håndtere dem. Der efterlyses videndeling og klare retningslinjer, aktuelt set i lyset af EU's persondataforordning og dens betydning for datahåndteringen.

Der efterlyses også lettilgængelige, sikre og pålidelige lagringsløsninger såvel lokalt som nationalt. Forskerne giver udtryk for et gennemgående ønske om at have mulighed for at dele data på tværs af datasiloer, nationalt og internationalt. Der er et gennemgående ønske om, at Danmark indgår i de europæiske bestræbelser i European Open Science Cloud (EOSC) initiativet. Flere foreslår etablering af nationale science clouds.

Benchmark-landene har alle nationale lagringsfaciliteter med en stor variation i udbuddet: Fra løsninger, der dækker hele datas livscyklus til primært lagring af levende data i forbindelse med de nationale HPC-anlæg.

Datalagring kan med fordel etableres nationalt, når det giver mening for at

- Sikre kritisk masse (lokale løsninger kan blive for dyre, når de enkelte projekter har små datamængder).
- Understøtte samarbejde på tværs af institutioner og datasiloer.
- Understøtte internationalt samarbejde med fokus på FAIR og Open Data-principper.

Hvis Danmark vælger at indgå fuldt i EOSC-initiativet, vil det betyde en gennemgribende ændring af den måde, forskning drives på. Det vil give et stort behov for national koordinering, specielt på datamanagementområdet. Der bør afsættes ressourcer til i højere grad at indgå aktivt i udviklingsarbejdet i de europæiske e-infrastrukturer, der er aktive i initiativet, og til at sikre koordination mellem lokale, nationale og internationale lagringsløsninger. Med en stadigt større digitalisering af forskning, større datamængder og flere muligheder, er der også opstået et stort og foreløbig udækket behov for kompetencer på området. Flere af universiteterne har igangsat uddannelser på området, men behovet er fortsat stigende.

Behovskortlægningen viser, at forskerne har behov for faglige dataspecialister tæt på forskningen. Disse specialister har både indblik i det videnskabelige område og betydelig viden om eScience-metoder som modellering og dataanalyse.

Samtidig ses et behov for teknologiske specialister, som har teknisk indblik i brug og optimering af de anvendte platforme; det være sig HPC, datalagring eller forskningsnet.

Det internationale benchmark viser, at de øvrige lande har opbygget HPC-kompetencecentre i forbindelse med deres nationale anlæg. Her er der ressourcer med teknisk indsigt i anlæggene, som deltager i det internationale udviklingsarbejde i fx PRACE-samarbejdet og hjemtager viden til fordel for såvel de nationale som lokale HPC-anlæg.

I benchmark-landene Norge, Finland og Holland varetages det nationale niveau af national digital forskningsinfrastruktur ligesom i Danmark af én organisation. I Sverige varetages den digitale forskningsinfrastruktur derimod af flere organisationer. Den danske model adskiller sig dog væsentligt fra de øvrige i såvel størrelse på økonomi som antal medarbejdere.

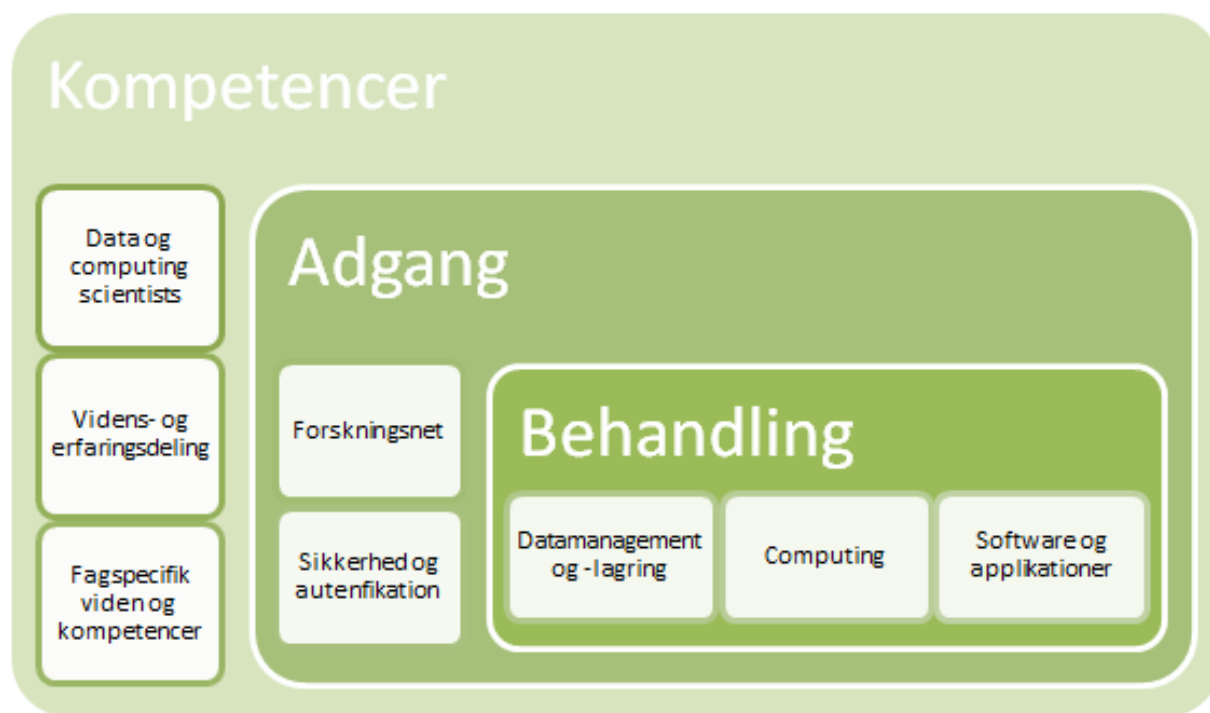
## 2 Definitioner og afgrænsning

I henhold til kommissoriet (bilag 1) er analyserapporten afgrænset til at behandle e-infrastrukturområderne HPC, forskningsnet, datamanagement og -lagring, samt kompetencebehov og services.

Ud fra kommissoriet defineres de enkelte områder i denne rapport som følger:

### Digital forskningsinfrastruktur/e-infrastruktur

Digital forskningsinfrastruktur og e-infrastruktur (til forskning) anvendes i rapporten som synonymmer. Begreberne betegner den hardware, software, netværk og services, der er nødvendig for at give forskerne mulighed for at bedrive eScience/digital forskning.

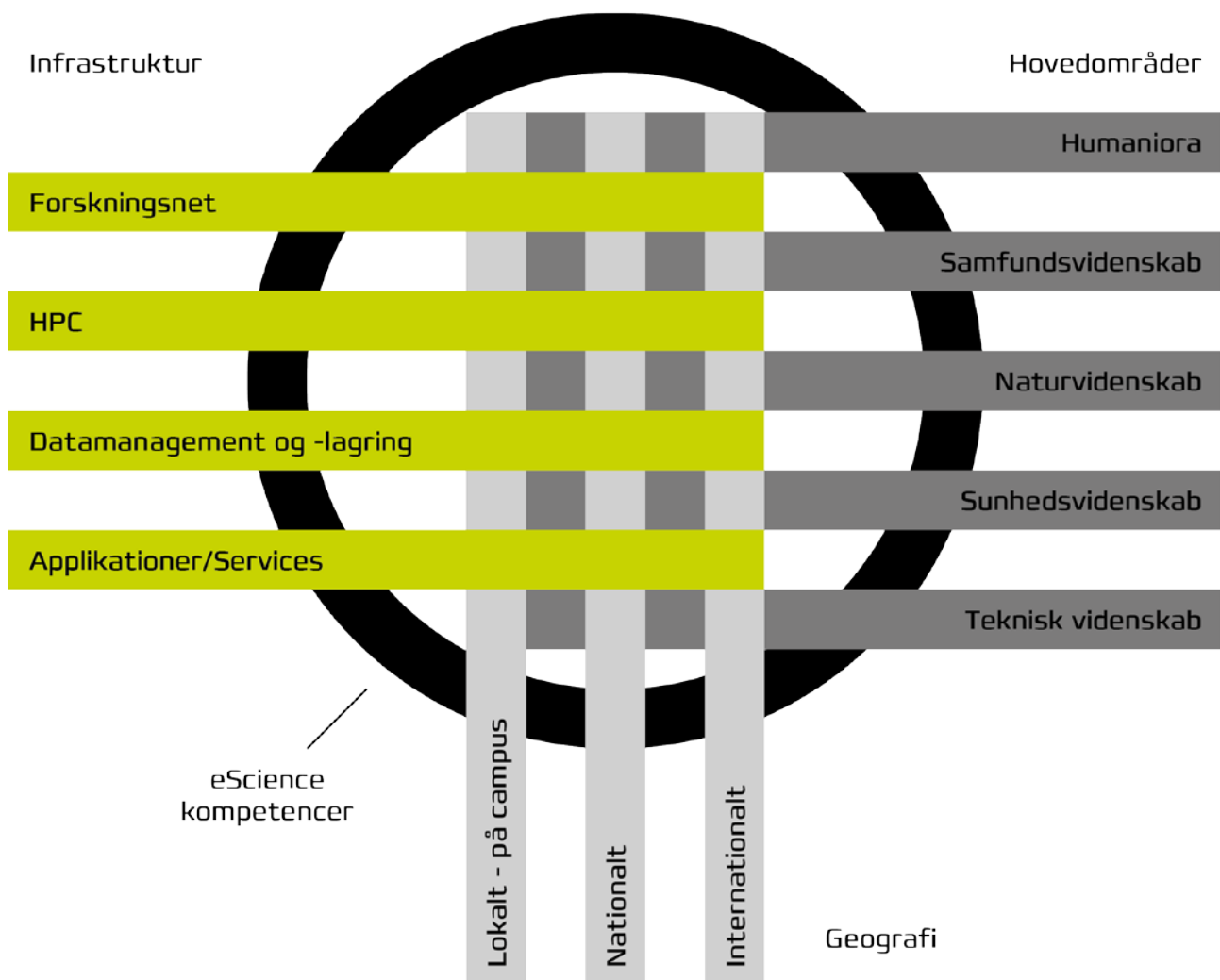


Figur 1: e-infrastrukturens temaer og elementer, inspireret fra Research Councils UK, 2014

Konkret koncentrerer rapporten sig om HPC, forskningsnet, datamanagement og -lagring, eScience-kompetencer og et udvalg af services.

Den digitale forskningsinfrastruktur har et lokalt, et nationalt og et internationalt niveau. Det hele hænger sammen i et globalt økosystem, der arbejder for at give teknologisk sammenhængende løsninger til at understøtte forskningen lokalt, nationalt og internationalt.

Denne rapport beskæftiger sig primært med e-infrastrukturen på nationalt niveau. Den er kendetegnet ved primært at henvende sig til alle forskerne på tværs af de videnskabelige områder. Rapporten er en helhedsvurdering; der ses ikke på specielle behov fra specifikke forskningsprojekter



Figur 2 Den nationale e-infrastrukturens virkefelt

**eScience** anvendes i rapporten for alle former for forskning, der anvender denne e-infrastruktur. De forskellige videnskabelige områder kan have deres egne betegnelser for denne forskningsmetode, fx digital humaniora.

**HPC** – High Performance Computing – anvendes i rapporten som et samlet begreb for regnekraft, der overstiger det, en typisk desktop-computer kan levere, og som dermed kræver en større investering. HPC anvendes således gennemgående i rapporten som et samlende begreb for fx supercomputing, parallel- og serielcomputing og cloud computing. Når der i rapporten er behov for at skelne mellem de forskellige computingformer og deres anvendelse, vil de relevante begreber blive anvendt.

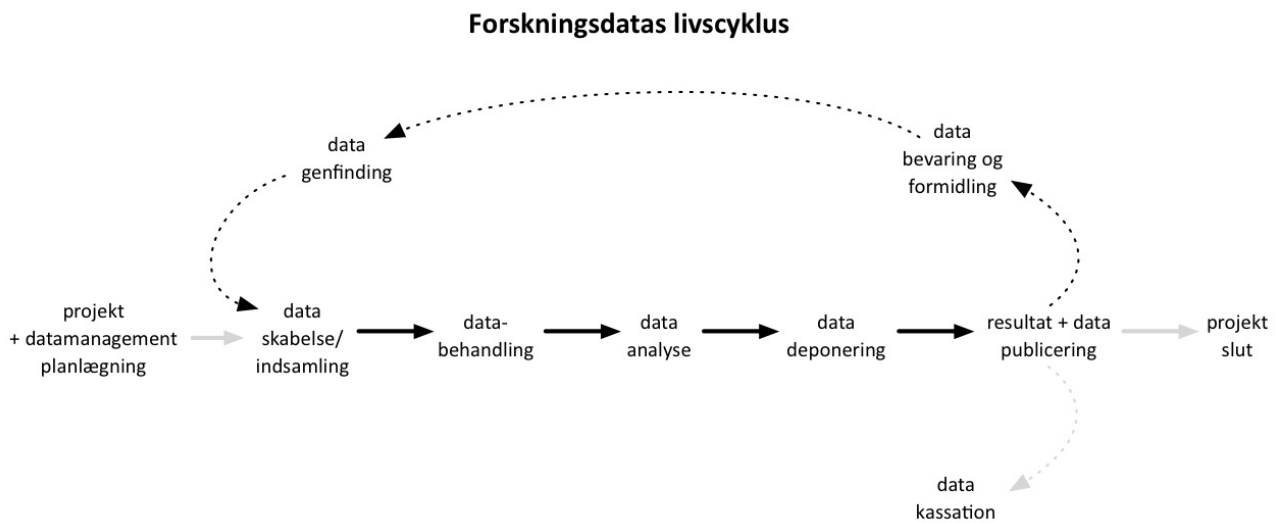
#### Forskningsnet

Rapporten anvender betegnelsen forskningsnet for den internetforbindelse, der er relevant, når der tales om digital forskningsinfrastruktur. Forskningsnet adskiller sig fra almindelige internetforbindelser ved at:

- Tilbyde ekstra kapacitet til brugerne, så forskningsprojekter med pludselig opstået behov for overførsel af en stor mængde data på kort tid har plads til det, uden at det påvirker den øvrige trafik på nettet.
- Give mulighed for garanteret lav forsinkelse på dataoverførsel til de projekter, der har behov for det.
- Give garanti for kvaliteten hele vejen fra afsender til modtager, så længe forbindelsen går via forskningsnet, nationalt og internationalt.
- Samarbejde internationalt med øvrige forskningsnet om at understøtte forskernes behov for sikkert og stabilt højkapacitetsinternet på tværs af landegrænser til understøttelse af internationale forskningssamarbejder.

## Datamanagement og -lagring

Ved datamanagement forstås i rapporten håndtering af forskningsdata før, under og efter et forskningsprojekt, på en sådan måde, at det sker både forskningsmæssigt, teknisk, juridisk og etisk i hele datas livscyklus

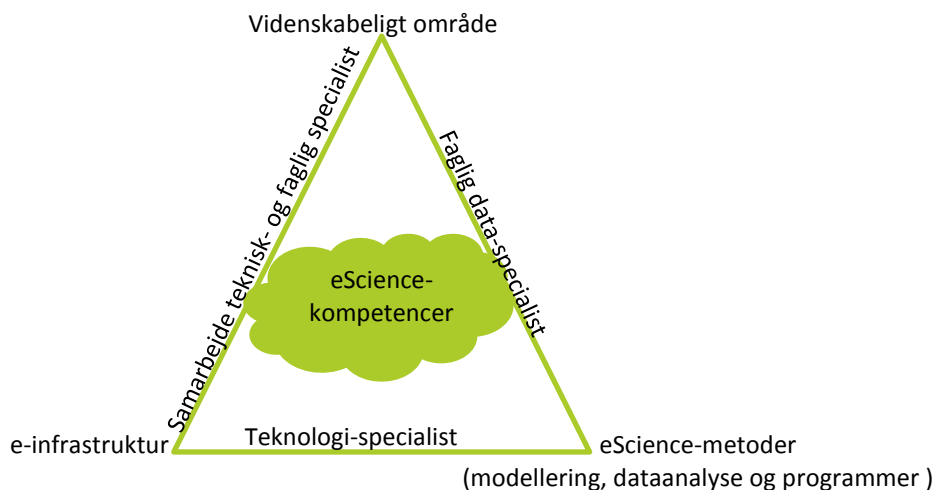


Figur 3 Forskningsdatas livscyklus (Kilde: vidensportal.deic.dk/datamanagement)

Datalagring anvendes i rapporten som betegnelse for den fysiske infrastruktur til lagring af data og metadata, uanset hvor i datas livscyklus de befinder sig.

## eScience-kompetencebehov

Rapporten behandler behovet for kompetencer til at understøtte og udføre digital forskning: eSciencekompetencer. Kompetencer opstår på basis af uddannelse, erfaringsudveksling og øvrig træning.



Figur 4: eScience- kompetencer, inspireret fra Swedish eScience Research Centre

Til at assistere forskerne i forbindelse med anvendelse af den digitale infrastruktur i deres forskning skelner rapporten mellem to typer af specifikke personprofiler med følgende kompetencer:

- Faglig data-specialist: En person med noget indblik i fagområderne på det videnskabelige område. Det vil sige en, der forstår betydningen og relevans af de forskellige data og modeller og deres anvendelse, og som samtidig har en betydelig indsigt i hensigtsmæssig brug af modellering, dataanalyse og programmer inden for fagområdet. Denne kompetence skal være tilgængelig tæt på forskningsområdet og være i direkte dialog med forskeren.



- **Teknologi-specialist:** En person med teknisk indblik i generelle beregnings- og modelleringsmetoder og en detaljeret og specifik indsigt i anvendelse af en bestemt teknologi. Denne kompetence skal være knyttet til infrastrukturen, men skal kunne indgå i et samarbejde med ovennævnte data-specialist om konkrete anvendelser.

### **Services**

HPC, forskningsnet, datamanagement og -lagring samt kompetencer udgør hovedelementerne i den digitale forskningsinfrastruktur. Services anvendes som det samlede begreb for øvrige e-infrastruktur-elementer. Det omfatter for eksempel sikkerhed, identitets- og adgangshåndtering, applikationer og andet, der understøtter forskernes anvendelse af infrastrukturen.

## **2.1 Dokumentets opbygning**

Dokumentet er opbygget i henhold til kommissoriet. Der indledes med et afsnit, der opsummerer og sammenfatter analysens resultater på tværs af analyseområderne. Herefter følger den nærmere analyse på de tre områder:

1. Behovskortlægning, der er opdelt på de fire videnskabelige hovedområder; Humaniora, Samfundsvidenskab, Sundhedsvidenskab og Teknisk- og Naturvidenskab.

Herunder beskrives de enkelte e-infrastrukturelementer i den rækkefølge de nævnes i kommissoriet: HPC, Forskningsnet, Datamanagement og -lagring, eScience-kompetencer og services.

Afsnittet afsluttes med et opsamlende afsnit, som svar på spørgsmålene i kommissoriet.

2. Benchmark-analysen fokuserer på landene Norge, Sverige, Finland og Holland. Det nationale e-infrastrukturniveau beskrives for de enkelte lande med fokus på organisering, finansiering og elementerne i e-infrastrukturen: HPC, forskningsnet, datamanagement og -lagring, samt eScience-kompetenceunderstøttelse. Der er i benchmark-afsnittet fokuseret på håndteringen af services inden for identitetshåndtering og sikkerhed.

Afsnittet sluttet af med en sammenlignende beskrivelse af de tilsvarende elementer for Danmark

3. Den europæiske udvikling beskrives med udgangspunkt i EU's initiativer omkring Open Science/open data, aktiviteterne heromkring og den nuværende danske involvering i disse. Herefter følger en beskrivelse af en række europæiske e-infrastruktursamarbejder valgt ud fra, at de på samme vis som national e-infrastruktur henvender sig til alle forskningsområder. For at bevare sammenhængen til de to øvrige analyseafsnit er beskrivelserne inddelt i HPC, forskningsnet, datamanagement og -lagring, eScience-kompetencer, identitetshåndtering og sikkerhed. Afsnittet slutter med en vurdering af den europæiske udvikling og implikationer for Danmark.

4. Det afsluttende afsnit sammenholder det fundne i de tre analyseafsnit og bidrager dermed til et helhedsbillede af den nationale e-infrastrukturens rolle i en international sammenhæng.

### 3 Behovskortlægning

I henhold til kommissoriet foretages en kortlægning af danske forskeres nuværende behov samt behovene i et fem-ti-årigt perspektiv. Behovsanalysen er baseret på bidrag fra både ledelsesrepræsentanter og aktive forskere fra alle hovedområder og på tværs af forskningsinstitutioner.

Kortlægningen beskriver for hvert videnskabeligt hovedområde forskernes behov for HPC, forskningsnet, datamanagement og -lagring samt eScience-kompetencer og services. Det vurderes, hvilke dele der efter analysen bør håndteres på nationalt niveau og hvilke dele, der bør håndteres på lokalt/institutionelt niveau.

Der tilvejebringes en vurdering af de fremtidige behov fordelt på hovedområder samt de implikationer, det har for udviklingen af en national strategi.

Følgende spørgsmål besvares:

- Hvad er behovene inden for de videnskabelige hovedområder (i et fremtidigt/tiårigt perspektiv)?
- Hvad stiller det af krav til løsninger i både teknisk og økonomisk henseende?
- Hvilke løsninger håndteres teknisk og økonomisk optimalt på nationalt niveau, og hvilke på lokalt/institutionelt niveau?

#### Proces

DeiC udsendte den 30. juni 2017 invitation til dekaniveauet for alle hovedområder på alle otte universiteter til at give en "status for eScience" på DeiC konferencen den 26. september 2017. Listen over inviterede fremgår af bilag 2.

17 dekaner eller repræsentanter for dekanen deltog på konferencen. Deltagere fremgår af bilag 2, og præsentationerne herfra fremgår af bilag 3a. Indlæggene på konferencen blev videooptaget. På grund af tekniske udfordringer mangler præsentationerne fra Humaniora og Samfundsvidenskab. Videooptagelser fra Sundhedsvidenskab og Teknisk- og Naturvidenskab er ikke offentlig tilgængelige, men kan udleveres om ønsket.

Som opfølgning på præsentationerne på konferencen var en dekan pr. videnskabeligt hovedområde inviteret til at fremlægge fremtidige behov og tanker på området ved en rundbordssamtale den 5. oktober 2017 med direktør Hans Müller Pedersen, Styrelsen for Forskning og Uddannelse, og Rektorkollegiets formand, rektor Anders Bjarklev, DTU. Deltagere fremgår af bilag 2, præsentationer fremgår af bilag 3b.

Efterfølgende har DeiC gennemført interview med 17 aktive forskere fordelt på de videnskabelige hovedområder.

Forskerne blev præsenteret for opsamlingen fra præsentationerne på DeiC konferencen og fra rundbordssamtalen. De blev bedt om at supplere det med eventuelt egne yderligere behov og betragtninger. Liste over interviewede og sammendrag af interviewene fremgår af bilag 4. Der foreligger lydoptagelser fra interviewene.

Citaterne har efterfølgende været til godkendelse hos forskerne, ligesom de samlede beskrivelser af de enkelte hovedområder har været til godkendelse hos den dekan, der fremlagde ved rundbordssamtalen den 5. oktober 2017.

Behovsbeskrivelserne pr. videnskabeligt hovedområde og for de enkelte e-infrastrukturelementer nedenfor er struktureret på følgende måde:

1. eScience-status og fremtidigt behov, som det blev fremlagt af det enkelte universitet på DeiC konferencen den 26. september 2017.
2. Det samlede behov for det videnskabelige område, som det blev fremlagt på rundbordssamtalen den 5. oktober.
3. Supplerende citater fra de interviewede forskere.

e-infrastrukturelementerne er som beskrevet i kommissorium:

1. HPC
  2. Forskningsnet
  3. Datamanagement og -lagring
  4. eScience-kompetencer og andre støttefunktioner
  5. Services, specielt sikkerhed og identitetshåndtering
- Derudover er betragtninger om andre emner samlet i afsnittet

## 6. Andre temaer

Behovskortlægningsafsnittet sluttet af med en opsamling på afsnittet og besvarelse af de 3 spørgsmål i kommissoriet.

