

Rapport fra det faglige panel for energi, klima og miljø  
i forbindelse med udarbejdelse af  
en dansk *roadmap* for forskningsinfrastrukturer

Ove Poulsen, AU & IHA (formand)  
Irina Angelidaki, DTU  
Henrik Balslev, AU  
Henrik Bindslev, Risø-DTU  
Lene Lange, AAU  
Jørgen E. Olesen, AU  
Katherine Richardson, KU

## Indhold

### Sammenfatning og anbefalinger

#### 1. Introduktion

#### 2. Den samfundsmæssige og videnskabelige udfordring

2.1. Nye tendenser og behov for forskningsinfrastruktur

2.2. Det nationale udgangspunkt

#### 3. Panelets anbefalinger

3.1. Prioritering af forskningsinfrastrukturbehovet på kort sigt (op til 3-5 år)

3.2. Behov for forskningsinfrastruktur på mellemlangt sigt (inden for 3-10 år)

3.3. Behovet for støtte af danske forskeres adgang til forskningsfaciliteter i Danmark og udlandet

## Sammenfatning og anbefalinger

Panelet for energi, klima og miljø (EKM) har kortlagt det nationale forskningsberedskab inden for EKM området. Panelet har taget udgangspunkt i forslag, der er indsamlet i nationale forskningsudførende institutioner. Derudover har panelet støttet sig på materiale fra den Europæiske ESFRI-proces, herunder ESFRI-kriterierne for forskningsinfrastrukturer. Panelet har konsulteret de forskningsudførende institutioner samt ført drøftelser med private interessenter.

Panelet indstiller i alt 11 forskningsinfrastrukturer optaget på den nationale *roadmap* for forskningsinfrastrukturer, heraf fem forskningsinfrastrukturer til realisering på kort sigt (op til en tre- til femårsperiode) og seks forskningsinfrastrukturer optaget på *roadmap* på mellemlangt sigt (inden for en tre- til tiårsperiode).

På kort sigt anbefales det at etablere en stor *Vindtunnel*, en forskningsinfrastruktur omkring *Biodiversitet og Miljødata i Danmark, Bioraffinaderier inden for biomassekonverteringsteknologier*, dansk deltagelse i det planlagte *Integrated Carbon Observation System (ICOS)* samt at styrke forskningsinfrastrukturen omkring *Arktis og Nordatlanten*. Rækkefølgen afspejler panelets anbefaling omkring den tidlige implementering inden for perioden op til en tre- til fem års periode og ikke en forskningsfaglig prioritering.

På mellemlangt sigt anbefales det at etablere en *testfacilitet for netopkobling*, en forskningsinfrastruktur inden for *energisystemer*, en modulær *forskningsvindmølle* og *WindScanner*, en dansk initieret facilitet, som forventes optaget på ESFRI's roadmap. Inden for det byggetekniske område anbefales *Integreret, multifunktionelt design* optaget på *roadmap* sammen med en anbefaling om at *etablere laboratorier* til studier af næringsstoffab og udslip af klimagasser i dyrkede afstrømningsområder.

Panelet redegør for to områder med behov for særskilte aktiviteter, *fusionsforskning* og adgang til *forskningskibe*. Panelet understreger betydningen af at skabe en stabil basis for det danske engagement inden for de områder af fusionsforskningen, hvor der er forskningsmæssige og erhvervmæssige kompetencer og interesser, således at det danske bidrag til det Europæiske fusionsprogram, herunder ITER, sikres et forsvarligt nationalt afkast. Panelet finder det afgørende at der snarest muligt i et samarbejde mellem de involverede ministerier og universiteter indledes drøftelser med henblik på udarbejdelse af en plan for erstatning af forskningsskibet Dana med en ny oceangående platform for havforskning. Panelet noterer sig, at der i overvejelserne om at forny og erstatte de muligheder Dana indtil videre har stillet til rådighed kan ligge stor synergi og samdrift til Danmarks fiskeri- og havmiljøovervågnings-forpligtigelser. I erkendelse af at overvejelser om og planlægning af et nyt skib kan tage lang tid, finder panelet det vigtigt, at finanslovsbevillingen til Dansk Center for Havforskning øges og langtidssikres.

## 1. Introduktion

Panelet for energi, klima og miljø (EKM) har i sit arbejde ladet sig inspirere af en lang række indsendte forslag ligesom panelet har konsulteret såvel private som offentlige aktører og været i dialog med lederne på danske forskningsinstitutioner. Det er således panelets opfattelse, at den foreliggende rapport tegner et dækkende billede af nationale styrkepositioner med behov for adgang til forskningsinfrastruktur og dermed et godt grundlag for panelets anbefalinger.

Med udgangspunkt i kommissoriet skal en national forskningsinfrastruktur tilføje det danske samfund en væsentlig merværdi ud over hvad et enkelt universitet naturligt skal sikre gennem sin almindelige virksomhed. Panelet har således i sit arbejde fokuseret på forskningsinfrastrukturer af national og international betydning og set bort fra institutionsvendte forskningsinfrastrukturer, med mindre der er særlige grunde, hvor én institution har et nationalt ansvar og kan sikre bred adgang.

Panelets forslag til forskningsinfrastrukturer er alle karakteriseret af et betydeligt videnskabeligt potentiale og vil sikre dansk forskning konkurrencedygtige udviklingsmuligheder. Endvidere er der lagt vægt på at forskningsinfrastrukturene skal understøtte en bæredygtigt samfundsmæssig udvikling, hvilket omfatter hensyn til såvel klima og miljø som værdiskabelse i erhvervslivet.

## 2. Den samfundsmæssige og videnskabelige udfordring

Siden energikrisen og flere massive forureningsskandaler i 70'erne har energi og miljø været højt prioriterede samfundsmæssige problemstillinger. Fokus har siden været rettet mod den massive udnyttelse af geologiske, terrestriske som marine ressourcer, og de afledte konsekvenser for natur og samfund – på både kort og langt sigt. I det seneste årti er klimaændringer, forårsaget af afbrænding af fossile energikilder, kommet i fokus, idet de menneskeskabte ændringer i miljø og levevilkår nu ikke længere er af lokal, men global karakter og med lange tidslige forløb.

Det internationale forskersamfund har i perioden siden da opbygget en stadig bedre viden på EKM (energi, klima og miljø) områderne. Klima- og miljøforskning har afdækket årsagssammenhænge, såvel på lokalt som på globalt plan, således at der i dag eksisterer en forskningsbaseret viden, der gør det muligt at definere indsatsområder til bedre sikring af miljø og klima. Klima og miljø har sat den fossile baserede energiforsyning under pres, fordi konsekvenserne af de store udledninger af CO<sub>2</sub> samt næringsstoffer m.v. fra menneskelige aktiviteter i stadig stigende omfang viser sig i miljøet og i levevilkår for planter, dyr og mennesker. En løsning på disse problemstillinger forudsætter en omstilling til vedvarende energi (VE) og udvikling af ændrede landbrugssystemer og ny naturforvaltning for at sikre både samfund og miljø fremover. Denne omstilling forudsætter handling nu, og samtidig, at der eksisterer den fornødne forskningsbaserede viden og teknologi, som kan integrere hensynet til samfundets krav på tjenesteydelser med hensynet til forbedring af miljø og klima.

Store mængder affald og spildevand generes årligt som belaster miljøet. En effektiv og bæredygtig håndtering og udnyttelse er nødvendig for at konvertere affald mv. fra miljøbelastning til nyttige ressourcer, eller i det mindste minimere miljøbelastningen.

