

Miljøteknologi: En styrkeposition for fremtiden

Kortlægning og analyse af
danske miljøteknologiske
virksomheder og klyngen
omkring dem

Udarbejdet for CLEAN, juni 2023

IRISgroup



IRIS GROUP

CHRISTIANS BRYGGE 28, 1. SAL
DK-1559 KØBENHAVN V
IRISGROUP@IRISGROUP.DK
WWW.IRISGROUP.DK

Indhold

Sammenfatning**3****Indledning****4****1. Hvad er miljøteknologi og hvorfor er det vigtigt?****5****2. Danmarks miljøteknologiske virksomheder i tal****10****3. En klynge baseret på et solidt forskningsfundament****19****4. Teknologiudvikling og innovationssamarbejde i miljøklyngen****23****5. Case-samling****29****Bilag: Metode og datakilder****35**

Miljøteknologi er en styrkeposition for fremtiden.

Verden står over for store, globale kriser, der kræver nye teknologiske løsninger. I Danmark findes 839 miljøteknologiske virksomheder, som hver dag arbejder på at begrænse eller rette op på de negative effekter, som vores moderne samfund har på miljøet.

Virksomhederne arbejder bl.a. med teknologier til vandbesparelser, lokalisering af grundvand, vandrensning og pumpeteknologier, sensorer og analysemetoder, cirkulær økonomi og recirkulation af ressourcer, behandling af udendørs og indendørs luft-forurening samt teknologier til miljø- og naturgenopretning.

I den nære fremtid forventes miljøteknologi også at spille en central rolle i missionen mod at reducere udledningen af drivhusgasser gennem Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) samt ifm. at forsyne fremtidens energiteknologi, Power-to-X, med de enorme mængder rensset vand, som teknologien kræver.

De miljøteknologiske virksomheder i Danmark er en del af en samlet miljøklynge, som også omfatter over 100 rådgivningsvirksomheder, knap 1.900 forsyningsselskaber samt en række universiteter og GTS-institutter med førende forskere og teknikere. Dertil kommer investorer og alle de offentlige og private aktører, som skal håndtere miljøudfordringer, og som ofte indgår i udviklingen og driften af miljøteknologiske løsninger.

Der er med andre ord tale om en stærk kerne af innovative miljøteknologiske virksomheder, der som en del af den miljøteknologiske klynge rækker ind i mange forskellige sektorer i både ind- og udland.

Miljøteknologiske innovationer kan ikke løse verdens store kriser alene. Men de vil i mange tilfælde kunne bidrage til en grøn og mere miljøvenlig omstilling af samfundet i samspil med andre sektorer og klynger.

Hovedresultater



71.735 jobs i klyngen,
heraf 49.171 jobs i
miljøteknologiske
virksomheder



165,2 mia. kr. i omsætning i klyngen,
heraf 119,1 mia. kr.
i miljøteknologiske
virksomheder



57,4 mia. kr. i eksport i klyngen,
heraf 52,8 mia. kr.
i miljøteknologiske
virksomheder



Frem mod 2030 forventes det globale marked for miljøteknologi at have en årlig vækst på 5 pct., svarende til en samlet vækst på 270 mia. dollars.



Dansk miljøteknologisk forskning er i front. Fra 2017-22 har danske forskere udgivet 425 videnskabelige artikler inden for miljøteknologi per mio. indbyggere. Det tilsvarende tal for EU-27-landene er 93 artikler.



Over de seneste fem år har miljøteknologiske virksomheder deltaget i mere end 330 forsknings- og innovationsprojekter.



146 danske miljøteknologiske opfindelser blev patentansøgt i 2021. Antallet af miljøteknologiske patentansøgninger per mio. indbyggere overgås kun af Schweiz og Finland.

Miljøteknologi er en dansk styrkeposition med et stort globalt vækstpotentiale. Det globale marked for miljøteknologi er præget af stærk konkurrence om at udnytte de nyeste teknologiske muligheder, og stadigt flere steder i verden satses der på nye miljøeffektive teknologier. Danmark er på en række områder med i front i kraft af store, førende virksomheder og innovative SMV'er inden for et bredt spekter af teknologier.

Danske miljøteknologiske styrker omfatter bl.a. teknologier til vandbesparelser, vandrensning og pumpeteknologier, sensorer og måleudstyr, kystsikringsteknologier, løsninger til monitorering af forurening i jord og grundvand samt teknologier til rensning af jord, røggasser eller til behandling, sortering og genbrug af affald.

CLEAN er Danmarks klyngeorganisation på miljøområdet og har som formål at udbrede og styrke samspillet i økosystemet, der både omfatter virksomheder, vidensinstitutioner, forsyninger, investorer mv. Visionen er, at danske virksomheder skal være verdensførende inden for miljøområdet.

Denne analyse giver et unikt indblik i de danske miljøteknologiske virksomheder og den klynge, som de indgår i. Der har tidligere været gennemført kortlægninger og analyser af miljøteknologiklyngen og vandsektoren i Danmark. Nærværende analyse adskiller sig fra tidligere kortlægninger ved at anvende en anden metodisk tilgang til at identificere og opgøre klyngens virksomheder. De kvantitative opgørelser af virksomhedernes aktivitet fraviger derfor også fra resultaterne af tidligere kortlægninger.

Det er vigtigt at holde sig for øje, at den miljøteknologiske klynge er langt bredere end de miljøteknologiske virksomheder. Klyngen omfatter også en internationalt anerkendt rådgiverbranche samt de danske forsyningsselskaber, som for mange miljøteknologiske virksomheder spiller en vigtig rolle som test og demonstrationsfacilitet – særligt på vandområdet. Dertil kommer vidensinstitutioner, investorer og alle de offentlige og private aktører, som skal håndtere miljøudfordringer, og som ofte indgår i udviklingen og driften af miljøteknologiske løsninger.

Der er således tale om en klynge, som rækker ind i mange forskellige dele af samfundet og erhvervslivet. Det vil imidlertid være misvisende at medtage alle aktører i en samlet opgørelse af miljøteknologi. Formålet med denne analyse er at tegne et præcist billede af de miljøteknologiske virksomheder og skitsere, hvordan de indgår i en samlet klynge.

Kapitel 1 giver en introduktion til, hvad miljøteknologi er, og hvordan teknologierne kan være med til at løse flere af vores tids største kriser.

Kapitel 2 dykker ned i de danske miljøteknologiske virksomheders aktivitet og udvikling. På baggrund af en række specialkørsler fra Danmarks Statistik giver analysen indblik i bl.a. virksomhedspopulationens størrelse, kompetencer, eksport og værdiskabelse.

Kapitel 3 ser nærmere på den miljøteknologiske forskning i Danmark gennem en bibliometrisk analyse, og kapitel 4 kaster lys over teknologiudviklingen og innovationssamarbejdet i klyngen. I den sammenhæng undersøger analysen for første gang i en dansk kontekst patentaktiviteten inden for det miljøteknologiske område.

Endelig udgør kapitel 5 en case-samling, som giver konkrete indblik i det store potentiale, som miljøteknologiske løsninger udgør – både vækstmæssigt og som en del af svaret på flere af verdens store kriser.

For de metodeinteresserede

Det er ikke nogen nem øvelse at kortlægge danske miljøteknologivirksomheder. Forskellige metodiske tilgange vil have forskellige indbyggede styrker og svagheder.

Mens tidligere analyser har gjort brug af en branchekodeafgrænsning, hviler denne analyse på en omfattende kortlægning af enkeltvirksomheder og deres aktivitet. En branchekodeafgrænsning har høj ekstern reliabilitet (dvs. at den nemt kan gentages), men vil ofte lide af lav validitet, da miljøteknologivirksomheder ofte er kategoriseret under generelle eller misvisende branchekoder.

Samtidig har mange miljøteknologiske virksomheder aktiviteter på flere områder, og mange store danske virksomheder er engageret i miljøteknologiske aktiviteter. Et eksempel er Novozymes, som fremstiller enzymer og andre biosolutions, men virksomheden udvikler og opererer også rensningsanlæg til spildevand fra deres produktion og indgår i en række cirkulære ressourcerværdikæder.

En tilgang, der hviler på en grundig kortlægning af enkeltvirksomheder, vil omvendt have høj validitet men lav ekstern reliabilitet. Nærværende analyse giver med andre ord et meget præcist billede af klyngens virksomheder, men er vanskelig at gentage med præcist samme resultat. Den anvendte metode i denne analyse betyder, at resultaterne afviger fra tidligere opgørelser. Fx hviler Danmarks eksportstrategi for vand på en opgørelse af eksport baseret på en bred branchekodeafgrænsning af vandsektoren (Damvad, 2018). Eksporttallet i strategien er derfor højere end i nærværende analyse.

1. Hvad er miljøteknologi og hvorfor er det vigtigt?



Hvad er miljøteknologi?

Miljøteknologi dækker over en vifte af teknologier, som begrænser eller retter op på de negative effekter, som vores moderne samfund har på miljøet.

CLEAN arbejder med fem områder, som er vist i figuren nedenfor. Den videre analyse af de miljøteknologiske virksomheder tager udgangspunkt i disse fem områder.

De fem områder er ikke gensidigt udelukkende, og en række af de danske (særligt store) miljøteknologiske virksomheder har aktiviteter på flere områder, hvilket bidrager til sammenhængen i klyngen.

For de miljøteknologiske virksomheder, som har aktiviteter inden for flere områder, er omfanget af virksomhedens aktiviteter blevet fordelt på de forskellige områder, jf. bilag A. I analysen kan en virksomhed derfor indgå under flere miljøteknologiske områder.

De fem miljøteknologiske områder og Danmarks særlige styrker uddybes på de følgende sider.



Vand

Vandteknologi omfatter løsninger, produkter og services i relation til vand, som transporteres i rør, herunder vandforsyning, spildevandsbehandling og vand/kloak-systemer. Danmark har en global førerposition inden for vandteknologiske løsninger, som bygger på knap 40 år med ambitiøse nationale miljø- og klimakrav.

Danmark står særligt stærkt inden for:

- **Lokalisering af grundvand**, herunder grundvandskortlægning og kildepladsstyring.
- **Behandling og distribution af drikkevand**, herunder rensning af grundvand (bl.a. for PFAS), lækagesøgning, reduktion af vandspild samt proces- og trykstyring.
- **Vandsystemer og industrielle applikationer**, herunder teknologi til minimering af vandforbrug ved fx fødevareproduktion og byggeri, genanvendelse af procesvand og vand til Power-to-X.
- **Behandling af spildevand**, herunder spildevandshåndtering og -rensning, ressourcegenanvendelse og varmeudnyttelse, energioptimering/-neutralitet, inddæmning og håndtering af klimagasser samt processtyring.

Danmark har både en række store og globalt førende virksomheder såsom Grundfos, AVK, Danfoss og Kamstrup, samt en underskov af innovative og eksportaktive SMV'er på vandområdet. Dertil kommer de mange danske vandselskaber, hvoraf flere aktivt indgår i udviklings- og innovationssamarbejder – bl.a. i tæt samarbejde med de førende danske forsknings- og uddannelsesinstitutioner. Endelig viderefører en række internationalt førende rådgivervirksomheder som eksempelvis NIRAS, Rambøll, COWI og Aarsleff stærke erfaringer og løsninger fra den danske vandsektor ud på de globale markeder.

Hvad er miljøteknologi?



Klimatilpasning

Klimatilpasningsteknologier omfatter løsninger, produkter og services, der adresserer eksisterende eller forventede konsekvenser af klimaforandringer, herunder skybrud, oversvømmelser, kraftige storme og tørke. Området omfatter både digitale og fysiske løsninger, samt by- og landskabsdesign.

De globale klimaændringer medfører et stort behov for miljøteknologisk innovation relateret til klimatilpasning.

Centrale innovations- og erhvervspotentialer er:

- **Naturbaserede løsninger**, herunder design af såkaldte LAR-anlæg (Lokal Afledning af Regnvand) samt grønne vægge og tage.
- **Udvikling af måleudstyr** ved bl.a. realtidssensorer og vejrdato. Dette indbefatter "early warning systems" til beredskab af pludseligt forekommende ekstremt vejr.
- **Udvikling af kortlægning- og planlægningsværktøjer**, hvilket indbefatter beslutningsværktøjer, konsekvensvurderingsværktøjer samt hydrologiske modeller.
- **Kystsikringsteknologier**, herunder miljøvenlige og agile sluse- og digesystemer til afbødning af stormfloder.

Danmark er langt fremme inden for urban klimatilpasning, hvor store konsulent-virksomheder som WSP, NIRAS og COWI implementerer robuste og helhedsorienterede klimatilpasningsløsninger. Dette understøttes af en gruppe af innovative og eksport-aktive SMV'er – specielt digitale. Der er stadig et stort potentiale for at udbrede miljøteknologien inden for klimatilpasning i tråd med det stigende politiske fokus og kommunernes realisering af DK2020-planerne.



Affald, ressourcer & materialer

Området dækker over teknologi til at håndtere affald, ressourcer og materialer. Det omfatter løsninger, produkter og services inden for materialevalg, -design, -fremstilling, -forarbejdning, anvendelse samt sortering, genbrug og genanvendelse.

Miljøbelastende industrier såsom plast-, bygge- og tekstilindustrierne er fortsat baseret på lineære processer, strukturer og værdikæder. Det er derfor essentielt for en grøn og cirkulær omstilling, at der arbejdes systematisk og på tværs af flere forskellige aktør-grupper, samtidig med at nye teknologier og forretningsmodeller udvikles og modnes.

Centrale innovations- og erhvervspotentialer er:

- **Grønne materialevalg, materialeinnovation samt design- og fremstillingsprocesser**, der muliggør genbrug og genanvendelse.
- **Bæredygtige og cirkulære systemer** for håndtering, udnyttelse og recirkulation af ressourcer såsom sortering, takeback-ordninger og digitale løsninger.
- **Nye metoder til bæredygtig genanvendelse af materialer**, herunder særligt for plast, byggematerialer og tekstiler.
- **Stimulering af efterspørgslen** på genanvendte og bæredygtige materialer.

Danmark er blandt andet hjemsted for flere lovende teknologier inden for sortering og genanvendelse samt den verdensførende industrielle symbiose i Kalundborg. Derudover er samfundet karakteriseret ved en stærk digital infrastruktur samt en høj grad af tillid og sammenhængskraft mellem samfundets aktører, som er afgørende for et systematisk skifte til en mere ressourceeffektiv og cirkulær økonomi.

Hvad er miljøteknologi?

8



Luft

Luftteknologi omfatter forskellige løsninger, produkter og tjenester, der sigter mod at tackle problemer med udendørs og indendørs luftforurening samt udledning af drivhusgasser.

Sundhedsskadelig luftforurening er et stigende problem i store dele af verden. WHO estimerer, at luftforurening globalt er skyld i 4,2 mio. præmature dødsfald årligt. Der er derfor behov for teknologi til at rense luft og begrænse yderligere luftforurening.

På globalt plan er der samtidig et fortsat stigende behov for drastiske reduktioner i udledningen af drivhusgasser.

For den danske luftteknologiske klynge er centrale innovations- og erhvervspotentialer:

- **Sensortechnologier** til detektion af luftforurening i både uden- og indendørs miljøer.
- **Teknologier, der kan begrænse maritime emissioner** såsom nitrogenoxider (NoX) og CO₂.
- **Udvikling af Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS)-teknologi** til fangst og monitorering af drivhusgasser fra industrielle kilder samt evt. muligheder for at udnytte den indfangede CO₂.

Danmark har en række luftteknologivirksomheder, der arbejder med sensorer pga. en række krav om monitorering af miljøskadelige stoffer. Danmarks globale styrkeposition inden for shippingbranchen har samtidig tilført luftteknologisektoren en række toneangivende virksomheder, der arbejder med at begrænse maritime emissioner. CCUS-området er stadig på et tidligt stadie, men Danmark har et stærkt sektorsamarbejde på området. Stadig flere virksomheder orienterer sig mod mulighederne for at tappe ind i dele af værdikæden fra fangst, over kompression/ fordråbning af CO₂ til udnyttelse eller lagring og monitorering af CO₂ i undergrunden.



Natur

Området omfatter løsninger, produkter og teknologier rettet mod måling, afværgning og oprensning af miljøforurening i jord, hav og overfladevand samt teknologier til overvågning og naturgenopretning på land og i havet. Det faglige område omfatter også miljøteknologi til beskyttelse af drikkevandsressourcer.

Den danske natur på land og i havet er under stort pres. Mange naturtyper er i tilbagegang, samtidig med at vores livsgrundlag og økonomi er helt afhængig af, at naturens økosystemer fungerer.

Forurening med miljøfremmede stoffer på land og i havet kan ødelægge grundlaget for produktion af sunde fødevarer og påvirke adgangen til rent drikkevand.

De akutte miljømæssige udfordringer medfører et stort behov for miljøteknologisk innovation. Centrale innovations- og erhvervspotentialer er:

- **Udvikling af måleudstyr** (in situ, sensorer mv.), overvågningssystemer (droner, satellitter mv.) og databehandlingssystemer.
- **Teknologier til monitorering og effektvurdering** af miljø- og naturgenopretning.
- **Forbedret teknologi** til in situ jordoprensning.
- **Udvikling af CCUS-teknologi** til binding og lagring af CO₂ i landbruget og i undergrunden.

De miljøteknologiske virksomheder har en styrke inden for databehandling i relation til miljøovervågning, naturgenopretning og afværgeteknologier.

Som nævnt under luftteknologi er der få virksomheder i Danmark, der arbejder med CCUS, men et vigtigt område er ikke desto mindre lagring af CO₂, efter den er fanget.

Flere globale kriser øger behovet for miljøteknologiske løsninger

Der er god grund til at forvente, at efterspørgslen på miljøteknologi vil vokse i de kommende år. Verden står over for store, globale kriser, der kræver nye teknologiske løsninger – både på miljøområdet og i samspil med andre sektorer.

Klimakrisen har medført globale temperaturstigninger, stigende havvandstand og flere ekstreme vejrfænomener. Nogle dele af verden oplever mere tørke, mens andre områder får kraftigere nedbør og vind samt hyppigere oversvømmelser. Det skaber pres på både infrastruktur, landbrug og bygninger.