### 3.1 Humaniora

En stor del af de data, der benyttes inden for humaniora, fødes i dag digitalt. Samtidig digitaliseres eksisterende data. Digital analyse er blevet en naturlig del af værktøjskassen på det humanistiske område.

Humaniora ser en opdeling af kompetencebehovet i to kategorier: 1. Tæt på forskerne og fagmiljøerne: Kompetenceudvikling, udvikling af og kendskab til digitale værktøjer. 2. Tæt på computerne: Teknik, forskningsnet, HPC, viden om optimering og tilretning af koder. Humaniora lægger op til, at sidstnævnte foregår på nationalt niveau ("DeiC").

*Professor MSO Mads Rosendahl Thomsen, AU: "Humaniora skal tænkes igennem i hele fødekæden; dvs. den digitale forskningsinfrastruktur fra lagring til tilgang; hvordan får man adgang til flere kulturelle data fx på det Kgl. Bibliotek også for studerende og for mindre teknisk orienterede forskningskolleger?"*

*Seniorforsker Costanza Navarretta, KU: "Humaniora har behov for mere tværfagligt samarbejde i fremtiden"*

#### 3.1.1 HPC

**Københavns Universitet og Aarhus Universitet** nævner ikke konkrete områder med aktuelt eller fremtidige behov for HPC. Omvendt nævner de, at HPC er en opgave, der skal løses på nationalt niveau. Det indikerer, at der eksisterer et vist behov for HPC.

**Aalborg Universitet** anvender HPC især til arbejde med video. Data indsamles fra mange kilder og genererer store mængder af data, der efterfølgende skal behandles. Brugen kræver stor processorkapacitet til denne behandling, udvælgelse og konvertering af video-sekvenser.

**Syddansk Universitet** nævner ikke specifikt på hvilke områder, de har behov for HPC. Der omtales blot, at der er store mængder af data, der skal behandles, og at det ikke er hardwaren, der i dag er begrænsningen for deres område, men i højere grad forskernes viden om anvendelsen af eScience.

--

Samlet ser humaniora HPC som en ressource, der primært bør leveres nationalt.

Der er et mismatch mellem den traditionelle arbejdsgang ved beregning på HPC-anlæg og områdets arbejdsform. Derudover arbejdes der med data i form af tekst, lyd og billeder, som kræver andre metoder end de, der normalt finder anvendelse på supercomputere. Der er brug for et øget samarbejde mellem de faglige fællesskaber og HPC-leverandørerne. Der er behov for at udvikle løsninger, der muliggør en dækning af behovene for beregning på en måde, der samtidig tilgodeser forskernes arbejdsgang. De installationer der i dag tilbydes forskerne, vurderes kapacitetsmæssigt at være tilstrækkelige.

*Lektor Kristoffer Nielbo, SDU: "Den store udfordring for udnyttelse af HPC er, at data ikke kan flyttes. Jeg er derfor meget interesseret i pilotprojektet med Danmarks Statistik. Den type set-up ser jeg meget gerne, at DeiC kan levere. Så man kan garantere en sikker måde at flytte data på, som både er underlagt databeskyttelsesreglerne og copyright. Dette er virkelig digital humanioras flaskehals"*

*Seniorforsker Costanza Navarretta, KU: "Der er et stigende behov inden for machine learning på multivariable modeller"; "Forøgelse af digitalt materiale vil foranledige et stigende behov for regnekraft i fremtiden"; "Billedbehandling og videobehandling er eksempler på regnetung analyse allerede i dag"*

*Professor Mads Rosendahl Thomsen, AU: "Langt den overvejende del af det danske humaniorafelt har brug for et lettilgængeligt og brugervenligt support-setup i sit nærmiljø"*

*Studielektor, Mads Kæmsgaard Eberholst, RUC: "Vi vil gerne anvende HPC, men har ikke kompetencerne til at komme i gang"*

### 3.1.2 Forskningsnet

Forskningsnettet som digital forskningsinfrastruktur bliver ikke omtalt af så mange på DeiC konferencen, men følgende behov nævnes:

**Aalborg Universitet** nævner behov for sikker og hurtig transport af store mængder af data som fx videoindhold.

**Syddansk Universitet** omtaler behov for adgang til ressourcer på tværs af institutioner, fagområder med mere, og at der er tale om store datamængder.

--

Humaniora opfatter primært forskningsnettet som en basal forudsætning, der leveres nationalt. Det skal indeholde den nødvendige sikkerhed og have en tilstrækkelig kapacitet både nationalt og internationalt. Der stilles ikke andre eller nye specifikke krav til nettets indretning.

*Lektor Kristoffer Nielbo, SDU: "Der er brug for dedikerede og sikre linjer til transport af copyright-belagte og personhenførbare data".*

### 3.1.3 Datamanagement og -lagring

**Københavns Universitet** omtaler digitalisering af kulturarv, samt studier af digitalt fødte data som vigtige områder. Der nævnes også store juridiske udfordringer ved brug af data gående fra personhenførbare data til ophavsretsbeskyttede data.

**Aalborg Universitet** har behov for sikker kort- og langtidsoptagelse af store datamængder. Det kan fx være i form af multi-data-sæt (som er en kombination af video, lokation og bio-data). Der er behov for håndtering af personhenførbare data, især også når data skal deles med andre. I dag opleves der begrænsninger på dette område. Visionen om open science udfordres af kravene om sikkerhed, da data på det humanistiske område ofte er sensitive og personhenførbare. De lokale forskere ønsker ikke selv at skulle bruge tid på at håndtere og administrere data og datamanagement-planer: De ønsker i stedet at kunne koncentrere sig om selve forskningen.

**Syddansk Universitet** nævner nedbrydning af datasiloer og videnssiloer som en central udfordring, hvis man skal være førende inden for eHumanities/digital humaniora.

--

Samlet oplever Humaniora en vækst i mængden af data og udfordringerne omkring håndteringen af dem. Der ønskes løsninger, der er sikre, pålidelige og tilgængelige. Der peges på håndtering af billeddata som et område med særlig vækst.

Der er også store udfordringer i forbindelse med tilgang til og behandling af personhenførbare data. En del af disse problemer er som sådan ikke primært tekniske, men bunder i lovgivning eller dataejernes adgangsprocesser, hvilket er særlig udtalt for registerdata.

*Seniorforsker Costanza Navarretta, KU: "Klare linjer for datasikkerhed og etik er afgørende; der er meget stor spredning på lagrings-mønstre inden for humaniora, og back-up er langt fra eksisterende i mange forskningsgrupper."*

*Lektor Kristoffer Nielbo, SDU: "Vi har brug for en national og tværfaglig Science Cloud uden copyright-restriktioner"; "Humaniora har brug for incitament til at dele data/resultater – der eksisterer en massiv trend til at arbejde væk fra Open Data"; "Holland har en meget inspirerende tilgang til hele eScience-integrationen i de respektive forskningsmiljøer via bl.a. deres funderingsmodel, hvor eScience-ekspertise er tilknyttet pågældende bevilling." "Datastrukturen inden for den danske kulturarv som er bygget til humaniora, egner sig ikke til brugervenlige HPC-beregninger i nuværende format."*

*Studielektor Mads Kæmsgaard Eberholst, RUC: "Vi har brug for lettere adgang til data og et centraliseret, sikkert repository"; "Vi har brug for tydelige juridiske forskningsrammer med tilsvarende tekniske løsninger, som vi kan implementere."*

### 3.1.4 eScience-kompetencebehov og særlige støttefunktioner

**Københavns Universitet** omtaler udvikling og kendskab til værktøjerne, som skal løses tæt på fagområderne. Det kan også ske i et samarbejde mellem universiteterne både nationalt og internationalt. Det er under alle omstændigheder vigtigt at have en teknisk supportfacilitet tæt på de faglige miljøer, hvor blandt andet DigHumLab, CLARIN og DARIAH omtales som eksempler.

**Aarhus Universitet** pointerer behov for fagnær og visionær kompetenceudvikling, som skal ske lokalt, men med tæt samspil med nationale og internationale fagmiljøer.

**Aalborg Universitet** nævner behov for lokale "boundary brokers – tekniske forskere" for at hjælpe med til anvendelsen af nye teknologier, som kan medvirke til at ændre eksisterende praksis.

**Syddansk Universitet** ønsker ét stærkt eScience-center på universitetsniveau, der kan understøtte domæneeksperter, samt et stærkt eHumanities-lab på fakultetsniveau. Samtidig omtales også behov for tværinstitutionelle uddannelsesprogrammer, der kan sikre en optimal udnyttelse af ressourcerne samt skabe samarbejde, netværk og vidensdeling på tværs af institutionerne.

--

Samlet har Humaniora fokus på, at støttefunktioner leveres tæt på forskningsmiljøerne og ikke nationalt eller generisk/generelt/på tværs af områder.

*Professor MSO Mads Rosendahl Thomsen, AU: "Der er et generelt behov for kompetenceløft og særligt fokus på uddannelse i digitale kompetencer til nye studerende."*

*Lektor Kristoffer Nielbo, SDU: "Der eksisterer et massivt overlap af kompetencebehov på tværs af fagdiscipliner"; "Der er brug for nationale ekspert-hubs inden for digital humaniora, som kan udveksle viden og inddrage den i sine respektive forskningsmiljøer."*

*Seniorforsker Costanza Navarretta, KU: "Vore undervisere skal uddannes inden for digital humaniora. Der eksisterer 3 tilgangsformer til den digitale humaniora; 1) dem som ikke har behov for at forstå teknologien og algoritmerne bag analyserne, 2) dem som ikke ønsker at anvende digitale værktøjer og 3) dem som gerne vil lære at anvende digitale værktøjer/metoder til automatisk behandling af data."*

*Studielektor Mads Kæmgaard Eberholst, RUC: "Vi har brug for institutionel opbakning og en stærk support, der kan guide og sikre adgang til passende infrastruktur"; "Den manglende juridiske kompetence/rådgivning skaber stor forsigtighed blandt medieforskere, hvilket er med til at bremse dette forskningsområde betydeligt."*

### 3.1.5 Services

Specifikke services blev ikke nævnt hverken i præsentationer eller interviews.

### 3.1.6 Andre temaer

Et gennemgående tema er 'nærhed til forskerne'. DigHumLab (et fællesskab, der supporterer digitale forskningsaktiviteter inden for humaniora og samfundsvidenskab i Danmark) har organiseret sig i communities fokuseret omkring forskellige emner og tematikker. Her foregår meget af den tekniske udvikling samtidig med, at der via DigHumLab finder en dialog sted imellem de forskellige communities, således at værktøjer kan blive brugt på tværs.

Desuden peges der på problematikken omkring overgangen fra udvikling til drift af værktøjerne, hvor der typisk godt kan findes ekstern finansiering til udvikling, mens drift forudsættes at blive løftet af institutionerne.

## 3.2 Samfundsvidenskab

Karakteristisk for det samfundsvidenskabelige område er en stor og stigende mængde af data med specielle behov. Det gælder f.eks. data indsamlet fra sociale medier/blogs/websider etc., finansielle data, data flettet sammen fra flere kilder f.eks. registerdata, personhenførbare data, sensitive eller sikkerhedsgodkendte data.

### 3.2.1 HPC

**Juridisk Fakultet, Københavns Universitet** nævner, at HPC bruges til at finde mønstre i datasæt fra mange forskellige kilder.

**CBS** omtaler Abacus som et højtydende system med stort softwareudvalg. På den negative side omtales, at det kan være svært at få planlagt og afviklet jobs på Abacus især i forhold til de behov, man har i de enkelte projekter og deres fremdriftsplaner. En udfordring er også, at det er svært at få lagerplads nok og være sikker på, at håndtering af personhenførbare data sker på betryggende måde. CBS ønsker, at en HPC-løsning kan levere hurtige resultater, når forskerne har brug for dem, samt at løsningen kan håndtere fortrolige og personhenførbare data. Der nævnes også behov for en HPC-løsning til behandling af data fra Danmarks Statistik.

**Syddansk Universitet** nævner stigende interesse for brug af Abacus. HPC anvendes primært til diskret matematik, numerisk analyse og simulation og statistisk analyse på big data. Af fordele ved eksisterende HPC nævnes blandt andet muligheden for højere stikprøvestørrelser, hurtigere resultater, samt højere hastighed og kvalitet i beregningerne. Fremtidige udfordringer på HPC-området handler om afklaring af behov for hvilke typer HPC, der er brug for. Nogle jobs er fx svære at parallelisere. Der ønskes mere brugervenlige HPC-services, som i dag ikke prioriteres, da der opleves høj efterspørgsel fra tekniske fakulteter, der oftest "kan selv".

**Samfundsvidenskabeligt Fakultet, Københavns Universitet** omtaler især behov for en bedre infrastruktur i Danmarks Statistik herunder computerkraft (HPC). Der omtales også et generelt større behov for regnekraft til analyse af big data, og behov for at kunne få koblet data fra Danmarks Statistik sammen med beregninger foretaget på Computerome.

**Aarhus Universitet** omtaler behov for konsolidering af HPC-ressourcer. Deres HPC-behov er især regnekraft til højereordens programmeringssprog som fx Matlab og Python, og der skal kunne håndteres store datamængder.

--

Den samlede holdning fra samfundsvidenskab er, at fokus skal være på at etablere en nem (brugervenlig, hurtig, billig/gratis) adgang til HPC for alle forskere.

Der påpeges et behov for en mere effektiv løsning på behandling af data fra Danmarks Statistik, eksempelvis ved at lave en samlet HPC-installation i stedet for individuelle servere.

*Research Lab Manager, Sebastian Büttrich, ITU: "Der er et voksende behov for computing cycles, GPUs og CPUs"; "kapacitetsmæssigt er det nok ikke særlig effektivt, at et hvert universitet/afdeling har sin egen, men de facto bygges der nu lokale anlæg [på ITU]"*

*Lektor Fane Groes, CBS: "Regning på registerforskningsdata hos Danmarks statistik er meget ineffektivt, når hver forskergruppe skal have egen server, der ikke udnyttes hele tiden. Vores institut har i dag 6 servere, som vi forsøger at samle til en."*

*Professor Martin Andreasen, AU: "Vores forskning er i dag tilpasset/begrænset af AU's HPC-kapacitet". Vi forudser for store tidsmæssige start-omkostninger ved at anvende national HPC". Vi har brug for fleksibel og kontinuerlig tilgang til vore clustre."*

### 3.2.2 Forskningsnet

Området blev ikke behandlet eksplicit ved præsentationer på DeiC konferencen eller ved rundbordsamtalen.

*Research Lab Manager Sebastian Büttrich, ITU: "Den nuværende opkobling er fin. Vi har ikke haft behov over de 10G, vi har i dag. For nylig er der kommet interne forespørgsler om 100G, endnu ikke eksternt, men forventer der ikke kan gå lang tid før det kommer"*

### 3.2.3 Datamanagement og lagring

Af præsentationerne fra DeiC konferencen fremgår:

**Juridisk Fakultet, Københavns Universitet** bruger mange data fra mange forskellige kilder, og oplever udfordringer med, at data ofte befinder sig i siloer og dermed kan være svære at tilgå. Der omtales ikke specifikke behov for lagring af data.

**CBS** har hidtil kun benyttet lokale løsninger til lagring. Der er behov for adgang til registerdata hos fx Danmarks Statistik samt internationale kommercielle databaser. Der er stigende fokus på håndtering og behandling af big data. Der er behov for systemer, der kan levere lagerplads, backup, fildeling og adgangskontrol især på grund af krav omkring personhenførbare data.

**Syddansk Universitet** har især fokus på udfordringerne omkring håndtering og lagring af personhenførbare data. eScience Centeret er ved at finde en løsning for datalagring, som vil sikre overholdelse af datamanagementkravene, som både kan bruges til almindelige data og personhenførbare data. Backup tilstræbes løst i skyen via fx MS OneDrive.

**Samfundsvidenskabeligt Fakultet, Københavns Universitet** nævner et antal forskellige datatyper og de tilhørende særlige udfordringer omkring opbevaring og sikkerhed, samt behandling af store datamængder (big data). Der savnes en fælles løsning, da lokale løsninger er dyre for de enkelte projekter. Der ønskes mulighed for nem og sikker deling af data med andre forskere både nationalt og globalt. Der er behov for værktøjer og best practice-løsninger til kryptering af følsomme data fra fx politiet.

**Aarhus Universitet** nævner et antal forskellige datatyper og de tilhørende særlige udfordringer og behov omkring opbevaring og sikkerhed. Data kommer fra mange forskellige kilder, både lokalt genererede og registerdata. Der er ønske om mere lagringsplads, som skal være en konsolideret løsning, der også lever op til persondataforordningen. Det skal være muligt på en nem og sikker måde at dele data med andre forskere og virksomheder både nationalt og globalt.

--

Samlet udtrykker samfundsvidenskab et udpræget behov for sikre lagringsfaciliteter, der understøtter deling af data med forskere og virksomheder både nationalt og internationalt.

*Research Lab Manager Sebastian Büttrich, ITU: "ITU forsker inden for mange tværfaglige områder, hvilke udfordrer os markant på datamanagement-området. "Fantastisk, hvis der var en national eller nordisk [OwnCloud] struktur, men den bliver nødt til at følge med sikkerhedsmæssigt. Men deling med eksterne er vigtigt og er i høj grad en udfordring, der ikke er løst."*

*Lektor Fane Groes, CBS: "Vi har brug for tydelige og juridisk afklarede rammer, når vi arbejder med personhenførbare data"; "Der er behov for klarhed omkring data-standarder i forbindelse med arkivering"; "Data er arkiveret mange steder og der er brug for en central og fælles storage-løsning for langtidsopbevaring af forskningsdata"; "Vi har brug for en sikker national "Dropbox" til analytisk brug i vores respektive forskningskonsortier, hvor vi selv kan administrere og dokumentere adgang og anvendelses-rettigheder."*

### 3.2.4 Kompetencebehov og særlige støttefunktioner

**Juridisk Fakultet, Københavns Universitet** oplever, at det er svært at fastholde lokale tekniske kompetencer. Der er behov for en kompetenceudvikling omkring den retsvidenskabelige forskning, idet jurister ikke har uddannelse i datavidenskab.

**Syddansk Universitet** nævner eScience Centeret som et sted, hvor man kan få lokal support og viden om infrastruktur og services på tværs af fakulteter.

**Samfundsvidenskabeligt Fakultet, Københavns Universitet** nævner behov for digital ekspertise inden for scraping/høst af webbaserede data og behandling af big data, herunder machine learning.

*Professor Martin Andreasen, AU: "Der er begrænsede digitale kompetencer i forskningsmiljøet, hvorfor der er et stort behov for at opbygge lokale kompetencer."*

*Research Lab Manager Sebastian Büttrich, ITU: "Vi har fokus på at integrere beregningskompetencer på de større og nationale HPC-anlæg i vore nye og relaterede uddannelser"; "Der er behov for erfaringsudveksling specielt på datamanagement området; hvad gør de andre? Lære af hinanden og inspirere hinanden, opbygge fælles momentum nationalt og nordisk."*

*Lektor Fane Groes, CBS: "Der er mindre incitament til at arbejde tværfagligt for yngre forskere inden for økonomisk forskning, idet publikationerne til at blive forfremmet ofte giver større vægt til de fagspecifikke tidsskrifter."*

### 3.2.5 Services

Samlet nævnes, at EU's databeskyttelsesforordning (GDPR) er administrativt krævende.

*Research Lab Manager Sebastian Büttricht, ITU: "DeiCs rammeindkøbs-aftaler er til stor nytte på ITU"*

### 3.2.6 Andre temaer

Kommercielle leverandører bør inddrages, hvor de tilbyder den bedste løsning. Finansiering via bevillinger skal ikke være afhængig af, hvilken leverandør (offentlig eller kommerciel) der vælges.

## 3.3 Sundhedsvidenskab

Inden for Sundhedsvidenskab sker der en bevægelse fra fokus på store befolkningsgrupper til individer. En af de store drivere er udviklingen af præcisionsmedicin og individualiseret behandling. Det stiller langt større krav til at kunne kombinere oplysninger fra mange forskellige datakilder, også på individniveau og bagud i tid. Samtidig stiger mængden af datakilder og data kraftigt.

Sundhedsministeriet har aktuelt et stort projekt om etablering af et Nationalt Genom Center. Alle aktørerne på området er involveret i arbejdet med at definere og udvikle det nationale landskab for eScience på det Sundhedsvidenskabelige område, til såvel forskning som til klinisk brug sammen med regionerne. Universiteterne er blandt de centrale aktører på området. Projektet har en kortere tidshorisont end det strategiarbejde for digital forskningsinfrastruktur, som denne rapport er en del af.

Der bør sikres en overensstemmelse med ambitionsniveauet og synergieffekter mellem de to aktiviteter til gavn for forskningen på det sundhedsvidenskabelige område.

### 3.3.1 HPC

**Københavns Universitet** bruger i stor udstrækning data fra den nationale life-science computer Computerome og indenfor registerforskning også Danmarks Statistiks og Sundhedsdatastyrelsens installationer. En af udfordringerne, der nok primært er lovgivningsmæssig, er i dag at kæde disse sammen.

**Syddansk Universitet** ser, at det er data fra genomforskning, der umiddelbart øger behovet for beregningskapacitet. I dag kan en server aligne (en forudsætning for at kunne arbejde på et genom) 10 genomer om måneden. Allerede næste år er forventningen, at Syddansk har behov for at aligne 600 genomer om måneden, svarende til 60 servere (10% af kapaciteten på den nationale supercomputer Abacus).

**Aarhus Universitet** har et tæt samarbejde med AU SCIENCE og Region Midt omkring AU-RM genomcenter med fælles budget for 2017-2022 til drift, udskiftning og ekspansion af HPC-facilitet – GenomDK. Installationen er designet og dedikeret til genom-forskning og personlig medicin og integreret med anden sundhedsrelateret big data, blandt andet klinisk og registerdata. Installationen er HPC for al klinisk personlig medicin i Region Midtjylland og giver fortrinsret og tidsgaranti for kliniske analyser. Det er estimeret, at behovet inden for 5 år er 60.000 kerner til genom-forskning.

--

På den samlede præsentation giver Sundhedsvidenskab udtryk for, at det er vigtigt, at den nødvendige analysekapacitet med HPC sikres.

*Lektor Samuel Schmidt, AAU: "Vores interne infrastruktur lever ikke op til aktuelle behov"; "vi møder et stigende behov for GPUer til brug af vores billedbehandlinger"; "Vi har brug for fleksibel tilgang til national HPC, inklusive mulighed for selv at kunne installere egen software – det vil sige, at en universitær 'sandbox' model på nationale anlæg kunne være en løsning"*

*Lektor Samuel Schmidt, AAU: "Datamængden stiger signifikant, og der vil i fremtiden blive efterspørgsel på et matchende regnekraftbehov."*

*Lektor Thomas Damm Als, AU: "Vi står håbefulde over for DeiCs proof-of-concept samarbejdsprojekt mellem KOR,*



*Danmarks Statistik og Computerome i udformningen af en digital infrastruktur til anvendelse på register-data og øvrige personhenførbare data. Når sådan en teknisk løsning bliver rullet ud på de nationale genomcentre, vil det kunne rykke den medicinske forskning markant"*

### 3.3.2 Forskningsnet

**Syddansk Universitet** påpeger, at der i forbindelse med den kraftige vækst i data og beregningsbehov ligeledes vil være et øget behov for hurtigt net mellem HPC-centre.

--

Samlet understreger Sundhedsvidenskab, at adgang til højhastighedsnetværk er essentiel for at sikre adgang til data.

*Lektor Samuel Schmidt, AAU: "Der vil blive behov for øget overførselshastighed af data i fremtiden, alternativt skal analysen foregå, der hvor data befinder sig."*

### 3.3.3 Data management og -lagring

**Københavns Universitet** bestræber sig på at implementere FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Re-usable) principperne for open science. Der er behov for at have en understøttende infrastruktur til alle aspekter af datas livscyklus. Det ønskes etableret en "one-stop-shop" for eScience support.

**Syddansk Universitet** vurderer, at der allerede i 2018 er behov for ca. 3,5 PB lager til lagring af genomer.

**Aarhus Universitet** vurderer, at der inden for de næste 5 år er behov for 40 PB lager til genom-forskning.

--

Samlet udtrykker Sundhedsvidenskab et behov for, at den nødvendige lagringskapacitet sikres. Der bør være fokus på etablering af nationale løsninger til datahåndtering og dataadgang og på standardisering af datahåndtering, prøvetagning etc.