Miljøforskningen dækker meget bredt fra studier af biodiversitet i mange forskellige mere eller mindre menneskepåvirkede økosystemer, over studier af næringsstofstrømme fra byer og landbrug til sårbare naturområder og til udledninger fra drivhusgasser fra natur og landbrugssystemer og disses påvirkning af klimasystemer. Denne miljø- og klimaforskning foregår på mange skalaer og med brug af en række forskellige værktøjer. Udviklingen går i stigende grad i retning af et tværfagligt samarbejde der skal sikre en bedre og mere dybtgående forståelse af samspillet mellem fysiske og biologiske systemer. Dette vil også være afgørende for en bedre forståelse af klimasystemer. Forskningen er med til at give grundlaget for en bedre forvaltning af naturressourcer og udvikling af nye teknologiske og management-metoder, der sikrer opretholdelse af de tjenesteydelser, som vores økosystemer leverer.

Energiforskning har i samme periode gjort afgørende fremskridt i retning af at udnytte energiressourcer bedre samt medvirket til at skabe muligheder for udvikling af nye energikilder, der er baseret på VE. Denne udvikling er drevet af to afgørende eksterne forhold, dels at adgang til fossile brændsler som olie og gas er begrænset, og at forbrug af disse brændsler er hovedårsagen til globale forandringer af klimaet og dermed også af ændringer af levevilkår og miljø. Energiforskning har således en tydelig samfundsmæssig mission, der består i at sikre ny viden omkring VE og medvirke til, at denne viden kan omsættes i nye energieffektive teknologier.

Energi, klima og miljø repræsenterer således tilsammen en af de betydeligste udfordringer videnskabeligt og samfundsmæssigt, nationalt såvel som globalt. Effektive forskningsinfrastrukturer skal derfor fastholdes og udbygges, for at sikre en fortsat national værdiskabelse og udviklingen af en ny bæredygtig økonomi.

De store energikilder er i dag fossile, med erkendte og væsentlige afledede konsekvenser for miljø og klima. Fossile energikilder er teknologisk bekvemme og let anvendelige, men sammenholdes kendte reserver af lettilgængelig olie og gas (i Danmark såvel som globalt) med de negative konsekvenser af fossil afbrænding, står samfundene over for en de facto omstilling af energiforsyningen. Denne omstilling omfatter forskning i udviklingen af nye energiproduktionsmetoder, bioraffinaderier, nye måder at distribuere og lagre energi på og nye forbrugsmønstre, samtidig med, at klimaændringer og effekter heraf stiller samfundet over for nye udfordringer på tværs af grænser; geografiske, sektorielle og faglige.

Klimaproblematikken er tæt koblet til udledninger af klimagasser og dermed behovet for at reducere disse. Størstedelen af emissionerne af CO<sub>2</sub> stammer fra forbrug af fossile brændsler, men også CO<sub>2</sub> udledninger og optag fra landbrug, skove og natur spiller en stor rolle. Hertil kommer udledninger af metan og lattergas, der især er koblet til landbrugsproduktionssystemer. Klimaproblematikken er dog også koblet til effekter af klimaændringer på natur og samfund, og dermed behovet for

at både biologiske og tekniske systemer bliver tilpasset ændringer i klimaet. Klimaudfordringen er uden lang faglig tradition og der skal tilvejebringes forskningsbaseret viden, der efterspørges på tværs af sektorer med det mål at sikre energiforsyningen, reducere udledningerne af klimagasser, mindske samfundets, naturens og miljøets sårbarhed over for klimapåvirkningerne og udnytte potentielle fordele ved et ændret klima.

Inddragelse af vedvarende energi i energiforsyningen, reduktioner af klimabelastningen og samfundets kapacitet og villighed til at tilpasse sig klimaforandringer og effekterne heraf skal understøttes af forskning og forskningsbaseret rådgivning. Effekterne af klimaændringer går på tværs af sektorer og geografiske grænser og de traditionelle faggrænser, og samfundets tilpasning berører i særlig grad brugen af landskabet og bymiljøet samt kredsløb for vand, kulstof og næringsstoffer og fordrer innovative løsninger og socioøkonomisk forsvarlige prioriteringer. For at imødegå klimaudfordringen skal forskningen aktivt bidrage til løsninger, herunder reducere samfundets sårbarhed, udvikle nye virkemidler, beslutningsstøtteværktøjer til prioritering og robust planlægning mv. Der er behov for nye forskningsinfrastrukturer, der sikrer indsamling af data og analyse og fremskrivning gennem avancerede modeller.

Sammenfattende stiller de universale udfordringer, som energi, klima og miljøproblematikken udgør, Danmark i en interessant situation med stærke forskningsmæssige, naturmæssige, samfundsmæssige og erhvervsmæssige potentialer, der skal understøttes af nye forskningsinfrastrukturer.

### *2.1. Nye tendenser og behov for forskningsinfrastruktur*

Tendenserne i forskningsinfrastruktur går i retning af store og internationalt samarbejdende enheder, der er i stand til at beherske betydelige logistiske og faglige udfordringer. Dette er en udvikling, der har to karakteristiske træk, for det første er forskningsinfrastrukturene investeringsmæssigt kostbare og for det andet er de driftsmæssigt krævende såvel mandskabs- som vedligeholdelsesmæssigt. Inden for energi og store dele af miljø er der en direkte kobling mellem industrielle interesser og offentlige forskningsaktiviteter, medens klima endnu er et klassisk forskningsområde med et stigende behov for yderst avancerede forskningsmæssige infrastrukturer.

Forskningsinfrastrukturer skal sikres forskningsmæssig autonomi. På energiområdet findes allerede en række forsøgsanlæg til afprøvning og implementering af VE kilder. Disse forsøgs- og prøveanlæg er etableret i et samarbejde mellem offentlige og private interesser. Disse prøveanlæg forudsætter eksistensen af egentlige forskningsinfrastrukturer, hvor eksperimenter kan gennemføres under forhold, der kan skaleres til prøveanlæg. Uden en sådan forskningsinfrastruktur vil investeringer i prøveanlæg ofte hvile på et ufuldstændigt beslutningsgrundlag eller hvad der er værre, ikke afdække potentialet i nye processer og teknologier. Dette gælder for alle de anbefalinger panelet fremfører, nemlig at en fremskrivning af eksisterende teknologier skal understøttes af avanceret forskning, der har til formål radikalt at forbedre disse.

EKM-panelet skal derfor understrege behovet for forskningsanlæg, hvor danske universiteter og forskningsinstitutioner får mulighed for at udvikle nye og forbedrede teknologier under forhold, der gør det muligt effektivt at realisere såvel et forskningspotentiale som at frigøre udviklingsmæssige og industrielle potentialer med henblik på værdiskabelse. Medfinansiering af forskningsinfrastrukturer fra andre offentlige eller private kilder forudsætter disse forhold respekteret.

På miljø- og klimaområdet er der ofte tale om en høj grad af internationalt samarbejde, hvor en række donorer (nationale og internationale) bidrager til finansiering af forskningen. I en række sammenhænge vil også andre interessenter (f.eks. landbrug, fiskeri og kommuner) skulle bidrage på forskellig vis til at sikre opretholdelse af forskningsinfrastrukturen, men det er dog naturligvis afgørende at forskningen sikres uafhængighed af såvel interessenter som donorer.

## 2.2 *Det nationale udgangspunkt*

Danmark er et højt udviklet samfund med krav til en stabil og vedvarende energiforsyning, med et intensivt landbrug, der sætter det åbne land under pres, samt en natur, der er sårbar over for menneskeskabte forandringer og belastninger i øvrigt. Der er i høj grad tale om et samspil mellem disse elementer, som alle på forskellig vis udnytter naturressourcer på land og hav. Disse ressourcer påvirkes samtidigt af klimaændringer gennem ændret temperatur, nedbør og havniveau.