Kombineret med en voksende global befolkning er klimakrisen med til at forværre udfordringer med knaphed på frugtbar jord og rent vand. Det vil skabe større og hyppigere vand- og fødevarekriser i fremtiden, som særligt vil ramme verdens fattige egne.

Klimaændringer og forurening af miljø og natur medfører også faldende biodiversitet, artsudryddelse og stadigt flere steder på kloden, som bliver ubeboelige. I Danmark er knap 40 pct. af alle dyre-, plante- og svampearter i større eller mindre grad truet af udryddelse (Miljøstyrelsen, 2019), og der er store problemer med dårlig vandkvalitet langs nogle kyster og forurening med pesticider i grundvandet.

Global økonomisk vækst og en voksende verdensbefolkning sætter et historisk stort pres på klodens naturressourcer, hvor forbruget af begrænsede ressourcer, såsom vand, energi og fødevarer, vokser. Verden bruger i gennemsnit naturressourcer, som hvis der var 1,7 jordklode til rådighed. Kigger man på forbruget i Danmark, er det over dobbelt så højt, idet der forbruges, som hvis der var 3,6 jordkloder til rådighed (York University, 2022).

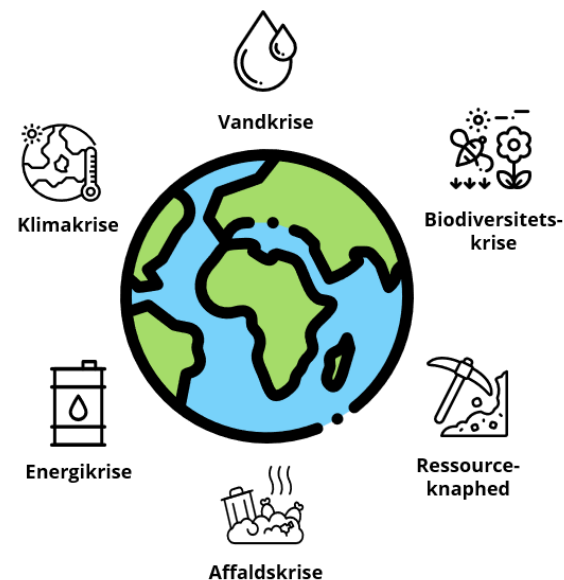
Et voksende forbrug betyder, at mange ressourcer bliver knappe, og at omkostningerne ved at erhverve dem vil stige. Der er derfor et stigende behov for at øge brugen af alternative materialer samt recirkulere materialer. Hertil kommer, at affaldsmængderne forventes at stige med 75 pct. globalt i 2050, medmindre der gennemføres gennemgribende cirkulære foranstaltninger (Reg Lab, 2021).

Miljøteknologiske innovationer kan ikke løse de store kriser alene. Men de vil i mange tilfælde kunne bidrage til en grøn og mere miljøvenlig omstilling af samfundet. Det gælder eksempelvis på energiområdet, hvor Power-to-X forventes at kunne løse udfordringer med lagring af vedvarende energi. Power-to-X i storskala kræver imidlertid så store mængder rent vand, at innovativ vandteknologi bliver en central del af løsningen.

På det politiske plan har de globale kriser ført til en række skelsættende hensigter, aftaler og love. Med Paris-aftalen fra 2015 har FN's medlemslande forpligtet sig til en langsigtet målsætning om at begrænse den globale temperaturstigning til under 2 grader – og om at arbejde for at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader.

I 2019 vedtog EU The European Green Deal, der omfatter en vifte af initiativer, som skal realisere målet om at gøre EU klimaneutral i 2050 samt at reducere drivhusgasudledning med 55 pct. frem mod 2030. Green Deal indeholder initiativer inden for klima, miljø, energi, transport, industri, landbrug og bæredygtig finansiering, som er tæt forbundne. Og i 2020 vedtog Folketinget Danmarks første klimalov, som forpligter Danmark til at reducere drivhusgasudledningerne med 70 pct. i 2030 ift. 1990 og senest i 2050 gøre Danmark klimaneutral.

Senest har USA i 2022 vedtaget Inflation Reduction Act (IRA), som er USA's mest omfattende klimainitiativ til dato. Loven skal indfri USA's mål om at halvere sine CO₂-udledninger inden 2030. Med loven følger en samlet investeringssum på 368 mia. USD, men også en række krav om, at produktionen skal foregå i USA.



2. Danmarks miljøteknologiske virksomheder i tal



Foto: Morten Telling

De miljøteknologiske virksomheder er en del af en samlet klynge

Den danske miljøteknologiske klynge består af mere end miljøteknologiske virksomheder. De miljøteknologiske virksomheder udgør kernen af klyngen og samarbejder på tværs af fagområder og brancher for at udvikle nye miljøteknologiske løsninger. Flere af de miljøteknologiske virksomheder har også aktiviteter inden for mere end ét af de fem områder, som vist i den grå cirkel i figuren til højre.

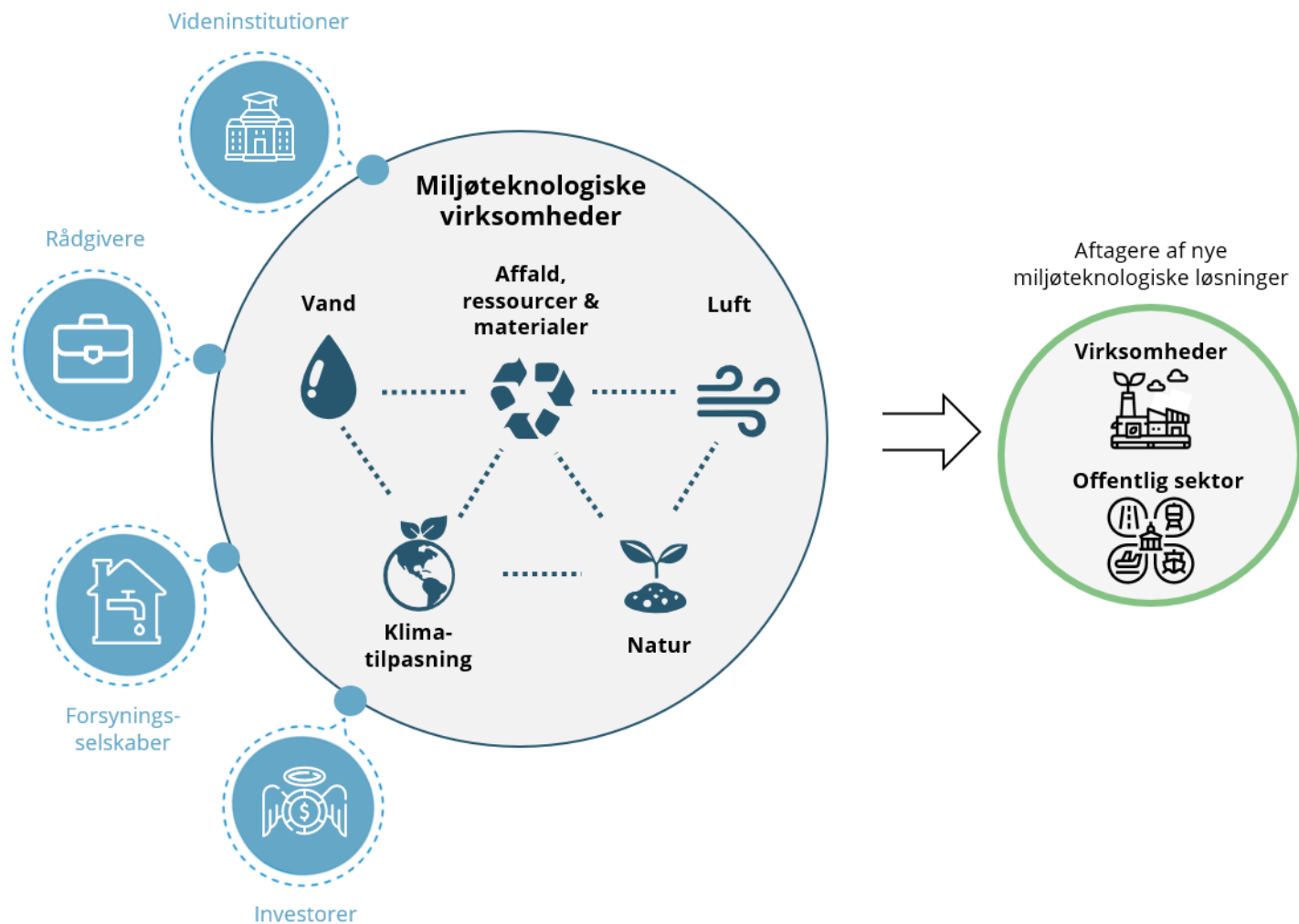
Virksomhederne indgår samtidig i en klynge, som omfatter en internationalt anerkendt rådgiverbranche, udviklingsorienterede forsyningsselskaber, investorer og en række danske forskningsmiljøer samt GTS-institutter, som er ledende på miljøområdet.

En velfungerende klynge er en forudsætning for, at der udvikles stærke værdikæder. Den nyeste forskning fra førende videninstitutioner skal ud til virksomhederne. Rådgivere og forsyningsselskaber skal inddrages i udvikling og afprøvning af teknologier. Og støtte fra investorer skal sikre, at iværksættere når stadiet, hvor de kan sælge og eksportere nye, innovative produkter og services.

På aftagersiden findes offentlige og private aktører, som skal håndtere miljøudfordringer, og som ofte indgår i udviklingen og driften af miljøteknologiske løsninger. Disse aktører er også vigtige at have øje for.

Der er således tale om en klynge af miljøteknologiske virksomheder, som rækker ind i mange forskellige dele af samfundet og erhvervslivet.

På de følgende sider sættes tal på de miljøteknologiske virksomheders aktivitet.



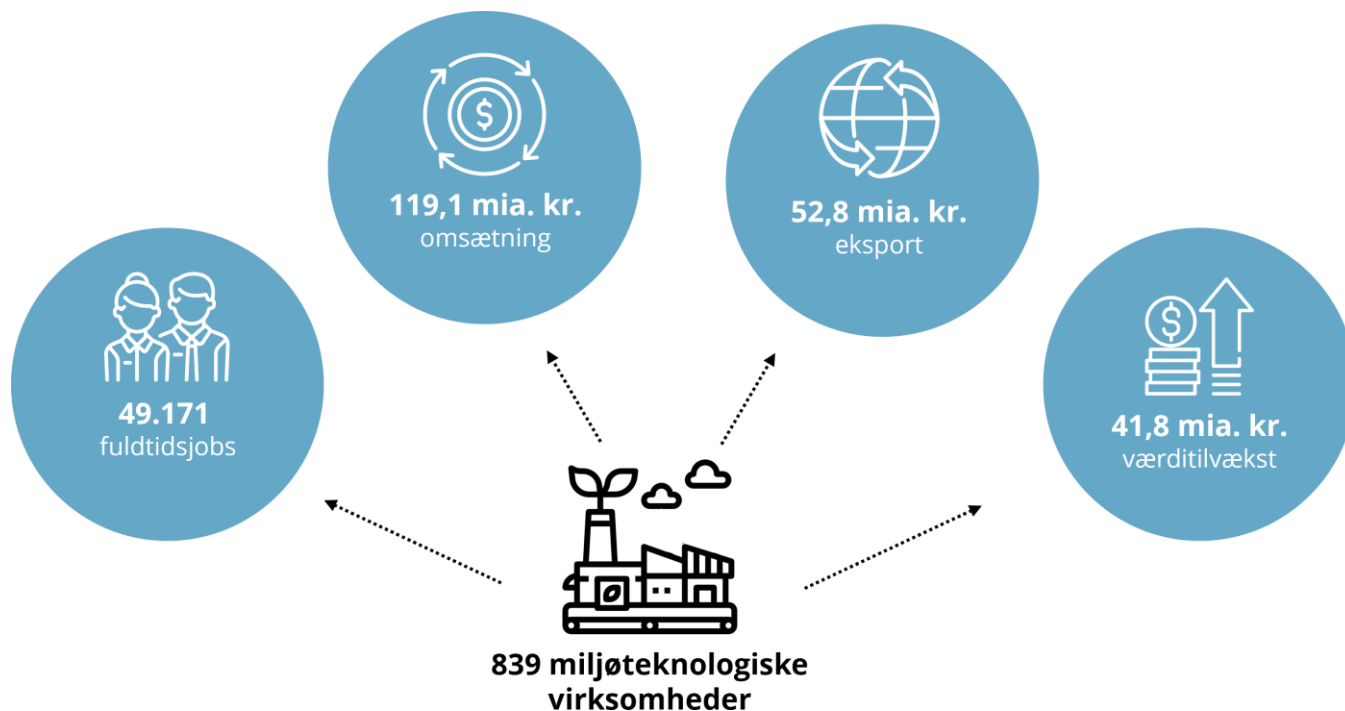
Danske miljøteknologiske virksomheder leverer et substantielt bidrag til dansk økonomi

De miljøteknologiske virksomheder leverer et substantielt bidrag til dansk økonomi. Figuren nedenfor til venstre giver et overblik over de vigtigste økonomiske nøgletal i 2021. Miljøteknologiske virksomheder beskæftiger mere end 49.000 fuldtidsansatte og har en omsætning på 119 mia. kr. De danske miljøteknologiske virksomheder er samtidig internationalt orienteret og eksporterer nye grønne miljøteknologiske løsninger for en værdi på knap 53 mia. kr.

De miljøteknologiske virksomheder er som nævnt en del af en samlet klynge, som også omfatter rådgivere og forsyningsselskaber. Tabellen til højre nedenfor lægger de økonomiske nøgletal for rådgivere og forsyningsselskaber oveni virksomhedernes nøgletal og tegner derved et billede af miljøklyngens samlede bidrag til dansk økonomi. Inddrages forsyningsselskaber og rådgivere i kortlægningen øges antallet af fuldtidsbeskæftigede til lidt over 71.000, mens omsætningen stiger til 165 mia. kr.

De miljøteknologiske virksomheders økonomiske aktivitet udfoldes yderligere på de efterfølgende sider.

Miljøteknologiske virksomheders bidrag til dansk økonomi, 2021



Miljøklyngens samlede bidrag til dansk økonomi, 2021

	839 miljøteknologiske virksomheder	108 Rådgivere	1.897 Forsynings-selskaber	Miljøklyngen samlet
Fuldtidsjobs	49.171	15.519	7.045	= 71.735
Omsætning (mia. kr.)	119,1	17,4	28,7	= 165,2
Eksport (mia. kr.)	52,8	2,8	1,8	= 57,4
Værditilvækst (mia. kr.)	41,8	11,1	12,6	= 65,6

Kilde: IRIS Group på baggrund af særkørsel fra Danmarks Statistik.

Note: Det er ikke første gang, at omfanget af de miljøteknologiske virksomheders økonomiske bidrag bliver kortlagt. Den seneste kortlægning blev gennemført af FORA i 2009. Den tidligere kortlægning anvendte dog en noget bredere afgrænsning af miljøteknologi, der blandt andet omfattede energiteknologi, og resultaterne kan derfor ikke sammenlignes 1:1 med denne analyse.

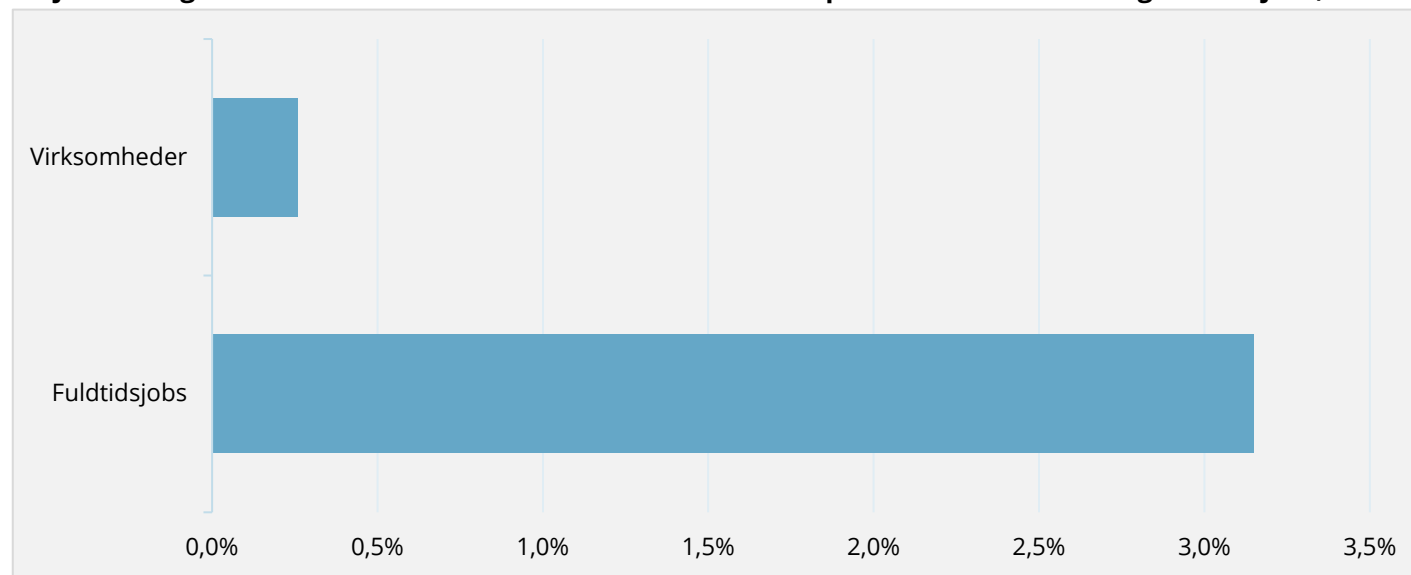
De miljøteknologiske virksomheder beskæftiger mere end 49.000 fuldtidsansatte

Der er 839 miljøteknologiske virksomheder i Danmark, som tilsammen beskæftiger godt 49.000 fuldtidsansatte, som vist i figuren til højre. De miljøteknologiske virksomheders aktiviteter er især koncentreret inden for 1) vand, 2) affald, ressourcer & materialer samt 3) luft. Af virksomhedernes samlede beskæftigelse kan ca. 80 pct. relateres til de tre områder. Vand samt affald, ressourcer & materialer er samtidig de to områder, som flest virksomheder har aktiviteter inden for.

