



# FORSK2025 – 1. samlede udkast

## I - Indledning

Introduktion.....	43
FORSK2025-katalogets opbygning og indhold .....	76
Sammenfatning af FORSK2025-temaer .....	109

## II - Temaudkast

### Grøn vækst

Et effektivt, intelligent og integreret energisystem .....	1816
Klimaforandringer og -tilpasning .....	2523
Fremtidens intelligente og grønne transport.....	3331
Fremtidens bygninger, fysisk infrastruktur og byer.....	4139
Konkurrencedygtige vandteknologier og -løsninger .....	5047
Konkurrencedygtige miljøteknologier og bæredygtig ressourceudnyttelse.....	5754
Bioressourcer - fødevarer, ingredienser og andre biologiske produkter .....	6461

### Bedre sundhed

Bedre forebyggelse, diagnostik og behandling af sygdomme med personlig medicin .....	7370
Styrket fysisk og mental sundhed – sund livsstil og forebyggelse.....	74
Et borgernært og teknologiunderstøttet sundhedsvæsen.....	8784
Globale og lokale sundhedstrusler .....	9390

### Nye teknologiske muligheder

Life science mod global sundhed og bæredygtighed .....	10097
Materialer til fremtidens produktion og produkter .....	106103
Digitale løsninger og big data .....	114110
Fremtidens produktion og smarte virksomheder .....	121117

### Mennesker og samfund

Danmark og fremtidens globale strømninger.....	128124
En effektiv offentlig sektor i et højdigitaliseret samfund .....	135130
Sociale forhold, ulighed og sammenhængskraft.....	142137
Børn, unge og fremtidens uddannelse .....	147142

## III - Bilag

Pejlemærker for udmøntning af strategiske forskningsmidler .....	156150
Overblik over det danske forskningsfinansierende system .....	159153
Principper for vurdering og udvælgelse af temaer i FORSK2025.....	160154
FORSK2025-processen.....	162156

### Kommenterede [ATV1]: Overordnede kommentarer til udkastet:

Det er meget positivt, at der er fokus på vigtigheden af uddannelse på alle niveauer – fra faglært til forskere – som er en forudsætning for, at danske industrivirksomheder også i fremtiden vil være innovative og konkurrencedygtige.

Det er glædeligt, at kataloget har fokus på potentialet i digitalisering og robotisering i bred forstand og ikke mindst i forhold til eksportvirksomhederne.

Endelig er katalogets fokus på forskning i nye materialer, nye energiteknologiske løsninger og produktivetsforbedringer i den offentlige sektor værd at fremhæve som vigtige indsatsområder for fremtidige forskningsprojekter.

Konkrete kommentarer til de forskellige afsnit kan findes i nedenstående.

Styrelsen for Forskning og Uddannelse

Bredgade 40  
1260 København K  
Tel. 3544 6200  
Fax 3544 6201  
Mail fi@fi.dk  
Web www.ufm.dk

CVR-nr. 1991 8440



Uddannelses- og  
Forskningsministeriet



# I - Introduktion



## 1. Introduktion

Danmark prioriterer forskning højt og er blandt de lande i Europa, som pr. indbygger investerer mest i forskning og innovation. Det gør vi, fordi investeringerne bidrager til værdiskabelsen i samfundet, og fordi ny viden er nødvendig, hvis vi skal løse de udfordringer, som vores samfund står overfor. Forskning styrker Danmark i den globale konkurrence, lægger fundamentet for fremtidens velfærd og gør Danmark stærkere.

For morgendagens samfund har det stor betydning, hvor og hvordan forskningsmidler investeres. Derfor har en bred kreds af danske aftagere og producenter af forskning, forskningsbaseret viden og teknologi bidraget til at udpege de områder, hvor samfundsnytten af investeringer i forskning forventes at blive størst i de kommende år og årtier. Resultatet af den meget omfattende proces kan læses i dette FORSK2025-katalog.

I FORSK2025-kataloget identificeres 19 forskningstemaer, der hver især repræsenterer et væsentligt potentiale for at adressere fremtidens globale udfordringer, udnytte mulighederne i nye teknologiske landvindinger og skabe vækst og værdi for samfundet.

FORSK2025 skal således afspejle samfundets efterspørgsel efter forskning. Målet med FORSK2025 er at skabe et fagligt grundlag, der kan understøtte beslutninger om investeringer i viden, som er med til at fremme udviklingen af det danske samfund.

### Forskningsinvesteringer i morgendagens samfund

I FORSK2025 sættes fokus på, at strategiske forskningsinvesteringer skal bidrage til løsning af væsentlige samfundsudfordringer og fungere som værdiskabende investeringer i fremtiden, herunder inden for områder som kan blive vigtige for morgendagens samfund.

Den samfundsøkonomiske *værdiskabelse* i forbindelse med forskningsaktiviteter er et vigtigt omdrejningspunkt i kataloget, men *værdiskabelse* skal ikke kun forstås i økonomisk forstand. Der er tale om værdiskabelse, når forskningen eksempelvis bidrager til at understøtte de danske klimaambitioner, hjælper børn og unge til at realisere deres fulde potentiale, skaber en renere natur eller fremmer sundhed og livskvalitet. Centrale kanaler til samfundsmæssig værdiskabelse er via omsætning af forskningen til uddannelse af dygtige dimittender med kompetencer, som efterspørges på arbejdsmarkedet til innovation i erhvervslivet; til nye job; og til en stærkere videnbasering af den offentlige sektor.

Ikke al forskning skal prioriteres strategisk eller politisk. Men hvis Danmark skal skille sig ud, er det hensigtsmæssigt at fokusere en del af de offentlige forskningsinvesteringer – *de strategiske forskningsmidler* – på væsentlige samfundsudfordringer og satse på unikke danske potentialer, der kan fungere som drivkræfter for vækst, velstand og velfærd.

### Forskning som motor for vækst og samfundsudvikling



Danmark har længe stået over for store udfordringer med efterslæb fra en mangeårig lav produktivitetsudvikling, pressede offentlige finanser og svage vækstprognoser. Stærke forskningsmiljøer kan medvirke til at skabe gode rammer for vækst ved blandt andet at gøre det attraktivt for videnbaserede produktionsvirksomheder at placere aktiviteter i Danmark. Samtidig kan strategiske forskningsindsatser understøtte erhvervslivets og den offentlige sektors udvikling, hvor for eksempel ny teknologi åbner nye horisonter og skaber potentialer, vi end ikke kan forestille os i dag. Intelligente investeringer i forskning og innovation er en afgørende forudsætning for, at vi har noget at leve af i Danmark i fremtiden. Det er sådanne investeringer, der er med til at lægge fundamentet for fremtidens arbejdspladser og velfærd.

Det samfundsøkonomiske afkast af investeringer i offentlig forskning og udvikling er markant. Men skal de strategiske forskningsinvesteringer fungere som en effektiv vækstmotor, er det afgørende, at midlerne koncentrerer, hvor nytten og afkastet for samfundet er størst. Dansk forskning er af meget høj kvalitet efter international målestok [DFIR, *Viden i verdensklasse*, 2016], men nyttiggørelsen er på mange områder utilstrækkelig. Det er helt afgørende, at forskningen bliver omsat til innovation og værdiskabelse i den private og offentlige sektor.

### **Forskning der bidrager til at løse væsentlige samfundsudfordringer**

Verden og Danmark står over for mange store udfordringer i relation til eksempelvis demografiske ændringer, klima og forbrug af naturressourcer. Danmark har på en række områder gode forsknings- og erhvervsmæssige forudsætninger for via investeringer i forskning, innovation og uddannelse at vende udfordringerne til stærke samfundsøkonomiske drivkræfter.

#### **Globale udfordringer – fem væsentlige megatrends**

Fremtiden formes af en mængde komplekse og på tværs samspillende kræfter. Set over tid udvikler en række af disse faktorer – såkaldte megatrends - sig imidlertid ganske langsomt. Megatrends er større sociale, økonomiske, politiske, miljømæssige eller teknologiske ændringer, der langsomt slår igennem, men gennemgribende forandrer menneskelige aktiviteter, processer og perceptioner, når de først er rodfæstede. Fordi megatrends udvikler sig relativt stabilt over tid, har vi mulighed for med nogen sikkerhed at fremskrive udviklingen indenfor disse områder.

Som afsæt for FORSK2025-processen har OECD på vegne af SFU foretaget en kortlægning af sådanne globale megatrends. Blandt de væsentlige megatrends, som OECD peger på, er følgende:

#### **Demografi**

Verdens befolkning vil fortsætte med at vokse og forventes at nå 10 mia. mennesker i midten af det 21. århundrede. Befolkningsstivæksten ventes især at finde sted i Afrika, hvor antallet af unge mennesker vokser kraftigt. I andre lande, og herunder størstedelen af OECD-landene, ældes befolkningerne. Der er risiko for at en sådan udvikling medfører, at en mindre del af befolkningen i disse lande er aktive på arbejdsmarkedet, men at flere vil have behov for sundheds- og plejeydelser. I så fald vil det være stadig vanskeligere at opretholde levestandarden.

#### **Globalisering og fordeling af økonomiske ressourcer**



Verdens økonomiske tyngdepunkt ventes at fortsætte bevægelsen mod øst og syd, hvor en større middelklasse vil have stigende købekraft. Selvom velstandskløften mellem rige og fattige lande vil blive mindre, og verden som helhed forventes at være rigere i 2050, vil økonomisk ulighed internt i mange lande stige. For den enkelte vil uddannelse og tilegnelse af nye kompetencer være blandt de vigtigste veje til at forbedre sine livschancer. Globaliseringen, der virker gennem strømme af varer, services og mennesker og ideer, kan møde barrierer i form af blandt andet geopolitisk ustabilitet og handelsbarrierer.

#### **National og global mobilitet**

Internationale migranter er fra 1960 – 2016 vokset fra at udgøre 2 % til 3,2 % af verdens samlede befolkning. Hvis andelen af migranter fastholdes på dette niveau, vil der være 250 mio. internationale migranter i 2030. Engelsktalende lande som USA, Canada og Storbritannien ventes at være de største nettomodtagere, men asiatiske lande, særligt Kina, ventes at blive mere attraktive for migranter i fremtiden. Fremtidens største migration ventes dog ikke at finde sted på tværs af stater, men internt i stater, fra land til by. Mere end 6 mia. mennesker forventes at leve i byer i 2050.

#### **Forbrug af naturressourcer og klimaudfordringer**

Høj global befolkningsvækst kombineret med væksten i økonomisk velstand medfører et øget forbrug af ressourcer og energi. Hermed opstår et stadigt voksende pres på jordens biologiske produktion og ikke mindst på klima, miljø og naturressourcer. I store dele af verden er der risiko for at forsyningen af blandt andet vand og fødevarer vil komme under pres. Klimaforandringer vil være både væsentlige og omfangsrige og kræve et grundlæggende skift mod en mere bæredygtig økonomi.

#### **Digitalisering og ny teknologi**

Digitale teknologier vil fortætte med at omskabe vores samfund. I løbet af de næste 15 år vil virksomheder i overvejende grad blive digitaliserede, hvilket skaber nye muligheder for integreret og effektiv produktion. Faldende omkostninger ved computerudstyr og nye muligheder med kunstig intelligens vil fortsætte med at ændre produktion og arbejdsmarked, og op mod halvdelen af den samlede beskæftigelse er i risiko for at blive automatiseret i løbet af de næste to årtier. Samtidig vil den hurtige teknologiske udvikling, kombineret med lavere omkostninger, også skabe nye muligheder for blandt andet nye, små og innovative virksomheder.

OECD's kortlægning har fungeret som et afsæt for og inspiration til interessenternes bidrag til FORSK2025. OECD's rapport indgår desuden i det faglige grundlag for en række af de samfundsudfordringer, der beskrives i temaerne. Rapporten kan ses i sin helhed på [ufm.dk/forsk2025](http://ufm.dk/forsk2025).

## **Strategisk forskning**

FORSK2025 skal understøtte langsigtede strategiske forskningsprioriteringer. Iværksættelse af strategiske forskningsindsatser indebærer ofte langsigtede investeringer inden for områder, hvor forsknings- og videnkapacitet skal opbygges eller styrkes. Når det er sagt, så kan strategiske forskningsinvesteringer også give væsentlige samfundsafkast på den korte og mellemlange bane. Implementering af strategiske forskningsprogrammer fordrer dog en vis bevillingsmæssig stabilitet for at sikre den bedste samfundsmæssige ressourceudnyttelse.

De bevillinger, som Folketinget afsætter til strategisk prioriterede forskningsområder, udmøntes som hovedregel af Innovationsfonden og typisk gennem store og længerevarende investeringer. Midlerne uddeles ud fra et armslængdeprincip i åben konkurrence, således at den kun de absolut bedste forskningsideer understøttes. Yderligere information kan findes i bilaget "Overblik over det offentlige forskningsfinansierende system" på side 152.



## Om FORSK2025

### **Formålet**

FORSK2025-processen skal give et konsolideret overblik over fremtidens vigtigste forskningsområder, som det ses fra erhvervsliv, organisationer, ministerier, videninstitutioner og en bred kreds af øvrige interessenter. FORSK2025 skal udgøre et solidt grundlag for de kommende års prioritering af offentlige strategiske forskningsinvesteringer og skal indgå i Folketingets arbejde med at beslutte, hvordan de strategiske investeringer i forskning skal fordeles. Ikke ved at spå om de næste forskningsgennembrud eller erhvervssucceser, men ved at skabe grundlag for prioriteringer på et overordnet, strategisk niveau og derved skabe de bedst mulige rammer for fremragende forskning og dermed udvikling af ny viden og indsigt.

FORSK2025-kataloget udtrykker hverken regeringens eller andre partiers politiske prioriteringer. Kataloget er derimod resultatet af en omfattende kortlægnings- og dialogproces, som er kort beskrevet bagerst i kataloget, og som er udbybet på [www.ufm.dk/forsk2025](http://www.ufm.dk/forsk2025)

Ud over at udgøre et grundlag for den politiske prioritering af strategiske investeringer i forskning, er det forhåbningen, at kataloget også vil tjene til inspiration i arbejdet med at prioritere forskningsmidler og/eller strategiske fokusområder på for eksempel universiteter, professionshøjskoler og i private fonde. Og at FORSK2025 måske også kan inspirere de enkelte forskere og studerende til at engagere sig i at bidrage til at løse nogle af vor tids væsentlige samfundsudfordringer i konstruktivt samarbejde med udfordringernes interessenter og tilgrænsende fagligheder.

### **Processen**

FORSK2025-kataloget er udarbejdet med afsæt i 476 forslag til forskningstemaer, indsendt af 81 interessenter i perioden fra februar – juni 2016.

Styrelsen for Forskning og Uddannelse har nedsat fire FORSK2025-sparringsgrupper, der har bistået med udarbejdelsen af kataloget. I grupperne deltog en række bidragydere til FORSK2025-processen, der på forskellig vis repræsenterer viden om fremadrettede forskningsbehov og -muligheder. Sparringsgrupperne har i efteråret 2016 medvirket til at omforme interessenternes mange gode forslag til de 19 forskningstemaer i nærværende katalog.

Arbejdet har taget afsæt i tre på forhånd opstillede principper for vurdering og udvælgelse af FORSK2025-temaer:

- **Relevans.** Forskningstemaerne skal blandt andet række ud over det dagsaktuelle og være særligt perspektivrig i en dansk sammenhæng.
- **Sammenhæng og samspil.** Temaerne skal lægge op til samarbejde både nationalt og internationalt.
- **Impact.** Forskningen skal have væsentlig effekt i forhold til vækst, velfærd, beskæftigelse og/eller bedre offentlig opgaveløsning, også i et langsigtet perspektiv.

På [www.ufm.dk/forsk2025](http://www.ufm.dk/forsk2025) findes blandt andet alle 476 forslag til forskningstemaer, oversigter over sparringsgruppedeltagere og vurderingsprincipper i deres helhed.

## **2. FORSK2025-katalogets opbygning og indhold**

I det følgende gives en introduktion til læsningen af FORSK2025-kataloget.



### **Indbyrdes sammenhænge mellem FORSK2025-temaer og sammenhænge til megatrends og teknologiudviklingsspor**

I FORSK2025 fremgår forskningsbehov indenfor fire hovedområder med i alt 19 underliggende forskningstemaer, der udmærker sig ved på samme tid at kunne bidrage til både løsning af samfundsudfordringer og til at øge produktivitet, vækst og beskæftigelse. Fælles for alle temaerne er, at de skal bidrage til værdiskabelse og fremtidssikringen af et bæredygtigt samfund, idet både værdiskabelse og bæredygtighed her skal forstås bredt.

Temaerne beskriver mange forskellige udfordringer og forskningsbehov, der er indbyrdes forbundne på kryds og tværs.

Overskrifterne for de fire identificerede hovedområder er:

1. **Grøn vækst**, hvor forskning kan medvirke til at skabe nye internationalt konkurrencedygtige løsninger på globale udfordringer i relation til blandt andet klima, miljø, transport og fødevarer.
2. **Bedre sundhed**, hvor fokus er på nationale og globale sundhedsudfordringer samt nye potentialer for behandling af sygdomme som følge af internationale gennembrud i sundhedsforskningen.
3. **Nye teknologiske muligheder**, som sigter på at fremme teknologiudvikling samt skabe grundlag for potentielt banebrydende nye opdagelser og løsninger med anvendelsespotentialer på tværs af mange forskellige sektorer og samfundsområder.
4. **Mennesker og samfund**, som sigter mod at imødekomme individets samt den private og ikke mindst offentlige sektors behov for viden og kompetencer, samt understøtte og udvikle effektive offentlige indsatser, bl.a. på det sociale område.

Enkelte temaer har særlig fokus på grundlagsskabende forskning samt på store og langsigtede forskningsinvesteringer, for eksempel i samarbejde med private forskningsfinansierede fonde. I andre temaer lægges vægt på at indtænke innovationsinstrumenter og vidensspredning, så forskningen kan bidrage til, at flest mulige små og mellemstore virksomheder får løftet deres innovationskapacitet.

Atter andre temaer lægger særlig vægt på, at forskningen øger videnbaseret og innovationskapacitet i den offentlige sektor, hvilket for eksempel kan ske via tætte samspil mellem universiteter og professionshøjskoler. Endelig er der temaer, som har betydning i forhold til myndighedsbetjening og politikudvikling.

Fælles for flertallet af temaer er, at de tager afsæt i at udvikle løsninger, som kan bidrage til at løse store, ofte globale, samfundsudfordringer, som samtidig kan fungere som løftestang for at skabe eksport, vækst og velstand. Der skal i øvrigt bemærkes, at der er en lang række af tværgående sammenhænge samt visse overlap mellem de fire hovedområder og de 19 underliggende temaer.

### **Sammenhæng til EU's rammeprogrammer for forskning og innovation**

Danmark har i en international sammenhæng været et foregangsland ved tidligere end andre lande at bruge store samfundsudfordringer og brede dialogprocesser





som afsæt for at prioritere offentlige forskningsinvesteringer. I dag nyder denne tilgang til forskningsprioritering bred anerkendelse og er også omdrejningspunkt for EU's rammeprogrammer for forskning og innovation.

Ligesom i FORSK2025 har man i EU-regi ambitiøse målsætninger om at styrke tværfagligheden – eksempelvis via stærkere inddragelse af de samfunds- og humanvidenskabelige discipliner inden for udfordringsområder, der typisk har været domineret af de våde discipliner – for derigennem at skabe mere robuste løsninger på de store samfundsudfordringer. Det er en selvstændig målsætning, at FORSK2025-kataloget bidrager til samtænkning af forskningstemaer, der kan løftes i et europæisk samarbejde. Temaerne i FORSK2025-kataloget har således et dansk udgangspunkt, men der er også fokuseret på at skabe det bedst mulige grundlag for samspil med strategier og forskningsprogrammer i EU-regi.

### **FORSK2025-temaernes opbygning**

Hvert af katalogets 19 forslag til forskningstemaer består af væsentlige samfundsudfordringer og muligheder; en række deraf afledte forskningsbehov; væsentlige aspekter omkring udmøntning af forskningsindsatsen; de danske forudsætninger for at forske indenfor temaområdet; samt perspektiver og forventede effekter for en forskningsindsats på inden for temaet.

*Samfundsudfordringer og muligheder:* I centrum for hvert af katalogets temaer står beskrivelsen af væsentlige samfundsudfordringer og/eller væsentlige muligheder. I udfordringsbeskrivelserne indgår såvel muligheder som problemer, som er formuleret i dialog med en bred vifte af interessenter fra forskellige dele af samfundet. Fælles for udfordringerne er, at forskning og ny viden har stor betydning for at imødegå de problemer eller realisere de potentialer, som udviklingen skaber i de kommende år.

Et tema kan have fokus på en relativt løsningsorienteret indsats, hvor forskningen allerede inden for en forholdsvis kort tidsperiode vil kunne nyttiggøres i erhvervslivet og/eller i den offentlige sektor. Omvendt kan et tema også sigte mod, hvad der kan betegnes som en ”strategisk grundforskningsindsats”, hvor konkrete effekter af forskningen først kan forventes at tegne sig efter en længere årrække. Eksempelvis kan der være tale om at skabe en kapacitetsopbygning omkring en stor forskningsinfrastruktur eller en ny teknologi, hvor der på længere sigt er begrundede forventninger om en betydelig nyttiggørelse af forskningsindsatsen i erhvervslivet og/eller i den offentlige sektor.

*Forskningsbehov:* I forhold til hver udfordring er der beskrevet en række forskningsbehov. Her skitseres eksempler på, hvor forskningen kan bidrage til at adressere samfundsudfordringerne. Beskrivelserne af forskningsbehovene og de eksempler på forskningsmæssige problemstillinger og forskningsområder, der gives her, er ikke udtømmende. Hvert forskningstema udgør et bredt mulighedsrum for uventede ideer og originale måder at adressere samfundsudfordringerne. Udfordringerne går på tværs af forskningsdiscipliner og indbyder til offentlig-privat samarbejde og tværfaglighed. Det er et kardinalprincip, at temaerne bygger på forskningsmæssig metodefrihed, og et stort antal forskellige fagdiscipliner vil typisk være nødvendige at bringe i spil for effektivt at realisere de ønskede mål og effekter.



*Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen:* Her beskrives forhold der skal adresseres i udmøntningen af strategiske forskningsmidler for at sikre, at forskningen omsættes til værdiskabelse i samfundet. Som hovedregel lægges der op til tætte samspil mellem offentlige videninstitutioner på den ene side og brugere i form af eksempelvis virksomheder eller offentlige institutioner på den anden side.

På nogle områder er der behov for i særlig grad at have fokus på opbygning af forskningskapacitet, uddannelse af ph.d.er eller styrket koordination og samarbejde mellem forskellige forskningsmiljøer. Andre temaer kan indeholde anbefalinger om, at der i udmøntningen sættes særlig fokus på internationalt samspil. Det kan for eksempel dreje sig om særligt fokus på at skabe samarbejde med internationale spydspidsmiljøer eller større forskningsprogrammer. På områder, hvor der internationalt skabes solid og relevant viden, er det væsentligt at kunne trække på denne viden i forskningsindsatsen, og sikre at den omsættes og nyttiggøres i en dansk kontekst.

Endelig kan der være reflekteret over særlige rammebetingelser eller barrierer på området, som bør indtænkes i udmøntningen af forskningsindsatsen. Det kan f.eks. dreje sig om rammebetingelser og barrierer relateret til logistiske, organisatoriske og regulatoriske forhold, kapitalbehov, uddannelser, produktionsapparat mv. På nogle områder kan der eventuelt være indtænkt samspilsflader til offentlige myndigheder på området, idet eksempelvis offentlige strukturer, regulering og adfærd kan spille en rolle for, om og hvordan forskningen kan omsættes til værdiskabelse i samfundet.

*Danske forudsætninger:* I forbindelse med hvert tema reflekteres kort over danske forudsætninger og rammebetingelser – set i en international kontekst – for at løfte en strategisk forskningsindsats inden for temaområdet. Det kan fx dreje sig om særlige forskningsmæssige eller erhvervsmæssige styrkepositioner, infrastrukturer som fx ESS eller registersystemer. Mange af temaerne retter sig mod veletablerede forskningsmiljøer, mens der inden for andre temaer kan der være behov for opbygning af større forskningskapacitet.

*Perspektiverne:* Hvert tema afsluttes med en række målsætninger og mulige perspektiver for strategiske investeringer i forskning på området. Afsnittet udtrykker nogle af de ambitioner, der ligger bag formuleringen af temaet.

### **3. De fire hovedområder i FORSK2025-temaerne**

Nedenfor er et kort overblik over hovedlinjerne i de fire hovedområder, der er identificeret i FORSK2025-processen.

#### **1. Grøn vækst**

Teknologiske og videnbaserede svar på store globale udfordringer skal bruges til at styrke dansk eksport, vækst og velfærd samt bidrage til at værne om vores fælles natur og miljø. En forskningsindsats skal bidrage til at udnytte det danske potentiale for at udvikle konkurrencedygtige miljø-, energi- og transportteknologier, der kan imødekomme fremtidens behov for energi og transport, mens belastning af



vand, natur og klima reduceres. Forskningen skal samtidig bidrage til en effektiv og bæredygtig produktion af fødevarer og andre biologiske produkter, ruste os til tilpasning til – og modvirkning af – et foranderligt klima samt bidrage til den fortsatte udvikling af bæredygtigt kvalitetsbyggeri, fysisk infrastruktur og attraktive byer, der fremmer livskvalitet, og hvor det er attraktivt for virksomheder at placere deres aktiviteter.

Høj global befolkningsvækst kombineret med væksten i økonomisk velstand medfører et øget forbrug af ressourcer og energi. Hermed opstår et stadigt voksende pres på jordens biologiske produktion og ikke mindst på klima, miljø og naturressourcer. I store dele af verden er der risiko for at forsyningen af blandt andet vand og fødevarer vil komme under pres. Klimaforandringer vil være både væsentlige og omfangsrige og kræve et grundlæggende skift mod en mere bæredygtig økonomi.

Velfungerende integrerede energisystemer er fundamentale for moderne samfund. Samtidig er den globale samfundsudfordring med at nå UNFCCC's 2-graders målsætning blevet yderligere cementeret med Paris-aftalen fra 2015, som danner grundlag for et markant skridt på vejen mod en omstilling til et globalt samfund med væsentligt reducerede CO<sub>2</sub>-udledninger. Strategiske investeringer i forskning rettet mod *et effektivt, intelligent og integreret energisystem* skal bidrage til udviklingen af konkurrencedygtige, energieffektive og vedvarende energiteknologier og -systemer, der kan bidrage til at imødekomme et globalt stigende energibehov, bidrage til forsyningsikkerhed og begrænse de negative miljøkonsekvenser, der er forbundet med produktion og forbrug af energi.

Der knytter sig stadig store usikkerheder omkring fremtidige konsekvenser af klimaændringer, ikke mindst i forhold til Arktis. Klimaforandringerne indebærer væsentlige globale og danske udfordringer, men også nye muligheder, som løbende kræver handling og beslutninger. Strategiske investeringer i forskning i *klimaforandringer og -tilpasning* skal optimere muligheden for på én gang effektivt at tilpasse sig de udfordringer fremtidens klimaforandringer bringer og samtidig få gavn af de nye muligheder, som et ændret klima skaber.

Bygge- og anlægssektoren har stor betydning for samfundsøkonomien og spiller en afgørende rolle for, at Danmark kan indfri sine energi- og miljømæssige målsætninger. Sektoren står over for udfordringer og muligheder i forhold til at øge produktiviteten, reducere energi- og ressourceforbruget, tilpasse og udvide infrastrukturen og optimere og klimatilpasse byudviklingen samt ikke mindst udnytte de store muligheder inden for digitalisering og teknologiudvikling i bredere forstand. Strategiske investeringer i forskning relateret til *fremtidens bygninger, fysisk infrastruktur og byer* skal bidrage til den fortsatte udvikling af bæredygtigt kvalitetsbyggeri med et godt indeklima og af den fysiske infrastruktur. Indsatsen skal desuden bidrage til at skabe attraktive byer, der fremmer livskvalitet, og hvor det er attraktivt for virksomheder at placere deres aktiviteter.

Også transportsektoren og transportsystemerne står over for en række udviklingsmæssige udfordringer og muligheder i forhold til energieffektivitet, konkurrenceevne, stigende trængsel, trafikikkerhed og negative miljø- og klimapåvirkninger. Strategiske investeringer i forskning inden for *fremtidens intelligente og grønne transport* skal bidrage til at skabe velfungerende transport- og logistiksystemer,



som er afgørende for at imødekomme samfundets behov for effektiv og sikker mobilitet af personer og varer, og som spiller en stor rolle for borgernes hverdag og erhvervslivets produktivitet og konkurrenceevne. Forskningsindsatsen skal ikke mindst bidrage til at realisere betydelige potentialer relateret til optimering og drift af transport og logistik, automatisering, digitalisering, big data, alternative drivmidler, tids- og positionssystemer samt effektiv regulering – alle områder, der kan medvirke til paradigmeskift for transportvirksomhederne, og som rummer betydelige samfundsøkonomiske potentialer.

I store dele af verden vokser efterspørgslen og presset på vandressourcer i takt med den økonomiske udvikling, den stigende produktion, det voksende forbrug, væksten i befolkningen og de globale forandringer i klimaet. Samtidig stilles der stadig større krav om bedre vandkvalitet, ressourceeffektivitet, genanvendelighed og reduktion af sundhedsskadelige stoffer. Strategiske investeringer i forskning inden for *konkurrencedygtige vandteknologier og -løsninger* skal derfor understøtte udviklingen af globalt konkurrencedygtige vandteknologier og -løsninger, som kan bidrage til en sikker vandforsyning, et bedre miljø og sundhed både nationalt og globalt. Strategiske investeringer i forskning skal samtidig bidrage til bedre *ressourceudnyttelse* og til udvikling af nye, globalt *konkurrencedygtige miljøteknologier* og løsninger, som kan bidrage til omstillingen til en cirkulær økonomi samt gennem eksport til dansk vækst og velstand.

Den globale efterspørgsel efter flere, bedre, sundere og mere ernæringsrigtige fødevarer, ingredienser og biomasse forventes at vokse betydeligt i de kommende årtier på grund af befolkningsvækst, stigende indkomstniveau, demografisk udvikling samt politiske ønsker om at erstatte fossile og mineralske materialer med biologiske materialer. Strategiske investeringer i forskning inden for *bioressourcer, herunder fødevarer, ingredienser og andre biologiske produkter*, skal understøtte en biobaseret økonomi gennem effektiv og konkurrencedygtig produktion af globalt efterspurgte sunde og ernæringsrigtige fødevarer samt andre biobaserede produkter, produktions- og procesteknologier og løsninger. Indsatsen skal bidrage til at øge råvaregrundlaget og fødevarerproduktionen, samtidig med at belastningen af miljø- og klima reduceres med intelligente løsninger. Vi skal med andre ord kunne producere mere med mindre i fremtiden.

## 2. Bedre sundhed

Sundhed er helt afgørende for det enkelte individs livskvalitet, sundhedsområdet en stor del af de offentlige udgifter, og sundhedsindustrien står for en stor del af dansk eksport og velstandsskabelse. De fleste OECD-lande, herunder Danmark, står overfor store udfordringer med aldrende befolkninger og et stort pres på udgifterne til sundhedsområdet. Udviklingen skaber en betydelig international efterspørgsel efter nye løsninger til bedre og billigere forebyggelse, diagnostik og behandling.

Alle mennesker er forskellige, men når vi bliver syge, bliver vi ofte behandlet ens. Derfor ved vi, at den forebyggelse og behandling, som vi i dag tilbyder det enkelte menneske, kan blive endnu bedre. Strategiske investeringer i forskning inden for *bedre forebyggelse, diagnostik og behandling af sygdomme med personlig medicin* (også kendt som precision medicine) giver mulighed for indsatser, som er optimeret med størst mulig effekt og færrest mulige bivirkninger for det enkelte individ



på baggrund af dettes genetiske profil. Det stadig uudnyttede potentiale inden for personlig medicin er enormt, men forskningsbehovene er også tilsvarende store, hvis potentialerne skal realiseres.

Det danske sundhedsvæsen står overfor en række udfordringer og muligheder. På den ene side forventes antallet af borgere med aldersrelaterede og/eller kroniske sygdomme at stige, i takt med at den gennemsnitlige levealder øges. På den anden side opstår nye muligheder for at inddrage borgerne mere direkte i forebyggelse, behandling og rehabilitering gennem blandt andet nye teknologiske udviklinger. For at håndtere udfordringerne og understøtte en stadigt sundere befolkning skal sundhedsvæsenet i endnu højere grad kunne håndtere samspillet med patienter, teknologi og andre offentlige og private aktører på området. Strategiske investeringer i forskning inden for *et borgernært og teknologiunderstøttet sundhedsvæsen* skal skabe den nødvendige teknologiske modning og viden om effektive processer, samspil og brugerinddragelse, som kan bidrage til et bedre og mere effektivt sundhedsvæsen til gavn for borgerne og samfundsøkonomien.

Det er velkendt, at en sund livsstil kan medvirke til at styrke fysisk og mental sundhed. I Danmark er der imidlertid – på trods af en væsentlig oplysningsindsats – fortsat udfordringer i form af sygdomme, der i væsentlig grad kan forebygges gennem en sund livsstil med fokus på rygning, alkohol, motion, kost og mental trivsel. Strategiske investeringer i forskning inden for *styrket fysisk og mental sundhed* med fokus på *sund livsstil og forebyggelse* skal medvirke til at ruste den enkelte borger til efter bedste evne at tage hånd om egen sundhed og dermed skabe et godt grundlag for bedre livskvalitet og flere gode leveår for den enkelte, såvel som samfundsøkonomiske gevinster i form af øget produktivitet og arbejdsmarkedsdeltagelse samt reducerede udgifter til sundhedsudgifter, rehabiliteringsindsatser, overførselsindkomster mv.

Menneskers sundhed påvirkes også af en række udefrakommende faktorer, herunder mikrobielle, kemiske og fysiske faktorer. Resistente mikroorganismer, nye sygdomsfremkaldende vira, hormonforstyrrende stoffer, luftbårne allergener eller partikler udgør betydelige risici for mennesker, miljø og samfundsøkonomi. Strategiske investeringer i forskning inden for *globale og lokale sundhedstrusler* skal bidrage til bedre forståelse og forebyggelse af risici og risikomekanismer og udvikling af strategier og nye innovative teknologier. Dette skal give Danmark en mulighed for at styrke sin position inden for forebyggelse, kontrol og bekæmpelse af sygdomsfremkaldende miljøfaktorer og gøre globale sundhedstrusler til eksportmuligheder for danske virksomheder.

### **3. Nye teknologiske muligheder**

Teknologiudviklingen forandrer vores samfund med stadig større hastighed, og der er stor grund til at forvente, at tempoet, hvormed nye teknologier fremover omskaber borgeres og virksomheders hverdag og vilkår, vil stige yderligere i fremtiden. Udviklingen skaber enorme muligheder, men også nye risici.

Informations og Kommunikationsteknologi (IKT) er i dag en central katalysator for vækst i samfundet. Udviklingen af nye digitale løsninger som Internettet, avanceret dataanalyse og mobiltelefoni har allerede transformeret den måde samfundet fungerer på. Meget IKT udvikles desuden med eksponentiel hastighed og vil i den nære fremtid bane vejen for nye banebrydende smarte produkter og digitale løsninger.



En strategisk forskningsindsats inden for *digitale løsninger og Big Data* skal styrke Danmark som et land, hvor ny IKT bliver udviklet, og hvor den nyeste viden om IKT-gennembrud når hurtigt frem og bliver taget i anvendelse – og derigennem skabe konkurrencefordele for dansk erhvervsliv.

Den teknologiske udvikling, ikke mindst på det digitale område, skaber basis for en række nye produktionsformer, produkter og virksomhedstyper, samtidig med at eksisterende industrier og virksomheder vil blive udfordret på deres grundlæggende forretningsmodeller og konkurrenceevne. En strategisk forskningsindsats inden for *fremtidens produktion og smarte virksomheder* med en integreret tilgang til automatisering, digitalisering og nye samarbejdsformer skal understøtte, at danske virksomheder får den bedst mulige platform for at skabe ny konkurrencedygtig produktion og forretning i fremtiden.

En stor del af alle teknologiske innovationer kan relateres direkte eller indirekte til materialer og udvikling af nye materialer. Det vil over en bred kam styrke danske virksomheders konkurrenceevne at have direkte adgang til den nyeste viden om avancerede materialer, herunder deres design, fremstilling og anvendelse. Strategisk forskning inden for *Materialeudvikling* skal bygges op omkring fyrtårnsmiljøer af høj international klasse, og aktiviteterne skal kobles til de erhvervsmæssige behov for viden og kompetencer på materialeområdet. Stadigt flere materialer vil få unikke, skræddersyede egenskaber baseret på rationelt design helt ned på det atomare niveau. Området inkluderer såvel hårde som bløde og biologiske materialer, herunder eksempelvis forbedrede metaller, nanofotoniske materialer og polymerer, funktionelle keramer, magnetiske og energirelaterede materialer samt materialeoverflader

Life science kan yde væsentlige bidrag til at løse en række globale udfordringer relateret til bl.a. sundhed, sygdom, fødevarer, ernæring, klima og miljø. Dansk life science står stærkt – i erhvervslivet såvel som inden for den offentlige forskning – og er godt rustet til at levere nogle af de løsninger, der efterspørges globalt. Målrettede forskningsinvesteringer inden for *life science* er vigtige for at imødekomme erhvervslivets behov for avanceret viden til at udvikle nye innovative produkter, processer og løsninger, som kan understøtte konkurrencekraft og imødekomme danske og ikke mindst globale behov for nye og bedre løsninger.

Det er vigtigt, at forskningsindsatserne inden for hovedområdet *Nye teknologiske muligheder* også giver markante bidrag til uddannelses- og efteruddannelsesindsatser. Inden for life science-industrierne er det især videnskabelige kandidater og ph.d.'er på et højt niveau, som er stærkt efterspurgt af industrien, mens der inden for eksempelvis produktionsområdet efterspørges omsætning i uddannelse og efteruddannelse på mange forskellige uddannelsesstrin, idet der her efterspørges digitale og produktionsrelevante kompetencer hos såvel som faglærte industriarbejder som den højt specialiserede it-specialist.

Fremtiden er præget af mennesker i bevægelse og endnu tættere relationer mellem forskellige kulturer indenfor og på tværs af grænser. Både handels- og arbejdsmarkedet udvikler sig fysisk og digitalt i retning af stigende internationalisering og globalisering. Udfordringer i relation til blandt andet klima, ulighed og væbnede konflikter fører til, at mange mennesker flygter eller søger bedre livsvilkår i andre



lande. Mobilitet, kulturmøder og integration er således vedholdende udfordringer, der definerer samfundsudviklingen i Danmark såvel som internationalt. Ny målrettet viden og en bred styrkelse af interkulturel forståelse skal gøre Danmark i stand til at håndtere disse bevægelser både internt og internationalt og danne forudsætning for at sikre politisk stabilitet og grundlaget for en bæredygtig og værdiskabende samfundsudvikling.

#### 4. Mennesker og samfund

Der er betydelige udfordringer og muligheder knyttet til at imødekomme individets samt den private og ikke mindst offentlige sektors behov for viden og kompetencer samt at understøtte og udvikle effektive offentlige indsatser på eksempelvis det sociale område.

Den offentlige sektor udgør en meget stor del af den danske økonomi og løfter med sine over 700.000 fuldtidsbeskæftigede en lang række væsentlige opgaver for borgere og erhvervsliv. Den offentlige leverer en lang række indsatser og serviceydelser i form af eksempelvis pleje, uddannelse og forvaltning. Den offentlige sektor skaber også regulering og rammevilkår for private aktiviteter, markeder og internationale relationer. Til de omfattende offentlige aktiviteter knytter der sig over en bred kam store potentialer for forbedring og effektivisering af ydelserne, blandt andet i relation til digitalisering og fremtidens behov. Strategiske investeringer i forskning inden for *en effektiv offentlig sektor i et højdigitaliseret samfund* skal understøtte sektorens tilpasning til de demografiske udviklinger, teknologiske muligheder og drage nytte af borgere og andre aktørers ændrede kompetencer. Der er behov for en mangesidet forskningsindsats, som skaber evidens, afdækker potentialer og etablerer nye forståelser af aktørernes roller og muligheder.

Socialområdet er blandt de mest udgiftstunge i vores samfund, men indsatsen på området er desværre kendetegnet ved en lav grad af videnunderbygning, begrænset kendskab til, hvilke metoder der er mest effektive, og hvordan vi bedst muligt kan hjælpe den enkelte. Udfordringen er særlig væsentlig, fordi den manglende viden rammer de allersvageste grupper i samfundet. En forskningsindsats inden for *sociale forhold, ulighed og sammenhængskraft* skal således bidrage til, at de borgere, som har de største udfordringer, i højere grad kan opnå et selvstændigt og meningsfuldt hverdagsliv – gerne gennem tilknytning til arbejdsmarkedet – og dermed også en bedre sammenhængskraft i det danske samfund.

I en stadig mere kompleks verden bliver tilegnelsen af ny viden, evner og kompetencer gennem hele livet af større og større betydning for det enkelte individ og for samfundet i sin helhed. Selvom Danmark er blandt de lande, der investerer flest midler i uddannelse, er det danske uddannelsessystem på nogle områder udfordret på kvalitet og relevans. Strategiske investeringer i forskning inden for *børn, unge og fremtidens uddannelse* skal bidrage til at skabe endnu bedre dagtilbud og uddannelser, der medvirker til at understøtte, at vi har de rette kvalifikationer til fremtidens arbejdsmarked, og at alle talenter og ressourcer kommer i spil.

Fremtiden er præget af mennesker i bevægelse og endnu tættere relationer mellem forskellige kulturer indenfor og på tværs af grænser. Både handels- og arbejdsmarkedet udvikler sig fysisk og digitalt i retning af stigende internationalisering og glo-



balisering. Udfordringer i relation til blandt andet klima, ulighed og væbnede konflikter fører til, at mange mennesker flygter eller søger bedre livsvilkår i andre lande. Mobilitet, kulturmøder og integration er således vedholdende udfordringer, der definerer samfundsudviklingen i Danmark såvel som internationalt. Strategiske investeringer i forskning relateret til *Danmark og fremtidens globale strømninger* skal skabe ny, målrettet viden og en bred styrkelse af interkulturel forståelse, der gør en bred vifte af aktører i stand at håndtere disse bevægelser både internt og internationalt og danne forudsætning for at sikre grundlaget for en bæredygtig og værdiskabende samfundsudvikling.





## **II – FORSK2025-temaudkast**



## GRØN VÆKST

### 1. Et effektivt, intelligent og integreret energisystem

#### Resumé

Velfungerende integrerede energisystemer er fundamentale for moderne samfund. Samtidig er den globale samfundsudfordring med at nå UNFCCC's 2-graders målsætning blevet yderligere cementeret med Paris-aftalen fra 2015, som danner grundlag for et markant skridt på vejen mod en omstilling til et globalt samfund med væsentligt reducerede CO<sub>2</sub>-udledninger. Strategiske investeringer i forskning rettet mod *et effektivt, intelligent og integreret energisystem* skal bidrage til udviklingen af konkurrencedygtige, energieffektive og vedvarende energiteknologier og -systemer, der kan bidrage til at imødekomme et globalt stigende energibehov, bidrage til forsyningsikkerhed og begrænse de negative miljøkonsekvenser, der er forbundet med produktion og forbrug af energi.

#### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Ved COP21 i Paris i november 2015 blev der indgået en global klimaaftale (the Paris Agreement), som sætter rammen for det globale klimasamarbejde, og som ventes at få stor betydning for klimaindsatsen i forhold til at adressere den globale samfundsudfordring med at nå 2-graders målsætningen. En række lande, herunder Danmark, havde allerede inden Paris-aftalen forpligtet sig til at reducere udledningen af drivhusgasser markant. Det er således en målsætning, at Danmark skal være 100 procent uafhængig af fossil energi i 2050.

Det er en væsentlig udfordring, at det globale energiforbrug anslås at stige med en tredjedel frem mod 2040, jf. IEA (International Energy Agency). IEA anslår også, at el i slutforbruget på globalt plan vil vokse til at udgøre omkring en fjerdedel af det endelige energiforbrug i 2040, hvor elsektoren fører an i en dekarbonisering af energisystemet.

De globale energimarkeder har oplevet en række tendenser i de seneste år med faldende pris på kul, olie og gas samt på vedvarende energi. Der er samtidig tendens til, at der i stigende grad vil være fokus på investeringer i energiteknologier og -systemer, som er økonomisk bæredygtige og uafhængige af subsidier og robuste i forhold til skiftende internationale konjunkturer og vilkår. Særligt landvind og sol er blevet billigere, og her ventes yderligere prisfald i de kommende 10-15 år på basis af læringskurveeffekter og teknologiudvikling samt forbedrede muligheder for finansiering. Vind er allerede den billigste form for ny el-kapacitet i Europa og ventes ifølge Bloomberg at blive det globalt inden for de næste 10 år. Det er dog en tilhørende udfordring, at vindenergi er en fluktuerende energikilde.

De vigtigste energikilder i fremtidens bæredygtige energisystem vil være vind, sol, og biomasse. En lang række øvrige teknologier kan dog også vise sig at komme til at spille en rolle i en global sammenhæng, og på grund af udfordringen med de fluktuerende vedvarende energikilder som vind og sol vil der være et øget behov for systemintegration, særligt en gennemtænkt integration af el- og varme- og gassystemerne.



I takt med at vedvarende energi slår mere igennem globalt i energisystemet, vil der blive øget behov for at koble energiproduktionen med energiforbruget, herunder et øget behov for at lagre energi. Med en øget andel af decentral elproduktion vil der være en øget tendens til at energiforbrugere også bliver energiproducenter, og der skal således sættes på smart energy og smart grid-løsninger, som via data samt informations- og kommunikationsteknologi kobler produktions- og forbrugersiden sammen.

I forhold til transportsektoren er det en udfordring at udvikle løsninger, som tænkes ind i det samlede energisystem. Det gælder for eksempel teknologier omkring el- og hybridbiler, som spiller sammen med et i stigende grad el-baseret system, hvor energieffektiviteten er høj, emissionerne lave, og hvor energilagring kan integreres i konceptet. Der ligger også en udfordring i at producere avancerede biobrændstoffer og electrofuels til de dele af transportsystemet, som ikke nemt kan elektrificeres, f.eks. lastvogne, skibe og fly.

Bygninger er blandt de største brugere af energi i det danske samfund (ca. 40 %), men i takt med at bygninger bliver mere energieffektive, og vedvarende energikilder bliver integreret i bygningerne, skal de også være i stand til at regulere deres energiforbrug i forhold til forsyningssituationen i energisystemet.

Endelig indeholder undergrunden en række muligheder i form af geotermiske ressourcer og mulighed for både varmeindvinding og køling, som på sigt kan sikre vedvarende og stabil varme til en væsentlig del af den danske boligmasse samt til varmekrævende produktioner, drivhuse etc.

### **Forskningsbehov**

De danske og ikke mindst de globale udfordringer skaber behov for, at eksisterende klimavenlige og miljøeffektive energiteknologier og -systemer videreudvikles og helt nye udvikles med henblik på at levere omkostnings- og energieffektiv, tilstrækkelig, stabil, intelligent og integreret energiservice til en konkurrencedygtig pris og med en minimal påvirkning af klimaet og det omgivende miljø.

Udvikling af den basale forståelse af de fysiske, kemiske, biologiske og geologiske processer og materialer kan bidrage til at forbedre og effektivisere kendte energiteknologier såvel som til udvikling af kvalitativt nye energiteknologiske løsninger. Samtidig er den anvendelsesorienterede forskning afgørende for at få omsat ny viden til nye teknologier, løsninger og services.

### **Energiproduktion**

Der er behov for forskning i – og udvikling af – klimavenlige og miljøeffektive energiteknologier og -systemer, der kan understøtte omstillingen af energisystemet og reducere udslip af drivhusgasser og miljøskadelige stoffer samt mindske afhængigheden af fossile brændstoffer.

**Vindenergi:** Vindenergi er en markant dansk styrkeposition både forskningsmæssigt og erhvervmæssigt. Der har de senere år været en udvikling mod meget store og højteknologiske vindmøller, hvor teknologi igen er blevet en væsentlig konkur-



renceparameter. Forskningsbehovene retter sig bredt mod at videreudvikle landvind og havvind med henblik på at sænke cost-of-energy, øge driftssikkerhed samt performance og sikre maksimal systemintegration.

**Solenergi:** Solceller spiller en hastigt voksende rolle i det globale energisystem. Danmark vil kunne spille en vigtig rolle i udvikling af styrekomponenter til solcelleanlæg og i udvikling af nye solcelletyper, der enten er billigere eller mere effektive end traditionelle siliciumsolceller. Særligt inden for polymerbaserede solceller og fremstilling af næste generations solceller kan dansk forskning bidrage væsentligt. Derudover er der stigende global opmærksomhed om Concentrated Solar Power (CSP) og et fortsat potentiale for nye løsninger, der forbedrer og optimerer denne teknologi.

**Bioenergi:** En stigende andel af den globale el- og varmeproduktionen baseres på biomasseforbrænding, herunder waste-to-energy, og forskning, der bidrager til udvikling af højeffektive pålidelige biomasseforbrændingsanlæg med lave emissioner, er fortsat vigtig. Forskningen skal ligeledes understøtte udviklingen af bioenergi til mere avanceret anvendelse, f.eks. biologisk afgasning, men også termisk forgasning og termokemisk omsætning af biomasse, som sigter på f.eks. højværdiprodukter som biobrændstoffer til transportsektoren. Forskningen bør også sigte mod brug af biomasse i f.eks. bioraffinaderier, hvor biomasse er råstof for fremstilling af transportbrændstoffer, materialer og kemiske produkter.

**Geotermi:** Den danske geotermiske ressource har potentiale til at dække en betydelig del af det danske varmebehov. Forsknings- og udviklingsbehovene er knyttet til udnyttelse af både den dybe ressource og den overfladenære ressource.

**Fusionsenergi:** Fusionsenergi er på længere sigt en lovende CO<sub>2</sub>-neutral teknologi til energiproduktion, men der er stadig en lang række teknologiske udfordringer i forhold til konstruktion og drift af fusionskraftværker, som kræver en forskningsindsats for at blive løst.

### *Energilagring og -konvertering*

Der er et stigende behov for at lagre eller konvertere elektricitet, som stadig er dyrt at gemme i større mængder. Teknologier til at omdanne elektricitet til (i) en form, der kan lagres og efter behov atter tilbageføres til el-nettet og (ii) teknologier til omdannelse til gasser, kemikalier og/eller syntetiske brændsler vil få en central rolle i fremtidens energisystem. Energilagring og -konvertering skal ske i samspil med intelligente og fleksible energisystemer.

**Varme- og kuldagring/varmepumper/udnyttelse af overskudsvarme:** Der er behov for effektive konverteringsteknologier fra el til f.eks. varme og kulde. Varmelagring bliver en vigtig faktor i forhold til at sikre sammenhæng mellem produktion og efterspørgsel, og i den forbindelse vil der være et forskningsbehov i forhold til at afsøge muligheder og begrænsninger under hensyntagen til givne geologiske forhold og hensyn til f.eks. miljø og grundvand. Der skal udvikles konkurrencedygtige, miljøvenlige og højeffektive store og små varmepumper til fjernvarme og fjernkøling, der bl.a. spiller tæt sammen med termiske energilagre. For effektivt at kunne udnytte overskudsvarme i hele energisystemet inkl. i industrien er der brug for



forskning i teknologier og systemløsninger. Der er endvidere behov for omkostningseffektive løsninger til omdannelse af lav- og middeltemperatur varme til el.

**Batterier:** Batterier vil spille en central rolle for lagring af el, og der er behov for forskning i radikalt nye løsninger, ligesom der er behov for forskning for trinvis forbedringer af batterieksisterende løsninger som fx nye styringsstrategier forberede elektrodematerialer.

**Elektrolyse/syntetiske brændsler:** Ved elektrolyse fremstilles brint (og ilt og CO) som kan lagres. Brint (og ilt og CO) eller kombinationer kan indgå til fremstilling af energi/el, kemikalier og indgå i den konventionelle kemiske industri. Fælles for elektrolyseteknologier er, at kombinationen af effektivitet, pris og holdbarhed skal forbedres. Direkte omdannelse af vand til brint ved hjælp af sollys er også en lovende mulighed.

**Brændselsceller:** Til at konvertere brint, metan eller methanol til elektricitet med høj effektivitet har brændselsceller et stort potentiale. Forsknings- og udviklingsarbejdet vil i høj grad kunne basere sig på det tilsvarende arbejde med elektrolyseceller. Reversible brændselsceller, der også fungerer som elektrolyseceller, er meget lovende til særlige anvendelser, f.eks. til drift af vindmøller og solceller uafhængigt af elnettet.

**Opsamling og lagring af CO<sub>2</sub>:** Forskningsbehovet retter sig også mod udvikling og implementering af teknologier til opsamling, kemisk binding, udnyttelse og mulig lagring af CO<sub>2</sub>, som dog pt. ikke er tilladt i Danmark. Viden om olieeftersforskning og øgning af indvindingsgraden kan også være relevant i den forbindelse, ligesom udvikling af teknologier til udskilning, brug eller underjordisk lagring af CO<sub>2</sub>.

### *Intelligente, integrerede og fleksible energisystemer*

På systemniveau kan forskningen f.eks. rette sig mod at udvikle energiinfrastrukturen, herunder integration af de vedvarende energikilder i energisystemet og intelligent udnyttelse af energi samt mod international integration og synergi med andre landes energisystemer, specielt i forhold til el- og naturgassystemerne. I den forbindelse kan fokus fx også være på "det elektrificerede samfund" med anvendelse og produktion af el på nye måder og på nye områder, fx intelligente byer (Smart Cities) og intelligente og aktive huse (Smart Buildings).

Forskningen kan bl.a. rette sig mod styring og intelligent regulering af alle elementerne i energisystemet, herunder såkaldte intelligente el-net (smart grid). Der er behov for integration af el-, varme- og gassystemerne samt forudsigelse af energibehov og produktion på kort og langt sigt. Her spiller pålidelige, robuste og sikre it- og datakommunikationssystemer sammen med matematisk modellering en afgørende rolle.

### *Energieffektivisering*

Forskningsbehovet på energiområdet retter mod optimal anvendelse af den producerede energi. Effektiv energianvendelse er af afgørende betydning, f.eks. i industriel produktion, i bygninger, i transportsektoren og på systemniveau.



**Effektelektronik:** Effektelektronik indgår i mange produkter og systemer som for eksempel vindmøller, pumper, motorstyringer og strømforsyninger. Effektelektronik er både med til at gøre samfundet mere energieffektivt og til at løse udfordringer med at integrere vedvarende energi i energisystemet. Der er potentiale for forbedringer i form af effektivisering og optimering på komponent-, apparat- og systemniveau.

Der er behov for udvikling af energieffektive løsninger til eksisterende bygninger og nybyggeri og eventuelt inddrage **bygninger** som buffere/energilagre og -producenter i fremtidens smarte energisystem. Bygninger vil således kunne spille en meget mere aktiv rolle i fremtidens energisystem. Der er behov for analyse og modellering af, hvordan man opnår den ønskede integration af bygningerne i energisystemet uden at tilsidesætte de funktions- og komfortmæssige krav.

I forhold til **transportsektoren** er der brug for forskning i energieffektive, miljøvenlige transportmidler, herunder skibsfart, og elektrificering af transport, f.eks. elbiler, samt bedre viden om og metoder til adfærdsregulering, der kan bidrage væsentligt til at reducere energiforbruget. Dette kan f.eks. tilvejebringes via udvikling af nye informations- og kommunikationsteknologi-systemer og -løsninger.

#### Regulerings-, adfærds- og markedsmæssige forhold

I tæt relation til teknologiudviklingen er der behov for forskning i regulerings-, adfærds- og markedsmæssige forhold i relation til fremtidens energisystemer. Forskningen kan adressere emner som økonomi og rentabilitet ved anvendelse af nye energiteknologier og udfasning af ældre teknologier, sikkerhedsmæssige aspekter af knappe globale energiressourcer eller bæredygtigheds-, sundheds- og miljømæssige konsekvenser af fremtidens energisystemer. Forskningen kan endvidere bl.a. inddrage socio-tekniske aspekter i udviklingen af ny teknologi eller fokusere på forskelle mellem befolkningsgrupper i forhold til brug af energi. Forskningsbehovet knytter sig også til spørgsmål om nye energiinfrastrukturers og forbrugsmønstres betydning for indretning af byer og landskaber.

#### *Bæredygtighedskriterier og certificeringssystemer*

For at sikre en miljøeffektiv energiforsyning kan forskningen tillige understøtte udviklingen af bæredygtighedskriterier og certificeringssystemer for biomasseproduktion og andre vedvarende energiteknologier.

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Indsatsen skal både understøtte en videreudvikling af eksisterende danske energi-virksomheders styrkepositioner og fremme forskning i helt nye energiteknologiske løsninger. Det kan være løsninger, som ikke nødvendigvis tager afsæt i den eksisterende danske energisektors styrkepositioner, men søger radikalt nye løsninger med afsæt i andre brancher som f.eks. industriel bioteknologi eller kemisk industri, og som kan give grobund for helt nye videnbaserede virksomheder. Det er væsentligt at sikre, at forskningen så effektivt som muligt realiserer sit potentiale og omsættes til værdiskabelse i samfundet på mellemlang til lang sigt. Dette sikres bedst gennem en tværdisciplinær tilgang og et samspil mellem offentlige videninstitutioner på den ene side og brugere i form af f.eks. virksomheder eller offentlige institutioner på den anden side.