Klima- og miljømæssigt har Danmark et stærkt samspil med nabolandene i Nordeuropa, men også et særligt ansvar over for og interesse i Arktis og Nordatlanten. Dansk forskning spiller her en afgørende rolle og kan, med udgangspunkt i en anerkendt forskningsmæssig styrke inden for energi, klima og miljø, medvirke til at fremme væsentlige mål af såvel national som global interesse. Dette er især væsentligt i Arktis, hvor klimaændringerne slår særligt kraftigt igennem med store konsekvenser for miljø og udnyttelse af naturressourcerne.

Danmark har solide faglige miljøer, der kan danne basis for at fastholde og udbygge disse styrkepositioner gennem nye og ambitiøse investeringer i forskningsinfrastruktur. Panelets anbefalinger skal ses som helt nødvendige moderniseringer af allerede eksisterende infrastrukturer samt udbygning af nye infrastrukturer for at kunne fastholde og udbygge eksisterende excellente forskningsmiljøer samtidig med, at anbefalingerne skal sikre og understøtte en styrket økonomisk vækst inden for samfundsmæssigt bæredygtige rammer.

Panelets kortlægning dokumenterer et særdeles tæt samspil mellem videnskabelige fremskridt og betydelige erhvervmæssige interesser, herunder gennem omstillingen til vedvarende energi med deraf afledte industrielle vækstpotentialer inden for vigtige nationalt eksporterende industrier. *Cleantech* sektoren er i vækst med nye produkter, der er energimæssigt optimerede, miljøvenlige og klimaneutrale. Tilsvarende er der inden for landbruget store erhvervmæssige udfordringer koblet til kravet om yderligere reduktioner i næringsstofbelastningen af vandmiljøet, ligesom der fremover vil komme stigende krav om reduktion af landbrugets klimabelastning. Kortlægningen dokumenterer videre, at forskningen bredt har styrkepositioner overalt i landet, og at den er knyttet til betydelige industrielle interesser inden for bioteknologi og vindenergi med en stærk

industriell klyngedannelse. Dansk vindenergi er globalt førende og danske virksomheder er tilsvarende globalt førende inden for produktion af enzymer med henblik på bioenergi og avancerede biobrændstof demonstrationsanlæg.

Energimæssigt er de store vedvarende energikilder vind- og bioenergi. På europæisk plan vil sol og vind udgøre rygraden med biobrændsel som en afgørende buffer. Vind er stærkest i Nordeuropa, medens solenergi vil være dominerende i Sydeuropa. Omkostningseffektive løsninger forudsætter udvikling af et energinet, der kan udnytte de varierende VE-kilder lokalt og fordele VE på europæisk niveau. Danmark besidder afgørende erhvervsmæssige styrkepositioner inden for vedvarende energi, særligt vind- og bioenergi samt inden for udnyttelse af landbrugets restprodukter.

På *vindenergiområdet* er Risø DTU, et internationalt knudepunkt. I de sidste 10 år har *Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi (DFFV)* bestående af AAU, Risø DTU, DTU og DHI samlet danske kompetencer og sammen ydet afgørende bidrag til den nyere udvikling af den danske styrkeposition inden for vindenergi. DFFV udgør, udvidet med yderligere partnere, en national infrastruktur, hvortil der er knyttet betydelige erhvervsmæssige interesse. Den nationale prøvestation for vindmøller ved Høvsøre og det planlagte testcenter ved Østerild er vigtige for fastholdelse af udvikling og produktion af vindmøller i Danmark.

På *bioenergiområdet* besidder Danmark tilsvarende excellente forskningsmiljøer. Disse forskningsmiljøer har ikke, jf. vindenergikonsortiet, etableret et formelt og slagkraftigt nationalt forskningssamarbejde. Panelets anbefalinger til nationale forskningsinfrastrukturer på bioenergiområdet forudsætter et formaliseret samarbejde med henblik på en nødvendig koordinering og samlet indsats. Panelets arbejde viser, at grundlaget for en sådan national koordinering og specialisering er til stede med et stort innovations- og erhvervspotentiale.

*Energisystemer* og lagring er kernen i omstillingen til vedvarende energi; forudsætningen er et sammenhængende energisystem, der omfatter produktion af ren energi, transmission og transport af energi og forbrug af energi. Panelet fastslår, at der er et behov for nationale forskningsinfrastrukturer, der skal sikre sammenhæng og integration af forskellige energikilder i overgangen fra fossil til vedvarende energi. Det samlede system skal være robust, det skal kunne optage tidsligt fluktuerende energikilder samtidig med, at det skal besidde den samme parathed over for brugeren med ren energi "on demand", som det er tilfældet i dag. Kortlægningen dokumenterer en betydeligt samfundsmæssig merværdi gennem udvikling af fleksible energinet, hvor energiproduktion, lagringsteknologier, forbrugsmønstre og nettets kobling med forbrugeradfærd vil være nødvendige forsknings- og udviklingsområder. Erhvervsmæssigt er indsatsområdet tæt knyttet til energisektoren, idet nye markeder for vind- og solenergi forudsætter fysiske infrastrukturer, der tillader en stabil integration. EKM-panelet konkluderer, at de nødvendige videnskabelige forudsætninger er til stede for en styrket indsats gennem etablering af nationale forskningsinfrastrukturer.

*Byggeri, proces og materialer* omhandler bedre og mere effektiv energiudnyttelse i bygninger. Bygningers energiforbrug er blandt de betydeligste, og der er behov for en ny national forskningsinfrastruktur bestående af et mindre antal specialiserede og tæt

koordinerede laboratorier. Dansk (og internationalt) byggeri er midt i en revolution, dels i realiseringen af nulenergi-byggeri, men også i de processer og nye materialer og teknologier som er med til at muliggøre denne udvikling. Forskningsområdet, der kan beskrives som *integreret, multifunktionelt design* af nye fysiske infrastrukturer, samt nye processer og teknologier til renovering af den eksisterende bygningsmasse, har i høj grad national merværdi, men er i lige så høj grad også værdiskabende, fordi danske virksomheder på området opererer internationalt. Den eksisterende eksperimentelle forskningsinfrastruktur for byggeriet er udviklet og optimeret til at indfri behovet for forskning i individuelle discipliner, såsom bygningsfysik, energiteknik, installations-teknik, automation, arkitektur, dagslys og energiplanlægning. Dette er ikke længere tilstrækkeligt: behovet for integrerede, multifunktionelle løsninger fordrer en forskningsinfrastruktur, der muliggør en styret og logistisk fokusering af og samarbejde mellem disse mange og fragmenterede laboratorier.

Trusler mod biodiversitet, miljøkvalitet og klimaforandringer og de afledte konsekvenser for udnyttelse af naturressourcer forudsætter nye forskningsinfrastrukturer, der indrager et spektrum af ikke traditionelt samarbejdende discipliner. Forskning inden for land- og vandmiljø er vigtig for at forstå de komplekse interaktioner mellem mennesker, klima og miljø. I den sammenhæng er den socio-økonomiske dimension central i en bæredygtig offentlig forvaltning af miljøet og naturressourcerne og indebærer behov for regulering på et fagligt grundlag af de sektorer, der påvirker klimaet og miljøet, og som skal tilpasse sig klimaændringerne. Panelet definerer en perspektivrig forskningsinfrastruktur, der som sin kerne har en ny og effektiv integreret massiv dataanalyse af miljø- og biodiversitetsdata. Der er tilsvarende behov for en forskningsinfrastruktur, som forbedrer grundlaget for vurdering af effekter af klimaændringer for biodiversitet, naturressourcer og samfundsmæssig udnyttelse af disse.

