

Kritisk teknologi til fremtidens resiliente samfund

ATV-medlemmernes perspektiv



TEKNOLOGISK
INSTITUT



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Kritisk teknologi til fremtidens resiliente samfund

ATV-medlemmernes perspektiv



Baggrundsrapport til:

ATV – Akademiet for de Tekniske Videnskaber

Baggrundsrapport udarbejdet af

Stig Yding Sørensen
Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup

Illustrationer Dall-E2

2023



Indhold

Kritisk teknologi til fremtidens resiliente samfund	4
1. Fremtidens kritiske teknologier	6
2. Hvad siger ATV's medlemmer.....	9
Teknologifelter til det fossilfri samfund.....	11
Teknologifelter til det biobaserede samfund.....	14
Digitale teknologier	16
3. Gennemgang af de 12 teknologifelter.....	19
3.1. Fossilfrie teknologier	19
F1: Vedvarende energi, fx sol, vind eller bølger.....	20
F2: Energilagring og konvertering, fx batterier og power-to-x.....	21
F3: Landbrugsteknologi, fx præcisionslandbrug eller forædling.....	22
F4: Grøn transport, fx skibsfart, elbiler eller autonome systemer	23
3.2. Biobaserede teknologier	24
B1 Biomedicinske teknologier, fx personlig medicin, genteknologi	25
B2 Bioteknologisk produktion – biologiske processer i produktionen.....	27
B3: Nye ingredienser og proteinkilder	28
B4: Bioenergi og bæredygtige brændstoffer, fx biofuels	30
3.3. Digitale teknologier	31
D1 Robotteknologi, droner, vision og automatisering.....	32
D2 Kvanteteknologi.....	33
D3: Data science, fx kunstig intelligens, algoritmer, cloud og big data.....	35
D4: Smart infrastruktur, fx intelligente byer og smart grid.....	37
Bilag Litteratur.....	39
Litteratur om teknologifelter	41



Kritisk teknologi til fremtidens resiliente samfund

Danmark kan især bidrage til et fossilfrit samfund med udvikling af (1) vedvarende energi, (2) power-to-x, (3) landbrugsteknologi og (4) grøn transport. Det er de fire teknologifelter, som ATV's medlemmer i en ny survey har udpeget blandt de teknologifelter, som i de kommende år har størst betydning for omstillingen til et fossilfrit samfund – og de teknologifelter hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at kunne bidrage. ATV's medlemmer har også fremhævet teknologifelter, der peget mod et mere biobaseret samfund og på digitale teknologifelter. Teknologifelter som kan gøre Danmark til et mere resilient samfund.

Det danske samfund står til stadighed overfor nye udfordringer. Nogle udfordringer, som den demografiske udvikling eller klimaforandringer, kan forudses, og andre er helt overraskende så som krige, finanskriser, eller pandemier. Jo mere modstandsdygtigt, eller resilient, et samfund er, desto bedre kan udfordringerne overkommes. ATV har udpeget tre omstillingsområder, hvor Danmark kan blive et mere resilient samfund: Omstillingsområderne er (1) fossilfri, (2) biobaseret og (3) digital.

Omstillingen kan foregå på mange måder, men teknologi er en stor del af svaret. ATV's medlemmer har i en ny survey udpeget dels de teknologifelter, som er de væsentligste for Danmarks omstilling, og dels de teknologifelter, hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger.

Omstillingsområde	Væsentlighed. Teknologifelter som har væsentlig betydning for omstilling til et mere resilient samfund inden for omstillingsområderne.	Styrke. Teknologifelter inden for omstillingsområdet, hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger.
Fossilfrit samfund	<ol style="list-style-type: none">1. Vedvarende energi, fx sol, vind eller bølger2. Energoptimering i byer, fx smart city-teknologier, varmepumper3. Landbrugsteknologi, fx præcisionslandbrug eller forædling4. Grøn transport, fx skibsfart, elbiler og autonome systemer	<ol style="list-style-type: none">1. Vedvarende energi, fx sol, vind eller bølger2. Energilagring og konvertering, fx batterier eller power-to-x3. Landbrugsteknologi, fx præcisionslandbrug eller forædling4. Grøn transport, fx skibsfart, elbiler og autonome systemer
Biobaseret samfund	<ol style="list-style-type: none">1. Biomedicinske teknologier, fx personlig medicin, genteknologi2. Nye ingredienser eller proteinkilder3. Bioenergi og bæredygtige brændstoffer, fx biofuels4. Syntetisk biologi og molekylær teknologi	<ol style="list-style-type: none">1. Biomedicinske teknologier, fx personlig medicin, genteknologi2. Nye ingredienser eller proteinkilder3. Bioteknologisk produktion – biologiske processer i produktionen4. Bioenergi og bæredygtige brændstoffer, fx biofuels



Digitale teknologier	1. Data Science, fx kunstig intelligens, algoritmer, cloud og big data	1. Robotteknologi, droner, vision og automatisering	
	2. Robotteknologi, droner, vision og automatisering	2. Kvanteteknologi	
	3. Cybersikkerhed, fx blockchain eller kryptering	3. Data Science, fx kunstig intelligens, algoritmer, cloud og big data	
	4. Smart infrastruktur, fx intelligente byer og smart grid	4. Smart infrastruktur, fx intelligente byer og smart grid	

I denne baggrundsrapport præsenteres fremgangsmåden for identifikation af de 12 teknologier, hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger; endvidere gennemgås de 12 teknologifelter kort.

Blandt ATV's medlemmer havde 236 respondenter tid og lyst til at bidrage med svar på spørgsmålene. De skal have tak for indsatsen.



1. Fremtidens kritiske teknologier

Den overordnede mission for ATV's guideprojekt er at styrke Danmarks resiliens og konkurrenceevne ved at accelerere omstillingen til stadig mere fossilfri, biobaserede og digitale teknologier. Teknologisk Institut har i den sammenhæng fået til opgave at identificere de 10 vigtigste teknologiske udviklingsfelter på globalt plan inden for hvert af disse tre omstillingsområder.

Herefter er ATV's knap 800 medlemmer, gennem en survey, blevet konsulteret med to hovedspørgsmål inden for hvert omstillingsområde. For omstillingen til fossilfrie teknologier er det fx:

- A) Hvilke teknologifelter mener du er væsentligst for Danmarks omstilling til et fossilfrit / digitalt / biobaseret samfund – herunder for vores samlede resiliens overfor økonomiske, sikkerheds-, klima- og miljømæssige trusler samt andre store samfundsudfordringer?
- B) Inden for hvilke teknologifelter mener du, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden?

Formålet med konsultationen med ATV's medlemmer er at identificere 12 teknologifelter, fire inden for hvert af de tre omstillingsområder, som ATV's medlemmer mener, rummer de største potentialer for Danmarks fremadrettede resiliens, bæredygtighed og konkurrenceevne.

Tilgang og metode til analysen

Analysen bygger på tre trin.

1. Litteraturanalyse. Første skridt var at gennemgå eksisterende litteratur om teknologiske teknologitrends for at identificere globalt, strategiske teknologifelter. Teknologisk Institut har i den sammenhæng screenet en lang række teknologiske analyser og forecasts fra både danske og internationale kilder. Disse kilder er specificeret i litteraturlisten i bilag 1. For hver kilde har Teknologisk Institut registreret, hvilke teknologier kilden betegner som strategisk vigtige i de kommende år inden for følgende omstillingsområder: digital teknologi, biobaseret teknologi og teknologier for et fossilfrit samfund. Teknologisk Instituts indledende arbejde resulterede i identifikation af 105 teknologier.

2. Teknologifelter. Analysens andet skridt var at udvælge og gruppere teknologierne i 30 teknologifelter – 10 inden for hvert omstillingsområde. ATV's analysegruppe skitserede følgende kriterier for udvælgelsen. Teknologifelterne skal leve op til et eller flere af disse kriterier:

- 1. Relevans for Science & Engineering
- 2. Potentiale for væsentligt bidrag til resiliens
- 3. Bygge videre på en styrkeposition i Danmark – eller kunne udvikle sig til et område, hvor Danmark gør sig gældende i fremtiden
- 4. Relevans på både kort og lang sigt.



Af de 105 identificerede teknologier blev enkelte sorteret fra, fordi de var for generelle, ligesom enkelte ved andet gennemsyn blev vurderet irrelevante på grund af deres perifere relation til omstillingsområderne.

Teknologisk Institut grupperede teknologierne i 30 teknologifelter – 10 inden for digital teknologi, 10 inden for fossilfri teknologi og 10 inden for biobaseret teknologi. Teknologifelterne har hver fået en titel og er suppleret med enkelte stikord.

Et eksempel er teknologifeltet "Data Science, fx kunstig intelligens, cloud og big data". Teknologifeltet handler om dataanalyse, machine learning og AI's bredere anvendelser. Teknologierne spænder fra dataindsamling til avancerede beslutningsprocesser og analysemetoder. Teknologifeltet samler beslægtede teknologier, som blev identificeret i litteraturanalysen: kunstig intelligens, big data analytics, cloud computing, edge computing og grid computing. Ordet teknologifelt blev valgt, fordi teknologifelt rummer teknologier under en lidt bredere overskrift. Intentionen har været at sikre, at teknologifelterne, udover de fire kriterier, er logiske, umiddelbart forståelige og tilpas konkrete. Der er ikke nødvendigvis krystalklare skel mellem de udpegede teknologifelter, fordi teknologier konvergerer og anvendes på kryds og tværs af det digitale teknologier og teknologier til det fossilfri eller biobaserede samfund. Data Science er fx en teknologi, som muliggør andre teknologifelter, fx robotter eller bredere i samfundsplanlægningen til smart infrastruktur eller i forbindelse med kvanteteknologi – og som samtidig er udpeget som egne teknologifelter. Flere fossilfrie teknologier vil ikke fungere uden det digitale, og nogle af dem er biobaserede.

Teknologisk Institut er ansvarlig for den endelige gruppering af teknologier i de 30 teknologifelter, men fik undervejs input fra ATV's arbejdsgruppeformænd. Fokus har været at identificere teknologier eller teknologifelter, som har eller kan få væsentlig indflydelse på Danmarks resiliens overfor store udfordringer i de kommende 5-10 år, men det er også værd at notere, at teknologierne først skaber værdi i udvekslingen mellem mennesker. Fx kan forskningen bidrage med discipliner som verifikation, Human Computer Interaction og etik ift. digitale teknologier, virksomhederne kan bidrage med fx risikovillighed og innovationskraft, staten med de rette rammebetingelser og markedet med relevant efterspørgsel.. Der er mange facetter, der skal gå op, før en ny teknologi gør en forskel og skaber værdi for et samfund. Teknologi er et vigtigt omdrejningspunkt, men der skal mere end teknologiudvikling til at skabe værdi. Hvad der skal til, før et teknologifelt udfylder sit potentiale, er forskelligt fra teknologifelt til teknologifelt, og ligger uden for rammerne af denne analyse.

Der findes ikke et endeligt facit på den korrekte gruppering af teknologier i teknologifelter, og det er givetvis en gruppering, som kan vække diskussion blandt ATV's medlemmer. Derfor var der i den efterfølgende survey med ATV's medlemmer mulighed for at tilføje andre teknologifelter, hvis de nævnte ikke var dækkende ift. at inkludere de mest relevante teknologifelter inden for digitalisering eller et fossilfrit og biobaseret samfund i fremtiden. De teknologifelter, som blev tilføjet i kommentarfeltet, er kun få. Én synes fx, at kvanteteknologi mangler som teknologi til det fossilfri samfund, men kvanteteknologi er medtaget under digitalisering. Tilsvarende efterspørger en anden biobaserede løsninger under løsninger til det fossilfri samfund, men her er løsningerne medtaget under biobaserede løsninger. Nogle teknologier,



fx CRISPR, er ikke direkte nævnt i teknologifeltets overskrift, men hører til fx biomedicinske løsninger eller andre biobaserede teknologier.

3. Konsultation med ATV's medlemmer. Analysens tredje skridt var at konsultere ATV's medlemmer gennem en kortfattet e-survey, som blev gennemført over 2½ uge i september-oktober 2023. Alle blev inviteret til at give deres bud på, hvilke teknologifelter der er de væsentligste for Danmark i de kommende 5-10 år. For hvert af de tre indsatsområder fik ATV's medlemmer mulighed for at pege på op til fem teknologier som mere væsentlige end de andre – samt at tilføje yderligere teknologier.