Forskningsindsatsen bør indtænkes i en international sammenhæng. På europæisk plan kan indtænkes SET-Planen og EU's forskningsprogram om energi, der relaterer sig til alle tre hovedområder, særligt energieffektivisering, udvikling af næste generation af vedvarende energi samt fremme af intelligente løsninger med integration af energi og IKT.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. ESS, og forslag på "Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015" som WindScanner.eu – The European WindScanner Facility, X-Power – Power Electronics Reliability Test Facilities og Danish Facility for Imaging with X-rays – DANFIX samt test og demonstrationsfaciliteter relevant for vindmøller.

### **Danske forudsætninger**

Danmark har en række styrkepositioner på energiområdet inden for produktion, transmission, distribution og energiservice. Det gælder såvel inden for teknologier til effektiv og intelligent energiproduktion og -anvendelse som inden for udvikling og brug af vedvarende energiteknologi. Som et vidnesbyrd om den danske styrkeposition er den samlede danske eksport af energiteknologi steget fra ca. 5 mia. kr. i starten af 1990'erne til mere end 70 mia. kr. i 2015, hvor den udgjorde ca. 11 % af den samlede vareeksport – den største andel blandt alle EU-lande. En betydelig del af eksporten relaterer sig til vindindustrien.

Danske virksomheder, offentlige forskningsinstitutioner og universiteter beskæftiger sig med energiteknologi og -systemer på højt internationalt niveau, og der er en lang tradition for at præstere innovative energiløsninger i global konkurrence.

Danske forskningsmiljøer har bl.a. stærke kompetencer inden for energiproduktion, f.eks. vindenergi, polymersolceller og biobrændsler (biomasse, enzymer, udnyttelse af sidestrømme fra biologiske produktionsprocesser og nedbrydning af plantecellevægge, cellulose) samt geotermi. Der er også stærke miljøer inden for effektteknologi, katalyse, termoelektriske materialer, brændselsceller/elektrolyseceller, eldistributionssystemer (smart grid), varmelagrings-, reguleringsteknologi og energiøkonomi.

Den danske energisektor har en lang tradition for tæt offentlig-privat samarbejde om forskning, udvikling og demonstration, ikke mindst gennem Innovationsfonden under Uddannelses- og Forskningsministeriet og Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet.

Der er væsentlige eksisterende såvel som kommende forskningsinfrastrukturer som f.eks. ESS, European XFEL, ESRF, Max lab, DTU-Cen, ASTRID-AU, vindtunnel og testcentre som Høvsøre, LORC og det nationale testcenter for vindmøller i Østerild, som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, herunder forskning i nye materialer, målemetoder, aerodynamik, meteorologi mv. Disse har alle potentialet til at medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings-, udviklings- og demonstrationsaktiviteter inden for energi på højt internationalt niveau.



### **Mål, effekt og perspektiver**

Med den store udbygning af bæredygtig energi, som hele verden står overfor for i forhold til at kunne leve op til COP 21-aftalens målsætning om at begrænse den globale opvarmning, har Danmark en enestående mulighed for at øge eksport og vækst inden for energiteknologi.

Målet med forskningsindsatsen er at bidrage til udvikling af energiteknologier og -systemer, som er internationalt konkurrencedygtige, og som derved vil kunne bidrage til løsninger på såvel de danske som de globale energiudfordringer og bidrage til at understøtte erhvervsudvikling og beskæftigelse.

Det er endvidere målet at gøre Danmark uafhængig af fossile brændsler i 2050, herunder sikre energiforsyningen i Danmark ved at understøtte en økonomisk attraktiv transformation af energisektoren og den grønne omstilling. Forskningen skal bidrage til en effektiv udnyttelse af energiressourcerne med henblik på at skabe et miljømæssigt bæredygtigt energisystem med minimal påvirkning af klima og det omgivende miljø.

Forskningen skal medvirke til at understøtte danske energivirksomheders styrkepositioner såvel som radikalt nye innovationer med stort globalt markedspotentiale. Forskningsindsatsen skal ikke bare føre til innovative produkter og tjenesteydelser baseret på ny teknologi, men skal også omsættes i uddannelsen af kandidater og ph.d.er med de kompetencer, der efterspørges i erhvervslivet. Perspektivet er at bevare og øge antallet af videntunge arbejdspladser i Danmark og dermed også en lang række afledte arbejdspladser, som man i dag kan se det i den danske vindmøllebranche.





## 2. Klimaforandringer og -tilpasning

### Resumé

Der knytter sig stadig store usikkerheder omkring fremtidige konsekvenser af klimaændringer, ikke mindst i forhold til Arktis. Klimaforandringerne indebærer væsentlige globale og danske udfordringer, men også nye muligheder, som løbende kræver handling og beslutninger. Strategiske investeringer i forskning i *klimaforandringer og -tilpasning* skal optimere muligheden for på én gang effektivt at tilpasse sig de udfordringer fremtidens klimaforandringer bringer og samtidig få gavn af de nye muligheder, som et ændret klima skaber.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

En styrkelse af forståelsen af klimaforandringernes globale og lokale konsekvenser er en forudsætning for på en hensigtsmæssig måde at kunne imødekomme klimatilpasningsudfordringen i hele det danske kongerige, sikre en bæredygtig udvikling af miljø og samfund i Arktis, men også at udnytte de muligheder, som ændrede klimaforhold også kan indebære. Siden den industrielle revolution har menneskeskabte udledninger af drivhusgasser ført til stigende koncentrationer af atmosfærens indhold af gasserne. Dette har allerede ændret Jordens strålingsbalance og ført til stigende globale temperaturer og ændrede klimatiske forhold på kloden. Denne udvikling vil fortsætte i de næste mange årtier, selv med markante reduktioner i udledningerne af menneskeskabte drivhusgasser.

Effekterne af klimaændringerne er særligt tydelige i Grønland og Arktis, hvor bl.a. havisens udbredelse og volumen er hastigt vigende og den landbaserede is bidrager stadig mere til globale havstigninger. I Danmark har en øget hyppighed og intensitet af ekstremnedbørssituationer bl.a. ført til udvikling og implementering af løsninger, der kan håndtere nedbøren. I den globale skala fører klimaændringerne til markante ændringer i form af bl.a. stigende havvandstand, ændrede nedbørsforhold og ændrede stormmønstre og fører dermed til ringere livsvilkår (som følge af farligt vejr, der forårsager oversvømmelser, tørke, ødelæggende storme) på store dele af jorden. Der er store markedspotentialer ved at være først til at udvikle og anvende de teknologier, der skal til for at løse eller mindske problemerne, eller ved at gribe nogle af de muligheder, som de ændrede forhold skaber.

Havet spiller en stor rolle for klodens klima, økologi og biodiversitet, og opvarmning, øget forsurening (som følge af CO<sub>2</sub>) og et stigende havniveau vil have betydelige konsekvenser for marine økosystemer og kystnære zoner. I dag bor halvdelen af verdens befolkning mindre end 60 km fra havet og 3/4 af verdens storbyer ligger ved kysten, og med stigende befolkningstal og koncentration i storbyer vil endnu flere fremover udfordres af stigende vandstand og ekstreme hændelser som storme, cykloner, oversvømmelser, erosion og tab af kyster.

I forhold til sundhedsområdet vil hedeølger og oversvømmelser direkte påvirke menneskers sundhed, men der vil også være indirekte effekter såsom udbredelse af malariamyg, dårligere hygiejne, forringet vandkvalitet og ændringer i pollensæsonen.



Klimaændringerne påvirker også verdens ferskvandsressourcer, hvor omfordelingen af nedbør og manglende smeltevand kan føre til oversvømmelser eller tørke, og saltvandsindtrængning fra havet kan true grundvandsressourcer og ferske flodmundinger. Økosystemers struktur vil blive påvirket og fører til mindre og/eller ændret biodiversitet, der sammen med ændrede temperatur- og nedbørmønstre vil påvirke landbrugs- og fiskerisektoren. Klimaforandringerne forventes også at få betydelig effekt på skove og naturområder, hvor oprindelige arter kan blive fortrængt af nye invasive arter.

Effekterne af arktiske klimaændringer rækker langt ud over regionen. I Arktis er temperaturen siden 1980'erne steget dobbelt så hurtigt, som gennemsnittet for resten af kloden, og isen i Arktis er svundet kraftigt. Det betyder bl.a. at en smeltende grønlandsk indlandsis og svindende arktiske gletsjere i dag bidrager væsentligt til globale havstigninger, og det forventes, at det Arktiske Ocean vil være stort set isfrit om sommeren inden for de nærmest kommende årtier. Ændringerne i arktiske sne-, is- og vandforhold rykker alvorligt ved Jordens energibalance med risiko for vidtrækkende konsekvenser i form af ændringer i havstrømmene og atmosfærens cirkulationsmønstre, hvilket også påvirker vejsystemerne over Nordeuropa og Skandinavien, deres ekstremer og forudsigelighed.

Samtidig opvarmes og tør permafrosten og de arktiske økosystemer ændres. Derfor er der fortsat usikkerhed om, hvilket rolle Arktis i fremtiden vil for atmosfærens indhold af drivhusgasser.

Forekomsten af plante- og dyrearter ændres også som konsekvens af klimaændringerne og vil i havet også kunne påvirkes af en øget forsuring. Her vil fiskebestandene desuden blive påvirket af bl.a. ændrede temperaturer og strømforhold og en ændret fødetilgængelighed. I de senere år er nye arter vandret ind, og økosystemerne i Det Arktiske Ocean kan komme under pres ikke kun fra øget fiskeri, invasive arter og udnyttelse af de levende ressourcer, men også fra øgede muligheder for udnyttelse af ikke-levende ressourcer, øget sejlads osv.

Den vigende havis i Det Arktiske Ocean vil på sigt kunne betyde, at skibstrafikken mellem Asien og Europa nord om Rusland øges og den øgede tilgængelighed til ressourcer i som følge af afsmeltningen betyder, at regionen i dag befinder sig i en helt anden geopolitisk og sikkerhedspolitisk situation, end tilfældet var for få årtier siden.

Erhvervs mulighederne i Arktis vil også ændre sig. Nye vækstområder vil opstå, mens traditionelle leveveje vil blive udfordret. Med dramatiske forandringer i klimaforhold, natur og økonomi er planlægning og regulering af afgørende betydning for, hvordan mennesker kan og vil leve i de arktiske egne i fremtiden.

I Danmark medfører klimaforandringerne bl.a. udfordringer med øget erosion af vore kyster, øget risiko for oversvømmelse af ejendomme, vand- og spildevandssystemer, vandkredsløbet, energisystemer, infrastruktur, byggeri, trafikproblemer, udfordringer ved fortsat at dyrke drænedes arealer, produktion af fødevarer og andre biologiske produkter, økosystemer og biodiversitet samt forandrede forekomster af planter, dyr og sygdomme. Stigende temperaturer kan give mulighed for andre typer afgrøder i landbruget osv.



### **Forskningsbehov**

Temaets forskningsbehov relaterer sig til at styrke forståelsen af klimaforandringerne globalt og lokalt; at tilvejebringe viden om – og konkrete løsninger på – klimatilpasningsudfordringen i Danmark og Arktis; samt sikre en bæredygtig udvikling af miljø og samfund i Arktis. Et solidt videngrundlag om omfanget og effekterne af klimaændringerne er afgørende for fremtidige løsninger for tilpasning til klimaforandringerne, og for indsatser der skal bremse klimaforandringer.

### **Klimaforandringer**

Opbygningen af et videnbaseret grundlag for klimapolitiske beslutninger om store samfundsmæssige investeringer i både reduktions- og tilpasningsindsatsen er essentiel i forhold til regulering og aftaler på klimaområdet, ikke kun globalt, men i høj grad også regionalt og nationalt. I beslutningsteksten om klimaaftalen fra COP21 i Paris understreges betydningen af, at konventionens arbejde er funderet på det bedst mulige videnskabelige grundlag. Løsninger og muligheder skal ses i sammenhæng med andre samfundsmæssige udfordringer såsom voksende befolkning, en markant større middelklasse og den økonomiske vækst, og det er afgørende, at de udviklede internationale styringsredskaber er både effektive og demokratisk forankrede.

Forskningsbehovet retter sig mod at tilvejebringe mere konsolideret viden om klimaforandringer, deres effekter og de processer, der er involveret, så klimatilpasning og -planlægning kan foretages på det bedst mulige videngrundlag. Der er behov for en bedre forståelse af vekselvirkninger mellem atmosfære, land og hav samt for mere præcist at kunne forudsige klimaændringerne og deres effekter på både kort, mellemlangt og langt sigt. Det indebærer bl.a. udvikling af relevante klimaobservationer via satellitter og ved løbende in situ observationer samt klimamodellering. På modelsiden er der behov for at bevæge sig hen mod at inddrage flere modelkomponenter, der beskriver kredsløbene for energi, vand, kulstof og kvælstof i atmosfæren, i havet og for landområder. Der er behov for mere robuste regionale og lokale klimaforudsigelser på kortere tidsskalaer af få årtier, som vil gøre det muligt at levere den specifikke klimainformation, som myndigheder, erhverv og samfund har brug for. Planlægnings-, investerings- og afskrivningshorisonten for mange aktiviteter er således kortere end de langsigtede tidsserier, klimaforskere arbejder med.

Der er et stigende behov for forskning i de fysiske processer, der forårsager den igangværende afsmeltning af indlandsisen og havisen i Arktis, og i hvordan og hvorfor disse har udviklet sig over tid. En skærpet indsamling og udnyttelse af data fra satellitter, in situ-målinger, iskerner og marine sedimentkerner rummer et stort potentiale til at styrke forståelsen af disse processer og havstrømmenes reaktion på både nuværende og fortidige klimaforandringer. En sådan forståelse er central for samfundets evne til at forudsige og tilpasse sig til kommende ændringer i vandstand, oversvømmelser og klima i Nordvesteuropa, heriblandt forekomsten af ekstreme vejrphenomener. Konkret bør der fokuseres på at reducere usikkerheden på modelberegninger af afsmeltning af indlandsisen, havisen og de nordatlantiske



havstrømme ved validering mod palæoklimatiske tidsserier såsom marine sedimentkerner og iskerner, der afspejler ændringer fra årtier til årtusinder tilbage i tid og giver en forståelse af den naturlige variabilitet.

I forhold til de arktiske marine økosystemer er der særligt behov for en øget forståelse af, hvordan klimadrevne ændringer i de fysiske- kemiske forhold påvirker økosystemerne og produktionsforholdene i havet i Arktis, og hvordan ændrede strømforhold og vandtemperaturer påvirker forekomsten og produktiviteten af nuværende og potentielle fremtidige kommercielt udnyttede arter.

### ***Klimatilpasning i Danmark***

Nødvendige samfundsmæssige tilpasninger vil afhænge af omfanget og hastigheden af klimaforandringerne og den nøjagtighed, de kan forudsiges med omfangsmæssigt såvel som geografisk. Udforskning og etablering af styringsredskaber og udvikling af innovative og fleksible løsningsmodeller er vigtige, hvis samfundet skal kunne imødekomme behovene og udnytte mulighederne, efterhånden som de opstår. Udbygget viden om, hvordan klimaforandringerne vil påvirke danske forhold både på kort og langt sigt, er nødvendig, således at samfundet kan foregribe effekterne af klimaforandringer og balancere de risici, muligheder samt økonomiske omkostninger, der måtte opstå som konsekvens heraf.

Et centralt forskningsbehov knytter sig til at reducere samfundets følsomhed og omkostningsrisici forbundet med for klimaændringer. Det kunne ske ved at styrke videngrundlaget for beslutninger om investeringer i klimatilpasning. Det gælder f.eks. i forhold til fremtidens kystbeskyttelse og forvaltning, hvor der er brug for ny viden om naturprocesser (erosion mv.), tekniske muligheder, økonomiske konsekvenser og forvaltnings- og lovgivningsmæssige problemstillinger til at løse udfordringen, som forholdet mellem de enkelte grundejere/kommuner og naturens grænseoverskridende og store skala udgør.

Det er endvidere væsentligt at finde holdbare og økonomisk effektive løsninger gennem øget integration af naturvidenskabelige og samfundsøkonomiske fremskrivningsmodeller. Der er behov for løbende at udvikle metoder, værktøjer og styringssystemer, som kan gøre samfundet mere robust over for klimaændringer. Det omfatter prioritering af indsatser for begrænsning af og tilpasning til klimaændringer, risikovurderinger og optimering af forsikringsløsninger eller perspektiverne i offentlig-privat partnerskab som led i klimatilpasningsløsninger. Her er der bl.a. behov for øget produktudvikling og dokumentation af nye klimatilpasningsløsninger og for at få belyst konsekvenserne af klimaændringerne for fysisk planlægning og arealanvendelse i forbindelse med fx tilpasningsprocesser i det åbne land og byerne, men også i havmiljøet.

Der er også behov for udvikling af nye teknologier og løsninger til at sikre den bedst mulige klimatilpasning. Det gælder ikke mindst på områder, der er sårbare over for ændringer i klimaet, som fx landbrug, skovbrug, akvakultur, bygninger, bymiljøer og infrastrukturer (kloakker, fjernvarme, gas, el, veje og baner) mv. Der er bl.a. brug for udvikling af løsninger, metoder og modeller, der kan danne grundlag for nye fremadrettede design-, dimensionerings- og lokaliseringspraksisser.



Ændringer i temperatur og saltholdighed vil endvidere give anledning til forandringer i den marine økologi, som vil påvirke miljøtilstanden og fiskeriet i de danske farvande.

Endelig er der også brug for at kunne udvikle fleksible strategier for klimatilpasning, som giver robuste løsninger på usikre klimaforudsigelser, herunder forbedrede varslingsystemer og beredskabsplaner. I forhold til den biologiske produktion er det vigtigt at udvikle f.eks. afgrøder, dyrehold og skovdrift, der kan klare sig godt under nye klimatiske betingelser og de nye skadedyr og sygdomsmønstre, der følger med klimaforandringerne.

### ***Klimatilpasning og udvikling i Arktis***

En forskningsindsats vil kunne fokusere på tilpasning til et forandret klima i Arktis, herunder på de samfunds-, erhvervsmæssige og politiske konsekvenser, og hvordan klimaændringerne vil påvirke mulighederne for at varetage en bæredygtig udvikling. Der behøves i den sammenhæng mere viden om bl.a. udvikling af landbrug i Arktis, sociale forhold, klimaforandringerne betydning for sundhed og nye sygdomme, økonomiske konsekvenser, turisme, erhvervspotentialer mv.

Der er behov for viden om teknologier, der kan medvirke til at udnytte levende og ikke levende råstoffer i arktiske områder, så aktiviteterne sker på en sikker, miljømæssigt forsvarlig og bæredygtig måde. Det gælder f.eks. konstruktion af infrastruktur, kraftværker og andre anlæg, der skal tilpasses arktiske forhold. Herudover er der behov for viden om de miljøpåvirkninger, der opstår ved skibsfart, olieudvinding og minedrift samt mindskning af risiko og påvirkning af omgivelserne. Endelig kan indsatsen fokusere på mulighederne for at udnytte biologiske aktive stoffer som f.eks. kuldeaktive enzymer fra de arktiske miljøer.

Herudover er der brug for forskning i, hvordan en rumbaseret infrastruktur i Arktis kan bidrage til at løse centrale udfordringer inden for kommunikation, overvågning, navigation, transport, klimaændringer og kortlægning. Endelig er der behov for søkortlægning af de nye isfri områder, inklusiv bundtypen; monitorering af sejladsaktiviteter, inkl. det stigende antal lystfartøjer som besøger Arktis; øget viden om ballastvand og skrogbehandlingsmetoder; sikker kommunikation og navigation; samt batymetri, lokalt vejr og isforhold til brug for sejlads og sikkerhed.

### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Der er behov for en grundvidenskabelig styrkelse af vores viden om klimaændringer og deres betydning for økosystemerne, samfund og de levende ressourcer og for anvendelsesorienteret forskning for at udvikle tilpasningsteknologier til klimaforandringerne.

En samlet, tværfaglig og forstærket indsats på tværs af myndigheder og forskningsinstitutioner bør koordineres effektivt og tage de særlige logistiske og infrastrukturelle udfordringer, der er forbundet med arktisk forskning, i betragtning. Feltarbejde til havs og på land, remote sensing fra satellitter samt laboratorieanalyser er væsentlige redskaber i arktisk forskning og kræver veludviklet logistik og stor teknisk viden. Forskningen i klimaudviklingen over tid inkluderer studier af iskerner, sedimentkerner fra havbunden, fra søer, studier af gletsjer udbredelse over tid



(f.eks. fra satellitobservationer). Effektive modeller og forudsigelser indebærer massiv dataindsamling og -analyse, og derfor skal dansk forskning sikres og prioriteres adgang til og deltagelse i de relevante internationale observations- og forskningsinfrastrukturer. Der er i den forbindelse også behov for en styrkelse af den systematiske og sammenhængende overvågning af klimaforandringer, f.eks. gennem brug af satellit- og droneobservation, nye oceanografiske observationsplatforme og autonome observationssystemer i Arktis.

Der er i Kongeriget behov for uddannelse, som kan tilvejebringe de specialiserede kompetencer, der i fremtiden er brug for inden for det arktiske område.

Forskningstemaerne er, både i Danmark og internationalt, af stor strategisk betydning for den fremtidige udvikling i Arktis og på linje med EU-kommissionens arktiske forskningsprioriteringer. Også i Nordamerika er der fokus på disse temaer, og fremtidige projekter bør inddrage forskere herfra. Andre vigtige aktører som Forsvaret, olieselskaber og andre private aktører bør tilknyttes. Forskningen bør i det hele taget indgå i et internationalt samspil bl.a. i forbindelse med FN's klimapanel (IPCC), arbejdsgrupperne under Arktisk Råd samt europæisk og internationalt rumsamarbejde.

I forhold til klimatilpasning i Danmark er der behov for at arbejde på tværs af videnskabelige discipliner og med en langsigtet implementeringsplan af forskningsindsatsen på en horisont af mindst 5 år. Forskningen bør sigte mod udvikling af nye løsninger, teknologier, produkter samt effektiv planlægning, som kan udnyttes af offentlige og private aktører. Særligt kommuner og kommunale forsyningsselskaber står med store udfordringer inden for klimatilpasning, og løsningen af konkrete problemstillinger i kommunerne udgør en væsentlig udfordring. Samtidig er det vigtigt, at forskningen i videst muligt omfang udføres i tæt samspil med private virksomheder, netværk mv. om udviklingen af ny teknologi med eksportpotentiale, som både kan løse udfordringerne og bidrage til at skabe en grøn økonomi. Endelig er det væsentligt at medtænke videnspredning og kommunikation om løsninger til borgere, myndigheder og erhverv.

### **Danske forudsætninger**

Der findes stærke, men forholdsvis små forsknings- og uddannelsesmiljøer inden for bl.a. meteorologisk forskning, atmosfærefysik og -kemi, marin forskning og palæoklimaforskning, og der er på tværs af forskningsinstitutionerne etableret en lang række samarbejder. Der findes endvidere spredte, men stærke forskningsgrupperinger i Grønland og Danmark, som arbejder med mere samfundsmæssige forhold relateret til klimaændringer og generelle udviklingsproblemer. Der er behov for at bringe disse grupperinger sammen på tværs af natur- og samfundsvidenskab, og der er behov for at styrke den socio-økonomiske forskning i erhvervsudviklingens konsekvenser for at kunne skabe en samlet forståelse af klimaændringerne, hele vejen fra effekterne på den fysiske natur og økosystemerne og til konsekvenserne for befolkningen og virksomheder i Grønland.

Herudover står det danske rumforskingsmiljø stærkt i den internationale satellit-baserede jordobservation og har gode relationer til internationale rumorganisationer som fx European Space Agency (ESA) og European Organisation for the Explo-



tation of Meteorological Satellites (EUMETSAT). Flere danske industrivirksomheder har styrkepositioner inden for udvikling af satellitteknologi og i anvendelsen af satellitdata, og der er et frugtbart samarbejde mellem forskningsmiljøet og industrien. Danmark har også gennem Rigsfællesskabet en særlig position i kraft af vores observationsnetværk i Arktis.

Den arktiske klimaforskning foregår i en række forskningsmiljøer i Danmark, men også gennem Grønlands Klimaforskningscenter i Nuuk. Forskningsmiljøet på Færøerne bidrager med central viden og data til international klimaforskning på det oceanografiske område. Både danske, færøske og grønlandske forskere har adgang til flere veludstyrede forskningsstationer i Grønland, og derudover er der forskningsfartøjer til rådighed.

Det er centralt, at dansk forskning spiller sammen med den internationale forskning, både indenfor EU og gennem trilateralt samarbejde med USA og Canada, bidrager til og drager nytte af internationale forskningsaktiviteter (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, AMAP og andre aktører) samt indgår bilaterale samarbejdsaftaler.

I Danmark er der en lang række tiltag til klimatilpasning i gang i privat, statsligt og kommunalt regi, men forskning i og dermed dokumentation og læring af disse projekter kan forbedres markant. Aktuelt arbejdes med omkostningseffektivitet af diverse klimatilpasningsmetoder samt analyser af integrerede effekter af virkemidler på oplandsniveau. Når det handler om beskyttelse mod voldsommere oversvømmelser og øget erosion i et ændret klima, er danske virksomheder og forskningsinstitutioner verdensledende på markedet for hydrologiske modelværktøjer, ligesom danske rådgivere og arkitekter er i front, når det handler om at planlægge og designe de anlæg, som skal beskytte byerne med oversvømmelser.

Der er væsentlige eksisterende forskningsinfrastrukturer som som f.eks. International Ocean Drilling Programme (IODP) og finansierede forslag på "Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015" som UAS-ability – Forskningsinfrastruktur til anvendelse af droner og dataindsamling og ICOS/DK – Dansk infrastruktur til måling af drivhusgasser i atmosfæren og deres udveksling med økosystemerne.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Strategiske investeringer i forskning inden for klimaobservation, klimaprocesser, fremtidens klima og klimatilpasning skal styrke grundlaget for at træffe politiske beslutninger på en række samfundsområder i forhold til Danmarks tilpasning til klimaændringer. Indsatsen skal også bidrage til at udvikle de organisationsformer, styringsredskaber og finansieringsmodeller, der bedst understøtter indsatsen samt en videnbaseret regulering af menneskelige aktiviteter, som påvirker klimaet, og forebygge negative konsekvenser heraf.

Aktuelle og fremtidige klimaændringer i Grønland og Arktis rummer en række udfordringer, men også en række muligheder for eksempel indenfor fiskerierhvervet, besejling, turisme, bygge- og anlægsvirksomhed og råstofudvinding. Det overordnede mål for indsatsen er, at disse ændringer håndteres på en sådan måde, at de bliver til gavn for Grønland og Rigsfællesskabet. Men en proaktiv og bæredygtig



udnyttelse af mulighederne fordrer en bedre kvantitativt såvel som kvalitativt funderet forståelse af de kommende ændringer og deres betydning for de levende ressourcer, infrastrukturen og samfundet. En forøget vidensopbygning vil være af interesse for både den offentlige sektor og det private erhvervsliv i både Grønland og Rigsfællesskabet.

Forskningen skal endvidere fremme udviklingen af nye, effektive teknologiske løsninger på en række af de konkrete udfordringer, som et foranderligt klima skaber, herunder understøtte effektiv planlægning, tilpasning og innovative samfunds- og erhvervsmæssige løsninger inden for områder som nye afgrøder, vandsystemer, kystsikring, kloakering, energi mv. De nye løsninger og tjenesteydelser forventes at udgøre et stort eksportpotentiale. Endelig skal forskningen bidrage til at opnå effektiv implementering, herunder reguleringssystemer og effektive samarbejds- og finansieringsformer internationalt og nationalt til begrænsning af klimaforandringer og effekterne heraf.





### 3. Fremtidens intelligente og grønne transport

#### Resumé

Transportsektoren og transportsystemerne står over for en række udviklingsmæssige udfordringer og muligheder i forhold til energieffektivitet, konkurrenceevne, stigende trængsel, trafikikkerhed og negative miljø- og klimapåvirkninger. Strategiske investeringer i forskning inden for *fremtidens intelligente og grønne transport* skal bidrage til at skabe velfungerende transport- og logistiksystemer, som er afgørende for at imødekomme samfundets behov for effektiv og sikker mobilitet af personer og varer, og som spiller en stor rolle for borgernes hverdag og erhvervslivets produktivitet og konkurrenceevne. Forskningsindsatsen skal ikke mindst bidrage til at realisere betydelige potentialer relateret til optimering og drift af transport og logistik, automatisering, digitalisering, big data, alternative drivmidler og effektiv regulering – alle områder, der kan medvirke til paradigmeskift for transportaktørerne, og som rummer betydelige samfundsøkonomiske potentialer.

#### Samfundsudfordringer og muligheder

Det er en væsentlig samfundsudfordring at udvikle mere effektive, konkurrence- og bæredygtige transport- og logistikløsninger, som imødekommer samfundets behov for sikker og pålidelig transport af varer og personer, samtidig med at der tages hensyn til klima, natur og menneskers sundhed. Velfungerende transport og infrastruktur er med til at binde Danmark sammen mellem by, land, regioner og landsdele samt globalt i den internationale handel, der er afgørende for Danmarks velstand. Undersøgelser viser, at adgang til velfungerende infrastruktur er et af de vigtigste rammevilkår for dansk erhvervsliv.

Transportsektoren udgør godt 5 pct. af Danmarks BNP og beskæftigelse, og hver dansker bruger ca. 55 minutter om dagen på transport og ca. 14 pct. af familiens indkomst til transport. Både i Danmark og globalt er person- og godstransporten stigende og forventes fortsat at stige mange år frem. Den øgede transport har en række negative konsekvenser. På globalt plan bidrager sektoren betydeligt til udledning af drivhusgasser, primært CO<sub>2</sub>. Ifølge Energistatistik 2014 tegnede transportsektoren sig for 28 % af Danmarks energiforbrug i 2014, og sektoren stod for 36 % de samlede CO<sub>2</sub>-emissioner. Transportsektoren står over for en væsentlig grøn omstilling og skal levere betydelige CO<sub>2</sub>-reduktioner frem mod 2050, hvor Danmark har en målsætning om at være uafhængig af fossile brændsler.

Transporten og dens infrastruktur er forbundet med et omfattende arealforbrug, forurening, skrotproduktion mv. Hertil kommer partikelforening, udledning af SO<sub>x</sub> og NO<sub>x</sub> og støjgener, som har stor betydning for den enkeltes sundhed. På trods af væsentlige fremskridt er yderligere forbedringer af transport- og logistiksektorens miljøeffektivitet fortsat en væsentlig udfordring i lyset af skærpede nationale og internationale krav.

Transportsektoren er desuden præget af en række andre udfordringer. Urbaniseringen forventes at fortsætte, hvilket vil give potentiale for økonomisk vækst gennem agglomerationsgevinster. Potentialet modvirkes dog af de medfølgende stigende trængselsproblemer i trafikken og dermed samfundsøkonomiske omkostninger. Trafikken på de danske veje er steget med ca. 30 pct. de sidste 20 år. Udfordringen er at sikre bedre anvendelse, vedligeholdelse, sikkerhed og øget kapacitet i



forhold til den eksisterende infrastruktur. I den forbindelse er det også en udfordring, hvordan flere trafikanter kan flyttes over i kollektiv transport eller på cykler, som har gavnlige effekter i forhold til sundhed, og som kan bidrage til at minimere trængsel og forurening. For godstransporten er udfordringen at få mere gods på bane og skib.

Samtidig vil øget internethandel, mere fleksible arbejdstider, mere langdistancearbejde og nye teknologier, såsom intelligent trafikstyring, elektriske køretøjer og delvis selvkørende lastbiler og biler, ændre og effektivisere vores transportmønstre. Modsat denne trend er der stigende udfordringer vedrørende transportbetjening af "Udkantsdanmark" samt fastholdelse af et pålideligt, stærkt og velorganiseret kollektivt trafiksystem i hele landet.

Idet alle danskere transporterer sig, og stort set alle virksomheder har behov for transport, er det nødvendigt at kunne forudse ændrede behov og adfærdsmæssige effekter af tiltag i sektoren for at etablere bedst mulige grundlag for beslutningstagere i erhvervslivet såvel som i det politisk-administrative system. Det gælder både for investeringer i den fysiske og den digitale infrastruktur og for transporterhvervenes investeringer. Beslutninger på disse områder udfordres, f.eks. af effekten af deleøkonomiens fremmarch og af finansierings- og forretningsmodeller, der giver mulighed for mere fleksibel service også på transportområdet.

Velfungerende logistik er ligesom infrastruktur en væsentlig konkurrenceparameter for den danske transportbranche og det øvrige erhvervsliv. Danmark har en stærk, international transport- og logistikbranche. Transportbranchen omsatte i 2014 for ca. 361 mia. kr., beskæftiger ca. 133.000 mennesker og står for ca. en fjerdedel af Danmarks eksport. Inden for godstransport- og logistikområdet har flere danske virksomheder gennem de seneste årtier tilkæmpet sig internationale førerpositioner. Det gør sig særligt gældende inden for vej- og søtransporten. Danmark indtager pr. 2014 dog en beskedne 17. plads på Verdensbankens globale "Logistics Performance Index" (LPI).

Den stigende trængsel, urbanisering og den grønne omstilling vil øge både den indenlandske og udenlandske efterspørgsel efter effektive løsninger. Det gælder over lange distancer såvel som i forhold til nye forsynings- og logistikløsninger i de storbyer, der er udfordret af klimaforandringer og krav om bæredygtige løsninger. Den danske transportbranche, herunder ikke mindst dansk søfart og den maritime udstyrsindustri, forventes at skulle gennemgå en betydelig omstilling til de nye teknologiske muligheder, hvis styrkepositionen skal fastholdes og udbygges i fremtiden.

Den teknologiske udvikling forventes at få stor indvirkning på transportsektoren, som potentielt står overfor meget store omvæltninger i de kommende år. For godstransporten vil forhold som automatisering, intelligent styring og optimering, modulvogn og platooning, nye drivmidler, elektrificering af jernbanen, ubemandede skibe samt stigende automation i terminaler og havne skabe grundlag for mere effektive transportydelser. For persontrafikken, herunder den kollektive, vil der blive tale om tilsvarende udviklinger. Udnyttelse af internet of things, big data-kilder, digitale løsninger, en effektiv digital infrastruktur, herunder via satellitkommunikation og connectivity, vil være afgørende for, om potentialerne kan indfries,



og for at nye muligheder for at planlægge, udføre/implementere og drive systemer, der er både økonomisk, socialt og klimamæssigt bæredygtige, kan udnyttes.

Automatisering, regulering og styring af transportsystemerne og disses integration af ubemandede fartøjer til vands, til lands og i luften vil være afhængig af et velfungerende samspil med samfundets fysiske såvel som digitale infrastruktur. Ubemandede systemer, herunder droner, bliver stadig mere ydedygtige og vil i fremtiden kunne være et vigtigt værktøj til løsningen af en bred vifte af opgaver, bl.a. inden for varetransport. Rummet er også i stigende grad en del af samfundets infrastruktur på linje med land, vand og de lavere luftlag, idet det anvendes til f.eks. positionering og navigation. Satellitnavigationssystemer som GPS, GLONASS, Beidou og EU's eget Galileo-system kan anvendes til trafikovervågning og trafikstyring på offentlige veje og til overvågning af materiel, køretøjer og skibe med henblik på at tilrettelægge en optimal anvendelse og ruteplanlægning. I fremtiden forventes udviklingen i satellitbaseret navigation at kunne skabe nye markeder, f.eks. inden for intelligente trafiksystemer, sikkerhed, autenticitet, adgangskontrol og styrket overvågning af skibe, fx i arktiske områder.

### **Forskningsbehov**

Overordnet set er der behov for forskning, der kan bidrage til udvikling af nye bæredygtige mobilitets-, transport- og logistikløsninger og -systemer med inddragelse af viden om præferencer, lokalitets- og mobilitetsadfærd. Forskningsbehovet retter sig både mod forbedring af de eksisterende løsninger og mod radikal nytænkning og innovation. Samtidig retter forskningsbehovet sig såvel mod infrastruktur, herunder den digitale, som mod virksomheder og transportbrugere.

### Transportsystemer og transportadfærd

Der er brug for bedre forståelse af vekselvirkningen mellem transportsystemet, transportadfærden og økonomien, herunder effekten af indgreb i transportsystemet på trængsel, rejsetidsvariabilitet, produktivitet, trafiksikkerhed, sikkerhed til søs og lokalisering af aktiviteter. Det vil sikre et bedre beslutningsgrundlag for, hvordan man kan imødekomme udfordringer – og understøtte muligheder – som følge af fortsat urbanisering, betjening af udkantsområder, ændrede transportkoncepter, f.eks. som følge af deleøkonomien eller andre finansieringsmodeller og teknologiske muligheder for regulering.

### Kollektiv transport mv.

Der behov for forskning, der kan bidrage til effektivisering og billiggørelse af den kollektive transport, inkl. infrastruktur, som staten, regionerne og kommunerne bruger over 15 mia. kr. til hvert år. Særligt jernbanesektoren har store udfordringer, hvor en robust drift er i fokus. Forskningen kan bl.a. også omhandle afvejningen mellem private og kollektive transportsystemer, f.eks. organisering af og kapacitet i den kollektive transport og effekten af virkemidler til fremme af kollektiv transport. Endvidere er der behov for forskning inden for specifikke transportmidler, f.eks. inden for cykeltransport, bl.a. cykelinfrastruktur, el-cykler mv. Luftrummet og Kastrup Lufthavn er tæt på kapacitetsgrænsen, og der er derfor behov for forskning i styring, regulering og optimering af flytransport.

### Alternative drivmidler og -systemer



Elbiler har i en kortere årrække været kommercielt tilgængelige trods meget begrænset udbredelse. Tungere transport såsom lastbiler, busser og skibe drives dog stadig ved hjælp af fossile brændsler. Her kunne f.eks. bæredygtigt producerede biobrændstoffer, andre alternative brændstoffer, batteriløsninger (såvel hybride som "rene") og brændselsceller være en mulighed. Der er derfor brug for forskning indenfor alternative drivsystemer, f.eks. mere effektive elmotorer, hybridsystemer og integration af nyeste batteriteknologi. Derudover er samspillet med elnettet også et vigtigt område, hvor el-baserede køretøjer vil kunne fungere som et stabiliserende led.

#### Gods, logistik og digitalisering

Der er behov for forskning, der kan bidrage til udviklingen af nye bæredygtige transport- og logistiksystemer, herunder viden om fremtidige behov og muligheder i relation til intermodalitet og integration af f.eks. sø-, jernbane- og vejtransport, der øger virksomhedernes konkurrenceevne og tiltrækker investeringer i Danmark. Hertil kommer nye ruter, f.eks. sikker navigation gennem Nordøstpassagen, forsyningskæder og mobilitetskoncepter.

Der knytter sig store perspektiver til forskning i digitalisering, herunder anvendelse af store datamængder, inden for en bred vifte af aspekter af transport, f.eks. optimering af transportsystemer, af transport- og forsyningskæder og af transportmidlers driftstilstand. Der er således behov for forskning inden for datalogiske og matematiske områder såsom dataintegration, effektiv håndtering af store datamængder, dataanalyse (fx statistisk analyse, data mining og machine learning), simulering og operationsanalyse, forskning inden for transport- og forsyningskæder samt forskning rettet mod det enkelte transportmiddel, herunder optimering af fart set i forhold til et givet ankomsttidspunkt, sensortechnologi, vedligehold af motorer og diagnosticering af udskiftningsbehov for komponenter og programmel. I forbindelse med persontransport er der behov for forskning i datasikkerhed samt etiske forhold relateret til de overvågningsmuligheder, som dataindsamlingen muliggør.

Ved at kombinere "big data", adfærdsforskning og datalogi med passende organisations- og ledelsesformer vil det være muligt at forbedre prognoser og driftsoptimering i transportsystemet, så det mere dynamisk tilpasses borgere og virksomheders behov. En optimal udnyttelse af de teknologiske gevinster fordrer viden om samspillet mellem menneske og teknologi både på individniveau med hensyn til forskellige segmenter af trafikanter og forskellige typer af transportmidler.

#### Automatisering af transport, ubemandede skibe og ubemandede systemer

Der er behov for at forske i flere områder knyttet til automatiseringen af transporten. Dette inkluderer områder som f.eks. kommunikationsteknologi i forbindelse med V2V (vehicle-to-vehicle), I2V (infrastructure-to-vehicle), og V2I (vehicle-to-infrastructure), transportadfærd (trafikantadfærd ved blandet trafik mellem selv-kørende/semi-automatiske køretøjer og ikke-automatiske trafikanter såsom cyklister og fodgængere) og realtidsoptimering i forbindelse med udnyttelse af infrastrukturen. Forskningsbaseret viden om holdninger til nye transportformer, brugervenlighed af fremtidige køretøjer, og kognitive krav og udfordringer for motorførere og medtrafikanter med hensyn til sikkerhedsrelevante situationer er afgørende for, at de nye og mere intelligente transportformer kan implementeres på



bedst mulige måde. På det maritime område rejser der sig tilsvarende problematikker, herunder i forbindelse med havneoperationer.

På det maritime område er digital kommunikation om bord på skibet og mellem skibet og landorganisationen en afgørende forudsætning for udviklingen fra monitorering, fejlfinding og beslutningsstøtte til automatisering og autonomi. Udviklingen ses allerede på komponent- og systemniveau, hvor endemålet er det ubemandede skib, enten styret fra en kontrolcentral eller autonomt. Der er et særligt behov for udvikling af en række teknologier som grundlag for automatisering og autonomisering, herunder intelligente sensorer, samarbejdende sensor-clustre, big data-analysemodeller, navigation samt digital kommunikation om bord på skibet og fra skibet til landorganisationer.

Herudover er der brug for forskning i perspektiver for brug af droner i den landbaserede transportsektor, f.eks. til transport af varer og til måling eller styring af trafiksystemer. Til søs kan droner finde anvendelse til inspektion af skibe oppefra og af svært tilgængelige tanke og lastrum samt til undervandsinspektioner og -reparationer. Anvendelsesmulighederne kan ses i et langt bredere perspektiv for udnyttelse af de marine ressourcer, herunder minedrift under havet.

#### Infrastruktur til effektiv transport:

Andre forskningsmæssige problemstillinger kan være bæredygtige infrastruktur løsninger, fx havne, jernbaner, veje, broer og digitale kommunikationssystemer mv. Infrastrukturen skal således ses ud fra en digital- og en anlægssynsvinkel. Den digitale infrastruktur skal understøtte de enkelte transportformer, samvirket mellem disse og den overordnede trafikovervågning, -dimensionering og -styring. Udvikling og drift af sådanne applikationer kræver connectivity, hvor den digitale infrastruktur er en afgørende forudsætning. Her kan nævnes krav til stor båndbredde, tidstro afvikling og stor sikkerhed. Forskningsbehov for informations- og kommunikationsteknologi (IKT) til anvendelse i intelligente transportsystemer (ITS) og den fysiske infrastruktur er omfattet heraf.

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Store dele af forskningen kan med fordel foregå i tæt samarbejde med myndigheder og virksomheder inden for transportsektoren. Det være sig offentlige myndigheder, styrelser og offentlige trafikelskaber, private transportvirksomheder inden for såvel persontransport – herunder kollektiv trafik – som godstransport samt konsulent og IT-virksomheder.

For forskning inden for automatisering af transport er det endvidere essentielt, at relevante nationale myndigheder deltager aktivt, således at den lovgivning, der er en forudsætning for afprøvning af de nye tiltag, tilvejebringes. Det drejer sig primært om lovgivning på Transport-, Bygnings- og Boligministeriets område. Hertil kommer lovgivningen på Erhvervsministeriets område, især for søfarten. I forhold til forskning på det maritime område er det væsentligt, at rederier og maritime industrier har adgang til eksperimentelle faciliteter.

Temaet lægger i vid udstrækning op til tværvidenskabelighed, hvor teknologiske løsninger udvikles i tæt samspil med relevante human- og samfundsvidenskabelige



discipliner. Når discipliner mødes og f.eks. udforskningen af bruger- og trafikantadfærd og præferencer, trafikmønstre på land og til søs, finansieringsmodeller og organisationsformer foregår parallelt med udviklingen af de teknologiske løsninger, øges ofte mulighederne for gode resultater. Fortsat og kontinuert samarbejde mellem offentlige myndigheder og transportforskningen vil sikre samfundsmæssig relevans og hurtig brug af forskningens resultater.

I EU-regi er transportforskning et højt prioriteret område, hvortil der er afsat betydelige midler. En dansk prioritering af området skal bidrage til at sikre, at der er dansk transportforskning på internationalt højt niveau og derved understøtte mulighederne i forhold til at hjemtage midler fra EU's rammeprogram.

Øget forskning bør foregå i tæt samarbejde med myndigheder og virksomheder, som arbejder på at anvende signaler fra de avancerede globale navigationssatellit-systemer såsom det europæiske Galileo-system.

### **Danske forudsætninger**

Danmark huser i dag transportforskning og har flere internationalt førende forskningsgrupper inden for bl.a. driftsoptimering, erhvervsøkonomi, transportøkonomi, transportprognoser/modellering, trafikplanlægning, logistik, trafikteknik og sikkerhed, transportpsykologi og adfærdsforskning, mobilitetsforskning samt energiforskning relevant i forhold til transportsektoren. Danmark har desuden en særlig stærk tradition for vekselvirkning mellem forskning og de transportpolitiske myndigheder, især inden for områderne transportadfærd, trafikplanlægning og trafikteknik, økonomi og sikkerhed. Endelig råder Danmark over et data- og modelgrundlag i særklasse, herunder fremragende offentlige registerdata og løbende transportvaneundersøgelser.

Den maritime forskning i Danmark har påkaldt sig en stigende interesse i universitetssektoren i de seneste år, og der er således etableret maritime forskningscentre og maritime netværk på flere universiteter. Sigtet er at anvende kompetencer i de etablerede strukturer på det maritime område, samtidig med at der sker en udbygning af uddannelser, der sigter mod det maritime.

Internationalt klarer den danske transportforskning sig godt, og målt i Web-Of-Science citationer over de sidste 5 år er Danmark nr. 10 i verden og målt i forhold til befolkningstal den næstbedst performende nation (efter Hong Kong og foran Singapore og Holland). Alle disse lande har tætte samarbejder mellem universiteter, offentlige virksomheder og den private sektor inden for transportområdet, og det er lande med store internationale transportvirksomheder og stærk infrastruktur i form af bl.a. lufthavne og havne.

En af Danmarks styrker på droneområdet er gode klyngeforhold med tæt samarbejde mellem f.eks. universiteterne og netværk som UAS Denmark. Forskningsinfrastrukturen UAS-ability, der har fået midler fra "Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015" og har bl.a. til formål at forske i udvikling af droneteknologi. Danmark råder desuden som et af de få lande over en dronelufthavn i Odense. Derudover er den danske lovgivning ved at være på plads, hvilket giver fordele i forhold til virksomheders incitament til at investere i droneteknologi, da man har nogle



sikre lovmæssige retningslinjer. Dansk lovgivning har desuden vist sig at være mere åben for at tillade droner end andre lande, hvilket også giver Danmark et godt udgangspunkt for internationalt samarbejde samt at afprøve forskningen i praksis.

Danske forudsætninger for at indføre, teste og tilpasse nye transportformer er gode, fordi Danmark har et højt niveau af trafiksikkerhed og har vist sig i stand til at integrere forskellige transportformer på en sikker måde i transportsystemet. Dette kommer bl.a. til udtryk i den internationale anerkendelse af Danmark som en unik cykelnation. Danmark er også i flere sammenhænge blevet nævnt som et muligt bud på et "living lab" for storskalaforsøg med indførelse af f.eks. gradvist selv-kørende lastbiler. Sker dette, vil det skabe en konkurrencemæssig fordel for danske transport- og logistikvirksomheder at være "first movers" med hensyn til automatiseringen af transportsektoren.

Endelig har Danmark en stor branche af rådgivende ingeniørvirksomheder, konsulenthuse og IT-virksomheder, der både nationalt og internationalt har stor omsætning inden for rådgivning inden for transportområdet.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Forskningen skal styrke beslutningsgrundlaget for investeringer i anlægs- og digital infrastruktur samt i transportvirksomheder. Dermed understøtter forskningen udviklingen af mere effektive transport- og logistiksystemer, der kan imødekomme borgerne og erhvervslivets behov for mobilitet og reducere de samfundsøkonomiske omkostninger til spildtid i trafikken, havne og terminaler samt minimere de negative miljøpåvirkninger fra sektoren.

Samtidig skal forskningen understøtte gode rammevilkår for produktions- og transportvirksomheder i Danmark. Derudover skal forskningen bidrage til nye innovative løsninger, der kan styrke mobiliteten og skabe grobund for nye erhvervs-muligheder og arbejdspladser i Danmark i overensstemmelse med de løfterige muligheder, som digitalisering og automatisering skaber.

Forskning, der resulterer i bedre, hurtigere, mere pålidelig, billigere og/eller mere sikker transport vil direkte berøre og forbedre dagligdagen for mange mennesker og virksomheder. Afledt heraf vil det via arbejdsmarkedseffekter og konkurrenceforbedringer også give økonomiske gevinster for samfundet. Dette vil ofte være forskning, der sikrer bedre beslutningsgrundlag for offentlige myndigheder og trafikelskaber, men i stigende grad også forskning møntet mod informationsservices og deleøkonomien.

Forskningen vil også direkte kunne forbedre transportvirksomheders konkurrenceevne og underleverandørerne hertil. Ud over betydningen for den hjemlige økonomi er danske transportvirksomheder store internationale spillere inden for især søfart og lastbiltransport, og forskning vil her direkte kunne give fordele for disse virksomheder. De danske virksomheder skal have mulighed for at kunne drage direkte nytte af de nyeste resultater gennem tæt samarbejde med de relevante forskningsinstitutioner.

En forskningsindsats indenfor nye transportformer kan bidrage til at understøtte udvikling af et fremtidssikret og bæredygtigt transportsystem med hensyn til både



sikkerhed og fremkommelighed for alle grupper af trafikanter. I lyset af demografiske ændringer med en stigende andel af ældre vil viden, der kan bidrage til øget uafhængig mobilitet blandt denne gruppe borgere kunne bidrage til betydelige besparelser i sundheds- og plejeudgifter som følge af bedre sundhed og trivsel samt reduceret behov for transportstøtte.

Resultatet af forskningsindsatsen vil finde anvendelse på mange niveauer i relation til transport, herunder færdselslovgivning, godkendelse af køretøjer, analyser af trafikanters adfærdsmønstre samt omkring skibes sikkerhed og operation.





#### 4. Fremtidens bygninger, fysisk infrastruktur og byer

##### Resumé

Bygge- og anlægssektoren har stor betydning for samfundsøkonomien og spiller en afgørende rolle for, at Danmark kan indfri sine energi- og miljømæssige målsætninger. Sektoren står over for udfordringer og muligheder i forhold til at øge produktiviteten, reducere energi- og ressourceforbruget, tilpasse og udvide infrastrukturen og optimere og klimatilpasse byudviklingen samt ikke mindst udnytte de store muligheder inden for digitalisering og teknologiudvikling i bredere forstand. Strategiske investeringer i forskning relateret til *fremtidens bygninger, fysisk infrastruktur og byer* skal bidrage til den fortsatte udvikling af bæredygtigt kvalitetsbyggeri med et godt indeklima og af den fysiske infrastruktur. Indsatsen skal desuden bidrage til at skabe attraktive byer, der fremmer livskvalitet, og hvor det er attraktivt for virksomheder at placere deres aktiviteter.

##### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Bygge- og anlægssektoren beskæftiger mere end 170.000 personer, svarende til 6 % af alle beskæftigede i Danmark, hvortil kommer beskæftigede ved bygværksejeres drift og administration. Der er bundet 5.000 milliarder kr. i bygninger, hvis el- og varmeforbrug tegner sig for ca. 40 % af landets samlede energiforbrug, 35 % af affaldsproduktionen, og 40 % af landets samlede ressourceforbrug sker i bygge- og anlægssektoren.

Relativ beskeden produktivitetsudvikling er et fælles træk for europæisk byggeproduktion, hvor udviklingen for dansk byggeri kan synes særlig beskeden. På et stadig mere internationalt marked må øget produktivitet og konkurrencedygtige løsninger antages som forudsætning for danske virksomheders fortsatte udvikling. Byggesektorens produktivitet er imidlertid udfordret af opsplittede værdikæder og strukturen med mange små virksomheder. Samtidig kan regulatoriske vilkår være en udfordring i forhold til virksomhedernes produktivitet og konkurrenceevne.

Analysen indikerer, at byggesektorens generelle investering i forskning og udvikling er beskeden og lavere end i sammenlignelige europæiske lande. Der kan ligge et uudnyttet potentiale i at investere i byggeriets forskning og udvikling og øge andelen af virksomheder, der deltager i forsknings-, udviklings- og innovationsaktiviteter.

Byggeeksporten tegnes i dag primært af byggevarer- og komponentindustrien samt i mindre grad af præfabrikerede bygningslementer og byggeteknisk rådgivning. I stor udstrækning er eksporten baseret på et stærkt hjemmemarked for udvikling af produkter, services og viden. Styrken i forhold til eksporten er en høj brugsmæssig kvalitet baseret på energieffektivitet, digitale teknologier samt helhedsorienteret design og arkitektur.

Digitale teknologier forventes at få en stigende betydning i byggesektoren i de kommende år. I Danmark har både befolkning, virksomheder og den offentlige sektor en stærk tradition for hurtig og kreativ anvendelse af nye – ikke mindst digitale – teknologier. Det er nødvendigt at sætte fokus på disse, hvis den danske byggesektor skal kunne følge med andre europæiske aktører, hvad angår digitalt design, intelligente bygninger og byggematerialer, og hvis potentialet for at opnå en større del af



det globale eksportmarked skal realiseres. I takt med udviklingen vil digitale teknologier i stigende grad blive implementeret i alle led i byggeriet, hvilket rummer potentiale for nye samarbejdsformer, øget produktivitet samt udvikling af nye, værdiskabende produkter og services. Disse potentialer for byggeriet er nært forbundet med perspektiverne for den cirkulære økonomi.

Den digitale udvikling forventes at ville følge flere spor afhængigt af virksomhedernes digitale behov og mulighed for investering. Mange virksomheder opererer i dag i en digital infrastruktur med mulighed for hurtigt at implementere nye teknologier og udvikle nye forretningsmodeller, hvor udvikling i andre virksomheder vil ske successivt efter behov. Udvikling med fokus på hele værdikæden og implementering af teknologier som f.eks. droner, Internet of Things (IoT), sensorbaseret informationsbehandling, 3D-print samt robot- og anden automationsteknologi vil muliggøre nye samarbejds- og forretningsmuligheder med produktivitetspotentiale.

I takt med et stigende pres på verdens ressourcer vil der komme en øget efterspørgsel efter initiativer, der mindsker ressourceforbrug og øger genanvendelsen af vores råstoffer, også i byggeriet. Selvom 80-90 % af spild og affald fra nedbrydning og byggeproduktion i dag genanvendes, heraf dog en betydelig andel som deponi ved indbygning i nyanlæg, er der behov for at gøre ressourceøkonomien mere cirkulær ved at nedbringe forbruget af nye materialer og mængden af bygge- og anlægsaffald. Forudsætningen er at kunne identificere og fjerne miljøskadelige stoffer ved kilden.

Der er betydelige konkurrence- og markedsfordele i, at den danske byggesektor udvikler mere kvalificerede forretningsmodeller baseret på cirkulær økonomi fra design over udførelse og drift til affald og genbrug i byggeri eller i andre sektorer. Ud over reelle ressourcebesparelser åbner det nye muligheder for, at danske virksomheder kan demonstrere nye produktionsprocesser, nye materialer og oparbejde en global styrkeposition med beskæftigelses- og eksportpotentiale. Ud over genanvendelse af byggeaffald er der også muligheder for byggebranchen i at udnytte restprodukter fra andre industrier som f.eks. fra biomasse.

Indeklimaet har betydning for sundhed og livskvalitet, indlæring og personlige præstationer. Godt indeklima er dermed en væsentlig byggeteknisk udfordring og værdiparameter. Indeklimaets kvalitet afhænger af de miljøfaktorer, der påvirker os (luft, fugt, varme, dagslys, støj, partikler og kemiske stoffer) i og omkring vore bygninger, af de teknologier vi udvikler til sikring af indeklimaet samt af individuel brugeradfærd. Ændringer i materialer og krav til adfærd må implementeres og formidles gennem arkitektur, bygningsudformning, indretning og belysning, og helhedsorienterede løsninger er afgørende såvel på boligområdet som på arbejdspladser, institutioner og ikke mindst hele pleje- og sundhedssektoren.

For at målsætningen om uafhængighed af fossile brændstoffer i 2050 kan realiseres, skal nybyggeri opfylde løbende regulatoriske krav, og den eksisterende bygningsmasse skal halvere energiforbruget og omlægge energiforsyningen. For at opfylde målsætningen er der ud over politiske og økonomiske initiativer teknologiske udviklingsbehov, f.eks. forbedrede teknologier til udnyttelse af vedvarende energikilder samt teknologier til fleksibel energiefterspørgsel i samspil med det samlede



energisystem. Overholdelse af krav til energiforbrug i dansk byggeri udfordrer indeklimaet. Udviklingen er dog sket under samtidig udvikling af teknologier og fokus på brugeradfærd for opretholdelse af sundt indeklima. Dette er registreret internationalt og er en dansk styrkeposition, som har eksportpotentiale.

Bygninger og infrastruktur udgør et samfunds fysiske rammer og er dermed afgørende forudsætninger for velfungerende land- og byområder. Herhjemme står vi over for udfordringer både i forhold til behovet for udvidelse af infrastrukturen og i forhold til vedligehold af den eksisterende infrastruktur og tilpasning til et forandret klima. Derudover står Danmark over for en ændring af anvendelsen af infrastrukturen med flere biler på vejene, biler med ny teknologi, nye drivmidler samt mere intelligent styring af trafikafvikling, som vil kræve nye teknologiske løsninger til både materialer og konstruktioner.