De 839 miljøteknologiske virksomheder udgør kun 0,3 pct. af det samlede antal virksomheder i Danmark. Men målt på beskæftigelsen udgør de miljøteknologiske virksomheder en noget større andel af dansk erhvervsliv. I 2021 stod de miljøteknologiske virksomheder for 3,1 pct. af alle private jobs, som vist i figuren nedenfor.

Virksomhedernes relativt store andel af den samlede beskæftigelse afspejler, at de miljøteknologiske virksomheder omfatter en række af store toneangivende virksomheder i dansk erhvervsliv som fx Grundfos og Haldor Topsøe.

Miljøteknologiske virksomheders andel af det samlede antal private virksomheder og fuldtidsjobs, 2021



Kilde: IRIS Group på baggrund af særkørsel fra Danmarks Statistik.

Antal virksomheder og fuldtidsjobs i de miljøteknologiske virksomheder, 2021

		
	Virksomheder	Fuldtidsjobs
Miljøteknologiske virksomheder	839	49.171
 Vand	293	12.961
 Klimatilpasning	101	4.436
 Affald, ressourcer & materialer	286	15.868
 Luft	183	10.747
 Natur	155	5.159

Note: Flere af de miljøteknologiske virksomheder har aktiviteter inden for flere områder. Summen af virksomheder inden for de fem områder stemmer derfor ikke med det samlede antal miljøteknologiske virksomheder, da flere virksomheder indgår i mere end ét område.

Flest miljøteknologiske jobs i Region Midtjylland og størst jobvækst i Region Nordjylland

De miljøteknologiske virksomheder er bredt forankret i hele landet. Det fremgår af figuren, der viser den regionale fordeling af beskæftigelsen i de miljøteknologiske virksomheder.

For hver af de fem regioner viser figuren det samlede antal fuldtidsjobs i virksomhederne, samt hvor stor en andel af den samlede beskæftigelse blandt de miljøteknologiske virksomheder, der er placeret i regionen. Herudover viser figuren jobvæksten i virksomhederne fra 2017-21.

De fleste miljøteknologiske jobs findes i Region Midtjylland, Region Syddanmark og Region Hovedstaden. De tre regioner tegner sig hver især for mellem 27-30 pct. af virksomhedernes samlede beskæftigelse i 2021. Det svarer til, at knap 9 ud af 10 miljøteknologiske jobs er placeret i de tre regioner.

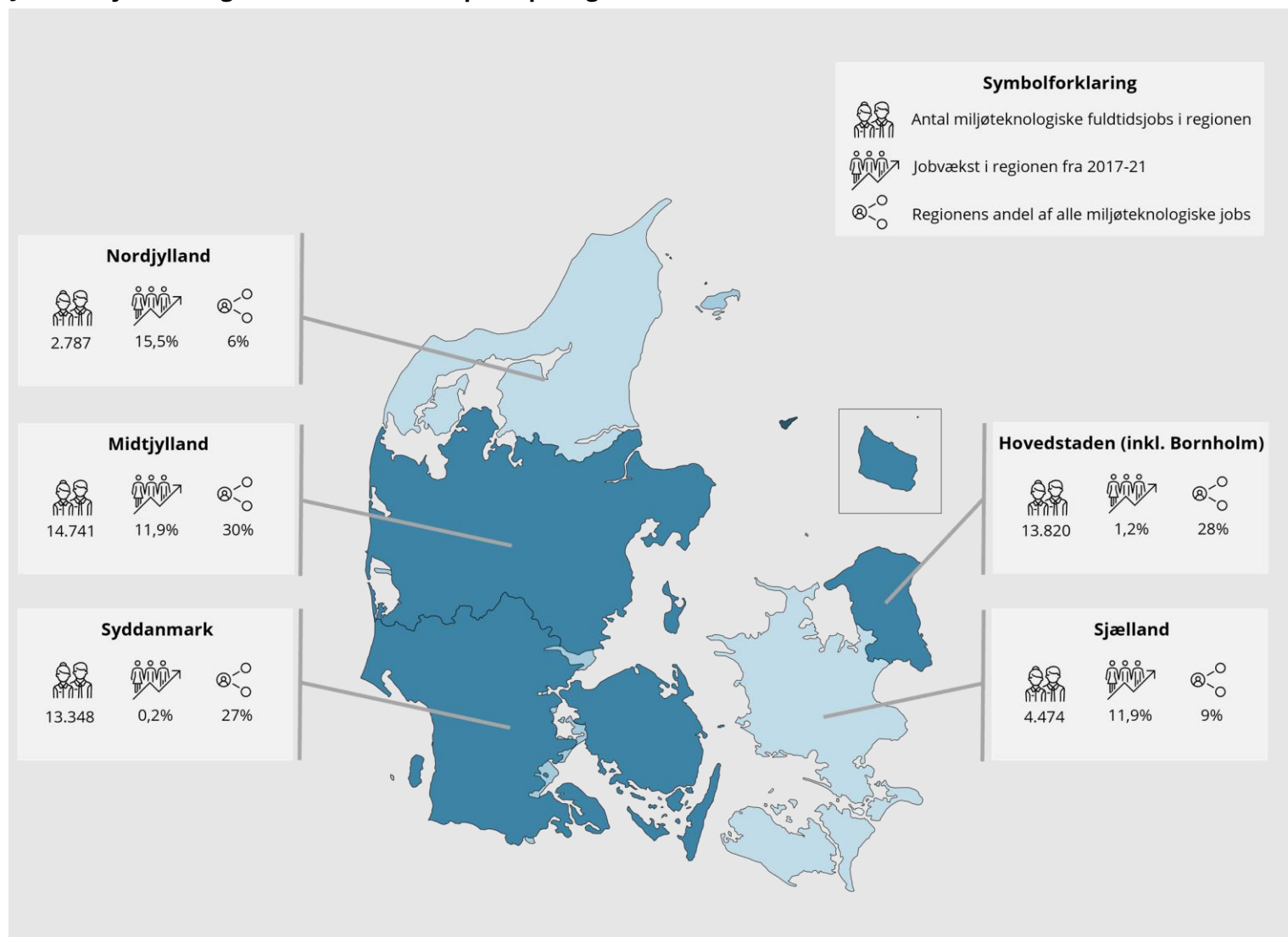
De to øvrige regioner, Region Nordjylland og Region Sjælland står for hhv. 6 og 9 pct. af den samlede beskæftigelse. Den geografiske fordeling af beskæftigelsen i de miljøteknologiske virksomheder afspejler beskæftigelsen i erhvervslivet generelt.

Fra perioden 2017-21 er antallet af fuldtidsbeskæftigede i de miljøteknologiske virksomheder steget med 5,6 pct. Til sammenligning steg beskæftigelsen i hele erhvervslivet med 6,8 pct.

Den største vækst i antal jobs er sket i Region Nordjylland, hvor der har været en jobvækst på knap 16 pct. i perioden. Også i Region Midtjylland og Region Sjælland har der været en fin jobvækst over de seneste fem år.

Af figuren kan det også ses, at jobskabelsen i de miljøteknologiske virksomheder i Region Syddanmark og Region Hovedstaden har været noget mindre.

Jobs i miljøteknologiske virksomheder opdelt på regioner, 2021



Kilde: IRIS Group på baggrund af særkørsel fra Danmarks Statistik.

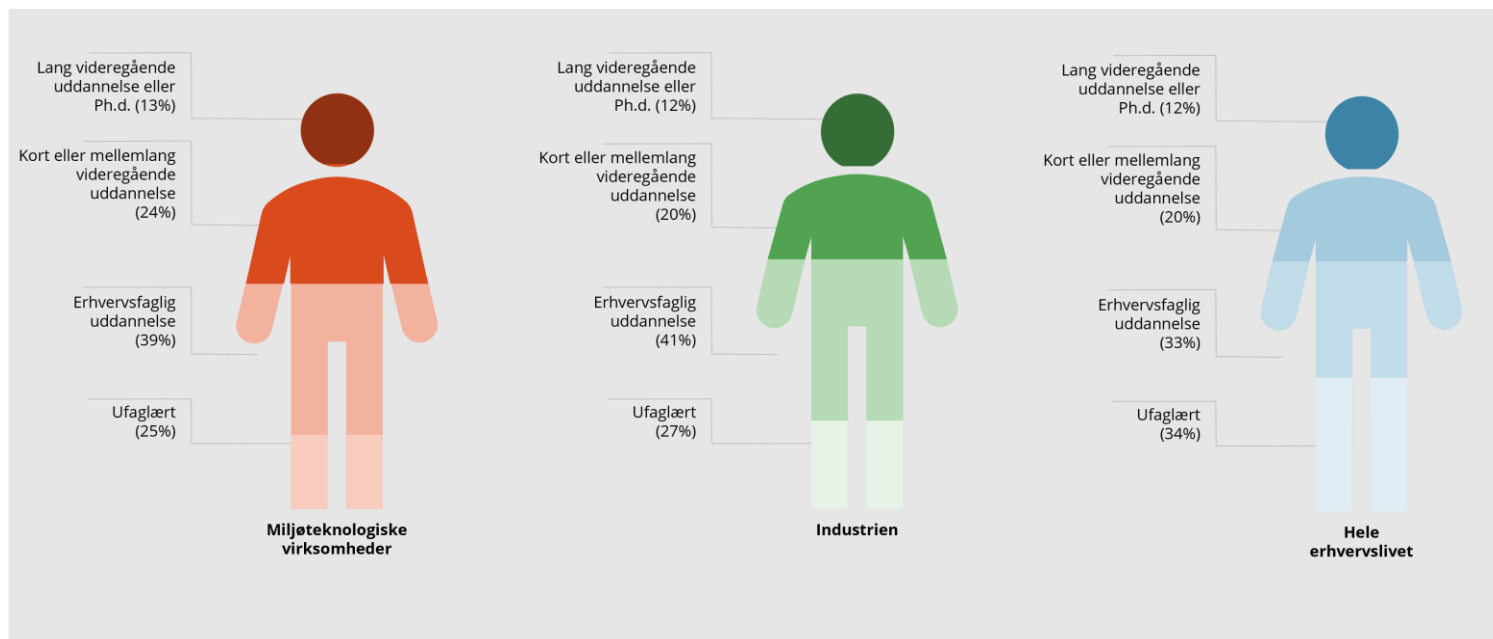
De miljøteknologiske virksomheder beskæftiger flere højtuddannede end erhvervslivet generelt

Sammenlignet med hele erhvervslivet er de danske miljøteknologiske virksomheder karakteriseret ved et relativt højt vidensniveau målt på uddannelsesniveauet blandt virksomhedernes medarbejdere.

Blandt de miljøteknologiske virksomheder har ca. 37 pct. af medarbejderne en videregående uddannelse mod 32 pct. for erhvervslivet som hele. Det er især andelen af medarbejdere med en kort eller mellemlang videregående uddannelse, der er højere blandt miljøvirksomhederne. Derudover har virksomhederne en større andel medarbejdere med en erhvervsfaglig uddannelse end erhvervslivet generelt. Forskellene i uddannelsesniveauet er noget mindre, når de miljøteknologiske virksomheder holdes op mod industrien generelt. Uddannelsesniveauet blandt virksomhedernes medarbejdere har været nogenlunde stabilt siden 2012. Den største stigning er sket ift. andelen af medarbejdere med en lang videregående uddannelse, der er vokset fra 10 til 13 pct.

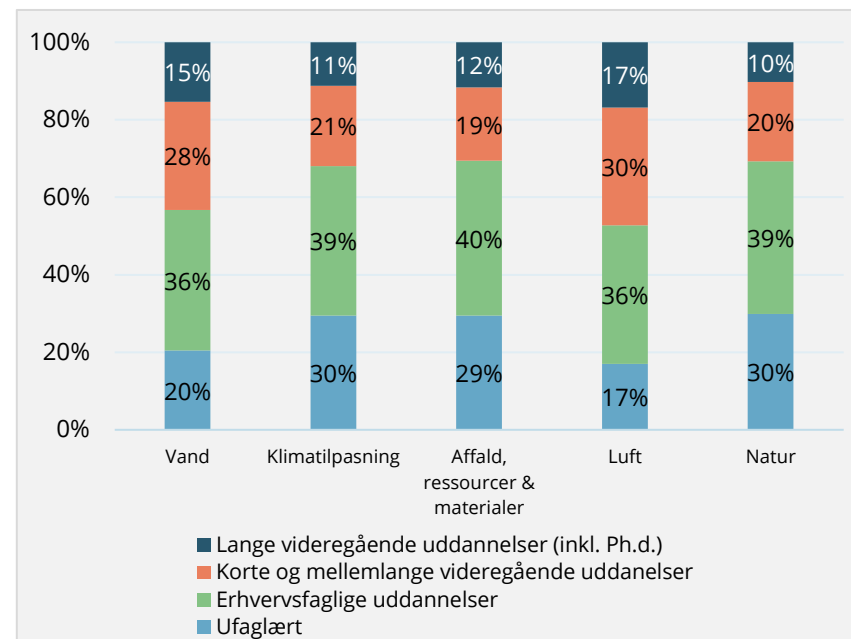
Det er især virksomheder, der beskæftiger sig med vand og luft, som har mange medarbejdere med en videregående uddannelse. Blandt de virksomheder, der arbejder med vand, har 28 pct. af medarbejderne en kort eller mellemlang videregående uddannelse, mens 15 pct. har en lang videregående uddannelse. De tilsvarende tal for virksomheder, der arbejder med luft, er hhv. 30 og 17 pct.

Medarbejdernes uddannelsesniveau, 2021



Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra Danmarks Statistik.
 Note: Personer med uoplyst uddannelse indgår ikke i beregningen.

Medarbejdernes uddannelsesniveau fordelt på områder, 2021



De miljøteknologiske virksomheder omsætter for 119 mia. kr. årligt

De miljøteknologiske virksomheder bidrager betydeligt til den danske økonomi med en samlet omsætning på lidt over 119 mia. kr. årligt, som vist i figuren til højre.

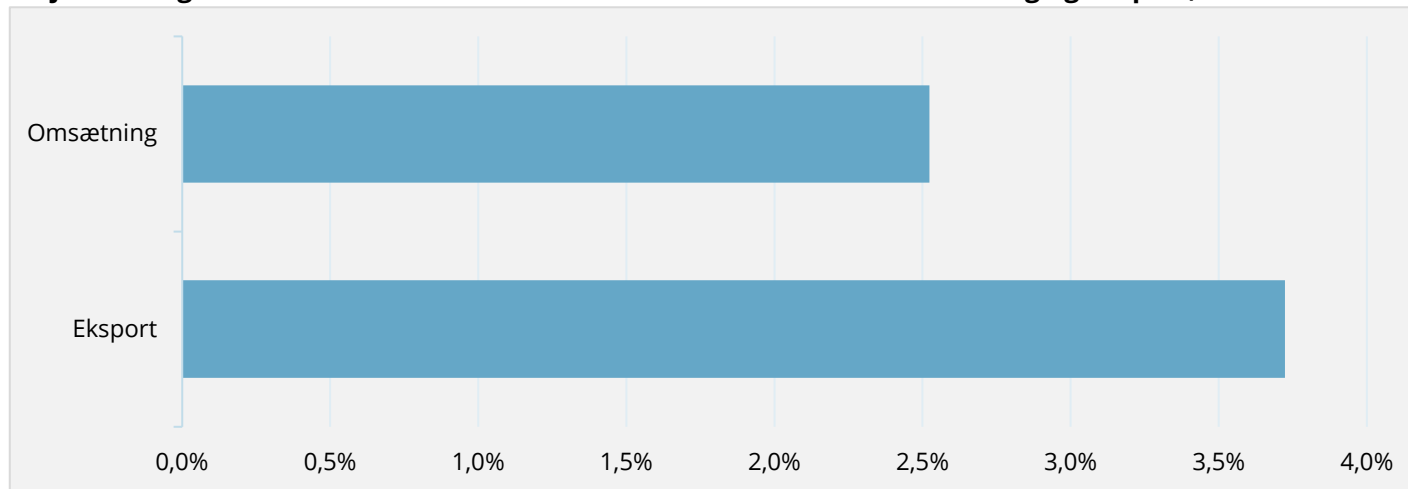
Virksomheder, der beskæftiger sig med affald, materialer & ressourcer, har med 43 mia. kr. den største omsætning. Herefter følger virksomheder med aktiviteter inden for vand og luft.

De miljøteknologiske virksomheder er internationalt orienteret og eksporterer (bl.a. højteknologiske produkter og services) til hele verden for en samlet værdi på 52,8 mia. kr. Til sammenligning eksporterer den danske fødevareklynge for ca. 173 mia. kr. Fødevareklyngens høje eksport, der i høj grad består af animalske produkter, hænger bl.a. sammen med, at klyngen beskæftiger godt tre gange så mange, som de miljøteknologiske virksomheder (Landbrug & Fødevarer 2022).

Langt størstedelen af eksporten af miljøteknologi (ca. 94 pct.) stammer fra aktiviteter inden for affald, vand og luft. Eksport udgør ca. halvdelen af virksomhedernes samlede omsætning inden for affald, vand og luft.

Selvom de miljøteknologiske virksomheder udgør under en halv pct. af den samlede virksomhedsbestand i Danmark, tegner de sig for ca. 2,5 pct. af den samlede omsætning. Målt på eksporten står virksomhederne for en lidt højere andel, idet deres samlede eksport udgør ca. 3,7 pct. af den danske eksport, som vist nedenfor.

Miljøteknologiske virksomheders andel af erhvervslivets samlede omsætning og eksport, 2021



Kilde: IRIS Group på baggrund af særkørsel fra Danmarks Statistik.

Note: Omsætning og eksport er opgjort i 2015-priser. Eksport for miljøklyngen er opgjort på baggrund af den generelle firmastatistik, mens eksporten for hele erhvervslivet er opgjort på baggrund af nationalregnskabet.

Det bemærkes, at omsætning og eksport afviger fra tidligere analyser. Bl.a. har Damvad (2018) opgjort vandsektorens eksportbidrag til 19,6 mia. kr. i 2017. Forskellen skyldes, at tidligere analyser har gjort brug af en bred branchekodeafgrænsning, mens denne analyse hviler på en mere restriktiv kortlægning af enkeltvirksomheder og deres aktivitet. Se bilag A for uddybning.