Rapporten her præsenterer resultater af konsultationen samt en kort beskrivelse af de 12 teknologifelter, som de fleste ATV-medlemmer fandt væsentlige.



2. Hvad siger ATV's medlemmer

Spørgeskemaet blev sendt som e-survey til i alt 779 medlemmer af ATV, hvoraf 256 reagerede, hvilket giver en svarprocent på 33%; en relativt høj besvarelsesprocent for et e-survey. Ikke alle respondenter, der reagerede på e-surveyen, leverede et helt eller et rettidigt svar, så i den følgende analyse indgår 236 besvarelser.

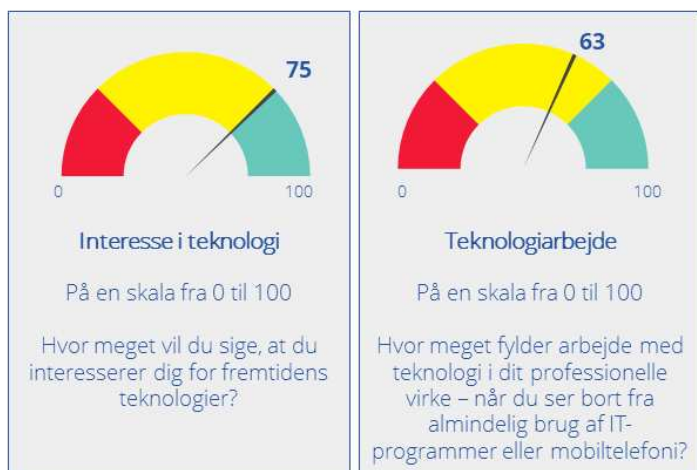
Nøglespørgsmålet i undersøgelsen var for henholdsvis fossile, biobaserede og digitale teknologier: Inden for hvilke teknologifelter mener du, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden?

I alt blev ATV-medlemmerne præsenteret for 30 teknologifelter, fordelt på de tre omstillingsområder, og alle fik mulighed for, på hvert område, at udpege op til fem teknologifelter.

Der blev i alt afgivet 2.226 "stemmer": I gennemsnit leverede ATV-medlemmerne 9,4 ud af de maksimalt mulige 15 stemmer; 6 procent leverede de maksimale fem stemmer inden for hvert teknologifelt, og et enkelt ATV-medlem udpegede blot et enkelt område inden for et teknologifelt.

Stor interesse for fremtidens teknologi

Fremtidens teknologi interesserer i høj grad de medlemmer, der har svaret, og teknologi fylder meget i deres professionelle virke.



Kilde: e-survey til ATV's medlemmer september / oktober 2023.

På en skala fra 0 til 100, hvor 0 er ingen interesse og 100 meget høj interesse, svarede medlemmerne i gennemsnit "63" på spørgsmålet: "Hvor meget fylder arbejde med teknologi i dit professionelle virke - når du ser bort fra fx almindelig brug af IT-kontorprogrammer eller mobiltelefon?" På spørgsmålet: "Hvor meget vil du sige, at du interesserer dig for fremtidens teknologier?" var gennemsnittet på "75".

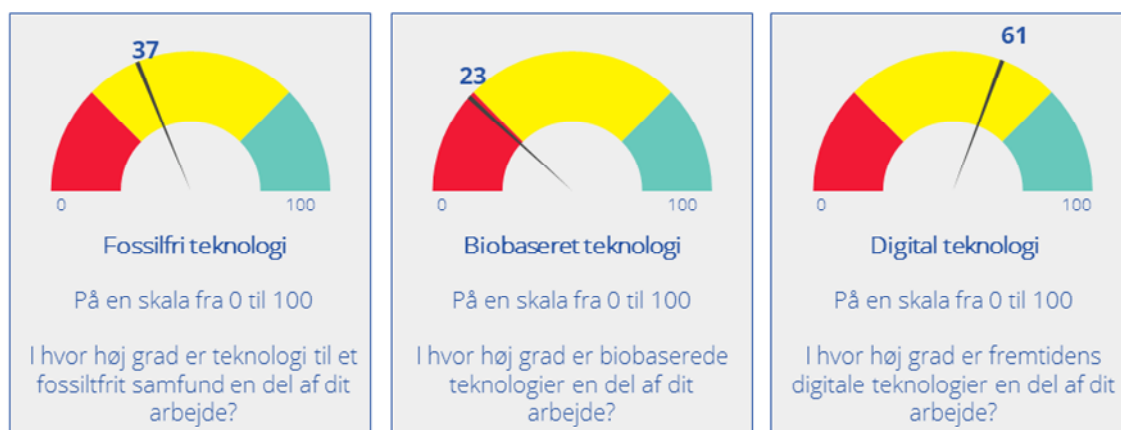
Interessen og teknologiindholdet i arbejdet er sandsynligvis et særligt kendetegn for ATV's medlemmer, og punkter hvor medlemmerne adskiller sig fra den øvrige befolkning i Danmark. Men netop den store interesse for og erfaring med teknologi gør det relevant at høre, hvad netop ATV's medlemmer ser som væsentlige teknologier, og som områder hvor dansk teknologi kan markere sig internationalt.



ATV's medlemmer svarede på, i hvor høj grad teknologier på hvert af de tre omstillingsområder er en del af deres daglige arbejdsfelt. På en skala fra 0 til 100, hvor 0 er "ingenting" og 100 "det fylder alt", er svaret i gennemsnit 37, når det gælder fossile teknologier, 23, når det gælder biobaserede teknologier, og 61, når det gælder digitale teknologier. Kun to respondenter svarede 0 på alle tre spørgsmål.

Den relativt større fortrolighed med de digitale teknologifelter, sammenlignet med den mindre fortrolighed med biobaserede teknologier, ses også i udpegningen af teknologifelter, hvor der er en større tøven i udvælgelsen, udtrykt som en større andel af "ved ikke svar", og færre valg blandt de biobaserede teknologier end ved de digitale teknologier.

Table 1 Hvilke omstillingsområder arbejder respondenterne med i det daglige?



Kilde: e-survey til ATV's medlemmer september / oktober 2023. 188 svar. Kun besvarelser fra beskæftigede.

I det følgende gennemgås resultaterne for de tre temaer.



Teknologifelter til det fossilfrie samfund

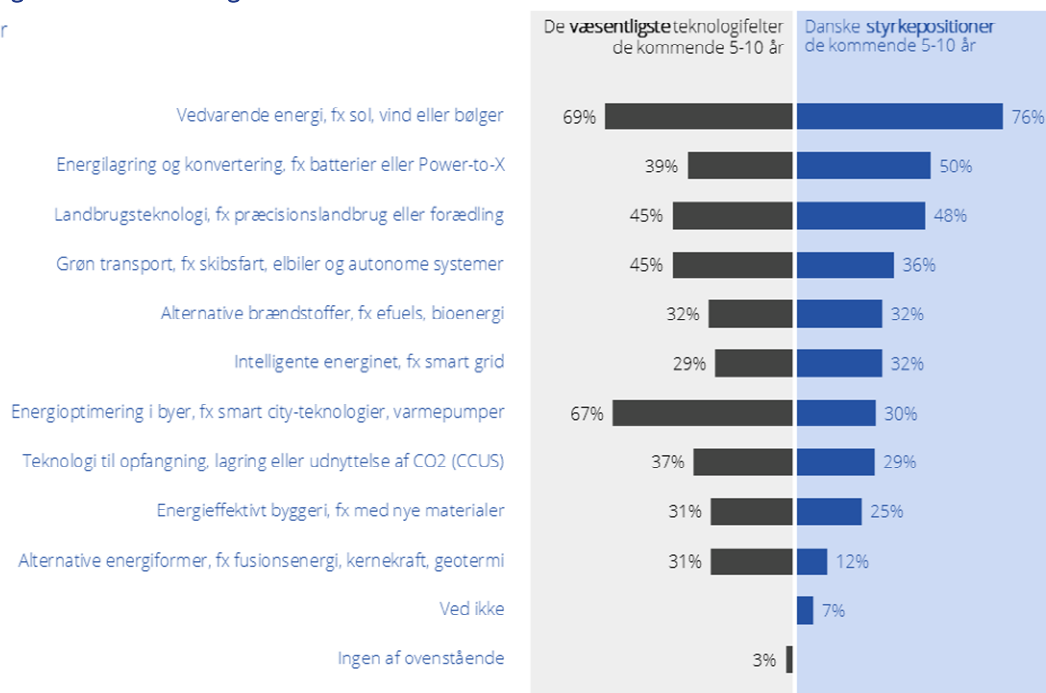
Teknologifelter, der bidrager til et fossilfrit samfund, er fx alternative energikilder, systemer der understøtter eller udnytter de alternative energikilder, teknologier som udnytter energien mere effektivt, så energibehovet reduceres, samt teknologier som afbøder effekten af de fossile brændstoffers udledning af klimagasser.

Medlemmerne blev præsenteret for en liste med de 10 teknologifelter i tilfældig rækkefølge; både ift. spørgsmålet om at vælge teknologifelter med størst væsentlighed og teknologifelter, hvor Danmark har særlige forudsætninger for at gøre sig gældende. Teknologifelterne og andelen af stemmerne er listet i Tabel 2 med de samme overskrifter på teknologifelterne, som ATV-medlemmerne kunne læse i surveyen.

For teknologier til et fossilfrit samfund, hvor Danmark har særlige forudsætninger, blev der i gennemsnit peget på 3,7 af de 10 områder og afgivet 871 stemmer ud af 1.180 mulige¹. Ved valget af væsentlige teknologier afgav medlemmerne i gennemsnit 4,3 stemmer og i alt 1.005 stemmer.

Tabel 2 10 teknologifelter med teknologi til et fossilfrit samfund

Fossilfrie teknologier



Kilde: Interview med 236 ATV-medlemmer.

2 spørgsmål: A: Hvilke fossilfrie teknologifelter mener du er de væsentligste for Danmark i de kommende 5-10 år – herunder for vores samlede resiliens over for økonomiske, sikkerheds-, klima- og miljømæssige trusler samt andre store samfundsudfordringer? ” og B: ”Inden for hvilke fossilfrie teknologifelter mener du, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden i de kommende 5-10 år?” Sæt op til 5 krydser

Blandt de listede 10 teknologifelter valgte ATV’s medlemmer vedvarende energi som det klart vigtigste teknologifelt. Herefter fulgte energilagring og konvertering, landbrugsteknologi og til sidst grøn transport

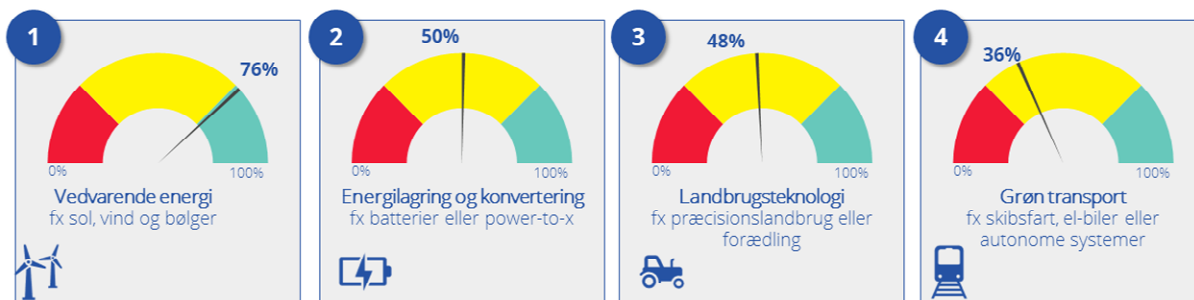
¹ 236 respondenter x 5 svar = 1.180 mulige stemmer.



som de teknologifelter, hvor Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden.

Table 3 Top-4 teknologifelter til et fossilfrit samfund hvor Danmark har særlige forudsætninger for bidrag

Inden for hvilke fossilfrie teknologifelter mener du, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden i de kommende 5-10 år?