*Lektor Samuel Schmidt, AAU: "Der er brug for et datadelingssystem, der er brugervenligt og som kan dele med rette sikkerhed"; "lokale services lever ikke op til eksisterende behov og reglerne må bøjes for at få det til at fungere i praksis"; "der er et stort behov for at fremtidssikre data i genanvendelige formater, som kan beregnes på i stor-skala"*

### 3.3.4 Kompetencebehov og særlige støttefunktioner

**Syddansk Universitet** ser et kraftigt øget behov for dataloger og bioinformatikere som støtte til biomedicinske og kliniske forskere.

*Lektor Thomas Damm Als, AU: "Der er brug for et kompetenceløft, også inden for medicin"; "Behovet øges inden for HPC-tilgang, og det er ikke altid nemt at komme i gang på et HPC-anlæg"; "De medicinske datamængder er stigende og mere komplekse i en fremtid, der peger mod personlig medicin – og kompetencerne behøver at følge med."*

*Lektor Samuel Schmidt, AAU: "Det er vigtigt at integrere de unge forskere".*

### 3.3.5 Services

Nye lovmæssige rammer herunder EU's persondataforordning (GDPR) stiller øgede krav til håndtering af personhenførbare data.

### 3.3.6 Andre temaer

Samlet pointerede Sundhedsvidenskab afslutningsvis, at der i fremtiden skal være større fokus på fælles nationale løsninger, og at de løsninger selvfølgelig skal være i overensstemmelse med internationale forhold.

**Københavns Universitet** ser et behov for en national koordinering og infrastrukturinitiativer, der maksimerer synergier. Der er behov for lokal støtte og infrastruktur, der kan tilpasses stigningen i mængden af data og krav om sikker dataindsamling, behandling, udveksling og lagring.

**Syddansk Universitet** har etableret et tværfakultært kompetencecenter hvor SUND også deltager. Ud over de øgede behov til behandling af genomdata ses der også vækst inden for maskinlæring på big data, analyse i realtid af data fra

wearables og billedanalyse. Det påpeges, at da forskere, klinikere og patienter findes decentralt, er det vigtigt, at ovennævnte udbygninger bygger på de allerede eksisterende relativt decentrale strukturer og kompetencer.

### 3.4 Teknisk- og Naturvidenskab

Som hovedudsagn ved rundbordsamtalen konstaterede Teknisk- og Naturvidenskab, at eScience og digitalisering er prioriteret på alle universiteterne. Krav til datamanagement stiller også krav til datalagring og dataadgang, specielt med tankerne omkring Open data og Open Science.

Stadig større datamængder i forbindelse med computing giver tiltagende behov for datalagring tæt på anlæggene.

Visse områder inden for Teknisk- og Naturvidenskab har behov for specifik arkitektur og regnekraft. Samtidig er nærhed til forskerne og fleksibel adgang til faciliteterne væsentlig.

Der er et tiltagende behov for at se datalagring og computing som en "service" med nem adgang og evt. tilkøb af kompetencer.

Området har mange berøringsflader til de internationale dagsordner og specielt til det sundhedsvidenskabelige område.

#### 3.4.1 HPC

**DTU** anvender i dag både HPC-installationer dedikeret bestemte områder og generelt anvendelige. DTU Fysik og DTU Wind har dedikerede maskiner på henholdsvis 11.800 og 6.400 kerner. Derudover findes der en generel maskine på 8.500 kerner, hvoraf 3.400 kerner også er anvendelige for studerende.

DTU er vært for DeiCs nationale lifescience supercomputer Computerome på 15.000 kerner og med tilknyttet lager på 8 PB.

Fremadrettet vil der fortsat være brugere, der har behov for egne installationer, men også brugere, der kan anvende fælles faciliteter.

**Københavns Universitet** anvender i dag et stort antal specialiserede systemer med samlet set ca. 15.000 kerner og 2 PB lager. De drives af to systemadministratorer. Derudover er der stor brug af PRACE-bevillinger. Fremadrettet ser Københavns Universitet et lille vindue mellem egne installationer og international adgang, der kunne udfyldes af fælles nationale installationer.

**Syddansk Universitets** beregningskapacitet leveres fortrinsvis igennem DeiC nationale HPC-center på SDU (supercomputeren Abacus 2.0 med 14.016 kerner fordelt på 3 arkitekturer samt 1 PB centralt datalager).

Abacus 2.0 har aktuelt 400 brugere fordelt på alle danske universiteter og en bred vifte af fagområder; dog udgør SDU og naturvidenskab den største brugerskare. Behovene er aktuelt godt dækket ved brug af Abacus 2.0; finansieringsmodellen og usikkerhed i forhold til videreførelse volder dog bekymring.

På TEK- og NAT-fakulteterne findes lokalt nogen beregnings- og datalagringskapacitet, som er knyttet til bestemte forskergrupper, men meget få forskere har brug for fysisk adgang til servere. Udviklingen går mod at konsolidere brugerne på færre og større systemer.

Fremadrettet vurderer SDU, at der på SDU TEK- og NAT-fakulteterne frem mod 2022 er behov for op mod 25.000 kerner med en særlig vækst inden for dataanalyse og lifescience. Et mindre antal arkitekturer (3-4) vurderes at kunne dække behovet for beregningskapacitet på tværs af alle fagområder.

**Aalborg Universitet** anvender i dag DeiCs nationale supercomputer Abacus 2.0. Fremadrettet ser AAU gerne, at der etableres 2-3 nationale Tier-2 HPC-anlæg (anlæg der størrelsesmæssigt ligger mellem dem, universiteterne selv har, og de anlæg, der f.eks. stilles til rådighed gennem PRACE-samarbejdet).

Adgang til de nationale installationer skal baseres på, at der er gratis adgang op til et vist basisniveau. Derudover kan yderligere adgang tildeles via peer review. Der bør etableres en transparent betalingsmodel for forskere og virksomheder, der ønsker at købe adgang.

**Aarhus Universitet** har HPC som et hovedelement i sin forskningsstrategi. Tilgængelighed er af højeste prioritet; teknisk tilgængelighed, men også regulatorisk tilgængelighed.

Det er væsentligt, at systemerne er designede på en sådan måde, at de kan håndtere kliniske behov. HPC er et område i rivende udvikling, og det kræver en agil organisation for at kunne tilfredsstille konstant ændrede behov.

--

Samlet set er der inden for det Teknisk- og Naturvidenskabelige hovedområde stor spredning i HPC-behovene. Nogle grupper har behov for specialiserede, dedikerede anlæg, medens andres behov kan dækkes af mere generelle installationer, gerne nationale, der kan anvendes bredt. Endelig findes der grupper, hvor behovet kræver adgang til store internationale installationer som dem, der leveres via PRACE-samarbejdet.

*Professor Lars Bojer Madsen, AU: "Vi har et stort behov for lokale clustre, idet vi har et stærkt uddannelsesmiljø omkring HPC"; "National regnekraft skal **supplere** den lokale regnekraft – aldrig erstatte!"*

*Lektor Troels Haugbølle, KU: "De nationale HPC-anlæg skal være større end de lokale regnekrafter"; "De nationale HPC-anlæg behøver en fornuftig betalingsmodel, som baseres på videnskabelig kvalitet"; "Det største problem med Abacus, som egner sig til vores forskning, er at den afskærer sig fra den største brugergruppe pga. den ikke er stor nok og betalingsmodellen er for rigid"; "Danmark kan levere et større antal PRACE-brugere end det, der er aktuelt i dag."*

*Lektor Niels Aage, DTU: "De unge efterspørger mere regnekraft – vi løser kun det, som den nuværende kapacitet kan bære"; "Betalingsmodellen for Abacus udgør en barriere for dens anvendelse i undervisningen"; "Mange forskere vil helst have deres eget, men det handler altså i mine øjne om at etablere brugervenlig tilgang til fælles og dermed større kapacitet - samarbejde gør livet sjovere."*

*Professor Karsten W. Jacobsen, DTU: "Der er et stigende behov for regnekraft i fremtiden, vi anvender al den regnekraft, vi får stillet til rådighed i dag."*

*Professor MSO Kåre L. Nielsen, AAU: "Det er afgørende, vi selv kan installere eget software på nationale HPC-anlæg (root access)"; "vi ser et fremtidigt behov for server-i-serveren-løsning (sandbox) på national HPC"; "det tager lang tid at ændre en kultur fra lokal til national regnekraft, og det kræver meget kommunikation."*

*Professor MSO Claudio Pica, SDU: "Der er et massivt behov for HPC-support i forskningsmiljøerne."*

### 3.4.2 Forskningsnet

**DTU** er ved at opgradere til nyeste og hurtigste netværksteknologi på campus.

**Københavns Universitet** ønsker et netværk, der fortsat kan levere dedikerede forbindelser med høj kapacitet og med høj sikkerhed.

**Aalborg Universitet** ønsker, at netværket fortsætter med betaling som hidtil. Universitetet ser hovedopgaven for forskningsnettet som sikker, hurtig og billig netværksforbindelse på tværs af landet og ud af landet via NORDUnet.

--

Samlet udtrykker Teknisk- og Naturvidenskab, at forskningsnettet er en grundlæggende infrastruktur, alle har brug for. Den bør fortsat organiseres og finansieres fælles. Det er vigtigt, at der fortsat er fokus på høj hastighed, kapacitet og sikkerhed.

*Lektor Troels Haugbølle, KU: "Det eneste vi har brug for, det er båndbredde."*

*Lektor Niels Aage, DTU: "Forskningsnettet fungerer rigtig godt."*

### 3.4.3 Datamanagement og -lagring

**DTU** etablerede i 2016 et forskningsdatamanagement forum. Politikker er udarbejdet, således at der nu er en politik for opbevaring af primære materialer og data. DTU har etableret et centralt lager til generelle data på 4 PB, der tillader både intern og ekstern adgang. Der arbejdes på at etablere en dataplatform til automatiseret håndtering og

analyse af store og forskelligartede data. Der er fornyet og øget fokus på håndtering af persondata i forbindelse med digitalisering.

**Københavns Universitet** har stort fokus på, at der skal være let adgang til lagring af forskningsdata.

**Syddansk Universitet** mærker stor efterspørgsel efter bedre datalagringsystemer og yderligere kapacitet; håndtering af personhenførbare oplysninger er en særlig udfordring. Det forventes, at der i 2022 er behov for op mod 5 PB med god understøttelse af datamanagement og håndtering af personhenførbare data. Den største vækst ventes inden for lifescience.

**Aalborg Universitet** foreslår, at der etableres et nationalt digitalt bibliotek for forskningsdata.

**Aarhus Universitet** påpeger, at datamanagement består af rigtig mange elementer, men at det for forskeren skal ses som en samlet enkeltopgave.

--

Der er et stærkt stigende behov for lagerkapacitet, særligt udpræget blandt nyere brugere af HPC. Datamanagement stiller øgede og ændrede behov og krav til, hvordan data kan lagres og tilgås.

Der er en tæt kobling mellem arbejdet med datamanagement og udformningen af tekniske løsninger til lagring, samtidig med at dagsordnerne omkring Open Science og Open Data påvirker hele området.

*Lektor Troels Haugbølle, KU: "Der er et kæmpe behov for langtidsholdbare løsninger til at kunne dele data."*

*Lektor Niels Aage, DTU: "Der er behov for markant mere lagringskapacitet og gerne i en centraliseret model – alt andet giver ikke mening"; "Vi har brug for lukkede samarbejdsplatforme til vores respektive forskningskonsortier."*

*Professor MSO Kåre L. Nielsen, AAU: "Vi har behov for, at data kan lagres centralt i delbare systemer, som kan tilgås af eksterne"; "Der er behov for ISO-certificerede datasikkerhedssystemer."*

*Professor Lars Bojer Madsen, AU: "Vi har brug for tydelige retningslinjer på datamanagement-området"; "personhenførbare data bør udartes til kun at kunne blive beregnet på ét sted i landet, i rette og sikre omgivelser og med tilhørende remote adgang."*

*Lektor Jost Adam, SDU: "Vi er udfordret på, hvor data skal lagres, og vi har brug for tydelige guidelines"; "det vil være udbytterigt at kunne gemme simuleringsdata, men det er ikke praksis i dag."*

*Professor Jens Walther, DTU: "Det giver ingen mening at tale Open data, så længe vi ikke har ordentlige backup-forhold"; "vi har brug for en central storage-løsning, som vi nemt og brugervenligt løbende kan synkronisere med."*

#### 3.4.4 eScience kompetencebehov og særlige støttefunktioner

**DTU** har eScience og digitalisering på dagsordenen i DTU's strategi- og handleplan for 2017. Der er etableret et centralt finansieret eScience-center på 10 årsværk.

**Syddansk Universitet** har behov for forskningsopbygning og kompetenceopbygning på tværs af TEK- og NAT-fakulteterne. Det er væsentligt, at kompetencer og support opbygges lokalt. SDU eScience Center blev etableret i foråret 2017. Centeret er tværfakultært og akademisk ledet. Det har en styregruppe med repræsentanter fra alle fakulteter. Visionen for SDU eScience Center er at skabe én fælles indgang på SDU til eScience og infrastruktur. Centeret er en kompetence- og forskningsbaseret organisation, som har systemejerskabet for fælles eScience-infrastrukturer på SDU.

**Aalborg Universitet** mener, at kompetencebehov og datamanagement-fora bedst etableres lokalt med mulighed for facilitering af national vidensdeling.

--

Samlet gengiver det Teknisk- og Naturvidenskabelige område, at det er vigtigt, at eScience kompetencerne findes i eller tæt på forskningsmiljøerne. Derfor skal lokale kompetencer opbygges og bevares på alle universiteterne. Flere

universiteter/fakulteter har allerede etableret tværgående eScience-kompetencecentre. I takt med at eScience-metoder finder større og større anvendelse, er uddannelser med fokus på eScience og digitalisering meget vigtige.

*Lektor Troels Haugbølle, KU: "Ingen uddannelser i fysik giver færdigheder i HPC"; "der er et stort kompetenceproblem inden for HPC i fysik over hele verden"; "Kompetencerne skal være tæt på og integreret i forskningsmiljøerne"; "PRACE tilbyder meget høj kvalitet af HPC-træningskurser – en uudnyttet ressource for danske forskere."*

*Professor Karsten W. Jacobsen, DTU: "Kompetencerne er vores konkurrenceparameter og må derfor ikke centraliseres."*

*Professor MSO Kåre L. Nielsen, AAU: "Vi gør forskellige tiltag for at integrere HPC-kompetencer og -interesse på AAU via bl.a. mentorkorps"; "der er brug for nye ph.d.-kurser, hvor HPC er en del af curriculum."*

*Professor Lars Bojer Madsen, AU: "Der er brug for et kompetence-løft ved hjælp af lokal support – uddannelse og kurser på national/international del skal udvikles og deles"; "det er vigtigt med lokale regne-faciliteter, som understøtter vækstlaget og som sikrer nem adgang til hjælp."*

*Professor Jens Walther, DTU: "Industrien har et stigende behov for beregningskompetencer."*

*Research Lab Manager Sebastian Büttrich, ITU: "Vi har brug for national guidance til at kunne navigere i den hastigt voksende pallet, der eksisterer inden for digitale løsninger til forskningen."*

### 3.4.5 Services

Der er stigende fokus på sikkerhed ved dataadgang og -håndtering. Personhenførbare data og persondataforordningen stiller særlige krav.

*Professor MSO Claudio Pica, SDU: "WAYF er en god og nyttig identifikations-service."*

### 3.4.6 Andre temaer

**DTU** ønsker fremadrettet:

- At fastholde løbende udbygning og vedligeholdelse af e-infrastrukturens komponenter, såvel lokalt som i fællesskaber med andre.
- Fokus på koordinering og samarbejde mellem centrale og decentrale kompetenceenheder og med nationale aktiviteter.
- Udvikling af eScience/e-infrastruktur som en service.
- At der skal være plads til store behov – såvel beregningsmæssigt som storagemæssigt.
- Øget satsning på anvendelse af modellering og analyse inden for alle områder.
- Adgang til modellerings-, dataanalyse- og programmeringskompetencer i et tæt samarbejde med den faglige forskning.
- Open Data og Open Science skal håndteres.

**Københavns Universitet** har nedsat et Science-digitaliseringsråd, der har til formål at sikre, at Science:

- Igangsætter initiativer, som kan understøtte visionen for digitalisering på Science.
- Har fokus på såvel kortsigtede udviklingsaktiviteter, der hurtigt kan skabe resultater, som større satsninger, der kræver mere langsigtede investeringer.
- Bidrager til at understøtte og imødekomme de behov, som opstår i samfundet som følge af den digitale udvikling.
- Bidrager til at gøre Danmark til et internationalt digitalt hot spot.

**Aalborg Universitet** har udarbejdet en bredt favnende digitaliseringsstrategi. Der er fokus på persondataforordningen og forskningsdatamanagement. Det overordnede arbejde er forankret i det Strategiske Digitaliseringsråd, der ledes af et direktionsmedlem og som har repræsentanter fra fakulteter, IT- og økonomiafdeling.

**Aarhus Universitets** digitaliseringsstrategi fra 2016 har inden for forskning fokus på HPC og datamanagement.

*Lektor Troels Haugbølle, KU: "Der skal være nogen, som styrer og administrerer den digitale infrastruktur i Danmark – og så behøver den at være meget mere synlig og brugervenlig."*

*Professor MSO Claudio Pica, SDU: "Det er afgørende for dansk forskning, at der etableres en langsigtet, bæredygtig og koordineret løsning inden for både HPC, lagringskapacitet og datadelingsstrukturer"; "dette vil fremme udviklingen af en national research cloud, hvori værktøjer og kompetencer kan deles og integreres i lokale forskningsmiljøer."*

*Professor Jens Walther, DTU: "UNI-C-tiden er forbi, og man skal heller ikke længere sprede pengene for bredt – vi har brug for at øge størrelsen af tilgængelig regnekraft, fremfor at etablere flere utilgængelige regnekraft i lukkede forskningsmiljøer."*

### 3.5 Fremtidige behov og muligheder

Dette afsnit samler op på de behov og betragtninger, der er fremkommet i behovsanalysen.

Nogle af spørgsmålene besvares mere fyldestgørende i konklusionen/opsamlingen, hvor opsamlingen på henholdsvis benchmarkanalyse og analyse af den europæiske udvikling indgår i vurderingen.

#### HPC

Behovskortlægningen viser, at der er et væsentligt og stigende behov for anvendelse af HPC i forskningen på alle de videnskabelige områder. Udgangspunktet er forskelligt og forventningerne til, hvad der kan og skal løses nationalt, er forskellige.

Alle områderne er dog enige om, at der er behov for et vist nationalt niveau for at fremme forskningen. For specielt det Teknisk- og Naturvidenskabelige område ses der samtidig et behov for lokale HPC-anlæg til at understøtte specielle behov, ligesom det internationale niveau med adgang til meget store computere er uundværligt for mange forskere.

#### Samlet viser behovskortlægningen en fordeling som:

**Lokalt** sikrer specialiserede anlæg til enkelte forskere/forskningsgrupper, der har et behov, der ikke kan løses på nationale eller internationale anlæg.

**Nationalt** ses et behov for fire typer anlæg:

1. Anlæg konstrueret med det formål at køre større beregninger parallelt på mange beregningsenheder i computeren (HPC). En sådan installation kører få jobs ad gangen, men hvert enkelt job optager et stort antal beregningsenheder på én gang. Målet er at afslutte en beregning hurtigst muligt. For at sikre koordinering mellem de enkelte beregningsenheder er det typisk et krav, at de kan kommunikere med hinanden over et medie, der tilbyder stor båndbredde og kort latenstid. Denne computer vil dække behovet for de forskere, der har et større regnebehov end det, der typisk dækkes på eksisterende lokale anlæg.
2. Anlæg konstrueret med det formål at køre et stort antal beregninger, der hver især ikke optager et stort antal beregningsenheder samtidigt (HTC). Formålet er at afvikle så mange jobs som muligt over længere tid. Her er der typisk behov for meget båndbredde til datalagringsystemerne, da et stort antal ukoordinerede jobs kan have behov for at læse og skrive data samtidigt. HTC-anlægget henvender sig til forskere, der ikke har adgang til lokale HPC-installationer. For etableringen af større fælles installationer tæller primært tekniske og mandskabsmæssige stordriftsfordele.
3. Behovskortlægningen viser en stor fælles udfordring for de videnskabelige områder med adgangen til at forske med registerdata og håndtere personhenførbare data. En af løsningerne her er at sikre, at de nationale HPC-anlæg har en sikker cloud-struktur, der muliggør det ved sikker transport via forskningsnettet fra datakilden til beregningsfaciliteterne. En løsning kan også være at etablere og drive nationale computere ved datakilderne.
4. Anlæg dedikeret lifescience-området, der både skal tilgodese forskning og agere produktionsanlæg til kliniske behov i forbindelse med initiativerne på området for personlig medicin. Organisering og finansiering af dette anlæg skal fastlægges i samarbejde med Sundhedsministeriets projekt, men det er vigtigt at sikre forskernes adgang til regnekraften og den nationale koordinering af den.

Den teknologiske udvikling går hurtigt, og nye metoder, herunder machine learning, vinder indpas. Det får betydning for den måde, beregninger foretages i fremtiden, og skal medtages i fastlæggelsen af et fremtidigt nationalt niveau af HPC.

Det fremgår af behovsafdækningen, at den nuværende betalingsmodel, hvor der betales af egne midler for regnetid, ikke har vundet accept blandt forskerne. De ønsker fri adgang til ressourcerne og en klar og ensartet politik for tildeling af regnetid på de nationale anlæg.

En løsningsmodel, der blev nævnt i behovskortlægningen var:

- Gratis adgang for alle forskere op til et vist niveau.
- Adgang via Peer Review til yderligere timer.
- Betalt adgang for forskere og virksomheder via en transparent betalingsmodel.

Behovskortlægningen viser, at forskerne foretrækker at have support med indblik i det videnskabelige område, forståelse af betydning og relevans af data og modeller og samtidig have indsigt i modellering og dataanalyse inden for fagområdet lokalt - en "faglig dataspecialist".

En HPC-specialist med teknisk indblik i generelle metoder og specifik indsigt i en bestemt HPC-installation bør til gengæld være tilknyttet selve anlægget og samarbejde med den faglige dataspecialist.

### **Forskningsnettet**

Forskningsnettet er i sin natur en national digital forskningsinfrastruktur. Behovskortlægningen viser, at forskningsnettet bliver betragtet som en basal og meget vigtig forskningsinfrastruktur, der også fremover skal kunne levere hurtige og sikre internetforbindelser nationalt og internationalt. Flere giver udtryk for, at et sikkert højhastighedsnet med mulighed for dedikerede forbindelser er essentielt for adgang til data og HPC.

### **Datamanagement og-lagring**

Alle de videnskabelige områder oplever en voldsom vækst i data. Arten af data og adgangen til lagringsløsninger er forskellig mellem universiteterne og de videnskabelige områder.

Mængden af data varierer mellem områderne fra tera- til petabyte, men fælles er, at de alle oplever udfordringer med håndteringen. Alle ønsker sikre, pålidelige og lettilgængelige løsninger.

Behovskortlægningen viser et gennemgående ønske om at kunne dele data på tværs af datasiloer, nationalt og internationalt. Der ses gennemgående et behov for og ønske om, at Danmark indgår i de europæiske bestræbelser på European Open Science Cloud (EOSC) initiativet. Som basis for dette foreslår flere etablering af nationale science-clouds.

For nogle giver det mest mening, at behovet for lagring løses lokalt, mens andre ser et behov for fælles løsninger, blandt andet for at understøtte opbygningen af datasiloer.

Lagringsfaciliteter kan med fordel etableres nationalt, når det giver mening for at:

- Sikre kritisk masse (lokale løsninger kan blive for dyre for enkelte projekter med mindre datamængder).
- Understøtte samarbejde på tværs af institutioner og datasiloer.
- Understøtte internationalt samarbejde med fokus på FAIR og Open Data principper.

Det samlede nationale behov for lagring af forskningsdata måles i dekader af petabytes.

Flere i behovskortlægningen ønsker mere videndeling og erfaringsudveksling på nationalt plan og sikring af fælles datastandarder. Aktuelt er EU's persondataforordning (GDPR) et område, hvor flere i behovskortlægningen giver udtryk for, at der er behov for erfaringsudveksling, retningslinjer og koordinering.