Danmark har styrkepositioner inden for forskning i hydrologi, næringsstofomsætning og -transport i landskabet og deres effekter i vandmiljøet. Forskningen er udviklet i tværgående samarbejder mellem danske universiteter og forskningsinstitutioner og deres internationale samarbejdspartnere. Desuden er der stærke kompetencer omkring nye teknologier til at mindske miljøpåvirkningen fra det intensive landbrug. Der er således flere datakilder og udgangspunkter for forskning vedrørende det åbne land, der bør nyttiggøres i udvikling af miljøteknologier. Derfor anbefales etablering af værkstedsområder (observatorier) i det åbne land i et integreret databasesystem med et stærkt og vel-dokumenteret datagrundlag fra relevante datakilder om grundvandsforhold, næringsstofftab, vandkvalitet og udslip af klimagasser fra områderne. Forskningsinfrastrukturen vil gøre det muligt at indsamle, vurdere og sammenstille disse datasamlinger i nye sammenhænge og dermed opnå ny indsigt, og mulighed for og ved scenariemodellering at skalere, afprøve og dokumentere nye teknologier til at styrke udviklingen af bæredygtige landbrugssystemer, som både er produktive og som samtidigt beskytter det omgivende miljø.

Panelets anbefaling af forskningsinfrastruktur i form af observatorier forudsætter en kobling af institutionernes modelleringskompetencer med kompetencer inden for relevante miljøteknologier. Forskningsinfrastrukturen skal på bedrifts- og landskabsskala give øget forståelse af processer, udslip af klimagasser, effekt af ændring i arealanvendelse mv. og udgøre grundlaget for en videnbaseret regulering af de sektorer, der på-

virker natur og miljø. Perspektivet rummer desuden grundlaget for erhvervsmæssig udnyttelse og eksport af ekspertise.

Kongeriget's geografiske udbredelse langs tempererede til arktiske gradienter har givet danske forskere adgang til forskellige typer havmiljø og økosystemer, hvilket har dannet grobund for stærke naturvidenskabelige forskningstraditioner og givet Danmark særlige styrkepositioner, hvor universiteter og forskningsinstitutioner indgår i flere forskningssamarbejder i *Arktis og Nordatlanten*, bl.a. DTU, KU, AU, AAU, DMI, GEUS, Dansk Center for Havforskning og Grønlands Klimacenter.

Danmark er medlem af Arktisk Råd, der understøtter regeringerne for de 8 beliggenhedsnationer i deres arbejde for de arktiske samfund og deres ressourceforvaltning. Dansk forskning indgår i flere internationale samarbejder om regionen, herunder Arktisk Råds observationsnetværk, SAON (Sustaining Arctic Observing Network) med faglige arbejdsgrupper herunder vedrørende biodiversitet, overvågning og vurdering af klimaændringer, forurenende stoffer samt beskyttelse af det marine miljø. Effekter af klimaændringer har vist sig at slå hurtigst igennem i disse områder og vil medføre voldsomme ændringer i natur, naturressourcer og udnyttelse af disse med konsekvenser for befolkningen og erhvervene i Nordatlanten og Arktis. Tilsammen betyder dette et ændret pres på naturressourcerne (råstofudnyttelse, herunder offshore kulbrintereserver samt fiskeri, turisme og øget maritim transport) og behov for at beskytte disse.

Mange af disse effekter af klimaændringer kender vi endnu ikke, og forudsætningen for en bedre forståelse af konsekvenser og sammenhænge er en langsigtet, koordineret og velstruktureret dataindsamling og bearbejdning.

Forståelsen af den klimamæssige udvikling og de miljømæssige konsekvenser er derfor afgørende, hvor dataindsamling og opretholdelsen af dataserierne og videndeling udgør hjørnestenene. Her er inddragelse af eksisterende strukturer, målestationer, satellitter, samordnede datasamlinger, herunder *the ESA Climate Change Initiative* helt centrale sammen med nye initiativer, der kan øge udbyttet, herunder mobilt udstyr og udrustning af flådefartøjer med forskningsunderstøttende observations-, prøvetagnings- og laboratorieudstyr.

Der er derfor behov for en forskningsinfrastruktur med indsamlingsplatforme og datahåndteringssystemer, der kan samordne den nordatlantiske og arktiske datasamlinger og danske forskningsinstitutioners og universiteters forskningsindsats med de eller dele af de internationale initiativer, der vedrører Arktis og Nordatlanten. Forskningsinfrastrukturen skal sikre datatilgængelighed, udnyttelse og formidling af data fra de forskellige datakilder og muliggøre modellering af økosystemernes respons på klima- og andre påvirkninger og derved bidrage til at fastholde terrestrisk og maritim forskning på et internationalt konkurrencedygtigt niveau.

Panelets anbefaling af forskningsinfrastruktur i dette område forudsætter, at den kan håndtere klima- og miljøudfordringerne i forhold til de økologiske, ressourcemæssige, erhvervsrelaterede og socioøkonomiske behov i regionen.

Den vigtigste forudsætning for gennemførelse af forskning i Arktis og Nordatlanten er adgang til landbaserede forsøgsstationer og målenetværk og til forskningsskibe. Danmarks eneste oceangående forskningsskib, Dana, bidrager ud over havforskning også til Danmarks internationale forpligtelser i forhold til fiskeri og overvågning.

*Dataindsamling* er hjørnестenen i forskning i tilstand og udvikling i natur og miljø, klima og klimaeffekter og grundlaget for at kalibrere og validere modeller og frem-skrivninger til udvikling af miljøteknologier, virkemidler og innovation. Danske forskningsmiljøer er centrale medspillere også i internationale netværk, hvor data kan udveksles og anvendes bredt til såvel grundforskning til strategisk understøttelse af samfundsudviklingen. Panelets anbefaling af forskningsinfrastruktur inden for dataindsamling kobles til eksisterende højt prioriteret forskningsinfrastruktur, der samtidig kan supplere initiativer i såvel Danmark som Arktis.

*Konkluderende* ser panelet det som en afgørende national udfordring at fastholde og udbygge disse forskningsmæssige styrkepositioner på EKM området på grund af afgørende erhvervsmæssige interesser inden for *cleantech* samt betydelige samfundsmæssige interesser ift. energiforsyning samt en bæredygtig naturressource- og miljøforvaltning. Det forudsætter stærke og internationalt førende forskningsinfrastrukturer, der kan sikre en fortsat vækst og værdiskabelse. Industrien er global og kan kun fastholdes i Danmark såfremt relevante forskningsinfrastrukturer er *state-of-the-art* med tilknyttede avancerede videregående uddannelser. Udfordringen er således ikke alene at fastholde videnskabelig og teknisk ekspertise i egen ret, men at sikre produktion i Danmark inden for en grøn energiklynge, der har skabt titusindvis af nye arbejdspladser og som skal sikres fortsat gode vækstmuligheder. Tilsvarende kan en bæredygtig forvaltning af miljø og naturressourcer sikres gennem opbygning af en omfattende viden, der også kan udnyttes i forvaltningen. Dette forudsætter forskningsinfrastrukturer til dataindsamling, datahåndtering og modelanalyser.

### **3. Panelets anbefalinger**

Fem forskningsinfrastrukturer indstilles til at blive optaget på *roadmap* til implementering på kort sigt. Det anbefales (1) at etablere en stor *vindtunnel*, (2) at etablere en dansk forskningsinfrastruktur omkring *biodiversitet og miljødata* som dansk bidrag til det planlagte internationale LifeWatch samarbejde, (3) at etablere en national forskningsinfrastruktur med forsknings *bioraffinaderier inden for biomasse konverteringsteknologier*, (4) at Danmark indgår i det planlagte europæiske samarbejde omkring *registrering af drivhusgasser, ICOS* samt (5) at styrke forskningsinfrastrukturen omkring *Arktis og Nordatlanten*. Den nærmere beskrivelse af de anbefalede forskningsinfrastrukturer fremgår af afsnit 3.1.