De miljøteknologiske virksomheders omsætning og eksport, 2021

		 Omsætning (mia. kr.)	 Eksport (mia. kr.)
Miljøteknologiske virksomheder		119,1	52,8
 Vand		30,7	16,1
 Klimatilpasning		8,9	0,8
 Affald, materialer & ressourcer		43,0	20,8
 Luft		26,1	12,7
 Natur		10,4	2,4

Værdiskabelsen i de miljøteknologiske virksomheder er vokset med over 6 mia. kr. siden 2016

Selvom de miljøteknologiske virksomheder udgør under en halv pct. af virksomhederne i Danmark står de for over tre pct. af den samlede værdiskabelse.

Værdiskabelsen er et udtryk for forskellen mellem virksomhedernes værdi af produktionen (varer og tjenester) og deres forbrug i produktionen (råvarer mm.). Med andre ord er værdiskabelsen et mål for, hvor meget virksomhederne har til bl.a. aflønning af deres medarbejdere efter omkostningerne til produktionen er trukket fra.

Tabellen til højre viser, hvordan værdiskabelsen i de miljøteknologiske virksomheder har udviklet sig i perioden 2017-21 – både samlet set og på de fem miljøteknologiske områder. Derudover viser tabellen virksomhedernes andel af erhvervslivets samlede værdiskabelse og beskæftigelse.

I 2021 lå værdiskabelsen i de miljøteknologiske virksomheder samlet set på knap 42 mia. kr., hvilket svarer til 3,3 pct. af den samlede værdiskabelse i danske virksomheder. Hovedparten af værdiskabelsen kommer fra de tre store områder; affald, ressourcer & materialer, vand og luft – godt 35 ud af de 42 mia. kr. i 2021.

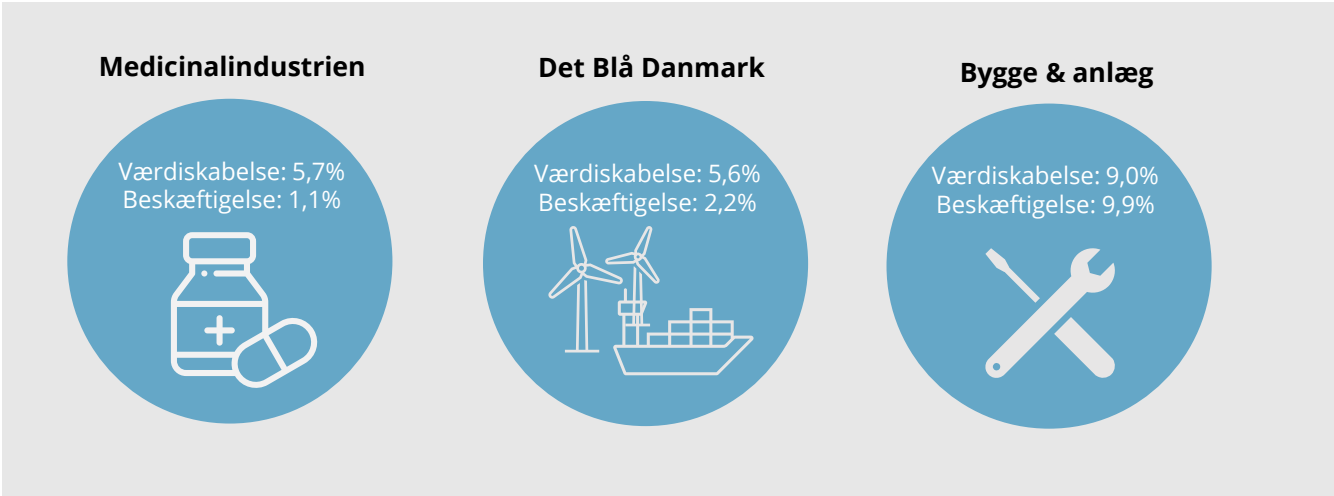
Siden 2017 er de miljøteknologiske virksomheders værdiskabelse vokset med godt 7 mia. kr. Værdiskabelsen er vokset inden for alle fem områder. Affald, ressourcer & materialer har oplevet den største økonomiske fremgang på ca. 3 mia. kr. i perioden. Tabellen viser også, at de miljøteknologiske virksomheder står for en lidt større andel af den samlede værdiskabelse end den samlede beskæftigelse.

De miljøteknologiske virksomheder udgør en noget mindre andel af den samlede værdiskabelse end medicinalindustrien og Det Blå Danmark – også når der tages højde for deres størrelse (beskæftigelse). Det hænger blandt andet sammen med, at netop de to sektors virksomheder opererer på markeder med relativt høje overskudsgrader. Bygge & anlægssektorens andel af den samlede værdiskabelse udgør ca. 9 pct., hvilket svarer – som for de miljøteknologiske virksomheder – til sektorens beskæftigelsesandel.

Miljøteknologiske virksomheders værditilvækst (mia. kr.) og andel af samlet værditilvækst, 2017-21

	2017	2019	2021
Affald, ressourcer & materialer	11,3	13,0	14,3
Vand	10,6	11,2	11,6
Luft	7,2	9,3	9,6
Natur	2,7	3,3	3,5
Klimatilpasning	2,6	2,9	2,9
Miljøvirksomheder i alt	34,4	39,6	41,8
Andel af samlet værdiskabelse	3,5%	3,6%	3,3%
Andel af samlet beskæftigelse	3,2%	3,2%	3,1%

Udvalgte sektors bidrag til værdiskabelsen i dansk erhvervsliv, 2020



Kilde: IRIS Group på baggrund af DI (2021), Søfartsstyrelsen (2021) samt særudtræk fra Danmarks Statistik. Opgørelsen af medicinalindustriens og Det Blå Danmarks bidrag til værdiskabelsen er opgjort på baggrund af nationalregnskabs tal for værditilvækst og er derfor ikke direkte sammenlignelige med tallene for de miljøteknologiske virksomheder samt bygge & anlæg.

Stort globalt vækstpotentiale for miljøteknologi

Ser man på de seneste år har den danske miljøklynge været i vækst, og der er gode muligheder for, at væksten i de kommende år bliver endnu større.

Fra 2017 til 2021 er omsætningen blandt de danske miljøteknologiske virksomheder vokset med ca. 10 pct. fra ca. 108 til 119 mia. kr. Særligt virksomheder inden for affald, ressourcer og materialer har haft en stor fremgang. I perioden er deres omsætning steget med ca. 22 pct. eller 7,8 mia. kr. Hovedparten af stigningen er sket fra 2020-21.

Miljøvirksomhedernes eksport er også steget i perioden. Eksporten er øget fra ca. 45 mia. kr. i 2017 til 53 mia. kr. i 2021. Det svarer til en stigning på ca. 16 pct. Fremgangen har været størst inden for affald, materialer & ressourcer, som er vokset med 5,6 mia. kr., svarende til ca. 37 pct. i perioden 2017-21. Ligesom for omsætningen er hovedparten af stigningen sket fra 2020-21.

Både de miljøteknologiske virksomheder og erhvervslivet som hele har oplevet et mindre fald i omsætning og eksport i 2020 efterfulgt af en stor stigning i 2021. Denne udvikling er sandsynligvis et udtryk for coronapandemien, de medfølgende nedlukninger af samfundet i 2020 og den efterfølgende (gradvise) genåbning af samfundet – både nationalt og internationalt – i løbet af 2021.

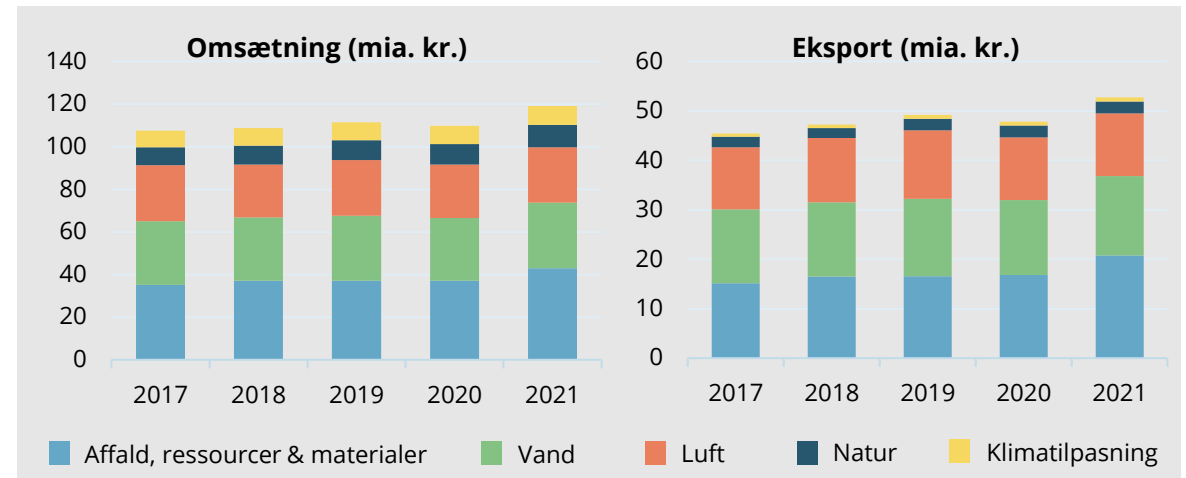
For at belyse det fremtidige vækstpotentiale for de danske miljøteknologiske virksomheder er en række analyseinstitutters vækstprognoser kortlagt. Prognoserne forudsiger generelt, at det globale marked for miljøteknologiske løsninger vil vokse markant de kommende år.

Figuren nederst til højre viser fire internationale analyseinstitutters forventninger til den fremtidige vækst i omsætningen for miljøteknologiske løsninger frem mod 2030. Den mørkeblå linje viser middelværdien for de fire bud, mens det lyseblå areal viser usikkerheden på estimaterne.

Markedet forventes at stige fra omkring 550 mia. USD i 2021 til mere end 800 mia. dollars i 2030. I den tiårige periode forventes markedet at have en årligt vækst på ca. 5 pct., hvilket svarer til en samlet vækst på lidt over 270 mia. USD.

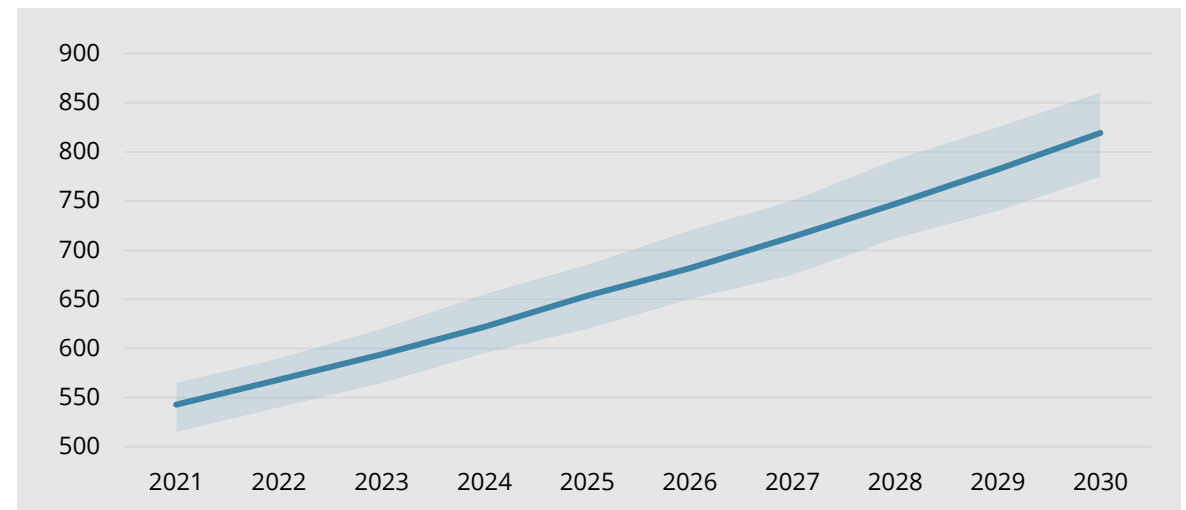
Man skal dog generelt være varsom med at fortolke vækstprognoserne, da en række centrale betingelser for prognosen kan forandres radikalt frem imod 2030.

Udvikling i danske miljøteknologiske virksomheders omsætning og eksport, 2017-21



Kilde: IRIS Group på baggrund af særkørsel fra Danmarks Statistik. Note: Omsætning og eksport er opgjort i 2015-priser.

Forventet vækst i omsætningen inden for det globale marked for "Environmental Technologies", mia. USD



Kilde: Precedence Research, Markets and Markets, Statistics MRC & Research and Markets

3. En klynge baseret på et solidt forskningsfundament



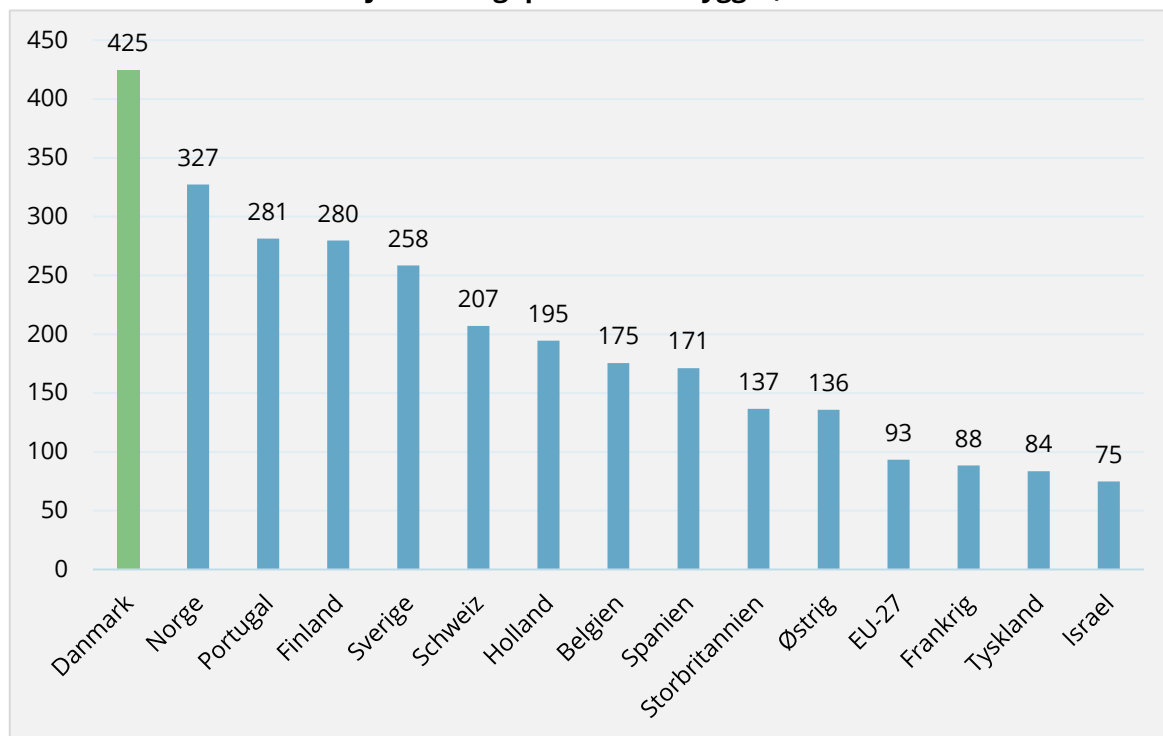
Dansk miljøteknologisk forskning står stærkt

Verden står i dag over for store miljø-, klima- og energiudfordringer, der kræver en grøn omstilling af hele samfundet. Udviklingen af ny viden inden for det miljøteknologiske forskningsområde er en afgørende forudsætning for at skabe fremtidens idéer, der kan løse de globale udfordringer (IPPC, *Climate Change* 2022). Resultaterne fra forskningen kan danske virksomheder tage til sig og omsætte til nye innovative produkter.

Dansk miljøteknologisk forskning står stærkt internationalt set. Figuren til venstre viser, at Danmark har en stor produktion af miljøteknologisk forskning, når denne sættes i forhold til landets indbyggere. I perioden 2017-22 har danske forskere udgivet 425 videnskabelige artikler per mio. indbyggere, mens det tilsvarende tal for EU-27-landene blot er 93 artikler.

Kvaliteten af den danske forskning er også høj, og forskningen citeres ofte af fagfæller. Det fremgår af figuren til højre, der viser andelen af videnskabelige artikler inden for miljøteknologi blandt de lande, der er blandt de 10 pct. mest citerede i verden. Kun artikler udgivet af hollandske forskere citeres mere end de danske.

Antal artikler inden for miljøteknologi per mio. indbygger, 2017-22

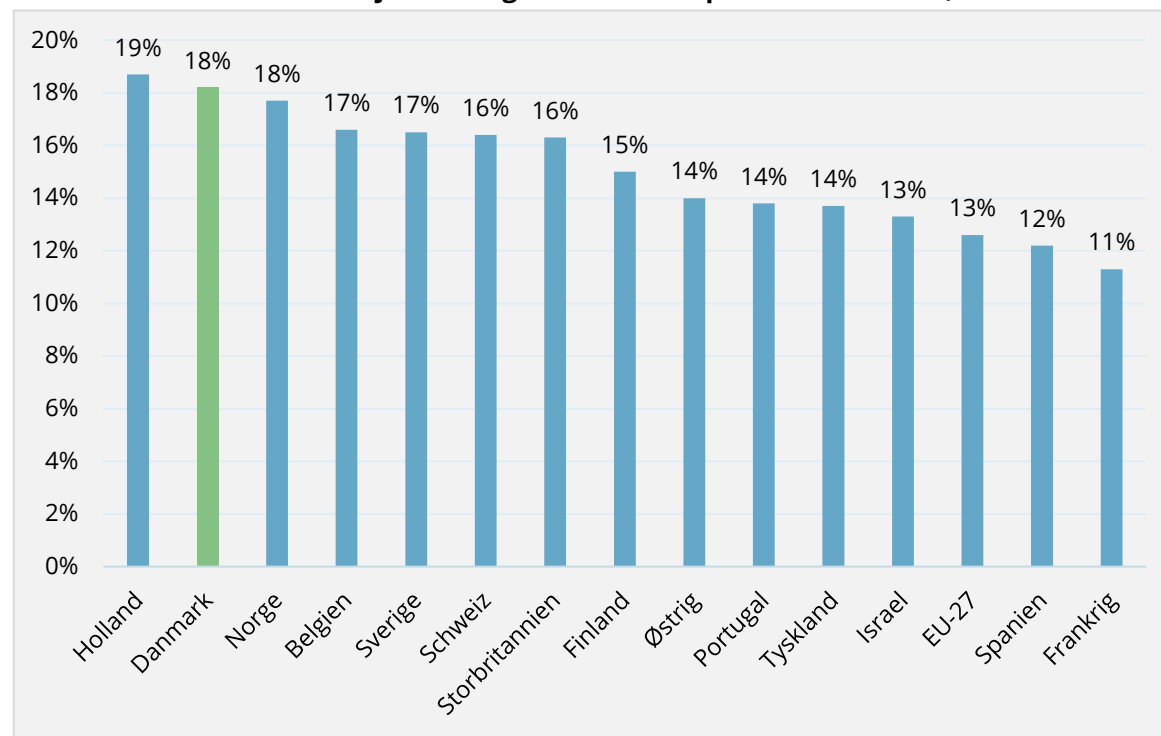


Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra Scopus.