Byer er af stor betydning for moderne samfund. Gennem de seneste årtier er verdens byer vokset eksplosivt og mere end halvdelen af Jordens befolkning lever i dag i byer. I 2014 var tallet 3,9 milliarder, og det forventes at vokse til 6,3 milliarder i 2050. Urbaniseringen rummer en række muligheder, men sætter også pres på byområderne med trafikproblemer, miljø- og ressourcebelastning, plads- og bolig-mangel, behovet for rekreative områder, ændrede livsformer mv. Det gælder byer i vækst, men også byer som er under omdannelse eller ligefrem i tilbagegang, og de fleste byer søger at revitalisere deres bykerner pga. internethandel og ligger i hård indbyrdes konkurrence gennem bybranding, kulturtilbud og bymiljø. På tværs af storbyer og små bysamfund er der også udfordringer i forhold til bosætningsmønstre, erhvervsudvikling, klimatilpasning og byplanlægning. Danske tilgange og løsninger er ofte rost og efterspurgt i udlandet, og danske byer er fremhævet, som blandt de allerbedste i verden at bo og leve. Problemstillingerne skal løses, hvis væksten i byerne skal opretholdes, hvis højtuddannet arbejdskraft skal kunne tiltrækkes, og hvis borgernes livskvalitet samtidig skal opretholdes og forbedres.

### Forskningsbehov

Der er overordnet behov for forskning, som kan bidrage til den fortsatte udvikling af bæredygtigt kvalitetsbyggeri med fokus på nye digitale teknologier, nye design- og produktionsmetoder, forretnings- og organisationsmodeller såvel som cirkulær ressourceeffektivitet, energieffektivisering, indeklima, adfærdsmønstre og rumlige organiseringer. Hertil kommer forskning, der kan bidrage til at forbedre funktionaliteten og holdbarheden af den fysiske infrastruktur til effektiv transport, forsyning mv. samt understøtte udviklingen af fremtidens byer, herunder borgerinddragelse, bymiljø og nye konstellationer af handel og kulturliv.

Tabel 1: Oversigt over forskningsbehov inden for bygninger, fysisk infrastruktur og byer

	Bygninger	Fysisk infrastruktur	Byer
Build 4.0 (digitalisering, teknologier som robot, drone, 3dprint og big data)	X	x	x, smart cities, big data mm
Cirkulær ressourceøkonomi	X	x	X
Indeklima	x, obs på specielle udfordringer ifm. renovering		
Energi	X		
Materialer	x, energieffektive, isolerende og	x, holdbare materialer	



	smarte materialer mm		
Klima	X	x	X

Tabel 1 giver en skematisk oversigt over emner, hvor der er forskningsbehov inden for de tre områder: Bygninger, fysisk infrastruktur og byer.

Forskningsbehovene retter sig mod at udnytte *Build4.0*, dvs. de digitale muligheder, der fremover vil omfatte alle processer ved samarbejde om produktion, design, opførelse og drift af byggeri og bygværker. Implementering fordrer standarder, der muliggør samspil på tværs af teknologier og på tværs af værdikæden i hele byggeriets levetid. Intelligente og energifleksible bygninger til optimeret drift, godt indeklima mv. vil basere sig på disse standarder.

Der er brug for viden om, hvordan de store mængder data (big data), som byggeriet og anvendelse af bygninger og infrastruktur genererer, anvendes til dels at optimere produktion, vedligehold samt brugen af bygninger og infrastruktur, dels til at udvikle nye services.

Forskningen kan f.eks. vedrøre intelligente processer, materialer og bygninger og anlæg, eksempelvis intelligente bygninger, der kan styre energiforbrug og indeklima, værktøjer for bygningsdrift, droner til bygningsundersøgelser og opmåling ved renovering, robotter, automation, 3D-print og Virtual Design and Construction (VDC) til at visualisere et byggeri fra design, over udførelse til drift og vedligehold og til at optimere produktionsprocessen.

For at fremme *circulær ressourceeffektivitet* i byggebranchen er der en række forskningsbehov. Det gælder genanvendelse, udsortering af farlige stoffer, udvikling og dokumentation af nye materialer med genanvendte materialer og metoder til identificering og udsortering af farlige stoffer. Det gælder også design af bygninger og materialer, så de lettere kan repareres, adskilles eller transformeres til nye anvendelsesformål, herunder fleksible bygninger med multifunktionelle formål. Hertil kommer behovet for mere viden om, hvordan totaløkonomi kan indarbejdes som afgørende parameter for at træffe beslutninger i byggeriet, og viden om, hvordan ressourceeffektive løsninger i byggeriet påvirker tid, pris og kvalitet i anlægs- og driftsfasen.

Forskningsindsatsen kan også fokusere på forretningsmodeller, herunder finansierings-, organisations- og ledelsesmodeller, på tværs af værdikæden f.eks. forretningsmodeller, der understøtter, hvordan affaldsmaterialer kan nyttiggøres og indgå i nye produkter.

Når det gælder *indeklima*, kan forskningsindsatsen rette fokus mod påvirkning fra partikler, temperaturforhold, CO<sub>2</sub>, dagslys og overophedning, mod bygningsdesign og byggeteknikker der er robuste over for brugeradfærd og mod materialers påvirkning af indeklimaet, herunder udvikling af nye materialer til at fremme godt indeklima. Endvidere er der brug for at identificere omkostningseffektive virkemidler til at fremme et bedre indeklima og komfort i bygninger med fokus på totalværdi både for nybyggeri og renovering. Hertil kommer behov for udvikling af dynamiske beregningstvæktøjer for indeklima og modeller for kvalificering, verificering og test af



godt indeklima samt mere viden om indeklimaets betydning for sundhed, trivsel, læring og produktivitet.

For at implementere og kvalificere teknologiske løsninger er det afgørende med forskning i såvel brugeradfærd som brugernes oplevelser af fysiske rammer og indeklima. Uanset om det gælder trivsel eller produktivitet, så betinges virkningen af en helhedsoplevelse af såvel funktion, æstetik og kulturel betydning. Danmark har haft en international styrkeposition indenfor velfærd i byggeri og byplan, men for at bevare den, må der forskes både i den eksisterende velfærdsarkitektur og i de ændrede betingelser, både politiske, sociale og kulturelle skred. Det øgede fokus på borger/bruger-inddragelse i såvel design- og planprocesser som kommunikation er også betinget af en større forskningsbaseret indsigt i brugeradfærd og -oplevelser.

Effektiv og intelligent anvendelse af *energi* er afgørende for at opnå en kraftig reduktion af energiforbruget i bygningsmassen. Forskningen kan have fokus på f.eks. dagslys og belysning, lavenergi-byggeri, indlejret energi i byggematerialer og -processer, dynamiske klimaskærme samt nedbringelse af energiforbruget i eksisterende bygninger. Herudover er der brug for viden om bygningers rolle i fremtidens energisystem, herunder bygningers rolle som producent af vedvarende energi og som lokale eller decentrale energilagre samt bygningers samspil med energisystemet.

Der er endelig behov for forskning i *materialer* og konstruktioner med endnu bedre holdbarhed, længere levetid og minimalt behov for vedligehold. Det gælder især til den fysiske infrastruktur, hvor kravene til holdbarhed er store, og hvor der er mange penge at spare ved at minimere vedligeholds- og driftsudgifter. F.eks. beton, hvor der efterspørges en levetid på 120 år, og hvor der mangler viden om korrosionsbaseret nedbrydning, herunder i nye betontyper med nye energieffektive cementer. Et andet eksempel er forskning i hightech-materialer til multifunktionel infrastruktur og transportsystemer, f.eks. belægningsmaterialer, som reagerer på forskelle i temperaturer og fugtigheder i luften, interaktivt lys, dynamiske overflader, indbygget sensorteknik og lysende vejstriber.

Hertil kommer forskning i vedligehold og reparation af fysisk infrastruktur, herunder analytisk baseret forståelse af veje og konstruktioners nedbrydning med henblik på teknisk og økonomisk optimering i et livscyklus perspektiv, og der er behov for at samoptimere assets for vej, bane og bro mv.

Forskningsbehovet knytter sig også til performance-based-design, projekterings- og udførelsesmetoder i 3D samt anvendelse af integrerede datamodeller, som bl.a. kan anvendes af entreprenørmaskiner under udførelse og bygherrer til drift.

Forskningsindsatsen kan endvidere fokusere på udnyttelse af infrastrukturen fx veje og pladser i forhold til *klimatilpasning*, fx forsinkelsesbassiner, nedsivningsmuligheder og reservoirs, på livscyklusanalyser og totaløkonomisk vurdering af infrastrukturløsninger i lyset af kommende klimaændringer, herunder vedligehold og drift, eller på infrastrukturens modstandsevne i forhold til klimaændringer.



Herudover kan forskningen bidrage til at nedbringe de negative miljømæssige konsekvenser, f.eks. i form af bedre infrastrukturplanlægning og omkostningseffektive metoder til at mindske støjgener og forurening.

I forhold til byudvikling er der brug for mere viden om bl.a. byers bæredygtighed, resiliens, bykvalitet og nye bosætningsmønstre, infrastruktur, logistik og transport, affaldshåndtering og genanvendelse, håndtering af klimaudfordringer i byområder samt integration af boliger og erhverv. Forskningen kan også sigte mod at udvikle metoder til by- og samfundsplanlægning, herunder smart cities, kobling af by- og regional planlægning samt risikostyring.

### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Forskningen skal være praksisnær og ske i samarbejde med byggesektoren, men skal samtidig have øje for langsigtede udviklingspotentialer. Byggesektoren er en fragmenteret sektor kendetegnet ved mange små og mellemstore aktører. Samarbejde mellem aktørerne i byggesektoren er derfor vigtigt, herunder samarbejdet mellem store virksomheder og SMV'er og mellem alle led i værdikæden - fra forsknings- og videninstitutioner, bygherrer over rådgivere, arkitekter og designere samt udførende til materialeleverandører og -producenter. Derudover er samspillet med offentlige myndigheder som kommuner, regioner og styrelser vigtigt.

Offentlige myndigheder og institutioner spiller en stor rolle for byggeriet både som normsætter, regeludsteder og efterspørger og har derved gode muligheder for at fremme innovative bud på nye løsninger baseret på den nyeste forskning.

Byggeriet er samtidig stærkt reguleret, og det er vigtigt, at standardisering og regeludmøntning og i nogle tilfælde offentlige myndigheder og institutioner er tænkt ind i forskningen bl.a. for at overkomme de barrierer og flaskehalse, der kan være for nye muligheder og implementeringen af resultater.

Det er for flere af de nævnte forskningsområder væsentligt, at der bliver skabt tværfagligt samarbejde mellem de traditionelle byggerelaterede forskningsmiljøer og andre forskningsmiljøer, der har spidskompetencer inden for eksempelvis robotter, droner, sensorer, materialeteknologi, miljø, klima, IT, sundhed, kultur, forretningsudvikling og samfundsforhold, herunder inddragelse af internationale aktører og forskningsprojekter under f.eks. EU's rammeprogram.

Forskningen skal trække på og samarbejde med stærke internationale miljøer og bør være udgangspunktet for nye former for tværfaglige uddannelser, fag, moduler og projekter på erhvervsuddannelses-, erhvervsakademi- og professionsuddannelser samt arkitekt og ingeniøruddannelsesområdet, som sikrer, at næste generations ansatte i sektoren er klædt på til at anvende nye digitale metoder inden for byggeriet.

Ikke mindst hvad angår byudvikling er der behov for et tværvideenskabeligt samarbejde mellem en række danske forskningsmiljøer, hvor også f.eks. byggeriet og teknologiske virksomheder samt kommunale og andre offentlige instanser inddrages.



I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til forslaget på ”Dansk Roadap for Forskningsinfrastruktur 2015 ” som Danish Facility for Imaging with X-rays – DANFIX og FiberLab – Nyt Fiberkomposit Laboratorium.

### **Danske forudsætninger**

Der er stærke danske forskningsmiljøer, der tilsammen dækker de tekniske og erhvervsrettede forskningsfelter, og som desuden har relevante internationale samarbejdspartnere og et stærkt samspil med virksomhederne og myndighederne i sektoren. Danmark har også en internationalt anerkendt styrkeposition inden for energi-effektivt kvalitetsbyggeri, som danner et godt afsæt for at udbygge en bredere styrkeposition inden for ressourceeffektivt byggeri, og har samtidig meget viden om indeklima. Bygherrer og brugere stiller høje krav og danske løsninger er efterspurgt på verdensmarkedet.

Inden for byggesektoren eksisterer forskellige faglige og tværgående innovationsmiljøer og -netværk med medlemmer fra hele Danmark og fra alle dele i byggeriets værdikæde, og bygge- og anlægssektoren introducerer i stigende grad nye produkter og processer.

Byggebranchen i Danmark har et godt samarbejde på tværs af faggrænser, og der er konsensus om udvikling af langsigtede rammebetingelser, der ofte bringer de danske virksomheder på forkant med den internationale udvikling, ligesom det generelt set gør Danmark til forgangland, på f.eks. energi og indeklima. Denne platform er afgørende i forhold til forskning i nye materialer og løsninger.

Mange danske rådgivende ingeniører er i dag ansat i udlandet, og danske arkitekter tegner og bygger i hele verden. Danske producenter af byggematerialer er internationalt anerkendte og leder på flere områder udviklingen inden for deres respektive felter.

Danmark er et foregangsland, når det kommer til intelligent byggeri, primært båret af et samarbejde, hvor der udvikles fælles klassifikationer og forretningsmæssige forudsætninger for digitalt samarbejde udvikles og båret af flere danske forskningsinstitutioner- og centre, som bidrager til viden om intelligente løsninger i byggeriet. Disse institutioner er i deres arbejde med formgivning orienteret både mod it-teknologi og mod det ingeniørfaglige, humanistiske og antropologiske. Derudover er mange danske rådgivnings- og producentvirksomheder beskæftiget inden for feltet.

Det er en specifik dansk styrkeposition, at der i byggesektoren er konsensus om nødvendigheden af fælles standarder for samarbejde og kommunikation. Denne styrkeposition skal udnyttes som springbræt for sektorens digitale udvikling.

Forskning i fysisk infrastruktur er i dag begrænset. Der er mindre miljøer rundt omkring på universiteterne, på GTS-institutter og hos myndigheder, men bygge- og anlægsbranchen efterspørger mere forskning og uddannelse på området.

Der er i Danmark en lang tradition for byplanlægning samt arkitektur og design baseret på bl.a. brugerforståelse, materialekendskab, funktionalitet og æstetik. Sam-



menlignet med mange andre lande er Danmark også langt fremme inden for forskning i og etableringen af bæredygtige byer og helhedsorienteret byplanlægning. Danmark har en god mulighed for at sætte sig i front i forhold til udvikling af Smart City-løsninger. Der er et stort potentiale for at udvikle Smart City-løsninger givet Danmarks erhvervsstruktur, der tæller større og internationalt førende virksomheder inden for energi og miljøsektoren, arkitekt- og rådgivende ingeniørfirmaer samt adskillige større og mindre software virksomheder. Indtil flere danske byer og regioner har også udformet Smart City strategier, og der er en voksende bevilgning for betydningen af sådanne tiltag både nationalt og regionalt, og der er taget initiativ til deltagelse i EU-finansierede fyrtårnsprojekter inden for Smart City-området. Større danske byer figurerer også allerede i toppen af diverse Smart City-ranglister og er efterspurgt samarbejdspartnere internationalt.

Der er væsentlige eksisterende såvel som kommende forskningsinfrastrukturer som f.eks. ESS, European XFEL, ESRF og MAX IV, som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, herunder forskning i nye materialer. Disse har alle potentialet til at medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings-, udviklings- og demonstrationsaktiviteter inden for udvikling af materialer til fremtidens bygninger på højt internationalt niveau.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Målet er, at indsatsen skal bidrage til værdiskabelse og den helt nødvendige produktivitetsovergang i byggeriet. Perspektiverne er en fortsat styrkelse af Danmarks konkurrencekraft og branding på det internationale marked, hvor Danmark i forvejen har godt fat på udvalgte styrkepositioner som bygningskomponenter, rådgivning og arkitektur.

En prioritering af området har potentialet til at føre til markante effekter både for samfundet og for sektoren. Det drejer sig om merværdi for samfundets investeringer, hvor en øget produktivitet og et lavt omkostningsniveau kan bidrage til vækst og beskæftigelse og til at bevare værdien af de mange milliarder, der er bundet i bygninger og infrastruktur.

Forskningsindsatsen kan give et væsentligt bidrag til, at Danmark kan opfylde sine energimål ved at reducere energiforbruget i bygninger og via cirkulær ressourceøkonomi til at mindske affaldsmængderne og ressourceforbruget. Indsatsen byder også ind med bud på klimaudfordringerne ved at klimaoptimere bygninger og bidrage med løsninger på stormflod, skybrud og oversvømmelser. Da vi opholder os i bygninger 21 ud af døgnets 24 timer er sunde og funktionelle bygninger desuden afgørende for bedre læring, bedre arbejdsmiljø og mindre sygdom.

Byggesektoren opererer i et traditionelt hjemmemarked, men der er virksomheder med internationale styrkepositioner med eksport af produkter, løsninger og viden. Dette omfatter blandt andet løsninger til energibesparende bygninger, arkitektur, anvendelse af digitale værktøjer og projektering og udførelse af større infrastrukturprojekter. En forskningsindsats skal styrke og øge den eksisterende eksportsucces, både for enkelt virksomheder, men også som systemeksport, hvor flere virksomheder samarbejder. Samtidig er internationale samarbejder med til at opbygge





og udvikle kompetencer, der bidrager positivt til konkurrenceevnen både for den enkelte virksomhed og sektoren.

I relation til byudvikling er der betydelige økonomiske, miljømæssige og velfærdsmæssige gevinster ved at finde nye smarte løsninger på udfordringer med bl.a. trængsel, forurening, boligmangel mv. Danmark kan blive et foregangsland, hvad angår udvikling af fleksible, bæredygtige og effektive løsninger på fremtidens udfordringer i byen, som vil kunne eksporteres. Endelig er temaet knyttet til FN's 11. bæredygtigheds mål om at gøre byer og bebyggelser inklusive, sikre, modstands- og bæredygtige og kan være et medvirkende dansk bidrag til FN's United Smart Cities (USC) initiativ.



## 5. Konkurrencedygtige vandteknologier og -løsninger

### Resumé

I store dele af verden vokser efterspørgslen og presset på vandressourcer i takt med den økonomiske udvikling, den stigende produktion, det voksende forbrug, væksten i befolkningen og de globale forandringer i klimaet. Samtidig stilles der stadigt større krav om bedre vandkvalitet, ressourceeffektivitet, genanvendelighed og reduktion af sundhedsskadelige stoffer. Strategiske investeringer i forskning inden for *konkurrencedygtige vandteknologier og -løsninger* skal derfor understøtte udviklingen af globalt konkurrencedygtige vandteknologier og -løsninger, som kan bidrage til en sikker vandforsyning, et bedre miljø og sundhed både nationalt og globalt.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

#### *Globale udfordringer*

De globale vandressourcer er under pres. Vand indgår som en vigtig faktor i landbrugsproduktionen, aquakultur, energisektoren, naturen samt i den klassiske vandforsyning til husholdninger. Udover at være livsgrundlag for mennesker og økosystemer, fungerer vandressourcer også som transportvej, ligesom vandressourcer kan anvendes til rekreative formål og til marinproduktion.

Med vedtagelsen af FN's mål for bæredygtig udvikling under Generalforsamlingen i efteråret 2016 har vandområdet fået sit eget mål, ligesom vand indgår i indfrielsen af flere andre af FN's mål for bæredygtig udvikling.

Fremtiden byder på store udfordringer på vandområdet. Dette skyldes bl.a. den globale befolkningsvækst, stigende urbanisering og stigende velstand, som til sammen medfører øget forbrug og produktion samt en vækst i efterspørgslen efter brugs- og drikkevand, rekreativt vand og i behovet for sikker håndtering af spildevand. Det øgede globale vandforbrug, betyder, kombineret med en øget forurening af vandressourcen og konsekvenserne af klimaforandringerne, som bl.a. påvirker vand i bred forstand og vandets kredsløb i form af tørke, oversvømmelser, indtrængning af saltvand, afsmeltning af gletchere, ændret grundvandsdannelse, vandføring i vandløb mv., at der mange steder er kritisk mangel på adgang til rent vand. World Economic Forum har således konkluderet, at stabil, sikker og bæredygtig vandforsyning til verdens befolkninger udgør den største globale trussel de næste 10 år.

Også i industrien er vand en uundværlig ressource, og her betragtes risikoen for mangel på vand, som en af de væsentligste barrierer for vækst i de kommende ti år. Vandeffektivisering vil derfor være af afgørende betydning for konkurrenceevnen i industrien fremadrettet (Global Risks 2015: World Economic Forum, CDP Global Water Report 2014.). Desuden er vandorganisationer over hele kloden ved at erklære den samlede vand-energi-fødevarer-nexus som et samlet grundlag for den fremadrettede indsats for et livsgrundlag for jordens befolkning.

#### *Udfordringer i Danmark*



De centrale udfordringer, som Danmark står overfor på vandområdet, er relateret til samspillet mellem vand-, energi- og fødevarer-systemer, en øget miljømæssig påvirkning af grundvand og vandløb fra forbrugere, industri og landbrug, energiforbrug og udledning af klimagasser samt klimaforandringer.

I Danmark baseres drikkevandet på rent grundvand og minimal rensning. Men denne praksis er udfordret af en øget forureningstrussel, herunder fra bl.a. næringsstoffer, uorganiske sporstoffer, pesticider samt lokaliteter med jordforurening fra ældre olietanke, benzinstationer og industri. Mikroplast, medicinrester, industrikemikalier, hormonforstyrrende stoffer og nanopartikler, som stammer fra både naturlige og antropogene kilder belaster i stigende grad spildevandet (se også tema om "Globale og lokale sundhedstrusler"). Derfor kan visse grundvandsressourcer fremadrettet skulle renses via f.eks. aktiv kul filtrering. Herudover er det sandsynligt, at nye forureningstrusler erkendes som et resultat af den fremtidige forskning.

Danmark står, som alle andre lande, over for store samfundsmæssige udfordringer i spændingsfeltet mellem effektiv fødevarerproduktion og et godt vandmiljø. Der er behov for at finde løsninger, der både kan tilgodese landbrugserhvervets behov for at drive rentabelt landbrug og samtidig sikrer et godt vandmiljø samt opfyldelse af kravene i EU's Vandrammedirektiv, Nitratdirektiv og Grundvandsdirektiv. Endvidere vil en forestående opdatering af EU's drikkevandsdirektiv og byspildevandsdirektiv, med sigte på en fremtidig ansvarlig ressourceforvaltning i Europa, skabe behov for fortsat udvikling af vandsektoren og dens løsninger.

Klimaændringer kan allerede ses mange steder, fx i form af øget hyppighed af voldsomme skybrud om sommeren og længerevarende regnperioder om vinteren, som påvirker byområder i form af oversvømmelser af bygninger, veje og overløb fra spildevandssystemer, som fx forringer badevandskvaliteten. Klimaændringerne skaber også udfordringer i forhold til oversvømmelser af landbrugs- og byområder, tørrere somre med øget vandingsbehov, klimagenereret øget udvaskning af næringsstoffer mv. Samtidig vil stigende vandstand i havene give anledning til saltvandsindtrængning i kystnære grundvandsmagasiner og oversvømmelser af lavtliggende byområder ved kysten.

Som for resten af verden udgør spildevandsrensning også i Danmark en udfordring i relation til udledning af klimagasser, såsom metan og lattergas. Spildevandet kan dog også byde på løsninger i forhold til energi- og klima udfordringer.

Endelig har Danmark et stort havområde, som bidrager økonomisk, kulturelt og økologisk til det danske samfund. Havet udnyttes til produktion af fødevarer og energi, til transport og til turisme. Men havet byder også på uudnyttede muligheder i forhold til bl.a. produktion af protein, lipider, polysaccharider og plantemateriale/tang. (Se også tema om "Bioressourcer – fødevarer, ingredienser og andre biologiske produkter")

Hovedudfordringen inden for temaet er at skabe og omsætte viden om store globale og nationale udfordringer vedrørende vand til konkurrencedygtige teknologier og løsninger, der kan bidrage til en sikker vandforsyning, et bedre miljø og sundhed samt eksport og vækst på den cirkulære økonomis vilkår.



### **Forskningsbehov**

Forskningsbehovene retter sig mod at udvikle nye løsninger og teknologier på baggrund af ny viden om vandressourcer, herunder om overvågning, anvendelsesmuligheder, vandbesparelse, sårbarhed/ beskyttelse, forureningstrusler, forholdet mellem vand og sundhed mv. Det er væsentligt, at de nye løsninger og teknologier understøttes af beslutningsredskaber, der tydeliggør omkostninger og gevinster ved implementering af forskellige løsninger. Forskningen vil også kunne adressere spørgsmål som, hvordan rammer for strategisk bæredygtig ledelse kan styrkes, og hvordan mulige tværsektorielle samarbejder og offentlig-privat samarbejde kan understøtte udviklingen.

#### *Vand i den cirkulære økonomi*

Der knytter sig en række forskningsbehov til vand som ressource i den cirkulære økonomi. Al vandforsyning i Danmark er baseret på rent grundvand, men der findes også andre vandtyper såsom regnvand, lettere forurenede grundvand, recirkuleret spildevand, afsaltet vand og overfladevand, som kan omdannes og finde nye anvendelsesmuligheder i vandforsyningen. Der er behov for forskning i anvendelse og behandling af forskellige vandtyper med forskellig kvalitet. Der er bl.a. behov for bæredygtige og omkostningseffektive teknologier til vandbehandling, omformatering af forskellige typer vand og vandgenbrug i industrielle processer og i husholdninger. Det kan fx være en omformatering af forurenede grund- og drikkevand til drikkevandsformål, omformatering af overløbsvand inden udledning til vandløb samt rensning af vand fra husholdninger, hospitaler, landbrug og produktion. Der er til disse formål bl.a. behov for forskning i avanceret fysiske-kemiske metoder og biologiske processer.

Væsentlige forskningsbehov knytter sig desuden til, hvordan vandressourcer kan beskyttes, både hvad angår kvalitet og kvantitet. Der kan her være behov for forskning i fx teknologier, metoder og strategier til identificering af vandbesparelsesmuligheder, begrænsning af vandspild i forsyning og produktion og til at sikre en større styring af vandefterspørgslen inden for de store vandforbrugende sektorer som: landbrug, fødevarer, farmaceutisk industri, papir, olie & gas, tekstil, energiproduktion, og private husholdninger. Der kan i den forbindelse bl.a. være behov for forskning i sensorer, radar, satellitter og intelligente styringssystemer til brug for overvågning af vandressourcer, vandkvalitet og vandforbrug. Det kan ligeledes være behov for forskning i nye materialetyper.

Forskningsbehovet retter sig desuden mod udvikling af effektive incitamenter, styringsredskaber, organisations-, finansierings- og ledelsesformer- og redskaber, som for at understøtte udviklingen af den cirkulære økonomi, kan anvendes på tværs af eksisterende sektorer, og bidrage til at reducere forbrug og øge genbruget af vand i de store vandforbrugende industriers produktion.

#### *Vandet i byen*

Der er som følge af en stigende urbanisering, hyppigere oversvømmelser og forurening af vandløb i byerne et behov for at sætte fokus på forskning i vandkredsløbet og vandkvaliteten i byerne. Det er nødvendigt at skabe viden om, hvordan forskellige renseteknologier kan tilpasses bybilledet, så de tjener rekreative formål. Behovet kan fx dække forskning i byers form, funktion og geologi, implementering af principper for planlægning og styring af vandets vej gennem byen og udvikling af



produkter, materialer og løsninger, som tilgodeser både klimatilpasning og naturhensyn. Samtidig kan der være behov for en samlet systemisk tilgang til vandforsyningen fx i relation til krydsfelter, hvor vandforsyning og -kvalitet og afledning skal fungere sammen med andre bæredygtighedstiltag i byernes infrastruktur og i forhold til vurderinger af velfærdsøkonomiske omkostninger og gevinster i forskellige bæredygtige løsninger og vandinfrastrukturprojekter. Der kan i den sammenhæng bl.a. være behov for udvikling af beslutningsredskaber, der understøtter sådanne systemiske tilgange.

#### *Vandet i det åbne land*

Forskningsbehovene knyttet til vandet i det åbne land dækker behov for mere nøjagtige beregningsværktøjer til beskrivelse af effekter af de menneskeskabte påvirkninger af vandets kredsløb og kvalitet i det åbne land fx som følge af oppumpning fra grundvandsmagasiner, dræning med grøfter og drænrør, markvanding samt ændringer i arealanvendelse og landbrugspraksis. Der kan samtidig være behov for mere viden om samspillet mellem de menneskabte ændringer og effekter af klimaændringer samt værktøjer til at sammenholde ikke umiddelbart sammenlignelige risici (nitratudvaskning og drivhusgasemission), herunder hvordan vand både kan betragtes som en ressource og som en risikofaktor, der kan forstyrre landbrugs- og fødevarerproduktionen.

Forskningen kan også sigte mod udvikling af bedre metoder til detaljeret kortlægning og modellering af de strukturelle geologiske forhold og betydningen for grundvandsstrømning og transport af stoffer. Dette er væsentligt i forhold til løsning af mange samfundsmæssige problemstillinger, fx i forhold til varmelagring i jorden, udpegnings af robuste/følsomme landbrugs- og naturarealer med hensyn til omsætning af næringsstoffer og pesticider samt modellering af vandets og kemiske stoffers kredsløb.

Der er derudover behov for at udvikle holistiske metodikker, der kan sammenkoble miljøhensyn og regulering af forskellige vandmedier. Dette kan ske ved at udvikle metodikker, der kan sammenkoble fx agronomisk, hydrologisk, geologisk og geokemisk viden om næringsstoffer, pesticider og andre forureningsstoffers skæbne i vandkredsløbet i forhold til beskyttelseskrav af grundvand, vandløb, søer, fjorde og det marine miljø.

#### *Havet, kysten og søer*

I forhold til havet, kysten og søer er der behov for bedre viden om forekomst af kemikalier i miljøet, herunder med henblik på at vurdere population- og økosystempåvirkningen, identificere de faktorer, der kan påvirke beskyttelsen af grundvandet samt kvantificere betydningen af den historiske anvendelse af kemikalier på den nuværende miljø- og naturtilstand mv. Der kan i den sammenhæng være behov for modelleringsværktøjer, der kan belyse, beskrive og forudsige, hvordan forskellige underliggende faktorer (f.eks. miljøfremmede stoffer, klimaændringer, naturlig variation i biotiske og abiotiske faktorer) interagerer og påvirker økosystemet (f.eks. fiskebestandens størrelse). Dette arbejde vil endvidere bidrage til at kvalificere den danske indsats med at udarbejde havplaner som følge af EU's regulering herom.

**Kommenterede [ATV2]:** ATV vil foreslå, at dette afsnit suppleres med mulighederne i dataindsamling gennemført af borgere og lokale interessenter (citizen data collection) med brug af nye sensorer og informationsteknologi, herunder behovet for at udvikle nye metodikker og værktøjer (billige sensorer og apps til smartphones) som kan understøtte denne dataindsamling.



For at kunne udvikle produktion på land, er det også væsentligt, at der findes omkostningseffektive virkemidler, der bidrager til god økologisk og biologisk tilstand i de marine områder samt til genopretning af økokredsløb/biodiversitet. Forskningsindsatsen kan fx rette sig mod havets fysiske, kemiske, geologiske og biologiske egenskaber, havet som mineral- og fødevareressource, som recipient, transportvej, energikilde og som rekreativt område. Forskningen kan i bred forstand rette sig mod at skabe viden om menneskets udnyttelse og påvirkning af havet, herunder klimaændringer og klimatilpasning. Der kan også være behov for forskning i teknologier, der kan bidrage til at reducere forureningen af det marine miljø med næringsstoffer, miljøskadelige kemikalier og mikrofauna (herunder invasive arter).

Der ligger samtidig et større forskningsarbejde i selve implementeringen af monitoreringen, dvs. og at udvikle systemer og beslutningsprocedurer, der gør, at monitoreringsresultaterne hurtigt og effektivt indgår i forvaltningen. Adaptiv regulering, altså tilpasningsdygtig regulering, vil være et nøglekoncept her, således at monitorering direkte føder ind.

#### *Teknologi og modeller, IKT til styring, monitorering og varsling*

Der er behov for udvikling af ny teknologi og modeller, herunder landbaserede, luftbårne og selvkalibrerende sensorer til måling af hydrologiske variable (nedbør, fordampning, jordfugtighed, grundvandsdannelse, udveksling mellem grundvand og overfladevand, vandløbsafstrømning, havmiljø osv.) og kvalitet. Dette skal understøtte bedre drift og styring af komplicerede anlæg og bidrage til bedre planlægning.

Der kan desuden være behov for forskning i moderne vandkvalitetskoncepter, der udnytter state-of-the art analytiske platforme, sensorer og informationssystemer om, hvilke naturlige og antropogene stoffer, der er i omløb, hvordan disse påvirker levende organismer, og hvordan det undgås at vandet kommer i kontakt med skadelige stoffer. (Se tema om "Globale og lokale sundhedstrusler).

Der er også behov for udvikling af værktøjer, der integrerer data fra monitoreringsprogrammer, satellitter og databaser med de eksisterende geologiske og hydrologiske modeller samt at udvikle nye IT-applikationer til at understøtte lokale og centrale beslutninger i relation til vandforvaltning og varsling. Det kan fx være udvikling af mere nøjagtige offentligt tilgængelige prognoser af hele vandkredsløbet i Danmark, herunder vejr (temperatur, vind, nedbør m.v.), grundvandsforhold, vandløbsafstrømning, oversvømmelser, mv. Samtidig er der behov for at udvikle nye metodikker og værktøjer til integration af data fra privat og offentlig monitorering.

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Forskningsindsatsen skal i vidt omfang foregå i tæt samarbejde mellem de offentlige forskningsinstitutioner og erhvervslivet. Grønne løsninger er ofte komplekse og forudsætter samarbejde på tværs af sektorer, fagområder og værdikæder.

Det er i høj grad erhvervslivet, der skal udvikle, producere og sælge vandløsnings-erne, men løsningerne er ofte komplekse og kræver nye frontteknologi, hvilket kræver, at erhvervslivet har mulighed for at trække på forskningskompetencer på



de offentlige forskningsinstitutioner. Der er derfor behov for stærke forskningsmiljøer på forskningsinstitutionerne. Universiteterne skal desuden sikre gode undervisningsmiljøer, og dermed uddannede kandidater og ph.d'er med relevante forskningskompetencer inden for området.

Skal forskningen inden for vandområdet nå nye højder, kan det være væsentligt at støtte udviklingen af innovationskonsortier mellem virksomheder, myndigheder og forskningsinstitutioner, som er centreret om konkrete udviklings- og demonstrationsprojekter med et veldefineret markedssigte. Store demonstrationsprojekter kan desuden fungere som udstillingsvinduer for grønne danske løsninger i udlandet.

På samme måde kan det også være relevant at understøtte partnerskaber mellem myndigheder, producenter og brugere af grønne løsninger samt forskere og hermed skabe en god ramme for dialog og innovation. . Danske aktører kan med fordel udnytte EU's jordmonitoreringsprogram Copernicus, der bl.a. har stort fokus på vandressourcer.

Fremtidens samfundsmæssige løsninger på udfordringer indenfor f.eks. klimaforandring, vand, ressourcer og biodiversitet fordrer en systemisk tænkning og brede bæredygtighedsvurderinger, så det sikres, at der ikke opstår 'grønne paradokser' hvor løsning af ét miljøproblem fører til miljøudfordring andetsteds i systemet. Visionerne for den cirkulære økonomi bør være bærende også for vandforskningsområdet.

Endelig er der behov for et fokus på at sikre, at virksomhedernes forsknings- og innovationsindsats tænkes sammen med udviklingen af lovgivning og politik, der er på området, herunder også på EU-niveau, da disse er afgørende for, at de udviklede løsninger kan sælges. Og det er vigtigt, at miljøreguleringen løbende udformes, så den er forskningsmæssigt understøttet af viden fra f.eks. Copernicus og samtidig understøtter de grønne innovationspotentialer, der bliver udviklet i allerede etablerede såvel som nyetablerede virksomheder.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til forslag på "Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015" som HydroObs – Agrohydrologiske og hydro-biokemiske observatorier.

### **Danske forudsætninger**

Vandområdet er relativt set et stort forskningsområde i Danmark. De danske styrkepositioner er primært knyttet til de områder, der har været i fokus for den danske vandmiljøindsats de sidste 40 år. Danmark har således styrkepositioner inden for bl.a. grundvandsbeskyttelse, vandbesparelser og vandspild, spildevandsrensning, forståelsen af uønskede stoffers skæbne i vandmiljøet, tab af næringsstoffer fra landbrug og akvakultur, håndtering af oversvømmelser og kysterosion samt naturgenopretning af vandløb, søer og fjorde.

Når det handler om udvikling af miljøteknologiske løsninger, har danske virksomheder skabt en række nye løsninger, som har bragt Danmark i front på markedet for miljøteknologi. Det drejer sig bl.a. om løsninger, der opgraderer spildevandsrensaneanlæg til ressource- og energifabrikker, avanceret rensning af særlige spildevands-



vandsfraktioner inkl. mikroplast og medicinrester og rensning af skibenes ballastvand. Det drejer sig desuden om intelligent styring af spildevandssystemet, automatisk IKT-baseret styring og overvågning af vandforsyningssystemet med fokus på realtidskontrol af drikkevandskvaliteten og reduktion af vandspild og energiforbrug, samt løsninger der reducerer fødevarerindustriens vandforbrug inkl. det vandløse mejeri.

De danske styrkepositioner fremgår bl.a. af, at Danmark er et af de lande i Europa, der har den største eksport af vandteknologi pr. indbygger, ved at danske virksomheder udtager flere vandrelaterede patenter pr. indbygger end noget andet land, og ved at Danmark har førende forskere, teknologiproducenter, rådgivere og entreprenører på vandområdet.

### **Mål, effekt og perspektiver**

En strategisk forskningsindsats skal først og fremmest bidrage til udvikling af nye effektive, ressourcebesparende og globalt konkurrencedygtige vandteknologier- og løsninger, som kan udgøre forudsætningen for, at der kan findes praktiske, blivende løsninger på de store samfundsmæssige udfordringer på vandområdet ift. fx. den voksende efterspørgsel efter vand, næringsstofudledning, grundvandsbeskyttelse, klimatilpasning og cirkulær økonomi og samtidig styrke den i forvejen store danske eksport på vandområdet. Der skal bl.a. udvikles løsninger, der kan gøre danske virksomheders miljø- og ressourceindsats mere omkostningseffektiv fx produktionsvirksomhederne og bidrage til at holde dansk miljøteknologi i front, da dette er en forudsætning for at kunne eksportere dansk udviklede/producerede løsninger.

Det globale marked for vandbehandlingsteknologi til rensning og – i stigende grad – genbrug af grundvand, overfladevand, industrielt procesvand og spildevand estimeres af Global Water Intelligence (Global Water Market 2014) til: Vandforsyningsinfrastruktur 96 mia. USD, spildevandsinfrastruktur 100 mia. USD, industriens vand og spildevand 17 mia. USD. Der forventes en årlig vækst i markedet på 5-6 pct. Danske virksomheder og forskningsinstitutioner kan noget ganske særligt inden for vand, og de globale udfordringer omkring vandressourcen og håndtering af vand skaber således store muligheder for dansk eksport, vækst og beskæftigelse.

Vandbranchen (Forsyninger, teknologiproducenter, rådgivere mm.) har sammen med Miljø- og Fødevarerministeren opstillet en vision om at fordoble den danske vandteknologiekspert frem mod 2025, og samtidig sætte fokus på innovation i nye og bedre metoder. Solid dansk forskning er en forudsætning for at nå denne vision.

Markedssegmentet udgør ca. 200 danske virksomheder, hovedsageligt SMV'er, som i dag har en samlet eksport på ca. 15 mia. kr.





## 6. Konkurrencedygtige miljøteknologier og bæredygtig ressourceudnyttelse

### Resumé

Strategiske investeringer i forskning skal bidrage til at udvikle nye, globalt konkurrencedygtige miljøeffektive teknologier og løsninger, som kan bidrage til et bedre miljø, bedre sundhed, en bæredygtig ressourceudnyttelse, til omstillingen til en cirkulær økonomi – og til dansk vækst og beskæftigelse. Danmark har spidskompetencer indenfor udviklingen af grønne løsninger og har gode forudsætninger for at skabe værdi ud af strategiske forskningsinvesteringer på området.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Den globale befolkningsmæssige og økonomiske vækst sætter naturressourcer og miljø under pres. Udviklingen indebærer bl.a. en stadig stigende efterspørgsel efter metaller og andre mineralske råstoffer til forbrugsgoder, boliger, transport mv.

Vi er nået langt med at beskytte miljø og naturressourcer i Danmark, men globalt indebærer det voksende ressourceforbrug kombineret med en underinvestering i beskyttelse af natur og miljø, særligt i lande med mere begrænsede økonomiske ressourcer, omfattende forurening af jord, luft og vand, som medfører sygdom og tidligere død for mange mennesker. WHO skønner fx, at luftforurening hvert år medfører mere end 7 mio. for tidlige dødsfald på globalt niveau<sup>1</sup>. Langt de fleste dødsfald sker i vækstøkonomier som Kina og Indien. Færre sker i EU, hvor luftforurening dog fortsat fører til tidligere død for omkring 400.000 hvert år<sup>2</sup>.

Udfordringen knytter sig også til de mange nye kemiske forbindelser, materialer og produkter, som løbende introduceres på markedet, og som kan være skadelige for menneskers sundhed og trivsel og for naturen i bred forstand. I store dele af verden øges fokus på betydningen af et rent miljø for menneskers sundhed og trivsel og for naturen. Det betyder, at efterspørgslen efter tryghed, sikkerhed og sundhed omkring produktionssystemer, produkter mv. er i vækst, og i takt med den stigende velstand, vokser også viljen til at investere i bæredygtig ressourceudnyttelse og et renere miljø.

Dette kombineret med omkostningshensyn betyder, at der for virksomheder kan være særlige konkurrencefordele i at spare på ressourcerne, og i at deres produkter og produktion lever op til miljøkrav og det samfundsansvar, som efterspørges af såvel medarbejdere som forbrugere.

Et centralt fokus for dette tema er, hvordan forskning relateret til øget recirkulering, ressourceeffektiv produktion, kaskadeudnyttelse og genanvendelse med minimalt værditab, giver Danmark og danske virksomheder store muligheder ift. at bidrage til at løse de udfordringer, som Danmark og verden står overfor såvel som betydelige eksport- og vækstmuligheder i at omsætte viden om miljø og ressourceudnyttelse til globalt konkurrencedygtige teknologier og løsninger. Alt sammen til gavn for miljø, sundhed samt vækst, jobskabelse og konkurrenceevne.

<sup>1</sup> World Health Organization (2014), "Air Pollution Estimates".

<sup>2</sup> European Environment Agency (2015), "Air quality in Europe – 2015 report", s. 9.



### **Forskningsbehov**

Forskningsbehovene retter sig mod at opbygge grundlæggende viden om relevante miljøfaktorer til at udvikle nye, globalt konkurrencedygtige miljøeffektive teknologier og løsninger, som kan bidrage til en bæredygtig ressourceudnyttelse, bedre miljø og sundhed samt vækst og beskæftigelse i omstillingen til en cirkulær økonomi.

Med miljøeffektive teknologi menes alle teknologier, der er mindre miljøbelastende eller mere ressourceeffektive end eksisterende alternativer. Det er i den forbindelse væsentligt at sikre, at foreslåede miljøløsninger ikke blot flytter miljømæssige udfordringer til andre livscyklusstadier, andre udledningskategorier eller andre lande. Miljøteknologier dækker over teknologier til imødegåelse af ændringer i miljø og klima, teknologier til at mindske miljø- og sundhedspåvirkningerne fra menneskeskabte aktiviteter og teknologier til at mindske ressourceforbruget og skabe øget ressourceoptimering.

Det er væsentligt, at der udover forskning i nye miljøteknologier også forskes i metoder, processer og beslutningsredskaber, der understøtter en økonomisk forsvarlig udbredelse af disse. Det er samtidig væsentligt at forskningen i teknologier suppleres med viden om samfundsmæssige rammevilkår som fx regulering, organisations-, finansierings- og ledelsesmodeller, der muliggør realiseringen af nye forretnings- og forbrugermødelser samt tværgående værdikæder mellem eksisterende og nye aktører/sektorer i den cirkulære økonomi nationalt og på tværs af landegrænser.

#### *Ressourceudnyttelse, cirkulær økonomi og miljøeffektive løsninger*

Cirkulær økonomi berører mange sektorer, og der er behov for at tænke på tværs af produktcirklen fra produktdesign og produktionsprocesser, forbrug og genanvendelse, værdikæder og sektorer. Forskningsbehovene dækker bl.a. forskning i miljøeffektive teknologiske systemer, anlæg og andre løsninger til at øge genanvendelsen og nedbringe forbruget af materialer, minimere affaldsmængden, optimere produktionsprocesserne, forbedre logistikken og skabe mere miljøvenlige produkter, materialer og produktionsprocesser.

Der er generelt behov for forskning i, hvordan vi behandler eksisterende materialer og affaldsstrømme og får identificeret materialelækager, så materialekredsløbet lukkes. Der er fx behov for forskning i genanvendelse, omdannelse og opgradering af ressourcer/materialer og affaldsstrømme med fokus på at bevare gode stoffer samt materialer fra affald, samtidig med at ophobning af forureningsstoffer i nye produkter, der truer økosystemer, produktionsdyrs og menneskers sundhed mindskes og substitueres. Der er samtidig behov for forskning i nye bæredygtige materiale typer. Forskningsbehovene dækker bl.a. forskning i automatiske identifikations-, sorterings- og adskillelsesprocesser, som kan anvendes til at fremme af sekundære ressourcestrømme af høj værdi. Det gælder fx genindvinding af metaller og mineralske råstoffer fra affaldsforbrænding og spildevandsslam, herunder adskillelse af tekniske og biologiske næringsstofstrømme som en del af bioraffinering til højværdiprodukter, bioenergi og gødningsproduktion og fremstilling af kemiske forbindelser, polymerer, materialer og højværdiprodukter. Behovene dækker også forskning i mærknings- og identifikationsteknologier, sporbarhed mv.



Det er væsentligt at forskning i cirkulær økonomi er tæt integreret med praktisk afprøvning og demonstration af cirkulære løsninger og koncepter under realistiske forhold på markedet. Der skal øget fokus på tværgående forskning i cirkulær økonomi og særligt udvikling af nye forretningsmodeller og løsninger.

#### *Mineralske råstoffer i cirkulær økonomi*

Mineralske råstoffer er kendetegnet ved, at de ikke gendannes og ikke er uendelige. For at sikre at der også er råstoffer til fremtidige generationer, er det derfor nødvendigt at forske i, udvikle og implementere bæredygtige principper i alle mineralindustriens led. Der er i relation til Arktis/Grønland bl.a. behov for viden om teknologier, der kan medvirke til en effektiv og bæredygtig efterforskning i og udnyttelse af råstoffer, og som er tilpasset de særlige geografiske forhold, hvor forurening opstået ved råstofudnyttelse kan have katastrofal indflydelse på atmosfære og havmiljø. Der er herudover behov for forskning i avancerede 3D geologiske modeller og nye efterforskningsmetoder og -teknologier, specielt rettet mod dybereliggende forekomster end dem der brydes i dag. De primære råstoffer i Danmark, som særligt bruges til opbygning af infrastruktur, er et betydeligt uudnyttet eksportpotentiale; udnyttelsen af dette potentiale forudsætter at prioriteringer af arealanvendelsen sker i henhold til en langsigtet råstofstrategi og på baggrund af kortlægning af råstoffernes forekomst og områdets sårbarhed.

Generelt er der behov for øget effektivitet ved produktion af mineralske råstoffer med øje for anvendelse af de materialestrømme, der i dag betragtes som problematisk affald (tailings), genanvendelse af mineralske råstoffer og produkter samt nye anvendelsesområder/produkter for de forarbejdede råstoffer i mineralsektoren. Dette kræver fx forskning i materialestrømme, genanvendelsesmuligheder, nye bi-produkter og innovative forretningsmodeller.

Til at understøtte at nye gode løsninger implementeres og anvendes på optimal vis er der desuden behov for forskning i, hvordan rammer for strategisk bæredygtig ledelse kan styrkes og forbedres.

Endeligt er der behov for forskning i, hvordan lovgivning, regulativer eller økonomisk attraktive tiltag, ikke mindst i EU regi, i både den primære- og sekundære råstofsektor, kan understøtte bæredygtige principper og innovation i alle mineralindustriens led. Det er vigtigt, at miljøreguleringen løbende udformes, så den understøtter de grønne innovationspotentialer, der bliver udviklet i allerede etablerede såvel som nyetablerede virksomheder.

#### *Reduceret miljøbelastning fra industrien*

Forskningsbehovet dækker også reduktion af miljøbelastning fra industrien. Der er her behov for en udvikling af nye informations- og kommunikationsteknologiske løsninger samt videreudvikling af integrerede modeller for assimilation af nye typer af data, der giver mulighed for automatisk "online" overvågning af sammenhængen mellem produktion og forurening i industrien, så virksomheder kan koordinere produktionsprocessen med indsatsen for at beskytte mennesker, natur og miljø. Denne overvågning vil skulle integreres med de til- og fraløbende sidestrømme, som en given industri indgår i, så forureningsnedsættende tiltag ikke blot "eksporterer" forureningen. Der vil i forhold til miljøovervågning i industrien være store



organisatoriske og ledelsesmæssige krav på tværs af industrier og sektorer (den cirkulære økonomi i industri 4.0).

#### *Ren luft*

Der er behov for forskning i nye omkostningseffektive løsninger og teknologier, der kan bidrage til, at udledningen af klimagasser og luftforurening reduceres fx i form af rensning. Der er fx behov for udvikling af teknologier til håndtering af problemstillinger omkring udledning af partikler til det omgivende miljø, herunder partikelmåleteknologi. Dette gælder bl.a. inden for skibstransport og tung vejtransport, hvor luftforureningen er stor og barriererne for skift til renere drivmidler som el er størst.

Derudover giver omstillingen af energisektoren til produktion af mere vedvarende energi nye udfordringer med at begrænse luftforureningen fra de anlæg, der fyrer med fossile brændstoffer og/eller biomasse. Der er derfor behov for at udvikle forbrændings- renseteknologier- og løsninger til alle typer fyringsanlæg.

#### *Monitorering og måling af miljøkvalitet og biodiversitet*

Der er brug for ny viden og omkostningseffektive modelleringsværktøjer, monitoreringsstrategier og – teknologier, der kan belyse, beskrive og forudsige miljømæssige udfordringer bl.a. hvordan miljøfremmede stoffer, klimaændringer, naturlig variation i biotiske og abiotiske faktorer, interagerer og påvirker miljø, biodiversitet og samfundet, og hvad betydningen af den historiske anvendelse af kemikalier på den nuværende miljø- og naturstilstand er – herunder også i Arktis. I bedste fald vil dette kunne understøtte iværksættelse af afværgeforanstaltninger. Forskningen skal samtidig levere data, som gør det muligt at lave en målrettet miljøregulering, der fokuserer beskyttelsen, hvor naturen er sårbar og giver plads til udvikling, hvor den er robust.

Der vil fremadrettet blive behov for nye typer teknologier herunder sensorer på store og små satellitter og droner. Teknologierne kan bl.a. være nyttige inden for havmiljø, jordbundsforhold, geologi og luftkvalitet, samtidig kan de skabe en unik mulighed for at observere og monitorere forandringer - ikke mindst i de arktiske områder.

Endelig er der behov for forskning i at identificere de parametre, der skal monitoreres og i selve implementeringen af monitoreringen, dvs. udvikling af systemer og beslutningsprocedurer, der gør, at monitoringsresultaterne hurtigt og effektivt indgår i forvaltningen.

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Grønne løsninger er ofte komplekse og tværdisciplinære med snitflader til andre faglige områder som f.eks. landbrug, fødevarer, IKT, sundhed, turisme, transport, byggeri, energi, produktion og materialer. Disse karakteristika forudsætter tværvindskabelige samarbejder, et tæt samarbejde mellem erhvervsliv og forskning samt partnerskaber mellem myndigheder, virksomheder, forskere og brugere af grønne løsninger.



Der findes allerede en omfattende regulering, som understøtter udviklingen af en cirkulær økonomi herunder fx lov om miljøbeskyttelse, lov om naturbeskyttelse, lov om kemiske stoffer og produkter, lov om forurennet jord, EU's affaldsdirektiver, EU's regler for miljøgodkendelse af forurenende virksomheder (Industrial emission directive), Eco-designdirektivet, EU-forordningen om frivillig miljømærkning mv. En række af disse reguleringer giver ligeledes udfordringer for den cirkulære økonomi, da de ikke er udarbejdet med cirkulær økonomi i sigte.

EU-Kommissionen fremsatte i december 2015 en EU-handlingsplan "kredsløbet lukkes" for cirkulær økonomi. Handlingsplanen indeholder en række initiativer, der skal bidrage til omstillingen til en cirkulær økonomi. Med handlingsplanen blev også fremsat forslag til nye målsætninger for genanvendelse af affald samt initiativer, der skal fremme et marked for sekundære ressourcer.

### Danske forudsætninger

Danmark har et godt udgangspunkt for at være med til at udvikle fremtidens grønne løsninger<sup>3</sup>. Danmark har gennem mange år været frontløber, når det handler om at udvikle, bruge og eksportere grønne løsninger, og det har bragt en række danske virksomheder i den globale top ti. Samlet set har de danske spidskompetencer i forhold til grønne løsninger medført, at Danmark har en betydelig eksport af grøn teknologi, som udgør mellem 8 og 11 % af den samlede danske eksport. Miljøområdet matcher Danmarks generelle brand som et bæredygtigt og grønt samfund, der formår at kombinere miljøindsatser med økonomisk vækst.

Miljøområdet i Danmark er herudover kendetegnet ved stærke forskningskompetencer og industrielle nicheområder. Stærke faglige miljøer muliggør den synergi på tværs af fagområder, som er nødvendig for at udvikle løsninger inden for cirkulær økonomi. Danmark har derudover mange års erfaring med miljøledelse og incitamentsstrukturer, som understøtter klima- og miljømæssigt bæredygtige (dvs. økosystembevarende) ressourceforvaltningssystemer og produktions- og forbrugssystemer.

Danmark er desuden internationalt i front på en lang række områder i relation til cirkulær økonomi, herunder affaldshåndtering og -udnyttelse, genanvendelse af materialer, ressourceeffektivitet, biobaserede processer, byggematerialer, livscyklusvurdering, mv. Danmark er blandt de bedste i OECD til at nyttiggøre ressourcerne i affald: 66 pct. genanvendes, 27 pct. forbrændes og udnyttes til energi, og 5 pct. deponeres. Den høje genanvendelse i Danmark betyder bl.a., at Danmark hvert år kan eksportere genanvendte metaller for mellem 3 og 5 milliarder kr.

Danmark har lanceret to ressourcestrategier, som sætter rammerne for de aspekter af cirkulær økonomi, der er knyttet til dansk implementering af EU's affaldsdirektiver. Strategierne er desuden med til at sætte rammerne for kommunernes udarbejdelse af affaldsplaner.

<sup>3</sup>Når der henvises til "grønne løsninger" i dette tema, er det en fælles betegnelse for løsninger og teknologier, der på en bæredygtig og miljøeffektiv måde, løser miljø- og naturudfordringer, og som kan give borgere og virksomheder bedre redskaber til at levere deres bidrag til et bæredygtigt miljø.



Med hensyn til råstofeftersforskning og -udvinding har Danmark en særdeles stærk international forskningsmæssig position, der dækker geologiske forhold såvel som råstofressourcer i både Danmark og Grønland.

Danmark er samtidigt et relativt lille, teknologiorienteret og velreguleret land, hvilket muliggør kort afstand mellem forskning, udvikling og implementering. Danmark og Grønland udgør gode "fuldskala laboratorier" til udvikling og demonstration af nye teknologier på ressourceområdet. Samtidig har Danmark en række store, faglig stærke rådgivende firmaer, der er interesseret i at udvikle og teste nye koncepter og produkter og efterfølgende sælge viden internationalt.

Danmark har desuden en lang tradition for at lagre vores geo-, miljø- og sundhedsdata i nationale databaser og registre, som internationalt set giver helt enestående forskningsmuligheder i form af helhedsorienterede løsninger som inkluderer integrerede analyseværktøjer baseret på nationale databaser for både klima-, vand-, kemi-, geologi- og sundhedsdata.

Eksempler på områder hvor danske virksomheder er i front på markedet for miljø og ressourceløsninger er avanceret teknologi til rensning af røggas inkl. katalysatorer, partikelfiltre og "skrubbere", lavemissions teknologi til den maritime sektor, recirkulering af byggematerialer, asfalt mv., affaldsløsninger der understøtter den grønne omstilling af energisektoren, fuldautomatiske anlæg til sortering af plast, systemer til genanvendelse af flasker og glas, modulært produktdesign der letter adskillelse og recirkulering når produkterne er udtjente, service systemer der forlænger produkternes levetid, ikke toksisk træimpregnering, udfasning af industrielle drivhusgasser i køleanlæg mv.

Der er væsentlige eksisterende forskningsinfrastrukturer som f.eks. Global Biodiversity Information Facility (GBIF), som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, herunder forskning i biodiversitet, som har potentialet til at medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings-, udviklings- og demonstrationsaktiviteter inden for biodiversitet på højt internationalt niveau.