### **eScience-kompetencer**

Behovskortlægningen viser, at de fleste universiteter enten har eller er i gang med at opbygge lokale eScience kompetence- og datamanagementsrådgivningsenheder.

Der er enighed om, at kompetenceopbygningen bør ske lokalt, men at der er behov for erfarings- og kompetenceudveksling på tværs af fagområder og institutioner. I flere tilfælde er der eksisterende fora for dette, i andre tilfælde efterspørges en national koordinering.

Hvis man etablerer nationale løsninger, er der behov for specialister, der tilbunds gående forstår de tekniske aspekter af løsningerne og kan videreformidle denne viden i samarbejde med de lokale organiseringer og med erfaring og viden hentet fra udlandet.

Med en stadig større digitalisering af forskning opstår der også et stort og foreløbigt udækket behov for personer uddannet til at varetage funktioner som datatekniske specialister og HPC-tekniske specialister. Flere universiteter har uddannelser inden for området, men behovet er fortsat stigende.

### **Services**

Der er behov for sikker adgang til data og forskningsfaciliteter.

Fælles national identitetshåndtering er en uundværlig komponent i dette, som for at sikre adgangen til internationale ressourcer bør koordineres med den internationale udvikling.

Sikkerheden på forskningsnettet overvåges af DeiC-tjenesten DKCERT, der er med til at holde universiteternes opmærksomhed på sikkerhed og trusler.



## 4 Benchmark i forhold til andre lande

Der etableres et sammenligningsgrundlag for, hvorledes det nationale e-infrastruktursamarbejde håndteres i Danmark i forhold til Norge, Sverige, Finland og Holland, som angivet i kommissoriet. Dette omfatter HPC, forskningsnet og datamanagement og -lagring, eScience-kompetenceudvikling, sikkerhed og identitetshåndtering, samt en beskrivelse af håndteringen af det internationale samarbejde.

I det følgende besvares disse spørgsmål fra kommissoriet:

- Hvordan er det nationale e-infrastruktursamarbejde organiseret?
- Hvordan er opgaver og ansvar fordelt mellem det nationale og lokale/institutionelle niveau og mellem forskellige aktører?
- Hvilken governance-model er valgt, og hvilken selskabsform er brugt?
- Hvad er den samlede økonomi for det nationale e-infrastruktursamarbejde, og hvordan er dette finansieret?
- Hvordan håndteres deltagelse i europæiske e-infrastrukturer – hvilket niveau (nationalt/lokalt) og med hvilke ressourcer?

Udgangspunktet i analysen er det enkelte land, med en kort overordnet beskrivelse af aktørerne på det nationale niveau. I de tilfælde hvor der er en hovedaktør, er den derefter beskrevet. Herefter følger en beskrivelse af landets/den nationale e-infrastrukturleverandørs organisering og aktiviteter inden for HPC, forskningsnet, datamanagement og -lagring, eScience-kompetencehåndtering, og to udvalgte services: identitetshåndtering og sikkerhed. I de tilfælde hvor en selvstændig organisation spiller en rolle på de enkelte e-infrastrukturområder, er organisationen beskrevet her.

Afsnittet afsluttes med et benchmark af landene i forhold til organisering, aktiviteter og økonomi i Danmark.

### 4.1 Norge

I Norge er det en fælles koncern UNINETT, der hovedsagelig står for den nationale e-infrastruktur. Der foregår netop nu en ændring af organiseringen i Norge, hvorved flere aktiviteter samles i et ny statsligt "tjenesteorgan". Den endelige organisering er ikke kendt på nuværende tidspunkt. UNINETT fortsætter i en noget reduceret udgave som leverandør af infrastruktur til sektoren.

Tabel 1: Organisering af den nationale e-infrastruktur i Norge

Aktør	Universiteter	UNINETT		BibSys
		Sigma2		
HPC	Drift	Styring, udvikling og koordinering. Tildeling af regnetid		
Forskningsnet			Styring, drift, udvikling	
Datamanagement				Styring, drift og udvikling
Datalagring		Styring, drift, udvikling	Udbyder cloud-baseret løsning – BOX – til brugere på forskningsnettet	
eScience kompetencer		Udbyder og formidler kurser og laver metacenter, der organiserer HPC-support		
Sikkerhed			Styrer, driver og udvikler CERT tjenesten	
Identitetshåndtering			Styrer, driver og udvikler identitetsføderationen FEIDE	

UNINETT-koncernen driver forskningsnet og netjtjenester til universiteter, højskoler og forskningsinstitutioner og håndterer øvrige nationale IKT-opgaver.

Koncernen er et aktieselskab ejet af Kunnskapsdepartementet (ministeriet). Den består af moderselskabet UNINETT A/S (forskningsnet og netjtjenester), og to datterselskaber: UNINETT Sigma2 (HPC og datalagring) og NORID (registrering af .no-domænet).

Koncernen havde i 2016 108 ansatte og en samlet omsætning på 287,5 mio. NOK i 2016. Den er placeret i Trondheim.

UNINETTs bestyrelse udpeges af ministeriet og består af repræsentanter fra universiteterne, et udenlandsk medlem og medarbejderrepræsentanter.

UNINETT har etableret en række prioriteringsråd bestående af medlemmer fra universiteterne og højskolerne for at sikre, at tjenester og leverancerne lever op til brugernes behov. Prioriteringsrådene er rådgivende og sikrer en relevant og værdiskabende strategisk udvikling.

#### 4.1.1 HPC

UNINETT Sigma2 AS står for den nationale computing-infrastruktur og tilbyder services inden for HPC og datalagring. Det er en non-profit organisation, der er 100 % ejet af moderselskabet UNINETT A/S. Sigma2 har 7 ansatte.

Bestyrelsen består af repræsentanter for de medfinansierende universiteter og ledes af UNINETTs administrerende direktør.

Aktiviteterne finansieres af Norges forskningsråd og universiteterne i Oslo, Bergen, Trondheim og Tromsø. Tjenesterne er frit tilgængelige for personer og grupper, der er involveret i forskning og uddannelse på norske universiteter, og organisationer og projekter, der er offentligt finansieret.

For perioden 1.1.2015 – 31.12.2019 bidrager en national satsning på infrastruktur med 25 MNOK (2,6 M€) pr år. Det er en betingelse, at de fire deltagende universiteter skal indgå tjenesteaftaler med en samlet værdi på 50 MNOK (5,2M€) pr år.

Sigma2 deltager derudover i ansøgninger til infrastrukturpuljer nationalt og internationalt. Blandt andet fik SIGMA2 i 2014 tildelt 75,7 MNOK (7,8 M€). fra den nationale infrastrukturpulje til anskaffelse af ny HPC- og lagringsfacilitet.

Kontrakten om den langsigtede finansiering løber i 10 år, fra 1. januar 2015 til 31. december 2024. Hvert femte år kan kontrakten forlænges med yderligere 5 år. Første gang den 1. januar 2020, hvor finansieringsfordelingen mellem forskningsrådet og universiteterne samtidig kan justeres. Fortsættelse af Forskningsrådets finansiering forudsætter, at universiteterne også viderefører deres finansiering. Sigma2 evalueres inden forhandlingerne som baggrund for beslutning om fortsat finansiering og eventuelle ændringer til driftsaftalen.

**Tabel 2: Nationale HPC-anlæg i Norge**

	Etableret	Jobtyper	Memory	Kerner/Noder	HPC storage	Tflop/s (peak) CPU
Abel		Parallel, Seriel og Large I/O jobs	60/1024	16/32	0,4 PB	258
Stallo		Parallel, Seriel og Large I/O jobs	32/128	16/20	0,2 PB	312
FRAM	2017	Parallel og Large I/O jobs	64/512	32	2,5PB	1,1 Petaflops

Adgang til HPC-anlæggene tildeles efter ansøgning til en videnskabelig komité, der er nedsat af SIGMA2s bestyrelse

SIGMA 2 koordinerer deltagelse i det internationale samarbejde i fx NeIC, PRACE og EUDAT. Formålet med at deltage aktivt i det internationale udviklingsarbejde er, at Norge isoleret set ikke har den kritiske masse, der sikrer udvikling og vedligeholdelse af en e-infrastruktur, der til stadighed opfylder forskernes behov for state-of-the-art hardware, software, standarder og politikker.

SIGMA2 varetager medlemskaberne, og universiteterne deltager i projekterne via SIGMA2.

#### 4.1.2 Forskningsnet

Moderselskabet UNINETT A/S driver forskningsnettet og en række netbaserede tjenester, herunder også til e-læring.

UNINETT organiserer mange fælles aktiviteter om lokal drift, blandt andet netværksoptimering på campus, telefoni og WiFi.

UNINETTs aktiviteter er finansieret gennem en kombination af brugerbetaling for de basale driftsservices og investeringer (nettet, sikkerhed, identitetshåndtering) og bevillinger til udviklingsaktiviteter og -programmer. Den samlede omsætning for UNINETT A/S var i 2016 25M€.

Udviklingsprogrammerne finansieret af staten har typisk en varighed af 3-4 år og er fx for nuværende et treårigt program med det formål at undersøge, hvordan universiteterne bedst anvender eksterne cloud-services. Midlerne er tildelt efter UNINETTs ansøgning til central pulje.

UNINETT deltager primært i det internationale forskningsnetsamarbejde via NORDUnet og GÉANT. Blandt andet med aktiv deltagelse i GÉANT-udviklingsprojekter om netteknologi, cloudteknologi, identitetshåndtering, netværksovervågning og real time webkommunikation.

#### 4.1.3 Datamanagement og -lagring

UNINETT Sigma2 driver og udvikler den nationale lagring af forskningsdata. Sigma2 tilbyder med den nyeste service NIRD, der implementeres i 2017, en national løsning, der understøtter lagring af data i hele datas livscyklus:

- Data Planning Tool – et værktøj, der kortlægger krav til data.
- Storage of scientific project data – Lagring af aktive data, der stadig bearbejdes eller analyseres. Lagring tæt på de nationale HPC-anlæg.
- The Research Data Archive – lagring af publicerede forskningsdata. Understøtter Open Access ved offentlige metadata og mulighed for download af data.

Tjenesterne er tilgængelige for forskere og studerende på universiteter og højskoler, samt øvrige offentligt finansierede forskningsprojekter.

UNINETT Sigma2's aktiviteter på datalagringsområdet finansieres af samme budget som HPC-aktiviteterne.

UNINETT Sigma2 deltager i det internationale arbejde i EUDAT og NeIC.

UNINETT A/S tilbyder desuden den cloudbaserede kommercielle fildelingstjeneste BOX og en række andre cloudbaserede services blandt andet gennem GÉANTs cloud-aftaler.

BIBSYS er en aktivitet under Kundskapsdepartementet og en organisatorisk enhed under det tekniske universitet i Trondheim (NTNU). Bestyrelsen udpeges af ministeriet og består af repræsentanter fra universiteter og bevaringsinstitutioner samt direktøren for UNINETT.

BIBSYS tilbyder systemer og tjenester inden for datamanagementområdet, herunder specielt til forskningsbibliotekssektoren.

BIBSYS finansieres af bevillinger fra Kundskapsdepartementet (ca. 3,5 MNOK (0,4 M€), 2016) og betaling fra deltagerinstitutionerne ca. 50 MNOK (5 M€), 2016.

#### 4.1.4 eScience-kompetencer

UNINETT Sigma2 tilbyder uddannelse og kurser i eScience/HPC-anvendelse i samarbejde med de universiteter, der medfinansierer de nationale HPC-centre.

Åbne internationale kurser og uddannelse i bl.a. NeIC og PRACE annonceres via Sigma2s website.

Support i forbindelse med de nationale HPC-centre ydes af et fælles metacenter.

UNINETT Sigma2s aktivitet på kompetenceområdet er en del af det samlede budget for Sigma2 og udgør et årsværk, der også deltager i det internationale samarbejde i NeIC.

#### 4.1.5 Identitetshåndtering

Identitetshåndteringssystemet for den samlede uddannelsessektor i Norge kaldes FEIDE. Det giver studerende og ansatte på universiteter, højskoler, forskningsinstitutioner og skoler og gymnasier adgang til en lang række tjenester.

UNINETT og "Senter for IKT i utdanningen" driver og udvikler tjenesten i fællesskab.

Universiteter, højskoler og forskningsinstitutioner, der ønsker at benytte tjenesten, skal være tilsluttet forskningsnettet.

FEIDE finansieres delvis gennem bevillinger fra ministeriet og gennem brugerbetaling ved fastlagt betalingsmodel. Tjenesteleverandører betaler en årlig tilslutningsafgift på 11.000 NOK.

UNINETT deltager aktivt i det internationale udviklingssamarbejde på området gennem NORDUnet og GÉANT.

##### 4.1.5.1 Sikkerhed

UNINETT tilbyder en række tjenester på sikkerhedsområdet, herunder hændeshåndtering, trusselsbilleder, scanninger og sikkerhedsanalyser. Derudover faciliteres lokale sikkerhedsteams og fora om EU's persondataforordning (GDPR).

Tjenesterne finansieres gennem UNINETTs budget og statslig bevilling til udvikling af området. Der er i alt 8 årsværk til området.

UNINETT deltager i det nordiske sikkerhedssamarbejde under NORDUnet og i de relevante arbejdsgrupper i GÉANT.

## 4.2 Sverige

I Sverige er der to hovedaktører på det nationale e-infrastrukturområde:

- Swedish National Infrastructure for Computing, SNIC, der håndterer HPC, datalagring og en del af eScience-kompetencerne. SNIC er et projektsamarbejde mellem Vetenskapsrådet og en række svenske universiteter, der i fællesskab investerer i og driver den fælles infrastruktur. Der er en bestyrelse, hvor universiteterne og Vetenskapsrådet deltager, og et sekretariat, der er placeret på Uppsala Universitet, med 5 ansatte. Der er netop indgået en ny flerårig aftale med et samlet budget på 200 MSEK/år (20M€/år).
- Swedish University computer Network, SUNET, står for drift og udvikling af forskningsnettet og nettjenester. SUNET er en enhed under Vetenskapsrådet med en bestyrelse, der omfatter flere universitetsrektorer og en forvaltningschef fra Vetenskapsrådet.

Derudover er der i Sverige to eScience kompetence-samarbejder mellem universiteterne.

**Tabel 3: Organisering af den nationale e-infrastruktur i Sverige**

Aktør	Universiteter	SNIC	SUNET
HPC	Drift af nationale anlæg	Styring, udvikling og koordinering. Tildeling af regnetid	
Forskningsnet			Styring, drift, udvikling
Datamanagement			
Datalagring		Styring, drift, udvikling	Udbyder cloud-baseret løsning – BOX – til brugere på forskningsnettet
eScience kompetencer	SeRC og eSCENCE	Udbyder HPC-nære kurser	
Sikkerhed			Styrer, driver og udvikler CERT-tjenesten
Identitetshåndtering			Styrer, driver og udvikler identitetsføderationerne SWAMID og Edu-ID

#### 4.2.1 HPC

SNIC – Swedish National Infrastructure for Computing – tilbyder tjenester inden for HPC og datalagring til alle videnskabelige områder til universiteter, højskoler og forskningsinstitutioner i Sverige.

SNIC er et projekt under Vetenskapsrådet og er placeret på universitetet i Uppsala. Bestyrelsen udpeges af Vetenskapsrådet og består af repræsentanter fra universiteterne.

Tabel 4: Nationale HPC-anlæg i Sverige

	Udløber	Jobtyper	Memory	Kerner/Noder	HPC storage	Tflop/s (peak) CPU
Abisko	02/18			15.264 kerner		
Kebnekaise	12/20					
Aurora	12/19	Vægt på brugervenlighed og visuel behandling		180 noder	1,7 TB	
Beskow	12/18	Massive parallel jobs		53.632/1.676	104,7 TB	1.973
Hebbe	12/19			4.720/236	20,4 TB	
Rackham	01/21			6.080/304		
Triolith	07/18			25.600/1.600		

Adgang til HPC-anlæggene tildeles efter ansøgning til The Swedish National Allocations Committee (SNAC), der er nedsat af SNIC. Adgang tildeles på basis af videnskabelig kvalitet, behov og egnethed til effektiv kørsel på anlægget. Politik og guidelines er udformet af SNIC og følger Vetenskapsrådets strategi og politikker for bevillinger til forskningsinfrastrukturer.

SNIC deltager i flere internationale initiativer og samarbejder, herunder EGI, EUDAT, PRACE og NeIC. SNIC koordinerer HPC-centrenes deltagelse i de internationale udviklingsprojekter.

#### 4.2.2 Forskningsnet

SUNET's opgave er at levere infrastruktur til national og international datakommunikation til universiteter, højskoler og øvrige tilsluttede institutioner. Samlet leverer organisationen forskningsnet og en række forskellige tjenester.

Organisationen er en aktivitet i Vetenskapsrådet. Hidtil har flertallet af medarbejdere været ansat på universiteter eller i NORDUnet og arbejder hel- eller deltids for SUNET. Den seneste udvikling går i retning af, at flere og flere bliver ansat direkte i Vetenskapsrådet.

SUNET havde i 2016 en samlet omsætning på 192 MSEK (19 M€). SUNET's aktiviteter er hovedsagelig finansieret gennem brugerbetaling. Ved regeringsbeslutning er højere læreranstalter i Sverige forpligtet til at betale et gebyr til SUNET baseret på deres omsætning. En række institutioner under Kulturministeriet er også forbundet til SUNET. Medlemsgebyret for dem er et fast beløb betalt centralt fra ministeriet.

Fordelingen af SUNET's indtægter er for 2017 cirka:

- Højere læreanstalter (baseret på omsætning): 100 MSEK (62,5%).
- Institutioner under Kulturministeriet (centralt betalt): 40 MSEK (25%).
- Særskilt betaling for services, baseret på forbrug: (videoconference, videohosting, LMS): 20 MSEK (12,5%).

Betaling for den svenske identitetshåndtering SWAMID er inkluderet i betaling for tilslutning til forskningsnettet.

SUNET deltager primært i det internationale forskningsnetsamarbejde gennem NORDUnet og GÉANT, og har som mål i strategien at være med til at påvirke den europæiske politik og udvikling inden for forskningsnet-samarbejdet.

#### 4.2.3 Datamanagement og -lagring

SNIC tilbyder lagringstjenesten SWESTORE til lagring af aktive forskningsdata i store mængder. Lagringsfaciliteterne tilbydes i nærheden af de nationale HPC-anlæg.

Plads tildeles efter ansøgning til SNAC på linje med adgang til HPC-anlæggene.

SWESTORE kan ikke anvendes til backup eller langtidsarkivering. Det er universiteternes ansvar at sikre lagringsfaciliteter til data i de øvrige faser af datas livscyklus.

SNIC deltager i såvel styrende fora som udviklingsprojekter i EUDAT (projektet EUDAT202 med EU-finansiering) og i aktiviteterne i NeIC.

SUNET tilbyder desuden den cloudbaserede kommercielle fildelingstjeneste BOX og en række andre cloudbaserede services blandt andet gennem GÉANTs cloud-aftaler.

#### 4.2.4 eScience-kompetencer

SNIC tilbyder træning og uddannelse i HPC. De nationale HPC-centre tilbyder kurser specifikt for beregninger på deres anlæg.

SNIC formidler desuden kurser udbudt af de øvrige nordiske lande i NeIC-samarbejdet, samt fra PRACE via websitet.

SeRC – Swedish e-Science Research Centre, er etableret af de fire universiteter (Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholms universitet, Karolinska instituttet og Linköpings universitet) med udgangspunkt i de nationale HPC-centre under SNIC. Initiativet finansieres af Vetenskapsrådet som et strategisk forskningsområde med det formål at:

- Sikre fortsat udvikling af eScience gennem samarbejde mellem eScience-eksperter og computereksperter.
- Forske i eSciencemetoder.
- Sikre et tættere samarbejde mellem de nationale HPC-centre for at øge antallet af avanceret supportpersonale.
- Samarbejde med industri og samfund.

SNIC deltager i det nordiske samarbejde i NeIC med ressourcer til såvel ledelse som udvikling.

eSENCE er et strategisk samarbejds- og forskningsprojekt om eScience mellem Uppsala Universitet, Lund Universitet og Umeå Universitet. Projektet er opstået gennem et centralt initiativ med det formål at fremme højkvalitetsforskning i områder af høj strategisk betydning for samfundet og industrien. Formålet er også her at have et miljø, hvor nye eSciencemetoder, værktøjer og applikationer udvikles og implementeres.

SeRC og eSENCE samarbejder om at udbyde eScience-uddannelser.

#### 4.2.5 Identitetshåndtering

Identitetsføderationen til uddannelse og forskning i Sverige kaldes SWAMID og drives af SUNET. Tjenesten har egen styregruppe, der udpeges af SUNET.

Institutioner, der kan tilsluttes forskningsnettet, kan søge om at blive medlem af SWAMID. Betaling til SWAMID er inkluderet i betalingen for forskningsnettet.

SUNET deltager aktivt i det internationale udviklingssamarbejde på området gennem NORDUnet og GÉANT.

#### 4.2.6 Sikkerhed

SUNET CERT's formål er at bistå institutioner tilsluttet forskningsnettet med håndtering af sikkerhedshændelser.

SUNET CERT er en del af SUNET, men alle medarbejderne er ansat på universiteterne.

SUNET CERT udbyder kurser med det formål at sikre sikkerhedskompetencer i sektoren. SUNET CERT tilbyder desuden en scanningstjeneste.

SUNET CERT deltager i nationalt og internationalt samarbejde med CERT-lignende organisationer, herunder samarbejdet under NORDUnet og GÉANT.

SUNET CERT-aktiviteterne finansieres gennem betalingen for tilslutning til forskningsnettet.

## 4.3 Finland

Finland har valgt at lade en stor samlet organisation stå for at levere e-infrastruktur til forskning, uddannelse, kultur og en stor del af den offentlige administration.

CSC, det finske center for ICT ekspertise, er et nonprofitaktieselskab ejet af den finske stat (70%) og de højere læreanstalter (30%). Hovedkontoret ligger i Espoo udenfor Helsinki. CSC havde i 2016 en samlet omsætning på 36,8

M€ og 290 ansatte. Af den samlede omsætning var 2,74 M€ statstilskud til anvendelse i udvikling af HPC-infrastruktur og datalagrings-services og 1,53 M€ statstilskud til drift og vedligeholdelse af de nationale HPC-anlæg under CSC.

Tjenesterne er generelt brugerfinansierede. CSC er desuden meget aktiv i de internationale projektsamarbejder, både omkring styring og udvikling af internationale e-infrastrukturer. Herunder aktiv deltagelse i EGI, PRACE, EUDAT, GÉANT, RDA, samt øvrige EU-finansierede projekter.

**Tabel 5: Organisering af den nationale e-infrastruktur i Finland**

Aktør	CSC
HPC	Styring, udvikling og drift af nationale anlæg. Tildeling af regnetid
Forskningsnet	Styring, drift og udvikling
Datamanagement	Styring, drift og udvikling
Datalagring	Styring, drift og udvikling
eScience kompetencer	Styring, drift og udvikling
Sikkerhed	Styring, drift og udvikling
Identitetshåndtering	Styring, drift og udvikling

CSC har nedsat et Scientific Customer Panel, der sikrer løbende feedback på udvikling, aktiviteter og services. Gruppen mødes fire gange årligt og består af 8-10 medlemmer, der repræsenterer de forskellige videnskabelige områder, der anvender CSCs services, og fra spirende nye videnskabelige områder.

#### 4.3.1 HPC

CSC driver et HPC- og datacenter i Kajaani i det nordlige Finland.

**Tabel 6: Nationale HPC-anlæg i Finland**

	Etableret/opgraderet	Jobtyper	Memory	Kerner/Noder	HPC storage	Tflop/s (peak) CPU
Sisu	2014	Parallel	64GB	1.688 noder		
Taito2*	2015	Seriell	128/256	9.768 noder		600
Taito1*	2013	Seriell	64/256/1,5	9.216 noder		
ePouta/cPouta* (Cloud)				12/20 noder		

\*En del af compute-noderne fra Taito er allokeret til cloudservicen Pouta. Mængden justeres efter behovet for cloud-ressourcer.