Kilde: e-survey til ATV's medlemmer september / oktober 2023. 236 svar. Procenten viser, hvor stor en procent af medlemmerne, som "stemte" på teknologifeltet.
Bemærk: Der var mulighed for at vælge op til 5 teknologier. 103 valgte 5 teknologier og resten valgte mindre end 5. Der blev i alt afgivet 871 stemmer. I gennemsnit valgte ATV medlemmerne 3,7 af de 10 teknologier.

Kilde: e-survey til ATV's medlemmer september / oktober 2023. 235 svar.

ATV's medlemmer blev desuden bedt om at overveje, hvilke fossilfrie teknologier der bliver væsentligst for at kunne møde samfundsudfordringer i Danmark i de kommende år.

Blandt de teknologier, som har størst betydning for resiliens i Danmark, peger et stort flertal på vedvarende teknologi. Et næsten lige så stort flertal med to ud af tre ATV-medlemmer peger på energioptimering i byer, fx smart city teknologier og varmepumper som et væsentligt område. De øvrige teknologifelter samler hver mellem 30 og 40 procent af ATV's medlemmer, dog med grøn transport og landbrugsteknologi som de to teknologifelter der samler mest opmærksomhed.

Det er også værd at nævne teknologifeltet "andre alternative energiformer", som fusionsenergi, kernekraft, geotermi, som af næsten hver tredje forventes at få en væsentlig betydning for resiliensen i Danmark i de kommende år. Det er samtidig det af de 10 teknologifelter, hvor færrest ATV-medlemmer mener, at Danmark har en særlig styrkeposition, hvorfra man kan gøre sig gældende i udlandet. Tilsvarende for CCUS, indfangning, udnyttelse og lagring af CO₂, som mere end hver tredje ATV-medlem forventer får en væsentlig betydning for Danmark i de kommende år. Men for CCUS var det færre, som anså CCUS som et teknologifelt, hvor Danmark kan have en særlig styrkeposition i de kommende år.

Under andre teknologifelter, der kan få væsentlig betydning for at skabe et fossilfrit samfund, noterede medlemmerne en række biobaserede teknologier (fx cellefabrikker, enzymer, biogas,



genteknologi, akvakultur, fermentering mv.) og digitale teknologier (fx kvanteteknologi, sensorer, computere). Eksemplerne illustrerer meget godt, at teknologifelterne er sammenvævet og biobaserede og digitale teknologier, som også bidrager til et fossilfrit samfund. Andre tilføjelser under "andet" læses som yderligere eksempler, der omfattes af listen som fx "små A-kraftværker", eller "thorium molten salt reaktorer", "varmepumper i industrien". Desuden blev følgende nævnt: "energibesparelser", "cirkulær økonomi", "bedre samspil mellem forbrug og produktion", "grøn kollektiv transport", "systemløsninger inden for mobilitet" samt "sektorkobling".

På spørgsmålet om særlige danske forudsætninger tilføjede medlemmerne også teknologier, som primært knytter sig til de biobaserede teknologier og digitalisering.

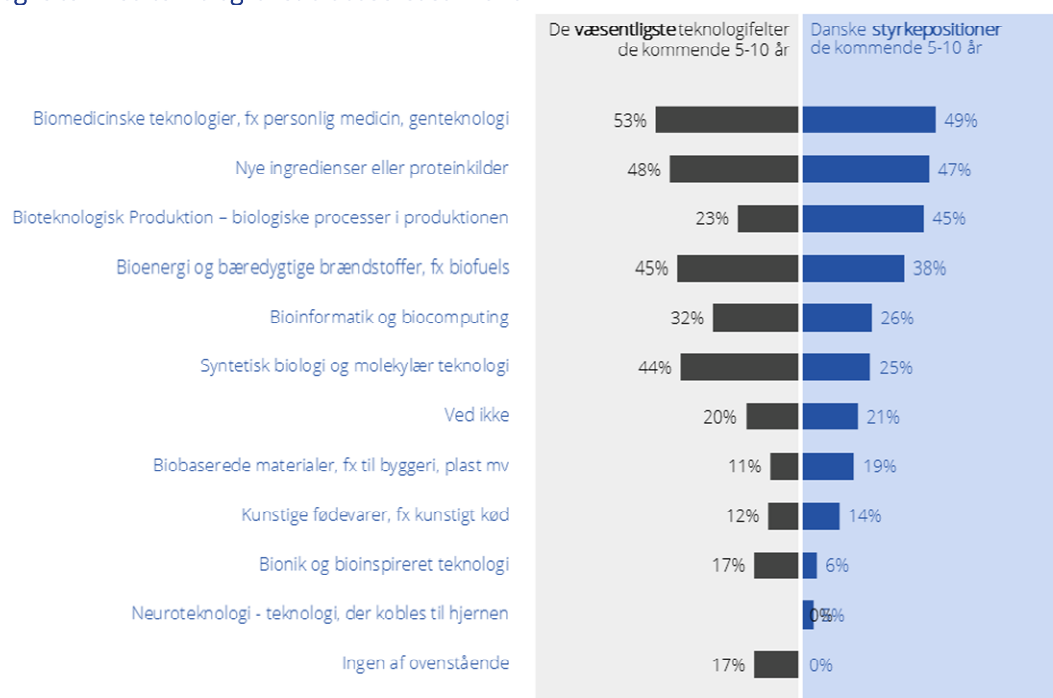


Teknologifelter til det biobaserede samfund

De fleste teknologifelter med teknologi til et biobaseret samfund tager udgangspunkt i biologi og omtales i Danmark ofte under ét som biosolutions. I kildematerialet blev der udover biobaserede teknologifelter peget på felter, hvor ikke-biobaseret teknologi sammenkobles med biologi, som fx neuroteknologi, bionik eller biocomputing. De 10 teknologifelter er vist i Tabel 4 med samme tekst, som blev præsenteret i surveyen. Felterne blev dog vist i tilfældig rækkefølge.

Teknologier til et biobaseret samfund har ATV's medlemmer mindre berøring med i deres daglige arbejde, og hver femte ATV-medlem undlod at pege på ét teknologifelt fremfor andre. På spørgsmålet om teknologier til et biobaseret samfund hvor Danmark har særlige forudsætninger, blev der i gennemsnit peget på 2,7 af de 10 områder og afgivet 647 stemmer. Før nøglespørgsmålet om danske forudsætninger blev stillet, fik medlemmerne et bredere spørgsmål om de samme teknologifelters væsentlighed. På det biobaserede omstillingsområde afgav medlemmerne 3,2 stemmer og i alt 748 stemmer.

Tabel 4 10 teknologifelter med teknologi til et biobaseret samfund



Kilde: Interview med 236 ATV-medlemmer.

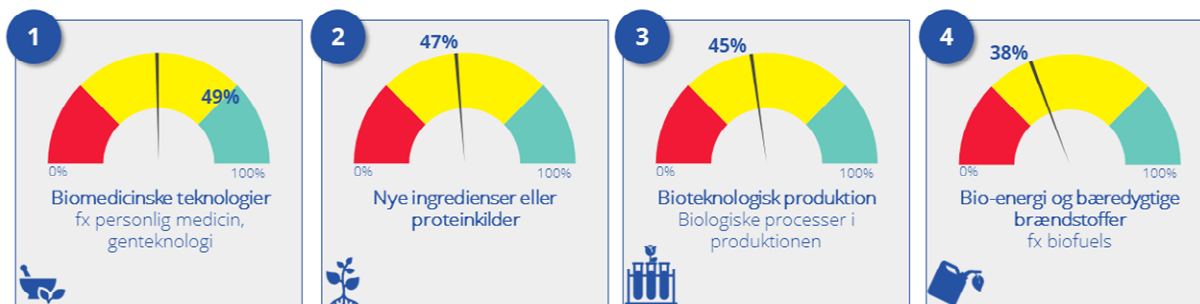
2 spørgsmål: A: Hvilke biobaserede teknologifelter mener du er de væsentligste for Danmark i de kommende 5-10 år – herunder for vores samlede resiliens over for økonomiske, sikkerheds-, klima- og miljømæssige trusler samt andre store samfundsudfordringer? " og B: "Inden for hvilke biobaserede teknologifelter mener du, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden i de kommende 5-10 år?" Sæt op til 5 krydser

For teknologifelterne til et biobaseret samfund samlede ATV's medlemmer sig om at pege på biomedicin, nye ingredienser og biologisk produktion, som har fået omtrent lige mange stemmer, samt bioenergi som den sidste af top-4.



Tabel 5 Top-4 teknologifelter til et biobaseret samfund hvor Danmark har særlige forudsætninger for bidrag

Nedenstående løsninger er alle biobaserede teknologier på forskellige områder. Inden for hvilke teknologifelter mener du, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden i de kommende 5-10 år?



Kilde: e-survey til ATV's medlemmer september / oktober 2023. 236 svar. Procenten viser, hvor stor en procent af medlemmerne, som "stemte" på teknologifeltet.

Bemærk: Der var mulighed for at vælge op til 5 teknologier. 56 valgte 5 teknologier og resten valgte mindre end 5. Der blev i alt afgivet 647 stemmer. I gennemsnit valgte ATV medlemmerne 2,7 af de 10 teknologier.

Kilde: e-survey til ATV's medlemmer september / oktober 2023. 235 svar.

De fire teknologifelter i toppen vurderes af medlemmerne til både at være af væsentlig betydning for det danske samfunds resiliens samt felter, hvor Danmark kan klare sig særlig godt.

En undtagelse er biologiske processer i produktionen, hvor teknologifeltet er lidt mindre væsentligt for resiliens – her har udviklingen inden for syntetisk biologi og molekylær teknologi en større betydning. Syntetisk biologi er et felt, som skaber eller forandrer eksisterende livsformer – fx ved at ændre bakterier så de kan skabe brændstof. Danmarks universiteter er med i arbejdet, men medlemmerne vurderer, at de førende aktører med særlige forudsætninger ikke er danske.

Også for teknologier til det biobaserede samfund kunne medlemmerne tilføje "andre teknologier". De teknologier, der er noteret, er primært uddybninger med yderligere eksempler, som vurderes at være indeholdt i de 10 teknologifelter. Det gælder fx protein-design, drug discovery, mikrobiobaseret teknologi, personlig medicin og celleterapi. Desuden nævntes teknologifelter, som i lige så høj grad hører til det digitale område som det fossilfri, fx kvanteteknologi, eller græsbaseerede proteiner fra landbruget.



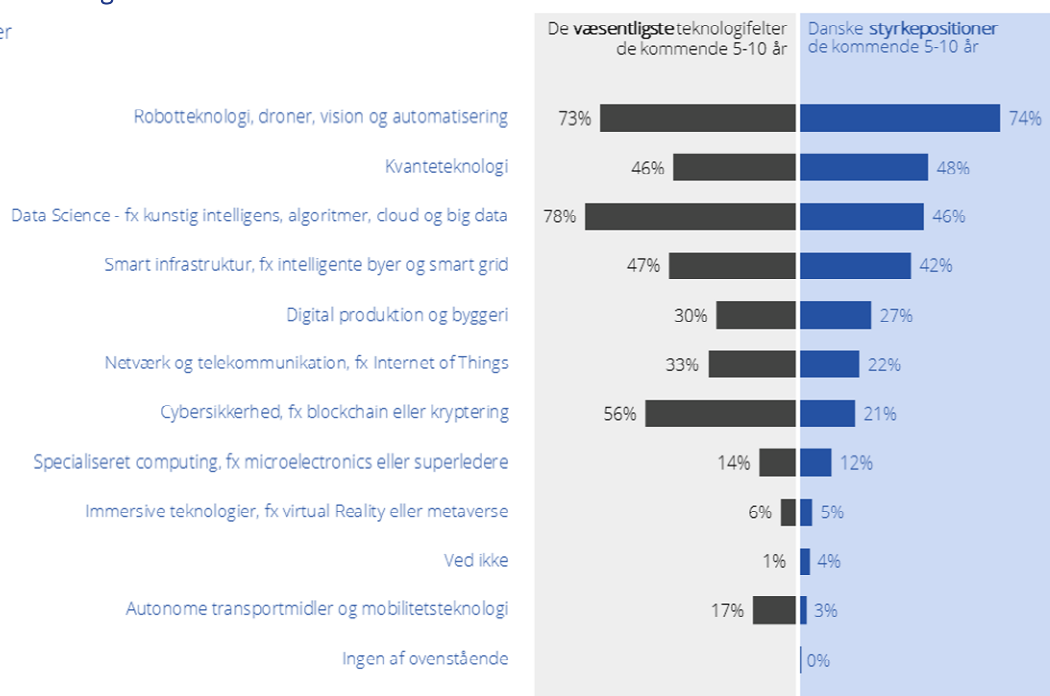
Digitale teknologier

Digitale teknologifelter har i høj grad betydning som nøgleteknologi til udvikling af teknologi på en lang række områder. Det gælder også udvikling af teknologier til et fossilfrit og et biobaseret samfund.