De fem forskningsinfrastrukturer indstilles tidsligt implementeret i den anførte rækkefølge. Denne prioritering afspejler kun en tidlig rækkefølge i forhold til implementering og ikke en forskningsfaglig prioritering, da alle fem forskningsinfrastrukturer er fundet yderst kvalificerede til implementering på kort sigt.

Seks forskningsinfrastrukturer indstilles optaget på *roadmap* til implementering på mellemlangt sigt. Det anbefales, at etablere (1) en *testfacilitet for netopkobling*, (2) en forskningsinfrastruktur inden for *energisystemer*, (3) en modulær *forskningsvindmølle* samt (4) en *WindScanner*, en dansk initieret ESFRI facilitet. Inden for byggeri anbefales området (5) *integreret, multifunktionelt design* optaget på *roadmap* samt endeligt en anbefaling om (6) *etablering af observatorier* til studier af næringsstoffab og udslip af klimagasser. Den nærmere beskrivelse af de anbefalede forskningsinfrastrukturer fremgår af afsnit 3.2.

Rækkefølgen af de seks forskningsinfrastrukturer afspejler faglige sammenhænge og ikke en faglig prioritering.

Afsnit 3.3 behandler panelets anbefalinger omkring danske forskeres adgang til forskningsfaciliteter inden for fusion og skibe til havforskning.

Modenhed, investeringsramme samt hvilke interessenter, der kan indgå i et konsortium indgår i panelets prioriteringer. EKM området er karakteriseret ved et tæt og værdiskabende samarbejde mellem flere offentlige aktører og private virksomheder. Som udgangspunkt forudsættes medfinansiering, der er afhængig af forskningsinfrastrukturens formål.

### 3.1. Prioritering af forskningsinfrastrukturbehovet på kort sigt (op til 3-5 år)

#### **Vindtunnel**

Udviklingen af vindkraftteknologier går i retning af flere, store og mere intelligente vindturbiner, der tilsammen udgør næste generations vindkraftværker. Der er stadig større krav til effektivitet under variable vindforhold, det være sig under svage vindforhold, kraftig vind og med strømningsforhold der varierer fra nær laminart flow til ulineære turbulente flow og afledte kohærente flowmønstre.

De centrale teknologier er knyttet til design af vinger. Mere effektive geometrier forudsætter avancerede fluiddynamiske simuleringer. Simuleringer forudsætter eksperimentelle valideringer, der kun kan udføres i en *state-of-the-art* vindtunnel med dimensioner, der muliggør en realistisk skalering til næste generations vinger.

Panelet noterer sig en excellent national forskningsmæssig og industriel ekspertise på vindenergiområdet, således at forudsætningerne for en forskningsinfrastrukturinvestering er til stede. EKM-panelet har gennemført interviews med de betydende industrielle aktører samt med ledelsen af Dansk Konsortium for Vindenergi. Begge giver en stor vindtunnel højeste prioritet.

En stor vindtunnel er en forskningsinfrastruktur, der forudsætter dannelse af et konsortium med deltagelse af de universiteter og forskningsinstitutioner, der vil medvirke til såvel finansiering som drift af faciliteten. Derudover skal den vestdanske vindenergiklynge inddrages i konsortiet, for derigennem at sikre, at denne betydelige industrielle klynge kan fastholde udvikling og dermed også produktion i Danmark. Forskningsinfrastrukturen skal styrke fremragende og grundlæggende

forskning og medvirke til at fastholde industriel, udvikling og produktion i Danmark.

En stor vindtunnel kan realiseres for 130 Mkr. med en etableringsperiode på 3 år. Fuld finansiering forudsætter et offentligt privat samarbejde. Deltagende industrier skal sikres adgang til faciliteten på vilkår, der afspejler områdets betydelige kommercielle og rettighedsmæssige forhold. Det indstilles, at regeringen afsætter 30 Mkr. som indskudskapital til etablering af en stor national vindtunnel.

### ***Biodiversitet og Miljødata i Danmark***

Danske forskningsmiljøer deltager i den igangværende forberedelse af ESFRI-projektet LifeWatch, som tænkes at blive et integreret infrastrukturnetværk for biodiversitets- og økosystemforskning og som vil stille faciliteter til rådighed til analyse, modellering af data og understøtte anvendelsen af resultaterne i forskning og samfundsudviklingen. Forskningsinfrastrukturen omfatter dataindsamling, datalagring, analyseværktøjer og bygger på de europæiske strategier, der er implementeret på forskellige niveauer i medlemslandene (lokalt, institutionelt, nationalt niveau). LifeWatch har indgået et formelt samarbejde med GBIF (Global Biodiversity Information Facility), en verdensomspændende portal for primære biodiversitetsdata. Danmark er vært for GBIF-sekretariatet og endvidere er Danmark aktiv i en række andre netværker på biodiversitetsområdet.

Dansk biodiversitetsforskning har opbygget en styrkeposition, bl.a. igennem betydelige og hurtigt voksende data-samlinger, hvor forskningen i stigende grad sker igennem sammenstilling og modellering på data fra databaser (*data-mining*). Data-mining åbner mulighed for at indsamle, kritisk vurdere og sammenstille datasamlinger i nye sammenhænge og dermed opnå ny indsigt på tværs af traditionelle discipliner. Konceptet er en videreudvikling af Cochrane-metodikken, hvor en kritisk sammenstilling af kliniske data fra forskellige kilder har dannet grundlaget for forskningsmæssige landvindinger på sygdoms- og behandlingsområdet og metodeudvikling.

En cyber-infrastruktur for biodiversitetsforskning forudsættes at rumme nye og avancerede værktøjer til strukturering, analyse og effektiv sammenstilling af store mængder biodiversitets- og miljødata, give forbedret adgang til dem og have tilstrækkelig kapacitet til at udvikle avancerede analytiske og statistiske modelleringsredskaber og -biblioteker. Det forudsættes, at forskningsinfrastrukturen inddrager *state-of-the-art* ekspertise fra computervidenskab til håndtering af massive datamængde. Dette vil være helt centralt for at håndtere og udnytte potentialet i de store mængder data, der stadig hastigere strømmer ind fra nationale og internationale digitaliserings- og miljøovervågningsprogrammer, bl.a. pga. den revolutionerende teknologiske udvikling inden for *remote-sensing* (registrering af miljødata fra satellitter og fly).

Med disse forudsætninger anbefaler panelet, at der oprettes en dansk cyber-infrastruktur for biodiversitets- og økosystemforskning, der skal udgøre det danske bidrag til LifeWatch samt indlejre den danske node af GBIF. Forskningsinfrastrukturen skal sikre samlet adgang til de stærkt stigende mængder af danske og internationale biodiversitets- og miljødata og rumme egenudviklede og avancerede værktøjer, der kan skabe ny indsigt i de faktorer, der påvirker biodiversiteten og økosystemerne. Forskningsinfrastrukturen skal sikre bedre adgang til internationale samarbejdsprojekter og

derigennem bidrage til besvarelse af spørgsmål omkring fysisk planlægning, vurderingen af klimaforandrings effekt på den danske natur, forvaltningen af de naturlige biologiske ressourcer, f.eks. fiskebestande, vurderingen af ændringer i tabet af biodiversitet og infrastrukturprojekters påvirkning af naturværdier.

Det indstilles, at der afsættes 15 Mkr. til realisering af en cyberforskningsinfrastruktur, som skal indgå som det danske bidrag til LifeWatch. Det forudsættes, at konsortiet fremlægger et beslutningsforslag, der specificerer medfinansiering, tidsbegrænsning og national ledelse.

### ***Bioraffinaderier og biomasseomsætningsteknologier***

Bioteknologi og bioenergirelateret forskning står stærkt på alle landets universiteter. Kortlægningen dokumenterer endvidere, at danske universiteter mangler adgang til *state-of-the-art* forskningsinfrastruktur for at samfundet kan få et styrket udbytte af deres forskningsindsats og ruste dem til et styrket samarbejde med den danske biotekindustri, der er globalt førende.