CSC deltager i PRACE/DECI-samarbejdet med 6% af computeren Sisu.

Forskningsmæssig brug af computerne finansieres af Ministeriet for Uddannelse og Kultur og tildeles ved ansøgning til en videnskabelig komite nedsat af CSC. Ansøgningerne bedømmes på basis af den forskningsmæssige effektivitet og kvalitet og på basis af den nationale forskningspolitik og prioriteter.

Der er desuden fri adgang op til et vist niveau til akademiske brugere (med adgang via den finske identitetsføderation HAKA). Forskningsprojekter, der involverer kommercielle partnere, eller forskningsprojekter hvis resultater ikke er tiltænkt offentliggørelse, samt rent erhvervs-mæssige projekter betaler for brug af computeren.

#### 4.3.2 Forskningsnet

CSC driver det finske forskningsnet kaldet FUNET og en række netbaserede tjenester. FUNET er en selvstændig enhed under CSC med eget øremærkede budget, egne kundeforhold og ledelse.

FUNET er en nonprofitorganisation. Eventuelle overskud eller underskud overføres til følgende år, således at FUNET forbliver økonomisk uafhængig af resten af CSC.

Den årlige omsætning er på 7.5 M€. Kerneydelserne betales af medlemsorganisationerne efter en fordelingsmodel baseret på antal ansatte. Uddannelsesministeriet dækker 67% af betalingen for højere uddannelsesinstitutioner.

Der betales særskilt for yderligere tjenester (lightpaths, medietjenester etc). Uddannelsesministeriet dækker 40% af den yderligere betaling til forbindelsestjenesterne (lightpaths). Institutionerne betaler selv hele beløbet for yderligere services.

Opgraderings- og udbygningsprojekter finansieres typisk af engangsbevillinger fra Uddannelsesministeriet.

Identitetsføderationen HAKA har selvstændig finansiering gennem HAKA medlemskab.

FUNET deltager primært i det internationale forskningsnetsamarbejde gennem NORDUnet og GÉANT.

#### 4.3.3 Datamanagement og -lagring

CSC tilbyder en lang række tjenester til datamanagement og lagring i hele datas livscyklus, herunder værktøjer til:

- Udarbejdelse af datamanagementplaner.
- Til at finde eksisterende datasæt, blandt andet via EUDATs B2Find.
- Dataanalyse.
- Deling af data.

Samt en lang række lagringstjenester til såvel aktive som inaktive data.

CSCs lagringstjenester understøtter open data og open science, og CSC er en af de meget aktive parter i EUDAT-samarbejdet.

CSC tilbyder desuden at vejlede om anvendelse af data og rådgive om håndtering af såvel store datamængder som sensitive data.

Datamanagement og -lagringstjenesterne finansieres af samme budget som HPC-aktiviteterne.

#### 4.3.4 eScience kompetencer

CSC tilbyder en lang række kurser, webinarer og workshops inden for eScience og HPC-kompetenceudvikling, blandt andet som kurser under PRACE-samarbejdet.

CSC tilbyder desuden eksperthjælp til at vælge de bedste og mest effektive værktøjer og software til et givent forskningsprojekt, samt til at komme i gang på HPC-anlæggene nationalt og internationalt. De fleste services er gratis for forskerne, men kræver adgang til CSC's tjenester.

CSC tilbyder desuden en række services og aktiviteter rettet mod specifikke videnskabelige områder, som fx kemi, sprogforskning og fysik.

#### 4.3.5 Identitetshåndtering

Identitetsføderationen for højere læreanstalter og forskning i Finland kaldes HAKA. Den har mere end 326.000 slutbrugere og giver adgang til næsten 300 tjenester.

Der betales særskilt for adgang til at benytte HAKA tjenesten som såvel identitets- som serviceudbyder.

#### 4.3.6 Sikkerhed

FUNET CERT finansieres gennem betalingen til FUNET og har 5 årsværk.

FUNET CERT overvåger og koordinerer sikkerhedshændelser hos FUNETs medlemsorganisationer, og hjælper med at minimere sikkerhedsrisici.

FUNET CERT tilbyder hændeshåndtering, trusselsbilleder, scanninger og kurser.

FUNET CERT deltager i det internationale samarbejde i blandt andet FIRST (Forum of Incident Response and Security Teams) og i det nordiske og europæiske samarbejde i NORDUnet og GÉANT.

### 4.4 Holland

I Holland er SURF den samlede organisation for ICT til uddannelse og forskning. SURF er et andelselskab ejet af uddannelses- og forskningsinstitutioner. De har skrevet under på en medlemsaftale, der også indebærer en forpligtelse til at købe SURF's kerneydelser (med mindre det er services, institutionen ikke har behov for).



SURF's øverste myndighed er Members Council (Medlemmernes Råd). Det består af 33 personer, som er udpeget af medlemsinstitutionerne. Medlemmernes Råd mødes to gange årligt og er ansvarligt for den overordnede økonomi og strategi samt udpegning af medlemmer til bestyrelse og direktion.

Bestyrelsen består af mindst 3 personer. Den nuværende bestyrelse har 6 medlemmer, som har ansvaret for at være bindeled mellem Medlemmernes Råd og direktionen. Bestyrelsen vejleder driftsorganisationerne og sikrer, at deres aktiviteter er i tråd med organisationens mål og mandat.

Direktionen udgør SURF's daglige ledelse og står for formulering af politik og strategi, som godkendes af Medlemmernes Råd. Direktionen har ansvaret for at gennemføre strategien. Direktionen udgøres af SURF's administrerende direktør og direktørerne fra de tre operationelle selskaber: SURF Market, SURFnet og SURFsara. SURF's administrerende direktør er formand for direktionen.

Derudover er der nedsat et uafhængigt eksternt videnskabeligt ekspertpanel (Scientific Technical Council), som opfordret eller uopfordret vejleder de øvrige organer om strategi, videnskabelige og tekniske aspekter af organisationens aktiviteter og projekter. Medlemmerne udpeges personligt baseret på deres ekspertise og visionære tænkning på området.

SURFmarket er et indkøbsfællesskab for ICT-services til uddannelses- og forskningssektoren.

SURFnet driver og udvikler det hollandske forskningsnet og en lang række relaterede tjenester.

SURFsara er det nationale HPC- og eScience-supportcenter, der også leverer dataservices.

Netherlands eScience Center er en selvstændig enhed, som ejes af forskningsrådet (NWO) og SURF i fællesskab.

**Tabel 7: Organisering af den nationale e-infrastruktur i Holland**

Aktør	SURF		Netherlands eScience Center
	SURFsara	SURFnet	
HPC	Styring, udvikling og drift af nationale anlæg. Tildeling af regnetid		
Forskningsnet		Styring, drift og udvikling	
Datamanagement	Styring, drift og udvikling		
Datalagring	Styring, drift og udvikling		
eScience kompetencer	Udbyder kurser i HPC-tekniske kompetencer		Udbyder support og kurser i faglige eScience- og datakompetencer.
Sikkerhed		Styring, drift og udvikling	
Identitetshåndtering		Styring, drift og udvikling	

#### 4.4.1 HPC

SURFsara er et aktieselskab 100% ejet af SURF. SURFsara tilbyder en lang række HPC-muligheder, i visse tilfælde i samarbejde med universiteter.

**Tabel 8: Nationale HPC-anlæg i Holland**

Service/HPC anlæg	Etableret/opgraderet	Jobtyper	Memory	Kerner/Noder	HPC storage	Tflop/s (peak) CPU
Lisa Compute Cluster	07/2015	Capability computer - Large scale computational jobs og mindre, parallelle jobs	26 TB	7.856 kerner	750 til 870 scratch space pr node	149
Dutch National Supercomputer – Cartesius	12/2016	Capacity computer – Store, parallelle jobs	130TB	47.776 kerner	180 TB	1.843
HPC Cloud						
GRID		High throughput computing, baseret på samarbejdet i EGI med nationale og international computere				
Big Data Service	07/2016	Processering af store mængder ustrukturerede data. Hadoop Cluster	10TB	1.440 kerner/180 compute og 195 data noder		
LifeScience Grid		Sammenhængende grid af flere clustere placeret flere steder specielt egnet til LifeScience (hospitaller og forskningsinstitutioner)				
Visualisering		Visualiseringsservice i forbindelse med data på Certesius, foretaget på egen pc				

SURFsara tilbyder fri support og hjælp med at komme i gang, tilrette kode mm. for projekterne.

Der er fri adgang til ressourcerne for forskere fra højere læreanstalter og forskningsinstitutioner efter ansøgning til forskningsrådet (NWO – National Computing Facilities Foundation). Medlemmer af SURF kan betale sig til adgang til en vis mængde ressourcer, som kan anvendes på on-demand-basis.

Derudover støtter det hollandske Økonomiministerium adgang til pilotprojekter fra små og mellemstore erhvervsvirksomheder.

SURFsara deltager aktivt i det internationale udviklingsarbejde i blandt andet EGI (som deler kontor med SURFsara) og PRACE.

#### 4.4.2 Forskningsnet

Forskningsnettet og en lang række netrelaterede services drives og udvikles af SURFnet, der er en del af SURF.

Alle institutioner under det hollandske ministerium for uddannelse, kultur og forskning kan tilslutte sig forskningsnettet. Dog ligger support og anden direkte kundehåndtering for skoler, gymnasier og kulturinstitutioner hos separate serviceleverandører (Educational service provider (ESP) og Cultural Service Provider (CSP)).

SURFnets samlede omsætning er årligt 35 M€, der kommer fra en blanding af brugerbetaling og statsfinansiering.

For at sikre en udvikling af net og services i overensstemmelse med brugernes ønsker har SURFnet nedsat en række brugerpaneler. Panelerne består af studerende, undervisere, forskere og ansatte på de tilsluttede institutioner. Panelerne modtager et spørgeskema 3-10 gange årligt, derudover kan de inviteres til at deltage i dybdegående interviews om bestemte emner.

#### 4.4.3 Datamanagement og -lagring

SURFsara og SURFnet tilbyder i fællesskab en lang række datalagringstjenester, der understøtter data i hele livscyklus, herunder en række services fra EUDAT.

SURFsara tilbyder services til lagring af meget store mængder data, samt en række services, der understøtter datamanagement-processen og identifikation af data.

SURF er en af de meget aktive spillere i arbejdet for en realisering af EU's European Open Science Cloud og FAIR-initiativerne med SURFs administrerende direktør Erik Fledderus i spidsen.

SURFsara er involveret i de europæiske udviklingsprojekter på området.

#### 4.4.4 eScience-kompetencer

SURFsara tilbyder support til at komme i gang på HPC-anlæggene og til tilretning af koder og applikationer.

Netherlands eScience center (NLeSC) er et fælles initiativ etableret i 2011 mellem forskningsrådet (NWO) og SURF med det formål at sikre et bæredygtigt, sammenhængende og omkostningseffektivt miljø omkring udviklingen af eScience på tværs af de videnskabelige områder.

NLeSC har omkring 55 ansatte, hvoraf de cirka 40 er såkaldte eScience Research Engineers. Deres opgave er aktivt at hjælpe forskningsprojekter med eScience og anvendelsen af e-infrastrukturerne. De har typisk en forskningsmæssig eller computerteknisk baggrund. Forskningsprojekter tildes efter ansøgning en eScience Research Engineer, der tilbringer cirka halvdelen af tiden i det videnskabelige miljø omkring projektet for at sikre sammenhængen mellem projekt, data og e-infrastruktur.

NLeSC tilbyder specifikke kurser inden for datadrevne og computeintensive områder, specielt målrettet yngre forskere.

NLeSC har et årligt budget på 3-4 M€, der kan søges af forskningsprojekter, der ønsker eScience support til et projekt.

NLeSC driftsmidler kommer fra SURF og NWO. Derudover søger NLeSC yderligere midler gennem ansøgninger til nationale og internationale puljer fx gennem fx Horizon2020.

#### 4.4.5 Identitetshåndtering

Identitetsføderationen for universitets og forskningssektoren i Holland kaldes SURFConext. Tjenesten er inkluderet i betalingen for SURFnet.

En speciel version, SURFConext Strong Authentication, er udviklet specielt til adgang til sensitive data. SURFConext Strong Authentication er to-faktor-login, som ud over det almindelige login kræver angivelse af en speciel kode, som sendes via sms i forbindelse med loginprocessen. Anvendelse af SURFConext Strong Authentication betales ud over den almindelige SURFnet-betaling.

#### 4.4.6 Sikkerhed

Institutioner tilsluttet SURFnet kan bruge SURFcerts tjenester. De kan i tilfælde af sikkerhedshændelser benytte tjenesten 24 timer i døgnet alle ugens dage.

SURFcert tilbyder desuden:

- Hjælp til etablering og træning af lokale sikkerhedshændelsesteams (CERT'er) på institutionerne.
- Kurser og uddannelse til lokale CERT'er.
- Forum for erfaringsudveksling mellem institutionerne (SCIRT).
- Analyse af datatrafik til og fra institutionerne, så et eventuelt angreb kan stoppes tidligt.
- Information om sårbarheder og sikkerhedshændelser.

### 4.5 Benchmark af den nationale e-infrastruktur i Danmark

Som i Norge, Finland og Holland varetages det nationale niveau af fælles digital infrastruktur til forskning i Danmark primært af én organisation, DeiC. Den danske model adskiller sig dog væsentligt fra de andre i såvel størrelse på økonomi som i antal medarbejdere. DeiC blev dannet i 2012 som en virtuel organisation under Styrelsen for Forskning

og Uddannelse/Uddannelses- og Forskningsministeriet. DeIC ledes af en bestyrelse, der er udpeget af SFU efter indstilling fra universiteter og forskningsråd. DeIC er ikke en selvstændig juridisk enhed, den største del af aktiviteterne er efter aftale med DeICs bestyrelse placeret på Danmarks Tekniske Universitet.

Organisationsmodellen minder dermed om den svenske, hvor de to nationale organisationer ikke er selvstændige enheder og hvor SNIC's sekretariat organisatorisk er placeret på Uppsala Universitet. I Norge, Finland og Holland er den nationale e-infrastrukturleverandør selvstændige organisationer, henholdsvis aktieselskaber og et andelselskab.

Det er fælles for organisationerne i landene, at de har et tæt samarbejde med deres universiteter og forskningsinstitutioner, og at bestyrelserne er udpeget fra denne gruppe. Det er dog kendetegnende for bestyrelserne i de øvrige lande, at bestyrelsesmedlemmerne tegner det højeste ledelsesniveau på institutionerne, hvor det ikke gør sig gældende i samme omfang i DeICs bestyrelse.

Alle organisationerne har nedsat forskellige referencegrupper med brugerrepræsentation til at vejlede og påvirke den strategiske retning for organisationen og tjenesterne. DeIC har nedsat Change Advisory Boards (CABs) for hovedområderne med inddragelse af såvel teknisk som forskningsmæssig ekspertise.

Ud over universiteterne og DeIC spiller DEFF, Det Elektroniske Fag- og Forskningsbibliotek, og bevaringsinstitutionerne (universitetsbibliotekerne og Rigsarkivet) også en rolle på det nationale niveau af digital forskningsinfrastruktur på datamanagement og -lagringsområdet.

**Tabel 9: Organiseringen af den nationale e-infrastruktur i Danmark**

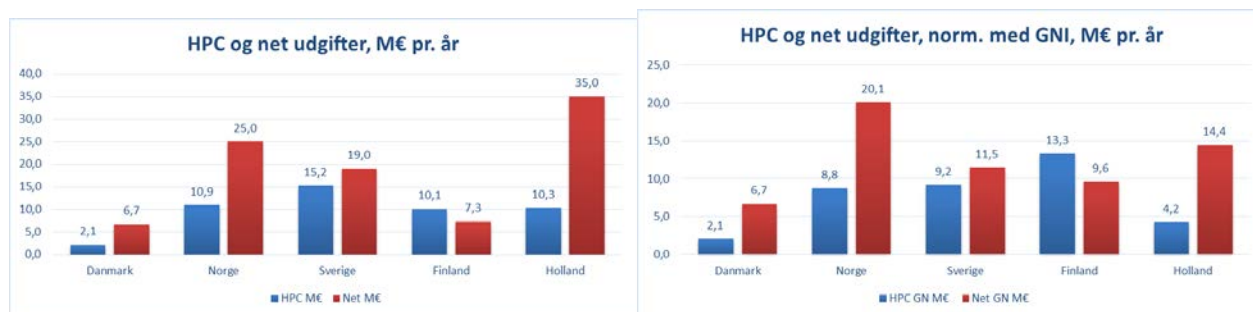
Aktør	Universiteter	DeIC	DEFF	Øvrige
HPC	Styring, drift og udvikling af nationale anlæg på SDU og DTU	Finansiering		Styring, drift og udvikling af nationalt anlæg på Det Kgl. Bibliotek
Forskningsnet		Styring, drift og udvikling		
Datamanagement	Deltagelse og delvis finansiering af deltagelse i nationalt forum	Finansiering og drift af sekretariatet for nationalt forum Drift af DMPOnline og DataCite	Finansiering af aktiviteter i nationalt forum	Bevaringsinstitutionerne deltager i og finansierer delvis aktiviteter i nationalt forum Det Koordinerende Organ for Registerforskning
Datalagring		Styring, drift og udvikling af tjenesten data.deic.dk		Rigarkivet
eScience kompetencer		National koordinering og drift af kompetence og kursusportal		
Sikkerhed		Styring, drift og udvikling af tjenesten DKCERT		
Identitetshåndtering		Styring, drift og udvikling af tjenesten WAYF		STIL: Styring, drift og udvikling af tjenesten UNI-LOGIN

Som i de øvrige lande har DeIC en todelt økonomi med selvstændige budgetter og finansiering af henholdsvis forskningsnettet og netrelaterede tjenester (inklusive sikkerhed og identitetshåndtering), mens computing, datalagring og eScience-kompetenceudvikling har sin egen økonomi.

Nedenfor er driftsbudgetterne for de to hovedområder (Forskningsnet og HPC) sammenlignet, henholdsvis faktuelle beløb i € og i beløbene normaliseret med befolkningsantallet i landene.

Tabel 10: Sammenligning af driftsbudgetter i benchmarklandene

	Danmark	Norge	Sverige	Finland	Holland
Befolkning	5,70	5,20	9,80	5,50	16,80
GNI (2016 G\$)	314	390	520	238	762
Normalisering befolkning	1,00	0,91	1,72	0,96	2,95
Normalisering GNI	1,00	1,24	1,66	0,76	2,43
HPC udgifter M€ pr år.	2,1	10,9	15,2	10,1	10,3
HPC udgifter normaliseret	2,1	8,8	9,2	13,3	4,2
Forskningsnet-udgifter M€ pr år	6,7	25	19	7,3	35
Forskningsnet-udgifter normaliseret	6,7	20,1	11,5	9,6	14,4



Figur 5: HPC- og Forskningsnet-udgifter

Der skal i sammenligningen af udgifterne til forskningsnet tages højde for, at de øvrige nordiske lande har en geografi, der gør udbygning og vedligeholdelse af selve nettet noget dyrere. Budgettet til decideret netdrift og -udbygning er med denne betragtning formentlig mere lige, end det fremgår. Flere af landene har et decideret budget til udvikling af netteknologien, som forskningsnettet i Danmark ikke har.

#### 4.5.1 HPC

Aktiviteterne inden for HPC, datamanagement og -lagring samt eScience-kompetencer finansieres for DeiCs vedkommende via finansloven med et årligt beløb på 14,3 MDKK (ca. 2 M€, 2017). Beløbet dækker hovedsagelig internationale medlemskaber, drift af eScience kompetencecenter og sekretariatet for Nationalt Forum for Forskningsdata Management. Medlemskabet af PRACE har i perioden 2016-2018 en ekstraordinær national medfinansiering på 1,5 MDKK, svarende til cirka halvdelen af medlemsgebyret.

Det er kendetegnende for de lande, der sammenlignes med, at den nationale e-infrastrukturleverandør for HPC (og datalagring) har en betydelig større økonomi og en anderledes styrende rolle, end tilfældet er i Danmark.

Alle landene har en række lokale HPC-anlæg på universiteter og forskningsinstitutioner, som opfylder specielle og lokale behov, men der er samtidig et veletableret og koordineret nationalt niveau.

DeiC har i samarbejde med Syddansk Universitet, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, DTU, Københavns Universitet og Det Kgl. Bibliotek finansieret etableringen af tre nationale HPC-anlæg:

- Syddansk Universitet står for drift og udvikling af DeiC Nationale HPC Center SDU – "Abacus2.0".
- DTU står for drift og udvikling af DeiC Nationale LifeScience Supercomputer – "Computerome"
- Det Kgl. Bibliotek står for drift og udvikling af DeiC Nationale Kulturarvscluster, Det Kgl. Bibliotek – "Kulturarvsclusteret".

## HPC-anlæg

Tabel 11: Nationale HPC-anlæg i Danmark

	Etableret/ opgraderet	Jobtyper	Memory	Kerner/Noder	HPC storage	Tflop/s (peak) CPU
Abacus2.0	2015/2016	Seriell/parallel	64,5 TB RAM	14.016/584		560
Computerome	2014	Specielt beregnet til LifeScience	92 TB	16.048	7,5 PB	
Kulturarvsclusteret		Specielt rettet til forskning i den digitale kulturarv		10/360		

En af de få anerkendte internationale objektive sammenligninger på HPC-området er den halvårslige udgivelse af TOP500 listen. Her gennemføres et benchmark af verdens 500 kraftigste HPC-anlæg. Den seneste liste fra november 2017 er vist nedenfor. Benchmark-landene er markeret. Kapaciteten af de danske HPC-anlæg rækker ikke til at komme på listen.

Countries	Count	m Share (%)	Rmax (GFlops)	Rpeak (GFlops)	Cores
China	202	40,4	298,876,659	524,584,484	22,797,764
United States	143	28,6	249,829,543	391,614,117	12,078,694
Japan	35	7,0	90,874,702	136,440,166	26,331,160
Germany	21	4,2	38,424,229	51,507,986	1,656,870
France	18	3,6	30,818,432	42,250,454	1,370,664
United Kingdom	15	3,0	32,268,888	41,186,451	1,296,368
Italy	6	1,2	16,274,622	27,832,874	567,608
Netherlands	6	1,2	4,592,320	6,764,544	180,480
Canada	5	1,0	5,088,851	9,261,569	238,144
Poland	5	1,0	5,299,955	7,075,706	175,784
Sweden	5	1,0	4,932,065	6,445,717	163,792
Korea, South	5	1,0	7,051,981	9,317,376	234,880
Australia	4	0,8	4,103,829	7,206,904	205,492
Saudi Arabia	4	0,8	9,297,579	12,268,083	345,568
Ireland	4	0,8	2,876,218	4,584,346	119,384
India	4	0,8	2,794,753	3,759,153	107,544
Russia	3	0,6	3,662,012	5,491,801	141,284
Switzerland	3	0,6	21,716,281	27,674,706	472,224
Austria	2	0,4	1,168,580	1,670,758	59,648
Finland	2	0,4	1,822,570	2,678,477	67,488
Czech Republic	1	0,2	1,457,730	2,011,641	76,896
Spain	1	0,2	6,470,800	10,296,115	153,216
New Zealand	1	0,2	549,117	864,000	21,600
Mexico	1	0,2	550,748	726,835	18,928
Norway	1	0,2	953,571	1,081,651	32,192
Singapore	1	0,2	1,010,000	1,285,939	30,912
South Africa	1	0,2	1,029,320	1,366,810	32,856
Taiwan	1	0,2	1,325,150	2,088,960	27,200

Tabel 12: Benchmark landenes placering på TOP500 for HPC

	Norge	Sverige	Finland	Holland	Danmark
TOP500 placering for HPC- anlæg	202	69	107	142	0
Computer	FRAM	Bescow	Sisu	Cartesius2	

Bilag 6 giver en yderligere sammenligning af HPC-anlæggene på nationalt niveau i benchmark-landene ud fra kriterierne anvendt i den internationalt anerkendte Top500 for HPC og BenchEIT, der er en benchmarking af 50 europæiske universiteter.

Hvis Danmark skal være sammenlignelig med de øvrige lande, skal minimum ét nationalt HPC-anlæg være at finde på top 200.