Note: Forskningsartikler omfatter artikler, reviews og konferencebidrag.

Opgørelsen er baseret på artikler publiceret inden for fagområdet "Environmental Engineering"

Andel artikler inden for miljøteknologi blandt de 10 pct. mest citerede, 2017-22



Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra Scopus.

Note: Forskningsartikler omfatter artikler, reviews og konferencebidrag.

Opgørelsen er baseret på artikler publiceret inden for fagområdet "Environmental Engineering"

Danmark er specialiseret inden for grønne miljøteknologiske forskningsområder

Denne del af analysen ser nærmere på en række udvalgte miljøteknologiske forskningsområder. Til at belyse områderne tager analysen udgangspunkt i Uddannelses- og Forskningsministeriets afgrænsning af grøn forskning (se bilag B).

Denne del af analysen stiller skarpt på fire forskningsområder, der vurderes særligt relevante for CLEAN. For hver af de fire områder er Danmarks forskningsproduktion blevet kortlagt, og analysen opgør, hvor meget dansk forskning udgør af den samlede forskning på verdensplan inden for de fire områder. Resultaterne er vist til højre.

Analysen viser, at Danmark har en stærk forskningsprofil inden for flere miljøteknologiske områder. Forskningsmæssigt er Danmark mest aktiv inden for *bæredygtige vandressourcer og teknologier*. Over de seneste fem år har danske forskere udgivet lidt over 9.700 artikler inden for området.

Herefter følger forskningsartikler inden for *klimaforandringer- og tilpasning* samt *cirkulær økonomi og miljøteknologi*, hvor danske forskere har udgivet hhv. 4.815 og 4.016 artikler over de seneste fem år. Endeligt er der udgivet lidt over 3.200 artikler inden for *naturbeskyttelse og biodiversitet*.

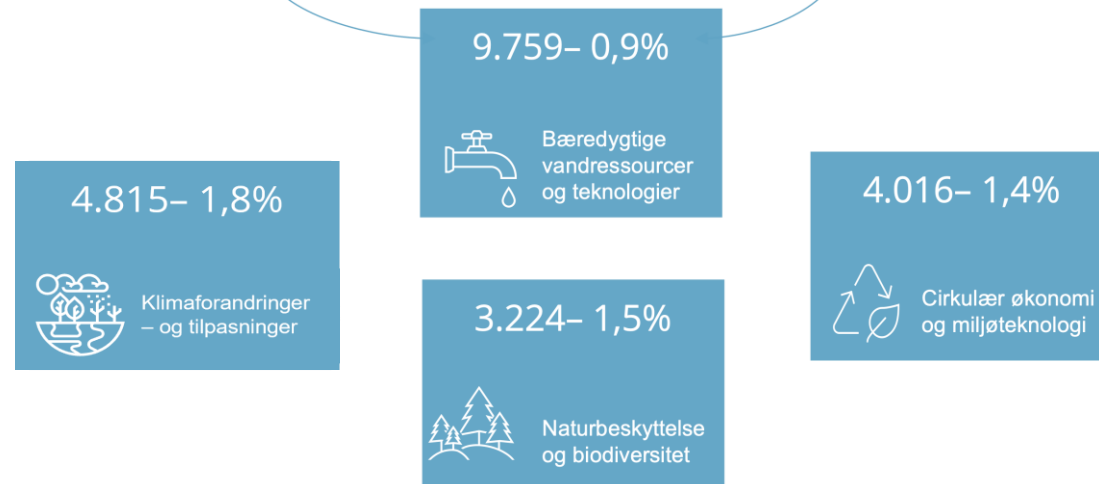
For at belyse om dansk miljøteknologisk forskning er særligt specialiseret inden for de fire områder opgør analysen Danmarks andel af den samlede danske videnskabelige produktion. Danske forskningsartikler udgør ca. 0,9 pct. af alle artikler udgivet på verdensplan, og en andel over 1 pct. indikerer derfor, at Danmark er specialiseret inden for det givne forskningsområde.

Af figuren kan det ses, at Danmark er relativt specialiseret inden for *klimaforandringer og tilpasninger*, hvor danske forskere står for 1,8 pct. af alle artikler på verdensplan. Danmark har også en relativt stærk specialisering inden for *naturbeskyttelse og biodiversitet*, hvor de danske artikler udgør mere end 1 pct. af alle artikler inden for området.

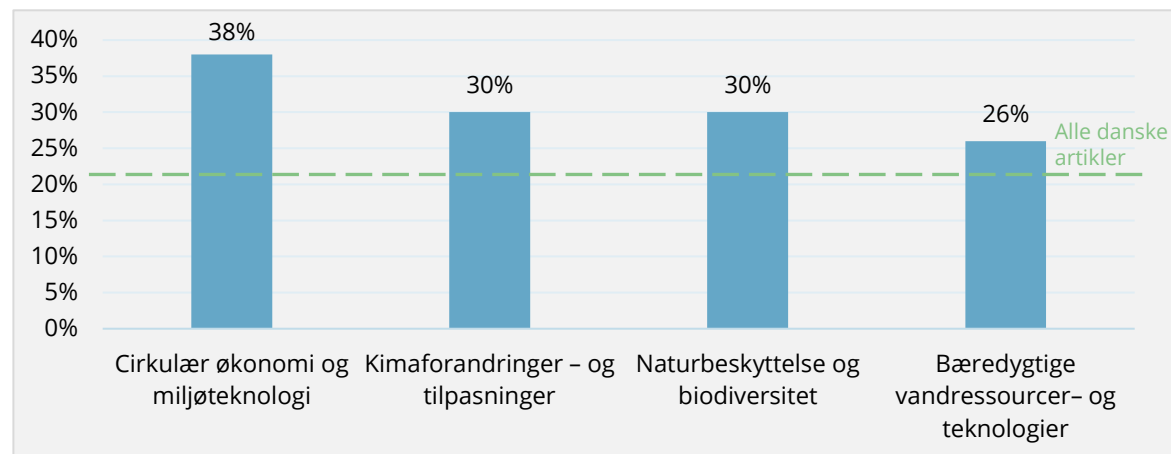
Det skal bemærkes, at forskning inden for det grønne og miljøteknologiske område ofte er af tværfaglig karakter. De fire forskningsområder er derfor ikke gensidigt udelukkende. Det betyder, at der kan opstå et overlap i forskningsartiklerne mellem områderne.

Antallet angiver danske artikler inden for forskningsområdet i perioden 2017-22.

Procentsatsen angiver Danmarks andel af alle artikler på verdensplan inden for forskningsområdet i perioden 2017-22.



Andel af artikler inden for miljøteknologiske forskningsområder blandt de 10 pct. mest citerede, 2017-22



Flere stærke miljøteknologiske fagmiljøer i hele Danmark

Der er flere stærke fagmiljøer på en række universiteter inden for det miljøteknologiske område i Danmark. Det fremgår af tabellen nedenfor, der viser antallet af artikler udgivet af de seks største danske universiteter inden for de fire miljøteknologiske områder.

Tabellen viser, at Københavns Universitet har betydelig forskningsaktivitet på alle fire områder. Kun inden for bæredygtige vandressourcer og teknologier har Aarhus Universitet og Danmarks Tekniske Universitet udgivet flere artikler i perioden 2017-22. Forskere ved Aarhus Universitet er særligt stærke på vandområdet og har over de seneste fem år udgivet lige knap 3.000 artikler inden for bæredygtige vandressourcer og teknologier.

Antal artikler inden for de fire grønne forskningsområder ved seks danske universiteter, 2017-22

	 Bæredygtige vandressourcer og teknologier	 Klimaforandringer – og tilpasninger	 Cirkulær økonomi og miljøteknologi	 Naturbeskyttelse og biodiversitet
 Københavns Universitet	2.597	1.580	1.413	1.420
 Aarhus Universitet	2.942	1.561	1.038	1.086
 Danmarks Tekniske Universitet	2.650	840	720	396
 Aalborg Universitet	922	334	536	168
 Syddansk Universitet	622	200	336	166
 Roskilde Universitet	119	76	84	35

Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra Scopus.

Note: Forskningsartikler omfatter artikler, reviews og conferencebidrag. En forskningsartikel kan være relateret til mere end ét forskningsområde og universitet. Opgørelsen omfatter kun universiteter, der har udgivet mere end 50 artikler i perioden inden for et eller flere af forskningsområderne.

4. Teknologiuudvikling og innovationssamarbejde i miljøklyngen



Dansk delegation på CCUS-studietur hos Carbon Engineering Ltd. i Squamish, Canada
Foto: CLEAN

Udbredt deltagelse i forsknings- og innovationsprojekter

Fremtidens miljøteknologiske løsninger skabes i samspil mellem virksomheder og vidensinstitutioner, hvor forskningen fra vidensinstitutionerne omsættes til viden og teknologi i virksomheder. Derfor er der brug for stærke samarbejdsrelationer mellem klyngens virksomheder og vidensinstitutioner.

En måde at belyse samarbejdsrelationerne og vidensspredningen er ved at undersøge, i hvilken grad de miljøteknologiske virksomheder deltager i forsknings- og innovationsprojekter.

I analysen er det derfor undersøgt, hvor mange offentligt finansierede projekter, klyngens virksomheder har været en del af over de seneste fem år. Resultaterne er vist i figuren øverst til højre.

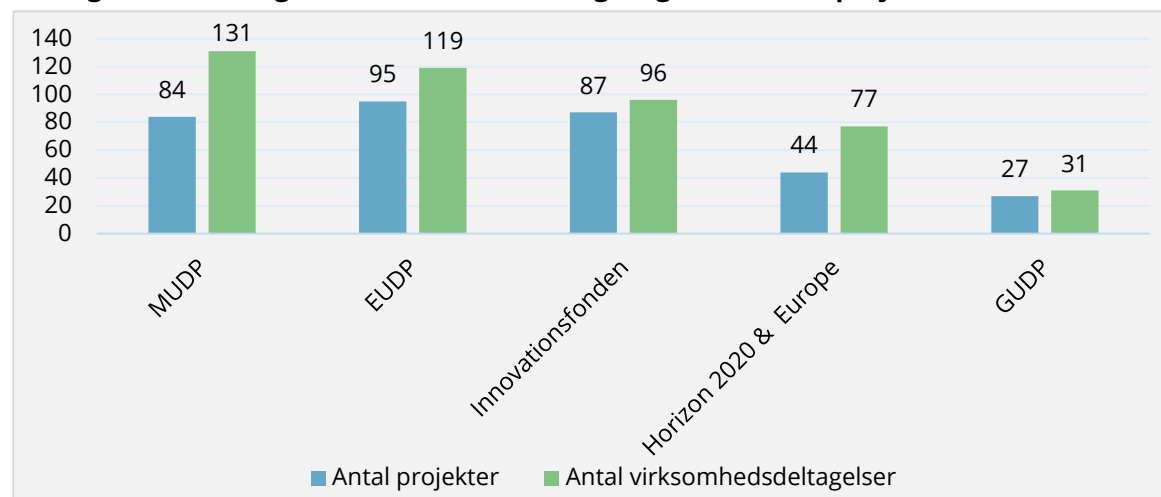
Af figuren kan det ses, at de danske miljøteknologiske virksomheder i udbredt grad deltager i en række forskellige forsknings- og innovationsprogrammer. Over de seneste fem år har virksomhederne deltaget i mere end 330 forsknings- og innovationsprojekter. Det vidner om, at den miljøteknologiske klynge er videnintensiv og konkurrerer på viden og innovation.

I projekter under Danmarks Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP), der har til formål at understøtte udviklingen af nye grønne miljøteknologier, har der været 131 virksomhedsdeltagelser. Der er dog en del virksomheder, som har deltaget i flere forskellige projekter. Antallet af unikke miljøteknologiske virksomheder, der har deltaget i MUDP-programmer i perioden er derfor 95 virksomheder, svarende til ca. 11 pct. af de samlede 839 miljøteknologiske virksomheder.

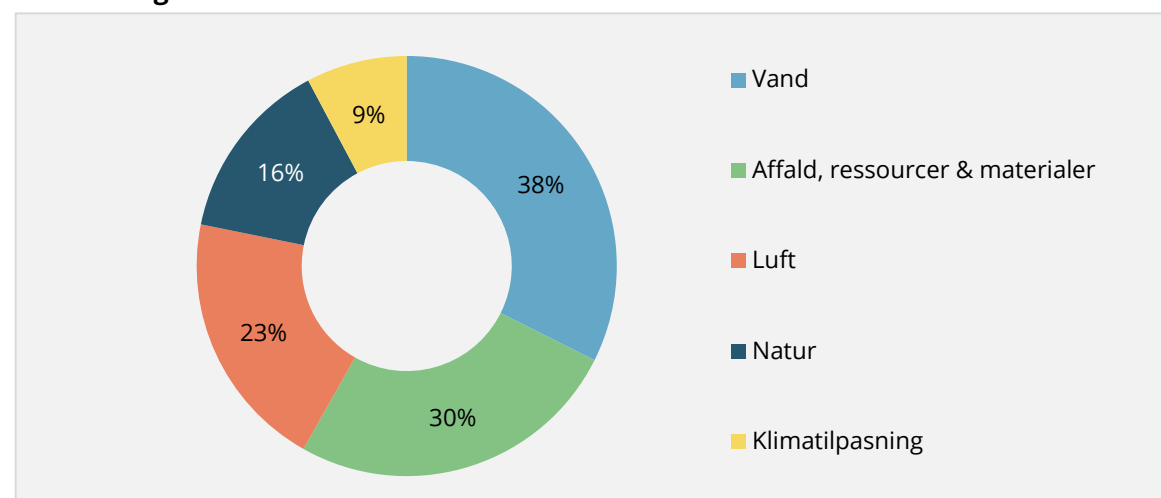
Mange virksomheder har også deltaget i det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) samt forskellige projekter under Innovationsfonden. Flere af klyngens virksomheder har også deltaget i internationale samarbejder under Horizon 2020 & Horizon Europe, der er EU's rammeprogram for forskning og innovation.

Lige knap 40 pct. af projekterne har været med deltagelse af miljøteknologiske virksomheder på vandområdet, som vist i figuren nederst til højre. Herefter følger virksomheder, der arbejder med affald, ressourcer og materialer samt virksomheder med aktiviteter på luftområdet. Det er også de tre fagområder, hvor flest virksomheder har aktiviteter inden for, som vist på side 10.

Deltagelse i offentligt finansierede forsknings- og innovationsprojekter, 2019-23



Deltagelse i offentligt finansierede forsknings- og innovationsprojekter, fordelt på CLEAN's fagområder 2019-23



Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra ministerier og styrelser.

Note: Opgørelsen for Innovationsfonden er kun baseret på perioden 2020-23.

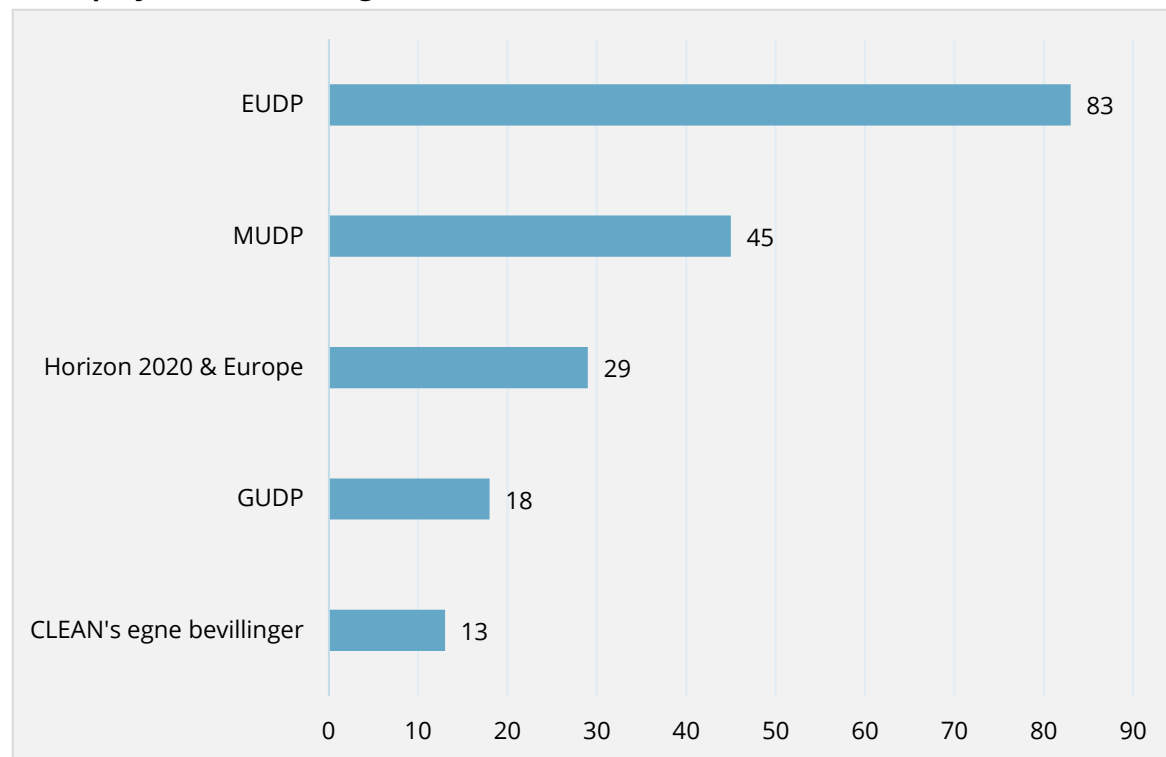
Stærke samarbejdsrelationer mellem klyngens virksomheder og vidensinstitutioner

For at tegne et billede af bredden i virksomhedernes samarbejde med danske vidensinstitutioner opgøres omfanget af forsknings- og innovationsprojekterne, der har haft deltagelse af både virksomheder og danske vidensinstitutioner. Resultaterne er vist i figuren til venstre.