### **Mål, effekt og perspektiver**

En strategisk forskningsindsats skal først og fremmest understøtte omstilling til en cirkulær økonomi med en bæredygtig udnyttelse af biologiske såvel som mineraske ressourcer. Indsatsen skal bidrage til udvikling af nye effektive, ressourcebesparende og globalt konkurrencedygtige miljøløsninger og -teknologier og relevante organisations- og finansierings- og ledelsesmodeller. De vil udgøre forudsætningen for, at der kan findes praktiske, blivende løsninger på de store udfordringer inden for miljøområdet og samtidig forstærke den store danske eksport af grønne løsninger i form af teknologi og knowhow. Det styrker det danske brand, som et moderne grønt og omstillingsparat samfund, skaber job og vækst og sikrer for færre penge et bedre miljø i Danmark.

Forskningsindsatsen skal bidrage til at give Danmark og danske virksomheder en konkurrencemæssig fordel i en globaliseret verden med knaphed på ressourcer og samtidig forbedre miljø og sundhed i og omkring nationen. Miljømæssigt bæredygtige løsninger til udnyttelse af ressourcerne i samfundet er bydende nødvendige for



at sikre fremtidig konkurrenceevne og fortsat udvikling af samfundet. Internationalt set er der stor fokus på området. Tilvejebringelse af innovative og helhedsorienterede løsninger med dokumenterede effekter vil have meget store perspektiver i relation til job- og værdiskabelse i Danmark såvel som nedbringelse af klima- og miljøbelastningerne.

Danmarks potentiale i en cirkulær økonomi er belyst i en rapport fra Ellen MacArthur Foundation, som konkluderer, at Danmark ved en omstilling til cirkulær økonomi i 2035 kan opnå en stigning i BNP på 0,8–1,4 %, skabelse af 7.000–13.000 jobs, en stigning i nettoeksporten på 3–6 %, medføre en reduktion i Danmarks CO<sub>2</sub>-aftryk med 3–7 %, og 5–50 % reduktion i forbruget af nye ressourcer for udvalgte materialer. Samtidig vurderer en dansk rapport, at danske produktionsvirksomheder uden de store investeringer kan spare op til 21 mia. kr. årligt gennem øget ressourceeffektivitet.



## 7. Bioressourcer - fødevarer, ingredienser og andre biologiske produkter

### Resumé

Den globale efterspørgsel efter flere, bedre, sundere og mere ernæringsrigtige fødevarer, ingredienser og biomasse forventes at vokse betydeligt i de kommende årtier på grund af befolkningsvækst, stigende indkomstniveau, demografisk udvikling samt politiske ønsker om at erstatte fossile og mineralske materialer med biologiske materialer. Strategiske investeringer i forskning inden for *bioressourcer, herunder fødevarer, ingredienser og andre biologiske produkter*, skal understøtte en biobaseret økonomi gennem effektiv og konkurrencedygtig produktion af globalt efterspurgt sunde og ernæringsrigtige fødevarer samt andre biobaserede produkter, produktions- og procesteknologier og løsninger. Indsatsen skal bidrage til at øge råvaregrundlaget og fødevarereproduktionen, samtidig med at belastningen af miljø- og klima reduceres. Vi skal med andre ord kunne producere mere med mindre i fremtiden.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Fødevarerforsyning og bioressourcer / biomasse bliver en af fremtidens helt store udfordringer. FAO, OECD, Europa-Kommissionen m.fl. forventer, at den globale efterspørgsel efter biomasse til fødevarer, non-food og foder vil stige markant i de kommende år. Stigningen skyldes dels den fortsatte store befolkningsvækst, ikke mindst i Afrika og dele af Asien, men også det politiske ønske om at udnytte de industrielle muligheder for anvendelse af biomasse som erstatning for kul, olie og naturgas.

Alene den forventede globale befolkningsvækst til mere end 9 mia. mennesker forventes at øge efterspørgslen efter fødevarer med 60 % i 2050. Fødevarereproduktion belaster miljø og klima. Hertil kommer at adgangen til vand er en forudsætning for fødevarereproduktion, men at vandet er ulige fordelt og bliver det i endnu højere grad i fremtiden som følge af klimaændringerne. I samme lys forventes klimaændringerne at føre til betydelig variation og uforudsigelighed, hvad angår betingelserne for fødevarereproduktionen, i Europa og globalt. Fødevarereproduktionen står ifølge UNESCO for 70 % det samlede vand forbrug globalt set, og FN's klimapanel (IPCC) har påvist at ca. 25 procent af de samlede udledninger af drivhusgasser stammer fra landbrug, skovbrug og ændringer i arealanvendelsen. Ydermere tegner fødevarereproduktion sig for mere end 60 % af det biodiversitetstab, der i disse år finder sted. En del af den stigende efterspørgsel efter fødevarer retter sig også mod fisk og skaldyr, men trykket på fiskeribestandene er mange steder højt med risici for overfiskning, hvilket har ført til stor ekspansion i akvakulturproduktion på verdensplan. Akvakultursektoren har fortsat gode muligheder for ekspansion, men denne stigning har medført en stigende efterspørgsel efter fiskefoder, som stadig overvejende kommer fra fiskeprotein.

Udnyttelse af restprodukter og madspild er også kommet på dagsordenen. FAO skønner, at ca. 33 % af alle fødevarer på verdensplan i dag går til spilde. I ulandene sker dette i den første del af værdikæden. I de rige lande sker det i de sidste led i kæden særligt hos detailhandlen og hos forbrugerne.





Udover de store samfundsudfordringer, der ligger i at sikre de fremtidige behov for at imødekomme den sigende efterspørgsel efter biomasse til fødevarer og non-food, er der også de sundheds- og ernæringsmæssige aspekter. Ifølge WHO er ca. 795 mio. mennesker i dag underernærede og mere end 4 mia. mennesker lider af sygdomme med relation til kosten, såsom fedme, diabetes (type2), osteoporose, allergier, kræft mm. Den udbredte fejlnæring skyldes ikke mindst, at der globalt set er sket en ændring i udvalget og tilgængeligheden af fødevarer, som er blevet stadig større, samtidig med at flere er blevet mindre fysisk aktive. Dette skaber behov for nye fødevarer, herunder skræddersyede fødevarer til forskellige befolkningsgrupper og en ny tilgang til forebyggelses- og behandlingskomplekset, hvor fødevarer bliver et af værktøjerne. Hertil kommer, at fødevarsikkerhed stadig er et globalt problem. WHO har således skønnet at ca. 600 mio. mennesker på verdensplan har haft en fødevarerforgiftning.

Verdenssamfundet har fokus på udfordringerne. I september 2015 vedtog verdens statsoverhoveder 17 globale udviklingsmål frem mod 2030, som alle i en eller anden forstand relaterer sig fødevarer, og ved COP21 i Paris i november 2015 blev der indgået en global klimaaftale, som satte fokus på fødevarerforsyningsikkerhed og fødevarerproduktionens udledning af drivhusgasser.

I Danmark bidrager landbruget med ca. 20 % af de samlede danske udledninger af drivhusgasser målt på klimapåvirkning. Landbruget står således for en stor del af Danmarks klimabelastning, hvoraf hovedparten stammer fra kvægbruget. Også i EU er der kommet fokus på fødevarerproduktionens udledning af drivhusgasser. I Kommissionens udspil til klimaplan for perioden 2020-2030 varsles krav om meget markante reduktioner af bl.a. CO<sub>2</sub> og metan (39 % ift. 2005 for de ikke kvotebelagte sektorer, herunder landbruget).

Fødevarersektoren i Danmark står derfor med en markant udfordring, hvis den voksende efterspørgsel på fødevarer skal imødekommes, samtidig med at der sker en tilpasning til klimaændringerne og miljøpåvirkninger og udslip af drivhus gasser reduceres. På trods af, at Danmark i en international sammenligning er blandt de mest klimaeffektive, er der i Danmark, såvel som i andre lande med en intensiv landbrugsproduktion med et højt husdyrhold, behov for at begrænse udledningen af drivhusgasser og næringsstoffer til det omgivende miljø.

Dette skal ske på en måde, der samtidig sikrer konkurrenceevne og indtjening. Danmark har gode muligheder for at udvikle og udnytte nye produktionsformer, teknologier, services og andre løsninger, der lever op til samfundets og forbrugernes krav. Dette gælder ikke mindst hvis det danske fødevarer system bestående af primærproducenter, fødevarer virksomheder, detailhandel, nonfood virksomheder, foderindustrien ingrediensvirksomheder etc. samtænkes med tilstødende industrier inden for IKT, robotteknologi, vand, miljø, energi og transport. I et land med høje produktionsomkostninger er det nødvendigt med forskning, der kan være med til at udvikle nye produktionsformer, teknologier, services og produkter der kan øge produktiviteten, omstillingsevnen og kvaliteten i hele fødevarer systemet. Dette stiller krav til samarbejde mellem alle led og ikke mindst mellem forskning og erhverv. Den danske fødevarer sektor er løbende i gang med en omstilling mod produkter med større værdi.



Fødevarer er i dag en del af den biobaserede økonomi, hvor biomasse og restprodukter fra fødevarerproduktionen ved hjælp af moderne bioteknologiske redskaber kan anvendes til fremstilling af en række nye produkter (ingredienser, kemikalier, lægemidler, materialer og brændsler). Danmark har været et foregangsland mht. til anvendelse af mikroorganismer og enzymer i produktionen af fødevarer og inden for planteforædling. Danske virksomheder er med i hele spændet fra planteproduktion, animalsk produktion og fødevarerindustri, dvs. både i de primære sektorer, forædlingen, forarbejdningen og på ingredienssiden. Danmark har et godt udgangspunkt for bioteknologisk forskning og dens anvendelse indenfor fremstilling af biologisk baserede nonfood produkter og foder.

Danmark har desuden gode forudsætninger for optimering af konverteringsprocesser som bioraffinering der producerer både foder og fødevarer. I denne sammenhæng kan proteinrige planter erstatte protein fra animalske kilder, med både sundheds- og miljømæssigt potentiale, idet plantebaserede fødevarer kan fremstilles med betydeligt lavere ressourceforbrug end animalske produkter.

### **Forskningsbehov**

For at Danmark fortsat i fremtiden kan få størst muligt udbytte af de muligheder som tegner sig kræves en målrettet og koordineret indsats på en række forskningsområder. Forskningen skal have sigte mod at løse såvel væsentlige danske som globale udfordringer på fødevarerområdet. Grebet rigtigt an vil en koordineret indsats gøre danske forskningsinstitutioner til endnu mere interessante samarbejdspartnere for udenlandske institutioner, og danske virksomheder vil opnå en styrket konkurrenceevne i forhold til det hastigt voksende globale marked. Fødevarerforskning er kommet på den internationale agenda, og det er derfor vigtigt at Danmark formår at komme med i de relevante initiativer og partnerskaber der er etableret i og udenfor Europa.

### **Ressourceeffektiv produktion og udnyttelse af bioressourcer**

Forskningsbehovet retter sig bl.a. mod at opbygge viden og skabe løsninger i forhold til robuste og ressourceeffektive produktionssystemer med lav miljø- og klimapåvirkning, fx via præcisionslandbrug. Biomassen skal udnyttes optimalt i nye produkter af højeste kvalitet og markedsværdi og som er til gavn for samfundet. Det er vigtigt at se produktion af fødevarer, foder og nonfood i en helhed, fordi det skaber det bedste grundlag for, at vi igennem en målrettet forskningsindsats og erhvervsmæssig udnyttelse kan fremme en bæredygtig udvikling hvor sociale, økonomiske og miljø-/ klimamæssige hensyn tilgodeses samtidig. Der er ligeledes behov for forskning, der kan fremme effektiviteten i den økologiske produktion

### **Robuste planter herunder gartneri og planter til rekreative formål og frø**

Der er behov for en styrket forskningsindsats målrettet mod en bæredygtig intensivering af planteproduktionen, således at biomasseudbyttet pr. arealenhed kan øges uden negative konsekvenser for natur og miljø. Det kræver en markant forskningsindsats både for at forædle nye og langt mere robuste sorter med ernæringsmæssige egenskaber og øget næringsstofoptagelse i et mindre forudsigeligt klima og for at finde frem til de dyrkningsmetoder og forarbejdningsprocesser, der optimerer produktionerne og begrænser påvirkning af natur og miljø. Herunder forskning i



proteinrige planter som f.eks. flerårige græsarter kan gennem bioraffinering erstatte protein fra animalske kilder, med både sundheds- og miljømæssigt potentiale.

Der er også behov for nye og mere helhedsorienterede metoder til plantebeskyttelse mhp. at øge afgrøders sundhed og evne til at forsvare sig mod konkurrencen fra ukrudt samt sygdomme og skadedyr. F.eks. er der behov for en bedre forståelse af planters mikrobiom med henblik på at øge næringsstofoptagelse og modstandskraft.

Disse metoder skal integreres med anvendelse af sensorer og robotter til en mere præcis og målrettet bekæmpelse. Der skal desuden forskes i bæredygtig og ressourceeffektiv væksthproduktion. Ligeledes er der behov for forskning i spredning af planteskadegørere som følge af klimaændringer og øget globalisering samt udvikling af bekæmpelsesstrategier mod disse.

### **Jordbundsforhold og klima**

Der er behov for forskning i klimagasudledningerne forbundet med dyrkning og herunder jordens evne til at binde kulstof. Udledningerne ved dyrkning står for mellem 20 og 30 pct. af landbrugets udledninger i Danmark, og der er behov for mere viden om jordbehandling samt omsætning af næringsstoffer og pesticider i forskellige jordtyper- og lag og betydningen for drivhusgasudledningen og -optaget. Jordens evne til at binde CO<sub>2</sub> var et af de emner der blev adresseret i forbindelse med COP 21 i Paris.

### **Marin produktion**

Danmark har gode muligheder for en stigende akvakulturproduktion. Det skal sikres at forøgelsen sker miljøvenligt og ressourceeffektivitet, hvilket kræver fortsat udvikling og anvendelse af ny teknologi. De danske producenter af recirkulerings-teknologi til fiskeopdræt og fiskefoder er blandt verdens førende med en stor eksport til hele verden. En bæredygtig udvidelse af akvakulturproduktionen i Danmark vil derfor også styrke eksporten af dansk teknologi. Der mangler fortsat grundlæggende viden om, hvordan det danske vandareal bedst muligt udnyttes til produktion af fisk, men i stigende grad også alger og skaldyr, som sideløbende kan binde næringsstoffer fra akvakultur og landbrug.

Forskningsindsatsen kan rette sig mod udvikling af omkostnings- og ressourceeffektive teknologier og produktionsanlæg til akvakultur samt råvare-, ingrediens- og foderudvikling. Der er fx behov for forskning inden for materialer og konstruktioner, placeringsmuligheder og hydrografiske forhold samt artsspecifikke biologiske forhold. Ligeledes er der behov for udstyr og teknologi, som kan modstå de store naturkræfter på åbent hav, undgå udledning af næringsstoffer, og føre til effektiv sygdomsforebyggelse- og behandling. Forskningsindsatsen kan desuden rette sig mod monitorerings- og overvågningsudstyr (f. eks. satellitbaseret), der kan reducere risici og bidrage til at effektivisere opdrættet.

Der er desuden stort potentiale i en forskningsindsats rettet mod opdrætsteknologi og landanlæg til saltvandsbaseret opdræt af fisk, skaldyr og alger bl.a. i integrerede systemer idet markedet for saltvandsopdræt vurderes at være markant større end for ferskvand.



Forskningsbehovet retter sig også mod udvikling af koncepter og processer til udnyttelse af havets biomasse som pt. under-udnyttes til menneskelige konsum, foder og andre produkter, såsom produkter til kosmetik, medicin/sundhed, biofilm og korrosion. Der er behov for viden om indholdet af forskellige bioaktive stoffer, der kunne være af stor værdi, især for ingrediens-, foder- og fødevarersektoren. Herudover dækker behovet forskning i, hvordan en optimeret udnyttelse af bifangst i fiskeriet kan sikres, herunder viden om de vildfangne produkters sammensætning og kvalitet.

Der er også behov for forbedrede bestandsvurderinger, som bl.a. kan forudse bestandsudviklinger under hensynstagen til skiftende klima- og miljøforhold samt ændringer i biodiversiteten, f.eks. pga. af invasive arter.

Endelig er der behov for udvikling af innovative fiskeriteknologier og – metoder som maksimerer kvantitet og kvalitet af ønsket fangst og minimerer uønsket fangst og påvirkning af økosystemer samt forbedrer brændstofforbrug og dermed ressourceeffektiviteten og økonomien i danske fiskerier.

### ***IKT, robotteknologi og Big Data***

Dansk landbrug akvakultur, fiskeri og fødevarerindustri har gode forudsætninger for at drage nytte af den rivende udvikling der ske på digitaliseringsområdet. Ved hjælp af IKT, robotter og Big Data kan ressourceudnyttelsen effektiviseres og hele værdikæden optimeres. Ved at anvende sensorer, satellitnavigation, computerstyrede maskiner og data kan der sikres en forbedret udnyttelse af fiskeressourcerne i havet og på landjorden give en bedre udnyttelse af husdyrgødningens næringsstofindhold med mindre udledning af næringsstoffer til vandmiljøet samt minimere belastningen med pesticider.

Der er behov for forskning i præcisionsjordbrug, der kan sikre landmanden større produktivitet og bedre dyrevelfærd samtidig med at påvirkningen af klimaet- og miljøet minimeres. Udbyttet af præcisionsjordbrug (milmæssigt såvel som bedriftsøkonomisk) forudsætter detaljeret forskningsbaseret viden om hensigtsmæssig anvendelse af sensordata. Da der næppe er ressourcer til omfattende eksperimentelle undersøgelser, er der behov for kunne lære fra præcisionsjordbrug i praksis ved hjælp af Big Data teknologier.

Der er en stærk international trend, der går mod at anvende ny teknologi til at udvikle et mere bæredygtigt og produktivt landbrug, akvakultur og fiskeri. Det er derfor vigtigt at Danmark kommer med i de centrale partnerskaber og initiativer, hvilket giver gode muligheder for øget eksport af landbrugs- og miljøteknologiske produkter

### ***Kaskadeudnyttelse samt udvinding og udnyttelse af biologiske ressourcer***

For at understøtte en bedre udnyttelse af biologiske ressourcer og et fokus på kaskadeudnyttelse, det vil sige anvendelse af biomassen der, hvor den kan give højest værdi. På dette område er der behov for forskning i nye, bæredygtige og forsvarlige produktionsmetoder til minimering af spild og ressourceoptimering i hele værdikæden herunder arbejde med integrering af land og vandbaserede ressourcer, sidestrømme og cirkulær bioøkonomi.



Indsatsen kan kobles med bioraffinering, så der samtidig skabes større merværdi af råvarerne, større bæredygtighed og ressourceeffektivitet.

Der er behov for et øget fokus på mulighederne i industriel produktion af konkurrencedygtige, plantebaserede højværdiprodukter. Dette kræver en indsats for optimering af de høstede produkters kvalitet og ernæringsværdi i relation til fødevarer, foder og biobaserede produkter. Gennem bioraffinering kan restprodukter fra landbrug og fødevarereproduktion herunder også fiskeaffald, anvendes som råvarer til produkter der kan erstatte fossilt baserede industrielle produkter.

### **Fødevarereproduktion**

Forskning inden for nye produktions- og processteknologier skal fortsat styrkes. Det er inden for fødevareklyngen relevant at udvikle løsninger til anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi, droner, robotteknologi, overvågning, recirkulerings- og staldsystemer mv. samt Big Data i etablering af nye forretningsmodeller, værdikæder, automatisering, beslutningsstøttesystemer samt fleksibel og målrettet regulering af produktionsforholdene.

Forskningen bør fokusere på optimering og udvikling af nye produktionsprocesser, herunder nye fremstillingsmetoder og teknologier til fødevarer og ingredienser. Nye teknologier skal både være agile og i stand til at tilføre produkterne øget værdi, sådan at den hjembragte værdi for sektoren øges. Der skal desuden være fokus på teknologier og processer, som understøtter miljøeffektiv produktion og optimeret effektivitet.

Endelig ligger der muligheder i at styrke holdbarheden af fødevarer via nye teknikker som indkapsling, frysetørring og bioteknologi.

Fødevaresektoren producerer store mængder af data. Det skyldes bl.a. et højt automatisationsniveau og myndighedernes krav til dokumentation af fødevarekvaliteten. Der er imidlertid et stort spring fra at råde over store mængder af data til at bruge dem aktivt i forretningsudvikling. Der er behov for at skabe integration på tværs af Big Data lige fra sensorer, der opsamler data, til værktøjer, der skaber indsigt.

### **Fødevarer og sundhed**

Der er behov for forskning, der har fokus på at udvikle fødevarer og fødevarer ingredienser af høj værdi og med sundhedsfremmende og sygdomsforebyggende effekter. Forskningsbehov relateret til sundhed, sikkerhed og kvalitet retter sig mod hele kæden fra primærproduktion over forarbejdning og helt frem til forbrugeren. Forskningsbehovet dækker forskning inden for bl.a. fødevarers indhold af næringsstoffer, samt hvorledes differentiering af madindtag og måltidsvaner ift. forskellige målgrupper kan udnyttes til at skabe fødevarer og ingredienser med ny funktionalitet og sundhedsfremmende effekt.

Afgrænsningen mellem fødevarer og forebyggende medicin bliver mere udflydende. For at kunne forebygge sygdomme og forbedre den generelle sundhedstilstand gennem kosten er det nødvendigt identificere og kvantificere kostens aktive komponenter. Denne nye viden er vigtig for at udvikle og producere nye sundhedsfrem-



mende fødevarer og levnedsmiddelingredienser. Anvendelse af bioteknologi er essentiel i fremstillingen af nye sundere fødevarer. Ved hjælp af bioteknologi er der mulighed for at fremme dannelsen af sundhedsfremmende komponenter og skræddersy forskellige typer af fødevearengredienser. Den bioteknologiske forskning på fødevarerområdet forventes at få stor betydning for forbyggende sygdomsforebyggelse (bl.a. allergi). For en nærmere beskrivelse af forskningsbehovet inden for mikrobiomet, se temaet *Life science*.

### **Fødevarerikkerhed og dyresundhed**

Fødevarer bør ikke udgøre en sundhedsrisiko. Det er derfor både et etisk og økonomisk problem, når mennesker bliver syge af de fødevarer de spiser. Både dyr og planter inficeres af mikroorganismer og antimikrobielle midler anvendes til både dyr og planter. Dette er problematisk idet det kan medføre resistens hos mikroorganismene, som kan overføres til bakterier, der senere kan fremkalde alvorlige sygdomme hos mennesker.

Forskningen med udgangspunkt i mikrobiologi er central, både hvad angår fødevarerikkerhed og for fremstilling, kvalitetsstyring og udvikling af nye differentierede og sikre produkter med særlige smags- og konsistensegenskaber. For en nærmere beskrivelse af forskningsbehovene relateret til "One Health"-problematikken, herunder patogener, antibiotikaresistens, smitsomme sygdomme samt uønskede stoffer, fødevareremballage mv. Se temaet *Globale og lokale sundhedstrusler*.

### **Foder**

Den danske husdyrproduktion, herunder pelsdyr og akvakultur, er primært baseret på anvendelse af dansk producerede afgrøder og foderingredienser, suppleret med importeret foder, først og fremmest sojaskrå og sojabønner. Den animalske produktion forudsætter at foderet kan sammensættes således at det opfylder de forskellige dyrearters behov for næringsstoffer. En høj animalsk produktion indebærer at det er nødvendigt med en høj udnyttelse af næringsstofferne i foderet, da udgifterne til foderet udgør ca. halvdelen af produktionsomkostningerne. En høj foderudnyttelse er samtidig til gavn for klimaet og miljøet, fordi udledningerne af belastende næringsstoffer derved minimeres.

Der er behov for forskning der kan styrke de stærke danske kompetencer i planteavl og bæredygtig intensivning af produktionen af proteinholdige planter, herunder flerårige græsser, og anvendelse af restprodukter fra forskellige bioteknologiske processer, herunder bioraffinering. Forskningen skal bl.a. have fokus på udnyttelsen af kvælstof og fosfor i den danske husdyrproduktion.

### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Der ligger i dag en stor mængde forskningsbaseret viden på fødevarerområdet, som ikke kommer i spil i produktionen og samfundet. Fødevarerområdet i EU er et område som er reguleret af en lang række forskellige og ikke altid overensstemmende politikker. Det er derfor vigtigt at forskningen fremover i endnu højere grad udnyttes og anvendes som dokumentation som kan indgå i nationale og internationale myndigheders arbejde med bl.a. lovgivning, myndighedsberedskab og ernærings-



mæssige anbefalinger. Forskningen bør gennemføres med en høj grad af internationalt samarbejde med henblik på at sikre maksimal indflydelse på internationale standarder, anbefalinger m.v.

Som et lille land med en relativ stor eksport er Danmark eksponeret i forhold til de store fødevarerudfordringer verden står over for. Dansk forskning er derfor nødt til at relatere sig til de initiativer der i disse år foretages både i og uden for Europa. Dette gælder i forhold til H2020, men også de initiativer (Joint Programming, ERA-Nets, Public Private Partnerships, mm) som der i disse år i gang sættes i EU regi for at øge koordineringen og effekten af de nationale forskningsindsatser. Ved at være med i disse partnerskaber på forskningsområdet, vil danske virksomheder opnå en styrket konkurrenceevne, og danske forskningsinstitutioner får mulighed for at blive endnu mere interessante samarbejdspartnere for udenlandske institutioner. På grund af den internationale forbundenhed hvad angår produktion, forbrug og adgang til ressourcer er der på europæisk og internationalt plan igangsat et forskningssamarbejde (FACCE-JPI) med fokus på fødevarerproduktionens klimaudfordringer.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. forslag på ”Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015” som AnaEE Denmark – Infrastruktur for eksperimentel økosystemforskning i Danmark, HydroObs – Agrohydrologiske og hydrobiokemiske observatorier og FOODHAY – Open Innovation FOOD and Health Laboratory.

### **Danske forudsætninger**

Danmark har en række styrkepositioner på fødevarerområdet. Vi producerer mad til mange mennesker og vi leverer teknologi, maskiner, ingredienser, know-how og innovative løsninger. Hertil kommer, at Danmark er kendt for fødevarer sikkerhed, kvalitet og at produktionen sker under ordnede forhold.

Fødevarer sektoren er en af Danmarks helt store jobskabere i Danmark. Fødevarer klyngen skabte i 2014 beskæftigelse til 172.000 personer – 118.000 som direkte beskæftigede og 54.000 i afledte støtteerhverv. Dertil kommer jobs relateret til viden, rådgivning og forskning.

Fødevarer sektoren er karakteriseret af et stort antal små og mellemstore fødevarer virksomheder, jordbrugere og fiskere samt et mindre antal store og globale virksomheder, bl.a. mejerier, slagterier, bryggerier og enzym/ingrediens virksomheder med meget stærke markedspositioner.

Danske virksomheder er globalt førende i forhold til at producere og udvikle fødevarer, ingredienser, enzymer og kulturer, som indgår i fødevarer og foder samt andre biobaserede produkter. Vi har i Danmark et stærkt samarbejde mellem primærproduktion, industri, GTS og universiteter. Derudover er dansk landbrugsforskning på et højt internationalt niveau bl.a. med to landbrugsuniversiteter i top 15 europæisk og et veterinærforskningsområde i top 10 globalt.



### **Mål, effekt og perspektiver**

De globale udfordringer med at skaffe mad og biomasse til at imødekomme efterspørgslen er enorme og bliver ikke mindre af denne efterspørgsel skal sikres samtidig med at udledningen af klimagasser og miljøbelastningen skal reduceres.

Målet med forskningsindsatsen er at bidrage til udvikling af teknologier og -systemer, som kan sikre at dansk landbrug, fiskeri og fødevarerindustri også i fremtiden er internationalt konkurrencedygtige, og derved vil kunne bidrage til løsninger på de globale fødevarerudfordringer og bidrage til at understøtte erhvervsudvikling og beskæftigelse. Dette kræver en optimeret ressourceudnyttelse, udvikling af nye værdikæder og relevante samarbejdsformer og afsætning på nye markeder.

Forskningen skal også bidrage til at reducere Danmarks udledninger af drivhusgasser uden, at det går ud over fødevarerproduktionen.

En stærk fødevarersektor med en stor eksportandel kræver at der fremover i endnu højere grad sættes på viden og know-how i erhvervet. En øget forskningsindsats vil ikke bare føre til innovative produkter og tjenesteydelser baseret på ny teknologi, den vil også blive udmøntet i uddannelsen af flere kandidater med de kompetencer, der efterspørges i erhvervslivet





## BEDRE SUNDHED

### 8. Bedre forebyggelse, diagnostik og behandling af sygdomme med personlig medicin

#### Resumé

Alle mennesker er forskellige, men når vi bliver syge bliver vi ofte behandlet ens. Derfor ved vi, at den forebyggelse og behandling vi i dag tilbyder det enkelte menneske kan blive endnu bedre.

Personlig medicin (også kendt som precision medicine) giver mulighed for forebyggelse, diagnostik og behandling, som er optimeret med størst mulig effekt og færrest mulige bivirkninger for det enkelte individ på baggrund af dennes individuelle biologi og fysiologi, og herunder genetisk profil. Det stadig uudnyttede potentiale indenfor personlig medicin er enormt, men vil kræve en fortsat, omfattende forskningsindsats hvis de mange muligheder inden for dette felt skal omskabes til bedre sundhed for den enkelte borger.

#### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

*Sygdom er en stor global udfordring...*

Sygdom er forbundet med store omkostninger for den enkelte og for samfundet. For den enkelte er sygdom kilden til forringet livskvalitet og forkortet levetid. For samfundet indebærer sygdom store udgifter til sundhedsvæsenet, til sygedagpenge, førtidspension og til tabt produktion.

Overalt i verden er sygdom med til at presse samfundsøkonomien. I OECD-landene er det primært den demografiske udvikling med flere ældre og en deraf følgende stigende forekomst af kroniske og komplekse sygdomme som cancer, diabetes, hjerte-kar, demens og inflammationssygdomme, som får udgifterne til sygdomsbehandling til at stige.

Der er et stigende behov for bedre sundhedsteknologiske løsninger, som sammen med en stadig bedre organisering af sundhedsvæsenet kan føre til øget behandlingskvalitet -og effektivitet, og herigennem forbedret sundhedsøkonomi.

*... som personlig medicin kan medvirke til at imødegå*

Personlig medicin kan spille en vigtig rolle i at adressere de udfordringer, vi står overfor på sundhedsområdet. Personlig medicin er tilpasning af forebyggelse og behandling til den enkelte patient med udgangspunkt i dennes biologiske profil i forhold til den givne sygdom. Personlig medicin tager udgangspunkt i det forhold, at alle mennesker er unikke, eksempelvis hvad angår gener, livsstil og levevilkår, og at det derfor er forskelligt fra patient til patient, hvad der er den bedste og meste effektive behandling.

Udviklingen inden for personlig medicin drives overordnet set af udviklingen af forståelse af biologien bag sygdommene: hvilke biologiske systemer bliver påvirket i de forskellige sygdomme, hvad er årsagen til disse forandringer, og hvordan linker



de dels til eventuelle genetiske forandringer og dels til kliniske symptomer. Jo mere præcist sygdommen kan beskrives biologisk og/eller klinisk, jo mere præcist kan en individuel behandling iværksættes.

Den individuelle tilpasning af behandling gennem personlig medicin er stadig i sin tidlige vorden, men med øget forståelse af sygdomsprocesser vil individualiteten baseres på alt fra kemiske og genetiske markører; billeddiagnostiske markører; symptom eller livstils markører og engang i fremtiden af for eksempel tarmflora eller andre nyfundne effektive markører<sup>4</sup>.

#### *Diagnostik og behandling med personlig medicin hjælper allerede i dag*

I dag er vi længst i brugen af personlig medicin ved nogle cancertyper. I cancerceller kan individuel stillingtagen til effektivitet af specifik kemo- eller immunterapi ske med udgangspunkt i en genanalyse af en tumor. Hermed undgår man ineffektiv behandling af patienter og sparer dem herved også for bivirkninger uden effekt, imens de rette patienter får den optimale behandling. I andre sygdomme, som for eksempel demens er man i dag langt fremme med at diagnosticere gennem personlig medicin, hvilket ses som en stor landvinding i forhold til udvikling af medicin mod Alzheimers sygdom og en nødvendighed for en eventuel fremtidig effektiv forebyggelse af sygdommen.

Med mere målrettede diagnostiske metoder og lægemidler til rådighed, bliver det således muligt at behandle og forebygge stadig mere specifikke grupper af patienter med mere præcist virkende lægemidler og bedre behandlingsresultater til følge.

Personlig medicin er derfor ikke kun et fremtidsscenario, men i høj grad en udvikling, som allerede er i gang. I 2014 blev det opgjort, at 13 pct. af de eksisterende lægemidler og 20 pct. af alle nye lægemidler godkendt af de amerikanske lægemiddelmyndigheder, FDA, kan klassificeres som værende personlig medicin. For mange af disse lægemidler indgår genomisk information direkte i den indikation, som myndighederne har godkendt. Og ses der på lægemiddelindustriens udviklingspipeline, så har 42 pct. af de nye lægemiddelstoffer, som er på vej til patienterne – og 73 pct. af alle nye stoffer til behandling af kræft – potentiale til at blive anvendt som personlig medicin.

#### **Forskningsbehov**

Dette temas forskningsbehov retter sig mod forskning vedrørende enkelte sygdommes risikofaktorer, de fysiologiske mekanismer, som er ansvarlige for sygdomsudvikling og diagnostiske og behandlingsrelevante effekter.

Derudover kan forskningen også sigte mod en effektiv tolkning af data, samt etiske, juridiske og samfundsmæssige aspekter.

#### *Sygdomsbiologisk grundforskning/molekylær patofysiologisk forskning<sup>5</sup>*

<sup>4</sup> Biomarkører er biologiske stoffer eller bestanddele i vores krop, som kan sige noget om vores helbredstilstand, og om hvordan vi sandsynligt vil reagere på påvirkninger fra vores omgivelser fx mad, miljø og brug af lægemidler. Biomarkører kan være særlige gener eller fx specifikke proteinstoffer eller enzymer i vores blod og væv.

<sup>5</sup> Patofysiologi betegner de fysiologiske ændringer, der følger med en sygdom.



Udviklingen af personlig medicin forudsætter både mere medicinsk forskning, mere patientnær klinisk forskning og mere translationel forskning, der kobler den basale prækliniske- og den kliniske forskning. I dette felt gøres der brug af enorme datamængder, hvilket i sig selv er et væsentligt forskningsområde.

Behovet for medicinsk forskning er stort for at forstå sundhed og sygdom på et niveau, så vi kan kortlægge, hvordan molekylære processer påvirker biologiske systemer og kan lede til sygdom. Hvad fremmer og hæmmer udvikling af sygdom hos det enkelte individ? Denne forståelse er kernen til videre at forske i mulige biomarkører som indikatorer på bio/patologiske processer og som indikator for mekanismer på et molekylært niveau (for eksempel DNA, RNA, mikrobiom og billeddiagnostik) og som potentielt kan bruges til individualiseret behandling af patienter.

Endvidere er der behov for forskning, der bidrager til forståelse af hvordan spillet mellem biologiske, kemiske og fysiske faktorer påvirker celledifferentiering, og hvordan man teknisk kan kontrollere processerne og dermed danne funktionelle celler. Stamceller vil formentlig i fremtiden kunne anvendes som reparaionsceller, der kan erstatte beskadigede eller manglende celler og væv. Det kan f.eks. dejes om insulinproducerende celler hos patienter med sukkersyge eller bestemte hjerne- og nerveceller hos patienter med Parkinsons sygdom og Alzheimers. Ligeså kan stamcellebehandling åbne nye veje for behandling af sklerose. Der er enormt innovativt potentiale i at kunne udvikle funktionelle celler både for lægemiddeludvikling og til nye stamcellebaserede behandlinger til alvorlige kroniske sygdomme. En forståelse og kontrol af stamcelleudvikling vil også kunne bruges til at udvikle bedre metoder til toksicitetstest af nye lægemidler, et behov den farmaceutiske industri længe har haft.

#### *Forskning i målemetoder, biomarkører og testsystemer*

Forskningsmæssigt er det også en meget stor opgave at komme fra forståelse af et biologisk system til rent faktisk at finde en biomarkør, der kan måles og er valideret som repræsentativ. Bare udvikling af tilstrækkelig følsomme målemetoder er en kendt udfordring i mange sammenhænge. For billeddiagnostiske metodikker er der også udfordringer med udvikling af signalstoffer og skanningsteknikker, der er følsomme og specifikke nok til at være forudseelige og værdifulde.

#### *Genom- og molekylær patientrelateret data*

En anden vigtige brik for succes i personlig medicin er forskning og udvikling indenfor opsamling og brug af klinisk dokumentation i form af blandt andet materiale fra patientjournaler, data fra klinisk forskning, materiale fra myndighedsdatabaser- og registre, og i fremtiden patientens egen indsamlede data, eksempelvis via apps. I første omgang er de umiddelbare udfordringer at sikre konsistent opsamling fra allerede eksisterende systemer for at kunne parre de kliniske data med de biomarkører, der udvikles. Uden kvalitetsdata om kliniske parametre vil det i mange tilfælde ikke være muligt at målrette indsatser til den enkelte patient gennem personlig medicin.

I den forbindelse er det nødvendigt at forske i datahåndtering, tolkning, big data, samkøringen af kliniske data og målemetoder. En stor udfordring for forskning i personlig medicin er tilgangen til sekventerings- og andre molekylære højkvalitetsdata fra patienter og forstå, hvordan disse data effektivt håndteres, tolkes og bedst muligt omsættes til klinisk indsats fra sygdomsområde til sygdomsområde.



### *Styrkelse af bioinformatik og biostatisk forskning*

Ligeledes er der behov for at styrke den bioinformatiske - og biostatistiske forskning, og til forskning i udviklingen af nye redskaber, der muliggør omkostningseffektiv analyse af patient data (for eksempel ved hjælp af machine learning) både på genniveau og på proteinniveau.

### *Etiske, juridiske og samfundsmæssige aspekter relateret til personlige data*

Grundet områdets afhængighed af personlige data og iboende etiske dilemmaer kræves også forskningsindsatser inden for etiske, juridiske og samfundsmæssige aspekter, herunder samspillet mellem den offentlige og private sektor, specielt i forhold til anvendelsen af personlige data og kommercialisering. De etiske problemstillinger handler i høj grad om privatliv og individbeskyttelse, herunder selvbestemmelse, og håndtering af de etiske problemstillinger er en forudsætning for at opnå den nødvendige accept og fastholde den fornødne tillid fra patienter og samfund.

Endelig gælder, at samfundsøkonomiske aspekter må inddrages i forskningen for at sikre, at udviklingen på området holdes inden for bæredygtige rammer. Det gælder forhold som godkendelsesprocedurer for ny medicin, distributionskanaler samt redskaber til prioritering af samfundets medicinudgifter. Derved er det vigtigt at der sikres klarhed omkring de juridiske rammer - både for dem, der arbejder med data, og for personerne bag de pågældende data (patienter eller forsøgspersoner).

### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

For at sikre en bred og kvalitetsstyret dansk forskningsindsats inden for personlig medicin, er adgang til, samt tolkning og sammenligning af genom-, andre biomarkør- og sundhedsdata såvel som behandlingsresultater på nationalt plan afgørende.

Som et væsentligt element i en forskningsindsats på området bør det derfor sikres, at data kan lagres i store registre, som kan samkøres med sundhedsdata fra øvrige danske registre. En sådan forskningsinfrastruktur vil være afgørende forudsætning for forskningen inden for personlig medicin, og vil samtidig være et vigtigt aktiv, som kan være med til at gøre Danmark til et foretrukket land for såvel nationalt som internationalt finansieret forskning inden for personlig medicin. En vigtig forudsætning for forskningen er i den forbindelse samarbejde omkring fælles standarder for den nationale forskningsinfrastruktur for eksempel fælles informations- og it-standarder som kan sikre en sammenhængende it-arkitektur på tværs af sekventeringsdata, nationale registre og databaser og øvrige kliniske systemer. Stadig stærkere super-computere gør det muligt at integrere og analysere enorme datamængder fra biologiske markører samt bioinformatik og data fra danske og udenlandske registre og biobanker sammenholdt med patient journaler.

Det er også vigtigt, at forskningsmidlerne til personlig medicin udmøntes på en sådan måde, at de understøtter tværfaglighed og samarbejde på tværs af blandt andet universiteter og hospitaler. Dette er specielt vigtigt i forhold til forskning i en bredere forståelse af sygdomsbiologier, som er en nøgleforudsætning for virkeliggørelse af personlig medicin.



Yderligere bør forskningsindsatsen så vidt muligt støtte validering af fælles standarder for biomarkører gennem klinisk forskning for at sikre at de nye tiltag omsættes til klinisk indsats fra sygdomsområde til sygdomsområde.

Det er samtidig vigtigt, at der i forbindelse med en forskningsindsats på området fokuseres på at udvikle, skabe og vedligeholde kritisk masse og stærk koordination samt en international dimension i form af centre eller netværk, der kan få international synlighed og gennemslagskraft, og som eventuelt kan kædes sammen med øvrige EU-netværk. EU kommissionen har siden 2010 ydet væsentlig støtte til forskning i personlig medicin, gennem EU's 7. rammeprogram og det 8. rammeprogram (Horizon 2020). Det forventes, at der også fremadrettet vil være væsentligt fokus på personlig medicin i europæisk regi.

Endelig vil temaet i samspil med regeringens strategi for området fra 2016 kunne danne ramme om deltagelse af private fonde i forhold til at skabe store og langsigtede forskningsindsatser.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til en række forslag på "Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015" som den medicinske Bioinformatik platform MedBio-BigData, DBN – Danish Bioimaging Network, DK-Openscreen - Forskningsinfrastruktur for kemisk biologi, EMBION - Cryo-EM facilitet for biologiske nanostrukturer, INSPECT – Dansk Instrumentcenter for NMR Spektroskopi, og COLLECT – Center for celleanalyse og cellebaseret terapi.

### **Danske forudsætninger**

Forskningsindsatsen indenfor udvikling af personlig medicin er overordnet set en opgave, der kun kan løftes på globalt niveau. Danmark har imidlertid en række styrkepositioner internationalt - både hvad angår offentlig og privat forskning, hvor Danmark med en fokuseret indsats kan gøre en markant forskel i forhold til udvikling af personlig medicin, også på globalt niveau.

I forhold til landets størrelse har Danmark nogle unikke styrker inden for sygdoms-, register- og bioinformatik forskning, der vil kunne gøre en forskel.

Danmark har med vores CPR-numre og unikke historiske sundhedsdata indenfor specielle felter en helt særlig position sammenlignet med andre lande i forhold til at udnytte potentialerne ved personlig medicin. Danske forskere skal kunne drage gavn af dette gennem adgang til de nødvendige biobanker med tilhørende klinisk information. Derfor er det vigtigt at de regulatoriske forhold giver muligheder og ikke begrænsninger samt at biobankerne fortsat forbedres så Danmark kan få nogle af de bedste og mest avancerede biobanker i verden.

I forhold til forskningens anvendelighed i den kliniske praksis har vi et af verdens mest homogene, modne og velorganiserede sundhedssystemer, hvor de regionale forskelle trods alt er betydeligt mindre end de barrierer, der opleves i andre lande.



Der er væsentlige eksisterende såvel som kommende forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. bioinformatikinfrastrukturen ELIXIR, Danmarks Nationale Biobank og den nationale LIFE Science HPC installation Computerome, PRO-MS - Danish National Mass Spectrometry Platform for Functional Proteomics finansieret på Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015. Dertil kommer de aktiviteter omkring forskeres adgang til sundheds- og socialregistre som Uddannelses- og Forskningsministeriet finansierer gennem KOR – Det Koordinerende Organ for Registerforskning. Der er tale om infrastrukturer, som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, vedrørende sundhed og personlig medicin, herunder forskning i genetik, sundhed og sygdom, samt udvikling af nye terapiformer og lægemidler. Disse har alle potentialet til at medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings- og udviklingsaktiviteter inden for Sundhed på højt internationalt niveau.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Strategiske investeringer i forskning i personlig medicin skal bidrage til øget behandlingskvalitet og effektivitet, til gavn for patienters livskvalitet og arbejdsevne. Forskningsindsatsen kan bidrage til endnu mere effektive, målrettede behandlinger for den enkelte patient med færre bivirkninger og dermed mere udgiftseffektive behandlinger i sundhedssektoren.

Personlig medicin repræsenterer desuden et område, hvor potentialet for innovation, herunder offentlig-privat innovation, er stort.

Behovet for personlig medicin er globalt og med en dansk forskningsindsats og seriøs håndtering af de forbundne etiske, juridiske og samfundsrelaterede problemer, vil der på sigt være potentiale for betydelig vækst både i form af danske arbejdspladser og i form af eksport af danske løsninger og teknologi.



## 9. Styrket fysisk og mental sundhed – sund livsstil og forebyggelse

### Resumé

Det er velkendt, at en sund livsstil kan medvirke til at styrke fysisk og mental sundhed. I Danmark er der imidlertid – på trods af en væsentlig oplysningsindsats – fortsat store udfordringer i form af sygdomme, der til en vis grad kan forebygges gennem en sund livsstil med fokus på kost, rygning, alkohol, motion og mental trivsel.

En forskningsindsats på dette område kan medvirke til fremme rammer, der fremmer sund adfærd og til at ruste den enkelte borger til efter bedste evne at tage hånd om egen sundhed og dermed skabe et godt grundlag for bedre livskvalitet og flere gode leveår for den enkelte, såvel som samfundsøkonomiske gevinster i form af øget produktivitet og arbejdsmarkedsdeltagelse samt reducerede udgifter til sundhedsudgifter, rehabiliteringsindsatser, overførselsindkomster med videre.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Sygdomme belaster patienter og samfundet på meget forskellig måde. Nogle forårsager for tidlig død. Det gælder især hjertekarsygdomme og kræft. Andre sygdomme er psykisk og/eller fysisk belastende i store perioder af hverdagslivet og nedsætter arbejdssevne som livskvalitet. Endvidere trækker sygdommene i forskellig grad på samfundets ressourcer. Psykiske lidelser som depression, angst, skizofreni og misbrug er blandt de sygdomme, der oftest sender danskerne ud af arbejdsmarkedet. Ca. 2000 personer tilkendes hvert år førtidspension på baggrund af en angstdiagnose.

Mens angst er et af de største problemer for den mentale sundhed, er forskellige smerter i muskler og skelet og migræne de mest udbredte fysiske sygdomme. Lænderygmerter er registeret hos knap en million danskere, og næsten lige så mange har slidgigt, migræne eller nakkesmerter. Lænderygmerter er således den hyppigste årsag til, at danskerne må tage sygedage fra jobbet, og derudover er det den femtedyreste sygdom, når det kommer til omkostninger til behandling og pleje.

Fælles for disse, og mange andre sygdomme, er, at forebyggelse kan medvirke til, at færre bliver sygdomsramte, med de konsekvenser det medfører for det enkelte individ og for samfundet.

Forebyggelse har været et fokusområde i mange år. Men vi står fortsat overfor en stor udfordring i at ruste den enkelte til efter bedste evne at tage hånd om egen sundhed. Der er en betydelig social ulighed i sundhed, og jo lavere den enkelte borger uddannelsesniveau er, desto mere udsat er borgeren i forhold til en lang række sygdomme. Længden af forventning levetid er således ligefrem proportional med længden af uddannelsen. Dette skyldes flere faktorer – blandt andet kan sygdom mindske muligheden for uddannelsesaktiviteter. Men også, at personer med kort uddannelse i højere grad har en uhensigtsmæssig sundhedsadfærd i form af eksempelvis rygning, end personer med lang uddannelse.

På globalt plan bliver ikke-smitsomme sygdomme, som i vid udstrækning er affødt af usund livsstil, også mere fremherskende. For eksempel rammes flere af diabetes,



som Verdenssundhedsorganisationen har anslået vil være den 7. største dødsårsag på globalt plan i 2030. Særligt forventes forekomsten af diabetes at være hyppigere mellem- og lavindkomstlande, herunder flere afrikanske lande. I takt med at uddannelses- og indkomstniveau forventes at stige verden over, vil udsigterne for behandlingsmuligheder i denne del af verden dog også lysne.

Mange forskellige – og i vid udstrækning indbyrdes sammenhængende – faktorer påvirker det enkelte individs fysiske og mentale sundhed. Det drejer sig om generelle socioøkonomiske, kulturelle og miljømæssige vilkår, for eksempel indkomst pr. indbygger, uddannelses og sanitære forhold. Det drejer sig endvidere om sociale relationer og fællesskaber, f.eks. netværk, ensomhed. Endelig drejer det sig om individuelle livstilsfaktorer, f.eks. kost, forbrug af tobak, alkohol og motion.

Især kost, rygning, alkohol og motion – de såkaldte KRAM-faktorer – har en afgørende betydning for levetid og livskvalitet. I 2013 var tobaksrygning, årsag til mere end 13.000 dødsfald og det var således langt den største dødsårsag blandt de fire faktorer. Til sammenligning medfører fysisk inaktivitet med ca. 6.000 og alkoholstorforbrug ca. 3.000 dødsfald.

#### *Rygning er den største synder i forhold til tidlig død...*

Rygning er den største risikofaktor for øget dødelighed og reduceret middellevetid. Ryger man, lever man i gennemsnit 11 år kortere end en person, der aldrig har røget, og man kan desuden forvente flere år med nedsat livskvalitet. Danskerne ville leve omkring 3 år længere i gennemsnit, hvis der ikke var dødsfald relateret til rygning.

#### *... men højt alkoholforbrug har store menneskelige og samfundsmæssige omkostninger.*

Tidlige dødsfald er kun toppen af det isbjerg af menneskelige og samfundsmæssige omkostninger, der er forbundet med et storforbrug af alkohol. Alkoholstorforbrug medfører en øget risiko for en lang række somatiske og psykiatriske sygdomme, herunder skrumpelever, brystkræft, tyktarmskræft og afhængighed samt fosterskader ved graviditet. Alkoholstorforbrug har desuden store konsekvenser for den nærmeste familie, ikke mindst børn, og påvirker også samfundsökonomien negativt. Det vurderes at der er 860.000 alkoholstorforbrugere (et forbrug på mere end genstandsgrænserne) og 140.000 alkoholafhængige.

#### *Motion er en vigtig vej til bedre sundhed...*

Forskningen har over de senere år påvist, at fysisk aktivitet har endog ganske mange positive virkninger. Fysisk aktivitet kan bidrage væsentligt til at forebygge for tidlig død og er en hjørnesteen i forebyggelsen af en lang række af de store folkesygdomme som type 2 diabetes, hjerte-kar-sygdomme, muskel- og skeletlidelser og visse kræftformer. Fysisk aktivitet har desuden en positiv effekt på mental sundhed herunder depression og angst. Det anslås, at end 1/3 af danskerne ikke når de anbefalede niveauer for fysisk aktivitet. For unge er udfordringen større, idet kun ca. hver 8. 13-årige efterlever anbefalingerne om at være fysisk aktive i 60 min. om dagen.

#### *... og sunde kostvaner kan også bidrage.*





Vores kostvaner har også betydning for vores sundhed. Eksempelvis kan en sund og varieret kost (for eksempel med lavt indtag af mættet fedt og højt indtag af frugt og grønt) medvirke til at forebygge flere sygdomme, herunder hjerte-kar-sygdomme. En usund kost kan ligeledes føre til overvægt, som er en risikofaktor for en række sygdomme, eksempelvis type 2 diabetes. Det vurderes, at sundhedsvæsenet årligt har ekstra omkostninger på 1,8 mia. kr. til behandling og pleje af svært overvægtige i forhold til normalvægtige og let overvægtige personer (BMI 20-30).

#### *Mental sundhed har stor betydning*

Mental sundhed har stor betydning for det enkelte individ såvel som for samfundet og samfundsøkonomien. En lang række faktorer har betydning for den mentale sundhed, herunder stress, søvn, familiære forhold, sociale forhold, relationer, alkohol, motion mv. Mistrivsel og dårlig mental sundhed har store omkostninger og kan føre til psykiske lidelser som angst og depression, som er en hovedårsag til tildelinger af førtidspensioner til unge mennesker.

Psykiske lidelser rammer særligt sårbare grupper, som socialt udsatte. Det er generelt – og ikke mindst i forhold til udsatte familier – vigtigt at sætte ind med tidlig forebyggelse overfor mistrivsel og psykisk lidelse hos børn og unge.

#### *Det er særlig vigtigt at fokusere på børn og unge...*

Det er efterhånden veldokumenteret, at de tidlige år af et menneske liv har afgørende betydning for den enkeltes livsforløb. Påvirkninger under graviditeten og i før-skole- og skolealderen har markant større effekt end påvirkninger senere i voksenlivet. Er man først blevet ramt af problemer med afhængighed af rygning, alkohol, overvægt eller mental mistrivsel, angst eller depression, kan disse udfordringer ofte udgøre en livslang kamp. Det er derfor en central samfundsudfordring at fremme robusthed, trivsel og fysisk og psykisk sundhed blandt børn og unge.

#### *... og på mindre ressourcestærke grupper...*

Det er ligeledes en central udfordring at fremme trivsel og fysisk sundhed blandt mindre ressourcestærke grupper. Stort set alle sygdomme og risikofaktorer er skævt fordelt i Danmark. Den skæve fordeling slår igennem i forskelle mellem forskellige grupper i forhold til blandt andet middellevetid. I forhold til de særligt udsatte borgere, er de dårligere stillet på alle mål for sundhed. Især udsatte grupper samt personer med begrænsede ressourcer og/eller kort uddannelse har et særligt behov for forebyggelsesinitiativer og fremme af mental og fysisk sundhed.

#### *... herunder ikke mindst mindre ressourcestærke børn og unge*

Det er vigtigt at have et særligt fokus på tidlige indsatser i forhold til de grupper af børn og unge, der er – eller er i fare for at blive – marginaliserede. Der fødes cirka 65.000 børn om året i Danmark. 15 pct. af børn og unge mellem 3 – 19 år i Danmark kan betegnes som udsatte eller marginaliserede. Disse børn er i risiko for tidlig psykisk mistrivsel og fejludvikling med deraf følgende risiko for senere psykiske lidelser, misbrug, sociale og arbejdsmæssige vanskeligheder, kriminalitet etc. i ungdom og voksenalder. Trods forebyggende indsatser er det ikke lykkedes at reducere denne gruppes størrelse væsentligt siden 90'erne. Samfundsøkonomiske gevinster er forbundet med at investere i effektive indsatser, der kan forbedre børn og unges trivsel. Jo tidligere indsats, des større gevinst. I forhold til forebyggelse er det mest effektive proaktivt at udvikle de sociale og følelsesmæssige kompetencer, der har



afgørende betydning for børnenes senere udvikling i livet. Det betyder at sårbare børn skal opspores så tidligt som muligt, så man hurtigst muligt kan sætte ind med hjælp til barnet og dets familie. Det er vanskeligt at påvirke og ændre menneskers adfærd og deres relationer, men forskningen viser, at bare en lille positiv ændring i de tidlige leveår har en afgørende betydning for resten af livet. Fremme af mental sundhed blandt børn og unge er en langsigtet investering, som også kan være med til at bryde problemet med den sociale arv. [Forhold vedrørende social arv er yderligere beskrevet i temaet om børn, unge og fremtidens uddannelse]

Børn og unge er dermed en særlig relevant gruppe i forhold til forebyggelse af sygdomme og sundhedsfremme. Gode og fornuftige sundhedsvaner kan lægge fundamentet for gode vaner også i voksenlivet. Det gælder i forhold til målrettet tidlig opsporing af risikoadfærd, samt en tidlig systematisk opsporing af livstilssygdomme med henblik på at standse sygdomsprogression. En tidlig og systematisk indsats kan derfor have stor værdi for den enkelte og for samfundet.

#### *Aldring og forebyggelse af kroniske sygdomme*

Store kroniske sygdomsområder, herunder KOL, leddegigt, hjertesvigt, knogleskørhed, type 1 og 2 diabetes, astma og demens etc. øges med alderen [som beskrevet i temaet om et borgernært og teknologiunderstøttet sundhedsvæsen]. Dette viser sig ofte ved nedsat funktionsevne og funktionsevnetab, højere sundhedsomkostninger og reduceret livskvalitet. Hvis den demografiske udvikling ikke følges af en mere effektiv forebyggelse, rettidigdiagnostik og effektiv behandling og rehabilitering, vil den samfundsøkonomiske konsekvens og konsekvenser for den enkelte være markant.

Udfordringer består derfor ikke alene i at påvirke individuel adfærd og fokusere på indsatser, som forebygger livsstilssygdomme, og dermed have den rette kommunikation om KRAM-faktorerne. Forebyggelsesinitiativer bør også relatere sig til de rammer, vi lever i. Omgivelserne for mennesker, f.eks. offentlige rum, arbejdspladser, boligkomplekser, daginstitutioner og skoler skal særligt indrettes, så de så vidt muligt understøtter og fremmer en sund livsstil.

#### **Forskningsbehov**

Dette temas forskningsbehov retter sig mod forskning, der overordnet fremmer sund livsstil på lang sigt, ved at ruste den enkelte borger til efter bedste evne at tage hånd om egen sundhed og ved bredt forstået skabe rammer i samfundet, der understøtter en sund livsstil.

Det er vigtigt, at forskningsindsatsen tager højde for, at forskellige grupper har forskellige behov, således at indsatsen kan målrettes til modtagerne. Der er særligt behov for ny viden f.eks. initiativer rettet mod børn, unge og udsatte grupper, da disse kan være sværere at ramme ved bredere forebyggelsesinterventioner. Der kan ligeledes være særlige behov tilknyttet voksne eller ældre medborgere, eksempelvis i relation til fastholdelse på arbejdsmarkedet.