DeiCs eScience komité og Tekniske Referencegruppe for HPC (HPC TekRef) var med til at fastlægge de tekniske specifikationer for det nationale HPC-Center på SDU. Herefter har de enkelte værtsorganisationer stået for de

strategiske beslutninger om HPC-anlæggenes drift og udvikling. De står også for den overordnede tildeling af ressourcer på anlæggene. De øvrige medfinansierende universiteter har fået tildelt en del af ressourcerne, som de står for fordeling af blandt egne forskere. Som følge af en af bestemmelserne i DeiCs mandat er adgang til ressourcerne brugerbetalt.

I benchmark-landene står den nationale e-infrastrukturleverandør for koordinering og udvikling af det nationale niveau af HPC.

I Danmark tildeles ressourcer på HPC-anlæggene lokalt af de universiteter, der køber regnetid på computerne. I benchmark-landene tildeles ressourcer på anlæggene efter ansøgning til enten et ekspertpanel nedsat af den nationale e-infrastrukturleverandør eller et nationalt forskningsråd. Tildeling er baseret på merit og følger typisk de forskningspolitiske prioriteringer i landet.

Det er i Holland muligt for det enkelte universitet at købe sig til en del af ressourcerne på de nationale anlæg, som de kan fordele blandt egne forskere eller studerende.

Der er i Danmark ikke afsat ressourcer på de nationale anlæg til lignende pilotprojekter og "sandkasse"-muligheder for universiteterne generelt.

I modsætning til de øvrige benchmark-lande har DeiC ikke ressourcer til at engagere sig i de internationale udviklingsaktiviteter på HPC-området i fx NeIC og PRACE. Syddansk Universitet og DTU deltager (mere eller mindre) på DeiCs vegne i udviklingsprojekterne Dellinger og Tryggve med egne, delvist NeIC-finansierede ressourcer.

Organiseringen i de øvrige benchmark-lande med flere ressourcer og enten en tættere tilknytning mellem e-infrastrukturorganisationen og driftscenter placeret på et universitet eller som en del af selve organisationen, sammenholdt med centrenes størrelse, giver større mulighed for ressource- og kompetencemæssigt at involvere sig i det internationale udviklingsarbejde.

Afsnit 5 indeholder en opgørelse over DeiC og universiteternes deltagelse i PRACE- og NeIC-aktiviteter.

#### 4.5.2 Forskningsnettet

Forskningsnettet i Danmark er efter opgraderingen i 2017 teknisk og kapacitetsmæssigt fuldt på højde med benchmark-landene.

Forskningsnettet i Danmark er 100% brugerbetalt. De øvrige lande har også en høj grad af brugerfinansiering af driften af forskningsnet og tjenester med forskellige grader af statslige tilskud. Typisk for de øvrige lande er, at opgraderinger af nettet og for Norge og Hollands vedkommende også løbende udviklingsaktiviteter finansieres via offentlige bevillinger og tilskud.

Forskningsnettets opgradering i 2017 er betalt via opsparing gennem driften og lån hos værtsorganisationen DTU, der tilbagebetales over de kommende år. Tilsvarende er der begrænsede midler til udvikling som en del af driftsbudgettet.

Forskningsnettene i alle landene deltager i de europæiske udviklingsprojekter i GÉANT. For de nordiske landes vedkommende sker dette gennem NORDUnet-samarbejdet. DeiC deltager i udviklingsarbejdet med 2 årsværk.

Forskningsnettet i Danmark tilbyder, på linje med benchmark-landene, en lang række netrelaterede tjenester, som er inkluderet i tilslutningsgebyret. Ud over sikkerhed og identitetshåndtering (som beskrives nærmere nedenfor), er det især videokonference- og samarbejdstjenester. Tjenesteudbuddet varierer mellem landene, tilsvarende også hvilke tjenester, der er en del af abonnementet og hvilke der er særskilt brugerbetaling for.

Benchmark-landene har alle initiativer på e-læringsområdet, hvilket kun i begrænset omfang (videokonference og samarbejdstjenesterne, samt medielagrings-tjenester) gør sig gældende i Danmark.

#### 4.5.3 Datamanagement og-lagring

Danmark har et veletableret samarbejde om udvikling af politikker og praksis på datamanagementområdet gennem samarbejdet i Nationalt Forum for Forskningsdata Management (DM Forum). Universiteterne, bevaringsinstitutionerne, DEFF og DeiC har sammen udarbejdet en national strategi på området og taget initiativ til en række aktiviteter. Aktiviteterne finansieres i fællesskab af parterne.

Et sådant samarbejde på det politiske område eksisterer ikke i de øvrige lande.

DEFF, Danmarks Elektroniske Fag- og Forskningsbibliotek, er et organisatorisk og teknologisk samarbejde mellem fag-, forsknings- og uddannelsesbibliotekerne. Det samfinansieres af Uddannelses- og Forskningsministeriet, Undervisningsministeriet og Kulturministeriet.

Et koordinationsudvalg med repræsentanter fra de tre ministerier er den øverste ledelse. Derudover er der en styregruppe med 8 medlemmer udpeget af de tre ministerier og et sekretariat placeret i Kulturministeriet. DEFF deltager i Knowledge Exchange, som er et samarbejde mellem CSC i Finland, CNRS i Frankrig, DFG i Tyskland, Jisc i England og SURF i Holland med det formål at fremme åben videnskab.

Benchmark-landene har en lang række nationale datalagrings tiltag, der for især Finlands og Hollands vedkommende har fokus på at dække behovene i hele datas livscyklus.

Der er ikke lignende tiltag i Danmark, hvor det primært er overladt til universiteterne at sikre forskernes adgang til sikre lagerfaciliteter.

DeiC varetager sekretariatsfunktionen for gruppen Nationalt Forum for Forskningsdata Management, samt det internationale samarbejde i NeIC, EUDAT og RDA. Som på HPC-området er der ikke ressourcer i DeiCs budget til at indgå i direkte udviklingsarbejde i samarbejderne, og DeiC er primært involveret gennem deltagelse i møder, workshops og konferencer.

Især Finland og Holland er aktivt engageret i samarbejdet og udviklingen i EUDAT samtidig med, at landene er blandt de aktive fortalere for European Open Science Cloud.

DeiC deltager med 0,75 årsværk i NeIC's Glenna2 projekt, 50% finansieret af NeIC.

Rigsarkivet i Danmark arbejder på en bekendtgørelse om langtidsarkivering af bevaringsværdige forskningsdata med det formål at understøtte udviklingen med en voksende mængde af forskningsdata og sikre dem for fremtiden. Bekendtgørelsen har været i høring frem til udgangen af september 2017. Efterfølgende har Rigsarkivet bedt et konsulentfirma om at gennemføre en undersøgelse af omfanget og arten af de bevaringsværdige forskningsdata vurderet ud fra en historiefaglig vurdering. Resultatet af dette arbejde vil på sigt etablere en ressource til langtidsopbevaring af disse data på nationalt niveau.

DeiC tilbyder den cloud-baserede lagringstjeneste data.deic.dk, som har en del brugere. Den er i konkurrence med universiteternes lokale løsninger og en række af de kommercielle tiltag som Dropbox og Google Drive.

IT-Forum under Danske Universiteter og Datamanagement LedelsesCAB (et koordinerende organ på ledelsesniveau over DM Forum) har initieret en kravspecifikation til en national cloudløsning til akademiske data. Kravspecifikationen er udarbejdet af aktive forskere og teknisk beskrevet af personer fra it-afdelingerne (og sekretariatsbetjent af DeiC). Kravspecifikationen er leveret til IT-Forum til dens møde i december 2017. Fremtidige aktiviteter på området er ikke vedtaget.

Det Koordinerende Organ for Registerforskning (KOR), et rådgivende organ under Uddannelses- og Forskningsministeriet, har til formål at stimulere og styrke dansk registerforskning ved at skabe sammenhæng og koordination om både danske og internationalt relaterede forskningsaktiviteter vedrørende registre, databaser og surveydata. Det vurderes, at Danmark har unikke muligheder inden for registerforskning blandt andet på grund af lovgivningen og brugen af unikke CPR-numre. KOR monitorerer og finansierer via midler fra Uddannelses- og Forskningsministeriet infrastruktur for registerforskning, der består af forskningsserviceenheder hos henholdsvis Danmarks Statistik og Sundhedsdatastyrelsen. Men det er vanskeligt at kombinere data fra flere organisationer, at sikre tilstrækkelig beregningskapacitet og specialiserede værktøjer på de brugerfinansierede servere, der samtidig ikke er fuldt udnyttede. KOR arbejder på at gøre data mere tilgængelige, blandt andet i samarbejde med DeiC om etablering af en sikker del af den nationale lifescience supercomputer.

#### 4.5.4 eScience-kompetencer

I forhold til benchmark-landene, hvor der i højere grad eksisterer nationale HPC-centre med kompetence inden for HPC-teknik, er der i Danmark ikke en samlet national supportfunktion inden for eScience. DeiC eScience kompetencecenter har med begrænset budget etableret en vidensportal (website), hvor forskerne kan finde



vejledninger og guidelines til at komme i gang med eScience samt en træningsportal, der samlet giver et overblik over tilgængelige kurser og workshops på området nationalt og internationalt.

DeiC eScience kompetencecenter har til formål at koordinere og dele eScience-viden i Danmark gennem vidensportalen og facilitering af workshops og møder med deltagelse af forskere, faglige dataspecialister og faglige HPC-specialister.

Holland og til dels Finland har satset på en central kompetencefunktion, ikke alene på det HPC-tekniske område, men også på det videnskabelige/data-tekniske område. Det fremgår af behovskortlægningen, at de danske forskere generelt foretrækker, at denne viden er tilgængelig lokalt, men at der med fordel kan erfaringsudveksles nationalt både på det specifikke videnskabelige område og på tværs af de videnskabelige områder.

DeiC deltager i det nordiske samarbejde på området i NeIC samt i det internationale samarbejde i PLAN-E (Platform of National eScience/Data Research Centers in Europe). Universiteterne deltager via DeiC i NeIC samarbejdet med henholdsvis 0,5 årsværk som koordinator af træningsaktiviteterne (AU) og 0,5 årsværk i CodeRefinery projektet (DTU).

#### 4.5.5 Identitetshåndtering

Alle landene, også Danmark, har en national identitetsføderation for forsknings- og uddannelsessektoren, der gør det muligt for forskerne at tilgå services såvel nationalt via tjenesten WAYF (Where Are You From) som internationalt gennem EDUGAIN samarbejdet.

Danmark adskiller sig fra de øvrige lande ved ikke at anvende ressourcer på aktiv deltagelse i det europæiske udviklingsarbejde under GÉANT og AARC. DeiC/WAYF deltager i møder og workshops.

Finland er det eneste af benchmark-landene, hvor betaling til identitetsføderationen ikke er en del af betalingen for de institutioner, der er tilsluttet forskningsnettet. I Danmark er det inkluderet i betalingen for tilsluttede institutioner, og der er en betalingsmodel for øvrige institutioner, der anvender WAYF.

#### 4.5.6 Sikkerhed

Som en naturlig del af forskningsnettene har alle landene, også Danmark, en Computer Emergency Response Team (CERT) funktion.

Det er også typisk, at CERT'erne beskæftiger sig med hovedområdet håndtering af sikkerhedshændelser og information om trusselsbilledet til forskningsnettets tilsluttede institutioner. Scanninger af institutionernes net og servere er også en standard-tjeneste for CERT'erne.

**Tabel 13: Ressourceforbrug for CERT-funktion i benchmarklandene**

National aktør	UNINETT CERT	SUNET CERT	FUNET CERT	SURFcert	DKCERT
Ressourceforbrug på nationalt niveau	8ÅV	?	5ÅV	10ÅV	5,5ÅV

Hvilke aktiviteter og hvilken profil forskningsnet-CERT'erne i benchmark-landene har, er meget forskelligt. UNINETT CERT, SUNET CERT og SURFcert har en række konsulent- og uddannelsesaktiviteter over for de tilknyttede institutioner og deres varetagelse af CERT/sikkerhedsarbejdet. DKCERT har ikke nogen uddannelsesaktiviteter, men indgår i CISO forum, som er et forum for erfaringsudveksling for universiteterne på it-sikkerhedsområdet.

DKCERT har en mere offentlig profil end forskningsnet-CERT'erne i benchmark-landene, og varetager blandt andet opgaver for Digitaliseringsstyrelsen med analyser af borgernes IT- sikkerhed.

## 5 Beskrivelse af den europæiske udvikling

Den digitale forskningsinfrastruktur er et globalt økosystem, hvor de enkelte e-infrastrukturer i vid udstrækning samarbejder om at drive, udvikle og koordinere indsatsen for at give forskere internationalt sammenhængende løsninger til gavn for det internationale samarbejde og forskningsresultater generelt. Danmark er, primært gennem DeiC, involveret i især det europæiske samarbejde på området.

EU-Kommissionen er i gang med at formulere en strategi for det såkaldte European Cloud Initiative (ECI), som involverer planer for udviklingen af den digitale e-infrastruktur (EDI) og et European Open Science Cloud (EOSC) initiativ, som er tænkt som et europæisk økosystem for digital dataanvendelse baseret på FAIR-principper (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable).

Dette afsnit indeholder en analyse af den europæiske udvikling, som den pt. er under udvikling og afklaring, specielt under indflydelse af de europæiske dagsordner om Open Data og Open Science. Afsnittet ser på, hvilke muligheder og udfordringer udviklingen giver Danmark på baggrund af den nuværende involvering i aktiviteterne.

På europæisk plan findes en lang række EU-støttede initiativer, der gennem de seneste 20 år har haft stor betydning for forskningens internationale samarbejde, primært på forskningsnetområdet (GÉANT) og HPC-området (PRACE og EGI).

Sideløbende er der i regi af ESFRI-projekterne også udviklet en række e-infrastrukturer. Selvom visse af de e-infrastrukturer, der er udviklet her, kommer andre forskningsgrupper til gavn, er formålet primært at understøtte det enkelte ESFRI-projekt.

Analysen af den europæiske udvikling vil på linje med den samlede rapport fokusere på de e-infrastrukturer, der er udviklet med et generelt formål til fordel for alle de videnskabelige områder, og som det giver mening at involvere det nationale niveau af digital forskningsinfrastruktur i. Da antallet af projekter på europæisk og internationalt plan er enormt, er de e-infrastrukturer, der beskrives, udvalgt af de medarbejdere, der arbejder på området ud fra infrastrukturernes betydning for udviklingen i Danmark.

Konkret beskrives European Cloud Initiativet og de europæiske digitale forskningsinfrastrukturer for at besvare følgende spørgsmål:

- Hvad er formålet med og de væsentligste aktiviteter fra de europæiske e-infrastrukturer?
- Hvordan er Danmark involveret økonomisk og ressourcemæssigt?
- På hvilket niveau (nationalt eller institutionelt/lokalt) vurderes den danske deltagelse mest hensigtsmæssigt varetaget – teknisk og økonomisk?
- Er der europæiske e-infrastrukturer, som Danmark pt. ikke deltager i, men som vurderes som relevante for Danmark?
- Hvordan forventes aktiviteten at udvikle sig fremadrettet, og hvilke implikationer forventes det at få for dansk deltagelse?

**Tabel 14: Europæiske og globale e-infrastrukturer beskrevet i rapporten**

Internationalt niveau	HPC	Forskningsnet	Datamanagement- og lagring	eScience Kompetencer	Sikkerhed og Identitetshåndtering
EU	PRACE (inkl. PRACE IP og DECI)	GÉANT	EUDAT	PLAN-E	GÉANT
	EGI		Research Data Alliance		
	Helix Nebula				
Nordisk	NeIC	NORDUnet	NeIC	NeIC	NORDUnet
Globale		Global CEO Forum*	Zenodo*		FIRST
			DataCite*		
			DMP Online*		
			ORCID*		

\*De globale e-infrastrukturer er beskrevet i bilag 6

## 5.1 European Cloud Initiative - European Open Science Cloud (EOSC)

### 5.1.1 Formål og væsentligste aktiviteter

EU Kommissionen lancerede den 19. april 2016 The European Cloud Initiative (ECI) med det formål at udnytte den voksende mængde af digitale data og understøtte Open Science. Formålet skal nås ved at sikre den europæiske forskning, industri og offentlige myndigheder adgang til digital infrastruktur i verdensklasse med state-of-the-art computing og datalagringskapacitet, der er lettilgængeligt for alle i EU.

Ambitionen er at gøre det muligt for forskere at behandle de enorme mængder af videnskabelige data, der genereres af forskning, og at dele deres videnskabelige resultater, samtidig med at adgangen til viden og dermed innovation forbedres.

Den 27. maj 2016 underskrev EU's ministerråd, herunder den danske Uddannelses- og Forskningsminister, en erklæring, der blandt andet opfordrer kommissionen og medlemslandene og øvrige interessenter til at "træffe de foranstaltninger, der er nødvendige for at gøre åben videnskab til virkelighed og slå til lyd for behovet for en samordnet indsats i relevante nationale, EU-baserede, multilaterale og internationale fora". Erklæringen er vedlagt som bilag 7.

European Cloud-initiativet er en del af EU's Digital Single Market-initiativ og består af to aktiviteter: **European Data Infrastructure (EDI)** og **European Open Science Cloud (EOSC)**.

**Formålet med European Data Infrastructure** er at sikre en europæisk digital forskningsinfrastruktur, der understøtter EOSC-initiativet med HPC, net og data- og softwareservices i verdensklasse.

#### Igangværende aktiviteter for EDI

EU initierer primært aktiviteter på området gennem Horizon 2020 midlerne.

**EURO-HPC** er et af de større initiativer under EDI. Det dækker etableringen af to prototype exascale computere (computere, der kan gennemføre  $10^{18}$  beregninger pr sekund). baseret på EU-teknologi i verdens top 3.

Flere EU-lande har på nuværende tidspunkt skrevet under på en erklæring om at starte projektet (Frankrig, Tyskland, Italien, Luxembourg, Holland, Portugal, Spanien, Belgien, Slovenien, Bulgarien, Schweiz og Grækenland). Initiativet finansieres for nuværende gennem Horizon 2018 – 2020 med medfinansiering fra de involverede lande.

Danmarks holdning har hidtil været afventende på linje med de øvrige nordiske lande. Udviklingen for EURO-HPC og andre europæiske HPC-aktiviteter bør følges tæt for at sikre de danske forskeres behov for internationale beregningsfaciliteter.

**GÉANT** det europæiske backbone-net til forskning skal sikres fortsat opgradering og integration til det europæiske public service netværk.

**AARC-projektet** blev lanceret i 2015 med det formål at adressere et øget behov for fødereret adgang og for fælles autentifikations- og autorisationsmekanismer for forskning og e-infrastrukturer. AARC finansieres af EU's Horizon 2020 forsknings- og innovationsprogram.

GÉANT er projektkoordinator for projektet,. Som det fremgår af beskrivelsen af GÉANT nedenfor, deltager DeiC i dette samarbejde gennem NORDUnet. DeiC er dog for nuværende ikke aktivt engageret i udviklingsarbejdet.

**Formålet med European Open Science Cloud** er at sikre de europæiske forskere fri, åben og uhindret adgang til services inden for lagring, styring (management), analyse og genbrug af forskningsdata, - på tværs af landegrænser og videnskabelige områder.

EOSC-Initiativet bygger på FAIR-data princippet (**F**indable, **A**ccessable, **I**nteroperable, **R**euseable data). Til understøttelse af dette er flere lande gået aktivt ind i GO-FAIR-initiativet, som bliver drevet på national basis med Holland (professor Barend Mons (DTL) og professor Erik Fledderus (SURF)) som primær drivkraft, men med tilslutning fra stadig flere lande. GO-FAIR-initiativet er et forslag til den praktiske implementering af EOSC med medlemslandene og forskergrupper som udgangspunkt.

De EU-baserede aktiviteter omkring EOSC finansieres gennem Horizon 2020 midlerne med specielt dedikerede midler til implementering af EOSC.

Den 27. oktober 2017 underskrev en lang række interessenter fra såvel det videnskabelige område som fra e-infrastrukturleverandørerne en fælles deklaration om at arbejde med implementering af principperne i EOSC. Deklarationen og de underskrivende parter fremgår af bilag 8. De underskrivende parter vil være med til at forme den fremtidige styring og finansiering af EOSC-initiativet, mens det er medlemslandene og Kommissionen, der står for den endelige fastlæggelse. En første roadmap forventes at foreligge fra Kommissionens side ved udgangen af 2017. Den nordiske samarbejdsorganisation på området for HPC og datalagring, NeIC, har underskrevet aftalen.

### Igangværende aktiviteter for EOSC

**EOSCPilot** projektet er iværksat som support til den første fase af udviklingen af EOSC gennem at:

- Foreslå og afprøve governance-rammer for EOSC og medvirke til udviklingen af den europæiske open science politik og best practice.
- Udvikle en række demonstrationsprojekter, der integrerer services og infrastruktur, der viser interoperabilitet og fordele inden for en række videnskabelige områder.
- Samarbejde med en lang række af interessenter, på tværs af grænser og videnskabelige grupper, for at opbygge den nødvendige tillid og kompetencer, der er krævet for at indføre en åben tilgang til videnskabelig forskning.

**eInfraCentral** er et samarbejde mellem de europæiske digitale forskningsinfrastrukturer indenfor forskningsnet, computing og datamanagement. Samarbejdet har til formål at understøtte Open Science og overvinde forhindringer ved at sikre tilgængelighed og sammenhæng. Initiativerne omfatter, at:

- Sikre en åben diskussion mellem de europæiske e-infrastrukturleverandører for i fællesskab at få etableret et servicekatalog.
- Udvikle et enkelt adgangspunkt (one-stop-shop) - e-InfraCentral portalen – og herigennem give brugerne mulighed for at få en oversigt over services og forbedre overvågningen af nøgleparametre (KPI'er) med fokus på tilgængelighed, kvalitet og brugertilfredshed.
- Tegne politik og bæredygtighedsprincipper for den fremtidige udvikling af det europæiske e-infrastrukturmarked gennem en udvidelse af det fælles servicekatalog og portalen til at inkludere et bredere spektrum af e-infrastrukturer og services.

Bag eInfraCentral står et konsortium med deltagelse af OpenAire, EFIS, EGI, EUDAT, GÉANT, JNP, Leibniz University of Hanover (LUH), PRACE og The University of Athens.

**EOSC-Hub** er et projekt under Horizon 2020 EINFRA 12 under koordinering af EGI, EUDAT og INDIGO Data Cloud. Projektet blev godkendt af EU i juli 2017 og forventes at starte i begyndelsen af 2018. Der deltager 74 partnere i projektet.

Formålet med EOSC-hub er at bidrage til implementering af EOSC ved at sikre en uhindret og åben adgang til forskningsdata og services på tværs af grænser og videnskabelige discipliner. Ressourcerne skal leveres via hub'en, som leverer et servicekatalog, software og data fra EGI, EUDAT CDI, INDIGO-DataCloud og større forskningsinfrastrukturer. Hub'en samler lokale, regionale og nationale e-infrastrukturer i Europa og internationalt. DeiC deltager i EOSC-Hub-projektet med 8 personmåneder og med Moesgaard Museum, Aarhus Universitet som samarbejdspartner.

#### 5.1.2 Dansk involvering i EDI- og EOSC-aktiviteter

Danmark deltager i et vist omfang i aktiviteterne gennem samarbejdet med de europæiske e-infrastrukturleverandører, men også indirekte gennem de danske forskeres involvering i ESFRI-projekter som fx European Spallation Source (ESS) og CERN.

Tabel 15: Dansk involvering i EDI- og EOSC-aktiviteter

	Involvering	Niveau	Ressourcer	Andet
EURO HPC	Indirekte – deltager i møder	Uddannelses- og forskningsministeriet		Danmark har ikke underskrevet samarbejdsdeklarationen
AARC	Indirekte	Nationalt – DeIC deltager gennem det europæiske samarbejde i GÉANT	Ingen direkte	
EOSC pilot	Indirekte – deltagere i møder og workshops	Nationalt – DeIC og UFM		
eInfraCentral	Indirekte	Nationalt – DeIC deltager gennem det europæiske samarbejde i GÉANT	Ingen direkte	
EOSC Hub	Direkte – DeIC deltog i ansøgningen og deltager i samarbejde med Moesgaard med i alt 8 personmåneder.	Nationalt – DeIC Lokalt – Moesgaard i Nordisk konsortium	I alt 8 personmåneder, heraf 4 personmåneder EU finansieret og 4 personmåneder fra DeIC (260.000 kr.)	