Af figuren kan det ses, at der i 83 af projekterne finansieret under EUDP-programmet har været deltagelse af en virksomhed fra miljøklyngen og en dansk vidensinstitution. Herefter følger projekter finansieret under MUDP, hvor 45 af projekterne havde deltagelse af miljøteknologiske virksomheder og vidensinstitutioner.

Danmarks Tekniske Universitet og Teknologisk Institut er de to vidensinstitutioner, som har indgået flest samarbejder med klyngens virksomheder, som vist i figuren til højre. Det viser, at en stor del af klyngens virksomheder arbejder med tekniske løsninger, hvor der er behov for stærke teknologiske kompetencer og viden. Også Aalborg Universitet, Aarhus Universitet samt Syddansk Universitet har flere samarbejder med klyngens virksomheder.

Antal projekter med deltagelse af danske vidensinstitutioner



Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra ministerier og styrelser.

Note: Projekter bevilliget af Innovationsfonden indgår ikke i ovenstående opgørelse.

Samarbejdsrelationer mellem miljøklyngens virksomheder og vidensinstitutioner



Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra ministerier og styrelser.

Note: I en stor del af projekterne har der været mere end én vidensinstitution blandt deltagerne.

Danske miljøteknologiske opfindelser patenteres

Denne del af analysen ser nærmere på, hvordan Danmark klarer sig i en international sammenhæng, når det kommer til at udvikle nye innovative miljøteknologiske løsninger.

Analysen ser nærmere på udviklingen i miljøteknologiske patentansøgninger fra danske og udenlandske ansøgere (primært virksomheder og universiteter) i perioden 2011-21. Analysen tegner et billede af, i hvilket omfang danske virksomheder og universiteter formår at udvikle og kommercialisere nye miljøteknologier sammenlignet med udenlandske virksomheder og universiteter.

Analysen er en af de første, der, i en dansk kontekst, undersøger patentaktiviteten inden for det miljøteknologiske område og er blevet til i et samarbejde mellem CLEAN, Patent- og Varemærkestyrelsen og IRIS Group.

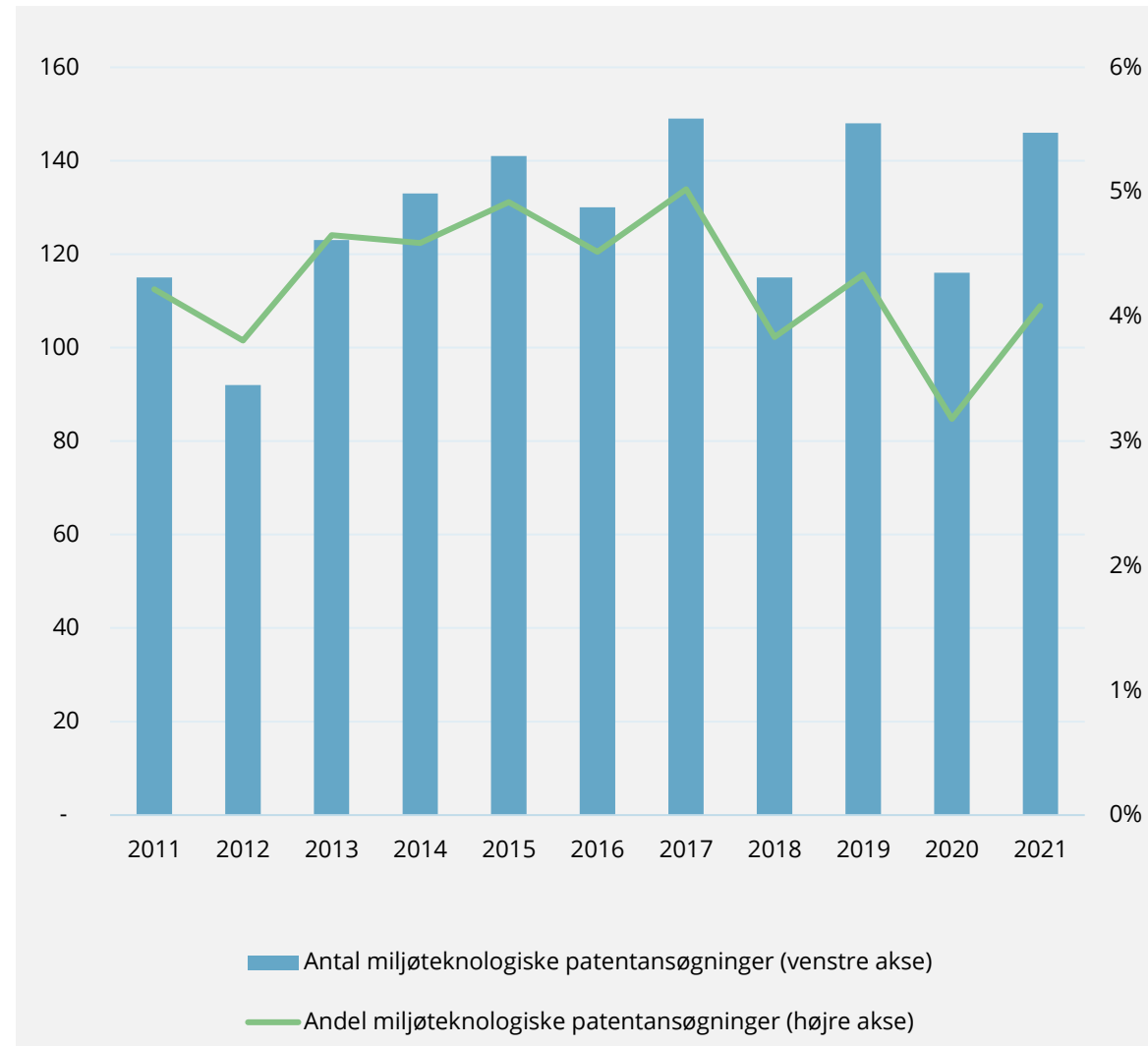
Figuren viser udviklingen i antallet af danske miljøteknologiske patentansøgninger i perioden 2011-21. Antallet af patentansøgninger varierer en del fra år til år, men set over hele perioden er der en svagt stigende tendens.

Herudover viser figuren, at de miljøteknologiske patentansøgninger udgør mellem 3-5 pct. af det samlede antal danske patentansøgninger i perioden. Fra 2017 til 2021 er andelen faldet fra ca. 5 til 4 pct. Det viser, at patentaktiviteten inden for miljøteknologi ikke er vokset i samme omfang, som den samlede danske patentaktivitet siden 2017.

Andelen af miljøteknologiske patentaktivitet ligger generelt højt i Danmark sammenlignet med andre Europæiske lande. Fx ligger andelen i Sverige, Schweiz og Tyskland ligger på omkring 2-3 pct., mens den i Finland ligger på ca. 5 pct.



Antal danske miljøteknologiske patentansøgninger samt andel miljøteknologiske patentansøgninger af alle danske patentansøgninger, 2011-21



Kilde: IRIS Group på baggrund af patentdata fra Patent- og Varemærkestyrelsen.
Note: Omfatter patentansøgninger til USPTO og EPO.

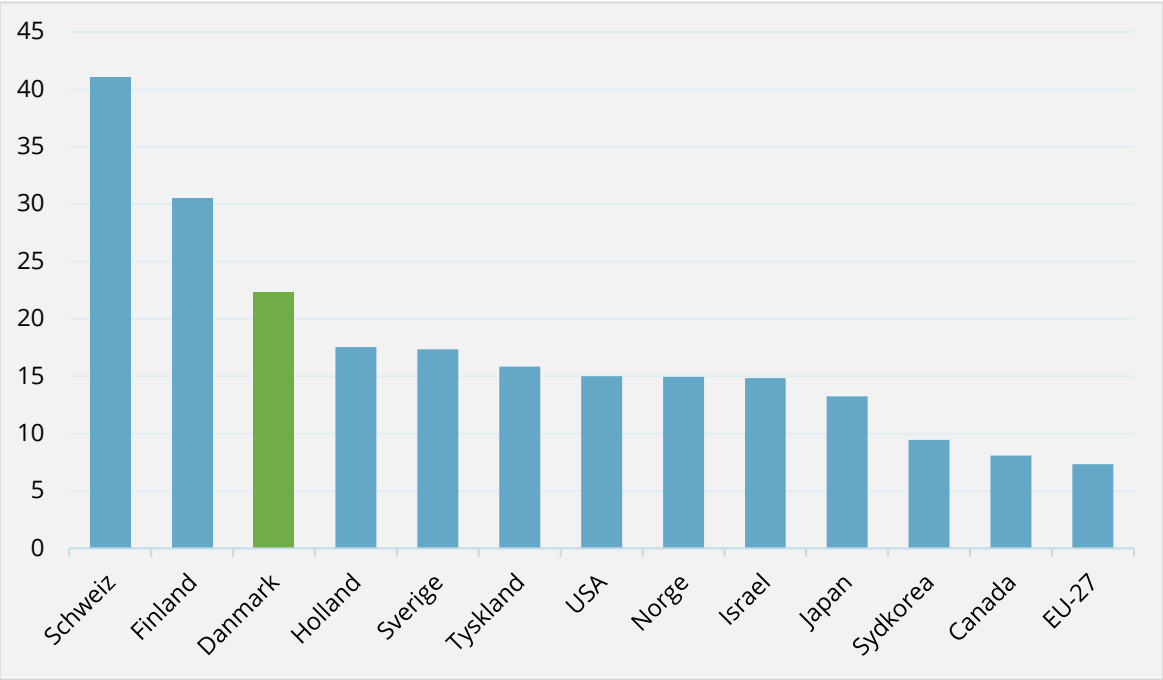
Danmark ligger højt målt på miljøteknologiske patentansøgninger

I en international sammenhæng ligger Danmark højt, når man ser på omfanget af miljøteknologiske patentansøgninger relativt til landets størrelse. Figuren nedenfor viser det gennemsnitlige antal miljøteknologiske patentansøgninger per mio. indbyggere for perioden 2011-21 for Danmark og en række udvalgte lande samt EU. Danmark er det land i analysen med tredje flest patentansøgninger kun overgået af Schweiz og Finland.

Tabellen til højre giver et mere detaljeret billede af de miljøteknologiske patentansøgninger ved at fordele ansøgningerne for Danmark, Finland, Holland, Schweiz og Sverige på de fem områder, som CLEAN arbejder med. En patentansøgning kan ligge inden for flere områder. Derfor summer andelene for de fem områder ikke til 100 pct.

I Danmark er vand det største område, idet ca. 37 pct. af alle miljøteknologiske patentansøgninger er relateret til vand. Affald, ressourcer & materialer samt luft er også vigtige områder for danske ansøgere. Ca. 60 pct. af de danske ansøgninger ligger inden for et af disse områder. Nogenlunde samme billede tegner sig i de andre lande. Dog har Finland en klar overvægt inden for affald, ressourcer & materialer, mens Sverige er mest specialiseret inden for luft. Holland er det land med flest patentansøgninger relateret til klimatilpasning. De mange patentansøgninger inden for klimatilpasning afspejler blandt andet, at en stor del af Hollands befolkning er bosat i områder, der er meget sårbare over for oversvømmelser, som forventes at blive mere hyppige, i takt med at klimaforandringerne tager til.

Antal miljøteknologiske patentansøgninger per mio. indbyggere, gennemsnit 2011-21



Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra Patent- & Varemærkestyrelsen og FN.

Fordeling af patentansøgninger på miljøteknologiske områder, 2011-21

	Vand	Klima-tilpasning	Affald, ressourcer & materialer	Luft	Natur
Danmark	37%	10%	31%	30%	3%
Finland	26%	4%	58%	20%	4%
Holland	33%	15%	34%	24%	2%
Schweiz	34%	10%	29%	35%	1%
Sverige	35%	6%	24%	43%	2%

Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra Patent- & Varemærkestyrelsen.
Note: Opgjort på baggrund af patentansøgningernes teknologiklasser. En patentansøgning kan være registreret under flere teknologiklasser, hvorfor andelene for de fem områder ikke summer til 100 pct.

IRISgroup

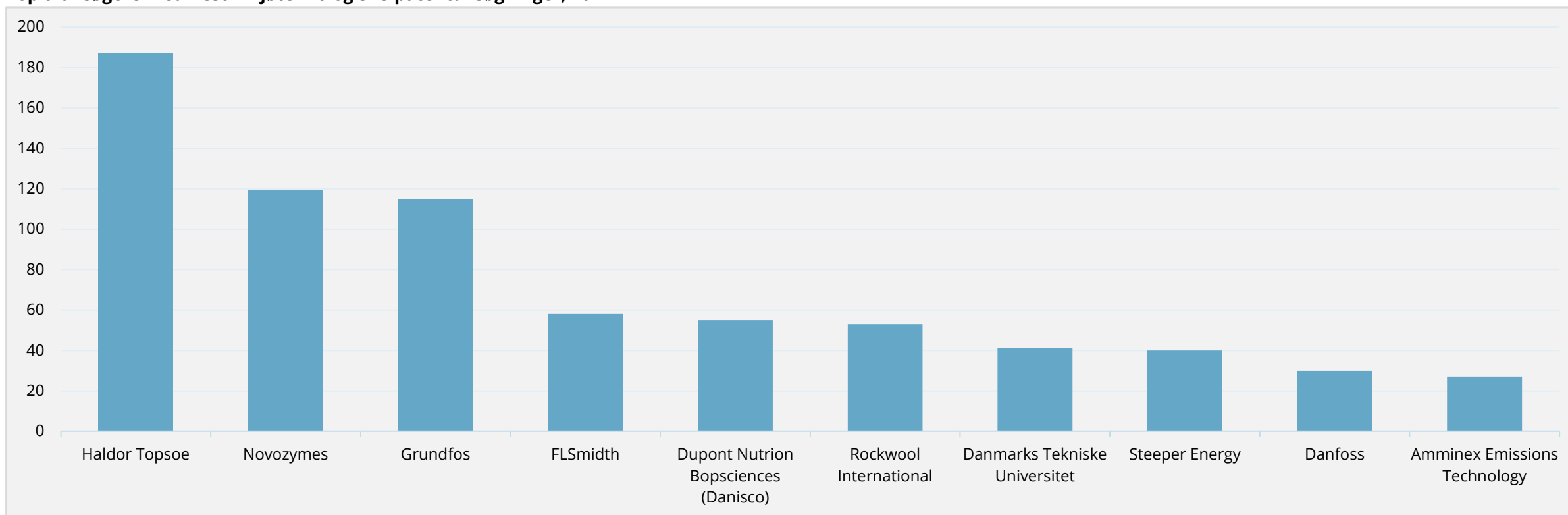
Ti danske toneangivende patentansøgere inden for miljøteknologi

For at give et mere detaljeret billede af den danske patentaktivitet inden for miljøteknologi viser figuren de ti ansøgere med flest miljøteknologiske patentansøgninger i perioden 2011-21.

De ti ansøgere står for halvdelen af det samlede antal patentansøgninger i perioden. Der er flere store, velkendte virksomheder, som tegner sig for mange af de danske miljøteknologiske patentansøgninger. Haldor Topsoe har flest patentansøgninger i perioden. Men også Novozymes og Grundfos har mange patentansøgninger. De tre virksomheder står tilsammen for 421 patentansøgninger, svarende til ca. 30 pct. af alle danske miljøteknologiske patenter. Hertil kommer Danmarks Tekniske Universitet, som også har udtaget mange patenter i perioden.

Patentansøgningernes teknologiprofil varierer en del på tværs af ansøgerne. Fx har Haldor Topsoe, DTU og Amminex mange ansøgninger, der er relateret til luft, mens Grundfos og Danfoss' ansøgninger primært ligger inden for vand. Novozymes har flest ansøgninger inden for affald, ressourcer & materialer samt klimatilpasning. De øvrige ansøgere er primært fokuseret inden for affald, ressourcer & materialer.

Top ti ansøgere med flest miljøteknologiske patentansøgninger, 2011-21



Kilde: IRIS Group på baggrund af data fra Patent- & Varemærkestyrelsen.

Note: Opgjort på baggrund af patentansøgningernes teknologiklasser. En patentansøgning kan være registreret under flere teknologiklasser.

5. Case-samling





Skyfri satellitbilleder til monitorering af miljøtilstande

30

Faldende biodiversitet som følge af klimaændringer og miljøforurening er en af vor tids største udfordringer. Knap 40 pct. af alle danske dyre-, plante- og svampearter er truet af udryddelse. Med et landbrug, som optager ca. 60 pct. af Danmarks areal, har vi et af de mest opdyrkede lande med mindst uberørt natur i Europa. Samtidig er grundvandet flere steder forurenet med pesticider. Tilsammen resulterer forholdene i færre levesteder for både dyr og planter.

Innovative miljøløsninger og -teknologier kan bruges til at imødegå udfordringerne og fremme naturkvaliteten. Det gælder fx digitale teknologier og data til at monitorere miljøtilstande (fx droner, satellitdata, og geoinformatik) eller teknologier til at måle indholdsstoffer og oprense forureninger i jord og vand. Det kan også være innovative løsninger baseret på naturlige ressourcer såsom planteøer, der forbedrer vandkvalitet og biodiversitet.

CLEAN har et særligt fokus på at fremme virksomheder med innovative teknologier og løsninger, som kan modsvare miljø- og biodiversitetsudfordringerne – og skaleres globalt.