Et stort flertal af ATV's medlemmer arbejder i det daglige med digitale teknologier; langt de fleste medlemmer har peget på mindst et område. På spørgsmålet om digitale teknologifelter, hvor Danmark har særlige forudsætninger, blev der i gennemsnit peget på 4 af de 10 områder og afgivet 947 stemmer. Før nøglespørgsmålet om danske forudsætninger blev stillet, fik medlemmerne et bredere spørgsmål om de samme teknologifelters væsentlighed. Her afgav medlemmerne 3 stemmer og i alt 708 stemmer.

Tabel 6 10 digitale teknologifelter

Digitale teknologier



Kilde: Interview med 236 ATV-medlemmer.

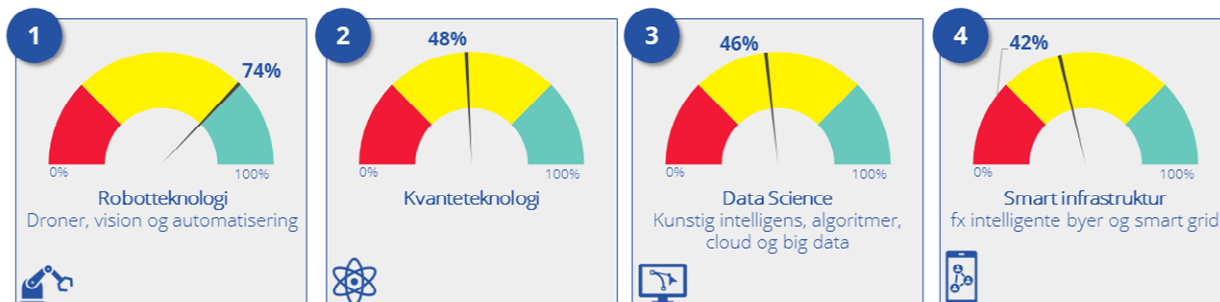
2. spørgsmål: A: Hvilke digitale teknologifelter mener du er de væsentligste for Danmark i de kommende 5-10 år – herunder for vores samlede resiliens over for økonomiske, sikkerheds-, klima- og miljømæssige trusler samt andre store samfundsudfordringer? og B: "Inden for hvilke digitale teknologifelter mener du, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden i de kommende 5-10 år?" Sæt op til 5 krydser

Medlemmerne pegede på Data Science, robotteknologi, smart infrastruktur og kvanteteknologi som de fire teknologifelter, hvor Danmark har størst mulighed for at gøre sig gældende i de kommende 5-10 år.



Tabel 7 Top-4 digitale teknologifelter hvor Danmark har særlige forudsætninger for bidrag

Nedenstående løsninger er alle digitale teknologier på forskellige områder. Inden for hvilke digitale teknologifelter mener du, at Danmark har de stærkeste forudsætninger for at udvikle og eksportere løsninger til resten af verden i de kommende 5-10 år?



Kilde: e-survey til ATV's medlemmer september / oktober 2023. 236 svar. Procenten viser, hvor stor en procent af medlemmerne, som "sternte" på teknologifeltet.

Bemærk: Der var mulighed for at vælge op til 5 teknologier. 36 valgte 5 teknologier og resten valgte mindre end 5. Der blev i alt afgivet 708 stemmer. I gennemsnit valgte ATV medlemmerne 3 af de 10 teknologier.

Kilde: e-survey til ATV's medlemmer september / oktober 2023. 235 svar.

Teknologifeltet "cybersikkerhed" er dog en markant undtagelse fra mønstret: 56 procent af ATV's medlemmer peger på, at cybersikkerhed er et væsentligt teknologifelt med betydning for Danmarks resiliens og evne til at håndtere samfundsudfordringer i de kommende år. En stigende digitalisering og netværksforbinding i samfundet, herunder også vital infrastruktur, samt et ændret sikkerhedsbillede internationalt sætter cybersikkerhed på dagsordenen. Hver femte ATV-medlem peger på, at Danmark kan gøre sig gældende inden for cybersikkerhed. Det er værd at bemærke at udviklingen inden for cybersikkerhed er forbundet med forventninger til krypteringsteknologi inden for udviklingen af kvanteteknologi – og her har knap halvdelen af ATV's medlemmer peget på, at Danmark har stærke forudsætninger for at kunne bidrage til resten af verden i de kommende 5-10 år.

Et andet eksempel er teknologifeltet "autonom transport", fx selvkørende biler, som iflg. 17 procent af medlemmerne kan få væsentlig betydning for resiliensen i Danmark, men hvor kun ganske få peger på, at Danmark har særlige forudsætninger. Autonom transport kan bidrage til resiliens ved mere sikker transport, bedre udnyttelse af infrastruktur, mere fleksibilitet og optimeret ressourceforbrug, men det er altså et område, hvor Danmark i højere grad skal forstå at udnytte de muligheder for autonom transport, som udvikles uden for Danmark.

På spørgsmålet om andre teknologifelter end de nævnte, var der mange kommentarer. En del kommentarer gik på anvendelsesområdet som fx læringsteknologi, digital forbedring af ældreplejen, digital sundhed, digitalisering i offentlige sektor, biobaseret teknologi eller design-området. Andre kommentarer handlede om digitalisering inden for audioteknologi, power-to-x, kvantificering af CO₂,



fermentering, borgerinddragelse, 5G og 6G teknologier. Desuden blev særlige styrkefelter nævnt som telemedicin, sammenkædning af data fra det offentlige med det private, simuleringsmodeller, safe AI, laserteknologi, batteriteknologi, forecasting, fintech, biosolutions, automation, atomenergi, elektrificering af færger og køretøjer. Health Tech, digital twin eller maskinlæring. I alt kommenterede 32 medlemmer på teknologifelters væsentlighed og 54 på danske styrker. Kommentarerne tages som et udtryk for stort engagement med teknologifelter, som en stor del af ATV's medlemmer har berøring med i deres professionelle virke. Bredden i de nævnte teknologier illustrerer desuden de digitale teknologiers funktion som nøgleteknologi, der sammenkædes med mange andre teknologier og på mange anvendelsesområder. Det vurderes, at langt de fleste teknologier, der nævnes i kommentarfelterne, falder under en eller flere af de i alt 30 præsenterede teknologifelter inden for de tre omstillingsområder.



3. Gennemgang af de 12 teknologifelter

3.1. Fossilfrie teknologier



F1: Vedvarende energi, fx sol, vind eller bølger

Vedvarende energi er et teknologifelt, som omfatter fx sol, vind og bølger. Vedvarende energi erstatter fossile brændstoffer og reducerer udledningen af klimagasser og bremser jordens opvarmning og klimaforandringer.

Hvad?

Teknologifeltet vedvarende energi består af teknologier, metoder og apparater, der anvendes til at udvinde og udnytte energi fra vedvarende kilder, såsom sol, vind, vand og biomasse. Det er uudtømmelige kilder, der har lav eller ingen udledning af drivhusgasser. Fordelene ved vedvarende energi forstærkes af systemintegration med energilagring, geotermi og PtX, der konverterer elektricitet til brændstoffer og håndterer variabiliteten i produktionen fra især sol og vind. Systemintegrationen er afgørende for vedvarende energi som energikilde. Året 2022 var et rekordår for vedvarende energi i Danmark, og 45,6 procent af det danske energiforbrug (uden international transport) kom fra vedvarende energi – heraf halvdelen fra fast biomasse som træpiller, skovflis, bionedbrydeligt affald, halm, brænde og træaffald.

Hvorfor?

Ved at erstatte fossile brændstoffer med vedvarende energikilder kan samfundet drastisk reducere udledningen af klimagasser og dermed bremse jordens opvarmning og klimaforandringer. For at sikre at vedvarende energi kan møde samfundets behov, er investering i infrastruktur, teknologisk udvikling og justering af energisystemer en nødvendighed. Udover en mindre klimabelastning er der andre fordele, der knytter sig til vedvarende energi. Det gælder fx forsyningssikkerhed, for de fleste lande er afhængige af importerede fossile brændstoffer og sårbare overfor prisudsving og forsyningsafbrydelser. Vedvarende energi er primært nationale energikilder, så afhængigheden af andre lande, som fx Rusland eller Saudi Arabien, reduceres. Vedvarende energi spiller også en rolle i at mindske luftforurening, hvilket forbedrer folkesundheden og reducerer sundhedsudgifterne. Endelig skaber vedvarende energi lokale arbejdspladser og styrker den lokale økonomi, hvilket er en yderligere samfundsfordel.

Danmark

Danmark er stærkt positioneret, når det gælder vedvarende energi; med veletablerede globale spillere i spidsen for et stort økosystem af underleverandører i Danmark, rådgivere og vidensinstitutioner. En væsentlig forklaring på positionen er, at vedvarende energi er understøttet og udviklet over de seneste 50 år fra den første Tvind vindmølle frem til i dag - med globale ledere som Vestas, Siemens og Ørsted i vindindustrien.



F2: Energilagring og konvertering, fx batterier og power-to-x

Energilagring og konvertering er et kritisk teknologifelt i et bæredygtigt energisystem, da det muliggør optimering af energiforsyningen og sikrer en stabil og pålidelig energitjeneste.

Hvad?

Batterier og power-to-x-teknologier (PtX) samt termisk lagring er klare eksempler på løsninger inden for dette felt. Samlet set udgør systemintegration mellem vedvarende energi og energilagring og konvertering en grundsten i overgangen til et bæredygtigt og resilient energisystem.

Batteriteknologi muliggør lagring af elektricitet, når produktionen overstiger forbruget, for senere at frigive den, når behovet opstår. Batterier bidrager således til at balancere udbud og efterspørgsel og forbedrer forsyningssikkerheden. Batterier spiller en central rolle i udvikling af grøn transport, hvilket reducerer afhængigheden af fossile brændstoffer og minimerer udledningen af drivhusgasser. Termisk lagring har samme funktion og fungerer ved at opvarme eller nedkøle fx vand, sten, salte, olier eller metaller med den vedvarende energi. Den lagrede kulde eller varme kan så anvendes senere med et begrænset energitab.

PtX er en del af den grønne omstilling, fordi teknologien gør det muligt at fremstille CO₂-neutrale brændstoffer ved at omdanne energien i elektricitet. "X" i PtX illustrerer mangfoldigheden i produkter, som teknologien kan omforme elektriciteten til - fx til brændstof inden for tung vejtransport, søfart og luftfart og desuden til fremstilling af CO₂-neutrale produkter som fx gødning.

Hvorfor?

Vedvarende energikilder som fx vindenergi eller solenergi producerer energi, som vinden blæser og solen skinner. Energilagring med batterier eller en termisk lagring muliggør en mere fleksibel og effektiv anvendelse af energi, forbedrer forsyningssikkerheden og støtter integrationen af vedvarende energikilder. PtX er særlig relevant inden for områder, der ikke umiddelbart kan elektrificeres, fordi energien konverteres og lagres. For eksempel kan overskydende elektricitet fra vedvarende kilder anvendes til at fremstille brint gennem elektrolyse, som derefter kan anvendes som brændstof eller råmateriale i industri og transport.

Danmark

De danske styrker inden for energilagring ligger primært i udviklingen af PtX, hvor de grundliggende teknologier, der gør det muligt at anvende elektricitet til at producere grønne brændstoffer (efuels), er kendte. Mere end 160 aktører i Danmark, herunder store virksomheder og mindre leverandører, er involveret i udviklingen af PtX. Skaleringen af disse teknologier er stadig i et tidligt udviklingsstadium i forhold til at indfri potentialet for den grønne omstilling og opnå kommerciel udnyttelse af PtX. En dansk styrkeposition for energisystemer kan udbygges med et fokus på teknologi og metoder, der integrerer teknologier til energiproduktion over lagring til energiforbrug.