## 5.2 HPC

### 5.2.1 PRACE – Partnership for Advanced Computing

PRACE er et HPC Tier-0 samarbejde mellem de fleste europæiske lande, hvor deltagerlandenes forskere har adgang til at ansøge om adgang til at behandle data på nogle af de europæiske Tier-0 supercomputeranlæg, der er blandt de allerstørste i verden.

HPC-anlæggene i PRACE-samarbejdet er typisk væsentligt større end de Tier-1 og Tier-2 supercomputere, som findes på nationalt niveau. Den højst placerede på den internationale Top500 liste er fra Schweiz og befinder sig på tredjepladsen. Generelt ligger de inden for top 20 på listen.

PRACE har to væsentlige projektaktiviteter:

**PRACE-IP projekterne** (pt. version 5) fokuserer på europæisk samarbejde om drift og udvikling af HPC, samt avanceret brugerstøtte og HPC-træning. PRACE-IP udarbejder strategier og best practice i forhold til HPC Tier-0 og Exascale Computing, og er samarbejdsplatform i Forhold til ETP4HPC (en industrielt ledet tænketank bestående af europæiske HPC-teknologiinteressenter).

**DECI** (Distributed European Computing Initiative) giver adgang over landegrænser til en lang række europæiske Tier-1 HPC-ressourcer (nationale systemer) med varierende arkitekturer. DECI er designet til forskning, der kræver adgang til HPC-ressourcer, der ikke er tilgængelige i forskerens eget land, men hvor projektet ikke kræver ressourcer på de allerstørste (PRACE Tier-0) europæiske supercomputere eller meget store tildelinger af antal CPU-kerner. DECI medlemmerne bidrager efter et *juste retour*-princip med at byde ind med ressourcer på egne HPC-anlæg og er sikret mindst 70% af ressourcer retur fra andre Tier-1 systemer. Den resterende regnetid (op til 30%) er forbeholdt projekter fra lande, der ikke yder ressourcer til samarbejdet.

#### 5.2.1.1 Dansk involvering

DeIC er medlem af PRACE på Danmarks vegne. Forskere ved danske institutioner har derved mulighed for at ansøge om adgang til de store computere.

Det aktuelle danske PRACE-engagement er pt. i omfanget af 1,5 MDKK årligt, men forventes at stige 10-20% i årene fremover. Beløbet dækker kun selve adgangsmuligheden. Danske forskere med behov for den meget store regnekraft har haft væsentligt udbytte af muligheden for at søge om adgang til PRACE.

Danmark deltager pt. på et minimalistisk niveau i PRACE-IP ved at modtage et årsværk i støtte, som pt. varetages af og tilfalder Niels Bohr Institutet.

Danmark deltager ikke i DECI-aktiviteten.

### 5.2.1.2 Niveau for deltagelse

Medlemskab af PRACE kan kun opnås på nationalt niveau ved udpegnings af repræsentation gennem Uddannelses- og Forskningsministeriet.

Deltagelse i PRACE-IP kræver kritisk masse og teknisk HPC-kompetence, som i Danmark som minimum vil kræve et stærkt nationalt samarbejde på kompetencesiden. Det kunne med fordel varetages gennem eventuelle nationale HPC-centre på Tier-1 niveau. Erfaringer fra vores nordiske naboer og Holland og England viser, at det er vanskeligt at opbygge en international Tier-1 og Tier-0-kompetence lokalt og sikre, at den får national gennemslagskraft på den generelle kompetenceopbygning.

Det vurderes, at der som i de andre europæiske lande i Danmark er behov for en teknisk kompetent HPC- henholdsvis brugerstøttestab (3-8 personer) og systemadministrationsstab (2-4 personer). Derved sikres en koordineret kritisk kompetence-masse, der kan deltage i europæisk HPC-samarbejde. Herigennem kan deltagerne også formidle viden om HPC-simulering, modellering og dataanalyse og viden om HPC-teknik og det at bygge og drive et nationalt Tier-1 HPC-anlæg tilbage til Danmark.

Hvis der i fremtiden etableres et nationalt HPC-anlæg på Tier-1 niveau, kan der med fordel lægges ressourcer i DeIC med henblik på at give danske forskere adgang til en større HPC-variation.

Fremtidigt større aktivt engagement i PRACE-samarbejdets projekter vil sikre en væsentlig større nytte af det europæiske samarbejde, samt bedre udnyttelse af det danske PRACE engagement på e-infrastruktur-siden. Aktiviteterne bør som minimum koordineres nationalt for at sikre vidensspredning.

### 5.2.1.3 Forventet udvikling

PRACE er en væsentlig komponent i European Data Infrastructure (EDI), og der er afsat betydelige midler i H2020-INFRAEDI-2018-2020 til samarbejdets udvikling i den kommende periode med det formål "at skabe en pan-europæisk HPC infrastruktur i verdensklasse og give state-of-the-art services til brugerne uafhængigt af lokation, ved at samle, integrere og rationalisere HPC-ressourcer på EU-niveau".

EDI inkluderer også initiativet EURO-HPC (beskrevet ovenfor), og der er tiltænkt en væsentlig koordination mellem de to projekter.

Ambitionen med EURO-HPC-initiativet er at etablere to exascale-computere inden 2023 og dermed forøge kapaciteten på de store europæiske computere med en faktor 10 i forhold til i dag.

## 5.2.2 EGI

The European Grid Infrastructure (EGI) udspringer af det europæiske samarbejde på forskningsområdet højenergifysik. Det har altid haft en nær tilknytning til European Organization for Nuclear Research (CERN).

EGI er en føderal e-infrastruktur, der tilbyder databehandlingstjenester til hundredvis af datacentre og cloud-udbydere spredt over hele Europa. EGI tilbyder en bred vifte af tjenester til beregning, lagring, data og support, herunder adgang til mere end 730.000 CPU'er og 650 PB af disk og tapeopbevaringsplads.

### 5.2.2.1 Dansk involvering

Danmark har tidligere været medlem af EGI, men trådte ud, da det i stigende grad var vanskeligt at engagere danske forskere i at drage fordel af EGI-deltagelsen.

### 5.2.2.2 Niveau for deltagelse/forventet udvikling

EGI har på linje med andre europæiske e-infrastrukturer også påtaget sig en rolle som projektkoordinator, og medlemskab kan ses som en vej ind i EU-sponsorerede projekter for nationale e-infrastrukturer. EGI er sammen med EUDAT blandt andet meget aktiv i EOSC. Afhængigt af det danske ambitionsniveau for EOSC kan dansk medlemskab på sigt overvejes.

## 5.2.3 Helix Nebula

Helix Nebula-initiativet er et EU-projekt, hvis sigte er at skabe offentlig-private partnerskab for cloud-lagrings- og særligt compute-ressourcer. Helix Nebula er et partnerskab mellem 40 offentlige videnskabelige organisationer (heriblandt CERN) og kommercielle cloud-partnere (såsom Microsoft).

Projektet søger at opbygge et åbent, dynamisk økosystem af åbne kommercielle cloud-tjenester til forskning.

### 5.2.3.1 Dansk involvering

Danmark er på nuværende tidspunkt ikke involveret i Helix Nebula-aktiviteterne.

### 5.2.3.2 Niveau for deltagelse:

Deltagelse i initiativer som Helix Nebula fordrer en endog meget moden national e-infrastrukturorganisation, som ikke vil være mulig at opbygge i Danmark inden for den nærmeste årrække. Deltagere skal have kompetence og kapacitet til at indgå i prægning af kommercielle cloud-leverandørers teknologitilbud. Det er muligvis relevant for ESS, men ikke for Danmark som sådan.

### 5.2.3.3 Forventet udvikling

Det må forventes, at udbydere af kommercielle cloud-tjenester (datalagrings- og compute-tjenester) i stadigt stigende grad vil kunne tilbyde forskningen relevante og prismæssige konkurrencedygtige produkter og services. Det vil uundgåeligt betyde, at nationale e-infrastrukturleverandører må forholde sig dynamiske i forhold til, hvilken rolle de har for forskere.

## 5.2.4 NeIC

NeIC, Nordic e-Infrastructure Collaboration, er et samarbejde mellem de nationale e-infrastrukturleverandører i de nordiske lande om udvikling og drift af e-infrastrukturløsninger af fælles nordisk interesse.

Formålet er:

- At øge forskernes muligheder i Norden ud over de muligheder, det enkelte land tilbyder gennem nye services, samling af kompetencer og deling af ressourcer fra de nationale e-infrastrukturleverandører.
- At styrke partnerskaber og udsigter til langsigtet finansiering gennem aktiv dialog med interessenter for at fremme bæredygtige services.

### 5.2.4.1 Dansk involvering:

DeiC betaler 3,3 mio. kr. årligt for medlemskab af NeIC-samarbejdet.

Deltagelse i NeICs udviklingsprojekter medfinansieres med 50%. Deltagelse i projektstyrergrupper er egenfinansieret. Danmark deltager i en lang række af NeICs projekter koordineret gennem DeiC.

**Projektdeltagelse (50% finansieret af NeIC, 50% af egen organisation):**

**Tabel 16: Projektdeltagelse (50% finansieret af NeIC, 50% af egen organisation)**

Organisation	FTE 2017	NeIC projekt
SDU	0,33	Dellingr
DeiC	0,75	Glenna2
DMI	0,41	NICEST
Københavns Universitet (NBI)	1	Nordic Tier-1
Aarhus Universitet	0,41	BDI
Aarhus Universitet	0,33 (stiger til 0,5 i 2018)	Training Manager
DTU	2,1	TRYGGVE 1+2
DTU	0,5 (50% finansieret af DeiC)	CodeRefinery
Københavns Universitet	0,05	NLPL
IT-universitetet	0,03	NLPL

Tabel 17: Deltagelse på ledelsesniveau (via DeIC)

Navn	Organisation	Funktion
Steen Pedersen	DeiC	NeIC bestyrelse
Peter Løngreen	DTU/Computerome	TRYGGVE styregruppe
Lene Krøl Andersen	DeiC	Arbejdsgruppe PoCo, Styregruppe CodeRefinery
Martin Bech	DeiC	Styregruppe Glenna2
Josva Kleist	NORDUnet	NLCG
Jørgen Bech Andersen	Københavns Universitet	NLCG
Kurt Gammelgaard Nielsen	DeiC/SDU	Dillingr styregruppe
Peter Lang Langen	DMI	NICEST styregruppe
Anders Søgaard	Københavns Universitet	NLPL styregruppe
Zeljko Agic	IT-universitetet	NLPL styregruppe
Anders Sparre Conrad	DeiC/Det Kgl Bibliotek	Datamanagement arbejdsgruppe
Flemming Skov	Aarhus Universitet	DeepDive
Jeppe Klok Due	KOR	Tryggve referencegruppe
Bart Wilkowski	Statens Serum Institut	Tryggve referencegruppe

#### 5.2.4.2 Niveau for deltagelse

Det er den nationale e-infrastrukturleverandør, der er medlem af NeIC. Deltagelse i udviklingsprojekter koordineres nationalt. Som det fremgår ovenfor er der flere deltagere fra universiteterne i de igangværende projekter, hvilket specielt giver mening i de fagspecifikke projekter.

#### 5.2.4.3 Forventet udvikling

NeIC har underskrevet EOSC-deklarationen og har dermed forpligtet sig til at arbejde med implementering af principperne i EOSC. Blandt andet er der overvejelser om at etablere en NOSC (Nordic Open Science Cloud) som en platform for diskussioner på policy niveau og som basis for etablering af services til forskerne. Forslaget er endnu ikke godkendt af NeICs bestyrelse.

Det nationale samarbejde med de øvrige nordiske lande i NeIC sikrer synergier internt i Norden om EOSC-udviklingen, etablering af e-infrastrukturer og politikker. Det giver samtidig de enkelte nordiske lande en større fælles stemme i det internationale samarbejde.

## 5.3 Forskningsnet

### 5.3.1 GÉANT

GÉANT er bindeleddet mellem de europæiske nationale og regionale forskningsnet og leverer samtidig forbindelser til resten af verden, specielt til lande i Afrika og Asien.

Derudover faciliterer GÉANT europæisk samarbejde om andre centrale elementer af forskningsnetsinfrastrukturen, såsom understøttelse af anvendelsen af fremmede trådløse netværk (eduroam) og fødereret identitet (eduGAIN). GÉANT agerer koordinator for fælles EU-støttede projekter for de europæiske forskningsnet.

Gennem GÉANT og NORDUnet er DeiC sikret højkapacitetsforbindelser til forskningsnettene i alle lande over hele verden. Det giver mulighed for at tilgå forskningsinstrumenter og indgå i samarbejder med deltagere fra hele verden.

Gennem GÉANT får DeiC medlemskab af eduroam- og eduGAIN-samarbejderne om identitetshåndtering, der er væsentlige for det internationale forskningsnet, specielt i et fremtidigt EOSC-baseret landskab.

#### 5.3.1.1 Dansk involvering

NORDUnet er det formelle medlem af GÉANT på vegne af de fem nordiske lande og har stemmeretten. DeiC og de andre fire nordiske forskningsnet er associerede medlemmer af GÉANT og har dermed adgang til GÉANT's møder og arbejdsgrupper. NORDUnet A/S er det formelle medlem af GÉANT-foreningen og repræsenterer alle fem nordiske lande.

De nordiske forskningsnet, herunder DeiC, får øget indflydelse ved at have én fælles repræsentation, der gør det muligt at tale med større vægt, end hvis der havde været repræsentation per land. Den nuværende konstruktion giver de nordiske lande en stemme på niveau med de fire største lande i Europa.



De europæiske forskningsnet har i længere tid samarbejdet med EU om udviklingen af den digitale forskningsinfrastruktur. Samarbejdet er organiseret i projekter, økonomisk støttet under EU-rammeprogrammer og med GÉANT-foreningen som koordinator og alle de europæiske forskningsnet som deltagere. Gennem NORDUnet har DeIC adgang til at deltage i disse projekter på en omkostningseffektiv måde. NORDUnet arbejder konstant på at sikre, at GÉANT's ressourcer og finansiering anvendes mest effektivt med det mål at sænke udgiften for at deltage i EU-projekter generelt og GÉANT i særdeleshed.

Projekterne medfinansierer GÉANT-netværket og levering af kerneservices. De støtter samarbejdet mellem de europæiske forskningsnet, herunder DeIC, om at udvikle nye services. DeIC deltager for nuværende med to årsværk i det europæiske udviklingsarbejde.

I tillæg til EU-projekterne er GÉANT-foreningen en samarbejdsplatform for de europæiske forskningsnet, der støtter fællesskabet for forsknings- og uddannelsesnetværk. Foreningen faciliterer en række taskforces, interessegrupper, workshops og konferencer om emner, der er relevante for fællesskabet.

### **5.3.1.2 Fremtidig udvikling**

GÉANT er et stabilt samarbejde, der tilbyder forbindelse til udviklingsregioner som supplement til NORDUnets globale forbindelser. Derudover muliggør GÉANT deltagelse i internationale identitetshåndterings-services. GÉANT er en del af EU's roadmap for digitale forskningsinfrastrukturer (EDI) og forventes at modtage finansiering et stykke ind i fremtiden.

Som alle organisationer er GÉANT nødt til kontinuerligt at udvikle og forbedre sine services og øge den værditilvækst, den tilføjer fællesskabet. Specielt inden for den europæiske netværksinfrastruktur for forskning og uddannelse er der plads til væsentlige forbedringer for GÉANT, da det er det område der p.t. har den højeste omkostning for NORDUnet og dermed også DeIC. Det er et område, som DeIC gennem NORDUnet arbejder hårdt på at forbedre.

Som facilitator for europæisk samarbejde er GÉANT en væsentlig partner for de nordiske forskningsnet, herunder DeIC.

Muligheden for samarbejde mellem de europæiske forskningsnet, både gennem EU-finansierede projekter og i løsere frivillige samarbejder, vil fortsat være essentiel for udviklingen af DeIC. Det gør det muligt for DeIC at påvirke udviklingen af europæiske digitale forskningsinfrastrukturer ved at udnytte vægten af de nordiske forskningsnet i fællesskab.

Selvom GÉANT vil fortsætte med at tilbyde adgang til europæiske og internationale forskningsinfrastrukturer til DeIC, er det uklart, hvad GÉANTs stillingtagen er til European Open Science Cloud. Det er muligt, at GÉANT vælger at stå på sidelinjen og blot være en forskningsnet-infrastruktur.

### **5.3.2 NORDUnet**

NORDUnet er et samarbejde mellem forskningsnettene i de fem nordiske lande: Danmark (DeIC), Island (RHnet), Norge (UNINETT), Sverige (SUNET) og Finland (Funet).

NORDUnet blev grundlagt i 1985 og ejes i fællesskab af de fem nordiske lande. Hvert af de nordiske forskningsnet har en plads i bestyrelsen og deler basisomkostningerne efter forholdet mellem landenes BNP.

NORDUnet driver et pan-nordisk forskningsnet. Det leverer netforbindelser til de nordiske forskningsnet gennem NORDUnet-ejede og -drevne ressourcer og via forbindelse til GÉANT-netværket. Sammen med de 5 nordiske forskningsnet udvikler og driver NORDUnet en forskningsnetsinfrastruktur, der forbinder mere end 400 forsknings- og uddannelsesinstitutioner og servicerer mere end 1,2 millioner brugere.

Ud over at forbinde de nordiske lande med hinanden driver NORDUnet et internationalt forskningsnet, der forbinder DeIC til partnere i Europa, Rusland, USA, Canada og Asien. Det omfatter forbindelser til CERN og andre tilsvarende vigtige forskningsinfrastrukturer, til nøgleinternetudvekslingspunkter og til cloud-leverandører. Målet er at sikre de bedste forbindelser til den lavest mulige omkostning.

Derudover leverer NORDUnet netværksbaserede services til de nordiske forskningsnet. Det gælder fx reeltidskommunikation, medietjenester og virtualiseret serverhosting. NORDUnet afholder derudover fælles udbud på vegne af de nordiske forskningsnet.

Sammen med de nordiske forskningsnet arbejder NORDUnet på konstant at udvikle services på forkanten af teknologien. NORDUnet leverer globale forskningsnetforbindelser og er hovedbidragyder til forskellige internationale samarbejder som GÉANT, det atlantiske forskningsnetsamarbejde "Advanced North Atlantic Collaboration", det amerikanske energividenskabsnetværk ESnet, den amerikanske National Research Foundation og det globale forskningsnetsamarbejde "Global R&E Network CEO Forum" og arbejdsgrupper.

#### **5.3.2.1 Dansk involvering**

NORDUnet er organiseret som et aktieselskab, hvor aktierne ejes af det danske Uddannelses- og Forskningsministerium, det svenske Videnskabsråd, det finske CSC, Reykjaviks Universitet i Island og UNINETT i Norge. For nuværende har Uddannelses- og Forskningsministeriet delegeret medlemskab af NORDUnets bestyrelse til DeiCs direktør.

NORDUnets vision og strategidiskussioner finder sted i NORDUnets bestyrelse. Bestyrelsen mødes mindst fire gange årligt. Derudover faciliterer NORDUnet et antal forskellige nordiske arbejdsgrupper, blandt andet omkring netværksteknologi, medietjenester og sikkerhed. DeiC er en aktiv og stærk bidragyder til disse arbejdsgrupper.

DeiC betaler årligt (2017) 18,150 mio. DKK i bidrag til NORDUnet. Det inkluderer også deltagelse i GÉANT-samarbejdet.

#### **5.3.2.2 Forventet udvikling**

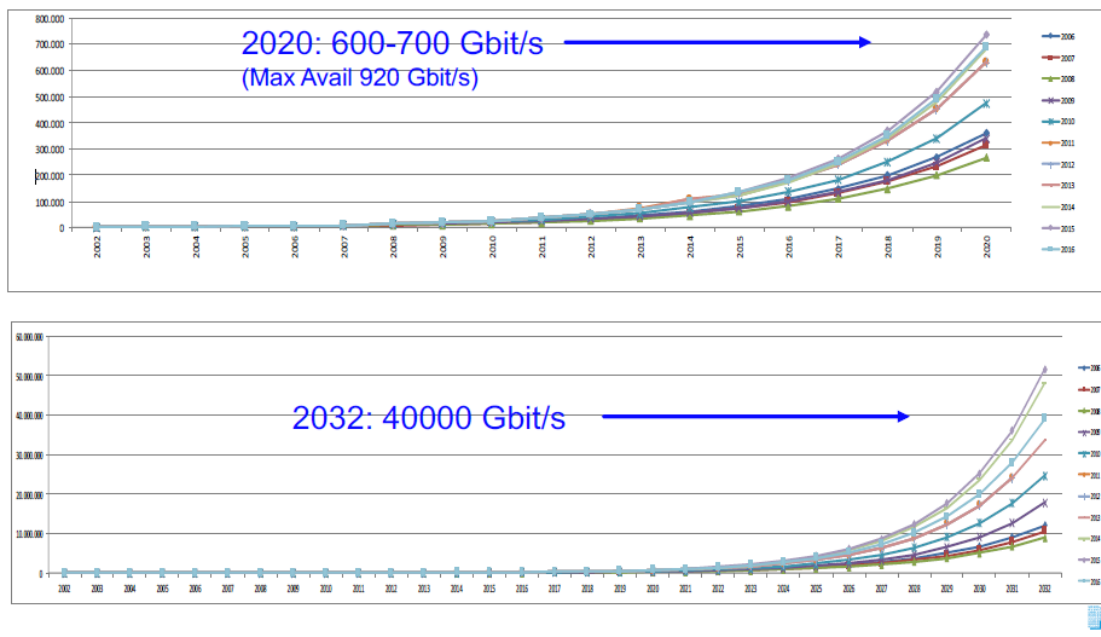
NORDUnet er et stærkt og længerevarende nordisk samarbejde om forskningsnet og services til brugere inden for forskning og uddannelse i de nordiske lande.

NORDUnets net og serviceinfrastruktur tilfører de nordiske forskningsnet, herunder DeiC, nødvendig kommunikation og serviceinfrastruktur på et konkurrencedygtigt økonomisk niveau.

Som et aktivt medlem af adskillige internationale fora, herunder GÉANT og Global R&E Network CEO Forum, er NORDUnet et kendt og respekteret medlem af fællesskabet af aktive forskningsnetorganisationer.

NORDUnet vil fortsat arbejde proaktivt med at forbedre forskningsnet, netværk, ICT og sikkerhedsservices på vegne af og i samarbejde med de fem nordiske forskningsnet. Det vil sikre, at DeiC fortsat kan levere state-of-the-art netværksforbindelser og netbaserede services.

NORDUnet forudsiger, at netværkstrafikken for internationalt forskningssamarbejde også i fremtiden vil stige kraftigt og kræve fortsat udvikling og opgradering af forskningsnettene, så de kan understøtte behovet.



Figur 6: The Peak Terabyte Challenge, CEO Rene Buch, NORDUnet

## 5.4 Datamanagement og -lagring

### 5.4.1 EUDAT CDI (European Data Infrastructure, Collaborative Data Infrastructure)

EUDAT-CDI samarbejdet bygger på det hidtidige EUDAT, som afsluttes primo 2018. Det sigter på at udvikle og drive den af EUDAT etablerede fælleseuropæiske portefølje af lagrings- og forskningsdatamanagement-tjenester. Ud fra en fælles servicemodell er der etableret en datainfrastruktur til alle dele af forskningsdatas livscyklus.

Der er i modsætning til fx PRACE og GÉANT ikke tale om en fælles europæisk infrastruktur, men om et serviceudbud, som den enkelte nationale e-infrastrukturleverandør eller det enkelte forskningsprojekt selv står for at installere og drive. Det europæiske samarbejde går ud på at raffinere, forbedre og udbrede anvendelsen af ensartet lagringsinfrastruktur, der fx understøtter principperne i EOSC, og gør datadeling over grænserne lettere.

EUDAT er finansieret under EU FP7 og Horizon 2020.

#### 5.4.1.1 Dansk involvering

DeiC har i 2017 engageret sig med i alt en tredjedel årsværk i det ledende organ, og er således med på det overordnede strategiske og styrende niveau.