Start-up bruger satellitdata og AI til at informere om miljøtilstande i realtid

ClearSky Vision er en iværksættervirksomhed, som blev stiftet i 2019 af tre dimittender fra Aalborg Universitet. Virksomheden har udviklet en teknologi, som gør det muligt at levere skyfri satellitbilleder af vegetationen i geografiske områder. Billederne opdateres dagligt og viser derved også ændringer i jorddækket.

Teknologien har mange anvendelsesmuligheder og kan fx benyttes til at monitorere miljøtilstanden på marker inden for landbruget, kortlægge og klassificere naturområder inden for skovbrug samt holde øje med udviklingen i naturkatastrofer såsom skovbrande eller oversvømmelser til gavn for beredskabet.

Teknologien kombinerer delvist skyede billeder fra forskellige satellitter med en række forskellige datakilder (radardata, mikrobølgedata, tidsfrekvensdata, mv.), som gør det muligt at fjerne skyer og andre forstyrrende elementer (fx skygger) fra billederne. Mange satellitbilleder bliver ikke anvendt, men med ClearSky Visions teknologi kan man

omkostningseffektivt udnytte de mange satellitter, som allerede kredser om jorden.

ClearSky Visions teknologiudvikling og vej til markedet

ClearSky Visions produkt kom på markedet i slutningen af 2022, og virksomheden har i dag leveret billeder og data til SEGES Innovation og Miljøstyrelsen.

Med et videnstungt produkt har vejen til markedet dog været lang og krævet mange udviklingstimer. Idéen opstod oprindeligt hos SEGES Innovation, hvor en af virksomhedens medstiftere arbejdede. Her manglede man billeder over danske markers tilstand i november måned (hvor der er meget overskyet), som landmænd kunne bruge til at vurdere og målrette gødningsbehovet. Fordi det ville være en ekstremt datatung proces at realisere idéen, valgte SEGES Innovation ikke at gå videre, og i stedet fortsatte udviklingen i ClearSky Vision. Undervejs har SEGES Innovation dog været en vigtig testpartner. Parterne har siden 2021 kørt flere testforløb mhp. at udvikle en datamodel, der var solid nok til at levere præcise vegetationskort til landmændene.

Til at finansiere udviklingen af datamodellen har ClearSky Vision fået soft funding fra flere af Innovationsfondens programmer, herunder Innofounder Graduate, Innofounder og Innobooster. Derudover har virksomheden deltaget i flere acceleratorprogrammer. Herunder ESA BIC Danmark som har styrket virksomhedens netværk til industriaktører og forskere samt givet overblik over finansieringsmuligheder på rumområdet. Efterfølgende har ClearSky Vision fået finansiering fra Den Europæiske Rumorganisation (ESA) til et feasibility-projekt.

ClearSky Vision er godt i gang med at komme ind på nye markeder med deres produkt. Virksomheden er bl.a. i dialog med tyske landbrugsorganisationer og engelske myndigheder, hvor de forventer at kunne skabe samme værdi i landbruget, som de har gjort i Danmark. Fordi teknologien har brede anvendelsesmuligheder, planlægger virksomheden også at skalere til lande udenfor Europa – fx i Sydamerika, hvor myndigheder og NGO'er kan have behov for at monitorere skovområder mhp. at forebygge og sætte ind overfor skovbrande og ulovlig skovhugst.



Intelligent måling af brønde og ledningsnet

Stigende havvandsstande og mere ekstreme vejrphænomener pga. øgede temperaturer er en global udfordring, der rammer alle. Temperaturen forventes at stige med 2,8 grader frem mod udgangen af dette århundrede, hvis den globale drivhusgasudledning fortsætter i samme takt. I Danmark vil vi bl.a. komme til at opleve kraftigere og mere intense nedbørhændelser, stigende grundvandsstand, hyppigere oversvømmelser og mere vind, som vil skabe et pres på byer, infrastruktur, bygninger og landbrug.

Der er derfor behov for at udvikle innovative løsninger og teknologier, som kan håndtere de store vandmasser. Det kan både være fysiske løsninger (i form af klimatilpasnings-løsninger) og digitale løsninger (i form af intelligente monitorerings- eller varslings-systemer). Samtidig har bygge- og rådgivningsbranchen en – sammen med forsyninger og kommuner – en vigtig rolle, da de står for at designe og opføre holistiske klimatilpasningsanlæg samt udarbejde risikovurderinger.

CLEAN har derfor fokus på at understøtte de virksomheder, der udvikler og bygger klimatilpasningsløsninger, som kan forhindre store tab ved ekstreme vejrphænomener som fx oversvømmelser.

Innovationsprojekt udvikler intelligente målesystemer

"Den intelligente brønd" (2021-22) var et udviklingsprojekt under ledelse af Klimatorium, som havde to hovedformål:

- 1) At designe en brønd, som selv kan monitorere vandmængder og koncentrationer af skadelige stoffer – og derved styre renseprocesser bedre.
- 2) At bruge satellitdata til at måle spildevandsledningsnettets geometri og tilstand – og derved identificere behov for vedligehold og renovering.

Projektet udsprang af hydrauliske udfordringer med bl.a. forureninger på rensningsanlæg med fx medicinrester, syntetisk fremstillede flourstoffer (PFAS), mv. Disse udfordringer på hydraulikken og forureninger har historisk lagt driften ned og krævet store investeringer i oprensning. Derfor var idéen, at man skulle blive bedre til at spore spildevandsforureninger og mængder af vand i ledningsnettet, *inden* det når rensningsanlægget.

Samtidig havde man udfordringer med præcist at lokalisere skader på ledningsnettet, og derfor ønskede man gennem projektet også at undersøge mulighederne for at bruge satellitdata til formålet. Her var hovedet formålet at levetidsforlænge forsyningens aktivmasse.

Projektet resulterer i flere nye produkter og prototyper

Projektpartnerkredsen blev sammensat af Klimatorium og bestod af Lemvig Vand, AAU, DTU og tre virksomheder (Geopartner, Sulfilogger og Wasys). For at realisere projektformålene blev der gennem projektet udviklet en række produkter, herunder:

- *En prøvetager* som leder en delmængde af spildevandsstrømmen i en brønd ind gennem et kammer, hvor en online sensor kan måle indholdsstoffer i spildevandet.
- *Online sensorer* til at måle indholdsstoffer (H₂S og pH) i spildevandet fra prøvetageren.
- *En batteridrevet IoT-løsning* til at opsamle data fra online sensorerne.
- *Et reflektordæksel* til at registrere skader på ledningsnettet vha. satellitdata.
- *En online platform* til at analysere og visualisere satellit- og sensordata, som forsyningsselskabers medarbejdere kan bruge til effektiv drift af afløbssystemer og renseanlæg.

Nogle produkter (fx prøvetageren) er markedsklar, mens andre endnu er på prototype-stadiet. Der ligger således fortsat en opgave i at modne prototyperne og samle alle projektets dele i et samlet koncept, som kan sælges kommercielt til fx forsyningsselskaber.

Derfor er Klimatorium ved at rejse finansiering til et nyt projekt, som både handler om at videreudvikle prototyperne (fx skal der udvikles nye sensorer, som kan måle andre kemiske stoffer end H₂S og pH), blive endnu klogere på forsyningsselskabernes behov for intelligent måling af brønde og ledningsnet samt beregne potentielle samfundsøkonomiske besparelser ved at investere i intelligente brønde i fremtiden.

Forhåbningen er, at man vha. et opfølgende projekt kan have et samlet koncept markedsklar inden for de næste 3-5 år.



CCUS – et teknologiområde i rivende udvikling

32

Luftforurening og klimaforandringer forårsaget af menneskers udledning af drivhusgasser er muligvis den største globale udfordring, vi står overfor i dag. Udledningen kommer især fra landbrug, industri og energiforsyning. Det kan være i form af metan fra dyrehold eller CO₂ fra produktion og forbrug af fossil energi. Især energiforsyningssektoren har reduceret sin CO₂-udledning gennem de sidste 30 år, men der er også sket reduktioner i industrien og landbruget. I dag er landbruget den branche med størst CO₂-udledning.

Inden for Danmarks grænser blev der udledt ca. 44 mio. CO₂-ækvivalenter i 2021. Selvom det er 40 pct. lavere end niveauet i 1990, er der fortsat stort behov for at udvikle innovative løsninger og teknologier til at rense luften. Fx teknologier til at fange, udnytte og opbevare CO₂ (CCUS) eller metoder til at monitorere og filtrere udslip fra landbruget.

CLEAN har et særligt fokus på at understøtte danske virksomheder med renluftteknologier, der har et betydeligt eksportpotentiale.

Store potentialer og ambitioner for fangst, udnyttelse og lagring af CO₂ (CCUS)

Udvikling af CCUS-teknologier og værdikæder kan være med til at indfri nationale og internationale klimamål. Herunder Danmarks klimalov 2030- og 2050-målsætninger samt Parisaftalens mål om at holde globale temperaturstigninger under 2° C. Derfor indgik Folketinget i 2021 en politisk aftale om fangst, transport og lagring af CO₂, som rummer en række initiativer, herunder:

- *Etablering af to støttepuljer på i alt 19,2 mia. (CCUS- og NECCS-puljen).* Det er endnu ikke rentabelt for virksomheder at fange og lagre CO₂, og derfor vil puljerne fremme CCUS-teknologiernes udbredelse og bidrage til klimareduktioner. Ørsted vandt i maj 2023 første udbudsrunde (se boks øverst til højre).
- *Etablering af seks nye klyngesamarbejder,* som skal undersøge muligheder, behov og omkostninger til etablering af en sammenhængende CO₂-infrastruktur. C4 er udvalgt som formand for hovedstadens klyngesamarbejde og har i den forbindelse udarbejdet en analyse af potentialet for en sammenhængende CO₂-klynge (se boks nederst til højre).

Ørsted vinder Danmarks første CCUS-pulje

I maj 2023 offentliggjorde Energistyrelsen, at Ørsted havde vundet den første CCUS-pulje på 8 mia. kr. Midlerne skal bruges til at etablere storskala fangst, transport og lagring af CO₂.

Konkret vil CO₂'en fanges fra Ørsteds to kraftvarmeværker: Asnæsværket ved Kalundborg og Avedøreværket ud for København. De to anlæg fyrer bl.a. med bæredygtig træflis og halm, og derfor vil der være tale om biogen CO₂-fangst. Den opsamlede CO₂ fra Avedøreværket transporteres med lastbil til Asnæsværket, indtil der er etableret en rørledning på tværs af Sjælland. Herefter transporteres den opsamlede CO₂ fra begge kraftvarmeværker med skib til et lagringsreservoir i den norske del af Nordsøen.

Fangstteknologien leveres af det norske firma Aker Carbon Capture, mens Northern Lights er ansvarlig for lagring i Nordsøen. Endelig er Microsoft involveret i projektet, da virksomheden har købt 2,76 tons mio. CO₂-fjernelse over de næste 11 år som led i at opnå klimaneutralitet.

Planen er, at Asnæsværket og Avedøreværket i løbet af 2025 vil begynde at fange og lagre CO₂, og fra 2026 vil de to kraftvarmeværker fange og lagre ca. 430.000 ton (biogen) CO₂ om året.

C4 analyserer potentialer for CO₂-infrastruktur i Hovedstaden

Med de teknologier, som vi har til rådighed i dag, er CCUS fortsat en omkostningstung løsning. Der arbejdes målrettet på at udvikle omkostningseffektive teknologier til fangst, lagring og anvendelse af CCUS. Men det er også afgørende at udvikle sammenhængende infrastrukturer – fra fangst til slutdestination. Fx i form af rørføringer, lager- og udskibningsfaciliteter.

Regeringen har derfor nedsat seks klyngesamarbejder til at analysere og rådgive Folketinget om potentialer, omkostninger og barrierer for lokale CO₂-infrastrukturer omkring større danske byer, hvor store CO₂-punktkilder er koncentreret. I Hovedstaden har klyngeorganisationen C4 stået i spidsen for analysen i tæt samarbejde med 18 virksomheder.

Klyngesamarbejdets analyse peger på betydelige stordriftsfordele ved en fælles infrastruktur. Både på grund af lavere omkostninger til transport, men også af andre afledte effekter. Afhængig af hvilken infrastrukturmodel man udvikler, vil den samfundsøkonomiske besparelse være mellem 0,5-1,7 mia. kr. pr. år ved en fælles CO₂-infrastruktur sammenlignet med en situation, hvor der ikke etableres en fælles infrastruktur (men derimod infrastrukturer for hvert enkelt CCUS-projekt).



Genbrugsplast som ressource i paller og affaldsbeholdere

Verden står overfor en massiv ressourcekrise. I gennemsnit bruger mennesket naturressourcer, som hvis der var 1,7 jordkloder til rådighed, hvorfor flere ressourcer bliver knappe, og omkostningerne ved at erhverve dem stiger. Samtidig betyder det høje forbrug, at verden står med store mængder affald, som kun forventes at stige i takt med en voksende økonomi og verdensbefolkning.

Det høje forbrug og store affaldsmængder er en væsentlig kilde til den globale opvarmning. 60 pct. af verdens CO₂-udledning kommer fra forbrug af produkter og materialer. Det er derfor nødvendigt at omstille til en mere cirkulær økonomi, hvor materialer kan genanvendes og skabe ny værdi. Det gælder bl.a. materialer som plast, tekstiler, metaller, træ, osv.

Derfor har CLEAN særligt fokus på at understøtte de virksomheder, som udvikler og skalerer løsninger og teknologier, der muliggør mekanisk og kemisk genanvendelse af en række materialer, herunder plast.

MV Plast bruger husholdningsaffald som materiale i nye produkter

MV Plast er en mindre virksomhed, der sprøjtestøber plastemner i alle størrelser. Virksomheden producerer bl.a. paller, stole og affaldsbeholdere af genanvendt plastaffald fra danske husholdninger. I dag udgør plastaffald ca. 65 pct. af virksomhedens samlede plastindkøb.

Levering og håndtering af plastaffald sker i et tæt samarbejde med Randers Kommune og Dansk Affaldsminimering. Kommunen leverer plast fra borgerne ind til Dansk Affaldsminimering, som sorterer, renser og pilleterer plasten, så den kan bruges som råmateriale i nye produkter. Herefter fremstiller MV Plast sine produkter i specialbyggede sprøjtestøbemaskiner. Når produkterne er slidt op, tilbyder MV Plast desuden at tage dem tilbage for et mindre beløb mhp. at genanvende plastmaterialet i nye produkter.

MV Plasts grønne forretningsmodel er på flere måder gavnlig for miljøet. Virksomheden behøver ikke at købe og bruge plast udvundet af råolie i flere af sine produkter. Konkret sparer virksomheden miljøet for 2,4 kg CO₂, hver gang den bruger et kg plastaffald i stedet for ren plast fra råolie.

Udviklingsrejsen mod en grøn forretningsmodel

I 2017 lancerede MV Plast sit første produkt fremstillet af genanvendt plastaffald – nemlig plastpallen. Forud for lanceringen havde MV Plast brugt 4-5 år på at udvikle og teste produktet i tæt samarbejde med Dansk Affaldsminimering og Randers Kommune.

Ideen opstod, da kommunen inviterede alle virksomheder i kommunen ind for at se de store mængder plastik, som kommunen indsamlede fra borgerne. På daværende tidspunkt blev alt affaldet brændt eller solgt til udlandet, og kommunen ønskede at afsøge mulighederne for lokal anvendelse.

Sammen kom parterne frem til, at en plastpalle var et egnet produkt til denne type materiale. Dels var der store mængde plastik til rådighed, og det måtte derfor gerne være et stort produkt. Dels var det vanskeligt at rense plastaffaldet i bund, og det var derfor nødvendigt med et produkt uden høje krav til udseendet. Siden da har MV Plast fortsat det nære udviklingssamarbejde med Dansk Affaldsminimering, så de i dag får leveret plast, der er rent nok til, at de kan fremstille produkter med større krav til udseendet.

Som led i udviklingsarbejdet fik MV Plast Cradle-to-Cradle certificeret plastpallen mhp. at dokumentere produktets klimamæssige gevinster ift. træpaller overfor fremtidige kunder. Certificeringen viste sig at være stærk i salgsøjemed, men processen havde samtidig været omkostningstung. Derfor fik virksomheden efterfølgende udviklet en CO₂-beregner, så de i dag selv kan beregne CO₂-aftrykket på alle produkter.

At udvikle en grøn forretningsmodel har haft høj prioritet i MV Plast, siden virksomheden tog de første skridt for snart ti år siden. Både fordi virksomheden bærer et ansvar for sit CO₂-aftryk, men også fordi klima kun er blevet en vigtigere dagsorden gennem årene. I alt har virksomheden investeret ca. 17 mio. kr. i udvikling af den grønne forretningsmodel, som ikke mindst er gået til udviklingstimer og indkøb af nye maskiner. Finansieringen kommer især fra virksomhedens overskud og banklån, men også soft funding fra bl.a. Randers Kommune og programmer som Grøn Cirkulær Omstilling (GCO) samt EC SMV har bidraget til omstillingen.



Problemvand til Power-to-X løsninger

Globale udfordringer med temperaturstigninger kommer i Danmark bl.a. til at betyde øget nedbør, stigende grundvandsstand og flere skybrud. Den årlige nedbørsmængde er steget støt siden 1870'erne – og ligger i dag 15 pct. højere end de første målinger. Også grundvandsstanden er steget med ca. en meter siden 1988. Denne udvikling lægger tilsammen et stort pres på bl.a. spildevandsledningsnettet, som risikerer at oversvømme.

Samtidig betyder en globalt voksende befolkning, at behovet for energi, brændsel og rent drikkevand stiger. Konvertering af vedvarende energi til brint eller e-fuels (Power-to-X) er de senere år blevet en central del af den grønne omstilling, men Power-to-X kræver store mængder vand, som nødtigt skal komme fra kostbare drikkevandsressourcer. Der er derfor behov for at udvikle løsninger til at monitorere, rense og genanvende vand til forskellige formål med minimal klimabelastning.

CLEAN har særligt fokus på at styrke de danske virksomheder, som udvikler nye teknologier og løsninger til vand, der transporteres i rør, herunder vandforsyning, spildevandsbehandling samt vand- og kloaksystemer.