F3: Landbrugsteknologi, fx præcisionslandbrug eller forædling

Landbrugsteknologi er et fundamentalt teknologfelt, som søger at imødekomme et stigende behov for fødevarer, hvor man samtidig minimerer miljøpåvirkning, klimabelastning og fremmer bæredygtighed.

Hvad?

Præcisionslandbrug og planteforædling er fremtrædende blandt innovative landbrugsteknologier i fremtiden, bæredygtige landbrug. Præcisionslandbrug anvender avancerede teknologiske værktøjer og dataanalyse til at optimere markforvaltning på et mere detaljeret niveau. Ved hjælp af sensorer, GPS, droner og automatiserede maskiner er landmænd i stand til at målrette anvendelsen af vand, gødning og pesticider præcist, hvor det er nødvendigt. Dette reducerer spild og miljøpåvirkning, samtidig med at det forbedrer afgrødeudbyttet og rentabiliteten.

Planteforædling er en anden afgørende teknologi. Planteforædling involverer skabelsen af nye, forbedrede plantesorter med øgede udbytter, bedre ernæringsværdi, og større modstandsdygtighed overfor sygdomme, skadedyr og ekstreme vejrforhold. Her er det biobaserede teknologier som genom-redigering, fx CRISPR-Cas9 hvor DNA-sekvenser kan ændres, og andre bioteknologiske metoder, der gør det muligt at introducere nøjagtige genetiske ændringer.

Andre landbrugsteknologier, der reducerer behovet for fossile ressourcer, kan fx være brug af overskudshalm eller restfibre fra biogas til at fremstille biokul, grønne PtX-løsninger ved hjælp af pyrolyse, elektrificering af landbrugsmaskiner, biomasse til opvarmning af kyllingehuse, dyrkningsmetoder, der lagrer mere kulstof i jorden, udtagning af lavbundsjord eller økologisk dyrkning, der reducerer behovet for syntetisk gødning,

Hvorfor?

Landbrugsteknologi er centralt for at kunne brødføde en voksende verdensbefolkning på en bæredygtig måde i kampen mod klimaforandringer, ressourceknaphed og tab af biodiversitet. Landbrugsteknologi kan være svaret på et mere produktivt og bæredygtigt landbrug og dermed fødevarerforsyning, hvor afhængigheden af fossile kilder reduceres. Præcisionslandbrug bidrager til en mere effektiv og bæredygtig fødevarerproduktion og hjælper med at imødekomme de udfordringer, der følger med klimaforandringer, befolkningstilvækst og ressourceknaphed.

Danmark

Danmark har en lang tradition for udvikling af teknologi, forsøgsaktivitet og rådgivning af landmænd. De danske styrker ligger i landbrugets eget center, SEGES, hos virksomheder, hos Agrotech og DMRI på Teknologisk Institut, samt på universiteterne KU Science, DTU Fødevarerinstitutionen og DCA ved Aarhus Universitet. Landbruget i Danmark optager 61 af hele Danmarks areal; 2,6 millioner hektarer opdyrket land.



F4: Grøn transport, fx skibsfart, elbiler eller autonome systemer

Grøn transport er et teknologifelt, der reducerer behovet for fossilbrændstoffer ved at anvende alternativer eller reducere transportbehovet gennem logistik og optimeringer.

Hvad?

Grøn transport repræsenterer en omfattende transformation af transportsektoren med henblik på at reducere CO₂-emissionerne og fremme bæredygtighed. De fossile brændstoffer udskiftes med elektricitet eller forskellige former for e-fuels. Grøn transport har stærk sammenhæng med både digitalisering, energilagring og vedvarende energi.

Elbiler er en central komponent i denne omstilling. Elbiler udleder ingen emissioner ved drift, og når de oplades med strøm fra vedvarende energikilder, repræsenterer de en helt ren transportform. Batteriteknologien, som er hjertet i elbiler, bliver konstant forbedret.

Skibsfarten, der traditionelt er en stor kilde til global CO₂-udledning, oplever også en grøn revolution. Hybrid- og elektriske skibssystemer, brintbaserede løsninger samt optimering af skibsdesign med henblik på at forbedre brændstoffektivitet er nogle af de metoder, der tages i brug for at reducere sektorens klimaaftryk.

Hvorfor?

De samlede CO₂-udledninger fra transportsektoren i Danmark frem mod 2035 kan komme til at udgøre helt op til 35 procent af CO₂-udledningen, ifølge Energistyrelsens klimafremskrivninger. Udledningen fra transport bliver løbende et relativt større problem, fordi det øvrige samfund har teknologi til at reducere udledningen. Grøn transformation af transportsektoren er afgørende for at imødegå klimaforandringer og skabe et mere resilient samfund. Derfor er det også et område, der bliver massivt reguleret på globalt plan. I regi af EU er det fx vedtaget, at der fra 2035 ikke kan indregistreres nye benzin- eller dieslbiler i EU.

Autonome systemer åbner op for nye muligheder inden for grøn transport. Selvkørende køretøjer kan potentielt mindske trafikpropper, optimere transportruter og reducere unødigt energiforbrug. Integrationen af autonome systemer i offentlig transport kan gøre den mere effektiv og attraktiv, hvilket kan føre til færre private biler på vejene.

Danmark

Den stærke maritime sektor i Danmark har skilt sig ud med Mærsk i front, når det gælder grøn transport. Mærsk er et af verdens største containernivirksomheder, og i 2018 udledte Mærsk lige så meget CO₂ som det øvrige Danmark tilsammen. Mærsk har i september 2023 taget sit første methanol-drevne fragtskib til 2.136 containere i brug, og har bestilt yderligere 25, samt oprettet et selskab, C2X, som skal producere Methanol i Suez, Huelva i Spanien og andre steder. Når det gælder elbiler har Danmark muligvis nogle nichebetonede styrkepositioner inden for komponenter, infrastruktur og mobility service. Autonome systemer er en del af aktiviteterne på DTU og SDU, fx autonome skibe.



3.2. Biobaserede teknologier



B1 Biomedicinske teknologier, fx personlig medicin, genteknologi

Biomedicinsk teknologi udnytter eller manipulerer biologiske mekanismer på molekylært eller cellulært niveau. Teknologien øger mulighederne for helbredelse, minimerer risikoen for bivirkninger og reducerer omkostninger.

Hvad?

Biomedicin, også kaldet rød bioteknologi, er et teknologifelt, som handler om at forbedre menneskers sundhed og livskvalitet gennem forståelse af biologiske mekanismer på molekylært og cellulært niveau. Det gælder fx udvikling af kunstige organer, diagnosticering af nye sygdomme og udvikling af hormoner, stamceller eller siRNA. Blandt de mange innovative grene inden for biomedicin er genteknologi og personlig medicin særligt betydningsfulde.

Genteknologi muliggør manipulation og modificering af organismer på genetisk niveau og har medicinske anvendelser, der spænder fra genetisk screening og terapi til cellefabrikker og udvikling af nye lægemidler.

Personlig medicin er også kendt som præcisionsmedicin, hvor patientens individuelle profil bestemmer forebyggelse og behandlingsstrategier for forskellige sygdomme. Ved at bruge genetiske oplysninger og andre unikke biologiske markører kan læger forudsige, hvilke behandlingsformer der med størst sandsynlighed vil være effektive for den enkelte patient. Personlig medicin anvendes fx i forbindelse med kræftformer som brystkræft og leukæmi.

Hvorfor?

Biomedicinske teknologier som genteknologi åbner døren for mere målrettede og effektive behandlingsmetoder, hvilket forbedrer patientpleje og sundhedssystemets bæredygtighed og resiliens.

Teknologierne understøtter en mere individualiseret og effektiv sundhedspleje, hvor behandlinger kan tilpasses den enkelte patients unikke genetiske og biologiske profil. De muliggør tidlig identifikation af sygdomsrisici, personaliseret sygdomsforebyggelse og præcis intervention. Det øger mulighederne for vellykket behandling, minimerer risikoen for bivirkninger og kan potentielt reducere omkostningerne ved sundhedspleje ved at eliminere ineffektive behandlingsformer. Genteknologi har potentiale til at afhjælpe genetiske sygdomme, udvikle skræddersyede terapier og skabe mere præcise og effektive diagnostiske værktøjer. Genteknologien har desuden betydning for vaccineudvikling til bekæmpelse af pandemier, kroniske sygdomme og aldersrelaterede sygdomme.

Danmark

Inden for udviklingen af biomedicin spiller dansk forskning og danske virksomheder en global nøglerolle. Danmark er hjemsted for nogle af verdens førende farmaceutiske virksomheder, forskningsinstitutioner og biotekvirksomheder, der bidrager væsentligt til udviklingen af nye terapier, diagnostiske værktøjer og medicinsk teknologi. Fremtrædende eksempler er Novo Nordisk, der er Europas mest



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

værdifulde virksomhed, Lundbeck, Bavarian Nordic og Genmab, og forskere fra danske universiteter er også ledende inden for biomedicin i forhold til diabetes, kræft, genom-forskning, immunologi samt neurovidenskab – herunder Alzheimers og Parkinsons. Også GTS-institutter som Bioneer og Teknologisk Institut arbejder med biomedicin.



B2 Bioteknologisk produktion – biologiske processer i produktionen

Bioteknologisk produktion er et teknologifelt, hvor levende organismer erstatter traditionel kemi i produktion og fremstilling af mere klima- eller miljøvenlige produkter.

Hvad?

Bioteknologisk produktion, også kendt som hvid bioteknologi, er en gren af bioteknologi, der fokuserer på anvendelsen af levende organismer, særligt mikroorganismer og celler, i industrielle processer for at fremstille produkter eller løse problemer. Dette kan omfatte fremstilling af kemikalier, papir, tekstiler, biogas, brændstoffer, materialer, og mange andre produkter, der traditionelt er fremstillet ved hjælp af kemiske processer.

Hvorfor?

Bioteknologisk produktion har et innovationspotentiale for fremstillingsindustrien og adresserer flere miljømæssige og samfundsmæssige udfordringer.

Hvid bioteknologi spiller en central rolle i overgangen til en biobaseret økonomi, hvor biologiske ressourcer og processer erstatter fossile ressourcer i produktionen af energi, materialer og kemikalier. Ved at anvende biologiske processer kan produkterne også fremstilles mere effektivt, bæredygtigt og ofte med mindre energiforbrug og affaldsproduktion.

Det gælder fx produktionen af biobrændstoffer fra biomasse, hvilket bidrager til at reducere afhængigheden af fossile brændstoffer. Desuden kan bioteknologisk produktion anvendes til fx fremstilling af biologisk nedbrydelige plastmaterialer, bundmaling til skibe eller miljøvenlige rengøringsmidler.

Danmark

Danmark har en stærk position inden for forskning og udvikling af hvid bioteknologi. Flere universiteter og virksomheder er engageret i at skubbe grænserne for, hvad der er muligt inden for dette felt.

Danmarks Tekniske Universitet (DTU) er et omdrejningspunkt for forskning og udvikling på området og bidrager væsentligt til fremkomsten af nye teknologier og metoder. På Københavns Universitet og Aarhus Universitet arbejdes på flere projekter, der omfatter udvikling af bæredygtige bioprocesser og undersøgelse af mikroorganismers potentiale i produktionen. Ligeledes er GTS-institutter som Bioneer og Teknologisk Institut aktive på området.

Novozymes er en af de førende virksomheder i verden inden for industrielle enzymer og mikroorganismer. Chr. Hansen, som fusioneres med Novozymes, specialiserer sig i udvikling af naturlige ingrediensløsninger ved hjælp af mikroorganismer, enzymer og farvestoffer. Novo Nordisk anvender også bioteknologiske processer i fremstillingen af deres produkter.



B3: Nye ingredienser og proteinkilder

Teknologifeltet for nye ingredienser og proteinkilder er en dansk styrkeposition, som skaber mindre klimabelastende og sunde fødevarer til mennesker og dyr.

Hvad?

Udviklingen af teknologier til nye ingredienser og proteinkilder er blevet et centralt bioteknologisk forskningsområde i takt med den stigende efterspørgsel på bæredygtige og ernæringsmæssige fødevarer. Der forskes i en mangfoldighed af råmaterialer og metoder til at fremstille alternative proteiner og ingredienser, der kan supplere eller erstatte dem, vi får fra traditionel landbrugsproduktion. Bioteknologien inden for nye ingredienser og proteinkilder omtales også som grøn biotek (plantebaserede ressourcer) eller blå biotek (marine ressourcer).