Fuld og integreret forståelse af biomasse/cellevægs komposition, forbehandling, mikrobiel omsætning og produktdifferentiering kræver omfattende processerings-, analyse-, måle- og bioreaktorudstyr. Derigennem kan der opnås tilstrækkelig forståelse for de indgående biologiske processer og først derved vil man kunne optimere omsætning og differentiering af biomasse. Der er behov for en avanceret bioraffinaderi-forskningsinfrastruktur, hvor nye processer kan undersøges, optimeres og skaleres og hvor nye biomasser og deres omsætning kan studeres og processer til værdiskabelse kan udvikles. Der er vigtigt at forskningsinfrastrukturen giver mulighed for integration af forskellige processer og discipliner, såsom mikrobiologi, biokemi, molekylær mikrobiologi, kemiske processer, reaktorteknologier osv. Forskningsinfrastrukturen skal også muliggøre udvinding af brændsler og energi, og også af højværdi-produkter, såsom bioaktive stoffer, fødevareingredienser, biokemikalier og bio-materialer. Produkter fra bioraffinaderier skal på den måde erstatte hele den vifte af stoffer vi nu får fra raffinering og produktdifferentiering af råolie.

Udredningen dokumenterer, at flere universiteter skal inddrages i etableringen af en forskningsinfrastruktur, der skal ses som samlet national investering. Forskningsinfrastrukturen skal samle universitetsgrupperne inden for biomasse og biologiske produktionsteknologier, opbygge kritisk masse og herved styrke Danmarks globale konkurrencekraft inden for forskningen på dette vigtige felt.

Panelet anbefaler en samlet bioforskningsinfrastruktur med to fagligt beslægtede, men klart profilerede, indsatsområder. Det første er et anlæg med fokus på biomasse, karakteristik og forbehandling og det andet et anlæg med fokus på forbehandling, konverteringsprocesser, fermentering og produktdifferentiering.

Panelet forudsætter, at der etableres et nationalt konsortium, der skal sikre koordination og national adgang til forskningsinfrastrukturens to anlæg, således at forskergrupper kan anvende begge faciliteter på integreret vis. Faciliteterne anbefales

placeret, således at det samlede forskningsmiljø, som fremgår af kortlægningen, inddrages.

Industriens brug af denne biomasse-/energiforskningsinfrastruktur finansieres af tilskud fra Biotekindustrien, f.eks. i form af et konsortium af danske industrier, der årligt giver et beløb til forskningsinfrastrukturens anlæg med deraf følgende mulighed for at benytte faciliteterne. Forskningsinfrastrukturen skal koordineres med de store EUDP opskalerings- og demonstrationsanlæg og samordnes med GUDP planerne for etablering af demonstrations anlæg for biogasproduktion fra landbrugs affaldsprodukter.

Deltagerne i konsortiet er de forskningsudførende institutioner samt industrier. Forskningsinfrastrukturen, bestående af 2 specialiserede anlæg, kan realiseres for 40 Mkr. Det indstilles, at der afsættes 30 Mkr. i indskudskapital. Bioraffinaderier indstilles iværksat med en slutfinansiering, der forudsætter institutionel medvirken.

### ***Dataindsamling omkring drivhusgasser, ICOS***

Panelet indstiller, at Danmark indgår som medlem af det planlagte Integrated Carbon Observation System, ICOS. ESFRI-projektet ICOS er et forskningsinfrastruktursamarbejde omkring observation og dataindsamling af drivhusgasser i Europa og tilstødende regioner. Dette er især afgørende for at kunne forstå og kvantificere biogene kilder og depoter af drivhusgasser, herunder konsekvenser af ændringer i klimaforhold og arealanvendelse for netto drivhusgasemissioner.

ICOS har desuden stor strategisk betydning i forhold til at levere viden, der kan understøtte udvikling af teknologier og regulerings- og driftssystemer til sikring af Danmarks forpligtelse til at reducere drivhusgasudledningerne. ICOS indgår i et stærkt og langvarigt internationalt forskningssamarbejde, og Danmark deltager konstruktivt i det forberedende arbejde. ICOS udvider de tidligere europæiske studier af drivhusgasbalancer fra terrestriske systemer til også at omfatte marine systemer, og det er væsentligt at ICOS dækker atmosfæriske, terrestriske og marine elementer samt de relevante danske forskningsmiljøer.

Det indstilles, at der afsættes 10 Mkr. til dansk deltagelse i ICOS. Det forudsættes, at forskningsinfrastrukturen om Arktis og Nordatlanten koordineres med ICOS.

### ***Arktis og Nordatlanten***

Udnyttelse af naturressourcerne i f.eks. fiskeriet og råstofudnyttelsen er bærende for de arktiske samfund, og ændrede klimaforhold medfører en stor udfordring for befolkningen og erhvervene i regionen; fokus er på udnyttelse af offshore kulbrintereserver, fiskeri, turisme og øget maritim transport. En ansvarlig udvikling forudsætter et stærkt og koordineret forskningssamarbejde baseret på indikatorer og data vedr. klimaudvikling og miljø fra satellitter, marine og terrestriske målestationer mv. Disse målestationer understøttes af landene i regionen, af EU gennem ESFRI og af ESA, og hvor de danske forskningsaktiviteter i Arktis og Nordatlanten er karakteriseret ved at bygge på en række finansieringskilder bl.a. fra fagministerier og fra EU i ESFRI-projektet SIOS.

Der er behov for at sikre udnyttelse af den merværdi, som en koordineret dataindsamling og analyse af forskningsresultater fra regionen kan give i forhold til det videnskabelige grundlag og for forvaltning af naturressourcer. Gennem SAON har landene taget et første skridt og skabt en forskningsinfrastruktur, som kan rumme det terrestriske område, og som indstilles udbygget med en samlende forskningsinfrastruktur, der skal rumme data, der traditionelt indberettes til andre fora, således at det sikres, at alle relevante data nyttiggøres på tværs.

Det indstilles, at der etableres en forskningsinfrastruktur med indsamlings- og datahåndteringssystemer, der kan samordne eksisterende og nye data fra den nordatlantiske og arktiske forskningsindsats, herunder SAON og øvrige finansierede forskningsprogrammer, og med tilhørende og nye logistiske platforme. Forskningsinfrastrukturen skal have til formål at understøtte udviklingen af nye innovative monitoringsteknologier til miljø, levende ressourcer, offshore industriel aktivitet og optimering af eksisterende eller nye offshore produktionsteknologier samt forskning i klimaændringer og effekter og menneskeskabte påvirkninger af terrestriske og marine økosystemer og de bagvedliggende processer. Infrastrukturen skal udgøre en stabil forskningsbasis på det lange sigt og derved gøre det muligt at fastholde terrestrisk og maritim dataindsamling på et internationalt konkurrencedygtigt niveau. Infrastrukturen skal derved sikre momentum i forskningen og skabe en merværdi for en beskrivelse af klimaudviklingen i arktiske områder, samt bæredygtig udvikling af de arktiske samfund og ressourceforvaltning i forhold til offshore industrien, råstof- og fiskerisektoren mv.

Det indstilles, at der etableres et konsortium, der skal sikre drift af forskningsinfrastrukturen og at der afsættes 15 Mkr. til realisering af denne. Konsortiet skal bestå af aktører der repræsenterer interesser i både de marine og terrestriske områder. På det marine område er et nyoprettet Dansk Center for Havforskning, med repræsentation fra alle væsentlige havforsknings institutioner, den oplagte spiller. Det forudsættes, at de relevante aktører på det terrestriske område tilsvarende samler sig. Det forudsættes, at yderligere finansiering tilvejebringes af det konsortium, der påtager sig opgaven, herunder ved inddragelse af allerede finansierede forskningsaktiviteter. Det forudsættes, at forskningsinfrastrukturen etableres, således at relevante data kan indgå i ICOS.