Der mangler således overordnet viden om, hvordan vi motiverer og ruster forskellige mål- og aldersgrupper til at foretage sunde valg. Herunder retter der sig et væsentligt forskningsbehov i relation til effektive forebyggelsesinitiativer. For eksem-



Der er behov for at skabe mere viden om hvordan vi mest hensigtsmæssigt tilrettelægger den offentlige forebyggelsesindsats, blandt andet ved at undersøge hvilke initiativer, der viser sig mest effektive. Herunder er der behov for at udvikle, implementere og effektvurde (også økonomisk) egnede screeningsværktøjer og lavtærskel tilbud (primær og sekundær forebyggelse), samt smidige og effektive "kæder" af tiltag fra let tilgængelige støttetiltag til mere specialiserede behandlings-tiltag (tertiær forebyggelse).

Derudover kan forskningen også sigte mod arbejdspladsernes potentiale og muligheder i forbindelse med forebyggelse, tidlig opsporing og håndtering af kollegaer og medarbejdere med helbredsproblemer. Det vil føre til en bedre forståelse af psykiske lidelsers årsager og virkninger, herunder en stærkere belysning af samspillet mellem arbejde og privatliv i udviklingen af stress og psykiske lidelser.

#### *Rygning og alkohol*

De skadelige virkninger af tobak og alkohol er velbelyst. Forskningsbehovet retter sig mod, hvordan vi begrænser rygning, det vil sige både får personer, der allerede ryger, til at holde op, og endnu vigtigere forhindre at især børn og unge starter med at ryge. Forskningen kan rette sig mod interventioner og indsatser, der medfører rygeophør på individniveau, samt hvilke redskaber, der har effekt på tilgængelighed af tobak og alkohol på samfundsniveau. Forskningen kan foregå indenfor mange forskellige fagområder, afhængig af om den har fokus på politiske beslutninger, på økonomiske incitamenter, på sundhedsfremmetiltag, på receptorfunktioner i hjernen eller på biologiske mekanismer af nikotinsubstitution.

Ligeledes er der behov for forskning, der kan medvirke til at nedbringe alkoholforbrug (opsporing, sundhedsfremme, etc.). I gruppen af afhængige er der ligeledes brug for forskning i redskaber til opsporing, idet der i øjeblikket kun er 15.800 personer der er i behandling, ud af anslået 140.000 behandlingskrævende. Ligeledes er det nødvendigt med mere viden om bedre behandlingsmetoder, såvel fx medicinske, kognitive som familieorienterede.

#### *Fysisk aktivitet og kost*

Der er behov for tværvideenskabelige og tværsektorielle forskningssamarbejder, som belyser hvordan for eksempel sunde kostvaner og fysisk aktivitet fremmes og fastholdes hos alle og specielt målrettes behov hos specifikke grupper (eksempelvis ældre, børn og unge, overvægtige, gravide, syge, socialt udsatte, etniske minoriteter). Der er behov for nye innovative forskningsindsatser. Dette kan blandt andet ske gennem samarbejde med IKT-miljøer, som åbner muligheder for udvikling af nye teknologier og metoder til tidlig opsporing.

Endvidere er der behov for at belyse, hvordan borgere, familier, arbejdspladser og lokalsamfund motiveres til at initiere og fastholde sunde kostvaner og en fysisk aktiv livsstil. Forskningen skal afdække og forstå adfærd, praksis og barrierer for at integrere sund kost og fysisk aktivitet i hverdagen på tværs af demografi og geografi. Mobile teknologier og 'big data' metoder repræsenterer potentialer til at monitorere, motivere og fastholde sunde kostvaner og fysisk aktivitet. Der kan med fordel udvikles nye personlige teknologier til succesfuld implementering, fortsat motivering og løbende monitorering (herunder bio-monitorering) og effektvurdering af kost og fysisk aktivitetsinterventioner. Herunder nye måder til at integrere og analysere effekten af forskellige interventioner på mængde og mønster i kost og



fysisk aktivitet, på tværs af befolkningsgrupper. Den nuværende viden om effektive indsatser til fremme af sunde kostvaner og fysisk aktivitet er beskedent. Derfor bør der parallelt med tiltag til at øge befolkningens indtag af sund kost og fysiske aktiviteter etableres evidens for sundhedseffekterne (kardiovaskulær, metabolisk og mental sundhed og kognitiv performance). Ligeledes er interaktioner imellem fysisk aktivitet, kost og lægemidler stort set uudforsket. Området rummer et stort potentiale både for individorienterede regimer for gradvis regulering, og i visse tilfælde reduktion af medicinering i takt med sundere kost og øget fysisk aktivitet. Yderligere er det vigtigt i denne sammenhæng at se på betydningen af kost hos den overvægtige, der ønsker at tabe sig, og hos den ældre borger, hvor bevarelse af muskelmasse og funktionsevne er nøgleprioriteter.

Indsigt i molekulære mekanismer og en kortlægning af mekanismerne bag den individuelle variation i sundhedseffekter af fysisk aktivitet, vil bane vej for etablering af nye skræddersyede anbefalinger for fysisk aktivitet med anvendelse af molekylære og genetiske markører i kombination med profilen af det enkelte individ.

#### *Bedre mental sundhed*

Der er behov for forskning, der kan afdække de generative mekanismer bag dårlig mental sundhed og stress: Hvilke forhold ved samfundet generelt, herunder motionsvalg, forskellige typer af organisationer og institutioner, for eksempel ledelse, samarbejde, normer og etikker, kultur, omverdens- og sociale relation påvirker den mentale sundhed? Der kan også fokuseres på hvad der skaber god mental sundhed, og hvordan kommuner og institutioner bedst muligt understøtter god mental sundhed i forskellige alders- og målgrupper. Det er således væsentligt, at der ikke alene er fokus på mental usundhed, men også på de positive aspekter som der kan forstærkes og støttes.

Endvidere er der behov for større viden vedrørende omfang af tidlig risiko og udsathed, samt det udviklingsmæssige samspil mellem risiko og beskyttende faktorer i barnet og dets miljø, der er forbundet med risikoudvikling og resiliens. Der er ligeledes behov for udvikling og afprøvning af tidlige opsporings- og forebyggelsesmodeller tilpasset danske forhold.

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Det er afgørende, at forskningsmidlerne udmøntes, så forskningen bliver relevant og anvendelig for den kommunale og regionale praksis. Midlerne bør derfor udmøntes på en sådan måde, at forskningen i relevant omfang bliver gennemført i tætte tværsektorielle samarbejder mellem forskningsinstitutioner, offentlige myndigheder og private aktører. For at imødekomme behovet, og på sigt opnå de tilstræbte effekter, kan det være hensigtsmæssigt, at forskningsindsatsen kombinerer 'grundforskning', hvor de helt uudforskede dimensioner behandles med mere løsningsrettede og implementerbare praksisprojekter. Det er endvidere vigtigt, at projekterne løbende faciliterer vidensdeling mellem forskningsinstitutioner og relevante ministerier, organisationer, danske virksomheder og institutioner.

Danske bioteknologiske, IKT- og e-health-virksomheder udgør centrale samarbejdspartnere i forskningen og som aftagere af resultater med henblik på udvikling



af både nye teknologier, lægemidler og services til anvendelse i sundheds- og uddannelsessektoren, og af nye produkter og services med en bred kommerciel interesse hos borgerne.

Kontinuerlig monitorering af sundheds- og livsstilparametre vil ændre relationen imellem borgeren og behandleren og muliggøre en langt højere borgerinddragelse. IKT forventes således at blive et centralt element i nye tilgange i forebyggelse og sundhedsfremme. Derfor vil der være et marked for denne type teknologier og et behov for at sikre, at de hurtigt bliver tilgængelige for den brede befolkning.

Endelig kan det nævnes, at temaet er et fokusområde i europæiske forskningsprogrammer, der skal understøtte, at alle borgere i 2030 har motivation, evner og muligheder for at få en sund kost og et fysisk aktivitetsniveau, der kan sikre, at livsstilssygdomme mindskes betydeligt.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til forslag på ”Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015” som den medicinske Bioinformatik platform MedBio-BigData.

### **Danske forudsætninger**

Forskningsindsatsen indenfor temaet kræver mobilisering af en bred kreds af forskningsmiljøer, både på universiteter og sektorforskningsinstitutioner, samt samarbejde med private virksomheder og offentlige aktører som for eksempel kommuner og regioner.

Stærke miljøer inden for social- og velfærdsforskning, biomedicinsk forskning, økonomi, gerontologi samt implementeringsforskning kan bidrage til temaets udmøntning. De offentlige registre, der skaber muligheder for at undersøge for eksempel økonomiske, uddannelses-, familie- og sundhedsmæssige forhold og ændringer heri over tid, er en central dansk forudsætning sammenlignet med de fleste andre lande i verden.

Det danske velfærdssystem udgør et i international sammenhæng et særdeles velegnet grundlag for implementering af mere systematisk forebyggelse og evaluering. Der er derfor nogle sikkerhedsnet, der skal opfange børn og familier i risiko og som kan inddrages i forskningsindsatsen.

Der er væsentlige eksisterende såvel som kommende forskningsinfrastrukturer som f.eks. bioinformatikinfrastrukturen ELIXIR, Danmarks Nationale Biobank og den nationale LIFE Science HPC installation Computerome, som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, vedrørende sundhed, herunder forskning i genetik, sundhed og sygdom, samt udvikling af nye terapiformer og lægemidler. Disse har alle potentialet til at medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings- og udviklingsaktiviteter inden for Sundhed på højt internationalt niveau.

### **Mål, effekt og perspektiver**

En strategisk forskningsindsats for at styrke danskernes fysiske og mentale sundhed vil understøtte sund livsstil blandt borgerne og potentielt reducere samfundets



omkostninger til blandt andet sygefravær og behandling af en lang række livsstils-sygdomme. Det kan derfor være et afgørende bidrag til sikring af fremtidens vækst og velfærd i Danmark.

Desuden kan en styrket indsats på området medføre højere grad af forskningsbase-ret dokumentation for de sundhedsmæssige effekter og virkninger af strukturelle og individorienterede tiltag. Den opnåede viden vil udgøre en stærkere videnbase for effektive, succesfulde og fleksible anbefalinger, politiske initiativer og tiltag på tværs af den offentlige sektor for at fremme sund livsstil.

Endelig kan en målrettet forskningsindsats bidrage til at udvikle en evidensbaseret forebyggelsesindsats i forhold til danske børn og unge for at fremme sundhed og trivsel.



## 10. Et borgernært og teknologiunderstøttet sundhedsvæsen

### Resumé

Det danske sundhedsvæsen står overfor en række udfordringer og muligheder. På den ene side forventes antallet af borgere med aldersrelaterede og/eller kroniske sygdomme at stige i takt med, at den gennemsnitlige levealder øges. På den anden side opstår nye muligheder for at inddrage borgerne mere direkte i forebyggelse, behandling og rehabilitering gennem blandt andet nye teknologiske udviklinger.

For at håndtere udfordringerne og understøtte en stadigt sundere befolkning skal sundhedsvæsenet i endnu højere grad kunne håndtere samspillet med patienter, teknologi og andre offentlige og private aktører på området. Der er behov for yderligere forskning og udvikling, som skal skabe den nødvendige teknologiske modning og viden om effektive processer, samspil og brugerinddragelse i sundhedsvæsenet.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Det danske sundhedsvæsen leverer dagligt sundhedsydelser af god kvalitet til en bred gruppe af borgere, og en stærk dansk sundhedsforskning medvirker til at skabe nye behandlingsmuligheder til gavn for patienter, deres pårørende og samfundet i øvrigt. Men det danske sundhedsvæsen står – ligesom sundhedsvæsenet i en lang række OECD-lande - overfor væsentlige udfordringer i form af en stadigt ældre befolkning og implementering af bedre, men også potentielt dyrere behandlingsmuligheder.

#### *En ældre befolkning...*

I de kommende år forventes der en fortsat stigning i behovet for offentlige ydelser inden for sundheds-, pleje- og omsorgsområdet. Forandringen sker først og fremmest som en bivirkning af en positiv demografisk udvikling, hvor flere danskere lever længere. I Danmark forventes antallet af borgere over 65 år at gå fra ca. 1,1 mio. i 2015 til ca. 1,6 mio. i 2040. Antallet af borgere over 80 år forventes fordoblet i samme periode, således at antallet stiger med ca. 278.000 personer frem til 2040.

Danmark har traditionelt ligget lidt under OECD-gennemsnittet når det kommer til midlellevealder, og det er i sagens natur en glædelig udvikling, når midlellevealderen stiger. Udviklingen kan imidlertid også vise sig økonomisk omkostningsfuld, fordi størstedelen af de sundhedsrelaterede udgifter ligger sidst i livet. Der er risiko for, at flere ældre dermed vil betyde større sundhedsrelaterede udgifter, hvis ikke vi sørger for, at en ældre befolkning også er en ældre, sundere, befolkning.

#### *... skaber risiko for en større sygdomsbyrde...*

Som beskrevet i temaet styrket fysisk og mental sundhed gennem sund livsstil og forebyggelse, kan forebyggelse i form af blandt andet sund livsstil og godt arbejdsmiljø spille en rolle i at sikre en sund aldring, og modvirke en lang række livsstilsrelaterede sygdomme, der også forventes at være en stadig større udfordring for den danske befolkning og det danske sundhedsvæsen.

Når det er sagt, stiger risikoen for at blive ramt af nogle sygdomme såsom diabetes, lungesygdomme, knogleskørhed og neurologiske sygdomme som demens med alderen. Det er omkostningsfuldt for den enkelte, pårørende og samfundet i almindelighed. Udgifterne til sundhedssektoren forventes at stige markant over de kommende år, i takt med at flere bliver ramt af aldersbetingede sygdomme.



Et eksempel på en sygdom, der vil ramme flere i fremtiden er demens. Det skønnes, at antallet af borgere med demens vil stige fra anslået 80.000 i 2015 til ca. 155.000 i 2040 og hver femte borger over 85 år forventes desuden at blive ramt i demens. På globalt plan ventes antallet af mennesker med demens at blive næsten fordoblet hvert 20. år, således at 131,5 mio. mennesker risikerer at være ramt af demens i 2050.

*... og udviklingen stiller krav til sammenhængen i behandlingssystemet...*

En ældre befolkning vil også – i kombination med stadigt bedre behandlingsmuligheder – medføre, at flere lever længere med mindst en kronisk sygdom. Knap 1. mio. voksne danskere led i 2014 af KOL, leddegigt, hjertesvigt, knogleskørhed, type 1 og 2, diabetes eller astma. Af de knap 1. mio. borgere med ovennævnte kroniske sygdomme, havde 15 pct. mere end én kronisk sygdom.

Tilvæksten af patienter med flere kroniske sygdomme understreger behovet for at sundhedssektoren kan tage sig af patienternes samlede sygdomsbillede og plejebehov. Desværre oplever nogle i dag et fragmenteret patientforløb. Det gælder især borgere, der har hyppige kontakter med sundhedsvæsenet, har flere samtidige sygdomme og/eller er socialt udfordrede. Udsatte borgere har særligt gavn af at blive understøttet i koordinationen mellem de forskellige aktører i et sundhedsforløb. Disse patienter vil også ofte have behov for en kompleks indsats begrundet i behandlings-, pleje- og rehabiliteringsbehov sekventielt eller parallelt.

Det er således nødvendigt med en koordineret indsats fra blandt andet sygehuse, kommuner og almen praksis for at sikre en sammenhængende og velforberejdede patientforløb fra diagnostik til rehabilitering, herunder for sårbare patienter med en eller flere kroniske sygdomme.

*... og større inddragelse af borgere med fokus på den enkeltes behov og muligheder...*

Samtidig er det en vigtig prioritet at understøtte patienter i bedst muligt selv at håndtere egen sygdom og livssituation mere generelt. Med støtte og vejledning fra relevante sundhedsprofessionelle skal de patienter, der er i stand til det, i højere grad inddrages i og tage ansvar for monitorering og regulering af egen behandling. Patientinddragelse skal medvirke til at sikre, at patienternes egne ønsker og livssituation bliver inddraget i de ofte komplekse behandlingsforløb, hvor det ikke altid er givet ud fra et fagligt aspekt, hvilke til- eller fravalg, der er bedst for den enkelte.

En øget inddragelse af patienten i behandlingen aktualiserer dog også spørgsmål omkring den enkelte borgers kapacitet for at deltage i behandlingen og problematikker omkring ulighed i sundhed. En bevægelse mod et mere borgernært og aktivt borgerinddragende sundhedsvæsen kan understøttes af, at tilbuddene tager højde for de forskellige befolkningsgruppers evne til at tage ansvar for eksempelvis selvregulering og monitorering af egen tilstand.

*... og øget brug af sundhedsteknologi og sundhedsdata...*

Nye sundheds- og velfærdsteknologiske løsninger har et meget stort potentiale for at medvirke til at skabe et mere effektivt sundhedsvæsen, der kan håndtere ovennævnte udfordringer, skabe bedre kvalitet i indsatsen og inddrage den enkelte patient i sit behandlingsforløb. Men det kræver, at teknologien udvikles og integreres både i behandlernes arbejde og patienternes dagligdag for at fremme både forebyggelse, tidlig opsporing, monitorering og rehabilitering og generel sundhed.

For eksempel er der i dag mange manuelle arbejdsprocesser, som kan automatiseres i sundheds-, pleje- og omsorgssektoren. Ligeledes kan kunstig intelligens åbne





nye muligheder i forhold til eksempelvis diagnostik og der er potentiale for at udvikle sikre, bedre og mere effektive behandlingsmetoder og sundhedsteknologier, der udnytter de teknologiske potentialer for at inddrage borgerne i deres eget hjem i behandlingen. Det kan for eksempel være genoptræning i eget hjem ved hjælp af spilteknologi eller videomøder med fysioterapeuten, som kan give den enkelte hyppigere og mere individuelt tilrettelagt træning.

Hvis vi ønsker et sundhedsvæsen i verdensklasse, kræver det, at vi indsamler, opbevarer og bruger valide sundhedsdata – i sagens natur med stærkt fokus på sikkerhed og etiske aspekter, herunder privacy. Danmark har allerede nogle af verdens bedste registre på sundhedsområdet, som skaber en lang række muligheder for sundhedsforskning på højt niveau. Men det er en væsentlig udfordring at sikre, at vi følger med den teknologiske udvikling og benytter nye smarte løsninger til fulde. En væsentlig driver for udviklingen af det digitale samfund er sammenkoblingen af den næsten uendelige mængde data, der produceres eksempelvis ved hjælp af sensorer og applikationer med millioner af fysiske enheder. Dette betyder, at de nye teknologiunderstøttede værktøjer på sigt i stigende grad bliver intelligente og kan handle på egen hånd ved brug af disse data. Det er en udvikling, der også kan skabe mulighed for øget individualisering og målretning af omsorgs- og behandlingstilbud.

### **Forskningsbehov**

Dette temas forskningsbehov relaterer sig grundlæggende mod forskning, der kan medvirke til at understøtte et mere effektivt, borgernært, sammenhængende og teknologiunderstøttet sundhedsvæsen. Dette indebærer blandt andet et sundhedsvæsen som er økonomisk forsvarligt og hvor den enkelte borger føler sig tryk og modtager pleje på et højt fagligt niveau. En central forudsætning er derfor, at der etableres et tilstrækkeligt højt vidensniveau fsva. organisering af det danske sundhedsvæsen, og herunder hvordan effektive indsatser bedst organiseres og nye inddragende løsninger bedst implementeres. Samtidig er der behov for forskningsbaseret viden om konsekvenserne af tidligere ressourceprioriteringer og reformprocesser samt de nuværende praksisser i sundhedsvæsenet, således at ressourcer anvendes mest effektivt.

### *Sund aldring*

Der er behov for ny viden indenfor en bred vifte af områder for at understøtte en sund aldring. For at kunne behandle aldersrelaterede sygdomme bedst muligt er det nødvendigt, at nye, effektive behandlingsmuligheder – herunder non-farmakologiske – fortsat udvikles og implementeres. Herudover er der blandt andet behov for at udvikle mere effektive indsatser i forhold til at bevare ældres funktionsevne og til rehabilitering af ældre, således det tværsektorielle samarbejde bliver mere effektivt. En forskningsindsats kan både rettes mod ældre generelt, borgere med en eller flere kroniske sygdomme og ældre med funktionsnedsættelser af anden årsag.

### *Et borgernært og sammenhængende sundhedsvæsen*

Effektive pleje-, behandlings- og rehabiliteringsforløb kræver medvirken fra patienten eller dennes pårørende. Der er derfor et stort behov for øget viden om, hvordan patientinddragelse kan tilrettelægges på en måde, der er effektiv for både patienten og sundhedsvæsenet – også i forskningsprojekter. Endvidere spiller sundhedspersonalet selvsagt en afgørende rolle. På en række af disse områder er der behov for praksisnær forskning, som identificerer konkrete patientforløb eller principper for



inddragelse og implementering af teknologi som sikrer at både sundhedsprofessionelle og borgerne drager størst mulig nytte af nye løsninger.

Der er et generelt behov for øget viden om hvilke sundheds-, pleje- og rehabiliteringsindsatser, der virker for forskellige målgrupper, herunder borgere med en eller flere kroniske sygdomme og borgere med psykiske lidelser. Der er behov for at fremme nye væsentlige forskningsområder, som vil gøre os bedre til at forstå, forklare og forandre forholdene for disse grupper.

I praksis er der behov for forskning i indsatser, så ressourcekrævende genindlæggelser kan forebygges, og således at borgerne i videst muligt omfang rehabiliteres til at varetage eget liv. Udover generelt sundhedsfremme for raske borgere skal der udvikles ny viden og nye tilgange i praksis med et bredere fokus end alene på de klassiske risikofaktorer (KRAM – kost, rygning, alkohol, motion). Herunder reduceret ulighed i sundhed, som adresseres gennem sammenhænge mellem social og sundhedsmæssig trivsel.

#### *Et teknologiunderstøttet sundhedsvæsen*

Der er behov for forskning i design, udvikling og implementering af velfærds- og sundhedsteknologi. Blandt andet har automations- og robotindustrien potentiale til at udvikle nye sundheds- og velfærdsteknologiske løsninger i samspil med det offentlige sundhedsvæsen i kommuner og regioner. Der er allerede udviklet blandt andet løftelifte til plejesektoren og selvkørende robotter, der for eksempel transporterer blodprøver på sygehusene. Men der er fortsat mange arbejdsprocesser, der med fordel kunne automatiseres i sundheds, pleje- og omsorgssektoren. Tilsvarende er der eksempler på, hvordan kontinuerlig indsamling og analyse af data fra patienter kan anvendes i ambulant behandling og forudsige sygdomsudvikling og der er behov for at forske i teknologier, som i lang højere grad involverer og aktiverer patienten selv i egen omsorg og behandling. Der er således behov for forskning, der inddrager brugernes oplevelse og behov i afklaringen af, hvilke måder, løsninger i brugernes øjne vil kunne lette hverdagen med sygdom, herunder til udvikling af personlige sundhedsteknologier som patienten accepterer og anvender i sin dagligdag.

Tilsvarende er det centralt, at der sker en forskning i sundhedsteknologi, der er personlig, bruger-centreret og fungerer forebyggende. Disse teknologier bliver særdeles væsentlige i forebyggelse og håndtering af multisyge kroniske sygdomme, som skal håndteres på tværs af primær og sekundærsektoren. Langt den meste forskning i sundhedsteknologi er rettet mod teknologier anvendt i professionel sammenhæng (for eksempel på hospitaler), og vi ved alt for lidt om, hvordan mere personlig sundhedsteknologi skal designes, bygges og implementeres, herunder hvilken rolle indsamlet borger- og patientdata kan anvendes i sygdomsforudsigelser, -forebyggelse og -behandling. En løbende opsamling af relevante helbredsmæssige data i eget hjem vil give mulighed for en hurtigere, bedre og billigere behandling af patienterne samt give patienten mere kontrol over egen situation. Der er behov for at identificere relevante helbredsmæssige parametre og udvikle nye teknologier til at opsamle valide data løbende og formidle dem til sundhedspersonalet. Derfor skal forudsætninger for en innovativ brug af sundhedsdata både imellem sygehusene, i sundhedsvæsenet generelt og på tværs af sektorer optimeres og dette skal skabe den bedst mulige behandling i fremtiden.



### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Det er afgørende, at forskningsmidlerne udmøntes, så forskningen bliver relevant og anvendelig for praksis i sundhedsvæsenet. Forskningsindsatsen kan derfor tilrettelægges, så inddragelse af patienter og personale og tæt samarbejde på tværs af sektorer understøttes. Endvidere kan forskning i relevant omfang ske i samarbejde med virksomheder på området. Dette skal sikre, at forskningen kan omsættes til løsninger, der implementeres hos brugeren og som udnytter eksisterende styrepositioner i industrien.

Stærke partnerskaber på både nationalt, regionalt og lokalt niveau kan for eksempel bidrage til at sikre at forskningsinitiativerne udmønter sig i løsninger, der kan implementeres og værdierne høstes. Herudover bør forskningsmiljøerne sikres kritisk masse i form af tilstrækkelige og stabile kompetencer, herunder kompetent forskningsledelse, erfarne vejledere og nødvendige støttefunktioner.

Nye og mindre etablerede forskningsmiljøer kan styrkes i tæt samarbejde med stærke og mere etablerede miljøer, så der sikres synergi med inddragelse af forskellige faglige perspektiver og forskningstraditioner i en helhedsorienteret og tværfaglig forskning. Samtidig skal stærke og bredt funderede forskningsmiljøer på internationalt niveau opbygges.

Endelig er det vigtigt, at relevante myndigheder er involveret i forskningsindsatsen så det sikres, at eksisterende lovgivning overholdes, samt at myndighederne kan følge udviklingen og sikre den nødvendige åbenhed, når ny regulering udarbejdes.

### **Danske forudsætninger**

Forskningsindsatsen inden for temaet kræver i mange tilfælde mobilisering af en bred kreds af forskningsmiljøer, samt samarbejde med private virksomheder og offentlige aktører som for eksempel kommuner og plejecentre. Der er i Danmark en mangeårig tradition for og erfaring med professionalisering af sundheds-, pleje- og omsorgsarbejde, således er blandt andet den danske ældrepleje genstand for opmærksomhed fra nye markeder og i et vist omfang egentlig systemeksport.

I Danmark er der en stærk tradition for tværgående samarbejde og for ligeværdig inddragelse af forsknings- og praksisaktører i udviklingen af ny viden og tilgange. Ved at koordinere forskningsindsatsen i nationale forskningscentre sideløbende med udviklingen af det borgernære sundhedsvæsen, kan Danmark maksimere effekten af indsatsen. Her er det også væsentligt at sikre en stærk inddragelse af industrien.

Danmark har også stærke samfundsvidenskabelige miljøer med erfaring i forskning i borger- og brugerinddragelse i den offentlige sektors ydelser samt koordination af den offentlige indsats. Der er et betydeligt potentiale i at inddrage disse kompetencer i udviklingen af det borgernære og individorienterede sundhedsvæsen.

Danmark har endvidere stærke forskningskompetencer inden for velfærds- og sundhedsteknologi. Det gælder både forskningsinstitutioner og mindre, mellemstore og store virksomheder, der er førende regionalt såvel som globalt. Det gælder eksempelvis robotområdet, høreapparater og telemedicin.

Danmark har et meget unikt sundhedsvæsen i forhold til sundhedsdata. Brug af sundhedsdata er en nøgleingrediens i al sundhedsforskning, hvad enten der er tale



om registerforskning, grundforskning eller kliniske forsøg. Danmark har flere dataregistre som skal kunne bruges på tværs af sektorer og faggrænser. Registrer og biobanker, som indeholder data om danskernes sundhed inkluderer blandt andet Landspatientregistret, Dødsårsagsregisteret, Regionernes Bio- og GenomBank og de kliniske kvalitetsdatabaser. I sygehusenes EPJ-systemer opsamles hele tiden flere og strukturerede data- og borgerne opsamler også i stigende omfang selv data. Dette giver nogle helt særlige forskningsmuligheder, der kan være banebrydende for folkesundheden både herhjemme og i udlandet, hvis vi sikrer den nødvendige rammesætning. Forudsætningen for, at kunne bringe sundhedsdata i spil, er de rigtige regulatoriske rammer både etisk og sikkerhedsmæssigt samt velfungerende it-systemer og en infrastruktur, der binder systemerne sammen.

I udmøntningen af forskningsindsatsen bør indtænkes sammenhængen til eksisterende forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. bioinformatikinfrastrukturen ELIXIR, Danmarks Nationale Biobank og den nationale LIFE Science HPC installation Computerome. Dertil kommer de aktiviteter omkring forskeres adgang til sundheds- og socialregistre som Uddannelses- og Forskningsministeriet finansierer gennem KOR – Det Koordinerende Organ for Registerforskning. Der er tale om infrastrukturer, som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, herunder forskning i genetik, sundhed og sygdom, samt udvikling af nye terapiformer og lægemidler. Disse har alle potentialet til at medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings- og udviklingsaktiviteter inden for Sundhed på højt internationalt niveau.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Den aldrende befolkning er en den vestlige verdens store udfordringer og vores samfunds bæredygtighed afhænger blandt andet af, om vi formår at tilpasse os den nye demografiske struktur. Forskning indenfor dette område vil medvirke til at skabe en sundere aldrende befolkning og give bedre sundhedsøkonomi gennem en bedre og billigere behandling og pleje. Dette er et vigtigt bidrag til fremtidens vækst og velfærd.

En målrettet forskningsindsats på sundhedsområdet skal endvidere optimere udnyttelsen af de professionelle ressourcer gennem effektive indsatser og samspil på tværs af sektorer og professioner. Tiltagene skal i sidste ende medvirke til en bedre livskvalitet i befolkningen og herunder reducere antallet af sygedage. Desuden er der væsentlige perspektiver for besparelser inden for udgiftstunge poster inden for velfærds- og sundhedsområdet.

En forskningsmæssig satsning kan øge kvaliteten i de offentlige servicetilbud på en økonomisk effektiv måde. For eksempel anslås, at kommunerne har indhøstet en effektiviseringsgevinst på 233 mio. kr. i 2014 og 2015 som led i deres fælleskommunale program for velfærdsteknologi.

Endvidere vil en styrket forsknings- og udviklingsindsats på området kunne understøtte udviklingen af nye systemer, løsninger og teknologi, der kan eksporteres til andre lande.



## 11. Globale og lokale sundhedstrusler

### Resumé

Miljø, fødevareproduktion og menneskers sundhed påvirkes af en række udefra kommende faktorer, herunder mikrobielle, kemiske og fysiske faktorer. Resistente mikroorganismer, nye sygdomsfremkaldende vira, hormonforstyrrende stoffer, luftbårne allergener eller partikler udgør betydelige risici for mennesker, miljø og samfundsøkonomi.

Forskning i bedre forståelse og forebyggelse af risici og risikomekanismer, udvikling af strategier og nye innovative teknologier skal give Danmark en mulighed for at styrke sin position inden for forebyggelse, kontrol og bekæmpelse af sygdomsfremkaldende miljøfaktorer og gøre globale sundhedstrusler til eksportmuligheder for danske virksomheder.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Det er en global udfordring at reducere sundhedsskadelige og sygdomsfremkaldende påvirkninger af især mennesker, men også dyr og miljø fra mikrobiologiske organismer såsom bakterier såvel som partikler og kemiske stoffer. Danske virksomheder, myndigheder og forskningsinstitutioner har en stærk tradition for at udvikle løsninger til gavn for det enkelte menneske, for naturen og for samfundsøkonomien.

Klimaændringer og globalisering med øget transport af mennesker, dyr og varer, er med til at øge risikoen for introduktion af nye smitsomme sygdomme til områder, hvor de normalt ikke findes, hvor specielt de vektorbårne sygdomme, der spredes af dyr og parasitter, har vist sig at kunne spredes med stor hastighed med alvorlige følger for mennesker og produktionsdyr. I de seneste år har vi set adskillige eksempler på epidemier og pandemier, der har udgjort væsentlige risici for den globale sundhed, eksempelvis den såkaldte fugleinfluenza. Dertil kommer udfordringer med at reducere fødevarebårne sygdomme som roskildesyge, campylobacter, salmonella, listeria med flere.

På det mikrobielle område udgør mikroorganismer, der er resistente overfor bekæmpelsesmidler (antibiotika, pesticider, biocider, fungicider med videre) en global trussel. Antibiotikaresistente bakterier er af WHO udpeget som en af de største trusler mod menneskeheden frem mod 2050. Opfindelsen af antibiotika har massivt og globalt forbedret sundhedstilstanden og levealderen for befolkningen gennem årtier.

Det er et aktuelt og stadigt voksende problem, at grupper af antibiotika bliver virklingsløse overfor selv almindelige infektioner og sygdomsfremkaldende bakterier, der har udviklet resistens. Hvis der i fremtiden ikke længere kan behandles med effektive antibiotika står verdens sundhedsvæsen over for alvorlige problemer, da antibiotika bruges på mange behandlingsområder.



Resistente bakterier har således potentialet til at blive en omfattende sundhedsudfordring, som fundamentalt kan ændre behandlinger i sundhedsvæsenet og dermed kan få en stor indflydelse på samfundet og borgeres liv og adfærd.

Særligt på hospitaler er resistente bakterier et problem. Det skyldes bl.a., at patienter ofte har et svækket immunforsvar, og at de derfor har en øget risiko for at få hospitalserhvervede infektioner såsom lungebetændelse, blodforgiftning og urinsinfektioner.

Resistens er ikke kun et problem i sundhedsvæsenet. I landbrugets plante- og husdyrproduktion er det en stor udfordring effektivt at kunne bekæmpe ukrudt, skadedyr og sygdomsfremkaldende mikroorganismer, uden at bekæmpelsesmidler skader vandmiljø, grundvand, natur eller menneskers sundhed. Eksempelvis kan resistente bakterier opstå og udvikle sig i husdyr, hvorefter de kan overføres via fødevarer fra dyr til mennesker både nationalt og internationalt. Eksempler herpå er det i 2015 opdagede MCR-1 gen, der er i stand til hurtigt at sprede sig imellem forskellige bakterier. Det er derfor vigtigt med en koordineret indsats for at hindre flere resistente bakterier via en 'One Health' tilgang, der anerkender at sundhed for dyr, mennesker og miljø hænger sammen. Det kræver nye indsatser og mere viden for at opnå en mere sikker, bæredygtig og kosteffektiv fødevarerproduktion.

Mennesker, dyr og natur påvirkes også af en lang række kemiske stoffer og partikler, som kan være menneskeligt producerede eller naturligt forekommende. Tilsatte kemiske stoffer i eksempelvis forbrugerprodukter, fødevarer og emballage kan bidrage med egenskaber, som er tilsigtede og efterspurgt af både forbrugere og erhverv, men samtidig skal det sikres, at utilsigtede skadevirkninger på mennesker, dyr og miljø undgås. Nogle stoffer virker – eller mistænkes for at virke – hormonforstyrrende, allergifremkaldende, fertilitetsnedsættende, kræftfremkaldende eller hjerneskadende. I miljøet kan visse stoffer ophobes i dyr og planter samtidigt med, at de er svært nedbrydelige, hvilket kan medføre skadelige virkninger i både dyr og mennesker via føden.

Skadevirkningerne fra eksempelvis tungmetaller har været kendt og studeret i mere end et århundrede, mens vores viden om potentielle helbredspåvirkninger fra helt nye, menneskeskabte nanopartikler i sagens natur er langt mindre – både fordi der ikke har været lang tid til at studere partiklerne, og fordi de i en række sammenhænge har andre fysisk-kemiske egenskaber end kendte materialer. Der er ligeledes begrænset viden om de såkaldte cocktail-effekter, som er betegnelsen for de kombinationseffekter, der kan opstå ved udsættelse for – typisk mindre doser af – flere forskellige stoffer.

Endelig er allergi er også et voksende sundhedsproblem, som hænger sammen med udefrakommende miljøfaktorer eksempelvis i form af proteiner fra blandt andet pollen, husstøvmider eller kemiske stoffer i forbrugerprodukter eller arbejdsmiljøet. Alene i Danmark berøres ca. 1,5 mio. mennesker af allergier, som belaster den enkelte såvel som samfundsøkonomien i form af bl.a. reduceret arbejdsevne.

Sundhed, sikkerhed og miljømæssig bæredygtighed fylder meget for store dele af dansk erhvervsliv, hvad enten det drejer sig om sundhedsindustrien, fødevarer-



hvervet, miljøteknologiske virksomheder eller produktionsindustrien i bred forstand. Mange virksomheder vil kunne bidrage til at levere løsninger til gavn for mennesker, dyr og miljø og for eksport, vækst og beskæftigelse.

### **Forskningsbehov**

Forskningsbehovet indenfor dette tema retter sig mod bedre forståelse og forebyggelse af risici og risikomekanismer, udvikling af strategier og nye innovative teknologier skal give Danmark en mulighed for at blive et foregangsland inden for forebyggelse, kontrol og bekæmpelse af sygdomsfremkaldende miljøfaktorer og gøre globale sundhedstrusler til eksportmuligheder for danske virksomheder.

#### *Menneskets sundhed og mikrobiologiske risikofaktorer*

Et helt centralt forskningsområde relateret til de mikrobielle risici retter sig mod resistensproblematikkerne. Her er der behov for forskning, som retter sig mod diagnostik, overvågning, transmission, miljø samt forebyggelse af truslen fra mikroorganismer, som kan medvirke til konkrete løsninger til at bekæmpe resistensproblematikkerne.

Der er behov for forskningsbaserede design af strategier til at forbedre behandling og forebyggelse af infektioner ved at udvikle nye og hurtige metoder til diagnostik. Forskningsbehovet retter sig også mod udvikling af systemer til at identificere og overvåge nye udbrud fra mere eksotiske eller resistente patogene mikroorganismer.

Der er også behov for forskning i de mekanismer, hvormed nye patogener fremkommer og spredes samt hvordan resistente bakterier spredes sig mellem dyr (herunder husdyrsbesætninger), mellem mennesker, og fra dyr til mennesker, samt hvordan resistensgener spredes sig mellem forskellige bakteriearter. Denne viden kan omsættes til evidensbaserede og effektive strategier for at minimere spredningen af antibiotikaresistens nationalt og internationalt.

Der er endvidere behov for mere viden om vurdering af bidrag af forurening fra eksempelvis hospitaler som en kilde for udvælgelse af og spredning af antimikrobiel resistens. Med henblik på at forhindre erhvervelse, overførsel og infektion, der bevirker dannelse af antimikrobiel resistens hos mennesker og dyr, er der behov for design og afprøvning af interventioner af disse, herunder forebyggende infektionsbehandling på hospitaler.

Forskningen kan også rette sig mod de – nogle gange helt nye – globale smittetrusler, som løbende opstår. Vira som zika, fugleinfluenza, afrikansk svinepest etc., eller patogene mikroorganismer i øvrigt kan spredes meget hurtigt og kræver overvågning og forebyggelse. Overvågning er første skridt til at erkende en ny global sundhedstrussel inden forskningen påbegyndes. Forebyggelse af spredningen af patogener fra udlandet, for eksempel via rejsende, flygtninge og emigranter, vil kræve inddragelse af mange faggrupper, foruden de sundhedsfaglige grupper.

#### *Miljø, fødevarerproduktion og sundhed: One health*

Blandt andet inden for landbrugs- og fødevarerproduktionen retter en række forskningsbehov sig mod på samme tid at imødegå udfordringerne og støtte op om virk-



somhedernes udviklingsperspektiver i relation til produktudvikling mv.; kontinuerligt behov for viden om håndtering af patogener, hvor nye produktions- og forarbejdningsprocesser iværksættes; nye råvarer og produkttyper sendes på markedet og nye typer af emballager og procesudstyr udvikles. Patogener som for eksempel campylobacter, listeria og antibiotikaresistente bakterier skal håndteres, og vil fortsat være en udfordring under produktion og forarbejdning af fødevarer. Forskningen kan blandt andet rette sig mod en mere harmoniseret 'One Health'-overvågning af forbrug og resistens med en højere grad af sammenlignelighed af resistensforekomst i dyr, mennesker og miljø. Der er blandt andet brug for udvikling af metoder og fokus på kvalitet af data.

Digitaliseringen og adgangen til data er i denne sammenhæng væsentlig. Internet of Things (IoT) bliver allerede i dag brugt til at sikre sporbarhed af mad og vand fra producenten til forbrugeren, og det må forventes, at der også i fremtiden ligger store muligheder inden for området. Der ligger bl.a. betydelige muligheder i forskning inden for IoT-integration og smart produktion.

Indenfor overvågning af smitsomme sygdomme er der et yderligere behov for forskning i teknologiske digitale løsninger, der kan standardisere og udvide overvågning inklusiv eksponering og udbrud til højest mulige og effektivt forebyggende og behandlende strategier. Big data analyser og modelleringer og simuleringer vil være oplagte teknologiske værktøjer hertil.

Et forskningsbehov retter sig også mod emballageområdet. Forskningen kan rette sig mod at udvikle materialer som er nemmere eller billigere at genanvende, er fri for uønskede – for eksempel hormonforstyrrende - stoffer, reducerer mulig fødevarerkontaminering og miljøpåvirkning, samt forbedrer fødevarernes holdbarhed og derved reducerer madspild.

#### *Effekten af kemiske stoffer i vores omgivelser*

Der er endvidere behov for mere viden om kemiske stoffers effekter på mennesker og miljø, herunder påvirkning fra blandt andet reproduktionstoksiske, kræftfremkaldende, mutagene, neurotoksiske og hormonforstyrrende stoffer samt de særligt miljøproblematiske stoffer, som er svært nedbrydelige og kan ophobes i levende organismer. Kemiske stoffer vurderes i de fleste tilfælde enkeltvist, mens vi udsættes for et stort antal forskellige stoffer via vores omgivelser, fødevarer og forbrugerprodukter. Der er derfor behov for mere viden om kemiske stoffers kombinationseffekter. Potentielt toksikologiske virkninger af eksisterende og nye stoffer, som mennesker bliver udsat for gennem fødevarer og forbrugsprodukter, skal afdækkes.

Forskningsbehovene retter sig også mod forskning i sammenhængen mellem partikler og deres sundhedseffekter. Partikelforurening opstår blandt andet i forbindelse med afbrænding i skibs- og landtransport, brændeovne etc. Foruden denne længe kendte type af partikelforurening er mulige eksponerings- og sundhedsrisici forbundet med nye, konstruerede nanopartikler i sagens natur mere ukendte. Bedre viden om sammenhæng mellem fysisk-kemiske egenskaber, skadelige effekter og eksponering kan bruges til forebyggelsesforanstaltninger, herunder til at udvikle nye materialer uden de skadelige effekter.





Både som grundlag for bedre teknologi- og produktudvikling og for offentlig regulering er der behov for at udvikle nye metoder til brug for fare- og risikovurdering af kemiske stoffer, inkl. pesticider, biocider og forskellige partikelformer. Der er behov for hurtigt at kunne forudsige størrelsen af den humane og miljømæssige eksponering og for metoder og modeller, som kan koble multiple stressfaktorer som emission, eksponering og følsomhed overfor blandinger af stoffer.

Endelig retter forskningsbehovene sig mod allergener og allergiområdet, herunder ikke mindst til udvikling af vacciner og disses samspil med det menneskelige immunsystem. Der er et behov for bedre at forstå det medfødte immunsystems rolle ved behandling, for eksempel allergivacciner. En sådan forståelse vil utvivlsomt kunne styrke den terapeutiske effekt af vaccinerne. Desuden mangler der viden til identificering og potensvurdering af allergifremkaldende kemiske stoffer. En sådan viden er vigtig i forhold til at forebygge udviklingen af kontaktallergi over for kemiske stoffer i befolkningen.

#### *Tværgående fokus på erhvervspotentialer og samfundsløsninger*

Forskningsindsatsen skal så vidt muligt sigte mod at reducere risici for mennesker og miljø, samtidig med at forskningen har et klart fokus på muligheder for eksport, vækst og samfundøkonomiske potentialer i bredere forstand. De erhvervsrettede potentialer kan have mange former. Det kan for eksempel være i relation til nye biologiske bekæmpelsesmidler, alternativer til antibiotika, præ- og probiotika, vacciner, omkostningseffektive løsninger til substitution af uønskede stoffer, højt sikkerhedsniveau i relation til fødevarerproduktion og -eksport med videre.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til en række forslag på ”Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015 ” som den medicinske Bioinformatik platform MedBio-BigData, DK-Openscreen - Forskningsinfrastruktur for kemisk biologi, EMBION - Cryo-EM facilitet for biologiske nanostrukturer, samt FOODHAY – Open Innovation FOOD and Health Laboratory

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Effektiv samfundsmæssig værdiskabelse vil inden for en række af de ovenfor beskrevne områder fordele tætte samarbejder (evt. i form af partnerskaber) mellem videninstitutioner, virksomheder samt offentlige myndigheder og/eller institutioner, eksempelvis hospitaler.

Udfordringerne har alle en global karakter, og det vil derfor være naturligt at søge samarbejder på tværs af mange lande og aktørgrupper. Det vil på en række områder også være værdifuldt at tænke i international arbejdsdeling, så indsatsen fokuseres på underområder, hvor der findes danske styrkepositioner, og hvor der samtidig i international sammenhæng (blandt andet i EU-regi) er fokus på, at alle de vigtigste dimensioner af udfordringerne samlet set har en tilstrækkelig forskningsmæssig dækning.



Der kræves bl.a. en fælles international indsats for at etablere *et tværnationalt samarbejde* og koordinering på spørgsmål, hvor standardiseringen af overvågningssystemer er en vigtig forudsætning for at opnå en samlet strategi for overvågning og kontrol af antibiotikaresistens. *Transnationale initiativer og samarbejde* er vigtig i forhold til at bestemme effekten af forskellige sundhedssystemer og landbrugspraksis i forskellige lande, samt effekten af rejser og handel på tværs af internationale grænser. *En integreret global indsats er afgørende* for at teste og sammenligne effekten af interventioner, der er rettet til at forebygge og kontrollere overførsel af antimikrobiel resistens i sundhedsvæsenet, fællesskab og indstillinger landbruget i hele verden.

Forskningen skal have fokus på samfundsmæssig værdiskabelse, som kan finde sted inden for såvel kortere årrækker som på langt sigt. Der kan være tale om såvel grundforskning som mere anvendelsesorienteret forskning. I en række sammenhænge kan det være hensigtsmæssigt, at forskningen sker tæt på praksis, og at mange bruger- og personalegrupper på eksempelvis hospitaler, for eksempel læger, sygeplejersker, bioanalytikere og bioinformatikere inddrages aktivt i forskningen. Eventuel indsamling, opbevaring og behandling af data kan om muligt struktureres således, at det infrastrukturelt og juridisk kan anvendes både i klinikken/sundhedsvæsenet, til myndighedsopgaver og med lige adgang til forskningsformål. Det bør desuden ske i sammenhæng med allerede eksisterende infrastruktur i sundhedsvæsenet vedr. infektioner m.v.

En dansk forskningsindsats bør sikre sammenhæng til eksisterende forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. bioinformatikinfrastrukturen ELIXIR, Danmarks Nationale Biobank og den nationale LIFE Science HPC installation Computerome, PRO-MS – Danish National Mass Spectrometry Platform for Functional Proteomics på Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015, som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, vedrørende sundhed og fødevarer og personlig medicin Disse har alle potentialet til at medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings- og udviklingsaktiviteter inden for området på højt internationalt niveau.

### **Danske forudsætninger**

Danmark har en stærk tradition indenfor forskning på både sundheds- fødevare- og miljøområdet. Det høje niveau af fødevarer sikkerhed i Danmark kommer ikke bare de danske forbrugere til gavn, men fungerer også som nøgle til en række eksportmarkeder.

Dansk forskning inden for antibiotikaresistens og bakterielle infektioner og dansk forskning er omfattende og velanset. Omfattende registre og databaser relateret til området skaber et godt afsæt for forskningen. Til anvendelse i sundhedsvæsenet findes eksempelvis den danske mikrobiologiske database, "MIBA", som indeholder af alle danske mikrobiologiske prøvesvar og "HAIBA", som er et automatisk værktøj/til overvågning af nogle af de hyppigst forekommende sygehuserhvervede infektioner i Danmark og der arbejdes på yderligere relevant infrastruktur. Danmark har således muligheden for at udnytte patientregisterstyrkerne til at teste nye behandlingsmetoder og samtidig tidligt opruste det danske sundhedsvæsen.



Desuden har Danmark den videnskabelige styrke til at udvikle mange behandlingsværktøjer til aktivt at bekæmpe patogener, herunder avanceret genbaseret diagnostik og ikke-klassisk antibiotika, der har reduceret risiko for at skabe nye resistente patogenmutanter. Disse ikke-klassiske antibiotika modvirker patogeners evne til at danne biofilm eller alternativt opløse biofilm. Evnen til biofilm dannelse er et af de største bidrag til antibiotikaresistente infektioner.

Danmark har desuden oparbejdet stor viden omkring vektorbårne sygdomme (sygdomme, der spredes via smittebærende dyr, fx myg, fluer eller tæger), der med succes inkluderer data fra en lang række utraditionelle felter, som klima/mikroklima, jordbundsforhold, meteorologi, modellering mm. Endvidere er der på det veterinære felt oparbejdet betydelig ekspertise inden for besætningsbaseret beslutningsstøttesystemer, der blandt andet kan støtte op om forskning, der har til formål at begrænse antibiotikaforbrug og resistensudvikling.

På områder som hormonforstyrrende stoffer og sammenhængen mellem kemikalier og allergi, har Danmark i dag forskningsmiljøer, der er blandt de førende i verden.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Forskning indenfor dette område kan medvirke til at skabe nye løsninger og øget effektivitet i forebyggelse og behandling af infektioner hos mennesker og dyr. Det vil i sagens natur have væsentlige effekter i forhold til øget velfærd, sundhed og samfundsøkonomi.

Særligt forventes forskningen at bidrage til at imødegå den trussel, som antibiotikaresistens udgør mod den globale sundhedstilstand, som kommer til udtryk på blandt andet de danske sygehuse. Forskningen kan herunder bidrage til forbedret diagnostik og overvågning af problematiske patogener, inkl. nye globale udbruds trusler; øget viden i sundhedssektoren og i landbrugserhvervet om hvilke tiltag der har størst effekt på reduktion af antibiotikaforbrug og udvikling af resistens; reduktion af spredning af resistente bakterier i hospitaler, landbrug og samfund; og udvikling af nye forebyggelses- og behandlingsstrategier, alternative produkter til antibiotika og nye antibiotika, samt nye produkter og services til eksport til håndtering af den globale sundheds trussel fra patogener.

Forskning inden for substitutionsområdet kan medvirke til, at danske virksomheder er på forkant med udviklingen, og derved kan have egnede alternativer klar, når uønskede stoffer forbydes i EU. Dette kan på sigt medføre en bedre konkurrenceevne.

Endelig skal forskningen bidrage til, at danske virksomheder indenfor blandt andet biotek, fødevarer og sundhed kan udvikle nye, bedre løsninger i den rette balance mellem vækst og konkurrenceevne, miljø, bæredygtighed, forbrugerhensyn samt dyrevelfærd og -sundhed.



## NYE TEKNOLOGISKE MULIGHEDER

### 12. Life science – på vej mod global bæredygtighed og sundhed

#### Resumé

Life science kan yde væsentlige bidrag til at løse en række globale udfordringer relateret til bl.a. sundhed, sygdom, fødevarer, ernæring, klima og miljø. Dansk life science står stærkt – i erhvervslivet såvel som inden for den offentlige forskning – og er godt rustet til at levere nogle af de løsninger, der efterspørges globalt. Målrettede forskningsinvesteringer på området er vigtige for at imødekomme erhvervslivets behov for avanceret viden til at udvikle nye innovative produkter, processer og løsninger, som kan understøtte konkurrencekraft og imødekomme danske og ikke mindst globale behov for nye og bedre løsninger. Forskningsindsatsen skal også styrke produktionen af videnskabelige kandidater på et højt niveau, som er stærkt efterspurgt af industrien.

#### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Life science har potentialet til at kunne bidrage med nye teknologiske løsninger og innovative produkter inden for områder som sundhed, sygdom, fødevarer, ernæring, klima og miljø. Life science er samlebetegnelsen for forskning, der har videnskabelige studier af levende organismer fx mennesker, dyr, planter og mikroorganismer som omdrejningspunkt. Området omfatter blandt andet discipliner som biokemi, biomedicin, biofysik, cellebiologi, mikrobiologi, medicinalkemi, strukturbioologi, proteinkemi og -engineering, farmaci og farmakologi, bioteknologi, nanoteknologi, systembiologi, bioinformatik, computermodellering, basal sygdomsforskning, patofysiologi m.v.

På sundhedsområdet er life science og de videnskabelige fremskridt, der gøres, grundlaget for en stadig bedre forståelse af mange sygdomme og de biologiske mekanismer, der ligger til grund for sygdommes opståen og udvikling. Life science udgør herigennem grundlaget for udviklingen af nye lægemidler, vacciner og diagnostiske test m.v. og for introduktionen af nye behandlinger i sundhedsvæsenet.

Tilsvarende spiller life science også en helt afgørende rolle på landbrugs- og fødevarerområdet, hvor forskningen udgør grundlaget for fx planteforædling, husdyravl, fødevarereproduktion og udviklingen af fødevaringredienser. Life science rummer bl.a. store potentialer for bedre at dække det voksende behov for sunde fødevarer, samtidig med at de negative aftryk på klima og miljø reduceres, eksempelvis i form af øget udbytte, reduceret brug af pesticider og forbedret jord- og vandkvalitet. Samtidig er en detaljeret forståelse af molekulære og mikrobielle interaktioner i fødevarer essentiel for danske fødevarer- og ingrediensproducenters fortsatte muligheder for at forblive verdensførende indenfor produktion af starterkulturer såvel som til udvikling af helt nye områder og kulturer, der kan bidrage til en mere divers brug af f.eks. billige proteinkilder til human føde.

Også i relation til grøn omstilling, cirkulær økonomi, klima-, energi- og miljøudfordringerne rummer life science store potentialer. Levende organismer er for eksempel i princippet i stand til at producere næsten enhver tænkelig kemisk forbindelse



og ofte med en højere specificitet og energieffektivitet, end hvad der kan opnås ved traditionel kemisk syntese. Ved at udnytte naturens processer og kombinere disse på nye måder vil det være muligt at fremstille helt nye molekulære produkter og erstatte mange oliebaseerede processer og produkter med nye stoffer og processer. Bioteknologiske miljøprodukter gør det eksempelvis muligt at rense giftigt affald mere effektivt ved at udnytte mikrober, der optager forurenende stoffer, mens industrielle biotekløsninger kan skabe renere processer, som producerer mindre spild og bruger mindre energi og vand i industrisektorer som kemikalie, papir, tekstiler, fødevarer, energi, metaller og mineraler.

### **Forskningsbehov**

For at gribe de mange muligheder, der er knyttet til life science, er der behov for strategisk forskning indenfor og på tværs af en lang række forskningsområder. I det følgende fremtrækkes de væsentligste life science-forskningsbehov under følgende overskrifter: Syntesebiologi og cellefabrikker; Strukturbiologi; Kolloide systemer og grænsefladesystemer; Computational biology; Genomforskning; Mikrobiomforskning og Neurovidenskab.

### ***Syntesebiologi og fremtidens cellefabrikker***

Der er behov for forskning i nye veje til at gøre bioteknologisk produktion og fremtidens cellefabrikker mere konkurrence- og bæredygtig gennem mindsket forbrug af energi og råvarer, bedre kvalitet og et øget udbytte fra produktionen. Forskningen kan både sigte mod at optimere de biologiske processer fx enzymer og mikroorganismer, som anvendes i produktionen, og mod udviklingen af ny avanceret produktions- og processteknologisk udstyr fx måleudstyr til online overvågning af biologiske processer. Forskning inden for området omfatter således både biovidenskabelig forskning og teknisk videnskabelig forskning inden for områder som kemiteknik, organisk kemi, cellebiologi, syntesebiologi, oprensnings- og opskaleringsmetoder, mekanistiske modeller og teknologi til at styre mere kontinuerede bioteknologiske produktionsprocesser.

Der retter sig også forskningsbehov mod syntesebiologi, som er et lovende forskningsområde, der udnytter viden om biologiske processer og systemer til at optimere dem ved fx at flytte biosynteseveje fra planter til industrielle mikrobiologiske produktionssystemer og ved at anvende enzymteknologi til non-foodprodukter som f.eks. lægemidler, biomaterialer og new-to-nature produkter. Forskningen kan for eksempel sigte mod at optimere vigtige biokemiske processer som fermentering, fotosyntese og næringsstofomsætningen i planter samt med at udvikle mere robuste og pålidelige mikroorganismer og enzymer til bioteknologisk produktion.

### ***Strukturbiologi***

Strukturbiologi er et andet væsentligt forskningsområde som kort fortalt omhandler studier af biomolekyleres struktur og funktion. Området spiller en central rolle for den grundlæggende forståelse af biologiske processer og udgør derfor også et vigtigt grundlag for ny bioteknologi og farmakologi. Strukturbiologien åbner desuden nye muligheder for at forstå biologiske systemers vekselvirkning med fotoner, protoner og elektroner og åbner samtidig nye muligheder for at skabe biologiske systemer, der udnytter lys og strøm på nye måder.



En strukturbiologisk forskningsindsats kan for eksempel omfatte eksperimentelle studier af biomolekylære nanostrukturer, som kan skabe næste generations epokegørende resultater og metoder inden for eksperimentel biomolekylær forskning og modellering. ESS tilbyder nye teknologiske muligheder for at undersøge centrale detaljer i biomolekyleres struktur og funktion, som kun kan afdækkes ved hjælp af neutronstråling. Kombineret med store fremskridt inden for avanceret proteinproduktion, proteinkrystallografi, *nuclear magnetic resonance* (NMR) spektroskopi, elektronmikroskopi (EM), *atomic force microscopy* (AFM), massespektrometri (MS), fluorescens-baseret enkelt-molekyle spektroskopi og *super resolution microscopy* vil der i den kommende årrække skabes helt nye muligheder for at undersøge biologiske systemer i integrerende spændvidder af længde- og tidsskalaer fra atomer og molekyler til celler, væv og organismer. Dette er afgørende for en molekylærbiologisk grundforståelse baseret på realistiske biofysiske modeller - *first principles* – som baner vejen for udvikling af nye veje og løsninger i sundhed og sygdom, fødevarer og bioteknologi.