En væsentlig udvikling inden for dette felt er udvinding af protein fra insekter. Insekter har en høj proteinværdi og kan dyrkes med betydeligt mindre ressourceforbrug end traditionelle husdyr. Derudover åbner insektbaserede ingredienser for nye muligheder inden for bæredygtig fødevarerproduktion, idet de kan anvendes som en alternativ proteinkilde i både menneskeføde og dyrefoder. Øget proteinproduktion kan komme fra dyrkede arealer, udnyttelse af proteiner fra blå biomasser (marine organismer), udnyttelse af mikroorganismer og insekter til proteinproduktion samt udnyttelse af proteiner til humant konsum fra en række industrielle sidestrømme. Teknologisk innovation i forarbejdning og formulering af disse planteproteiner søger at forbedre deres smag, tekstur og ernæringsprofil.

Mikrobielle proteinkilder som alger og svampe er også i fokus som alternative proteinkilder. Algeproteiner er kendt for deres høje proteinindhold og kan dyrkes i et bredt spektrum af miljøer, hvilket gør dem til en potentiel kilde til bæredygtigt protein.

Hvorfor?

Teknologifeltet adresserer stigende bekymringer om miljømæssig bæredygtighed, fødevarerikkerhed og ernæring. Nye ingredienser og proteinkilder kan øge resiliensen i samfundet ved at skabe nye muligheder for en mere bæredygtig og forskelligartet fødevarerforsyning, fx når alternative proteinkilder med et lille CO₂-aftryk erstatter kød eller foder med et større CO₂-aftryk. Desuden kan nye proteinkilder samt brug af mikrobielle kulturer mv. bidrage til bedre næringsoptag, sundhedsfremmende produkter – og dermed mindre brug af fx antibiotika.

Danmark

Danmark er blandt verdens mest patenterende lande på området. Den danske ingrediensindustri står for 14 procent af verdensmarkedet og beskæftiger 18.000 personer globalt. Blandt de ledende virksomheder er Novozymes og Chr. Hansen, der udvikler enzymer og mikrobielle løsninger, som kan anvendes i både blå og grøn bioteknologi. Nævnes bør også Carlsberg, Arla Food Ingredients og CP Kelco, Danish Crown Ingredients, DuPontBiosciences og KMC. Eksempler på mindre virksomheder og start-ups er fx Dansk Alginat, Ocean Rainforest og Enorm, der fokuserer på udnyttelse af marine



TEKNOLOGISK
INSTITUT

ressourcer som tang og alger til fødevarer, foder og biobaserede materialer. Virksomhederne fungerer i stærkt samspil med danske universiteter og GTS'er.



B4: Bioenergi og bæredygtige brændstoffer, fx biofuels

Teknologifeltet for bioenergi og bæredygtige brændstoffer styrker resiliens ved at reducere afhængigheden af fossile energikilder. Bioenergi udgør mere end 2/3 af Danmarks samlede forbrug af vedvarende energi.

Hvad?

En af hovedtyperne inden for teknologifeltet bioenergi er, udover forbrænding af biomasse og biogas, også biobrændstoffer, såsom bioethanol og biodiesel, der fremstilles ved at omdanne organisk materiale som afgrøder, affald og alger. Bioethanol, hovedsageligt fremstillet af sukker, stivelse og cellulose, bliver ofte blandet med benzin og anvendt som brændstof til køretøjer. Biodiesel derimod, fremstillet af fedtstoffer som planteolier og animalsk fedt, kan erstatte eller blandes med traditionel diesel. Biodiesel er den mest almindelige biofuel, herunder også HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) som kan være fremstillet af fx rapsolie eller pommefrites olie.

Bioenergi indbefatter også biogas, der produceres ved anaerob nedbrydning af organisk materiale som affald, gylle og slam.

Hvorfor?

Anvendelsen af bioenergi og biofuels mulighed for at diversificere energikilder reducerer afhængigheden af fossile brændstoffer, øger forsynings sikkerheden og skaber nye arbejdspladser inden for landbruget og energisektoren.

Teknologifeltet er ikke uden udfordringer, for dyrkning af biomasse til bioenergi konkurrerer om landbrugsjord, fødevarerpriser og biodiversitet. Forskning og udvikling fokuserer derfor på at forbedre effektiviteten og bæredygtigheden af bioenergiproduktion, for eksempel ved at udnytte affaldsprodukter og ikke-fødevarerplanter samt ved at udvikle avancerede biobrændstoffer af anden og tredje generation.

Danmark

Dansk forskning og industri spiller en vigtig rolle i udviklingen af bioenergi og bæredygtige brændstoffer. Institutioner som Danmarks Tekniske Universitet, Aarhus Universitet og GTS-institutter arbejder aktivt med forskning og innovation inden for bioenergiteknologier. På erhvervsiden er Novozymes ledende inden for enzymer og producerer enzymer, der bruges i produktionen af biobrændstoffer, såsom bioethanol og biodiesel. Ørsted har investeret i biomassekraftværker og affaldsforbrændingsanlæg, så biologisk materiale kan udnyttes til produktion af bæredygtig energi. Haldor Topsøe har katalysatorer og processer, der bruges i produktionen af biobrændstoffer som biodiesel og biojet-brændstoffer. Dupont udvikler enzymer til brug inden for bioenergi.



3.3. Digitale teknologier



D1 Robotteknologi, droner, vision og automatisering

Robotter kan udføre opgaver, der er risikofyldte, tidskrævende eller umulige for mennesker, og det giver nye muligheder for effektivitet og sikkerhed. Teknologifeltet har oplevet betydelig udvikling og innovation gennem de seneste årtier. Danmark er med i front.

Hvad?

Robotteknologi har været en del af det teknologiske landskab i snart to generationer. Robotter spænder over et bredt spektrum af anvendelser, fra industrirobotter til autonome hjælpesystemer og samarbejdende robotter, også kendt som cobots. Visionsteknologi gør det muligt for robotter at "se" og interagere med deres omgivelser, hvilket er afgørende for mange applikationer, herunder automatisering af produktionslinjer og navigation af autonome køretøjer. Droneteknologi er en anden fremtrædende gren inden for robotteknologi. Droner er i stand til at flyve autonomt eller fjernstyret og bliver i stigende grad anvendt i en række forskellige sektorer, herunder fx landbrug, infrastrukturinspektion, overvågning eller levering af pakker.

Hvorfor?

Effektivitet, præcision, arbejdskraftsbesparelser, omkostningsreduktioner og sikkerhed er blandt de væsentligste motiver for at investere i robotteknologi. Robotter og droner kan udføre opgaver, der er risikofyldte, tidskrævende eller umulige for mennesker at udføre, og brugen af teknologien tilbyder dermed nye muligheder for effektivitet og sikkerhed.

Der er økonomiske interesser i både private og offentlige virksomheder ift. at finde automatiserede løsninger på områder med mangel på arbejdskraft eller høje lønninger. Det gælder i alle sektorer fra landbrug, fremstilling og byggeri til transport, offentlige opgaver som militær og politi, forsyningsvirksomhed, miljøopgaver samt sundhed og plejeopgaver.

Danmark

Danmark har solide styrkepositioner inden for intelligent og autonom robotteknologi, og der er vækst i både eksport og arbejdspladser. Det gælder især udvikling af cobots, hvor Odense i Danmark har verdens største klynge af virksomheder og vidensinstitutioner omkring cobots. Danmark er et af de lande i verden, der har den højeste grad af automatisering i industrien, som blandt andet er nødvendiggjort af et højt lønniveau. Danmark har fostret flere succesrige virksomheder og forskningsinitiativer inden for robotteknologi og automatisering. Danske industrivirksomheder har især været innovative inden for udvikling af cobots og autonome systemer, og Danmark har bidraget med væsentlig viden og teknologi til feltet.



D2 Kvanteteknologi

Kvanteteknologi nyder stor bevågenhed fra virksomheder, universiteter og regeringer. Det skyldes de potentielle revolutionerende ændringer, som kvanteteknologi kan medføre inden for en bred vifte af områder. I kombination med andre teknologiområder kan kvanteteknologi løse en række kritiske samfundsudfordringer.

Hvad?

Kvanteteknologi er et teknologifelt, der udnytter de naturlove, som gælder for kvantemekanikken. Kvantemekanikken løser problemer, som enten er umulige eller ikke kan gøres præcist med sædvanlige teknologier. Der er flere underområder inden for kvanteteknologi, herunder kvantecomputing, kvantekommunikation, simulering og kvantesensorer. Strengt taget er kvanteteknologi ikke en digital teknologi, men en teknologi for sig. Da der ofte er knyttet beregninger og "computere" til anvendelsen af kvanteteknologi, er den medtaget i kategorien digitale teknologier alligevel.

Kvantecomputere bruger "qubits" i stedet for klassiske bits til at udføre beregninger. En kvantecomputer kan behandle en enorm mængde information på én gang, takket være egenskaber som superposition og sammenfiltrering. Kvantecomputere vil i fremtiden supplere kendt computerteknologi.

En kvantecomputer løser visse problemer, som ville tage en klassisk computer år at løse, på et øjeblik. Udviklingshorisonten for kvantecomputing er lovende, men der er mange udfordringer, der skal overvindes. Forskere arbejder på at bygge mere stabile og fejltolerante kvantecomputere, og det forventes, at vi i de kommende årtier vil se betydelige fremskridt inden for området. Der er allerede kommercielle løsninger tilgængelige, som bruger kvanteteknologi til sikring af kommunikation i form af kvantekryptering, der kan gøre kommunikation teoretisk umulig at aflytte.

Også inden for kvantesensorer går udviklingen stærkt, og deres anvendelse bliver mere og mere udbredt i forskellige industrier. Kvantesensorer kan måle fysiske størrelser med hidtil uset præcision. Disse sensorer kan anvendes i en bred vifte af applikationer, fra medicinsk billeddannelse til geofysisk udforskning. Fx kan sensorer ved at måle på jordens magnetfelt anvendes til positionsbestemmelse i stedet for satellitbaserede systemer som GPS.

Hvorfor?

Der knytter sig store forhåbninger til kvanteteknologi i fremtiden. Med kvanteteknologi er det muligt at lave langt hurtigere databehandling, forbedret kryptering af information og mere præcise målinger, fx geopositionering. Kvantekommunikation og kvantesensorer er allerede i dag tilgængelige i kommercielle produkter.

På sigt forventes det, at kvantecomputere kan bidrage til at løse samfundsmæssige udfordringer i relation til fx klima eller sundhed. Hvis forventningerne indfris, vil nye materialer eller ny medicin med præcise egenskaber kunne udvikles langt hurtigere end i dag, og vores forståelse for biologiske processer som vores sanser eller fotosyntesen vil blive forbedret. Vi vil desuden få langt mere præcise scannere, solceller og mikroskoper, som vil kunne tages i anvendelse. Vi vil også få langt sikrere vejrudsigter og



langt mere gennemgribende kunstig intelligens. Samlet set vil samfund kunne reagere på mange udfordringer langt hurtigere og effektivt, end det er muligt i dag.

Endelig er der, ikke mindst, en væsentlig sikkerheds- og forsvarsdimension i udvikling af kvanteteknologi,

Danmark

Danmark er med og står stærkt internationalt ift. udvikling af kvanteteknologi, især når det gælder kommunikation og sensorer. Der forskes og udvikles i kvanteteknologi på samtlige universiteter med Niels Bohr Institutet på Københavns Universitet i spidsen. Det kan ses som en anerkendelse af denne position, at NATO har valgt at åbne sit Deep Tech Lab – Quantum i København som en del af Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic. Acceleratorsitet åbner for samarbejde med testlaboratorier hos Niels Bohr Institutet og er støttet af Københavns Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Aarhus Universitet og Danmarks Nationale Metrologiinstitut. Både private og statslige aktører investerer i kvanteteknologi.



D3: Data science, fx kunstig intelligens, algoritmer, cloud og big data

Data science er en samlet betegnelse for en algoritmisk revolution, som gør det muligt at håndtere og analysere bjerge af data, løse komplekse problemer og træffe informerede beslutninger. Data Science spænder over mange sektorer og berører næsten alle aspekter af vores daglige liv, hvilket gør det til en hjørnesten i samfundets udvikling. Data science har betydning for stort set alle de teknologifelter, der diskuteres i denne rapport.