DeiC har for nuværende ikke et engagement i nogen af EUDATs tjenester, men indgår sammen med Moesgaard Museum (Aarhus Universitet) i EOSC HUB med 8 personmåneder (4 PM EU-finansieret og 4 PM fra DeiC). Formålet er, at Moesgaard implementerer EUDAT-tjenesten B2Find og giver europæisk adgang til arkæologiske data.

#### 5.4.1.2 Niveau for deltagelse

EUDAT-ratioalet vurderes at være stærkt. På et fælleseuropæisk niveau analyserer man open source lagrings- og forskningsdatamanagement-markedet sammen, finder robuste og troværdige softwareprodukter at være del i, og skaber kritisk masse i kompetencen på de mange områder. Der skabes fokus, og man undgår dobbeltarbejde om tilpasning og udvikling af produktporteføljen til forskningsbrug.

Selvom forskningsgrupper kan deltage selvstændigt i EUDAT-samarbejdet, giver det mening, at en national e-infrastrukturleverandør varetager medlemskabet for at sikre koordinering af indsatsen, kompetencerne og mulighederne nationalt, og for at der kan udbydes EUDAT-tjenester på nationalt niveau.

Det er en absolut forudsætning, at man aktivt engagerer sig også i den bidragende tekniske og udviklingsmæssige del af samarbejdet for at få det samlede udbytte af medlemskabet.

#### **5.4.1.3 Forventet udvikling:**

EUDAT ser i stigende grad ud til et blive et af grundfundamentene i EOSC, måske ligefrem hovedindholdet på forskningsdatamanagement og -lagringsområdet.

Afhængigt af de danske ambitioner om involvering i EOSC vil en svag eller manglende dansk deltagelse i EUDAT betyde, at Danmark får store vanskeligheder med at drage fordel af de resultater, som er opnået på europæisk niveau. Ligeledes vil det være vanskeligt at positionere en dansk deltagelse i H2020 og efterfølgende programmer i et meningsfuldt omfang.

#### **5.4.2 RDA Research Data Alliance**

RDA er en nonprofitorganisation, der arbejder for udvikling af teknologiske og sociale infrastrukturer til åben deling af forskningsdata. Dedicerede arbejdsgrupper udvikler værktøjer, skriver best practice guides og arbejder for standardisering på datamanagementområdet.

Organisationen er etableret af EU-kommissionen, amerikanske National Science Foundation og National Institute of Standards and Technology (NIST), og den australske regerings Department of Innovation.

##### **5.4.2.1 Dansk involvering**

DeiC er "Organisational Member" i RDA (1.000 USD/år). Repræsentanter fra DeiC deltager i møder og konferencer, men deltager ikke i arbejdsgrupperne.

##### **5.4.2.2 Hensigtsmæssig deltagelse**

Hvad der er et hensigtsmæssigt deltagelsesniveau, afhænger helt af ambitionerne. Pt. følger Danmark med, men er ikke stort bidragende

##### **5.4.2.3 Forventet udvikling**

Organisationen blev stiftet i 2013 og har nu over 6.000 individuelle medlemmer fra 130 lande. Den er fortsat i kraftig vækst. På datamanagementområdet er RDA et uomgængeligt interessefællesskab.

## **5.5 eScience-kompetencer**

### **5.5.1 PLAN-E**

PLAN-E (Platform of National eScience/Data Research Centers in Europe) er samarbejdsplatformen for nationale eScience-centre i Europa. Det består af repræsentanter for de største centre, der beskæftiger sig med eScience, herunder datalogi, og som har en national eller regional rolle i hjemlandet. PLAN-E er baseret på frivilligt samarbejde og videndeling og beskæftiger sig med:

- Videreudvikling af eScience.
- Status for personer, der arbejder inden for eScience-domænet.
- Udbredelsen af viden om virkningen af "big data".
- Betydningen af korrekt datastyring og forholdet til korrekt akademisk adfærd.
- Computational Science.

PLAN-E-plenarmøder afholdes to gange om året af forskellige værtslande. Møderne omfatter for det meste to eller tre forskellige emner adresseret i workshops.

#### **5.5.1.1 Dansk involvering**

DeiC deltager i de 2 årlige PLAN-E-møder med 1-2 repræsentanter. Hvert møde har en varighed af 2 dage.

#### **5.5.1.2 Niveau for deltagelse**

PLAN-E er for parter, der har en national eller regional rolle i hjemlandet. Universiteternes centrale eScience aktører kan med fordel involveres i samarbejdet sammen med et nationalt niveau, der sikrer den nationale udbredelse af arbejdet og den internationale sammenhæng.

### 5.5.1.3 Forventet udvikling

PLAN-E er en lille spiller i den europæiske udvikling mod Open Science. Organisationen har planer om i fremtiden at positionere sig som en mere formel europæisk platform baseret på betalt medlemskab frem for frivillig deltagelse. PLAN-E ønsker at agere bindeled mellem e-infrastrukturleverandører og forskningsmiljøerne med fokus på eScience-kompetencer på tværs af lande, institutioner og fagdiscipliner.

## 5.6 Services

### 5.6.1 Sikkerhed

DKCERT deltager i udviklings- og vidensudvekslings-samarbejde i diverse arbejdsgrupper igennem NORDUnet og GÉANT (jf. ovenfor). Derudover er DKCERT medlem af det globale FIRST (Forum of Incident Response and Security Teams, beskrevet i bilag 6) og akkrediteret medlem af TF-CSIRT Trusted Introducer under GÉANT.

### 5.6.2 Adgangs- og identitetshåndtering

DeiC deltager i det europæiske udviklingsarbejde om adgangs- og identitetshåndtering gennem GÉANT-samarbejdet. Der er for nuværende ikke afsat ressourcer til aktivt at deltage i selve udviklingsarbejdet.

## 5.7 Fremtidig udvikling og involvering i de europæiske aktiviteter

Der er betydelig gang i aktiviteterne og opmærksomheden om især EOSC og GO-FAIR i lande som Holland og Tyskland. De to lande udsendte i maj 2017 et "joint position paper", hvor de opfordrede til en hurtig indsats fra landene om EOSC for at "opnå det fulde potentiale ved initiativet og fortsat være førende i den internationale udvikling".

Hvis EOSC-initiativet gennemføres efter EU's intention, vil det betyde en gennemgribende ændring af den måde, forskning drives på. Det vil give et enormt behov for national koordinering, specielt på datamanagementområdet.

Dansk deltagelse i EOSC-aktiviteterne kan ske i et meget varieret omfang afhængigt af såvel de danske som de enkelte forskeres ambitioner på området. For på bedst mulig vis at kunne understøtte forskerne på en forståelig måde bør det nationale ambitionsniveau på området derfor fastlægges.

Uddannelses- og Forskningsministeriet gennemfører i øjeblikket en cost-benefit-analyse for dansk engagement i EOSC og FAIR-data. Rapporten forventes at foreligge ved udgangen af 2017. Denne analyse bør anvendes i fastlæggelsen af det fremtidige niveau for involvering.

Hvis indstillingen fra dette arbejde bliver, at Danmark skal engagere sig i EOSC, betyder det, at der skal afsættes midler (primært personer) til fx:

- Aktivt at deltage i de europæiske fora (møder, projekter og organisationer) relevante for Open Science for at opnå ekspertise om, hvad der skal til, for at Danmark kan engagere sig. Det kan med fordel være en national opgave at koordinere den aktivitet og sikre videndeling med forskere og universiteter.
- Aktiv involvering i EUDAT, der ser ud til at blive en af de væsentlige aktører på området. Det gælder for det ledelsesmæssige og strategiske plan, men især på det tekniske. EUDAT er åben for medlemskab både nationalt og lokalt. Der sikres synergi ved at koordinere og have teknisk ekspertise på nationalt niveau og sikre videndeling med universiteter og forskere.
- Aktiv deltagelse i initiativerne og udviklingsarbejdet om identitetshåndtering i AARC via GÉANT-samarbejdet. Universiteterne kan deltage i dette arbejde, som skal koordineres gennem DeiC og NORDUnet.
- Støtte danske forskere i at etablere og deltage i Open Science Hub. Kan varetages af universiteterne, men der kan med fordel koordineres og videndeles nationalt. For at sikre kritisk masse i projekterne kan det give mening at etablere lagringsfaciliteter, der understøtter Open Science-aktiviteter på nationalt plan.
- Fortsat være aktivt engageret i GÉANT-samarbejdet. Det er ganske vist forventningen, at GÉANTs rolle i EOSC-initiativet er mindre, men GÉANT er en væsentlig spiller i det europæiske e-infrastrukturandskab.

EURO-HPC anses for nuværende hovedsageligt for at være et industridrevet udviklingsprojekt, som dog er værd at følge tæt. Der koordineres mellem EURO-HPC og PRACE-projektet, som i dag leverer den europæiske platform for store beregninger.

Ambitionen med EURO-HPC-initiativet er at etablere to exascale-computere inden 2023 og dermed forøge kapaciteten på de store europæiske computere med en faktor 10 i forhold til i dag. Det vil også få betydning for, hvilken størrelse

computere der skal være på nationalt og lokalt niveau for at forberede forskerne på at kunne regne på de store internationale computere.

På forskningsnetsiden forventes internationalt et stadigt stigende behov for netværkskapacitet. Det kræver fortsat udvikling og udbygning af forskningsnettene i Europa og resten af verden.

## 6 Sammenfatning

Nedenfor gengives en opsummering for de enkelte e-infrastrukturelementer på tværs af de tre analyseområder.

### 6.1 HPC

Behovskortlægningen viser, at der er et væsentligt og stigende behov for anvendelse af HPC i forskningen på alle de videnskabelige områder.

Udgangspunktet for de videnskabelige områder er forskelligt, og forventningerne til, hvad der kan og skal løses nationalt, er forskellige. Alle områderne er dog enige om, at der er behov for et vist nationalt niveau for at fremme forskningen.

For specielt det Teknisk- og Naturvidenskabelige område ses der samtidig et behov for lokale HPC-anlæg til at understøtte specielle behov, ligesom det internationale niveau med adgang til meget store computere er uundværligt for mange forskere.

**Samlet viser behovskortlægningen en fordeling som:**

**Lokalt** sikrer specialiserede anlæg til enkelte forskere/forskningsgrupper, der har behov, der ikke kan løses på nationale eller internationale anlæg.

Lokale anlæg finansieres generelt af universiteter og specielle forskningsbevillinger i benchmark-landene.

**Nationalt** tilbyder adgang til generelle HPC-anlæg, der opfylder flere forskeres behov på tværs af universiteter og forskningsområder. Det er væsentligt, at anlæggene tilbyder større kapacitet end den, nogle af forskerne har adgang til på de lokale anlæg, og at regnetid tildeles efter gennemskuelige principper.

Behovskortlægningen angiver et behov for fire typer af nationale anlæg:

1. Anlæg konstrueret med det formål at køre større beregninger parallelt på mange beregningsenheder i computeren (HPC). En sådan installation kører få jobs ad gangen, men hvert enkelt job optager et stort antal beregningsenheder på én gang. Målet er at afslutte en beregning hurtigst muligt. For at sikre koordinering mellem de enkelte beregningsenheder er det typisk et krav, at de kan kommunikere med hinanden over et medie, der tilbyder stor båndbredde og kort latenstid. Denne computer vil dække behovet for de forskere, der har et større regnebehov end det, der typisk dækkes på eksisterende lokale anlæg.
2. Anlæg konstrueret med det formål at køre et stort antal beregninger, der hver især ikke optager et stort antal beregningsenheder samtidig (High Throughput Computing - HTC). Formålet er at afvikle så mange jobs som muligt over længere tid. Her er der typisk behov for megen båndbredde til datalagringsystemerne, da et stort antal ukoordinerede jobs kan have behov for at læse og skrive data samtidig. HTC-anlægget henvender sig til forskere, der ikke har adgang til lokale HPC-installationer. For etableringen af større fælles installationer tæller primært tekniske- og mandskabsmæssige stordriftsfordele.
3. Behovskortlægningen viser en stor fælles udfordring for de videnskabelige områder med forskning med registerdata og håndtering af personhenførbare data. Den nuværende kapacitet er begrænset for det enkelte universitet. Den giver ikke i ønsket grad mulighed for at kombinere med data fra andre datakilder. En af løsningerne her er at sikre, at de nationale HPC-anlæg har en sikker cloud-struktur, der muliggør det ved sikker transport via forskningsnettet fra datakilden til beregningsfaciliteter. En løsning kan også være at etablere og drive nationale computere ved datakilderne.
4. Anlæg dedikeret lifescience-området, der både skal tilgodese forskning og fungere som produktionsanlæg til kliniske behov i forbindelse med initiativerne på området for personlig medicin. Organisering og finansiering af dette anlæg skal fastlægges i samarbejde med Sundhedsministeriets projekt, men det er vigtigt at sikre forskernes adgang til regnekraften og den nationale koordinering af den.

Den teknologiske udvikling går hurtigt, og nye metoder, herunder machine learning, vinder indpas. Det får betydning for den måde, beregninger foretages på i fremtiden, og det skal medtages i fastlæggelsen af et fremtidigt nationalt niveau af HPC.

Benchmark-analysen viser, at de sammenlignelige lande har nationale computere med en placering på den internationale TOP500 blandt de 200 største i verden.

Den internationale udvikling går mod stadigt større computere. Det europæiske projekt EURO-HPC vil være en medvirkende faktor til at øge kapaciteten på Europas største installationer med mere end en faktor 10 inden for en 10-årig periode.

Computerne i PRACE-samarbejdet forventes at følge samme udvikling (forventeligt gennem koordinering og samarbejde med EURO-HPC) og samlet bibeholde en placering på den internationale TOP500 blandt de 20 største computere i verden.

Det fremgår af behovsafdækningen, at den nuværende betalingsmodel, hvor der betales af egne midler for regnetid, ikke har vundet accept blandt forskerne. De ønsker fri adgang til ressourcerne og en klar og ensartet politik for tildeling af regnetid på de nationale anlæg. Det internationale benchmark viser, at det er praksis i de lande, der er sammenlignet med, at adgang er gratis og tildeles på basis af ansøgning til en videnskabelig komité.

En løsningsmodel, der blev nævnt i behovskortlægningen, var:

- Gratis adgang for alle forskere op til et vist niveau.
- Adgang via Peer Review til yderligere timer.
- Betalt adgang for forskere og virksomheder via en transparent betalingsmodel.

Behovskortlægningen viser, at forskerne foretrækker at have support med indblik i det videnskabelige område, forståelse af betydning og relevans af data og modeller, og samtidig indsigt i modellering og dataanalyse inden for fagområdet lokalt - en "faglig data specialist".

En HPC-specialist med teknisk indblik i generelle metoder og specifik indsigt i en bestemt HPC-installation bør til gengæld være tilknyttet selve anlægget og samarbejde med den faglige dataspecialist.

Kortlægningen af de europæiske e-infrastrukturleverandører på området viser, at involvering i de internationale projekter primært sker på det tekniske niveau. For at understøtte en stærkere dansk deltagelse vil et nationalt samarbejde mellem HPC-specialister fra såvel lokale som nationale anlæg og med ressourcer til at indgå aktivt i de internationale aktiviteter være til med til at sikre videns- og teknologioverførsel til gavn for dansk forskning.

## 6.2 Forskningsnet

Behovet for forskningsnet-kapacitet, der giver mulighed for sikkert at flytte store datamængder og tilgå data og andre forskningsressourcer over hele verden, forudsiges af de internationale forskningsnet-leverandører at stige væsentligt i den nære fremtid.

Opgraderingen af det danske forskningsnet i 2017 bringer det på højde med nettene i benchmark-landene i kapacitet og teknik. Forskningsnettene udgør et globalt økosystem. Det er væsentligt at fortsætte med jævnlige opgraderinger for at sikre, at forskningsnettet til stadighed følger med den internationale udvikling og understøtter brugernes behov for transport af stadig større datamængder.

Behovskortlægningen viser, at forskningsnettet er en basal, men vigtig forskningsinfrastruktur, der fortsat skal have den nødvendige sikkerhed og tilstrækkelig kapacitet både nationalt og internationalt. Der gives fra flertallet af videnskabelige områder udtryk for, at et sikkert højhastighedsnet med mulighed for dedikerede og/eller sikrede forbindelser er essentielt for adgang til data og HPC.

DeiC deltager i den internationale udvikling af forskningsnet og services gennem NORDUnet. Det er væsentligt at fortsætte dette arbejde og deltage aktivt i fx udviklingen af identitetshåndtering i de internationale arbejdsgrupper omkring eduGAIN og AARC, som foregår primært igennem GÉANT.



For at udnytte faciliteterne i forskningsnettet er det nødvendigt med en helhedstænkning. Forskningsnet skal ses som en infrastruktur, der går fra forsker til forsker, og det hele skal tænkes sammen. Derfor er det vigtigt, at universiteterne også investerer i tidssvarende netværksteknologi på campus.

Det nationale niveau bør koordinere og varetage samarbejdet med såvel det lokale niveau som internationale samarbejdspartnere.

### 6.3 Datamanagement og -lagring

Alle videnskabelige områder oplever en voldsom vækst i data. Arten af data og adgangen til lagringsløsninger er forskellig mellem universiteterne og de videnskabelige områder.

Mængden af data varierer mellem områderne fra tera- til petabyte, men fælles er, at de alle oplever udfordringer med håndteringen, og alle ønsker sikre, pålidelige og lettilgængelige løsninger.

Hvis EOSC-initiativet gennemføres efter EU's intention, vil det betyde en gennemgribende ændring af den måde, forskning drives på, og give et enormt behov for national koordinering, specielt på datamanagementområdet.

Dansk deltagelse i EOSC-aktiviteterne kan ske i et meget varieret omfang afhængigt af såvel de danske som de enkelte forskeres ambitioner på området. For på bedst mulig vis at kunne understøtte forskerne på en forståelig måde bør det nationale ambitionsniveau på området derfor fastlægges.

Uddannelses- og Forskningsministeriet gennemfører i øjeblikket en cost-benefit-analyse for dansk engagement i EOSC og FAIR-data. Rapporten forventes at foreligge ved udgangen af 2017.

Denne analyse indgår i fastlæggelsen af det fremtidige niveau for involvering.

Hvis indstillingen fra dette arbejde bliver, at Danmark skal engagere sig i EOSC, betyder det, at der skal afsættes midler (primært personressourcer) til fx:

- Aktivt at deltage i de europæiske fora (møder, projekter og organisationer) relevante for Open Science for at opnå ekspertise om, hvad der skal til, for at Danmark kan engagere sig. Det kan med fordel være en national opgave at koordinere det og sikre videndeling med forskere og universiteter.
- Aktiv involvering i EUDAT, der ser ud til at blive en af de væsentlige aktører på området. Det gælder for det ledelsesmæssige og strategiske plan, men især på det tekniske. EUDAT er åben for medlemskab både nationalt og lokalt. Der sikres synergi ved at koordinere og have teknisk ekspertise på nationalt niveau, og sikre videndeling med universiteter og forskere.
- Aktiv deltagelse i initiativerne og udviklingsarbejdet om identitetshåndtering i AARC via GÉANT-samarbejdet. Universiteterne kan deltage i dette arbejde, som skal koordineres gennem DeIC og NORDUnet.
- Støtte danske forskere i at etablere og deltage i Open Science Hub. Kan varetages af universiteterne, men der kan med fordel koordineres og videndes nationalt. For at sikre kritisk masse i projekterne kan det give mening at etablere lagringsfaciliteter, der understøtter Open Science-aktiviteter på nationalt plan.
- Fortsat være aktivt engageret i GÉANT-samarbejdet. Det er ganske vist forventningen, at GÉANTs rolle i EOSC initiativet er mindre, men GÉANT er en væsentlig spiller i det europæiske e-infrastrukturlandskab.

Behovskortlægningen viser et gennemgående ønske om at have mulighed for at dele data på tværs af datasiloer, nationalt og internationalt. Der ses gennemgående et behov for og ønske om, at Danmark indgår i de europæiske bestræbelser i European Open Science Cloud-initiativet. Som basis for dette foreslår flere etablering af nationale science clouds.

For nogle giver det mest mening, at behovet for lagring løses lokalt, mens andre ser et behov for fælles løsninger, blandt andet for at understøtte opbrydningen af datasiloer.

Lagringsfaciliteter kan med fordel etableres nationalt, når det giver mening for at:

- Sikre kritisk masse (lokale løsninger kan blive for dyre for de enkelte projekter med mindre datamængder).
- Understøtte samarbejde på tværs af institutioner og datasiloer.
- Understøtte internationalt samarbejde med fokus på FAIR og Open Data principper.

I benchmark-landene er der typisk etableret store nationale lagringsfaciliteter tæt på de nationale HPC-anlæg. Behovskortlægningen viser også, at der er behov for at data, der anvendes til HPC-beregninger, kan lagres tæt på anlæggene, altså såvel lokalt som nationalt.

Det samlede nationale behov for lagring af forskningsdata måles i dekader af petabyte. Rigsarkivet arbejder på en bekendtgørelse om langtidslagring af bevaringsværdige data, som skal medtages i en samlet løsning.

Det internationale benchmark viser, at de andre lande alle har nationale løsninger på området, der ganske vist varierer i omfang. De har alle et nationalt niveau af koordinering af lagringsløsningerne, hvilket viser sig at gøre det lettere at indgå i det internationale samarbejde.

Danmark er det eneste land, der har fælles aktiviteter på selve datamanagement-området. På trods af det efterspørger flere i behovskortlægningen en større grad af videndeling og erfaringsudveksling på nationalt plan og sikring af fælles datastandarder.

Aktuelt er persondataforordningen (GDPR) et område, hvor flere i behovskortlægningen giver udtryk for, at der er behov for erfaringsudveksling, retningslinjer og koordinering.

## 6.4 Kompetencer

Behovskortlægningen viser, at de fleste universiteter enten har eller er i gang med at opbygge lokale eScience-kompetence- og datamanagementrådgivningsenheder.

Der er enighed om, at kompetenceopbygningen bør ske lokalt, men at der er behov for erfarings- og kompetenceudveksling på tværs af fagområder og institutioner. I flere tilfælde er der eksisterende fora for det, i andre tilfælde efterspørges en national koordinering.

Hvis man etablerer nationale løsninger, er der behov for specialister, der tilbunds gående forstår de tekniske aspekter af løsningerne og kan videreformidle denne viden i samarbejde med de lokale organiseringer. Analysen viser, at de der indgår i den europæiske/internationale udvikling, kommer fra nationale HPC-centre og kan hjembringe viden og kompetencer til det nationale og lokale niveau. Tilsvarende konklusioner kan drages for datamanagement og -lagring og forskningsnet.

Med en stadigt større digitalisering af forskning opstår der også et stort og foreløbigt udækket behov for personer uddannet til at varetage funktioner som bindeled mellem teknik og forskning: Personer med indblik i eScience-metoder som modellering og dataanalyse. Der opstår samtidig også et behov for teknologispecialister med teknisk indblik i brug og optimering af de anvendte platforme, det være sig HPC, datalagring og netværk. Flere universiteter har uddannelser inden for områderne, men behovet er fortsat stigende.

## 6.5 Services

Identitetsføderationer er en uundværlig komponent for at sikre adgang til og udveksling af data. Det er derfor vigtigt at indgå aktivt i de internationale samarbejder, da det er her, funktionaliteten udvikles og koordineres.

DKCERT er en del af DeiC og er med til at fastholde universiteternes opmærksomhed på sikkerhed og trusler. Tjenesten deltager i det internationale samarbejde på vegne af de danske universiteter og sikrer hjemtagelse af viden herfra. Benchmarkanalysen viser, at de øvrige lande i højere grad er involveret i uddannelse af sikkerhedsfunktionerne og vejledninger til universiteterne.

## 7 Bilagsliste

Bilag 1: Kommissorium for analyse og udredning vedr. dansk e-infrastruktur samarbejde

Bilag 2: Talere i eScience status præsentationer på DeiC konferencen den 26. september 2017 og deltagere ved rundbordssamtale den 5. oktober 2017.

Bilag 3a: Præsentationer fra den 26. september 2017

Bilag 3b: Præsentationer fra den 5. oktober 2017

Bilag 4: Interviews med forskere, deltagere og uddrag af interviews

Bilag 5: HPC benchmark Top500 og benchHEIT

Bilag 6: Beskrivelse af internationale e-infrastrukturer

Bilag 7: EOSC ministerrådserklæring

Bilag 8: EOSC deklARATION og liste med underskrivere