### *3.2. Behov for forskningsinfrastruktur på mellemlangt sigt (3 – 10 år)*

#### ***Testfacilitet for netopkobling***

Opkobling af vindkraftværker til nettet udgør en central forudsætning for udnyttelsen af vindkraft. Kortlægningen dokumenterer disse forhold, ligesom panelets interviews med vindenergiesektoren og netoperatører entydigt anbefaler en næste generations forskningsfacilitet til netopkobling. Forskningsinfrastrukturen skal øge udbyttet af den nationale prøvestation for store vindmøller ved Østerild.

Næste generations fordelings- og forsyningsnet bliver mere komplekse end de i dag benyttede net. Energikilderne vil være mere diversificerede og tidligt fluktuerende, som sammenholdt med forbrugerens krav til stabilitet, definerer nye udfor-

dringer i forhold til elasticitet af nettet. En dansk testfacilitet for netopkobling er en nødvendig forudsætning for at kunne realisere avancerede fuldskala VE-kraft net.

Testfacilitet for netopkobling er af betydning for såvel vindenergiindustrien som netoperatører. Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi besidder stor ekspertise og vil stå bag en bred funderet videnskabelig udnyttelse af faciliteten. EUDP har støttet en foranalyse af en testfacilitet. Det anbefales, med udgangspunkt i denne foranalyse, nærmere at fastlægge forskningsinfrastrukturens organisering. Faciliteten vil kunne etableres for 50 Mkr. Facilitetens realisering forudsætter en nødvendig koordinering mellem offentlige og private aktører inden for området.

### ***Energisystemer og lagring***

Energiproduktion, herunder vind- og biomassebaseret energi udgør sammen med robuste netstrukturer, den ene halvdel af en omstilling af energisystemerne. Begge disse betydelige energikilder er anbefalet optaget på den danske *roadmap* for forskningsinfrastrukturer med hurtig realisering. Den anden halvdel omhandler forbrug af energi. Kortlægningen dokumenterer behovet for effektive og velkoordinerede nationale forskningsinfrastrukturer, der kan sikre den nødvendige omstilling af forbrug af energi, introduktion af nye teknologier og realisering af storskala regionale og nationale forsøg. Det fælles udgangspunkt er en systemisk forståelse af energisystemer på lokal, regional og international basis. Panelets anbefalinger understøttes af interviews med netoperatører og energiproducenter.

Energisystemer er komplekse. Fordeling, lagring, styring og forbrugeradfærd indgår i en samlet forståelse af energinet, hvor vedvarende energi fremover vil fylde mere. Danmark har en stærk tradition for forskning og udvikling inden for brændselsceller, et stærkt udbygget fjernvarmenet samt en betydelig vedvarende energiproduktion. Tilsammen udgør de centrale elementer i fremtidige energinet med større kompleksitet end de i dag kendte mere selvstændige strukturer. Kortlægningen dokumenterer væsentlige nationale aktiviteter omkring energisystemer, der tilsammen anbefales optaget på *roadmap* over nationale forskningsinfrastrukturer. Realisering af en national forskningsinfrastruktur for energinet forudsætter en nødvendig samordning af nationale finansieringsmuligheder, set i sammenhæng med øvrige nationale og europæiske muligheder for driftsstøtte. Forskningsinfrastrukturen forudsættes støttet af nationale netoperatører, ligesom områdets sammensatte karakter medfører, at såvel tekniske som mere samfundsmæssige socio-økonomiske kompetencer må inddrages.

Fuld finansiering af forskningsinfrastrukturen beløber sig til 150 Mkr. Facilitetens realisering forudsætter en nødvendig koordinering mellem offentlige og private aktører inden for området. Det forudsættes, at alle nationale forskningsinteressenter deltager i realiseringen af infrastrukturen, der omfatter tekniske og socio-økonomiske elementer og at disse interessenter sammen fremkommer med et forslag til forskningsinfrastrukturens fysiske realisering, herunder fremlægger realistiske driftsplaner.

### ***Modulær forskningsvindmølle***

Udvikling af moderne vindmøller skal i stadig stigende omfang baseres på forståelse af samspillet mellem vind, møllens komponenter og el-nettet. Den modulære forskningsvindmølle er en komplet forskningsfacilitet til det formål, idet den styrker forskning i interaktion mellem vind, aerodynamik, elasticitet, styringsprincipper, mekaniske og elektriske komponenter, samt vekselvirkning med nettet.

Forskningsmøllen kan studere tredimensionelle turbulente vindfelter omkring rotor samt aerodynamisk vekselvirkning med tårn og terræn. Forskningsmøllen vil endvidere udvide udbyttet af WindScanner, der forventes at komme på ESFRI's roadmap for Europæiske forskningsinfrastrukturer.

Forskningsmøllen vil styrke uddannelse samt vidensopbygning bredt i vindindustrien, ikke mindst hos underskoven af komponentleverandører. Strukturen er kun anbefalet af en enkelt institution, men panelet vurderer, at den har national betydning på grund af vindenergiens centrale rolle i den fremtidige energiforsyning. En modulær forskningsmølle kan realiseres for 35 Mkr. Det forudsættes, at såvel værtsinstitution som erhverv medvirker ved finansieringen af møllen.

### ***WindScanner***

Turbulens og shear i vindfeltet har stor betydning for vindmøllers levetid, hvordan de skal designes og hvor de bør stilles op. WindScanneren vil på afgørende vis styrke forskningen inden for atmosfærisk turbulens og øvrige vindforhold af betydning for moderne vindmøller. WindScanner forventes optaget på ESFRI's roadmap og er inkluderet i *European Energy Research Alliance Joint Programme* inden for vindenergiforskning. Risø DTU har til dato investeret godt 10 Mkr. i projektet, som i 2008 modtog 25 Mkr. i støtte fra forskningsinfrastrukturpuljen. Denne nationale investering i infrastrukturen forventes at blive gearret af betydeligt større investeringer hos de Europæiske partnere.

### ***Integreret, multifunktionelt design (byggeri)***

I EU udgør bygningers energiforbrug ca. 40 % af det samlede energiforbrug. Energibesparelser i bygninger er derfor afgørende i relation til at modvirke stigende energipriser, tab af forsyningssikkerhed og klimaforandringer. Af samme grund har EU kommissionen for nyligt besluttet at alt nybyggeri skal være "næsten nulenergi" efter 2020. Desuden er der i det nye danske bygningsreglement (BR10) et skærpet fokus på energioptimering i forbindelse med renoveringer, hvor potentialet for energibesparelser på den korte bane ligger. Sideløbende skal det kollektive energiforsyningssystem gradvist omstilles til at være baseret på vedvarende energikilder.

Dette forudsætter, at der realiseres betydelige energibesparelser i både eksisterende og nyt byggeri uden at gå på kompromis med fx det gode indeklima, holdbarhed og funktionalitet, at der implementeres og integreres rentabel vedvarende energiproduktion i byggeriet og at der udvikles et kollektivt energiforsyningssystem baseret på vedvarende energi. Det er vigtigt at alle tre delområder betragtes som et samlet energisystem.

Forudsætningen er et styrket fokus på udvikling af nye løsninger på komponent- og systemniveau. Ofte modsatrettede krav til funktion, økonomi, æstetik, energiforbrug,

sundhed og komfort skal rummes i en forskningsinfrastruktur, der skal udvikle nye værktøjer og metoder til at understøtte næste generations integrerede bygningsdesign.