Hvad?

Data science er et bredt teknologifelt, der kombinerer flere discipliner for at finde værdifuld viden i data ved hjælp af bl.a. statistik, databehandling og ekspertise inden for specifikke områder. Kernen i dette felt drejer sig om at anvende en række teknologier; blandt disse kunstig intelligens, big data analytics, cloud computing, edge computing og grid computing, som hver især spiller en kritisk rolle i dataanalyse og -behandling.

Big data analytics fokuserer på at finde mening i meget store mængder data, såsom at identificere mønstre og korrelationer, der kan give os ny indsigt. Dette indebærer ofte brug af statistiske metoder, algoritmer og kunstig intelligens eller maskinlæring til at genkende mønstre og trække konklusioner ud af disse enorme datasæt. Modellering og visualisering af data er discipliner inden for data science.

Cloud computing giver mulighed for at opbevare, behandle og analysere data på internettet i stedet for på vores egne computere, hvilket kan give let adgang og en stor mængde lagringsplads og beregningskraft. Edge computing handler om at behandle data nærmere kilden, hvor det skabes, hvilket minimerer forsinkelsen (eller "latensen") i dataoverførslen, og det kan forbedre systemets overordnede effektivitet og reaktionstid. Endelig, med grid computing, kan computere kobles sammen for at fungere som en enkelt, kraftfuld, virtuel maskine, som er i stand til at håndtere meget store datamængder og komplekse beregninger, hvilket er særligt nyttigt, når de ressourcer, der er nødvendige, overstiger det, en enkelt computer kan levere.

Hvorfor?

Data science giver værktøjerne til at dykke ned i store datamængder, udtrække vigtige indsigter ved at analysere og behandle data på forskellige måder og anvende denne viden på tværs af forskellige discipliner og industrier for at løse komplekse problemer og informere beslutningstagning.

Data science spiller en nøglerolle i udformningen af et mere robust og modstandsdygtigt samfund og understøtter mange af de andre kritiske teknologier for Danmark. Teknologifeltet muliggør præcis modellering og prognoser inden for klimaforandringer, sundhed og økonomi. Det kan lede til mere effektive strategier for tilpasning og afhjælpning af klimakrise og sundhedsbehandlinger. I relation til økonomi og sikkerhed kan analyse af data hjælpe med at identificere og adressere risici og sårbarheder, optimere fordelingen af ressourcer og forbedre beslutningstagning.



Danmark

Danmark har positioneret sig stærkt inden for data science, særligt gennem stærke uddannelses- og forskningsinstitutioner. Den danske regering har investeret i digital infrastruktur og opfordrer til anvendelsen af big data og kunstig intelligens inden for både den offentlige og private sektor. Særligt inden for sundhedssektoren, vedvarende energi og smart city-løsninger har Danmark data af høj kvalitet. Desuden er erhvervslivet, inklusive startups, aktivt involveret i at udnytte data science til at skabe innovative løsninger og services, hvilket understøttes af et økosystem for teknologi og innovation.



D4: Smart infrastruktur, fx intelligente byer og smart grid

Smart infrastruktur er byer og netværks øjne og ører, der konstant indsamler og analyserer data for at gøre vores systemer mere effektive, responsive og bæredygtige. Alt sammen for at gøre vores hverdag mere bekvem, vores samfund mere sammenkoblet, og vores verden mere bæredygtig; omtales også som smart city.

Hvad?

Smart infrastruktur er den digitale opgradering af vores samfunds fundamentale systemer, bl.a. ved anvendelse af teknologier som Internet of Things (IoT), automatisering, og avanceret dataanalyse via kunstig intelligens. Denne moderne infrastruktur transformerer ikke blot vores byer og netværk men også måden, vi interagerer med dem på, og hvordan de reagerer på vores behov.

Intelligente byer anvender smart infrastruktur til effektivt at styre og forbedre alt fra gadebelysning og trafikstrømme til affaldshåndtering og sundhedstjenester. I en intelligent by kan lysstolper automatisk justere belysningen afhængigt af fodgængeres og køretøjers tilstedeværelse, mens sensorer kan måle fyldningsgraden af skraldespande og informere renovationsvogne om, hvilke der trænger til at blive tømt. Desuden kan avancerede sundhedstjenester gøre brug af digitale platforme til at overvåge borgernes helbred og levere personaliserede anbefalinger eller alarmere i nødstilfælde.

Et andet eksempel er "smart grid", der transformerer energisystemer ved at indarbejde teknologi, som optimerer fordelingen og forbruget af energi. Sådanne netværk kan integrere forskellige energikilder, såsom vedvarende energi fra solceller og vindmøller, og sørge for, at strømforbruget justeres i realtid baseret på efterspørgsel og tilgængelighed. Det betyder, at overskydende energi kan gemmes eller distribueres i tider med høj energiproduktion, og det kan anvendes, hvor behovet er størst, mens man i perioder med lav produktion og høj efterspørgsel kan reducere forbruget intelligent for at bevare energi.

Et tredje eksempel er intelligent og grøn transport, der bidrager til at mindske trafikpropper, reducere forurening og energiforbrug og forbedre borgernes mobilitet og tilgængelighed gennem fx elektriske køretøjer og intelligente trafikstyringssystemer. Biler kan kommunikere med hinanden og trafiklys for at forbedre flowet på vejene, og offentlig transport kan blive optimeret ved løbende at analysere data om passager-flow og ændre ruter og tidsplaner tilsvarende. Mindre infrastrukturer som bygninger eller anlæg kan udnytte tilsvarende teknologier i fx intelligente bygninger.

Hvorfor?

Smart infrastruktur og intelligente byer optimerer energiforbrug, reducerer brugen af fossile brændsler, og styrer byernes ressourcer, services og infrastruktur. Desuden kan integrerede og intelligente systemer forbedre samfundets evne til at reagere på nødsituationer, naturkatastrofer og sikkerhedstrusler. I e-surveyen blev der spurgt til lignende teknologiområder som energioptimering i byer og



intelligente netværk, som teknologier til et fossilfrit samfund, og her blev andre teknologier vurderet højere. Muligvis fordi "stemmerne" skulle fordeles på to overskrifter.

Danmark

Danmark står godt for at etablere smart infrastruktur og sælge løsninger til resten af verden: Danmark er et af de mest digitaliserede lande i verden, med høj internetpenetration og mobilforbindelse. Det høje niveau af digitalisering er en nøgelfaktor for implementeringen af smart city-teknologier. Smart infrastruktur har været testet og afprøvet i Danmark de seneste år. Mulighederne er der, verdens byer har brug for teknologierne, men potentialet er ikke fuldt udnyttet, fordi kommuner har haft vanskeligheder med at komme ud over pilotstadiet på grund af tværorganisatoriske og kompetencemæssige udfordringer samt mangel på brugbare forretningsmodeller. I internationale markedsrapporter om smart cities fremhæves tech-giganter som Cisco Systems, Inc., Ericsson, IBM Corp, Schneider Electric SE, Siemens AG, Hitachi, Ltd., Huawei Technologies Co., Ltd., Intel Corp.



Bilag Litteratur

Til identifikation af fremtidens teknologier blev følgende kilder gennemgået:

Atlantic Council: Global Strategy 2023: Winning the tech race with China af Matthew Kroenig (ed.) (2023) <https://www.atlanticcouncil.org/content-series/atlantic-council-strategy-paper-series/global-strategy-2023-winning-the-tech-race-with-china/>

ATV: Verdens Førende tech-regioner. Danmarks styrkepositioner i et globalt perspektiv af Teknologisk Institut (2020) <https://atv.dk/udgivelser-viden/verdens-foerende-tech-regioner-danmarks-styrkepositioner-globalt-perspektiv>

Australian Strategic Policy Institute: Critical Technology Tracker (2023) <https://tech-tracker.aspi.org.au/list-of-technologies/>

BBC: Future technology: 22 ideas about to change our world (2023) <https://www.sciencefocus.com/future-technology/future-technology-22-ideas-about-to-change-our-world/>

Center for militære studier: Teknologikonkurrencen og dens implikationer for Danmark af Henrik Breitenbach & Tobias Liebetrau (2021) https://cms.polsci.ku.dk/publikationer/teknologikonkurrencen-og-dens-implikationer-for-danmark/download-publikation/CMS_Rapport_2021_5_-_Teknologikonkurrencen_og_dens_implikationer_for_Danmark.pdf

CGTN: China's high-tech: 10 trends in next 10 years af Tian Feng (2022) <https://news.cgtn.com/news/2022-01-04/China-s-high-tech-10-trends-in-next-10-years-6yIAGjmuAg/index.html>

ChatGPT 4.0: Forespørgsel på ChatGPT4.0 af ChatGPT (2023)

Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse: Danske styrkepositioner og fremtidens klynger af Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse (2019) <https://erhvervsfremmebestyrelsen.dk/danske-styrkepositioner-og-fremtidens-klynger>

EPRS | European Parliamentary Research Service: Innovative technologies shaping the 2040 battlefield af Jacopo Bellasio, Linda Slapakova, Luke Huxtable, James Black, Theodora Ogden and Livia Dawaele of RAND Europe, (2021) [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690038/EPRS_STU\(2021\)690038_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/690038/EPRS_STU(2021)690038_EN.pdf)

EU Commission DG Internal Market: Advanced technologies af EU Commission DG Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (2023) https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/advanced-technologies_en



EU Kommissionen: STEP - Strategic Technologies for Europe Platform af EU Kommissionen (2023) https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/strategic-technologies-europe-platform_en

Forbes: The Top 10 Tech Trends In 2023 Everyone Must Be Ready For af Bernard Marr (2023) <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/11/21/the-top-10-tech-trends-in-2023-everyone-must-be-ready-for/?sh=546e48ef7df0>

Gartner: Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2023 af David Groombridge (2022) <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2023>

GTS Resultatkontrakter: GTS indsatsområder på bedreinnovation.dk (tilgået 2023) <https://bedreinnovation.dk/>

ICDK: Global Tech Trends af INNOVATION CENTRE DENMARK AND TECHBBQ (2023) <https://globaltechtrends.techbbq.dk/>

Industriens Fond: Nye teknologier - nye muligheder - nye markeder af Industriens Fond (2023) <https://industriensfond.dk/artikel/nye-teknologier-nye-muligheder-nye-markeder/>

Innovationsfonden: Diverse web-artikler af Innovationsfonden (2023) <https://innovationsfonden.dk/da/articles>

McKinsey: McKinsey Technology Trends Outlook 2022 af Michael Chui, Roger Roberts og Lareina Yee (2022) <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech>

NATO: Emerging and disruptive technologies af Nato (2023) https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm

OECD SCAN: An OECD horizon scan of megatrends and technology trends in the context of future research policy (2016) <https://ufm.dk/en/publications/2016/files/an-oecd-horizon-scan-of-megatrends-and-technology-trends-in-the-context-of-future-research-policy.pdf>

OECD STI: Science, Technology and Innovation Outlook 2023 af v (2023) <https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm>

Simpl;Learn: Top 18 New Technology Trends for 2023 af Nikita Duggal (2023) <http://t.ly/OIDkB>

The European Council of Academies of Applied Sciences, Technologies and Engineering: 2023 EU-US Frontiers of Engineering Symposium (2023) <https://www.naefrontiers.org/207843/2023-EUUS-Frontiers-of-Engineering-Symposium>



Uddannelses- og forskningsministeriet: Forsk2025 (2017) <https://ufm.dk/forskning-og-innovation/forsk2025>

US GOV - Department of Energy: Energy Earthshots Initiative (2023) <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/04/US-National-Innovation-Pathwy.pdf>

World Economic Forum: Top 10 Emerging Technologies 2023 af World Economic Forum (2023) <https://intelligence.weforum.org/collection/d9d9d6c6-6c3c-4b0c-8d9d-5d4f6f9f6e6e>

Litteratur om teknologifelter

Udover ovenstående litteratur har vi i teknologibeskrivelser ladet os inspirere af følgende kilder i beskrivelsen af de 12 teknologifelter.