### **Kolloide systemer og grænseflader**

Forskning inden for kolloide systemer og grænsefladesystemer omhandler studiet af 'bløde' materialer, der spontant opbygger komplekse strukturer via molekylær selvorganisering. Egenskaberne af disse bestemmes i meget høj grad af deres struktur og dynamik på mikro- og nanometerskala. Et eksempel er fødevarer, såsom mælkeprodukter, hvor den molekylære struktur i praksis bestemmer f.eks. tekstur og udseende. Et andet eksempel er lægemidler, hvor mikro- og nanostrukturen har afgørende betydning for lægemidlets optagelse, specificitet og virkningsperiode. Andre eksempler er maling, vaske- og rengøringsmidler samt personlig pleje (cremer, kosmetik m.v.). Forskningsanlæg som ESS, MAX IV og EUROPEAN XFEL er særdeles velegnede til at give detaljeret information om kolloide systemers struktur og dynamik, og feltet har igennem mange år været et af de dominerende på eksisterende neutronfaciliteter. En forskningssatsning på området omfatter fx forskning inden for områder som protein ekspression i mikrobielle eller mamale organismer, farmaceutisk teknologi samt forskning i oprensningsmetoder og -teknologier.

### **Computational biology**

Et andet væsentligt bioteknologisk forskningsbehov knytter sig til computational biology, herunder big data- analyser, der med nye muligheder for at integrere den kvantitative karakterisering af biologiske fænomener med den nuværende kvalitative forståelse har potentiale til at frembringe nybrud i udforskningen af biologiske processer. Det vil have anvendelse i forhold til den helt grundlæggende beskrivelse af eksempelvis et proteins dynamiske egenskaber på atomart niveau såvel som til makroskopiske systemanalyser indenfor molekylærbiologi, bioteknologi, biologi og anvendt biologi. Alle biologiske discipliner fra karakterisering af molekylære interaktioner, cellulære netværk og videre til analyse af populationer af mennesker, fødevarerproduktionsystemer og økosystemer vil således blive omfattet af denne nye videnskabelige tilgang. Udviklingen af computational biology skal baseres på et fokus på at integrere store datasæt fra omics, genetik, strukturbiologi, MD simuleringer, bioimaging, biofysik, udviklings- og celle-biologi, fysiologi, biodiversitets studier, adfærdsstudier, makroskopiske biosystemer og bioinformatik ved matematisk modellering. Der er samtidig behov for at kombinere eksperimentelle discipliner med matematisk/statistisk metodik til fortolkning af "big data".



### **Genomforskning**

De nylige teknologiske gennembrud inden for genomforskning vil med den rette satsning kunne få afgørende betydning for en meget bred vifte af anvendelsesområder. Nye landvindinger indenfor genomredigering baseret på specielt CRISPR-Cas9-systemet giver muligheder for at ændre og systematisk undersøge genomer. Dette system kan udnyttes til at fjerne, indsætte og ændre DNA-sekvenser i mam-male celler eller organismer. Indenfor bioteknologisk forskning giver den form for genomredigering mulighed for at danne industrielt relevante organismer til fremstilling af medicin og fødevarerprodukter. Indenfor det sundhedsvidenskabelige område vil forskningen øge forståelsen for sammenhænge mellem gener, deres funktioner og deres regulering og vil herigennem kunne understøtte udviklingen af blandt andet personlig medicin. Udvikling af genredigeringsteknologier er dog også forbundet med en række udfordringer, som kan imødekommes gennem både teoretisk og eksperimentelt forskning, herunder udfordringer relateret til effektivitet og ”off target”-mutationer, hvor ændringer sker andre steder i genomet end tiltænkt. Andre forskningsområder, der skal udforskes yderligere med henblik på at sikre en stabil og bæredygtig produktion af fødevarer, foder, fiber og energi er genomisk selektion, NBT (New Breeding Techniques) og GMO.

### **Mikrobiomet**

Forskning i mikrobiomet omhandler udredning af bakteriers, parasitters, svampes og virus udvikling, sameksistens og konkurrence i mennesker dyr og planter. Forskningen vedrører blandt andet det humane mikrobiom i for eksempel menneskets tarm, mundhule, hud, men forskningsområdet dækker også den bredere forskning i mikrobiomet i husdyr, planter og jord. Der er allerede nu indikationer på en sammenhæng mellem det humane mikrobiom i tarmene og auto-immune sygdomme som diabetes og allergi, foruden fedme og kræft, samt på, at mikrobiomet hos dyr og planter har egenskaber som kan øge sygdomsresistente virkninger. Yderligere forskning heri vil således have en potentiel meget bred gennemslagskraft indenfor sundhed, fødevarer og bioteknologisk produktion.

Forskningen er aktuelt kendetegnet ved globalt store forskningsmæssige fremskridt og forhåbninger, diversitet i problemstillinger, konvergens af mange videnskabelige teknikker, inklusiv gensekventering og -analyse. Men forskningsfeltet er stadig ungt og præges også af en fortsat søgen efter videnskabelig evidens i mikrobiomets virkning og årsag. Fælles for alle potentielle anvendelsesområder er der således fortsat behov for at grundlæggende forskning, som vil tillade evidensbaseret brug af mikrobiomet. Det forudsætter en tilgang, der inddrager kompetencer inden for mikrobiologi, molekylærbiologi, medicin, dyre- og plantebiologi, genetik, økologi, evolution og farmakologi at oparbejde den fundamentale forståelse, der kan resultere i grundlæggende nye opdagelser.

### **Neurovidenskab**

Endelig er der store potentialer forbundet med en forskningsindsats rettet mod neurovidenskab, som kan integrere viden fra strukturel molekylærforskning, cellebiologiske modeller til fysiologiske studier af hele organer og organismer. Neurovidenskab er basis for behandling af patofysiologiske tilstande koblet til hjernen, herunder neurale og psykiske lidelser. Kemisk biologi, funktionelle *in vivo* imaging paradigmer knyttet til transgene celle- og dyremodeller giver unik forskning i molekyl-



lærfysiologiske funktionsmekanismer af fx adfærd, læring og hukommelse. Patient-databaser og unikke biobanker i det danske forskningsmiljø faciliterer stor-skala dataindsamling på genetiske data, transkriptomer, proteomer, metabolomer, mikrobiomer etc., som knyttet med de molekylærfysiologiske funktions-mekanismer opstiller avancerede netværksmodeller for molekylærfysiologiske årsagssammenhænge og interventionspunkter for terapeutiske strategier. Samme integrerede forskningsindsats vil fremme forståelsen af hjernen som biocomputer og dens procesoptimeringer, som kan kopieres til nye principper for informationsteknologi. En neurovidenskabelig forskningsindsats kan også omfatte anvendelse af patientmateriale, der via programmeret stamcelleteknologi kan bidrage med en række forskellige neuronale celletyper, som kan bruges i forbindelse med udvikling og validering af nye behandlingsprincipper.

### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Det vil være relevant for mange forskningsindsatser på life science området, at de iværksættes som generiske interdisciplinære forskningssatser fremfor som specifikke anvendelsesorienterede satser. Forskningen inden for mange af områderne vil være kendetegnet ved at have fokus på det mere grundlæggende, og resultaterne af forskningen vil derfor kunne være relevante for både landbrug, fødevarerhvervet, lægemiddelindustri og bioteknologiske virksomheder. Det vil være oplagt at udmønte indsatsen, så den ligger i krydsfeltet mellem akademisk og industriel forskning med fokus på at etablere offentlige-private forskningssamarbejder mellem universiteter, små- og mellemstore virksomheder og højteknologiske forskningstunge biotek- og lægemiddelvirksomheder, miljø- og energivirksomheder og fødevarer virksomheder.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til en række forslag på "Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015" som den medicinske Bioinformatik platform MedBio-BigData, DBN – Danish Bioimaging Network, DK-Openscreen - Forskningsinfrastruktur for kemisk biologi, EMBION - Cryo-EM facilitet for biologiske nanostrukturer, INSPECT – Dansk Instrumentcenter for NMR Spektroskopi, og COLLECT – Center for celleanalyse og cellebaseret terapi, samt FOODHAY – Open Innovation FOOD and Health Laboratory

### **Danske forudsætninger**

Dansk life science udgør en markant dansk styrkeposition både på universitetssiden og i erhvervslivet og bidrager massivt til vækst og beskæftigelse i Danmark. Forholdene er gode, også i et internationalt perspektiv, for at en bred forskningssatsning på life science vil kunne gøre en forskel på nationalt og internationalt plan. Danmark har meget stærke akademiske og industrielle miljøer inden for en lang række relevante fagområder såsom kemi, medicinsk kemi, strukturbioologi, kemisk biologi, molekylærbioologi, mikrobiologi, fermentering, cellebiologi, cellefabrikker, enzymteknologi, biologisk produktion, procesteknologi, proces systems engineering og metabolic engineering.

På erhvervssiden er der markante danske styrkepositioner både inden for medicinalindustrien og fødevarer- og ingrediensindustrien samt miljø- og energisektoren, ligesom der er en række fremadstormende forskningsbaserede biotekvirksomheder.





der, der leverer lovende bud på nye produkter og forretningsområder. En betragtelig del af danske eksportindtægter er baseret på mikrobiel produktion af stoffer og produkter. Sammenholder man de gode forudsætninger med de teknologiske muligheder, som ESS, MAX-IV og XFEL skaber, vil der i den kommende årrække skabes helt nye muligheder for at undersøge og tilgå biologiske systemer på et strukturelt molekylært niveau, tidsopløst og under naturlige forhold.

Virksomhederne inden for life science havde i 2014 egen forskning for godt 11,5 mia. kr. Samlet svarer det til knap en tredjedel af al den forskning, der blev udført i det danske erhvervsliv, og andelen har været stigende over tid. Især lægemiddelbranchens forskning fylder meget, og branchen har øget sine investeringer med ca. 45 pct. siden 2008. Samlet er der ca. 9.200 personer beskæftiget med forskning i Life science-brancherne, hvilket er en lille stigning fra 2008. De udgør ca. 20 pct. af det private FoU-personel i det danske erhvervsliv.

En dansk forskningsindsats bør sikre sammenhæng til eksisterende forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. bioinformatikinfrastrukturen ELIXIR, Danmarks Nationale Biobank og den nationale LIFE Science HPC installation Computerome, PRO-MS - Danish National Mass Spectrometry Platform for Functional Proteomics samt forskningsinfrastrukturen for strukturel biologi INSTRUCT på Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015. Hertil bør der sikres sammenhæng og optimal udnyttelse af det danske engagement i det europæiske molekærbiologiske forskningslaboratorium EMBL – European Molecular Biology Laboratory, samt i forhold til neuroscience det danske EMBL Partnerskab DANDRITE. Der er tale om aktiviteter og ressourcer, som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, vedrørende Life Science, herunder forskning i genetik, sundhed og sygdom fødevarer, nanostrukturer, samt udvikling af nye terapiformer og lægemidler. Disse har alle potentialet til at medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings- og udviklingsaktiviteter inden for området på højt internationalt niveau.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Forskningsindsatsen inden for life science skal fremtidssikre Danmark og bidrage til at bringe verden ind i en æra, der er kendetegnet ved øget sundhed, optimal resourceudnyttelse, styrket opgradering af side- og reststrømme, mindre drivhusgasemission, uafhængighed af oliebaseret produktion og produkter. Det vil samtidig danne basis for eksport af både produkter og ekspertise og dermed sikre fremtidig vækst og arbejdspladser i Danmark.

Bioteknologi er så vigtig i løsningen af de samfundsmæssige udfordringer, at der på globalt plan bliver investeret massivt i forskning og teknologiudvikling indenfor dette område. Det betyder, at de nuværende teknologier over en meget kort årrække vil være forældede og, at andre lande hurtigt kan overhale Danmark, hvis ikke vi selv er proaktive. En strategisk forskningsindsats og et fastholdt fokus på at vedligeholde og udbygge Danmarks aktuelle førerposition er derfor bydende nødvendig for at undgå at blive overhalet.



### 13. Materialer til fremtidens produktion og produkter

#### Resumé

En stor del af alle teknologiske innovationer kan relateres direkte eller indirekte til materialer og udvikling af nye materialer. Forskning i og udvikling af nye og forbedrede materialer er vigtigt for fremtidig vækst i dansk industri. Det vil over en bred kam styrke Danske virksomheders konkurrenceevne at have direkte adgang til den nyeste viden om avancerede materialer, herunder deres design, fremstilling og anvendelse.

Den strategiske materialeforskningsindsats skal bygges op omkring fyrtårnsmiljøer af høj international klasse og aktiviteterne skal kobles til de erhvervsmæssige behov for viden og kompetencer på materialeområdet. Området inkluderer såvel hårde som bløde og biologiske materialer, herunder eksempelvis forbedrede metaller, nanofotoniske materialer, og polymerer, funktionelle keramer, magnetiske og energi relaterede materialer, samt materialeoverflader.

#### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Mange større teknologiske fremskridt er drevet af opdagelsen og udviklingen af nye materialer. Fra forhistoriske redskaber af sten, bronze og jern til det tyvende århundredes opfindelse af syntetiske polymerer har nye materialer været en drivkraft bag store forandringer i den menneskelige civilisation. I dag udgør materialeudviklingen en afgørende rolle i håndteringen af nogle af de mest presserende samfundsmæssige udfordringer som for eksempel den globale opvarmning og vores fremtidige energiforsyning. Ifølge OECD kan op til 70 % af innovation på det tekniske område relateres til nye materialer.

En af de store forskningsmæssige udfordringer på materialeområdet handler om at forstå og manipulere materialernes struktur. Hidtil er udvikling og optimering af materialer i stor udstrækning sket gennem en dyr og langsommelig proces med gentagen syntese, forarbejdning og test på slutproduktet. Det ville være en fundamental game changer at kunne designe nye og forbedrede materialer ved hjælp af modellering og simulering, hvor bedre syntese- og karakteriseringsværktøjer er essentielle. Herved kan designprocessen forkortes, og langt flere designs kan afprøves, hvorved ressourcer til fremstilling og test minimeres og tiden til markedsførelse forkortes.

#### *Faktaboks: Materialer til grøn omstilling*

Et eksempel på et felt, hvor indsigt i materialers indre struktur er helt essentiel, er *energimaterialer*. Indenfor moderne energiteknologi er avancerede materialer uundværlige, og stort set alle energiteknologier er afhængige af materialer med specielle egenskaber. Overgangen til et bæredygtigt samfund drives af nye energimaterialer: termoelektriske materialer til at genindvinde spildvarme, solceller til at høste solenergi, hybrid-magneter til omdannelse af bevægelsesenergi til elektrisk energi. Genopladelige batterier kan udvide udnyttelse af ikke-konstante energikilder (vind, sol, vand) der ved lagring af elektrokemisk energi kan medvirke til at regulere den elektriske belastning og udligne/reducere elektrisk spidsværdi og derved forbedre af stabiliteten på forsyningsnettet. Hertil vil brændselsceller og ikke mindst elektrolyseceller også spille en vigtig rolle ved f.eks. at lagre eller omdanne



elektrokemisk energi til transportbrændstoffer. Der er også store potentialer i forstå og udvikle nye kvantematerialer, som eksempelvis kan føre til nye superledere til transport af strøm uden tab.

Forbedrede eller helt nye avancerede materialer med specielle egenskaber er drivere for teknologiske fremskridt, og forskning i materialer er vigtigt for en meget bred vifte af danske erhvervsvirksomheder og spiller en central rolle for producenter af blandt andet cement, katalysatorer, membraner, pumper, vinduer, vindmøller, maskiner, insulinapparat, lægemidler, ingredienser, implantater, fødevarer, emballage, termostater, magneter, pesticider, processtyr, sensorer, robotter, plastre, overfladebehandling, legetøj, optiske sensorer og måleinstrumenter, høreapparater, og installationer til energikonvertering og kommunikations og informationsteknologi. Muligheden for at fastholde og videreudvikle en dansk styrkeposition på disse områder er i høj grad afhængig af stadige forbedringer af produktkvalitet, produktivitet og nye produkter. Det sikres bl.a. via optimale materiale- og procesløsninger.

Etableringen af European Spallation Source (ESS), MAX IV i Sydsverige og EUROPEAN XFEL i Hamborg skaber helt særlige muligheder for, at dansk forskning og erhvervsliv kan opbygge en international førerposition på det bio- og materialeteknologiske område. Det forudsætter imidlertid, at der i årene fremover sker en betydelig udvikling af det materialeteknologiske område. Derfor er det en helt central målsætning i den nationale strategi om ESS som drivkraft for fremtidens vækst, at der skal etableres 3-5 internationalt anerkendte såkaldte fyrtårnsmiljøer på områder af strategisk betydning for dansk forskning og erhvervsliv. Fyrtårnsmiljøerne har ikke alene fokus på den neutronteknologi, der findes på ESS, men skal i bred forstand styrke kompetenceopbygningen på det bio- og materialeteknologiske område. De identificerede områder for etablering af fyrtårnsmiljøerne er:

1. Strukturbiologi og molekylær bioteknologi
2. Kolloid- og Grænsefladeforskning: Fødevarer, Ingredienser og Lægemidler
3. Hårde materialer i 3D
4. Polymerer og bløde materialer
5. Magnetisme og kvantematerialer
6. Funktionelle materials atomare struktur
7. Analyse og metodeudvikling – dansk teoricerter.

### **Forskningsbehov**

I materialeforskning er der meget sjældent én metode, der giver alle svar. Det er symbiosen mellem forskellige analysemetoder, syntese/forarbejdning af materialer samt avanceret computermodellering, der giver de store gennembrud, både akademisk og kommercielt. De fagmiljøer, der formår at koble disse elementer vil have de afgørende forspring i fremtidens videnkapløb.

De nye storskalafaciliteter i Danmarks umiddelbare nærhed giver en øget mulighed for at studere udvikling af struktur, lokal kemi, lokal mekanik og optiske egenskaber på alle relevante længde- og tidsskalaer – samtidigt og i 3D. Dette vil kunne fungere som input for og test af mere korrekte og realistiske multi-skala materialemodeller, hvilket vil gøre det muligt at reducere tiden fra ide til marked. Der er også



brug for state-of-the-art teori- og metodeudvikling, som skal danne kimen til at udnytte alle faciliteter på tværs og derved danne en 'integrativ' angrebsvinkel til at kombinere al data og information og dermed udnytte storskalafaciliteterne optimalt. Et tæt samspil mellem eksperimentelle og teoretiske grupper på den yderste forskningsfront er vigtig for at udvikle forståelsen for materialer, faste stoffer og biologiske systemer i bred forstand, en forståelse som næste generations nøgleteknologier vil bygge på.

Materialeforskningen vil i mange sammenhænge kunne drage fordel af et større fokus på syntese af nye materialer/overflader og metoder til at karakterisere, forudsige og forbedre udviklingen af materialegenskaber, herunder monitorering, multi-skala modellering / simulering samt validering. Der er behov for forskning i at skabe materialer med særlig høj performance, fx levetid og styrke, men også for at kunne modellere, karakterisere, og designe disse egenskaber. Endelig er der et fortsat forskningsbehov i at forudsige og karakterisere fejlmekanismer og restlevetider, der kan sikre en nemmere industriel implementering af de nye materialer og teknologier. Hvis man kan opnå viden på atomart niveau om de kemiske reaktionsmekanismer (udgangsstoffer, intermediater, produkter mv.), der leder til fremstilling af et bestemt materiale eller overfladeegenskab, vil tiden fra opfindelse til industriel udnyttelse kunne sænkes drastisk.

De konkrete områder, som kan omfattes af en strategisk forskningsindsats på materialeområdet omfatter nye, avancerede bløde materialer og polymerer, biologiske materialer, hårde og funktionelle materialer, kompositter, katalytiske systemer og kvanteteknologi.

### ***Nye, avancerede bløde materialer og polymerer***

Der er væsentlige forskningsbehov indenfor polymerer og andre 'bløde materialer', som udgør en stor gruppe af materialer med meget brede anvendelsesmuligheder fra faste bygningsmaterialer til tilsætningsstoffer i alt fra tandpasta til motorolie. Materialerne omfatter blandt andet naturlige biopolymerer, der fås fra planter eller dyr, og syntetiske stoffer som for eksempel polystyren, der findes i en række plast- og isoleringsmaterialer. Det forudses at denne materialegruppe går fra at være et billigt alternativ til klassiske materialer som metaller og keramikere, til at være det foretrukne materiale.

Den store udfordring på polymerområdet i de kommende årtier er at udvikle nye polymermaterialer, der kan erstatte de eksisterende, som på trods af fremragende egenskaber og kolossal succes har to alvorlige problemer. De eksisterende polymermaterialer, der fremstilles ud fra fossile kilder, er i mange sammenhænge for holdbare, hvilket giver anledning til alvorlige affalds- og forureningsproblemer med plast og mikroplast i verdenshavene som det alvorligste. Forskningen skal derfor bidrage til udviklingen af et samfund med materialer af høj kvalitet baseret på fornybare ressourcer, hvor bionedbrydelighed er indbygget i polymererne afhængig af materialets forventede anvendelsestid. Afgørende for forskningen på dette område er at kunne afkode strukturen for derved at kunne udvikle nye funktionelle materialer med attraktive egenskaber. Udviklingen af nye polymerer og plastmaterialer kræver forskning i polymersyntese og polymeres egenskaber. De nye materialer vil have anderledes procesegenskaber, og skal undersøges ved at forske i proceseringsmetoder i relation til de nye materialers fundamentale egenskaber. Udviklingen af nye avancerede polymermaterialer vil kræve målrettet indsats på specifikke



områder såsom materialekarakterisering omfattende molekylær reologi og struktur, selvorganiserende amfifile materialer, polymernetværk og -geler, polymeroverflader og membraner, polymer opløsninger mv. Desuden har ledende og halvledende polymer- og oligomer-baserede systemer som fx tyndfilmsmaterialer vigtige anvendelser indenfor optoelektronik (solcelle- og lysdiode-teknologi). Her er der desuden behov for undersøgelser af nye procesteknologier til opskalering og deres indflydelse på materialeegenskaberne.

### **Biomaterialer**

Et andet væsentligt forskningsområde vedrører biomaterialer, som er de materialer der på forskellige måder interagerer med biologiske systemer. Det kan eksempelvis være hårde eller bløde materialer som anvendes i biologiske systemer (for eksempel implantater); som har biologisk oprindelse (knogler, træ, kalk etc.) eller biologiske systemer, der syntetiserer materialer som eksempelvis bakterier, som anvendes til syntese af monomerer til plastprodukter. Der er på området i dag en meget hurtig udvikling af nye molekylære biomaterialer med indbygget information, der kan styre forskellige biologiske processer. Dette skaber for eksempel grundlag for nye forbedret diagnostik, levering af aktive stoffer til målet, der ikke tidligere var tilgængelige, og regenerering i stedet for reparation af beskadiget væv.

En af nøglerne til fortsat vækst og udvikling på området er en bedre forståelse af materialer, der kan fungere i kontakt med biologiske systemer. Dels materialer, der er i direkte kontakt med kroppens væv (fx katedre, implantater, sensorer eller insulin-penne). Dels materialer, der indirekte kommer i kontakt med kroppen (fx emballage til fødevarer eller medicin). Nye og komplekse applikationer kræver en dybere forståelse af, hvordan biomaterialer interagerer med kroppen på celle- og molekylær niveau. Og her spiller vekselvirkningen mellem proteiner og materialeoverflader en centralrolle.

### **Hårde og funktionelle materialer**

Forskning i hårde og funktionelle materialer har et stort anvendelsespotentialer i relation til ny produktion og grøn omstilling. Alle hårde og funktionelle materialer såsom metaller, keramer, katalysatorer, magneter, energimaterialer, byggematerialer eller materialerne i den danske undergrund er opbygget hierarkisk med en indre struktur, der strækker sig over længdeskalaer fra det atomare niveau til centimeter. Den atomare struktur af materialet bestemmer de intrinsiske egenskaber, og hvis den er designet forkert mangler materialet den grundlæggende funktion. På samme vis er den indre struktur på større skala altafgørende for materialets egenskaber. Ændringer i den indre struktur på alle længdeskalaer, ændrer også egenskaberne. En stor forskningsmæssig udfordring på tværs af mange industrielle sektorer handler at forstå og skræddersy materialernes og komponenternes indre struktur på de forskellige skalaer, idet funktionalitet, effektivitet, ydeevne, levetid og pris dermed kan ændres radikalt. De danske instrumenter, Heimdal på ESS og DanMAX på MAX IV, vil potentielt give revolutionerende nye forskningsmuligheder i den sammenhæng. For eksempel muliggøres ekstremt detaljerede studier af "Real Materials in Real Time under Real Conditions".

Design og implementering af nye hårde materialer kan accelereres ved computer-modellering. Dette fordrer forbedrede multiskala modelleringsbeskrivelser af udviklingen af materialernes indre struktur under processering (som for eksempel formgivning og varmebehandling) og efterfølgende anvendelse, for eksempel under



mekanisk, magnetisk eller elektrisk belastning. Ligeledes kan opdagelse og design af nye funktionelle materialer fremskyndes ved modellering på alle skalaer. Multiskalamodellering og -simulering kan udnyttes til hurtig og effektiv udvikling af materialer og procesteknologi. Formulering og validering af multiskala materialemodeller kræver avanceret karakterisering i 3D, spændende fra atomar skala (f.eks. ionernes vandring i et batteri) til makroskala (f.eks. porer i en katalysator eller orienteringen af domæner i en magnet). Overfladeforandring forventes ligeledes at få en stigende betydning, idet materialer kan kombineres og de ydre overflader designes til en specifik funktionalitet.

Der er også behov for en bedre forståelse af vekselvirkningen mellem lys og stof i strukturer med nano-strukturering, herunder forbedring af fabrikationsteknologi, karakterisering samt stor-skala modellering af de fotoniske og elektroniske egenskaber. Med baggrund heri er der store perspektiver i realisering af nye funktionelle materialer og komponenter til anvendelser indenfor sensing, kommunikations- og kvanteteknologi.

### **Kompositter**

Kompositter er et andet væsentligt materialeforskningsområde. Kompositter er sammensatte materialer hvor interfasen imellem materialerne har en afgørende betydning for komposittens egenskaber. Mange af de nye avancerede karakteriseringsteknikker giver helt nye muligheder for at forstå denne klasse af materialer samtidig med, at der er et stort potentiale for udvikling af materialer med egenskaber, der ikke kan frembringes på anden vis. Der kan både være tale om "klassiske" plastkompositter med fibre eller andre egenskabsforbedrende additiver eller andre mere avancerede keramiske eller metalliske sammensatte materialer, hvor korngrænserne imellem komponenter i materialer er afgørende for egenskaberne.

### **Katalytiske systemer**

Både heterogene- og homogene- såvel som elektro-katalysatorer finder anvendelse i stadig flere applikationer. Materialeforskning med fokus på miljø, bæredygtig energi og klima har skabt viden om en række nye avancerede funktionelle materialer med katalytiske egenskaber. Herudover finder biologiske katalysatorer også større anvendelse i for eksempel medicinal- og fødevarerindustrien. Der er dog behov for en forskningsindsats med henblik på at opnå en bredere forståelse af de grundlæggende funktionelle strukturer og design af katalytiske systemer, samt forskning i hvorledes syntesen og processeringen af disse materialer indvirker på funktionaliteten.

Størstedelen af alle kemikalier i verden fremstilles med katalytiske processer, og forskning i nye katalysatormaterialer er en hjørnesten i udvikling af en bæredygtig økonomi. Nanopartikler indgår i et eksplosivt voksende antal moderne teknologier pga. deres unikke materialeegenskaber. Evnen til at designe nanopartikler på atomar skala og derefter fremstille dem på industriel skala vil få afgørende betydning for industrielle og potentielt samfundsændrende gennembrud.

### **Kvanteteknologi**

Der er desuden behov for forskning og udvikling i alle dele af "fødekæden" omkring kvanteteknologier. Der vil blive behov for forskning med afsæt i udvikling af nye materialer og komponenter, og for dansk forskning vil der blive behov for at få de kvantefysiske systemer fra skrivebordet og laboratoriet "ud i virkeligheden". Det vil



fx kræve udvikling af nye mikroskopiske, robuste lyskilder, og atomare fælder der kan integreres med optik og elektronik – en udfordring der rækker helt fra kontrolteori og teoretisk fysik over demonstrationer af nye koncepter til egentlig hardwareudvikling. Kvanteteknologi er et trans-disciplinært forskningsfelt og vil derfor kræve forskning inden for mange forskellige discipliner af videnskaben. Det indbefatter forskning i grundlæggende kvantematerialer, faststof-fysiske systemer, atomare systemer, optiske systemer, matematiske algoritmer samt informations- og kommunikationsteknologi.

### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Materialeforskning er i høj grad et multidisciplinært område, der indeholder elementer fra fysik, kemi, biokemi, anvendt matematik, mekanik og produktionsteknologi, herunder nanofabrikation, samt i nogle tilfælde biologi. Forskningsindsatsen skal omfatte alt fra grundforskning over anvendt forskning til implementering i industrielle omgivelser og desuden have fokus på at samle aktiviteterne inden for de forskellige materiale teknologiske discipliner og strategiske vækstområder. Det er desuden afgørende, at en materiale teknologisk indsats sker i tæt tilknytning til dansk erhvervsliv.

For at sikre kritisk masse, effektiv videnoverførsel og stærke synergieffekter er det vigtigt, at indsatsen understøtter strategien for den danske ESS-indsats og visionen om at etablere fyrtårne med internationalt ledende forskere i spidsen, der kan sikre samling og fokusering af aktiviteterne. Der er behov for et langsigtet strategisk samarbejde mellem alle danske aktører, hvis den store investering i ESS skal have maksimal effekt. I relation til fyrtårnsmiljøerne er der desuden behov for en række strategiske indsats inden for materialeområdet omfattende teoricenter med fokus på teori- og metodeudvikling og fyrtårnsmiljøer med fokus på polymerer og blødematerialer, på funktionelle materials atomare struktur, på hårde materialer i 3D og endelig et fyrtårnsmiljø inden for magnetisme og kvantematerialer. Det er afgørende, at disse fyrtårnsmiljøer forankres fysisk i miljøer med højeste videnskabelige excellence for at høste synergieffekter mellem de forskellige interessenter inden for universiteter, GTS-institutter og industri. Ligeledes vil en langsigtet investering i store infrastrukturer til materialesyntese, herunder pilot-anlæg og rentrumsfaciliteter til mikro- og nano-fabrikation fastholde en dansk styrkeposition inden for innovative produkter baseret på nye materialer.

Den strategiske forskningsindsats, herunder etableringen af fyrtårnsmiljøer, kræver et tæt samspil mellem højteknologiske virksomheder, som er afhængige af nye avancerede materialer, danske universiteter med relevante forskningsaktiviteter og GTS institutter med erfaring inden for implementering af ny teknologi og udvikling af nye målemetoder og et godt kendskab til industriens behov.

Udviklingen af nye og forbedrede materialer med innovative anvendelser er stærkt afhængigt af forskning, ofte med bidrag fra en bred vifte af forskningsfelter og teknologier. Det betyder, at kun få virksomheder kan løfte denne opgave selv, og for små og mellemstore virksomheder, er det ofte en umulig opgave. Derfor er det helt afgørende, at strategisk forskning på området, sker i tæt dialog og tilknytning til dansk erhvervsliv og finder sted på områder, som er relevante for dansk erhvervsliv. Der er desuden behov for netværk og miljøer, som kan sprede, samle og gøre



materialeteknologisk viden og infrastruktur synlig og praktisk tilgængelig og anvendelig for industrien.

### Danske forudsætninger

Danmark har en stærk tradition for avanceret materialeforskning, og en industri som udnytter avancerede materialer i produktionen af mange forskellige typer produkter som for eksempel aktive membraner, legeringer, legetøj, overflader, katalysatorer, sensorer og lyskilder. Flere danske universiteter har stærke kompetencer inden for materiale- og overfladeteknologisk forskning, udvikling og innovation. Det samlede materialeforskningsmiljø er ikke stort, men det er kendetegnet ved et højt forskningsfagligt niveau, også set i en international sammenhæng. Ligeledes er der i GTS-regi et højt materialeteknologisk videnniveau, specielt med henblik på anvendelse og industrialisering af nye overflader, materialer, teknologier og metoder. I tillæg til de stærke danske forsknings- og erhvervsmæssige styrker, åbner de nye storskalafaciliteterne ESS, MAX IV (Lund) og EUROPEAN XFEL (Hamborg) sammen med de danske medlemskaber af ESRF og ILL i Grenoble yderligere unikke muligheder for at placere dansk materialeforskning på verdenskortet samt styrke attraktivitet og viden- og kompetenceopbygning i dansk **industri**.

Kombinationen af forskningsaktive virksomheder, nærhed til verdensførende forskningsinfrastruktur og meget stærke forsknings- og teknologiorganisationer og universiteter gør, at Danmark befinder sig i en enestående position til at udnytte en langt større koordineret indsats på materialeområdet end den, vi allerede ser. Med den rivende globale udvikling er det dog en forudsætning for dansk industris fortsatte virke, at det høje niveau bibeholdes og udbygges. De stærke forudsætninger er desuden koblet med en efterspørgsel fra fremstillingsindustrien efter nye innovative og produktionsklare materialer, der kan hjælpe med at løfte virksomhedernes produkter til en internationalt unik klasse og give konkurrencefordele. Der er mange danske virksomheder, som er afhængige af nye viden på højeste niveau om eksisterende og nye materialer, og dansk industri står stærk positioneret til at udnytte resultater fra forskning på dette område.

### Mål, effekt og perspektiver

Forskning i fremtidens materialer skal sigte mod at styrke dansk erhvervsliv og samfund gennem udvikling af nye materialer, mere effektiv produktion og nye og forbedrede produkter med unikke, "intelligente" funktioner og egenskaber. Et andet generelt mål for materialeforskningsindsatsen bør endvidere være at sikre, at fremtidige materialer i videst muligt omfang tilgodeser miljømæssige og bæredygtige hensyn.

En konkret delmålsætning er, at der i 2025 er etableret flere internationalt anerkendte fyrtårnsmiljøer inden for det materialeteknologiske område, der tiltrækker førende forskere og fungerer som omdrejningspunkt for samspillet mellem erhvervsliv, ESS og øvrige, internationale forskningsfaciliteter. Miljøerne skal virke som et omdrejningspunkt for forskning, uddannelse og innovation inden for materialer med en faglig tyngde, der kan tiltrække studerende, førende forskere og udenlandske virksomheder. Det vil også understøtte en forstærket indsats mht. uddannelse og dermed rekruttering til industrien. En anden målsætning er, at Danmark – med afsæt i medlemskabet af ESS og den geografiske nærhed til MAX IV og

**Kommenterede [ATV3]:** Her kunne det være relevant med en henvisning til materialsyntese. Max IV, ESS er analyseinfrastruktur, som kan skaffe nødvendig viden omkring eksisterende materialer, som kan føre til nye og forbedrede materialer. Disse nye materialer skal fremstilles eller syntetiseres. Nanofabrikation af materialer giver mulig til at fremstille "metamaterialer" som er materialer med egenskaber som findes ikke i naturen (f.eks. negativ brydningsindeks). Vi skal finde en balance mellem syntese (fabrikation) og analyse for, at virkelig være i stand til at udnytte de nye avancerede og kostbare analysefaciliteter som MaxIV, XFEL og ESS





Uddannelses- og  
Forskningsministeriet

EUROPEAN XFEL - bliver det første land, der indfører en ny tilgang til materiale-  
optimering med direkte effekt for en række industrielle sektorer.



## 14. Digitale løsninger og big data

### Resumé

Informations og Kommunikationsteknologi (IKT) er i dag en central katalysator for vækst i samfundet. Udviklingen af nye digitale løsninger som Internettet, avanceret dataanalyse og mobiltelefoni har allerede transformeret den måde samfundet fungerer på. Meget IKT udvikles desuden med eksponentiel hastighed og vil i den nære fremtid bane vejen for nye banebrydende smarte produkter og digitale løsninger.

En strategisk forskningsindsats indenfor en række IKT-kerneområder skal bevirke, at Danmark fortsat vil være et sted hvor ny IKT bliver udviklet, og hvor den nyeste viden om IKT-gennembrud når hurtigt frem. Det vil give danske forskningsmiljøer og virksomheder en afgørende konkurrencefordel til hurtigt at kunne udnytte de IKT-mæssige nybrud, der gøres nationalt såvel som internationalt.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Digitalisering udgør en stor og stigende udfordring og mulighed for det danske samfund. Det gælder inden for stort set alle områder – for eksempel energi, transport, detailhandel, servicebranchen, industrien, landbrug, sundhed og omsorg, offentlig forvaltning, undervisning samt borgernes dagligdag. Samtidig vil digitaliseringen betyde en ændring i jobfunktioner og krav til kompetencer. Danmark kan udnytte denne udvikling ved at prioritere IKT som et vigtigt forsknings- og udviklingsområde med globalt udsyn og fokus på aktuelle tendenser inden for teknologiu udvikling og dataintegration på tværs af den offentlige og private sektor.

En væsentlig driver for udviklingen af det digitale samfund er sammenkoblingen af den enorme mængde data, der produceres af for eksempel sensorer og applikationer med millioner af fysiske enheder, der i stigende grad bliver intelligente og kan handle på egen hånd ved brug af disse data eller gennem kommunikation af cloud-services. Det er en udvikling, der udfordrer de eksisterende IKT-løsninger, men det skaber også mulighed for øget individualisering og empowerment af for eksempel forbrugere, kunder, patienter mv. samt øget innovation og produktivitet i både den private og offentlige sektor.

#### Faktaboks: Eksponentiel dataudvikling

Det anslås, at mængden af data produceret i 2020 vil være 44 gange større end i 2009. De kommende år vil der blive opsamlet petabytes eller måske exabytes data med milliarder til billioner af registreringer fra kilder som for eksempel genomiske databaser, biodatabaser, geodatabaser, vejrdatabaser, data fra intelligente maskiner, satellit- og dronemålinger eller intelligente transportsystemer og personlige apparater med flere. Denne massive stigning skyldes altså både automatisk indsamlede data og brugeroprettede data, og her er big data-analyse nøglen for virksomheder til at opnå konkurrencefordele. At gribe mulighederne kræver stærke forskningskompetencer, der formår at sammenkæde det teknologiske og digitale felt og metoder med viden om menneskelig adfærd og erfaring.

Tingenes Internet (fra engelsk Internet of Things (IoT)) er en samlebetegnelse for den teknologiu udvikling der gør det muligt at få et hvilket som helst fysisk eller virtuelt objekt forbundet til andre objekter og til Internettet og hermed udfolde et gigantisk net mellem objekter og mellem objekter, mennesker og computere. Denne



sammensmeltning af den fysiske og virtuelle verden skaber en helt ny smart verden, der føler, analyserer og tilpasser sig, og som kan gøre vores liv nemmere, og sikrere.

Der er ligeledes store perspektiver forbundet med at løse de udfordringer, der vedrører supercomputeres, cloud-løsningers og IoT-teknologiers energiforbrug. Beregninger viser, at cloud computing alene forbrugte så meget energi allerede i 2011, at det (hvis det var et land) ville havne på en sjetteplads over mest energiforbrugende lande i verden, lige i hælene på Kina, USA, Japan, Indien og Rusland. Indenfor den nærmeste tiårs periode forventes dette energiforbrug at ville tredobles.

Den eksplosive vækst i brugen af data og IKT inden for alle sektorer i samfundet, stiller også store krav til de danske virksomheder der udvikler og benytter software. For at fastholde deres konkurrenceevne er det nødvendigt at udvikle nye og stadig mere komplekse produkter effektivt og med korte leveringstider og omkostninger uden at kompromittere produkternes funktionsduelighed og pålidelighed. Der er derfor brug for nye skalerbare metoder, værktøjer og teknikker, der understøtter hardware og softwareudvikling.

Den stigende digitalisering har også indvirkning på sikkerhedsdagsordenen. Cybertrusselsbilledet bliver stadig mere aggressivt og komplekst. Der er en voksende udfordring i at være på forkant med de sikkerhedsmæssige trusler mod virksomheder såvel som den offentlige sektor og infrastruktur samt den enkelte borgers hjem og personlige computersystemer. Det vil også medføre en vækst i markedet for privacy-relaterede produkter og software, som i Europa forventes at blive markant større i takt med en stigende forbrugerinteresse for privacy og som følge af implementeringen af EU's persondataforordning. En bedre viden om, hvad der skal sikres og hvordan, kan styrke dansk forbrugertillid og konkurrenceevne på områder som apps, software, netservices, e-handel, cybersikkerhed, og spil.

### **Forskningsbehov**

Der knytter sig en lang række indbyrdes sammenhængende forskningsbehov rettet mod at udvikle informationsteknologiske generiske løsninger, der er anvendelige på tværs af sektorer og forskningsdiscipliner. Der skal blandt andet sættes fokus på at udforske mødet mellem digitale generiske teknologier og øvrige centrale vækstteknologier og forskningsområder herunder nye materialer, energi, miljø, læring/uddannelse og sundhed. Det er desuden vigtigt også at adressere de mere grundlæggende informationsteknologiske udfordringer og forskningsbehov med henblik på at skabe fundamentet for nye IKT-opdagelser. Disse konkrete IKT-relaterede forskningsbehov retter sig især mod følgende underområder:

- *Nye digitale og datagenerende teknologier*
- *Big Data – Opsamling, lagring, transmission og udnyttelse*
- *Virtuelt samspil og sikkerhed i en cybertid*
- *Software, Interaktionsdesign og brugbarhed*
- *Energieffektiv og kapacitetssikret kommunikationsinfrastruktur*

### **Nye digitale og datagenerende teknologier**

De strategiske forskningsbehov i forbindelse med Internet-of-Things (IoT) og udviklingen af cyberfysiske systemer er baseret på en lang række discipliner og teknologier, så som sensorer og sensorteknologier, indlejrede systemer (software og



hardware), kommunikationsteknologier, interaktionsdesign og sikkerhedsteknologier. Forskningsfeltet dækker således hele værdikæden fra data opsamles fra den fysiske verden til den bliver gemt og genbrugt i "skyen". En af de store forskningsmæssige udfordringer er, at der er tale om et kolossalt og tværdisciplinært område, hvor de bedste løsninger ofte opstår på tværs og i mødet mellem flere forskellige forsknings- og anvendelsesområder. Der er derfor brug for en sammenhængende og tværfaglig offentlig og privat forskningsindsats på blandt andet følgende teknologiområder:

- Sensorteknologier – fra simple elektriske analoge sensorer, over mere komplekse sensorer til opsamling af lyd- og billeddata, til avancerede biokemiske sensorer indeholdende fulde avancerede mikro-laboratorier (Lab-on-Chip).
- Skalerbare metoder, værktøjer og teknikker, der understøtter udvikling af systemer med henblik på hurtig og prisbillig udvikling af nye produkter, samtidigt med produkternes korrekthed, pålidelighed og sikkerhed sikres.
- Energieffektive indlejrede systemer.
- Nedbringelse og udnyttelse af overskudsvarme fra servere - For at imødekomme denne udfordring kræves en tværvideenskabelig indsats omfattende såvel forskning i energiteknologi som informationsteknologi.
- Trådløs kommunikation – fra kryptering og sikkerhed af transmitteret data, over nye transmissions protokoller, til mikro-antener.
- Netværks design – specielt synkronisering og routing af data i et netværk drevet af upålidelig energiforsyning gennem energihøstning.
- Autonomi – da cyberfysiske systemer ofte vil være integreret i mange forskellige systemer, er det vigtigt, at de enkelte delsystemer har en vis form for autonomi, selv konfigurerer, selv reparerer, selv lærer, og selv adapterer til ændringer i omgivelserne uden brug af menneskelig støtte.
- "Web of Things", der dækker det service lag, som gør det muligt for systemer at udveksle semantisk annoteret data og at skabe en weboplevelse for ting inklusiv søgemaskiner og datadeling.
- Droner, mikro- og nanosatellitter som komponenter i et udvidet IoT gennem indsamling, transmission, lagring og udnyttelse af data.
- Design, æstetik, brugervenlighed og bæredygtighed inden for wearables. I den forbindelse vil det være relevant med forskning i, hvordan IoT-produkter bliver attraktive for brugeren samtidig med, at de er intuitivt nemme at betjene, har en lang levetid, og det negative aftryk i naturen minimeres, når de kasseres.

### **Big Data – Opsamling, lagring, transmission og udnyttelse**

Big Data analyse har et stort potentiale indenfor og på tværs af en lang række sektorer og forskningsdiscipliner. Nuværende eller fremtidige anvendelsesområder inkluderer blandt andet smarte energisystemer, smart transport, smarte bygninger, byer og samfund, smart sundhed, smart investering og bankforretning, og klima og miljø. Det medfører et behov for udforskning af sektorspecifikke data-anvendelsesmuligheder, men da mængden samt kompleksiteten af data stiger, opstår der også mere generiske forskningsbehov i forhold til udvikling af nye plads- og tidseffektive metoder til intelligent lagring og behandling af data.

Der er behov for forskning i og udvikling af nye teknikker og værktøjer til at håndtere, organisere, integrere, analysere og visualisere store datamængder med henblik på effektivt at udtrække nyttige oplysninger og dermed skabe værdi baseret på



data. Dette omfatter ikke mindst forskning indenfor fundamentale datalogiske områder omkring, hvordan data struktureres, så relevant data effektivt kan identificeres (dataorganisering og -indeksering); hvordan data kan præsenteres, så en menneskelig analyseproces understøttes bedst muligt (dataanalyse, visualisering, statistik og datamining); hvordan analyseprocesser kan foretages hurtigt (interoperable standarder, effektive algoritmer); samt hvordan forudsigelser om ny data kan laves ved brug af modeller baseret på tidligere data (machine learning, dynamiske systemer og stokastiske systemer). Også områder som effektiv udnyttelse af supercomputere og sikring af anonymitet af personlige data er væsentlige. Der eksisterer ligeledes en række forskningsmæssige udfordringer i grænsefeltet mellem alle disse områder, f.eks. i forhold til hvordan algoritmiske teknikker kan bruges til at udvikle mere effektiv kunstig intelligens og ”maskinlæring” med garanterede sikkerhedsegenskaber. Yderligere er der et behov for udvikling af dataanalyse og datamining på tværs af de forskellige kilder og transformation af nyttige oplysninger til f.eks. beslutningsstøttesystemer eller andre matematiske modeller.

Et mere langsigtet forskningsbehov relaterer sig til såkaldt kvantecomputing. Når kvantecomputeren bliver en realitet, vil en effektiv udnyttelse af den således være forbundet med hvordan den programmeres, dvs., hvad er det rigtige programmeringssprog og hvordan oversættes det til kvantecomputeren. Kvanteprogrammering og kvantekryptografi er således relativt nye perspektivrige forskningsfelter, hvor man forsøger at udvikle værktøjer til nemt og effektivt at kunne programmere disse mulige nye computere.

### ***Virtuelt samspil og sikkerhed i en cybertid***

Et andet væsentligt big data-aspekt og -forskningsområde vedrører brugeren i relation til modellering af data og udviklingen af nye brugerdrevne teknologier. Skal for eksempel en app eller en digital løsning fungere, er der behov for indsigt i brugeren – både kulturelt, adfærdsmæssigt og behovsmæssigt. Der bliver desuden behov for forskning i participatory datadesign samt metoder og teknologier, der gør det muligt at bevare vores åbenhed og samtidig give adgang til realtidsdata, uden at det kompromitterer virksomhedernes systemer og kundernes privatliv. Også den praktiske anvendelse, styring og kontrol af kunstig intelligens er i denne sammenhæng et væsentligt forskningsområde.

Den stigende digitalisering gør det også nødvendigt at fokusere på sikkerhedsdagsordenen. For at adressere de trusler, som vores data og cyberinfrastruktur er udsat for, skal der udvikles nye modeller og værktøjer til at vurdere trusler, til at styrke infrastrukturen imod angreb, og til at forbedre vores evner til at identificere angribere. Formålet med de nye metoder er at udvikle sikre mekanismer, der er robuste overfor at dele af systemet kompromitteres. Vigtige strategiske forskningsemner er i den forbindelse privacy by design, letvægtskryptografi, kryptografiske algoritmer, software-verifikation og -protokoller samt governance i forhold til de organisatoriske strukturer, som virksomheder og organisationer har for at forbedre og vedligeholde deres sikkerhedsfunktioner. Også Blockchain-teknologien vil være et væsentligt forskningstema i denne sammenhæng med fokus på områder såsom, datalogi, fx kryptologi, logikker, formel verifikation, sikkerhed i programmeringssprog, system-sikkerhed, og kerneområder indenfor økonomi, fx mekanisme-design, informationsøkonomi, finansieringsteori og spilteori. En interdisciplinær forskningsindsats på tværs af disse discipliner kan bidrage til at skabe et ordentligt og videnskabeligt fundament, der kan bygges forretninger oven på.



### ***Software, Interaktionsdesign og brugbarhed***

En digital strategisk forsknings indsats kan med fordel omfatte udviklingen af software og interaktionsdesign, som begge er nøgleindsatsområder i forhold til at realisere digitaliseringens potentialer. Fremtidens computere vil i stigende grad være baseret på multi-core processorer koblet sammen i et netværk som super- eller kvantecomputere og cyberfysiske systemer. Disse systemer er karakteriseret ved en høj grad af parallelitet, og der mangler viden og værktøjer til effektiv programmering af sådanne systemer. Desuden er der behov for forskning i og udvikling af nye innovative digitale medie-formater såsom virtuel og forstærket virkelighed (eng. Virtual og Augmented Reality) med henblik på anvendelse i underholdningssammenhæng såvel som digitale hjælpemidler for eksempel i servicesektoren og i udviklingen af digitale læremidler. Der er desuden brug for nye, skalerbare metoder, værktøjer og teknikker, der understøtter generel softwareudvikling. Det omfatter bl.a. programmeringssprog, softwareudviklingsværktøjer, softwaremetoder og -teknikker, parallelle og distribuerede systemer, pålidelighed, sikkerhedskritiske systemer, validering og verifikation af software.

Hvor softwareudvikling vedrører den tekniske del af it-systemer, så handler interaktionsdesign og brugbarhed om, hvordan man interagerer med it-systemer, og hvordan man sikrer, at systemerne opfylder brugernes behov, og at systemerne er brugervenlige. Området omfatter emner som brugerinddragelse, visuel computing (fx 3D grafik), visuel analyse og 3D lyd, der er vigtige for områder som interaktive spil, overvågning af komplicerede systemer, visualisering og analyse af store datamængder mv.

### ***Energieffektiv og kapacitetssikret kommunikationsinfrastruktur***

Et andet væsentligt forskningsområde er telekommunikationsnettet, som er det bærende element for Internettet og andre digitale tjenesteinfrastrukturer, har i mange år været udfordret på tilvejebringelse af tilstrækkelig kapacitet på en økonomisk forsvarlig vis. I forbindelse med bl.a. introduktionen af IoT er kravet til kommunikationsnettet steget markant, specielt med hensyn til stabilitet, tilgængelighed og latent styring. Samtidig er det samlede energiforbrug til internettet af alarmerende proportioner, og der er derfor et bydende behov for at udvikle energi-effektive løsninger til fremtidens kommunikationsinfrastruktur.

Det er essentielt for fremtidens forventede anvendelser af for eksempel IoT-løsninger og cloud-teknologi, at der forskes i, hvordan vi i fremtiden skal bygge den fysiske infrastruktur, der via dynamisk styring og funktionel virtualisering kan understøtte de krav, som anvendelserne vil stille. Desuden skal der forskes i nye teknologier, herunder hardware og software der muliggør en forøgelse af datatransmissionskapaciteten med en faktor 1000 frem mod 2025. Denne forskning vil gå på tværs af mange områder, hvor sammentænkning af teknologier og integration af klassiske netværksknudepunkter og hidrørende teknologi er nødvendig. Det kan for eksempel omfatte integration af datacenterteknologi og High Performance Computer Systems-løsninger samt anvendelse af maskinlæring til at sikre en effektiv udnyttelse af komplekse infrastrukturer. Også udviklingen omkring 5G er en vigtig faktor og tilgangsvinkel i den forbindelse.



### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

En strategisk forskningsindsats inden for digitale løsninger og big data skal bidrage til at udvikle og styrke selve IKT-fagområdet i Danmark og den generiske viden og talentbase, som i fremtiden ventes at få stor betydning for udviklingen af brede dele af erhvervslivet og den offentlige sektor. Derved kan Danmark fastholde et højt specialniveau og udvikle nye generiske IKT-løsninger, der er anvendelige på tværs af sektorer. Det er samtidig vigtigt, at IKT-forskningen i Danmark ikke foregår afsondret fra de samfundsaktører, som digitaliseringsindsatsen i sidste ende skal skabe værdi for. Der er således behov for bredspektret anvendelsesorienteret IKT-forskning indenfor nærværende alle sektorer, herunder sundhed, fødevarer, energi, miljø, transport, finans, uddannelse, offentlig forvaltning, kreative erhverv mv.

IKT-forskningsindsatsen skal ligeledes krydses med en lang række andre teknologiområder som fx bioteknologi, nanoteknologi og kognitiv teknologi. Det er i mødet mellem digitale generiske teknologier og øvrige centrale vækstteknologier, at de innovative potentialer inden for digitaliseringen for alvor ligger. En satsning på digitale løsninger og Big Data i konvergens med andre vækstteknologier kan med fordel ske som en sammenhængende og tværfaglig offentlig og privat forskningssatsning.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til forslag på ”Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015 ” som den medicinske Bioinformatik platform MedBio-BigData,

### **Danske forudsætninger**

Danmark har gode forudsætninger for en forskningsindsats inden for digitale løsninger og Big Data. Der er stærke datalogiske forskningsmiljøer indenfor f.eks. data-organisering og -visualisering, datamanagement, algoritmer, machine learning, supercomputing, cyberfysiske systemer, indlejrede systemer, verifikation, kommunikation, interaktionsdesign, programmeringssprog og kryptologi, samt stærke matematisk og statistiske miljøer inden for modellering og analyse. Endvidere kan et infrastrukturprojekt som ESS-datacenteret i København være med til at opbygge yderligere stærke dataanalyse-miljøer i landet.

Den offentlige sektors fokus på digitalisering og open data er en anden solid forudsætning for en succesfuld forskningsindsats. Derudover er der en række stærke virksomheder i Danmark inden for en række områder som eksempelvis miljø, vand, energi, transport, bioteknologi, sundhed og fødevarer, hvor Big Data analyse forventes at ville spille en afgørende rolle i fremtiden. Den videntunge private sektor og et stærkt netværk og tillidskultur skaber en ramme, hvor en systematisk forskningsindsats relativt hurtigt vil kunne danne grundlag for udvikling af fremtidens løsninger som afsæt for innovation, vækst og eksport.

En dansk forskningsindsats bør sikre sammenhæng til eksisterende forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. den nationale LIFE Science HPC installation Computerome, Den Nationale HPC facilitet ABACUS, samt det danske medlemskab af den europæiske HPC forskningsinfrastruktur PRACE – Partnership for Advanced Computing in Europe. som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, vedrørende Big data og supercomputing. Desuden er QUANTECH – Quantum Technology Infrastructure



Proposal, et finansieret forslag på Dansk Roadmap for Forskningsinfrastruktur 2015, samt de pågående drøftelser på EU plan vedrørende etablering af en pan-europæisk forskningsinfrastruktur for kvantecomputing.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Indsatsen skal understøtte og styrke de grundlæggende forudsætninger for en videre succesfuld digitalisering af Danmark, og udnyttelsen af de erhvervs- og samfundsmæssige potentialer, som følger heraf. Ambitionen er, at Danmark bliver ved med at være et førende land med hensyn til IKT-løsninger og digitalisering i forhold til både den private og offentlige sektor. Det skal nås gennem en målrettet satsning på at udfolde perspektiverne for digitale løsninger og big data analyse både som generiske nøgleteknologier og i anvendelse indenfor andre forskningsområder og sektorer. Dansk IKT-forskning skal være i fronten af den globale forskningsudvikling og resultaterne skal omsættes til forretning af danske virksomheder. Det skal føre til dansk udvikling af nye IKT-produkter, processer og services, som kan afsættes globalt.

Forskningen skal desuden medvirke til at øge det digitale videnniveau i samfundet og skabe grundlag for, at nye digitale og teknologiske muligheder bliver omsat til værdifuld og virksom kompetenceudvikling blandt de professioner, som spiller en nøglerolle i fremtidens videnssamfund. Det skal placere Danmark i den internationale elite, hvad angår udvikling og udnyttelse af disruptive teknologier, etablering af vækstiværksættere baseret på fremragende forskning, udvikling af nye produkter, services og koncepter til at løse store samfundsudfordringer inden for fx læring, sundhed, miljø og energi.





## 15. Fremtidens produktion og smarte virksomheder

### Resumé

Fremtidens industri og erhvervsliv vil blive markant påvirket af digitaliseringen, teknologiske nybrud og konvergensen af en lang række allerede spirende teknologier. Udviklingen skaber basis for en række nye produktionsformer, produkter og virksomhedstyper, samtidig med at eksisterende industrier og virksomheder vil blive udfordret på deres grundlæggende forretningsmodeller og konkurrenceevne. En strategisk forskningsindsats med en integreret tilgang til automatisering, digitalisering og nye samarbejdsformer skal understøtte, at danske virksomheder får den bedste platform for at skabe ny konkurrencedygtig produktion og forretning i fremtiden.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Både på nationalt og globalt plan er der en stigende opmærksomhed på de muligheder og udfordringer, som følger af den stadig mere gennemgribende digitalisering af samfundet. Det fænomen der også populært omtales som den fjerde industrielle revolution er følgevirkningen af den hastige teknologiske udvikling inden for digitalisering, robotteknologi, sensorer, Big Data, Internet of Things, autonome køretøjer, 3D-print, bioteknologi, kunstig intelligens, materialevidenskab mv. Udviklingen rummer udfordringer og muligheder for dansk industri og erhvervsliv, og der er behov for strategisk forskning og innovation, der understøtter dansk erhvervslivs omstilling til de nye digitale vilkår, herunder ikke mindst på områder, hvor Danmark i forvejen har internationale styrkepositioner.