Panelet anbefaler, at der etableres en forskningsinfrastruktur, hvor multifunktionelle komponenter og systemer kan udvikles og testes under påvirkning af dynamiske udeklimaforhold og under så virkelighedstro forhold at indeklimatiske, sociologiske og psykologiske studier kan udføres og samtidig under sådanne forhold, at samspillet med andre komponenter og systemer kan undersøges og de meget små varme- og energistrømme i lavenergibyggeri, såvel som dagslys, lys og luftudskiftning kan kontrolleres og registreres nøjagtigt. Forskningsinfrastrukturen skal også rumme eksperimentel udvikling og afprøvning af metoder og værktøjer til understøttelse af de nye processer, der er nødvendige i forbindelse med design, projektering, udførelse, ibrugtagning og drift af lavenergibyggeri og – systemer.

Deltagerne i konsortiet er alle bygningsingeniøruddannelser i Danmark. Det forudsættes, at der etableres en styregruppe, der skal forberede en investering i den eksisterende forskningsinfrastruktur på byggeriets område og etablere et driftsgrundlag for en ny og stærkt koordineret forsknings- og udviklingsplatform. Denne forskningsinfrastruktur kan realiseres for 40 mio. kr.

### ***Etablering af observatorier***

Udnyttelsen af landbrugets produktionspotentialer samtidig med opretholdelsen af kvaliteten af grundvand og af akvatiske miljøer er af stor samfundsmæssig betydning, og især i forbindelse med den intensive udnyttelse, der finder sted af danske landbrugsarealer. Beskyttelse af vandmiljøet er en af de allerstørste udfordringer for danske landbrug, og fortsat udvikling af omkostningseffektive metoder til beskyttelse af vandmiljøet er afgørende for landbrugserhvervets udviklingsmuligheder.

Der er investeret store summer i beskyttelsen af vand, i spildevandsrensning og i udvikling af landbrugssystemer med reduceret næringsstofbelastning af det akvatiske miljø. Ud over næringsstofbelastning spiller reduktion af klimagasudledninger en stigende rolle i forskningen og miljøreguleringen. Fremadrettet er der behov for, at den nationale forskning styrker en udvikling af bæredygtige systemer, der i særlig grad inddrager innovative miljøteknologier på bedrifts- og landskabsskala i landbrugsreguleringen og naturforvaltningen af det åbne land. Anvendelse af nye teknologier på landbrugsskala vil formentlig være afgørende for at kunne sikre at miljø- og naturbeskyttelsen kan ske med tilstrækkeligt lave omkostninger for samfundet.

Det foreslås at der på oprettes en dansk forskningsinfrastruktur af observatorier til studier af næringsstoffab, vandhusholdning og udslip af klimagasser i afstrømningsområder med fokus på det åbne land, bl.a. i kombination med afprøvning af nye landskabsmæssige teknologier til at reducere næringsstofstrømmene fra land til vand. Til forskningsinfrastrukturen knyttes udvikling af et integreret databasesystem, der kan lagre hydrogeologiske og vandkvalitetsdata for særligt udvalgte områder, der kan modelleres og skaleres på baggrund af robuste data. Faciliteten skal danne grundlag for forskning i sammenhængen mellem arealanvendelsens påvirk-

ning af vandmiljø og klimagasudledninger samt til udvikling af et konkurrencedygtigt dansk landbrug og innovative miljøteknologier og dokumentation af nationale virkemidler i forhold natur- og miljøbeskyttelse og tilvejebringelse af et grundlag for regulering af de sektorer, der påvirker natur og miljø. Perspektivet rummer desuden grundlaget for eksport af ekspertise til især lande i Asien med vækstøkonomier og deraf følgende forureningsudfordringer. Forskningsinfrastrukturen kan realiseres for 30 mio. kr.

### *3.3. Behovet for støtte af danske forskeres adgang til forskningsfaciliteter i Danmark og udlandet*

#### ***Fusionsforskningsprogram***

Det europæiske fusionsprogram er EU's største strategiske forsknings- og innovationsprogram inden for energi. Europa er internationalt førende både forskningsmæssigt og erhvervmæssigt og der lægges stor vægt på overførsel af viden og kompetenceopbygning i europæisk industri i forbindelse med opbygningen af ITER og den øvrige udvikling af fusionsprogrammet.

Danmark bidrager økonomisk til det europæiske fusionsforskningsprogram via vort EU-medlemsbidrag, herunder med betydelige midler til den internationale fusionsforskningsfacilitet ITER. Størstedelen af midlerne til opbygningen af ITER er til industrielle kontrakter, som Danske virksomheder kan byde på i åben konkurrence.

Dansk adgang til innovationsmulighederne og erhvervmæssige kontrakter styrkes gennem en aktiv dansk deltagelse i forskningsprogrammet. Det er derfor hensigtsmæssigt at skabe en stabil basis for det danske engagement inden for de områder af fusionsforskningen, hvor der er forskningsmæssige og erhvervmæssige kompetencer og interesser (materialer, robotter, sensorer, styring, plasma, mm), således at det danske bidrag til det europæiske fusionsprogram, herunder ITER, sikres et forsvarligt nationalt afkast.

#### ***Forskningskib***

En bæredygtig udnyttelse af havets ressourcer kræver viden om havets økosystemer og deres dynamik. Samtidig spiller oceanerne en afgørende rolle i for klimaets udvikling og dynamik både på verdens- og regionalt plan. Kortlægning af marine ressourcer, både levende og geologiske, vil få stigende betydning i takt med, at arktiske områder bliver isfri og tilgængelige. Dette har særlig interesse for Danmark, som i kraft af rigsfællesskabet spænder helt fra havet omkring Syddanmark over Færøerne til Grønland og Nordatlanten. Nordatlanten er især interessant i klimasammenhæng, da det er den del af verdenshavet, der optager meste CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Fortsat forskning er afgørende for at kunne levere den nødvendige viden til at understøtte ressourceplanlægning samt miljø- og klimabeskyttelse.

Dansk havforskning står stærkt internationalt, og stabil og kontinuerlig adgang til forskningsskibe er afgørende for udførelse af havforskning på højeste niveau. En ansvarlig forvaltning af fiskeressourcerne og det marine miljø er betinget af denne forskning. Danmarks eneste oceangående forskningsskib, Dana, som kan operere i

alle farvande inden for det danske rige (inklusive Arktis og Nordatlanten), er bygget i 1981 og er ved afslutningen af sin levetid.

Et multifunktionelt forskningsskib er den vigtigste platform til gennem forskning og overvågning at sikre det danske samfund fortsat adgang til udnyttelse af havets ressourcer på tværs af interesseområder spændende fra klimaforståelse til fiskeri til råstofindvinding. Platformen er også central for overholdelse af internationale forvaltningsdirektiver vedrørende udnyttelse og miljøbeskyttelse af havområder (national og international myndighedsbetjening). Infrastrukturen skal udgøre en stabil dansk forskningsbasis og ressource på europæisk plan med det formål at sikre en økonomisk og forskningsmæssigt optimeret udnyttelse på tværs af landegrænserne.

Panelet finder det afgørende at der snarest muligt i et samarbejde mellem de involverede ministerier og universiteter indledes drøftelser med henblik på udarbejdelse af en plan for erstatning af forskningsskibet Dana med en ny oceangående platform for havforskning. Panelet finder at infrastrukturen indebærer en særlig udfordring i forhold til at finde en holdbar investerings- og driftsmodel, hvilket snarest bør afklares tværministerielt. Panelet noterer sig, at der i overvejelserne om at forny og erstatte de muligheder Dana indtil videre har stillet til rådighed kan ligge stor synergi og samdrift til Danmarks fiskeri- og havmiljøovervågnings-forpligtigelser. I erkendelse af at overvejelser om og planlægning af et nyt skib kan tage lang tid, finder panelet det vigtigt, at finanslovsbevillingen til Dansk Center for Havforskning øges og langtidssikres.