McKinsey & Co, "Danmark i morgen", 2023: <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/denmark/our%20insights/denmark%20tomorrow/Danmark-i-morgen.pdf>

Fossilfri teknologier

Vedvarende energi

DaCes, "Status, Styrker, Synergier- DaCES RAPPORT OM ENERGILAGRING I DANMARK 2023", https://daces.dk/wp-content/uploads/2023/09/DaCES_Status_Styrker_Synergier_Sept2023.pdf

Danmarks Statistik, "Energiforbruget faldt i 2022", <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/nyt/NytHtml?cid=46139>

Energistyrelsen: "Fakta om vindmøller på land" - <https://ens.dk/ansvarsomraader/vindmoeller-paa-land/fakta-om-vindmoeller-paa-land>

Research & Markets: Wind Energy Global Market Report 2023, https://www.researchandmarkets.com/report/wind-energy?gclid=CjwKCAjwyNSoBhA9EiwA5aYlb8TulbFbVod-HpuH8pay3Kvrkcs7-A5AOFgDxEqI9FrExU79um2DI8BoCp9sQAvD_BwE

International Energi Agentur (2021). Denmark. Hentet fra <https://www.iea.org/countries/denmark>.

Eckhouse, B., Morison, R., Mathis, W., Wade, W. and Warren, H. (2020). The New Energy Giants Are Renewable Companies. Hentet fra <https://www.bloomberg.com/graphics/2020-renewable-energy-supermajors/?embedded-checkout=true#xj4y7vzkg>

Energilagring og konvertering, fx batterier og Power-to-X



Jakobsen, Leif H. og Stig Yding Sørensen, "Power-to-X - et forretningsområde i fremvækst - En erhvervsøkonomisk analyse", Teknologisk Institut, 2022.

Udenrigsministeriet (2023). Denmark's Huge Power-to-X Potential. Hentet fra <https://investindk.com/set-up-a-business/cleantech/power-to-x>.

Buljan, A. (2023). Denmark Launches World's First Power-to-X Tender. Hentet fra: <https://www.offshorewind.biz/2023/04/19/denmark-launches-worlds-first-power-to-x-tender/>.

Hinrichsen, M. B. (2023). 7 danske Power-to-X-projekter i gigawatt-klassen. Hentet fra <https://greenpowerdenmark.dk/nyheder/7-danske-power-to-x-projekter-gigawatt-klassen>

Landbrugsteknologi

AgrofossilFree: <https://www.agrofossilfree.eu/da/home-dansk/>

AgrofossilFree: "The Green Deal: Paving the way to defossilise agriculture" (2023): https://www.agrofossilfree.eu/wp-content/uploads/2023/09/2023_06_EU-Magazine_The-Green-Deal-AREA-ZERO.pdf

Nielsen, Niklas A. (2021). Nyt kort over Danmark: Så meget fylder dansk landbrug. Hentet fra: <https://videnskab.dk/kultur-samfund/nyt-danmarkskort-saa-meget-fylder-dansk-landbrug/>.

Europa Kommissionen (2022). At a glance: Denmark's CAP strategic plan. Hentet fra: https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-04/csp-at-a-glance-denmark_en.pdf.

Brans, P. (2022). High tech meets agriculture in Denmark. Hentet fra: <https://www.computerweekly.com/feature/High-tech-meets-agriculture-in-Denmark>

Grøn transport

Dansk Energi, Dansk deltagelse i IEAs Task 24 "Økonomisk konsekvensvurdering af E-mobilitet": <https://energiforskning.dk/projekter/dansk-deltagelse-ieas-task-24-oekonomisk-konsekvensvurdering-e-mobilitet>

DTU, "Nyt forskningscenter for autonome systemer", (2020) <https://www.dtu.dk/nyheder/alle-nyheder/nyhed?id=187ddd32-a89e-442b-9d79-51c345910584>

Johannes Birkebaek and Jacob Gronholt-pedersen, "Shipping group Maersk sets up green methanol company", Reuters, 2023, <https://www.reuters.com/business/energy/maersk-apm-holding-form-c2x-green-methanol-venture-2023-09-14/>

KEF Almdel Bilag 359 Grøn omstilling af transporten Præsentation juni 2023: <https://www.ft.dk/samling/20222/almdel/KEF/bilag/359/2728701.pdf>



Søfart (2023). Mærskes nybyggede metanolskib er ankommet til København. Hentet fra: https://www.soefart.dk/article/view/1051505/maersks_nybyggede_metanolskib_er_ankomet_til_kobenhavn.

Biobaserede teknologier

Biomedicin

Nielsen, Lars Bo, Olsen, Lone R., Blaabjerg, P. og Kühnau, Anders (2023). Denmark has potential to develop another strong life science region. Hentet fra: <https://biomed.au.dk/display/artikel/denmark-has-potential-to-develop-another-strong-life-science-region>.

Udenrigsministeriet (2023). Denmark has the best pharma and biotech industry in Europe. Hentet fra: <https://investindk.com/set-up-a-business/life-sciences/pharma-biotech>.

Uggerhøj, Rikke B. (2021). Kliniske forsøg gør Danmark til en stærkere life science nation. Hentet fra: <https://www.danskindustri.dk/brancher/di-lifescience/nyheder/nyheder2/2021/3/kliniske-forsog-gor-danmark-til-en-starkere-life-science-nation/>.

Erhvervsministeriet (2021). Strategi for life science. Henter fra: <https://em.dk/media/15289/strategi-for-life-science.pdf>

Bioteknologi

IrisGroup, "Biosolutions i Danmark – analyse af bioøkonomens potentialer og vækstbetingelser" (2021), <https://em.dk/media/14197/biosolutions-i-danmark-analyse-af-biooekonomiens-potentialer-og-vaekstbetingelser.pdf>

Sturm, Nick (2021). Danmark topper global liste over biotek-patenter: Vi går og putter med det. Hentet fra: <https://dagenspharma.dk/danmark-topper-global-liste-over-biotek-patenter-vi-gaar-og-putter-med-det/>.

Krull, Lotte (2023). DTU nr. 3 i verden inden for bioteknologi. Hentet fra: <https://www.dtu.dk/newsarchive/2023/02/dtu-3-plads-bioteknologi>.

Nye ingredienser og proteinkilder

<https://www.allianceforbiosolutions.dk/>

Iris Group, "Danske styrker inden for forskning, teknologi og Uddannelse", 2019, <https://irisgroup.dk/wp-content/uploads/2019/06/Analyse-af-danske-styrker-inden-for-forskning-teknologi-og-uddannelse.pdf>



Det Nationale Bioøkonomipanel (2018). Anbefalinger til regeringen om fremtidens proteiner. Hentet fra: https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Miljoe/Cirkulaer_oekonomi/Anbefalinger_om_proteiner_fra_Det_Nationale_Biooekonomipanel.pdf.

Hansen, Mikael B. og Hansen, Malene, B. (2021). Fremtidens grønne proteiner. Hentet fra: https://dynamo.ku.dk/media/media/momentum-lupin-en-overset-proteinkilde/Momentum_2_2021_low_full_magasin.pdf

Pedersen, Louise J., Møller, Anders H. og Dalsgaard, Trine K. (2023). Analyse af 'grønne' proteiner til fødevarer. Hentet fra: <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport218.pdf>

Bioenergi og bæredygtige brændstoffer, fx biofuels

Bo Weidema og Jannick Schmidt, „Forskere: 'Made in Denmark' ændrer ikke på, at biodiesel er dårlig nyt for klimaet“, Klimamonitor (2023): <https://klimamonitor.dk/debat/art9419574/Made-in-Denmark-%C3%A6ndrer-ikke-p%C3%A5-at-biodiesel-er-d%C3%A5rlig-nyt-for-klimaet>

DI Bioenergi og Inbiom (2019). Kortlægning af den danske bioenergiklynge 2019. Hentet fra: <https://www.danskindustri.dk/globalassets/billedarkiv/univers-brancher-og-foreninger/brancher-og-foreninger/di-branchefallesskaber/di-energi/publikationer/bioenergiklyngeanalyse-2019---final-version.pdf>.

Energistyrelsen (2023). Existing biogas plants and biomethane production to the gas system. Hentet fra: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/map_of_biogas_plants_denmark.pdf

IEA Bioenergy (2021). Implementation of bioenergy in Denmark – 2021 update. Hentet fra: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/CountryReport2021_Denmark_final.pdf.

Digitale teknologier

Robotteknologi, droner, vision og automatisering

Dira, " STOR STIGNING I ANTALLET AF ROBOTTER I DANMARK" (2023), <https://dira.dk/nyheder/stor-stigning-i-antallet-af-robotter-i-danmark/>

Ritzau (2020). Danmark får verdens største hub for cobots: Danske robotvirksomheder investerer en kvart milliard kroner i vækst i Odense. Hentet fra: <https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/13587568/danmark-far-verdens-storste-hub-for-cobots-danske-robotvirksomheder-investerer-en-kvart-milliard-kroner-i-vaekst-i-odense?publisherId=13559221>.



Odense Robotics (2023a). Denmark and USA enter robotics partnership. Hentet fra: <https://www.odenseroobotics.dk/denmark-and-usa-enter-robotics-partnership/>.

Odense Robotics (2023b). Denmark's robotics industry grows 21% as global demand for automation continues. Hentet fra: <https://www.odenseroobotics.dk/denmarks-robotics-industry-grows-21-as-global-demand-for-automation-continues/>.

Steno, Carsten og Grouleff, Malene (2020). Denmark, a Powerhouse of Robotics and Automation. Hentet fra: https://www.scapetechnologies.com/sites/default/files/2020-04/E-book%20-English_0.pdf.

Stig Yding Sørensen, A. B. (2021). *Intelligent og autonom robotteknologi*. Teknologisk Institut. Hentet fra <https://www.teknologisk.dk/ydelser/danskerne-skal-vaere-med-i-fronten-af-robotfremmarch-og-8211-ellers-taber-vi-momentum/43361>

Kvanteteknologi

Erhvervsstyrelsen, "Kortlægning af økosystemet for kvanteteknologi i dansk erhvervsliv" (2022), <https://erhvervsstyrelsen.dk/kortlaegning-af-oekosystemet-quanteteknologi-i-dansk-erhvervsliv>

Regeringen, "Strategi for Kvanteteknologi: Del 1 - Forskning og innovation i verdensklasse" (2023) <https://em.dk/media/19717/national-strategi-for-quanteteknologi.pdf>

Regeringen, "Strategi for Kvanteteknologi: Del 2 – Kommercialisering, sikkerhed og internationalt samarbejde" (2023) <https://em.dk/media/19717/national-strategi-for-quanteteknologi.pdf>

Novo Nordisk Fonden. (21. September 2022). *Milliardinvestering skal udvikle Danmarks første fuldt funktionelle kvantecomputer*. Hentet fra Novo Nordisk Fonden: <https://novonordiskfonden.dk/nyheder/milliardinvestering-skal-udvikle-danmarks-foerste-fuldt-funktionelle-quantecomputer/>

Data Science – fx kunstig intelligens, algoritmer, cloud og big data

Finansministeriet og Erhvervsministeriet (2019). National strategi for kunstig intelligens. Hentet fra: https://digst.dk/media/19302/national_strategi_for_kunstig_intelligens_final.pdf.

Udenrigsministeriet (2022). Unlocking the power of Danish Data Analytics Centre. Hentet fra: <https://idk.editor.um.dk/insights/unlocking-the-power-of-new-danish-data-analytics-centre-the-first-of-its-kind-in-europe>.

Smart infrastruktur, fx intelligente byer og smart grid



Business Review: "Smart Cities" (2022): https://issuu.com/partnermedier/docs/smart_cities_berlingske_december_interaktiv

Gate21: <https://www.gate21.dk/wp-content/uploads/2016/04/Smart-City-i-Danmark-dansk-resume.pdf>

Intelligent energi, <https://ienergi.dk/indsatsomraader>

Invest in Denmark (2016): "TURNING DENMARK INTO A LEADING SMART CITY NATION": <https://investindk.com/insights/turning-denmark-into-a-leading-smart-city-nation>

State of Green (2020). Clean air and intelligent waste bins: Denmark is booming with smart city solutions. Hentet fra: <https://stateofgreen.com/en/news/clean-air-and-intelligent-waste-bins-denmark-is-booming-with-smart-city-solutions/>.



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**