#### *Faktaboks: værdien af automatisering*

Effekten af den teknologiske udvikling er i 2016 kortlagt af Erhvervs- og Vækstministeriet, som viser, at arbejdskraftsproduktiviteten i de mest automatiserede virksomheder er 41 pct. højere end i de mindst automatiserede virksomheder. Forskellen gælder alle virksomhedsstørrelser. Samtidig viser analysen, at 85 pct. af de virksomheder, som planlægger at investere i automation i 2014 eller 2015, forventer, at det vil sænke virksomhedens omkostninger med mindst 5 pct. Mere end halvdelen af virksomhederne forventer, at det vil mindske deres omkostninger med mindst 10 pct. Angående vækstpotentialet viser en analyse foretaget af IDA (Ingeniørforeningen) i 2015, at automatisering af den danske industri under ét kan bidrage med 41-55 mia. kr. IDA's analyse viste, at 20 pct. af de virksomheder, som investerede i automation, ville have rykket deres produktion ud af Danmark, hvis de ikke havde foretaget investeringen. Investering i automation er således et alternativ til outsourcing af arbejdspladser i Danmark.

Internationalt set ligger Danmark højt, hvis man vurderer automatiseringen af industrien ud fra antal industrirobotter pr. 10.000 ansatte (IFR International Federation of Robotics samt DIRA Dansk Robot Netværk). Mest automatiseret er Sydkorea og Japan med henholdsvis 396 og 322 robotter pr. 10.000 ansatte, mens Tyskland, Sverige og Italien ligger højest blandt de europæiske lande. Danmark ligger på en 6. plads med 155 robotter pr. 10.000 ansatte.

Digitalisering giver muligheder for at skabe ny produktion i Danmark. Særligt gælder, at det store danske SMV-felt i højere grad skal med på den digitale bølge. Over



en tredjedel af de danske SMV'er anvender imidlertid kun IT i begrænset omfang. På bare ~~seks~~-seks år er Danmark faldet fra nr. 1 til nr. 15, når det gælder udnyttelse af digitale informationer til produktivitetsudvikling og vækst. Tilbagegangen udfordrer Danmarks vækst og konkurrenceevne. En udfordring knytter sig i den forbindelse til at dansk produktion i meget høj grad finder sted i små og mellemstore virksomheder med lave stykserier med stor værditilvækst. Automatisering af denne type produktion er i dag ofte meget omkostningstung at igangsætte.

Hele industrien og erhvervslivet styrkes, hvis flere virksomheder udnytter de muligheder, som digitaliseringen og de store mængder af tilgængelige data giver for forretningsudvikling og produktionsoptimering. Virksomheder, som indsamler, analyserer og anvender data, er mere produktive end den gennemsnitlige virksomhed. I kraft af Danmarks velfungerende og datadrevne offentlige sektor er Danmark i en god position til at udvikle nye og udnytte eksisterende Big Data løsninger til nye og potentielt disruptive produkter. Samtidig udfordres en lang række brancher og virksomheder af udenlandske virksomheder, der ved hjælp af digitalisering er i stand til at trænge ind på deres markeder og give dem hård konkurrence. Digitale gennembrud i én branche strækker sig ofte ud til helt andre brancher i økonomien. Det sker som diffusion af teknologi eller som disruption af forretningsmodeller: Nye markeder opstår – fx webportaler og deleøkonomiske koncepter. Nye aktører kommer ind og skubber til kendte markeder – fx banksektoren, der er under markant forandring som følge af digitaliseringen. Og kendte markeder ændrer karakter – fx detailhandel, hvor e-handel udgør en stadig stigende del og er med til at skabe øget konkurrence. Tilsvarende opleves en brancheglidning, eksempelvis når traditionelle industrivirksomheder i højere grad finder indtjening gennem komplette servicekoncepter end gennem traditionelt varesalg (servitization). Det skønnes, at arbejdsproduktiviteten er højere inden for IKT end i økonomien som helhed (OECD Digital Economy Outlook, 2015)

Den teknologiske udvikling vil også have stor betydning for arbejdsmarkedet. Der bliver et øget behov for kontinuert efteruddannelse, et stigende behov for fleksibilitet og langt bedre muligheder for langdistance- og korttidsansættelser. Danmark har historisk sikret et stabilt og konkurrencedygtigt arbejdsmarked gennem den "danske model", der sikrer fleksibiliteten ved samtidig at sikre forsørgelsesgrundlaget i omstillingsperioderne. Danmarks fortsatte evne til at genopfinde og opdatere denne "flexicurity" model kan blive en afgørende konkurrenceparameter i den sammenhæng. Selv den mest avancerede teknologiudvikling kræver imidlertid en grundlæggende indtænkning af brugere og civilsamfund. I værste fald udvikles teknologier, som ikke bliver udnyttet, eller som individer og grupper protesterer imod. Samtidigt er der behov for at være på forkant med etiske, organisatoriske og praktiske overvejelser, og viden om hvordan de nye teknologier påvirker vores liv og hverdag, vores værdier og måder at organisere samfundslivet.

### **Forskningsbehov**

Den hastige teknologiske udvikling åbner en bred række af mulige forskningsområder, som kan bidrage til udviklingen af danske produktions- og servicevirksomheder. Det vil for eksempel være relevant med forskningsindsatser inden for tekniske områder, som skaber grundlag for ny produktionsteknologi, automatisering og materialer, der kan bidrage til udvikling af mere avancerede produktionsprocesser.



Samtidig medfører den accelererende digitale teknologiske udvikling, at virksomheder og dermed samfundet står over for organisatoriske muligheder og udfordringer af hidtil usete dimensioner. Digitaliseringen kobler produktionsvirksomhederne tættere på leverandører og kunder og giver nye muligheder for innovation, justeringer i produktionsbehov, fleksibilitet i forhold til form og indhold af produkter og service. Administration, interaktion og kommunikation mellem de interne værdikæder i virksomheden bliver derudover mere automatiseret, men også eksternt kommunikation med leverandører og kunder bliver mere systematisk. De strategiske forskningsbehov rettet mod optimal udnyttelse og parathed i produktions- og servicesektoren er på den baggrund samlet under følgende hovedområder:

- Nye produktionsteknologier, -processer og -produkter
- Nye forretningsmodeller, samarbejdsformer, organisationer og **samspil**

**Kommenterede [ATV4]:** Og deres samspil med punkt 1

### **Nye produktionsteknologier, -processer og -produkter**

Udviklingen af nye og eksisterende produktionsteknologier skal understøttes af en generel prioritering af teknisk forskning og forskningsindsatser nærtbeslægtede områder. De igangværende initiativer inden for materialeforskning, produktionsforskning og digitalisering af produktion bør således styrkes og suppleres med tiltag inden for digitalisering af produkter, digitalisering af produktionsprocesser, udvikling af sensor teknologi, digitale hjælpværktøjer (kollaborative robotter og augmented reality), digital (virtuel) produktudvikling, **digitale leverancesystemer**, digitale forretningsmodeller og digitale servicesystemer. Det er ligeledes nødvendigt at fortsætte og udbygge forskning og udvikling af de teknologier, der kan rettes mod de specielle danske behov, herunder en automatiseret og fleksibel produktion, der nemt kan omstilles fra produkt til produkt.

**Kommenterede [ATV5]:** Digitale (og intelligente) leverancesystemer (supply chain management) bliver en stadig vigtigere faktor for konkurrenceevnen, særligt i lyset af nye forretningsmodeller.

En forudsætning for dette er at udnytte data langt bredere og bedre end i dag, så man skaber datadrevne virksomheder, hvor handling baseres på data snarere end intuition. Det er helt afgørende, at der forskes i, hvorledes man kan udnytte de enorme mængder af produktionsdata, tilbagemeldinger fra kunder **og leverandører**, data som sammenkobler procesinput med procesresultat, data om tilgængelighed af komponenter osv. En integreret forskningsindsats inden for håndtering af data; supply chain-styring; avanceret automatisering; og ageren på markedet, skal lede til, at (ofte usikre) erfaringsbaserede beslutninger inden for hvert af disse områder bliver understøttet af intelligente algoritmer, som udnytter tilgængeligheden af disse datamængder.

For at sikre Danmarks styrkeposition er det desuden vigtigt med forskning i automatisering og digitalisering af produktion i små serier **med stor varians**, herunder kosteffektive **robotssystemer** samt rekonfigurerbare og genbrugelige **robotløsninger**. Samtidig skal der forskes i sensorer, der effektivt kan opsamle data i denne type fleksibel produktion. En robotteknologisk forskningsindsats kræver forskning både på hardwarensiden i form af generiske moduler og på softwaresiden i form af modellering af robotens processer. Det kræver også modelbaseret simulering af disse processer samt læringsbaseret optimering af robotprogrammeringen. Der er i denne sammenhæng også et stort potentiale i forskning og udvikling i nye og nemmere måder at instruere robotterne på. Et vigtigt element i den forbindelse er menneske-robot interaktion (HMI), hvor maskinen opsamler informationer i form af biologiske signaler, som konverteres til kontrolsignaler til robotten.

**Kommenterede [ATV6]:** Særligt kendetegn for danske SMV'er

**Kommenterede [ATV7]:** Forslag til omformulering: Produktionssystemer (hvor robotter selvfølgelig er en væsentlig komponent, men andre automatiseringssystemer, og ikke mindst IT systemer, udgør en barriere for omstilling)

**Kommenterede [ATV8]:** Forslag til omformulering: løsninger (samme argument som ovenfor)



På sensorsiden vil udvikling af avancerede sensorer til integration i produktionssystemer desuden være en forudsætning for, at digitaliseringen kan finde sted. Disse sensorer kan være f.eks. **optiske, elektriske, elektro-mekaniske**, og de kan være større eller mindre i dimensioner. Der vil skulle etableres metoder til håndtering af målinger af diffuse, 3D overflader både i relation til kvalitetskontrol og i relation til automatiseringsløsninger. Det vil være nødvendigt at udvikle metoder til at kombinere data fra mange datakilder og forskellige sensorer (herunder identificere korrelationen mellem forskellige sensordata) for derigennem at kunne etablere robuste 3D modeller og et robust beslutningsgrundlag både for fuldt automatiserede systemer og for delvist manuelle produktionssystemer.

**Kommenterede [ATV9]:** Bio sensorer kan få stor betydning i fødevareindustri

Et tredje eksempel på en væsentlig ny produktionsteknologi er 3D print (eller additiv fremstilling), der er i hastig udvikling på vej til at blive en nøgleteknologi for fremtidig industri og produktion. 3D print og såkaldt hybridbearbejdning, hvor 3D print og mekanisk bearbejdning er smeltet sammen, er stadig relativt nye og derfor meget perspektivrige teknisk forskningsområder. Et andet væsentlig aspekt ved den nye teknologi er muligheden for at fremstille komponenter med sammensatte materialer, hvorved der skabes mulighed for helt ny funktionalitet i fremtidige komponenter. En realisering af de vidtgående potentialer ved additiv fremstilling forudsætter en forskningsindsats til at bringe teknologiområdet tættere på industriel produktion. Uden designmetoder og -regler, indgående procesforståelse og modellering samt integrerede metoder for kvalitets sikring og -måling af proces og produkter vil en optimering af hele teknologiområdet ikke være mulig. En væsentlig forskningsaktivitet vil omfatte udvikling af hardware til at realisere multi-materiale additiv fremstilling i alle **skalaer**.

**Kommenterede [ATV10]:** Mens udvikling af disse enkeltstående teknologier bør have stort fokus, så bør der dog i tilsvarende grad fokuseres på systemintegration og udvikling af hele produktionssystemer. En sådan forskningsindsats vil være nøglen til den konkurrencedygtig produktionsindustri og vil levere grundlaget for innovation.

### **Nye forretningsmodeller, samarbejdsformer, organisationer og samspil**

Ny teknologi og digitalisering kan potentielt fremme et samfund i bedre balance, fordi digitale produkter og service ikke er bundet geografisk på samme måde som analoge produkter. Det skaber grobund for arbejdspladser overalt i landet. Der er imidlertid behov for at supplere den tekniske forskning med viden om, hvad der driver innovation og iværksætter, og dermed understøtte optimering af eksisterende virksomheder og skabelsen af nye virksomheder. Der er i den forbindelse behov for at udforske, hvad der bedst understøtter mulighederne for forretningsudvikling i en digitaliseret tidsalder. Der mangler viden om, hvordan virksomheder identificerer, optager og håndterer ny teknologi og viden og hvordan de omsætter den. Dette er essentielt for virksomhedernes innovationskraft, særligt inden for industriproduktionen, der skal ruste sig til mødet med ny teknologi og de nye typer forretningsmodeller. Et fokusområde for den strategiske forskningsindsats vil være hvordan virksomheder udvikler og tilpasser sig organisatorisk med henblik på at drage fordel af digitaliseringen. I den sammenhæng kan en anden mulig strategisk forskningsindsats vedrøre, hvordan man skaber de bedste forudsætninger for introduktion af nye digitale muligheder i de små og mellemstore virksomheder. Forskningsindsatsen omfatter både virksomhedsinterne forhold (organisatoriske rammer, ledelse/lederskab, kompetence udvikling, videndeling m.v.) og eksterne forhold (markedsforhold, policy-støtte, bedre industri-universitets-samarbejde, mv.).

En produktionsorienteret forskningsindsats bør også fokusere på hvilke teknologier og hvilke samfundsbehov, der i fremtiden vil skabe nye arbejdspladser. Brugere og



virksomheder vil forvente intelligent interaktion med intelligente apparater, herunder digital viden om produktionsprocesser, tilgængeliggørelse af viden og data fra hele produktionsflowet, f.eks. fra både egne og 3. parts sensorer til alle relevante medarbejdere (empowerment of people). Forskningen kan yde et væsentligt bidrag til udnyttelse af denne udvikling ved at skabe indsigt i nye paradigmer for produktkrav, brugerinteraktion og globale markedsøkonomiske transformationer. Et andet væsentligt forskningsområde i relation hertil er samspillet mellem mennesker, teknologi og forretning. Det effektive samspil mellem disse tre dimensioner er en væsentlig nøgle til udvikling af kommercielle IKT-baserede produkter og services. Samfundsvidenskabelig og humanistisk forskning i de socio-tekniske aspekter af ny teknologi kan i den forbindelse være en væsentlig forskningsmæssig komponent i samspil med den tekniske forskning.

Da nye teknologier kræver nye organisationsformer og ledelseskompetencer er der også brug for viden om hvad der karakteriserer disse og hvordan de nye teknologier bedst understøttes og implementeres både teknisk, organisatorisk og ledelsesmæssigt for at sikre effektivitet og konkurrenceevne. Det kan i den forbindelse være relevant at forske i og udvikle nye metoder til effektiv implementering af ny teknologi. Den danske model – også kendt som flexicurity – bør i forlængelse heraf udforskes og udvikles i overensstemmelse med de nye produktionsmæssige vilkår. En relevant udforskning og evidensbaseret opdatering af ”den danske model” kan derfor få afgørende betydning for, at danske virksomheder fortsat kan være på forkant med udviklingen og udnytte potentialerne i fremtidens produktionssamfund.

### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Et særligt kendetegn ved digitale teknologier er, at udviklingen sker eksponentielt. Det betyder, at der vil være udfordringer forbundet med en langsigtet fastlæggelse af forskningsbehovene, og der skal derfor kunne foretages justeringer af indsatsen løbende. Den høje grad af uforudsigelighed forstærker behovet for tværvideenskabeligt samarbejde. De tekniske løsninger skal udvikles parallelt med de brugerrelaterede, organisatoriske, finansieringsmæssige og øvrige kulturelle og samfundsrelaterede udfordringer, der dukker op sideløbende med de tekniske.

Et af de centrale virkemidler er at fokusere på at skabe stærke innovative og kompetente økosystemer omkring de danske virksomheder. Det skal understøttes af en stærk forskningsindsats, men indsatsen skal målrettes så ny viden og teknologi vil blive anvendt i uddannelserne og til innovation i virksomhederne. De forskningsbaserede uddannelser er den hurtigste måde at få den nye viden sat i spil gennem eksperimenter og innovationsprojekter, der involverer såvel studerende som forskere og virksomheder. Det skal udnyttes bedre. Tilsvarende skal forskningsmiljøerne være aktivt engagerede i netværk og samarbejder med virksomheder, så man kan afkorte den tid, det tager for de teknologiske paradigmeskift at udmønte sig i virksomhedernes konkrete produkter. Det er i den forbindelse vigtigt, at der ikke kun fokuseres på specifikke teknologier, men også på, hvordan de omsættes til forretningsprocesser og helhedsorienterede løsninger. Herunder bør der være et særligt fokus på understøttelse af små og mellemstore virksomheder, som vil blive udfordret på både at opbygge tilstrækkelig kompetencer og tiltrække kvalificerede medarbejdere.



### Danske forudsætninger

Sammenlignet med mange andre lande er Danmark relativt langt fremme inden for digitalisering og danske uddannelses- og videninstitutioner har stærke positioner inden for en række kerne-teknologier, som er centrale i udviklingen af nye produktionsformer. Det gælder eksempelvis inden for områder som fleksibel robot-teknologi, indlejrede systemer, materialeforskning, sensorer mv. Det gælder desuden inden for områder som planlægning, styring og organisering af produktion. Danmark var desuden et af de lande, der først reagerede og indså potentialet ved 3D-print. Det har medført, at vi er blandt de foretrukne partnerlande på 3D-print. Derudover har vi en stærk og lang tradition for bearbejdning i den danske industri, som dels giver en god erfaringsbase men også betyder, at vi har den industri, hvor teknologien skal implementeres, hvis vi fortsat vil være konkurrencedygtige.

Danske virksomheders parathed til den nye industrielle revolution varierer dog meget. Dansk produktion består i høj grad af små og mellemstore virksomheder og især de mindre produktionsvirksomheder oplever helt konkrete barrierer for at kunne følge med i kapløbet med resten af Europa. Ser man på automatiserings- og digitaliseringsniveauet ligger Danmark generelt på et basis-moderat niveau i forhold til andre europæiske lande. Der er store forskelle fra sektor til sektor og mellem virksomhedsstørrelse. En ud af tyve danske virksomheder kan regnes for digital "champion", karakteriseret ved, at de i stort omfang bruger it og digitale teknologier. I den anden ende er 38 % af de danske virksomheder "digitale novicer". Kun hver tredje danske virksomhed efterspørger it-løsninger, der kan understøtte deres udviklingsproces for nye produkter og services (IT-Branchen, 2016), og i forhold til servitization er Danmark en sen starter.

Der er igennem Manufacturing Academy of Denmark (MADE) mulighed for - via det etablerede samarbejde imellem universiteter, virksomheder og GTS institutter - hurtigt at udbrede og udnytte frembragte forskningsresultater. MADE skaber gode forudsætninger for en **brugerdreven** forskningsindsats. Her er virksomhederne meget tæt inde over forskningsindsatsen og retningen i projekterne, hvilket er en stor styrke i forhold til at få implementeret nye løsninger i virksomhederne og dermed skabe effekt for samfundet. Tilsvarende er også en række af de danske innovationsnetværk gode til at matchmake mellem virksomheder og videninstitutioner indenfor specifikke applikationsområder for industri 4.0 teknologier. Også GTS-institutterne kan spille en afgørende rolle med en blanding af forskning, udvikling og vidensspredning til virksomhederne indenfor industri 4.0. Aktuelt går mere end halvdelen af udviklingsmidlerne gennem GTS institutternes resultatkontrakter til aktiviteter indenfor produktionsteknologi, materialeteknologi og IKT.

En dansk forskningsindsats bør sikre sammenhæng til eksisterende forskningsinfrastrukturindsatser som Den Nationale HPC facilitet ABACUS samt det danske medlemskab af den europæiske HPC forskningsinfrastruktur PRACE – Partnership for Advanced Computing in Europe. som sikrer, at danske forskere kan gennemføre uddannelses- og forskningsmæssige aktiviteter på internationalt niveau, vedrørende big data og supercomputing.

**Kommenterede [ATV11]:** MADE's styrke er den anvendelsesrettede forskning. Ikke den mere generelle forskning, som kræver en anden form for risikovillighed.



### **Mål, effekt og perspektiver**

Ambitionen er, at dansk forskning er med på forkanten af den globale udvikling, men også at resultaterne omsættes til forretning i det danske økosystem af virksomheder. Ny teknologi er nemlig en af forudsætningerne for at løse nogle af de store globale udfordringer samtidig med at det kan styrke innovation og øge produktiviteten. Dansk strategisk forskning indenfor teknisk videnskab med fokus på nye produktionsformer og digitale industrielle løsninger skal skabe grundlag for en bæredygtig udvikling af nye danske virksomheder og til en videreudvikling af eksisterende virksomheder, så vi fastholder og udvikler jobs i centrale erhverv i alle dele af landet. Dette skal føre til udvikling af nye produkter, processer og services i Danmark, som afsættes globalt.



## MENNESKER OG SAMFUND

### 16. Danmark og fremtidens globale strømninger

#### Resumé

Fremtiden er præget af mennesker i bevægelse og endnu tættere relationer mellem forskellige kulturer indenfor og på tværs af grænser. Både handels- og arbejdsmarkedet udvikler sig fysisk og digitalt i retning af stigende internationalisering og globalisering. Udfordringer i relation til blandt andet klima, ulighed og væbnede konflikter fører til, at mange mennesker flygter eller søger bedre livsvilkår i andre lande. Mobilitet, kulturmøder og integration er således vedholdende udfordringer, der definerer samfundsudviklingen i Danmark såvel som internationalt. Strategiske investeringer i forskning relateret til *Danmark og fremtidens globale strømninger* skal skabe ny, målrettet viden og en bred styrkelse af interkulturel forståelse, der gør en bred vifte af aktører i stand at håndtere disse bevægelser både internt og internationalt og danne forudsætning for at sikre grundlaget for en bæredygtig og værdiskabende samfundsudvikling.

#### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Globalisering forandrer vores verden og den måde, vi opfatter den på. Afstande mindskes i takt med udviklingen af blandt andet informations- og kommunikationsteknologi og billigere transport. Samtidig vokser verdens befolkning, den økonomiske ulighed øges lokalt og nationalt, og klimaforandringer og relaterede væbnede konflikter opstår. En konsekvens af disse udviklinger er, at hele verdens befolkning bliver stadig mere mobil og at den kulturelle interaktion mellem befolkningsgrupper øges. Stadig flere fænomener bliver grænseoverskridende eller globale i deres natur såsom migration, arbejdsmarked, finansiering, miljøpåvirkninger og videnproduktion, og disse kræver tilsvarende kompetencer og forståelse for at påvirke og agere i.

Den stadigt voksende befolkningsmæssige mobilitet tager forskellige former. Fra turisme, vandrende arbejdskraft i EU over international rekruttering af særligt kvalificerede specialister til migranter og flygtningestrømme. Danmark står sammen med resten af Europa med store udfordringer i forhold til at skabe både nationale og internationale rammer, der kan håndtere disse bevægelser. I det internationale samfund skal vi også håndtere de konflikter og globale forandringer, som er årsagen til eksempelvis flygtningestrømme for at medvirke til stabile og sikre livsvilkår både inden- og udenfor vores grænser.

For en lille åben nation som Danmark er interkulturel forståelse en vigtig kompetence. Det gælder i det daglige møde mellem offentlige institutioner og nye borgere i landet, hvad end de er flygtninge eller nytilkomne højt kvalificerede specialister. Det gælder for danske virksomheder, der skal etablere sig på et nyt marked eller agere i de globale produktionskæder. Og det gælder for danske udsendte, der skal forhandle nye internationale aftaler eller igangsætte hjælpeinitiativer i fremmede lande. I et tal af sammenhænge er der behov for en forståelse af overordnede kulturelle forskelle og en kulturel sensitivitet for at kommunikere sine hensigter og





opnå de relevante resultater. Når man som dansker kommer fra et globalt set meget lille kulturområde er interkulturelle kompetencer særligt vigtige, fordi behovet for at blive forstået og forstå fremmede kulturer er større, jo mindre en egen kultursfære er.

#### *Migration, flygtninge og integration*

OECD vurderer, at socioøkonomiske, politiske, klima og miljømæssige forandringer i stigende omfang vil få borgere fra udviklingslande til at søge mod lande med bedre livsmuligheder i blandt andet Europa og Asien. Det betyder, at befolkningsgrupper af anden etnisk oprindelse vil vokse og dermed få større betydning for udviklingen i de samfund, de bosætter sig i. Europa vil i de kommende år stå overfor en betydelig udfordring med at integrere borgere fra lande både i og uden for Europa.

Det gælder også for Danmark, hvor flygtningestrømme og migration har skubbet spørgsmål om integration, kulturmøder, liberale rettigheder og demokratiske værdifællesskaber helt frem på den politiske dagsorden. Udviklingen rejser blandt andet spørgsmål om, hvordan vi med større etnisk diversitet og et globalt migrationspres bedst sikrer vækst, beskæftigelse og samfundsmæssig stabilitet i den danske velfærdsstat.

I 2016 befandt der sig i Danmark 540.503 personer af ikke-dansk oprindelse, der stammer fra mere end 200 lande. Selv om statistikken viser, at en dansk erhvervskompetencegivende uddannelse har en positiv virkning på indvandreres beskæftigelse, karakteriserer henholdsvis svagere tilknytning til arbejdsmarkedet, et lavere uddannelsesniveau og overrepræsentation i kriminalitetsstatistikken en del af denne gruppe borgere. For nogle migranter og flygtninge er der risiko for manglende integration på blandt andet arbejdsmarkedet og dermed relativt dårlige økonomiske levevilkår. Det kan føre til blandt andet skævere økonomisk fordeling og samfundsmæssige spændinger. Udviklingen rummer samtidig risikoen for, at der opstår parallelsamfund med egne værdier, normer og manglende tillid til myndigheder.

#### *Tiltrækning og fastholdelse af international arbejdskraft*

OECD påpeger, at migration kan være en vigtig faktor, når det gælder om at afbøde virkningerne på arbejdsudbuddet af en aldrende befolkning i de vestlige lande. Nyere forskning peger for eksempel på, at også migranter med lavere uddannelsesmæssige kompetencer kan bidrage til øget vækst og beskæftigelse, uden at der sker fortrængning af anden lavt uddannet arbejdskraft.

Mere end 200.000 af de personer af ikke-dansk oprindelse, der befinder sig i Danmark, kommer fra et andet EU-land. Den hidtidige forskning viser, at mange er hentet hertil af en dansk arbejdsgiver, og mange af dem udfører manuelt arbejde. I takt med at dynamikkerne på det for europæisk arbejdsmarked ændres, kan der blive behov for arbejdskraft fra lande uden for Europa.

Det er en væsentlig udfordring at sikre, at vi har en arbejdsstyrke i Danmark, som besidder de kvalifikationer, som samfundet har behov for, så vi kan følge med den teknologiske udvikling og med i den globale konkurrence. Derfor kan der være be-



hov for at understøtte, at institutioner og virksomheder har adgang til den arbejdskraft og de kompetencer, som ikke kan findes herhjemme. Sammenligninger af OECD-landene har tidligere vist, at Danmark har et stort potentiale for at tiltrække højt kvalificerede udenlandske arbejdstagere, men at Danmark også halter noget bagud, når det gælder om realisere dette potentiale. Det gælder i forbindelse med selve tiltrækningen, men i høj grad også med hensyn til fastholdelsen over tid af de udenlandske medarbejdere, der faktisk stifter bekendtskab med det danske arbejdsmarked og samfund. I takt med den økonomiske vækst særligt i Asien må det forventes, at der i fremtiden vil være stigende global konkurrence om velkvalificeret arbejdskraft.

#### *Globaliseringens potentiale for danske virksomheder*

Globaliseringen medfører en række nye muligheder for danske virksomheder. I takt med den teknologiske udvikling og stigende velstand i mange af verdens lande, åbner der sig nye markeder samt handels- og produktionsmuligheder. Som OECD beskriver, forventes international samhandel ikke i fremtiden at vokse med samme hast som i de seneste årtier, men nye vækstøkonomier vil spille en stadig større rolle på verdensmarkedet, både som producenter og aftagere. For eksempel ventes vækstøkonomiers andel af de globale finansielle aktiver at blive fordoblet i perioden fra 2011 – 2020.

Væksten i den internationale samhandel er over de senest få år fulgt af en markant vækst i handelsbarrierer. Antallet af handelsbarrierer er mere end tredoblet siden 2010, og det er en stor potentiel trussel for den danske økonomi, hvor mere end halvdelen af den samlede økonomi udgøres af eksport af varer og tjenester. Handelsbarriererne er for nogle lande et svar på den globale konkurrence og nationale udfordringer som følge af den økonomiske krise i nulleterne.

OECD beskriver, at handel med serviceydelser i fremtiden ventes at vokse mere end handel med varer, blandt andet fordi serviceydelser udgør en voksende andel af BNP. Et eksempel på et internationalt serviceerhverv, der er i vækst, er turisme. I løbet af de sidste tyve år er turismen globalt fordoblet til knap 1,2 mia. internationale turistankomster om året, og væksten forventes at fortsætte frem mod 2030. Turismen er et vigtigt væksterhverv i Danmark, som i 2014 skabte en omsætning på knap 100 mia. kr. og godt 100.000 fuldtidsarbejdspladser. Strømmen af turisme påvirkes imidlertid også af globale megatrends såsom nye globale middelklasser, befolkningsudvikling og digitalisering. Disse trends stiller krav til udvikling af erhvervet, hvis Danmark skal udnytte potentialet i den globale vækst i turisme.

#### *Europæisk samarbejde og international freds- og konfliktløsning*

EU er omdrejningspunktet for varetagelse af Danmarks økonomiske interesser, der er tæt knyttet til det åbne indre marked, og EU er den vigtigste eksportregion for Danmark. For Danmark er det afgørende, at EU er en velfungerende ramme for regulering af nationale og internationale økonomiske forhold af betydning for Danmark og for fremme af fælles europæiske løsninger i forhold til den internationale udvikling. Substantielle løsningsforslag på grænseoverskridende udfordringer kan kun ske i internationalt samarbejde, og Danmark vil grundet sin geografiske position, og som EU- og NATO-medlemsland, skulle bidrage til internationale opgaveløsninger fremadrettet.



Den globale udvikling peger ikke i retning af at behovet for internationalt rettede indsats er mindre. Grundet de komplekse udfordringer, som den fremtidige opgaveløsning byder, stiller det et stigende krav til at videreudvikle Danmarks sam-tænkte udenrigspolitiske værktøjer og ageren. Spændet mellem den militære og ci-vile verden i internationale opgaveløsninger er blevet mindre, og det udfordrer vante logikker. For at opnå de tilsigtede mål med fremtidige internationale aftaler, aktioner eller indsats er det afgørende, at de bygger på en stærk interkulturel for-ståelse. Således at fx militære indsats tænkes i samspil med civile aktører, og at den samlede indsats sker under hensyn til den kulturelle kontekst.

### **Forskningsbehov**

For at kunne forstå og håndtere de udfordringer, som de beskrevne strømninger fører med sig, er der behov for en bred vifte af ny viden, som sætter os i stand til at udnytte de nye muligheder, men også at imødegå udviklingens negative effekter på både nationalt, europæisk og globalt plan.

Der er behov for mere forskning, der sætter fokus på, hvordan vi sikrer en god modtagelse af tilrejsende grupper – såvel højt- som lavt-uddannede immigranter, flygtninge eller arbejdstagere, så indsatsen tager højde for den enkeltes forudsæt-ninger og giver mulighed for, at de nye borgers kompetencer kommer i brug. For at modtagelsen af de nye borgere fungerer så smidigt som muligt, er der behov for mere viden om, hvordan mødet med myndighederne, eksisterende tilbud og kom-munale initiativer opleves. Der er behov for viden, der udbygger den eksisterende forskningsindsats vedrørende konkrete erfaringer på integrationsområdet, og hvor-vidt de tiltag, der allerede er afprøvet, virker efter hensigten.

I den forbindelse er det særligt relevant at se på integration gennem deltagelse i ar-bejdsmarkedet og uddannelsessystemet, samt boligplacering af flygtninge, blandt andet med det formål at undgå ghettodannelse og parallelsamfund. Videre mangler der viden om, hvilken indvirkning arbejdsindvandring har på samfundsøkonomien og lønudviklingen, når man for eksempel kigger på effekterne af arbejdsindvan-dringen fordelt på de forskellige opholdsordninger for tredjelandsborgere.

Forskningen på integrationsområdet kan også fokusere på hvordan der kan opbyg-ges solide samfundsmæssige værdifællesskaber, herunder en medborgerskabskul-tur og opbygning af inkluderende institutioner i civilsamfundet, der modvirker pa-rallelsamfund og relaterede konflikter samt ekstremisme og radikalisering. Der er i denne forbindelse også behov for en forskningsindsats, der kan give os en bedre forståelse af de emergente kulturformer, som ikke er baseret på lokalitet og tradi-tion, men på tværgående fællesskaber og sammensatte sociale miljøer.

I forbindelse med behovet for at tiltrække og fastholde udenlandsk arbejdskraft mangler der også viden om, hvad der er de afgørende barrierer, hvad enten disse er kulturelle, skattemæssige økonomiske eller andre. Men også om samspillet med dansk arbejdskraft og udvikling og tilpasning af kompetencer i arbejdsmarkedet ge-nerelt.

Udfordringer vedrørende migration og flygtninge er en udfordring på europæisk og internationalt plan. Derfor retter et væsentligt forskningsbehov sig mod EU's rolle



på bl.a. flygtninge- og migrationsområdet. Herunder er der behov for viden om hvordan der kan skabes effektive og samtænkte indsatser i nærområderne med et Europæisk udgangspunkt. Der er behov for viden om internationale bidrag til langsigtede løsninger af væbnede konflikter både før og efter deres opståen. Her kræves indsigt i både sociale, økonomiske, religiøse og kulturelle aspekter, og en større systematisk viden om hvad der har gavnlig effekt.

Forskningsbehovene retter sig også mod øget kulturforståelse med fokus på eksempelvis samarbejde i internationale organisationer, udvikling af internationale handelsaftaler, markedsreguleringer og hjælpeindsatser som er væsentlige for den offentlige sektors evne til at løse de opgaver, som skal sikre en stabil og fredelig udvikling af det internationale samfund. Kulturforståelse er ligeledes afgørende for private aktørers succes i forbindelse med udenlandske samarbejdsaftaler, eksport, innovation med videre. Kompetencer på disse områder er afhængige af en fortsat bred forskningsindsats, som opretholder forskningsbaserede uddannelser og ny viden på feltet.

Der er også behov for at styrke international problemforståelse og problemløsning i en dansk kontekst samt public diplomacy og viden om globale tendenser, der kan føre til konflikter og ekstremisme. Forskningen kan fx rette sig imod internationalt samarbejde med henblik på, at styrke danske aktørers evne til at indgå i dette. Forskningen kan også rette sig mod specifikke regioner, fx Asien, Afrika mv. og disses forbindelser til Danmark og dansk økonomi. Her vil et fokus på handel og handelsbarrierer være særligt relevant.

På turismeområdet er der behov for mere viden om, hvordan erhvervet bedst muligt kan tilpasse sig globale megatrends, og øvrige forhold, der influerer på turismens udvikling, og som sætter turismeerhvervet bedre i stand til at navigere i forhold til at skabe innovation og vækst i hele Danmark.

### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Forskning indenfor en række af disse tematikker adresserer spørgsmål og udfordringer, som går igen i mange lande blandt andet i Europa. Derfor skal der sikres høj grad af internationalt samspil og koordinering af forskningsindsatsen. Eksempelvis vil spørgsmålet om hvordan man forener integrationen af et stigende antal immigranter med målet om øget vækst og beskæftigelse, i de kommende år være et fælles europæisk anliggende og et anliggende, der kommer til at berøre aktører på flere forskellige niveauer i samfundet.

Udmøntningen af forskning på området bør derfor have internationalt perspektiv og styrke samarbejdet mellem forskere og professionelle såvel som civile aktører. For eksempel er det relevant, at en forskningsindsats vedrørende tiltrækning, modtagelse og fastholdelse af udenlandsk arbejdskraft sker i tæt samspil mellem videninstitutioner, virksomheder og offentlige myndigheder. Ligeledes bør forskning om den praksisnære integration have tæt relation til de udførende aktører i f.eks. kommunerne.



Endelig vil en effektiv udmøntning af forskning i forhold omkring Danmark i en stadig mere globaliseret verden kræve en målrettet formidling af forskningsresultaterne til de relevante aftagere. I dag savnes der for eksempel metoder til at sprede viden om effektfulde tiltag på integrationsområdet mellem kommuner og organisationer.

### **Danske forudsætninger**

Danmark har gode forudsætninger for at opbygge et stærkt migrationsforskningsmiljø, og der findes allerede i dag forskningsmiljøer på området samt aktive interessearter på kommunalt, regionalt og lokalt niveau. Forskning indenfor området er i fokus i mange europæiske lande, men Danmark har et godt udgangspunkt idet de danske registerdata på området er i særklasse som følge af at mængden af personhenførbare oplysninger – også i forhold til internationale standarder. Der er således mulighed for at teste hypoteser i en dansk kontekst, der kan vise sig relevante i andre lande, der i mindre grad vil være i stand til at levere data af samme kvalitet.

Inden for international freds og konfliktforskning findes på danske universiteter stærke økonomiske, politologiske og juridiske forskningsmiljøer, som er tilknyttet internationale forskningsmiljøer og som har gode forudsætninger for at kunne bidrage med relevant forskning, som kan nyttiggøres i dansk kontekst. Der er således basis for, at forskning indenfor området kan varetages i tværfaglige forskningsmiljøer på dette felt. Der er endvidere på flere fagområder tradition for samarbejde mellem forskere, offentlige myndigheder og private aktører – en tradition, der kan udvides og bygges videre på.

På turismeområde har der over de seneste år været igangsat flere initiativer, som har bidraget til øget forskningsaktivitet på feltet. Men der er fortsat tale om et forskningsfelt, der i dansk optik kræver væsentlig udvikling, hvis det skal opnå international tyngde.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Det overordnede formål med forskningen inden for dette felt er at ruste både den offentlige og private sektor i Danmark til at håndtere de udfordringer og muligheder, der er forbundet med den stigende mobilitet og kulturelle interaktion i verden. Danmark skal som nation være i stand til at interagere tæt med andre kulturer i et produktivt samspil både på den internationale scene og dybt ind i det danske hverdagsliv. Denne interaktion skal danne grundlag for et stabilt, sikkert samt kulturelt og økonomisk rigt samfund. Der skal skabes gode vilkår for vækst og produktivitet, blandt andet gennem tiltrækkelse og fastholdelse af kvalificeret arbejdskraft.

Herunder skal forskningen medvirke til at skabe bedre rammer for at integrere immigranter på arbejdsmarkedet og i samfundslivet, således at der skabes størst mulig vækst, beskæftigelse og social sammenhængskraft. Forskning inden for integrationsområdet forventes endvidere at kunne bidrage til at lette en del af det pres, der på nuværende tidspunkt er på Danmark som velfærdsstat. En bedre økonomisk integration vil således på sigt kunne øge skatteindtægterne fra arbejdsindkomster og reducere udgifterne til en lang række sociale ydelser.



Forskning i international konfliktløsning skal endvidere bidrage til at styrke det civile og militære samarbejde i forbindelse med nationale og international opgaveløsninger, gøre fremtidens konfliktløsning bedre og styrke samtænkningen i dansk udenrigs- og sikkerhedspolitik.



## 17. En effektiv offentlig sektor i et højdigitaliseret samfund

### Resumé

Den offentlige sektor udgør en meget stor del af den danske økonomi, og løfter med sine over 700.000 fuldtidsbeskæftigede en lang række væsentlige opgaver for borgere og erhvervsliv. Den offentlige leverer serviceydelser i form af pasning, uddannelse, pleje, omsorg, sundhed, sikkerhed og forvaltning. Den offentlige skaber også regulering og rammevilkår for private aktiviteter, markeder og internationale relationer. På alle disse områder er store potentialer for forbedring og effektivisering af ydelserne særligt i relation til digitalisering og fremtidens behov. Sektoren skal tilpasse sig de demografiske udviklinger, teknologiske muligheder og drage nytte af borgere og andre aktørers ændrede kompetencer. For at høste det fulde udbytte af disse muligheder er der ikke blot behov for systematiske evalueringer og kortlægninger, men også en mangesidet forskningsindsats, som skaber evidens, afdækker potentialer og etablerer ny forståelse af aktørernes roller og muligheder.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

En effektiv og velfungerende offentlig sektor er afgørende for den danske velfærdsstat. Den offentlige sektor varetager en bred vifte af helt centrale opgaver, der skaber forudsætningerne for, at vores samfund kan fungere – fra dagtilbud og uddannelse af børn og unge til regulering af markeder og internationale relationer. Samtidig sikrer den offentlige sektor finansiering af velfærdssamfundet og indfrielse af politiske målsætninger om sundhed, miljø, sikkerhed og omfordeling. Den offentlige service på disse – og mange andre – områder, medvirker til at skabe rammerne for vækst og udvikling og en velfungerende og produktiv privat sektor, samt et rigt og trygt liv for samfundets borgere.

Det er en generel udfordring, at reguleringer af samfundet og prioriteringen og udbuddet af velfærdsydelser i høj grad er baseret på formodninger og antagelser i stedet for forskning og evidens. Der er behov for, man i hele den offentlige sektor løfter kravene til niveauet af viden, der ligger bag prioriteringer og nye initiativer. Det skal være systematisk efterprøvet viden, der ligger bag når en kommune igangsætter en omlægning af hjemmeplejen eller når staten omlægger afgifterne på f.eks. nye energiformer. Hvis den nødvendige viden ikke findes, skal nye initiativer igangsættes i tæt samarbejde med internationalt orienterede forskere, som kan etablere valid viden gennem tilkoblede forskningsprojekter.

De globale tendenser og teknologiske muligheder skabe ny udfordringer, der relaterer sig blandt andet til nye produkter og services fra private aktører, nye teknologiske muligheder og former for arbejdsmarkeder, nye familie- og livsformer, en stadig ældre befolkning, nytilkomne borgere, digitalisering og forandring i kompetencer og forventninger hos borgerne. Den digitale udvikling er så hastig og uforudsigelig, at det vil udfordre og ændre vores samfund på måder, vi endnu ikke kan forestille os. Der er mange eksempler på, at den teknologiske udvikling er så hurtig, at vi ikke kan forudsige, hvad de digitale muligheder, brugernes behov eller de samfundsmæssige gevinster er bare få år ude i fremtiden. Det er derfor ikke alene nød-



vendigt at fokusere på digitaliseringens muligheder, men også at forstå dens konsekvenser, i ambitionen om at etablere de bedst mulige regulerings og lovgivningsmæssige rammer for et samfund, der kan optage og udnytte udviklingen.

#### *Et højt vidensniveau i den offentlige sektor*

For at sikre en velfungerende offentlig sektor, er det nødvendigt at etablere forskningsbaseret viden om, hvordan den offentlige sektor fortsat mere effektivt kan skabe endnu bedre velfærd og rammer for borgere og erhvervsliv. Løsningerne skal være anvendelsesorienterede og tænkes ind i praksis, men det er samtidigt afgørende at den frembragte viden bygger på højt videnskabeligt niveau og kan generaliseres på tværs af områder. Derfor er det vigtigt med forskningsindsatser, der går på tværs af områder i den offentlige sektor og ikke alene har en sektorfokuseret tilgang.

Den nye viden skal sikre, at de offentlige ressourcer målrettes indsatser og metoder, som vi ved virker, og at vi sikrer løsninger og ny viden på de områder hvor indsatsen i dag hviler mere på antagelser end evidens. Det gælder både viden om effekter af aktuelle indsatser, og viden om de nye muligheder og løsninger, der opstår i takt med fx digitalisering og den teknologiske udvikling i øvrigt. Der skal ikke bare fokuseres på konkrete services, men også på strukturering, finansiering og incitamenter i samspillet mellem de offentlige aktører.

#### *Teknologi kan bidrage til bedre løsninger*

Ny teknologi har et stort potentiale i forhold til at kunne understøtte, at borgerne får mest mulig velfærd for de offentlige midler, og giver mulighed for i højere grad at kunne udvikle og tilpasse nye løsninger målrettet brugerne.

Digitalisering har et væsentligt potentiale for at udvikle nye, effektive løsninger og dermed ændre den måde, borgere og virksomheder mødes med det offentlige. Offentlige it-løsninger har et stort potentiale for at lette borgere og virksomheders samspil med det offentlige, men har ofte i praksis været udfordret i udviklingsfasen og i forhold til brugervenlighed. De hidtidige erfaringer på området viser, at det ikke er nok at udvikle nye teknologiske løsninger. For at sikre at teknologien bliver brugt, skal de nye løsninger formidles, omsættes, anvendes og gøres implementerbare i praksis.

#### *Samarbejde med borgere, medarbejdere og erhverv*

I takt med et højere uddannelsesniveau og større mangfoldighed i samfundet stiger også efterspørgslen på individuelt rettede løsninger til den enkelte borger, der udvikles i samarbejde med borgeren indenfor for eksempelvis plejeområdet. Det bliver i stigende grad nødvendigt at tage højde for forskelle, og være opmærksom på hvilke konkrete tiltag og løsninger der har de ønskede effekter for forskellige målgrupper, og at anerkende, at disse ikke er identiske for alle grupper af borgere. I udviklingen af denne type løsninger kan borgere, virksomheder og den offentlige sektor finde nye samarbejdsformer og brugerne af offentlige services i stigende grad inddrages i planlægning og tilrettelæggelse af de offentlige tilbud og indsatser.

Der findes imidlertid barrierer for udvikling og innovation i den offentlige sektor. For eksempel er det til stadighed en udfordring, når forskellige sektorer, instanser





og fagligheder skal arbejde sammen om fælles løsninger. Det opleves også, at dokumentationskrav og resultatstyring bliver en forhindring for bedre offentlige services, og at der ikke er tilstrækkeligt rum til medarbejderdrevet innovation. Også her er der potentiale for at skabe bedre, mere målrettede og sammenhængende offentlige løsninger. Det kræver dog, at der til stadighed er opmærksomhed på at belyse hvilke vilkår for inddragelse af medarbejdere, borgere, virksomheder og civilsamfund der skal til for at nå i mål.

Mange dele af den private sektor har i en længere årrække arbejdet intensivt og systematisk med innovation inden for både service og produktion, og netop det langsigtede og systematiske arbejde kan danne grobund for flere partnerskaber og højere professionalisering af udviklingsprocesserne i det offentlige.

### **Forskningsbehov**

For at løfte udviklingen i den offentlige sektor generelt, er der behov for en forskningsbaseret indsats, der på et fundamentalt niveau adresserer spørgsmål omkring koordination, organisering, ledelse, incitamentsstrukturer, professioner, borgerinddragelse, digitalisering og implementering. Der er behov for generisk viden, der kan anvendes bredt inden for den offentlige sektors arbejdsfelter. Arbejdet skal integreres, så forskning, evaluering, erfaringsopsamling, udvikling og implementering ses i sammenhæng. Det kræver en langsigtet og omfangsrig indsats, med muligheder for et tæt samarbejde med private aktører. En sådan indsats skal ses i lyset af de meget store summer der investeres i innovation og udvikling mange steder i den private sektor, som blot viser, at reel bæredygtig innovation, som gør en forskel, kræver massive satsninger.

For at styrke evidensniveauet og skabe større fokus på validiteten af de erfaringer som praksis bygger på, skal der generelt større fokus på metode. Den nye viden skal have størst mulig udsagnskraft og derfor hvile på solide videnskabelige metoder, herunder såvel traditionelle kvantitative og kvalitative metoder som nye eksperimentelle metoder. Der er behov for, at standarden for hvad vi ved om effekter af offentlige ydelsers og reguleringer løftes, således at offentlige prioriteringer ikke risikerer at ske på forfejlet og mangelfuldt grundlag.

Når et samfunds borgere producerer, interagerer og kommunikerer i de nye digitale infrastrukturer, kan det ikke undgå at forandre de grundlæggende sociale og kulturelle mekanismer, som holder et samfund sammen. Der er i denne henseende behov for at finde svar på hvad det betyder for hvordan vi lever, hvordan vi organiserer os socialt, og hvordan vi forstår os selv som kulturelle væsner i en tidsalder, hvor digitaliseringen er blevet et allestedsnærværende grundvilkår. Kun med en bedre forståelse af disse forhold, kan man udvikle en offentlig sektor, der adækvat adresserer borgernes og samfundets behov.

Den offentlige sektor skal ikke bare levere effektiv og borgertilpasset service, det offentlige er også ansvarlig for samfundets strukturerende rammer. Den offentlige sektor skal sikre og videreudvikle en hensigtsmæssig regulering af finansielle markeder, arbejdsmarkedet, miljøkrav, arbejdsdeling mellem privat og offentlig sektor med videre. Samtidig skal det offentlige løbende sikre bæredygtige finansieringssystemer af velfærdssamfundet, der også indfrier politiske målsætninger i samfundet.



Der er behov for mere viden på systemniveau om effekter af tiltag på disse områder, om nye digitale løsninger og om den aktuelle regulerings betydning set i et internationalt perspektiv.

#### *Vidensunderbygning af den offentlige sektor*

De offentlige ressourcer skal rettes derhen, hvor effekt og nytte er størst for den enkelte bruger, og for samfundet i sin helhed. Det medfører et behov for øget forståelse af og viden om effekter af offentlige indsatser, og herunder blandt andet værdien af forskellige samfundsøkonomiske tiltag, eksempelvis de dynamiske effekter af offentligt forbrug på velfærdsområdet, både på kort og længere sigt, og adfærdsmæssige effekter af en bred vifte af offentlige tiltag. Ligeledes er det nødvendigt med evalueringer og opfølgning på både små og store tiltag og reformer i den offentlige sektor, med henblik på at skabe ny viden om hvilke indsatser, der virker, og hvilke, der ikke virker.

På systemniveau er der behov for forskning rettet mod, hvordan vi mest effektivt tilvejebringer de økonomiske ressourcer, der er en forudsætning for den offentlige indsats, eksempelvis gennem skattesystemet. Alternative finansieringsmodeller (forsikringsordninger, brugerbetaling etc.), som ændrer borgernes og virksomhederne incitament og har væsentlige samfundsmæssige konsekvenser, bør også belyses yderligere. Endvidere er der behov for bedre forståelse af, hvordan den offentlige sektors regulering af borgere og virksomheder reelt fungerer.

#### *Teknologi og digitalisering*

Viden om de nye muligheder, som den teknologiske udvikling skaber i den offentlige sektor har stort potentiale. Forskningsbehov indenfor dette område retter sig først og fremmest mod udvikling af nye digitale løsninger på en lang række af forskellige områder, f.eks. dagtilbud, uddannelse, administration, sundhed, pleje med videre. Der er behov for forskning, der afprøver og afdækker, hvordan teknologiske løsninger, for eksempel velfærdsteknologi og ”smarte” løsninger inden for forsyningssektoren, kan anvendes for at skabe en mere effektiv ressourceudnyttelse og mere brugerrettede løsninger, men også, hvilke konsekvenser teknologiske løsninger har for borgernes livskvalitet, og særligt for borgere med svage forudsætninger uden de nødvendige kompetencer.

Det skal også belyses hvilke udfordringer, der knytter sig til implementeringen af velfærdsteknologiske løsninger, og hvordan de bedst muligt kan håndteres. Herunder er der behov for mere forskning i samspillet mellem teknologi, brugere og professionelle, således at nye løsninger implementeres hensigtsmæssigt og således, at der udvikles teknologi og tilgange, der matcher behovene i praksis.

Ny teknologi og big data har også et stort potentiale inden for den offentlige sektors opgaver blandt andet i forhold til regulering af borgeres og virksomheders adfærd, f.eks. inden for miljøområdet, færdselssikkerhed, arbejdsmiljø og erhvervsregulering. Traditionelt sker reguleringen på disse områder med påbud, forbud, økonomiske incitament og vejledninger. Vores viden om, hvordan disse reguleringsinstrumenter virker er dog begrænset. Ny ”smart” teknologi, der fx måler borgeres og



virksomheders adfærd, i samspil med registeroplysninger giver helt nye muligheder for at analysere effekten af forskellige reguleringsinstrumenter og skrue den samlede regulering sammen på optimal måde.

Inden for den offentlige sektors opgaver med finansiering og omfordeling har ny teknologi længe været anvendt, fx i administrationen på skatteområdet. Men den digitale udvikling giver nye muligheder for at udvikle finansieringssystemer og kombinere skattekilder på bedre vis. Det kræver en sikrere forståelse af adfærdseffekten af finansieringssystemerne, fx ændringer af marginalsatten, de nye digitale og datamæssige muligheder giver forskningen nye muligheder.

I forhold til digitalisering af offentlige ydelser, er der over de seneste år sket store landevinger på mange områder. Men der er også eksempler på meget store investeringer i mislykkedes projekter og udviklingsområder. Derfor er der behov for, at forskningen belyser hvor digitaliseringen har størst potentiale, og hvad der karakteriserer de felter og projekter, der ikke er succesfulde.

Den fortsatte digitalisering af den offentlige sektor rejser endvidere en række forskningsbehov, for eksempel i relation til indsamling og anvendelse af offentlige myndigheders data – herunder interoperabilitet, kommunikation, mulighed for data-mining med videre.

#### *Innovation og samarbejde om målrettede løsninger*

Som nævnt er der et væsentligt potentiale for at skabe bedre, og mere målrettede offentlige løsninger i samarbejde mellem brugere, medarbejdere i den offentlige sektor, private virksomheder og civilsamfund. For det første er der behov for viden omkring, hvordan specifikke tiltag og løsninger virker for forskellige målgrupper, således at en indsats bedre kan målrettes den enkelte. For det andet er der behov for mere viden om, hvordan den offentlige sektors samspil med omgivelserne kan tilrettelægges mest hensigtsmæssigt, herunder samspillet med brugere, borgere, frivillige og private virksomheder. I den forbindelse er der behov for øget viden omkring civilsamfundets rolle og inddragelse borgerne i såvel den offentlige styring som den enkeltes forløb, der for eksempel kan understøtte borger- og brugerinddragelse i udviklingen af nye, innovative løsninger.

Endelig er der behov for forskning, der kan medvirke til at sikre, at den offentlige sektors interne forhold og udfordringer i forhold til at samarbejde på tværs, ikke udgør barrierer for effektiv service af høj kvalitet, herunder effektiv tilrettelæggelse af styring, ledelse, koordination og brug af incitamenter både inden for og mellem niveauerne i den offentlige sektor

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Forskningsbehovene under dette tema skal varetages af mange forskellige fagretninger og mange forskningsspørgsmål kan kun adresseres gennem tværfaglige indsatsen. Forskningen skal både levere konkrete ny processer, modeller og effekt målinger med også nye forståelsesrammer for samarbejde og roller for både individer og institutioner. For at resultaterne af forskningen kan give størst mulig samfunds-



mæssig værdi skal forskningen integreres direkte i praksis eller etablere tæt for- midling til udførende aktører. Anvendeligheden af forskningsresultaterne skal bygge på et stærkt metodisk grundlag, samt klare afgrænsninger af resultaternes udsagnskraft.

Temaer indenfor dette forskningsområde udspiller sig i og imellem forskellige del- tagere, institutioner og sociale felter. Implementeringen fordrer derfor også tværdi- sciplinær forskning, der har blik for, hvordan deltagelse udspiller sig mellem hver- dagslivets praksisser, etablerede og sociale medier samt politiske og kommercielle, offentlige og private institutioner. Herunder udgør offentlige institutioner, såsom plejecentre og kommuner samt private virksomheder, centrale aktører i forskning, der afprøver teknologiske løsninger i praksis

Forskningen skal i alle sammenhænge trække på international viden og erfaringer i bla. EU og for eksempel i Asien, som er langt fremme vedrørende brugen af tekno- logiske og digitale løsninger for at håndtere f.eks. de demografiske udfordringer.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i rela- tion til forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. forslagene på ”Dansk Roadap for Forskningsinfrastruktur 2015 ” BIC-Labs – Behaviour, Interaction and Cogni- tion Labs og DigHumLab 2.0 – Digital Humanities Lab Denmark, som bl.a. har fo- kus på teknologi og digitalisering, og DRDS – Danish Research Data for the Social Sciences, der fokuserer på bl.a. virksomhedsregisterdata.

### **Danske forudsætninger**

Der eksisterer adskillige velfungerende danske forskningsmiljøer med ekspertise på disse områder, som er spredt på forskellige forsknings- og vidensinstitutioner. Især indenfor de samfundsvidenskabelige discipliner, men også indenfor andre fagfelter såsom ledelse, kulturforståelse, innovation, sundhed, pleje og andre temaer, fore- findes særlige forudsætninger for at bidrage til forståelsen af samspillet mellem borgere, virksomheder og den offentlige sektor. Disse miljøer har i Danmark ad- gang til internationalt anerkendte registerdata samt datakilder baseret på big data, som giver et unikt grundlag for denne forskning.

Danmark besidder allerede på nuværende tidspunkt en styrkeposition inden for di- gitale løsninger til velfærdssamfundet, både inden for teknologiudvikling og -an- vendelse. Med Danmarks udbyggede og effektive offentlige sektor har danske virk- somheder endvidere et hjemmemarked for nye teknologier, som giver et solidt af- sæt, der kan blive til eksportsucceser.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Temaet skal medvirke til at skabe viden, der bidrager til en bedre indretning af de offentlige politikker, systemer og indsatser, så disse styrker samfundsøkonomien, samtidig med, at de fremmer borgernes livskvalitet. Udviklingen i den offentlige sektor skal baseres på evidens og forståelse af samspilsproblematikker, og belys- ning af systematiske og om muligt kausale sammenhænge mellem indsatser og ef- fekter. Hvor dette ikke er muligt, skal der etableres et retvisende begrebsapparat til



forståelse af aktører og roller i systemet. Der skal et klart fokus på metode i de undersøgelser og evalueringer, som danner grundlag for prioriteringer, således, at de lever op til aktuelle videnskabelige standarder på de givne felter. Det skal gælde, hvad end kommunerne tilrettelægger tilbud for udsatte børn eller regionerne designer bevillingssystemer i hospitalsstyringen. Beslutningstagerne skal have valid viden, hvor den kan etableres, og det skal være helt klart, hvor beslutningsgrundlaget er uklart eller mangler systematisk evidens.

Ud over at bidrage til at skabe et bedre beslutningsgrundlag for at kunne håndtere velfærdsstatens udfordringer, skal forskningen bidrage til en udvikling og spredning af nye bedre løsninger på tværs af den offentlige sektor.

Forskningsindsatsen skal skabe værdi på flere niveauer, men først og fremmest skal den medvirke til mere effektive og bedre offentlige indsatser, der understøtter både velfærd og effektivitet i hele det danske samfund.



## 18. Sociale forhold, ulighed og sammenhængskraft

### Resumé

Socialområdet er blandt de mest udgiftstunge i vores samfund, men indsatsen på området er ofte kendetegnet ved en lav grad af videnunderbygning, begrænset kendskab til, hvilke metoder der er mest effektive, og hvordan vi bedst muligt kan hjælpe den enkelte. Udfordringen er særlig væsentlig, fordi den manglende viden rammer de allersvageste grupper i samfundet. En forskningsindsats inden for *sociale forhold, ulighed og sammenhængskraft* skal således bidrage til, at de borgere, som har de største udfordringer, i højere grad kan opnå et selvstændigt og meningsfuldt hverdagsliv – gerne gennem inklusion på arbejdsmarkedet – og dermed også en bedre sammenhængskraft i det danske samfund.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

I Danmark er der, som i mange andre lande, store udfordringer forbundet med grupper, der er i en udsat position på grund af eksempelvis sociale forhold, sygdom, handicap eller alderdom. Det er forbundet med store menneskelige omkostninger for udsatte eller handicappede og deres familie, ligesom det er samfundsøkonomisk omkostningsfuldt. Antallet af borgere, som har behov for ydelser inden for disse områder har over de seneste år været stigende.

#### *En videnbaseret og sammenhængende indsats på socialområdet*

I 2015 blev der i alt anvendt 45 mia. kr. på socialområdet, men selvom det sociale område er et af de store, centrale velfærdsstatslige udgiftsområder, mangler der i væsentlig grad anvendelsesorienteret forskning på området. Indsatsen på det sociale område lykkes i mange tilfælde, men der er et klart potentiale for at skabe større fremskridt eksempelvis for socialt udsatte børn og unge, mennesker med funktionsnedsættelser og/eller særlige sociale problemer. Når det ikke lykkes at løse problemer på området, skyldes det ofte manglende praksisnær forskning og viden om effekten af de forskellige indsatser og hvordan kendte indsatser implementeres i stor skala og kombineres. De mange ressourcer, der i dag anvendes på blandt andet det specialiserede socialområde, kan måske målrettes bedre til borgernes behov med en styrket viden om, hvad der virker, for hvem, hvornår og i hvilke situationer – og om hvad der ikke virker.

Udsatte gruppers problemer er ofte af kompleks karakter. For eksempel kan en udsat borger eller familie have behov for støtte fra både sundheds- og socialektoren og forskellige afdelinger inden for disse, spændende over psykologiske indsatser, misbrugsbehandling, kronikerrådgivning, boligtilbud, etc. Dermed vil en bred vifte af fagprofessionelle inden for de forskellige sektorer være involveret. Mange udsatte borgere oplever desværre et fragmenteret forløb, og det er ressourcekrævende for det offentlige, de professionelle og ikke mindst den udsatte borger eller familie, og giver dårlige resultater.

#### *Et arbejdsmarked, der inkluderer alle*

Inklusion på arbejdsmarkedet er en vigtig faktor i den socialpolitiske indsats, for den enkelte og for samfundet. Deltagelsen i et aktivt arbejdsliv er for mange en effektiv vej til selvforsørgelse og højere livskvalitet. Derfor er der behov for at udvikle



et arbejdsmarked, der i endnu højere grad kan rumme og opkvalificere socialt udsatte eller mennesker med handicap. Diverse reformer af arbejdsmarkedet og pensionsordninger gør, at der i Danmark ikke tegner til at blive det store demografiske pres på arbejdsmarkedet, hvilket er en god forudsætning for at løse denne opgave. Komparativt har vi også en lav ungdomsarbejdsløshed, men de danske unge har i siden finanskrisen oplevet den største stigning i arbejdsløshed, set i forhold til andre aldersgrupper. Det kan få alvorlige konsekvenser for især udsatte unge, som i forvejen står enten uden for eller på kanten af samfundet. Forhold vedrørende udsatte børn og unge, social arv og dagtilbud og uddannelse er yderligere beskrevet i tema om børn, unge og fremtidens uddannelse.

### *Ulighed*

I de fleste OECD-lande er uligheden stigende, og også i Danmark har vi set en tydeligt stigende ulighed både socialt og økonomisk. Der er flere indikatorer på, at denne udvikling kan fortsætte. I takt med en øget automatisering af produktionsapparatet er der for eksempel risiko for en højere arbejdsløshed, ligesom en højere levealder kan risikere at medføre flere fattige ældre.

På samfundsplan kan uligheden indebære en forøget marginalisering, som skaber rodløshed, og et større behov for offentlig forsørgelse. Begge dele svækker samfundets konkurrenceevne og befolkningens velfærd. Særligt boligforhold er en væsentlig faktor for marginalisering, og her er det en stigende udfordring at sikre gode boligforhold for svage grupper med begrænset betalingsevne.

Forskning peger på, at stigende ulighed i et samfund betyder højere forekomster af sundhedsmæssige og sociale problemer. Nogle af de konsekvenser, som fremhæves af forskere er for eksempel, at omfanget af psykiske sygdomme er mere udbredt i de mest ulige samfund, og der ses en stigning i forekomsten af sociale problemer som misbrug, omsorgssvigt af børn og unge, hjemløshed og kriminalitet. En tendens til øget ulighed i Danmark kan derfor have den konsekvens, at velfærdsstaten vil se flere borgere, som har behov for ydelser inden for det specialiserede socialområde.

### *Sammenhængskraft*

Marginalisering og en øget gruppe af socialt udsatte er med til at udfordre sammenhængskraften i Danmark. I denne sammenhæng har ulighed også betydning i forholdene mellem land og by og på tværs af socio-kulturelle baggrunde. Et sammenhængende Danmark er udfordret af manglende inklusion og mangle medborgerligt fællesskab hvor alle borgere er i stand til at bidrage til en løbende udvikling af et rigt og åbent samfund. Et sammenhængende Danmark er præget af samfundsdeltagelse og tillid mellem borgere og tillid til samfundets institutioner.

## **Forskningsbehov**

### *Socialområdet*

Der er et meget stort behov for et solidt videngrundlag for indsatserne på socialområdet, så man bedst muligt kan hjælpe de allersvageste grupper i samfundet. Overordnet er der behov for forskning i den sociale indsats og dens virkninger, der kan udvikle effektivitet og kvalitet af fremtidens velfærdsydelser. Herunder i forhold til



efterspørgselsorienterede ydelser, differentierede løsninger, mobilisering af ressourcer hos borgere, i civilsamfund og gennem sektorsamspil og samspil med slutbruger.

Der er blandt andet behov for forskning, der kan bidrage til øget fokus på evidens og videnbasering af løsningsmodeller, policy-udvikling samt effektiv ressourceudnyttelse. Der er behov for, at forskning på det sociale område inkluderer de økonomiske konsekvenser for stat, kommuner og regioner samt samfundet som helhed. Modsat andre områder ved vi i dag ikke særligt meget om udgifterne til sociale indsatser, og hvordan pengene bedst prioriteres.

Forskning på dette område kan også vedrøre og understøtte en sammenhængende indsats og metoder i forhold til mennesker med problemstillinger på tværs af sektorer. Der mangler således fortsat meget viden om, hvorledes koordinerede, langsigtede og sammenhængende indsatser til borgere med komplekse problemer mest hensigtsmæssigt tilrettelægges på tværs af sektorer, organisatoriske enheder og fag. Specielt mangler udvikling af og forskning i gode reproducerbare indsatser samt belysning af disse indsatser ud fra forskellige perspektiver, herunder et borger-, et professionelt- og et samfundsperspektiv. Desuden efterspørges forskning i relation til hensigtsmæssig organisering, kommunikation og arbejdstilrettelæggelse, belysning af sektorovergange og anvendelse af teknologi samt sundhedsøkonomiske analyser, med henblik på at sikre en hensigtsmæssig ressourceanvendelse.

Mere specifikke forskningsbehov på området retter sig blandt andet imod indsatser og metoder i forhold til voldsforebyggelse på sociale botilbud, socialt udsattes boligforhold, samt indsatser og metoder i forhold til forebyggelse af kriminalitet blandt udsatte børn og unge.

I kraft af et øget servicebehov med øgede krav til kvalitet og individuel tilpasning retter et væsentligt forskningsbehov sig mod kommunernes styring og organisering af specialiserede indsatser. Socialområdets institutioner er præget af forskellige styringsformer og forskelle i organisationsstørrelse. Der ligger derfor et behov for bedre viden om, hvilken ledelse og styring, der har størst betydning for målrealisering i forskellige sammenhænge, herunder eksempelvis i samarbejde mellem offentlige og private organisationer. I forbindelse med styring er det også væsentligt at se på brugerinddragelse og samarbejde.

Endelig er der et stort forskningsbehov på tværs af socialområdets målgrupper, som både inkluderer sociale og kulturelle aspekter af forebyggelse og effektive indsatser. Et væsentligt forskningsområde i denne forbindelse er identifikationen af de sociale og kulturelle barrierer mellem statslige, regionale, kommunale og frivillige indsatser og de borgere som indsatserne er rettet mod, herunder de forskellige forståelser af effekt, kvalitet og selvstændighed og meningsfuldhed.

#### *Inklusion på arbejdsmarkedet*

Konkret viden om, hvordan man skaber inklusion og tilknytning til arbejdsmarkedet for f.eks. udsatte grupper og handikappede, kan blandt andet understøttes af forskning omkring samspillet mellem individ, virksomheder, de offentlige systemer og arbejdsmarkedets parter. Ligeledes er der behov for viden om motivationsfakto-





rer for deltagelse på arbejdsmarkedet, herunder betydning af eksempelvis seniorpolitik og arbejdsmiljø, ikke mindst indsatser i forhold til langvarige stresstilstande.

#### *Ulighed og sammenhængskraft*

Der er behov for viden om hvilke mekanismer, der skaber henholdsvis modvirker ulighed, og kan medvirke til at forklare betydningen af økonomisk ulighed, og hvorfor den har så store effekter i forhold til eksempelvis sundhed. Ligeledes er der behov for viden om betydning af økonomisk, social og etnisk ulighed og marginalisering for sammenhængskraften i Danmark. Ulighed er dog kun en af mange faktorer, der har betydning for sammenhængskraften.

Der er generelt behov for mere viden omkring hvilke faktorer, der påvirker sammenhængskraften i Danmark, og hvilke konsekvenser en sammenhængskraft under forandring har for samfundet. Danmark er et af de mest tillidsbårne samfund i verden, og forskning i hvordan denne tillid opstår, styrkes og indgår i sammenhængskraften, er et centralt forskningsfelt. Her er det ligeledes relevant at undersøge, hvordan vi kan opbygge solide samfundsmæssige værdifællesskaber og opbygning af inkluderende institutioner i samfundet.

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

Udmøntningen og implementeringen af forskningsindsatsen bør understøtte, at forskningsresultaterne er anvendelige i praksis. Det kan for eksempel fremmes gennem etablering af tætte forbindelser og muligheder for samarbejde mellem forskningsverdenen og de sociale aktører. Et tæt samarbejde mellem forskning og praksis har stor betydning for, at den viden, der tilvejebringes, omsættes til praksis. Viden kan dog ikke stå alene, og der skal i forskningen derfor være øget fokus på, at sikre udbredelsen af virksomme metoder og indsatser i både statsligt, kommunalt, regionalt og frivilligt regi.

Det er tillige af stor betydning, at forskningen understøtter udviklingen af nye metoder og indsatser på baggrund af eksisterende erfaringer i praksis. Der skal udvikles et tæt samarbejde mellem forskning og praksis som sikrer at forskningen præges af praksisfeltet og omvendt. På denne baggrund skabes det stærkeste bidrag til forskningsbaseret innovation i det sociale arbejde, og til at opfylde de aktuelle krav og udfordringer, som området oplever med hensyn til viden om effekt.

#### **Danske forudsætninger**

Social- og velfærdsforskning udgør en relativt lille del af den samlede offentlige forskningsindsats, i forhold til den store og mangfoldige forskningsportefølje området dækker. Forskningen foregår på universiteter, sektorforskningsinstitutioner og professionshøjskoler, hvor langt størstedelen indgår i formaliserede samarbejder med hinanden eller andre fortrinsvist nationale parter. Vi har i Danmark helt unikke muligheder for at benytte registerdata til at studere effekter af forskellige tiltag også på længere sigt og i større skala, og dette potentiale kan udnyttes meget bedre på det sociale område.



Ikke desto mindre er forskningen særligt på det specialiserede socialområde fragmentarisk og har begrænset fokus på interventionerne og de borgernære indsatser, samt effekten af disse. Der findes en række danske forskningsmiljøer, der har potentialet til at løfte en øget forskningsindsats på det specialiserede socialområde, herunder forskellige relevante forskningsinstitutioner på både universiteter, indenfor sektorforskningen samt professionshøjskolerne.

I Danmark er der en række unikke muligheder for at kvalificere tværprofessionelle og innovative indsatser over for udsatte grupper gennem koblinger af uddannelse, forskning og praksis.

Det bemærkes, at der i EU's rammeprogram for forskning (Horizon 2020), indenfor delprogrammet Rummelige Samfund, er fokus ulighed sammenhængskraft, og inklusion. En dansk forskningsindsats på området vil således være et godt afsæt for tiltrækning af europæiske forskningsmidler indenfor dette område.

Der er flere eksisterende europæiske forskningsinfrastrukturer som f.eks. European Social Survey (ESS) og Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE), som bidrager til, at danske forskere har adgang til internationale data af relevans for området og kan medvirke til, at danske forskere kan udføre forsknings- og udviklingsaktiviteter indenfor forskningsområdet på højt internationalt niveau. Dertil kommer de aktiviteter omkring forskeres adgang til sundheds- og socialregistre som Uddannelses- og Forskningsministeriet finansierer gennem KOR – Det Koordinerende Organ for Registerforskning.

### **Mål, effekt og perspektiver**

De menneskelige, videnmæssige, udviklingsmæssige samt samfundsøkonomiske potentialer ved forskning på dette område er store.

Ny viden skal først og fremmest være til gavn for borgernes muligheder for at opnå et selvstændigt og meningsfuldt hverdagsliv. Et øget, mere solidt videngrundlag på eksempelvis det specialiserede sociale område kan bidrage til øget kvalitet i velfærd – en bedre velfærd, der igen bidrager til et værdigt liv og øger den enkeltes livskvalitet, både for mennesker der har behov for en indsats hele livet og for mennesker, der kan komme nærmere selvforsørgelse.

Herudover kan forskningen medvirke til en hensigtsmæssig samfundsmæssig allokering af ressourcer på socialområdet, fordi en strategisk forskningsindsats på det sociale område kan medvirke til at levere det nødvendige videngrundlag til at foretage målrettede sociale investeringer i forebyggelse og tidlig indsats.

Undersøgelser viser, at virksomme, sociale indsatser betaler sig, og at sociale indsatser over for de mest udsatte kan betale sig at investere i for samfundet, da gevinsterne oftest er mange større end udgifterne.

For at opretholde et højt niveau af velfærd er det nødvendigt at opnå større afklaring af virkningen af de sociale indsatser på lang sigt således, at fagpersoner og borgere kan agere på et videnbaseret grundlag og midlerne bruges bedst muligt. En styrkelse af vidensniveauet kan således have stor betydning for fremtidens velfærdsstat.



## 19. Børn, unge og fremtidens uddannelse

### Resumé

I en stadig mere kompleks verden bliver tilegnelsen af ny viden, evner og kompetencer gennem hele livet af større og større betydning for det enkelte individ og for samfundet i sin helhed. Selvom Danmark er blandt de lande, der investerer flest midler i uddannelse, er det danske uddannelsessystem på nogle områder udfordret på kvalitet og relevans. Forskning i børn, unge og fremtidens uddannelse kan bidrage til at skabe endnu bedre dagtilbud og uddannelser, der medvirker til at understøtte, at vi har de rette kvalifikationer til fremtidens arbejdsmarked, og at alle talenter og ressourcer kommer i spil.

### Samfundsudfordringer og/eller muligheder

Uddannelse er afgørende både for den enkelte og for samfundet. Uddannelse bidrager til vækst, velfærd, kulturel identitet og udsyn, og en veluddannet arbejdsstyrke er en væsentlig forudsætning for høj produktivitet og innovation. Det er vigtigt, at vi i Danmark har dagtilbud og uddannelser, der understøtter, at alle udnytter det potentiale, de har. Det gælder for de børn og unge, der underpræsterer og mistrives, for eksempel fordi de er udsatte eller har svage læringsmiljøer i hjemmet, men i lige så høj grad for elever med særlige forudsætninger og evner.

Danmark er blandt de lande, der anvender flest midler i forhold til BNP på uddannelse. Men det er en udfordring at sikre kvaliteten på dagtilbuds- og uddannelsesområdet og overgangene fra dagtilbud til grundskoler og gennem hele uddannelsessystemet, så alle kan få en uddannelse af høj kvalitet.

#### *Ny viden kan skabe grundlag for læring og uddannelse af høj kvalitet – i dagtilbud...*

De tidlige år er afgørende for børns udvikling og indlæringsevne resten af livet. Dagtilbud af høj kvalitet er derfor nødvendige for at sikre fundamentet for børnenes videre vej igennem uddannelsessystemet og evne til at klare sig på arbejdsmarkedet og i det globaliserede samfund.

Manglende viden om børns trivsel og tidlige læring – for eksempel i dagtilbuddene – skaber udfordringer, fordi vi dag mangler redskaber til at lave tidlige, videnbaserede indsatser, der understøtter børns udvikling, blandt andet i dagtilbud. På længere sigt kan endnu bedre dagtilbud forbedre barnets livsduelighed og mulighed for at klare sig på arbejdsmarkedet og i livet, hvilket mindsker eksempelvis sociale problemer, kriminalitet og radikalisering. Her er udbyttet stort for det enkelte menneske og for samfundet.

#### *... og grundskole...*

Den danske grundskole er på mange måder velfungerende, men er i dag også præget af væsentlige udfordringer. Internationale undersøgelser og nationale tests viser, at der fortsat er en for stor andel af elever i gruppen af de fagligt svageste i læsning, matematik og naturfag. Det er bekymrende, blandt andet fordi basale færdigheder såsom læsevne er en forudsætning for børn og unges videre studier og senere beskæftigelsesmuligheder. I dag forlader for mange elever grundskolen med læse- og matematikfærdigheder, der vil give dem væsentlige udfordringer i forhold til at gennemføre en ungdomsuddannelse. Ifølge Produktivitetskommissionen er der en

**Kommenterede [ATV12]:** Det er meget positivt, at man har fokus på vigtigheden af uddannelse på alle niveauer – fra faglærte til forskere – som er en forudsætning for, at danske industrivirksomheder også i fremtiden vil være innovative og konkurrencedygtige.



tæt sammenhæng mellem folkeskoleelevers færdigheder og et lands produktivitetsvækst, og manglende færdigheder er således ikke kun et problem for den enkelte.

*... på ungdomsuddannelser...*

Danmarks unge har brug for gode ungdomsuddannelser, som møder dem fagligt og menneskeligt. De unge, der ikke gennemfører en ungdomsuddannelse – både gymnasiale og erhvervsrettede - får vanskeligt ved at oparbejde de relevante kompetencer til at kunne begå sig på et foranderligt arbejdsmarked og i samfundet i øvrigt.

Men der er basis for at skabe en stærkere faglighed på ungdomsuddannelserne og for eksempel er tilbagemeldingen fra de videregående uddannelser, at mange studerende har brug for stærkere kvalifikationer – især i matematik. Endvidere er gennemførelse en udfordring. Kun halvdelen af de elever, der påbegynder en erhvervsuddannelse, ender med at blive udlært inden for deres fag.

*... og videregående uddannelser ...*

I perioden 2009 – 2016 er optaget på de videregående uddannelser steget med 43 pct. Over halvdelen af en ungdomsårgang starter på en videregående uddannelse, og de studerende på de videregående uddannelser er præget af større diversitet. Det stiller store krav til kvaliteten og relevansen af vores uddannelser, så de studerende får et højt læringsudbytte og dermed oparbejder et viden- og kompetencegrundlag, der giver dem et solidt fundament for fremtiden og som imødegår behovene på arbejdsmarkedet. Kvalitetsudvalget har peget på, at læringen på de videregående uddannelser kan styrkes. En udfordring knytter sig til læringsmetoder og læringsudbytte, hvor vi mangler viden om, hvad der virker i undervisning og læreprocesser, og om hvordan vi tilrettelægger de videregående uddannelser bedst muligt.

*... der uddanner til fremtidens behov, gennem hele livet...*

Uddannelse er en livslang proces, og i fremtidens digitale samfund vil livslang læring være et grundvilkår, blandt andet fordi teknologien udvikles stadigt hurtigere og kommer til at præge alle dele af vores samfund i en grad, som vi ikke kan forestille os i dag. Samtidig vil en stadigt stigende gruppe af ældre deltage på arbejdsmarkedet, og det er nødvendigt at sikre, at også denne gruppe fortsat har kompetencer, der er efterspurgt af virksomheder og offentlige arbejdsgivere.

Der er væsentlig usikkerhed om fremtidens behov for uddannet arbejdskraft. Ifølge rapporten *The Future of Jobs* udgivet af World Economic Forum i januar 2016 vil 65 pct. af de børn, der i dag går i grundskole, komme til at bestride job, som ikke eksisterer endnu. Men allerede i dag er der et udækket behov på visse fagområder og efterspørgslen efter faglærte personer, eller personer med en videregående uddannelse, særligt indenfor de tekniske og naturvidenskabelige områder, forventes ikke at blive mindre i fremtiden.

Som beskrevet i temaet om fremtidens produktion og smarte virksomheder forventes blandt andet en stigende brug af robotteknologi, der radikalt kan ændre arbejdsstyrkens rolle i produktionen, og dermed skabe nye uddannelsesbehov. Udviklingen skaber på den måde behov for nye kompetencer, der skal identificeres og udvikles gennem hele livet og på alle niveauer i uddannelsessystemet, herunder også efter- og videreuddannelse. Meget peger i dag på, at der blandt andet vil blive



behov for at styrke de digitale kompetencer inden for mange forskellige aldersgrupper, men da vi ikke kan forudsige præcis, hvilke jobs og kompetencebehov der vil opstå i fremtiden, må fokus være på, hvordan vi skaber et stærkt og responsivt uddannelsessystem med høj kvalitet og faglighed og vægt på innovation, kreativitet og samarbejdsevner. En høj faglighed er også nøglen til at bygge videre og sætte sig ind i nye fagligheder, hvilket er en væsentlig forudsætning for at følge udviklingen på fremtidens arbejdsmarked.

#### *... blandt andet ved brug af digitale redskaber*

Brug af digitale redskaber giver mulighed for at øge læringsudbyttet betydeligt og bidrage til bedre kvalitet i dagtilbud og uddannelser. Forventningen er, at digitale redskaber kan medvirke til at øge differentiering af undervisningen for børn og unge med både særlige behov og talenter og øge elevernes motivation. Samtidig giver brugen af digitale læremidler mulighed for at kunne følge den enkelte elevs læring tæt under forudsætning af, at de digitale redskaber er anvendelige for både elever, studerende og personale.

#### *... til gavn for alle børn og unge*

I dag er Danmark ikke et foregangsland, når det gælder andelen af mønsterbrydere. Vi ved, at dagtilbud og uddannelse af høj kvalitet samt tidlige, målrettede indsatser er væsentlige faktorer i at sikre overgangen til arbejdsmarkedet, ligesom uddannelse har betydning for en lang række andre forhold, der bidrager til høj livskvalitet, eksempelvis et godt helbred.

I dag har ca. 20 % af de 25-årige ikke taget en kompetencegivende ungdomsuddannelse, og dette tal har ligget stabilt de sidste 20 år. Det kan således konstateres, at de seneste års indsatser på området ikke har formået at få alle med. Derfor kan vi fortsat se, at der er en klar sammenhæng mellem børn og unges socioøkonomiske baggrund og de uddannelsesmæssige valg og resultater i forhold til gennemførelse og karakterer – og i højere grad i Danmark end i de øvrige nordiske lande.

Det danske dagtilbuds- og uddannelsessystem formår således ikke i tilstrækkelig grad at styrke børn og unge med svag social baggrund. Det gør, at en stor gruppe af udsatte og sårbare unge står uden for uddannelsessystemet og arbejdsmarkedet. Det er en væsentlig udfordring med konsekvenser for både individ og samfund. Rockwool Fonden har anslået, at udsatte unges manglende uddannelse og lavere arbejdsmarkedstilknøytning har livslange konsekvenser for de unge selv og koster samfundet mellem 12 og 15 mia. kr. om året.

### **Forskningsbehov**

Forskningsbehovet indenfor dette tema retter sig mod udvikling af viden, der kan medvirke til at skabe bedre læring for den enkelte og højere kvalitet, relevans og sammenhæng på tværs af dagtilbuds- og uddannelsessystemet, således at alle talenter og ressourcer kommer i spil.

Det er nødvendigt med viden om hvordan vi kan styrke faglighed og børn og unges udvikling, læring og trivsel på alle niveauer, og igennem det danske uddannelsessystem. Herunder er der behov for en forskningsindsats vedrørende sammenhænge og overgange mellem hjem, dagtilbud, grundskole, ungdomsuddannelse, og videregående uddannelser, så alle kan få en kompetencegivende uddannelse.



Hvis vi skal understøtte, at tiltag til at styrke undervisning, motivation og læring skal gøre en forskel, skal der være langt større fokus på forskning i effekten af forskellige pædagogiske og didaktiske tilgange, metoder og værktøjer. Der er behov for, at en forskningsindsats bidrager til at opbygge viden om hvilke tiltag og indsatser i dagtilbud og uddannelse, der virker bedst, og hvordan disse fungerer og kan implementeres i praksis. De danske uddannelser er på flere områder desuden blevet reformeret indenfor de seneste par år. Derfor er det vigtigt med forskning, der sikrer ny viden om effekten af ændringerne.

Endvidere er der særligt behov for at udvikle og afprøve indsatser og metoder, der kan styrke læring og trivsel hos de fagligt svageste børn og unge i hele uddannelses-systemet. Forskningen kan med fordel inddrage forskelle og særlige udfordringer i dagtilbud og uddannelser for elever med forskellige sociale baggrunde, børn i udsatte positioner og for tosprogede børn og unge. Endvidere kan forskningen inddrage de steder, hvor vi ser, at der er store forskelle på hvordan kønnene klarer sig.

Forskningen kan også have fokus på skoler-, dagtilbud- og øvrige institutioners organisering og ledelse, herunder effektiv udnyttelse af ressourcerne. Ligeledes er der behov for forskning om kvalitetsudvikling gennem kompetenceudvikling af personale, professionelle læringsfællesskaber og pædagogisk ledelse.

#### *Dagtilbud*

Der er behov for viden om, hvordan det står til med kvaliteten i de danske dagtilbud. Der mangler således forskningsbaserede, empiriske og repræsentative afdækninger af, hvilke forhold der bidrager til god kvalitet i dagtilbuddene, samt hvad der er de danske dagtilbuds styrker og svagheder. Sådanne afdækninger kan både sætte fokus på strukturelle forhold og pædagogiske processer, men også hvordan der bedst tilrettelægges læringsmiljøer, der favner alle børn, og hvordan dagtilbuddene i samspil med hjemmet fremmer trivsel, udvikling, læring og dannelse og bidrager til at modvirke negativ social arv. Der er behov for forskning, der dækker alle typer af dagtilbudsordninger, det vil sige både daginstitutioner, dagplejere og private pasningsordninger.

#### *Grundskole*

På grundskoleområdet er der særligt behov for forskning, der kan medvirke til at udvikle undervisning og læring inden for de matematiske og naturvidenskabelige fag, dansk og fremmedsprog. Ligeledes er der behov for mere viden i forhold til, hvordan elever med særlige behov bedst støttes, eksempelvis gennem specialundervisning og inklusion samt varieret undervisning og bevægelse. Endelig er der behov for viden om, hvordan børn og unges motivation samt personlige og sociale kompetencer kan styrkes igennem uddannelsesmiljøet og i hjemmet, og hvordan de fysiske rammer, eksempelvis i relation til støj, indeklimaer, læringsfællesskaber, sociale netværk etc., kan medvirke til at skabe bedre rammer for læring.

#### *Ungdomsuddannelser*

På ungdomsuddannelsesområdet er der behov for forskning om, hvordan forskellige elevgruppers faglige motivation fastholdes og udvikles, og hvordan ungdomsuddannelserne klæder eleverne bedst muligt på til videregående uddannelse samt



forskning i interventioner, der kan bidrage til at reducere det høje frafald fra ungdomsuddannelserne. Herunder er også brug for viden om den gruppe, der ikke gennemfører ungdomsuddannelser.

Der kan også være behov for mere viden om brug af it og data som grundlag for udvikling af undervisningen og arbejdet med elevernes læring i ungdomsuddannelserne. Specifikt for erhvervsuddannelserne er der behov for forskning, der kan være med til at udvikle undervisningen i de erhvervsrettede fag, herunder i forhold til unge, der kommer lige fra grundskolen. Endvidere er den del af erhvervsuddannelserne som sker i virksomhederne, kun sporadisk belyst, men har stor betydning for hvordan eleverne klarer sig på arbejdsmarkedet efterfølgende.

#### *Videregående uddannelser*

I takt med at flere tager en videregående uddannelse, er der behov for mere viden om, hvordan undervisning på videregående uddannelser kan tilpasses studerende med forskellige faglige forudsætninger og baggrunde og implementering af nye og varierede undervisningsformer, der giver et højere læringsudbytte.

Med henblik på at fremme kvaliteten og effekten af undervisning på de videregående uddannelser er der behov for mere systematisk viden om de faktorer, der påvirker de studerendes søgning, optag, tidsforbrug, læringsudbytte og gennemførelse af en videregående uddannelse, herunder betydningen af social baggrund.

Der er også behov for mere viden om uddannelsernes relevans i forhold til de studerende og aftagerne, om videns- og forskningsbaseret undervisning samt om mulighederne i og effekterne af differentierede læringsrum, forskellige feedback-former, digitalisering, fagdidaktik (særligt sprogfagene og matematik) og internationalisering af uddannelserne.

#### *Fremtidens uddannelsesbehov*

Vi har behov for mere viden om fremtidens kompetencebehov og for at udvikle redskaber, der kan hjælpe os med at vurdere hvilke indsigter, færdigheder og kompetencer, som vil være relevante over tid. Forskningen skal understøtte, at vi bedre kan forudsige fremtidige kvalitative og kvantitative behov for uddannet arbejdskraft.

For at kunne imødekomme efterspørgslen efter uddannet arbejdskraft er det desuden nødvendigt med forskning i hvilke forhold, der har betydning for valg af uddannelse. For eksempel er der behov for mere forskning i motivation og barrierer for unges valg eller fravalg af uddannelse, herunder betydningen af social baggrund, køn og etnicitet. Ligeledes er der behov for mere viden omkring hvordan ikke-uddannelsesparate unge bedst hjælpes videre. Vi har behov for mere viden om, hvordan vi kan styrke unge og voksnes efterspørgsel efter de uddannelser og den kompetenceudvikling, der er mest behov for, nu og i fremtiden.

Endelig er der behov for yderligere viden om livslang læring, efter- og videreuddannelse samt praksislæring på arbejdspladsen. Herunder kan forskningen undersøge effekter af efter- og videreuddannelse i forhold til voksnes kompetencer. Det gælder både, når det handler om private virksomheders udvikling og kompetence-



udvikling af eksempelvis ufaglærte til faglærte eller faglærte til et videregående niveau - eksempelvis som følge af stigende digitalisering og automatisering - men også når det handler om kompetenceudvikling af fagprofessionelle inden for de store velfærdsprofessioner som skole-, dagtilbuds-, det sociale- og beskæftigelses- samt sundhedsområdet.

#### *Digital læring, dannelse og kompetencer*

Der er et stort potentiale for udvikling af effektive digitale læremidler, målrettet børn, unge og voksne. Men for at udnytte potentialet er der behov for forskning i digital didaktik, for teknologi gør ikke i sig selv børn, unge og voksne dygtigere.

I forlængelse heraf er der behov for mere forskning i dataunderstøttet læring. I takt med udbredelsen af digitale læremidler, stiger mængden af læringsrelaterede data om eleverne, der kan medvirke til at give lærere og ledere ny viden om, hvad der virker i læringsprocessen.

Der er endvidere behov for forskning med fokus på digitale kompetencer og digital dannelse, der kan understøtte, at alle borgere, herunder også børn og unge, er i stand til at begå sig produktivt, socialt og etisk korrekt i den digitale virkelighed.

#### *Uddannelse, udsatte børn og unge og social arv*

Endelig er der behov for mere viden om hvilke forhold, der kan bidrage til at bryde den negative sociale arv og styrke forældregrupper med få socioøkonomiske ressourcer. Eksempelvis i forhold til risikofaktorer såvel som effektive indsatser, der kan reducere udsathed og fremme de unges muligheder for uddannelse og beskæftigelse og derved fremme et aktivt og 'helt' liv hos unge. Der er endvidere behov for forskning, der undersøger, hvilke risikofaktorer børn kan møde tidligt i livet, deres betydning for barnets udvikling og hvordan de effektivt håndteres.

#### **Forhold vedrørende udmøntning og implementering af forskningsindsatsen**

For at forskning kan komme til størst mulig nytte i danske dagtilbud, skoler, uddannelsesinstitutioner med videre, er det en forudsætning, at forskningsresultater inden for dette temaområde kan omsættes til løsninger, der er relevante og anvendelig i praksis. En vigtig vej til at få ny viden omsat til praksis i blandt andet skoler og dagtilbud er desuden gennem uddannelse af lærere og pædagoger og andre relevante faggrupper på området, herunder uddannelses- og institutionslederen. Det betyder for eksempel, at forskningen med fordel kan gennemføres i tæt samarbejde mellem forskningsinstitutioner og praksis, og at det fra starten kan tænkes ind, hvordan ny viden skal omsættes i de relevante uddannelser og tages i brug i praksis. Herunder vil det være hensigtsmæssigt at have fokus på at sikre implementering, evaluering og udbredelse af virksomme metoder og indsatser.

Det vil være formålstjenligt, at forskningsindsatsen udmøntes, så den understøtter kapacitetsopbygning og koordination med henblik på at fremme kritisk masse i forskningsmiljøet. Det vil eksempelvis være relevant at prioritere både større forskningsprojekter, der kan indeholde relevant samarbejde mellem mere etablerede forskere og mindre, afgrænsede projekter og ph.d.-stipendier.





Det er endvidere væsentligt at fastholde den internationale horisont, for eksempel gennem komparativ forskning. Vores nabolande er på visse områder godt på vej med løsninger og effektive indsatser, der bør indgå i det danske videngrundlag. På områder, hvor der internationalt skabes solid og relevant viden, for eksempel i nordisk regi, er det væsentligt at kunne inddrage internationale forskermiljøer og bygge videre på denne viden i den nationale forskningsindsats og derigennem sikre, at ny viden omsættes og nyttiggøres i en dansk kontekst.

I udmøntningen af forskningsindsatsen kan der indtænkes sammenhænge i relation til forskningsinfrastrukturindsatser som f.eks. forslagene på ”Dansk Roadap for Forskningsinfrastruktur 2015 ” BIC-Labs – Behaviour, Interaction and Cognition Labs og DigHumLab 2.0 – Digital Humanities Lab Denmark, som begge har fokus på bl.a. digital læring.

### **Danske forudsætninger**

I Danmark findes forskningsmiljøer, der fokuserer på uddannelsesforskning, fagdidaktik, læring, brug af teknologi, psykologi og pædagogisk udvikling. Aktiviteterne er imidlertid spredt på mange, mindre forskningsmiljøer. Nye forskningsindsatser kan derfor sigte mod mere langsigtet opbygning af stærke forskningsmiljøer og understøtte mere systematisk samarbejde mellem de enkelte forsknings- og udviklingsmiljøer for at sikre høj forskningskvalitet, kritisk masse og understøtte synergi, anvendelse og spredning af ny viden.

Kvalitetsudvalget har påpeget, at selvom der foregår forskning inden for de videregående uddannelser, er den sparsom i Danmark, mens der er større internationale miljøer. Der er således en begrænset mængde forskning, der tager højde for de særlige karakteristika, der gør sig gældende ved det danske uddannelsessystem. Dansk forskning har ikke desto mindre en komparativ styrke i form af registerdata, der kan anvendes til at frembringe viden der også vil være efterspurgt internationalt, men som der ligeledes er potentiale for at udbygge.

### **Mål, effekt og perspektiver**

Forskning vedrørende børn, unge og fremtidens uddannelse kan bidrage til at skabe de bedst mulige vilkår for læring, højere kvalitet i hele uddannelsessystemet og medvirke til at sikre de rette personlige og faglige kvalifikationer til fremtidens arbejdsmarked.

Forskningsindsatsen skal bidrage til at styrke det danske dagtilbuds- og uddannelsessystem og et højt uddannelses- og kompetenceniveau i den danske befolkning. En højtuddannet arbejdsstyrke, der blandt andet har digitale kompetencer, er en forudsætning for succesfuld innovation. Udviklingen af kvaliteten i både dagtilbud, grundskole og uddannelser er i sidste ende afgørende for at skabe den fremtidige innovation og produktivitet, der er afgørende for Danmarks velstand og velfærd.

Endelig skal forskningen understøtte, at endnu flere børn og unge nu og i fremtiden bliver i stand til at udfolde deres potentiale, så de kan få et godt liv og bidrage aktivt til samfundet. Endvidere skal en forskningsindsats på området bidrage til at ressourcer anvendes mere effektivt og på de områder, hvor de har størst positiv betydning for børns og unges udvikling.



Uddannelses- og  
Forskningsministeriet



## **III – Bilag**



## Pejlemærker for udmøntning af strategiske forskningsmidler

Den brede kreds af interessenter, der har deltaget i FORSK2025-processen, har peget på en række forhold, der er væsentlige for at indfri den strategiske forskningspotentiale for samfundsmæssig værdiskabelse. Blandt de vigtige, tværgående forhold er: tværfaglighed og brugerinddragelse i forskningsprojekterne; fokus på excellent forskning og samarbejde med førende internationale forskningsmiljøer; om sætning af forskning til uddannelse, der imødekommer samfundets behov; og om sætning af forskning til vidensspredning og innovation i erhvervslivet og den offentlige sektor.

Det er igennem den konkrete udmøntning af forskningsmidler, at succesen af den danske strategiske forskningsindsats til sin tid vil kunne evalueres og vurderes. Det er derfor vigtigt i udformningen af de enkelte opslag at formulere krav til de enkelte projekters forventede værdiskabelse.

### Samarbejde på tværs af faggrænser og inddragelse af brugere

En væsentlig vej til at opnå samfundsmæssig værdiskabelse er gennem forsknings-samarbejder, hvor faggrænser krydses og brugere inddrages. De udfordringer og muligheder, som er kernen i FORSK2025-temaerne, går på tværs af forskningsdiscipliner og indbyder til tværfaglighed blandt brede dele af det danske forskningslandskab, hvor såvel humaniora, samfunds-, sundheds- og naturvidenskab som jordbrugs- og veterinærvidenskab samt teknisk videnskab kan bringes i spil. Hvert forskningstema udgør således et bredt mulighedsrum for uventede ideer og originale måder at adressere samfundsudfordringerne på.

Det er her vigtigt at kunne mobilisere bredest muligt i det danske forskningslandskab på tværs af fagdiscipliner, køn med videre, og der er da også fuldstændig forskningsmæssig metodefrihed i de strategiske forskningsbevillinger.

At krydse forskningsområder inden for tværdisciplinære projekter kan udbrede viden grundlaget for de involverede discipliner og skabe uventede resultater, og det er ofte i mødet mellem disciplinerne, at nybrud og videnskabelig innovation forekommer. Danmark har, sammenlignet med mange andre lande, stærke traditioner for hurtig og kreativ anvendelse af nye teknologier og for på tværs af organisatoriske og faglige skel og i konstruktive samarbejder mellem offentlige og private aktører at udvikle nye, innovative løsninger. Dette giver potentielle konkurrencefordele, når samfundsudfordringerne kalder på tværdisciplinære løsninger.

Den udfordringsorienterede tilgang skaber endvidere basis for at styrke det vigtige samspil mellem private virksomheder, offentlige institutioner, universiteter og andre videninstitutioner. Det er i den sammenhæng vigtigt, at forskningen tager afsæt i brugernes forskningsbehov, hvilket øger sandsynligheden for, at den nye viden hurtigere finder konkret anvendelse i erhvervslivet og den offentlige sektor.

### Excellent forskning og samarbejde med førende internationale miljøer

Det er vigtigt, at de offentlige midler investeres i forskning af højeste internationale kvalitet, hvilket der også lægges vægt på i Innovationsfonden udmøntning af de strategiske forskningsmidler. I FORSK2025-kataloget er der således lagt vægt på brede udfordringsbeskrivelser i forskningstemaerne, hvilket skal sikre rum til, at



styrkepositionerne i dansk forskning får mulighed for at udfolde sig netop, hvor det største potentiale foreligger, og det er en grundlæggende forudsætning for udmøntningen af strategiske forskningsmidler, at der kun støttes forskning af høj kvalitet. For at sikre bred konkurrence mellem de stærkeste forskningsmiljøer skal udmøntningen af forskningsmidlerne ske i brede og åbne opslag.

Det er samtidig vigtigt, at forskningen har et markant internationalt perspektiv. I opslagene bør der således lægges vægt på, at forskningen udføres i samarbejde med stærke udenlandske forskningsmiljøer, hvor det er relevant. Og på områder, hvor der internationalt skabes solid og relevant viden, er det væsentligt at kunne nyttiggøre denne viden i forskningsprojekterne.

### **Forskning omsat til uddannelser, der imødekommer samfundets efterspørgsel**

Hvad enten forskningen retter sig mod erhvervslivet eller den offentlige sektor er det vigtigt, at der i udmøntningen af forskningsmidlerne er et stærkt fokus på, at forskningen anvendes i uddannelsen af kommende dimittender – men også gerne ph.d.er og kommende forskningsledere – så arbejdsstyrken udrustes med de kompetencer, der efterspørges på arbejdsmarkedet. Den formentlig allervigtigste kanal til samfundsmæssig værdiskabelse er således, at ny, forskningsbaseret viden omsættes i undervisning og kompetenceopbygning.

Tætte offentlig-private samspil i strategiske forskningsbevillinger skal bidrage til at sikre, at forskningen og dermed også den forskningsbaserede undervisning af kommende dimittender har relevans for samfundet. En hovedvej til nyttiggørelse af forskningen er via omsætning til kapacitetsopbygning og forskningsbaseret undervisning på universiteterne, men der skal også være fokus på at forskningen nyttiggøres i undervisningen uden for universiteterne, eksempelvis på professionshøjskolerne.

### **Omsætning af forskning til videnspredning og innovation i erhvervsliv og offentlig sektor**

Det er afgørende, at forskningen – i tætte offentlige-private partnerskaber – omsættes til innovation og en stærkere videnbaseret erhvervsliv såvel som i den offentlige sektor.

Den samfundsøkonomiske nytte af investeringer i forskning er direkte afhængig af effektiviteten, hvormed viden omsættes og nyttiggøres i samfundet. Effektiv omsætning af viden til innovation og vækst i erhvervslivet starter på videninstitutionerne, men er også en central opgave for Innovationsfonden, GTS-institutter, innovationsmiljøer og innovationsnetværk, samt via de offentlige udviklings- og demonstrationsprogrammer.

Tilsvarende bør strategisk forskning bidrage til at styrke innovation og videnbaseret i den offentlige sektor. Der er store uudnyttede potentialer på en række områder, hvor de offentlige indsatser kun i meget begrænset og/eller utilstrækkeligt omfang er videnbaserede. Særligt i forhold til kernevelfærdsområder, som skoler, daginstitutioner og de specialiserede socialområder, er markant efterspørgsel efter ny viden, der målrettet sektorernes videnbehov såvel som konkret og bred nyttiggørelse (skalering) af forskningen. På andre områder er videnomsætning i samspil



mellem forskere, erhverv og myndigheder vigtig for at sikre smartere og mere effektiv offentlig regulering, finansiering, ledelse og organisering, som ikke bremser, men fremmer væksten. Det er vigtigt, at spredning, omsætning og konkret nyttiggørelse af viden tænkes ind i forskningsprojekterne. På samme måde som GTS-institutterne bidrager til spredning og nyttiggørelse af universitetsforskningen i erhvervslivet, kan professionshøjskolerne spille en vigtig rolle i forhold til, at den skabte viden nyttiggøres i den offentlige sektor – ikke mindst via uddannelsen af professionsbachelorere.



## Overblik over det offentlige forskningsfinansierende system

Det danske forskningsfinansierende system består af en række aktører, som har forskellige roller, og som samtidig understøtter hinanden. Tilsammen skaber de forskellige råd et sammenhængende, dynamisk og ifølge internationale evalueringer meget velfungerende forskningsøkosystem [DFF-evaluering 2014]. Størstedelen af forskningsmidlerne gives som basismidler til universiteterne, som skaber et bredt baseret forskningsfundament.

Det forskningsfinansierende system består af Danmarks Frie Forskningsråd, Danmarks Grundforskningsfond og Danmarks Innovationsfond. Det samlede system arbejder på forskellige måder på at fremme forskningsexcellence, relevant forskning samt omsætning af viden i erhvervslivet og i den offentlige sektor.

*Danmarks Frie Forskningsfond* støtter forskning baseret på forskernes ideer og arbejder med at udvikle det forskningsfaglige niveau og at sikre mulighederne for nybrud i forskningen i koordination med det øvrige forskningssystem. Fonden spiller en vigtig rolle i udviklingen af den danske forskertalentmasse [DFF-evaluering, 2014], DFF kan også støtte tematiseret forskning, hvortil der er givet særskiltebevilling. *Danmarks Grundforskningsfond* bygger ovenpå DFF's forskertalentudvikling og støtter og videreudvikler den absolutte elite i dansk forskning ved at støtte Centres of Excellence.

Forskning, der finansieres via *Innovationsfonden*, sigter typisk mod at fungere som drivkraft for innovation, vækst og beskæftigelse i erhvervslivet samt mod at bidrage til løsning af væsentlige samfundsudfordringer. Innovationsfonden giver tilskud til en kobling mellem forskning af høj kvalitet og innovation, udvikling af viden og teknologi, der fører til styrkelse af forskning og innovative løsninger til gavn for vækst og beskæftigelse i Danmark. Fonden skal særligt understøtte løsninger på konkrete samfundsudfordringer og øge forsknings- og innovationsindsatsen i virksomheder, herunder små og mellemstore virksomheder. Der lægges vægt på internationalt forskningssamarbejde og det kommercielle potentiale. Innovationsfonden arbejder generelt med at skabe sammenhæng mellem forskning og innovation, så de offentlige investeringer i videst muligt omfang kommer samfundet til gode i form af nye produkter eller løsninger.

Den samlede forskningsfinansiering bidrager til uddannelse af forskere og kandidater, som efterspørges af erhvervslivet og den offentlige sektor, ligesom der skabes grundlag for udvikling af eksisterende uddannelser eller helt nye uddannelser på grundlag af den nyeste viden.



## Principper for vurdering og udvælgelse af temaer i FORSK2025

Styrelsen for Forskning og Uddannelse har i dialog med en række interessenter udarbejdet nedenstående principper til brug for vurdering og udvælgelse af temaerne i FORSK2025. Principperne har været anvendt som grundlag for at udvælge og forme de temaer, som indeholdes i FORSK2025-kataloget. Den konkrete vurdering og udvælgelse af interessenternes forslag til FORSK2025-temaer er foretaget ud fra en helhedsvurdering baseret på disse principper, samt de markante mønstre, som har været i interessenternes indspil, som alle kan findes på [www.ufm.dk/forsk2025](http://www.ufm.dk/forsk2025)

Principperne for vurdering og udvælgelse af FORSK2025-temaer er følgende:

### A. Relevans

#### *Temaet skal have væsentlig relevans for Danmark*

Der kan være tale om en væsentlig national eller global mulighed og/eller samfundsudfordring, som kan være drivkraft for værdiskabelse i dansk erhvervsliv og/eller i den offentlige sektor.

Der skal argumenteres for, hvorfor en strategisk forskningsindsats på området vil være særligt perspektivrig i en dansk sammenhæng.

#### *Tidshorizonten skal række ud over det dagsaktuelle*

Tidshorizonten for de identificerede forskningstemaer skal række ud over det dagsaktuelle og adressere fremtidige udfordringer og muligheder for Danmark i en global kontekst.

Forskningsindsatserne kan sigte mod at skabe konkrete løsninger inden for en kortere årrække, men skal samtidig have et langsigtet perspektiv for øje. Forskningen skal således give væsentlige bidrag til uddannelse af forskere og dimittender, som vil blive efterspurgt af erhvervslivet og den offentlige sektor i årene fremover.

#### *Forskningsbaseret viden skal være nødvendig*

Relevanskravet indebærer endvidere, at forskningsbaseret viden skal være en afgørende forudsætning for at finde en løsning og/eller for at udnytte potentialet. Forskningsinvesteringer skal som udgangspunkt **ikke** rettes mod områder, hvor udfordringer og muligheder kan adresseres ligeså effektivt og måske billigere ved andre former for indsatser, som f.eks. ændret offentlig regulering, eller hvor erhvervslivet kan realisere potentialerne uden offentlige forskningsinvesteringer.

#### *Forskningstemaerne skal være tilstrækkeligt brede*

Endelig indebærer relevanskravet, at temaerne skal være brede nok til, at flere forskningsmiljøer kan byde ind med relevante forskningsprojekter. En bred konkurrence om de strategiske forskningsmidler skal sikre, at de forskningsansøgninger, der opnår bevilling, har en høj kvalitet. Omvendt skal forskningstemaerne samtidig have et klart fokus.





## Sammenhæng og samspil

### *Temaet skal lægge op til samspil*

Temaet skal som hovedregel lægge op til tætte samspil mellem videninstitutioner på den ene side og på den anden side de virksomheder og/eller offentlige institutioner, der skal omsætte og nyttiggøre den skabte viden. Når indsatsen tager afsæt i brugernes forskningsbehov, øges sandsynligheden for, at den nye viden hurtigere finder konkret anvendelse i erhvervslivet og i den offentlige sektor.

### *Der skal være sammenhæng og samspil mellem det nationale og det internationale*

Indsatsen skal som udgangspunkt være tænkt ind i et internationalt perspektiv. Både den offentlige og den private forskning internationaliseres i stigende grad. Ikke mindst EU's rammeprogrammer for forskning betyder, at også forskningsfinansieringen internationaliseres. Der skal følgelig reflekteres over, hvordan en indsats på området skal relatere sig til/hænge sammen med lignende internationale indsatser på området, f.eks. i regi af EU's forskningsprogram Horizon 2020.

## B. Impact

### *Forskningen skal skabe værdi for samfundet*

Det skal være sandsynliggjort, at en forskningsinvestering på området vil have en væsentlig effekt i forhold til vækst, velfærd, beskæftigelse og/eller bedre offentlig opgaveløsning i Danmark på mellemlangt (ca. 5-10 år) til langt sigt (ca. 10-20 år).

### *Omsætningen af forskningen til værdiskabelse skal adresseres*

Der skal reflekteres over, hvordan forskningen kan omsættes til værdiskabelse i bred forstand i erhvervslivet og/eller den offentlige sektor, samt hvordan forskningen kan nyttiggøres i forbindelse med uddannelse af dimittender og forskere, der forventes efterspurgt på det danske arbejdsmarked. Der skal være reflekteret over særlige forhold og rammevilkår, der har betydning for indsatsens tilrettelæggelse og potentialernes realisering. Der skal herunder være reflekteret over, hvilke konkrete og områdespecifikke barrierer, der er for at realisere potentialerne, samt over eventuelle særlige forhold, der skal fokuseres på i en forskningsindsats på området såsom opbygning af forskningskapacitet, skabelse af kritisk masse, behov for sammentænkning med offentlig regulering mv.



## **FORSK2025-processen**

Fra begyndelsen til udarbejdelsen af det endelige FORSK2025 katalog sker arbejdet i en dialog- og co-creation-proces med en række interessenter, der på forskellig vis har relation til forskningsområdet.

Se interessenternes forslag til løfterige forskningstemaer [her](#)

FORSK2025 vil blive udarbejdet i armslængde fra det politiske niveau, da kataloget bl.a. skal kunne fungere som et viden-, inspirations- og prioriteringsgrundlag for både regering og opposition i forbindelse med politiske beslutninger om allokering af strategiske forskningsmidler.

I planlægningen af FORSK2025-processen har Styrelsen for Forskning og Uddannelse (SFU) - efter dialog med en række interessenter - lagt vægt på følgende aspekter:

- At processen tilrettelægges med så stor åbenhed og transparens som muligt
- At interessenterne inddrages så meget og så tidligt som muligt
- At der gives mulighed for, at interessenterne kan indgå i tværgående drøftelser på tværs af f.eks. ministerier, videninstitutioner og branche- og interesseorganisationer.

SFU har valgt at opdele FORSK2025-processen i følgende fem overordnede faser (klik for udfoldet beskrivelse):

### *1) Interessenterne udarbejdede indspil til forskningstemaer (februar - maj 2016)*

Første skridt i FORSK2025-processen var, at interessenterne - i mange tilfælde i tæt dialog med hinanden - har udarbejdet og indsendt forslag til løfterige forskningstemaer. Interessenterne havde tre hovedtrædesten som grundlag for udarbejdelsen af indspil til FORSK2025, nemlig FORSK2020-kataloget, EU's Horizon 2020-program og rapporten '[An OECD Horizon Scan of Megatrends and Technology Trends in the Context of Future Research Policy](#)', som OECD havde udarbejdet som afsæt for FORSK2025-processen på opdrag af SFU. Interessenterne har haft godt og vel 3 måneder til at udarbejde deres indspil, som er fremsendt inden den 1. juni 2016.

### *2) SFU udarbejdede udkast til tentativ struktur (juni - august 2016)*

På baggrund af interessenternes indspil udarbejdede SFU et udkast til en overordnet struktur for FORSK2025-kataloget. En række FORSK2025-bidragydere med særlig viden om fremtidige forskningsbehov og -muligheder blev inviteret til at indgå i fire FORSK2025-sparringsgrupper med hver 25-30 deltagere, der skulle bistå med at kvalificere udkastet til struktur og indhold af de første udkast til FORSK2025-temaer.

### *3) Udarbejdelse af første udkast til FORSK2025-katalog med afsæt i sparringsgruppeproces (august 2016 - januar 2017)*

På grundlag af sparringsgruppernes rådgivning på sparringsgruppemøder og efterfølgende skriftlige bemærkninger, har SFU udarbejdet nærværende første udkast til samlet FORSK2025-katalog. Sparringsgruppedeltagerne har repræsenteret bidragydere, der på den ene side repræsenterede viden om samfundets efterspørgsel efter



forskningsbaseret viden, teknologi og uddannelse, dvs. f.eks. erhvervsliv, interesseorganisationer, ministerier, regioner og kommuner (forskningens efterspørgsels-side / ”forsknings-pull”). Endvidere deltog repræsentanter fra universiteter og andre videninstitutioner, der ligger inde med en meget stor viden om forskningens muligheder og potentialer (forskningens udbudsside / ”forsknings-push”). En oversigt over sparringsgruppedeltagerne, sparringsgruppernes mødemateriale, Power-Point-præsentationer mv. kan findes [her](#).

*4) Dialog og høring over udkast til FORSK2025-katalog (januar - marts 2017)*

Udkastet til FORSK2025-kataloget vil blive sendt i høring januar 2017, hvor alle har mulighed for at bidrage med kommentarer

*5) Konsolidering og beskrivelse af danske forudsætninger (marts - maj 2017)*

I foråret 2017 er det ambitionen overordnet at have fastlagt, hvilke temaer der skal med i det endelige FORSK2025-katalog. Herefter vil der blive arbejdet på at konsolidere og kvalitetssikre FORSK2025-kataloget med henblik på offentliggørelse omkring maj 2017, således at kataloget bl.a. kan indgå i arbejdet med at udmønte de politisk afsatte midler til strategisk forskning fra og med finansloven for 2018.

Kataloget forventes offentliggjort i maj 2017, således at kataloget bl.a. kan indgå i arbejdet med at udmønte de politisk afsatte midler til strategisk forskning fra og med finansloven for 2018.

[www.ufm.dk/forsk2025](http://www.ufm.dk/forsk2025) opdateres løbende med ny information om processen.