Innovationsprojekt afsøger mulighed for at bruge sekundavand til Power-to-X

”Sekundavand – fra problem til ressource” (2021-23) er et af en række udviklingsprojekter under Erhvervsfyrtårnet for Vandteknologi, som afsluttes medio 2023.

Projektet undersøger mulighederne for at bruge sekundavand (dvs. vand som er tilovers – fx rensset spildevand og regnvand, som udledes i åer, fjorde og hav) som vandforsyning til Power-to-X -anlæg for derved at spare på grundvandet og forebygge oversvømmelser.

Projektet tager geografisk afsæt i Lemvig Kommune. Her er der både interesse for at etablere et Power-to-X -anlæg, og man døjer med store mængder sekundavand.

Projektet skaber ny viden på et teknologiområde i oplomstring

Projektet ledes af Klimatorium, som har nedsat en partnerkreds bestående af fem forsyningsanlæg (Lemvig Vand, Mariagerfjord Vand, Ringsted Forsyning, Kalundborg Forsyning og Vest Forsyning), tre vidensinstitutioner (VIA UC, AU og SEGES Innovation) samt to teknologivirksomheder (Skovgaard Energi og Krüger Veolia).

Projektet gennemføres i fire faser:

- *I fase 1* afsøger projektet, hvor meget vand der skal bruges til at drive et Power-to-X -anlæg. En vigtig læring er bl.a., at det er nødvendigt med adgang til forskellige vandreservoirs for at sikre stabil vandforsyning – ikke mindst fordi mange Power-to-X -anlæg er dynamiske og primært bruger vand til elektrolyse, når strømmen er billig.
- *I fase 2* kortlægger projektet, hvor meget vand der er til rådighed i Lemvig Kommune, og om det kan renses mhp. Power-to-X anvendelse. Her ser projektet nærmere på de forskellige typer af vandreservoirs i kommunen, deriblandt rensset spildevand, terrænnært grundvand, private pumpelag, søer, mv.
- *I fase 3* tester projektet på et lokalt anlæg, om det kan lade sig gøre at levere sekundavand fra de identificerede kilder til anlægget, og hvad transporten koster. Konkret er der tale om et ammoniakanlæg i pilotstørrelse, som skaleres til 500 GW.
- *I fase 4* analyserer projektet, hvor meget vand det er muligt at tage fra de forskellige typer af vandreservoirs *uden* at påvirke det naturlige økosystem negativt (også kaldet en vandbalanceberegning).

Pt. er fase 1-3 gennemført, mens fase 4 endnu er i gang. De foreløbige konklusioner tegner lovende. Der er mængdemæssigt rigeligt vand i kommunen til at forsyne et Power-to-X -anlæg, og vandet kan renses mhp. Power-to-X anvendelse. Resultaterne af vandbalance-beregningen kendes dog endnu ikke.

Forhåbningen er, at parterne kan arbejde videre med resultaterne i et nyt projekt under Erhvervsfyrtårnets fase II. Her er ambitionen at modne projektet til et niveau, hvor private forsynings- og teknologileverandører kan tage over. Det vil bl.a. indebære et tæt samarbejde med Lemvig Kommune, hvor man ser nærmere på mulighederne for at realisere et lokalt Power-to-X -anlæg drevet på sekundavand inden for lovens rammer.

Endelig kan viden fra projektet være relevant for de mange andre Power-to-X -anlægsprojekter i Danmark, hvor man ønsker at undgå at bruge drikkevandsressourcer.

Bilag: Metode og datakilder



Datagrundlaget for analysen af miljøklyngens størrelse, kompetencer og økonomiske nøgletal er baseret på en kortlægning af miljøklyngens virksomheder, som er udarbejdet af CLEAN.

Gennem en særkørsel fra Danmarks Statistik er virksomhederne fra kortlægningen kombineret med registerdata fra firmastatistikken, en registerbaseret arbejdsstyrke-statistik samt uddannelsesregisteret.

Kortlægning af miljøklyngens virksomheder

Kortlægningen af de miljøteknologiske virksomheder er baseret på tre nedenstående tilgange:

- Udtræk af virksomheder fra CVR-registeret inden for de brancher, der er relateret til vandområdet (omfatter brancherne: 360000; vandforsyning & 370000; opsamling og behandling af spildevand).
- CLEAN's interne lister fra samarbejdspartnere og projekter.
- Webscraping af hjemmesider tilhørende udvalgte interesse- og medlemsorganisationer inden for det miljøteknologiske område.

CLEAN har efterfølgende gennemgået virksomhederne fra den indledende kortlægning ad flere omgange for at sikre, at de reelt har aktiviteter inden for det miljøteknologiske område og har efterfølgende manuelt kategoriseret hver virksomhed inden for fem områder.

Kortlægningen finder i alt 3.267 virksomheder, der overordnet set er inddelt i fire forskellige typer af miljøteknologiske aktører:

- **907 miljøteknologiske virksomheder:** private virksomheder, der har miljøteknologi som et centralt element i deres forretningsmodel.
- **12 store virksomheder:** store private virksomheder, hvor det miljøteknologiske område udgør en mindre del af deres forretningsområder.
- **2.232 forsyningsselskaber:** primært kommunale vandværker.
- **116 rådgivere:** private rådgivningsvirksomheder, der arbejder inden for de miljøteknologiske områder samt GTS-institutter.

Behandling af virksomheder med aktiviteter på flere områder

150 af de miljøteknologiske virksomheder har aktiviteter inden for flere af CLEAN's områder. For at undgå en dobbelttælling af virksomhedernes aktivitet i den kvantitative analyse er virksomhedernes aktiviteter fordelt ud på de enkelte områder.

Fordelingen af virksomhedernes aktiviteter er baseret på følgende tilgang:

- Manuel vurdering af 34 store miljøteknologiske virksomheders (+100 ansatte) aktiviteter på de enkelte områder på baggrund af virksomhedernes hjemmesider, årsrapporter etc.
- For de øvrige 116 miljøteknologiske virksomheder (under 100 ansatte) med aktiviteter inden for flere områder er virksomhedernes aktivitet fordelt ligeligt inden for områderne. Fx hvis en virksomhed har aktivitet inden for to områder, tilskrives hvert område 50 pct. af virksomhedens samlede aktivitet.

Hvad angår de 12 store virksomheder (fx Novozymes og Danfoss) er deres hjemmeside og årsrapporter blevet gennemgået for 1) at vurdere, hvor stor en del af virksomhedens samlede aktiviteter, der kan tilskrives det miljøteknologiske område og 2) fordele denne aktivitet på områderne.

Eksempel: For Novozymes er det vurderet, at 40 pct. af virksomhedens samlede aktiviteter kan relateres til det miljøteknologiske område, som er ligeligt fordelt på tre områder.

Virksomheder indsendt til Danmarks Statistik

Der blev indsendt 3.267 virksomheder til Danmarks Statistik. Analysen medtager kun aktive virksomheder, der opfylder Danmarks Statistiks mindstekrav til økonomisk aktivitet (svarende til mindst et halvt årsværk) i et givent år. Dvs. at virksomheder, som fx er op-
hørt eller ikke har tilstrækkelig aktivitet, er udeladt af analysen. På den baggrund blev der identificeret 2.844 virksomheder i Danmarks Statistiks registre i 2021.

Virksomhedernes beskæftigelse, omsætning, eksport og værditilvækst opgøres på baggrund af den generelle firmastatistik.

Uddannelsesniveaueet blandt virksomhedernes medarbejdere er opgjort på baggrund af medarbejdernes højeste fuldførte uddannelse. Medarbejderne er koblet til virksomhederne ud fra, hvor de har deres primære beskæftigelse.

I analysen bliver nøgletallene for de miljøteknologiske virksomheder (inkl. de store virksomheder) opgjort for gruppen samlet og for de enkelte områder. For rådgivere (inkl. GTS-institutter) og forsyningsselskaber opgøres nøgletallene samlet for grupperne.

Til at belyse dansk miljøteknologisk forskning er der gjort brug af en bibliometrisk analyse, der baserer sig på kvantitative opgørelser af forskningsartikler og citationer i forskningen.

Den bibliometriske opgørelse baserer sig på to analyser. Den første baserer sig på en opgørelse af videnskabelige artikler inden for fagområdet *"Environmental Engineering"*. Fagområdet er defineret af Scopus, der er en af de bedst internationalt dækkende databaser over forskningspublikationer.

Den anden bibliometriske analyse tager udgangspunkt i Uddannelses- og Forskningsministeriets afgrænsning af grøn forskning. Her er grøn forskning forstået som forskning, der adresserer klima- og miljøudfordringer. Grøn forskning er inddelt i otte underliggende forskningsområder, som tilsammen udgør det grønne forskningsfelt. De otte forskningsområder er vist i tabellen til højre med en kort beskrivelse af, hvilke forskningsfelter der er inden for hvert område. Til analysen er udvalgt fire forskningsområder, der vurderes særligt relevante for CLEAN (de fire øverste i figuren markeret med hvid tekst).

Analysen er gennemført som en emneordsanalyse, hvor forskellige emneord, der er relateret til grøn forskning, kombineres for at identificere relevante forskningsartikler. Forskningsartikler, hvor emneordene optræder i titel, abstract eller nøgleord er inkluderet i analysen. Der er opstillet en række unikke emneord inden for hvert af de otte grønne forskningsområder. Eksempler på emneord inden for bæredygtige vandressourcer er *"Ground water"*, *"Rainwater"*, *"Biocides"*

Da grøn forskning ofte har en meget tværvidenskabelig karakter er forskningsområderne ikke gensidigt udelukkende. Det betyder, at der vil være et mindre overlap af forskningsartikler mellem forskningsområderne.

Den bibliometriske analyse er baseret på den internationale database, der er den internationale bibliometriske database, som dækker flest forskningsartikler, og indfanger størstedelen af den danske forskningslitteratur. Det er dog ikke alle artikler inden for særligt humaniora og samfundsvidenskabelig forskning, som er til stede i den bibliometriske database.

En af årsagerne til dette er, at de internationale databaser kun i begrænset omfang dækker forskningslitteratur skrevet på dansk. Den bibliometriske analyse indfanger derfor ikke al miljøteknologisk forskning i Danmark.

Forskningsområder inden for grøn forskning

Klimaforandringer og tilpasninger

Klimaændringer og klimatilpasninger, herunder klimamodeller, forudsigelser af klimaændringer mm.

Bæredygtige vandressourcer og teknologier

Renere vandmiljø samt grund- og overfladevand, ressourceeffektive vandforsyninger mm.

Bæredygtige fødevarer, landbrug og skove

Bæredygtige produktionsformer, metoder, teknologier og løsninger inden for landbrug, fødevarer, jorde, skove, fiskeri og akvakultur

Bæredygtige energiteknologier og produktion

Bæredygtig energi fra sol, vind, vand, bioenergi, geotermi, naturgas samt CO2-konvertering og -lagring (CCS)

Cirkulær økonomi og miljøteknologi

Genanvendelse af materialer og andre ressourcer fra produkter, livscyklusanalyser, bioraffinering, affaldshåndtering mm.

Naturbeskyttelse og biodiversitet

Biodiversitet, truede arter, bevaring af genetisk diversitet, natur-, landskabs-, økosystem- og habitatbevaring mm.

Grøn transport

Alternative energikilder til person- og godstransport, herunder elektrificering, hybrid og naturgas

Energieffektive og intelligente bygninger og energisystemer

Intelligente elnet og energisystemer, fjernvarme og -køling, køle- og varmeanlæg samt varmepumper

Kilde: Uddannelses og Forskningsministeriet

Analysen af videnssamarbejdet i klyngen er baseret på bevillingsoplysninger fra en række offentligt finansierede forsknings- og innovationsprogrammer. Analysen er afgrænset til projekter uddelt i perioden 2019-22. Datagrundlaget for de forskellige forsknings- og innovationsprogrammer er beskrevet neden for.

Horizon 2020 & Horizon Europe

Horizon 2020 & Horizon Europe er EU-kommissions rammeprogram for forskning og innovation. Rammeprogrammet er struktureret omkring tre søjler med forskellige programmer, hvoraf flere har et særskilt fokus på miljøet samt en række tværgående indsatser. Horizon Europe løber frem til 2027 og har et budget på ca. 707 mia. kr.

Datagrundlaget for klyngens deltagelse i rammeprogrammerne er baseret på et udtræk fra databasen E-CORDIS, der indeholder oplysninger om alle bevillinger og deltagende partnere.

Udviklings- og demonstrationsprogrammer (UDP)

Analysen ser nærmere på klyngens deltagelse i tre nedenstående UDP-programmer:

- Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP)
- Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP)
- Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram (GUDP)

Datagrundlaget er baseret på data udleveret af de enkelte ministerier, som har ansvar for at forvalte programmerne. Det har dog ikke været muligt at få udleveret komplette lister over alle projektdeltagere i UDP-programmerne over de seneste fem år. Derfor er der enkelte projekter inden for de tre programmer, som ikke indgår i analysen.

Innovationsfonden

Miljøklyngens deltagelse i programmer administreret af Innovationsfonden er baseret på et særudtræk fra fonden. I udtrækket har Innovationsfonden søgt på projekter, der i deres abstract indeholder en række søgeord relateret til miljøteknologi, der er defineret af CLEAN. I udtrækket har Innovationsfonden leveret en liste af de private virksomheder, der har deltaget i projekterne.

CLEAN

Endelig inddrager analysen også samarbejdsprojekter finansieret af CLEAN, der indeholder oplysninger om alle deltagende partnere i projektet.



Denne analyse præsenterer som en af de første et billede af danske og udenlandske virksomheders og universiteters patentaktivitet inden for det miljøteknologiske område. Analysen er blevet til i et samarbejde mellem CLEAN, Patent- og Varemærkestyrelsen og IRIS Group.

Datagrundlag

Patentanalysen tager udgangspunkt i et dataudtræk fra Patent- og Varemærkestyrelsen over offentliggjorte patentansøgninger fra den amerikanske (USPTO) og europæiske (EPO) patentmyndighed og er opgjort på landeniveau efter ansøgerens placering.

Afgrænsning af miljøteknologiske patentansøgninger

De miljøteknologiske patentansøgninger er afgrænset på baggrund af deres patentklasser, der afspejler de teknologiområder, som opfindelsen ligger inden for. Patentklasserne er udvalgt via en kortlægning af de patentklasser, der er relateret til den forståelse af miljøteknologi, som CLEAN og denne rapport benytter sig af. Kortlægningen blev udført i samarbejde med Patent- og Varemærkestyrelsen.

Patentklasserne omfatter følgende overordnede teknologier inden for analysens fem miljøteknologiske områder:

Vand: Vandingsystemer, systemer til håndtering og behandling af spildevand, vandforsyning. For vand blev patentklasserne kombineret med en nøgleordsøgning i ansøgningerne titel og/eller abstracts.

Klimatilpasning: Klimatilpasning af kystzoner og vådområder (fx dæmninger og stormflodssikring), transportveje samt genteknologier fx målrettet udvikling af planter, der er tilpasset klimaforandringer.

Affald, ressourcer og materialer: Genanvendelse af materialer og affald, mere effektiv udnyttelse af ressourcer i produktionen, forbrændingsteknologier, CCUS.

Luft: Kemiske, organiske og mekaniske luftrensning, fx ventilation til industri og husholdninger, motorer etc. reduktion af fx drivhusgasser og CCUS.

Natur: Jordoprensning, inddæmning og rensning af forurening i vand, teknologier der modvirker klimaforandringer ift. vandressourcer samt land-, hav- og skovbrug.

Flere af patentklasserne har et klart miljøteknologisk sigte, mens andre refererer til bredere teknologier, der både kan afspejle miljøteknologiske løsninger og mere konventionelle teknologier.



Foto: Explicit ApS

Bilag E: Interviewpersoner og litteratur

Interviewpersoner

- Albert Jensen, Projekt- og Udviklingschef, Klimatorium
- Anne Dorthe Fethers, Projektchef (Affald, ressourcer og materialer), CLEAN
- Daniel A. Hjortnæs, Projektleder (Klimatilpasning), CLEAN
- Kasper Havemann, Projektleder (Luft), CLEAN
- Michael Velling, CEO, MV Plast
- Mikkel Krogsaard Niss, Sekretariatsleder, C4
- Morten Fjord, Co-founder og CEO, ClearSky Vision
- Pernille Weiland, Projektleder, Klimatorium
- Thomas Mikkelsen, Senior Projektleder (vand), CLEAN
- Trine S. Jensen, Senior Projektleder (jord, vand og natur), CLEAN

Litteratur

C4 (2023): "Omkostningseffektiv CO₂-infrastruktur i hovedstaden"

Damvad (2018): "Vandsektorens værdi for samfundet"

Danmarks Statistik (hjemmeside): <https://www.dst.dk/da/Statistik/temaer/klima>

DI (2021): "Medicinalindustrien har løftet dansk velstand med 40 mia. på 10 år"

Europa-Kommissionen (hjemmeside): "The European Green Deal" <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM:2019:640:FIN>

Folketinget (2020): "Lov om klima"

FORA (2009): "Kortlægning af miljøteknologiske virksomheder"

Klimatorium m.fl. (2023): "Den intelligente brønd. Det fremtidige ledningsnet. Afrapportering af innovationspartnerskab"

IPCC (2022) "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability"

IRIS Group (2023): "Analyse af megatrends og deres betydning for SMV'er"

Klima- Energi- og Forsyningsministeriet (2022): "Kommissorium for klyngesamarbejder om udvikling af infrastruktur til og transport af CO₂"

Klima- Energi- og Forsyningsministeriet (2021): "Faktaark. Den samlede strategiske indsats for udbredelse af fangst og lagring af CO₂"

Landbrug & Fødevarer (2022): "Fakta om fødevareklyngen"

Markets and Markets (2021) "Environmental Technology Market, Technological Solutions, Application – Global Forecast to 2026"

Miljøstyrelsen (2019): <https://mst.dk/natur-vand/natur/national-naturbeskyttelse/beskyttede-arter/roedlisten/>

OECD (2015): "Measuring environmental innovation using patent data"

Precedence Research (2022) "Environmental Technology Market- Global Industry Analysis and Forecast 2022 – 2030"

PwC (2020): "The state of climate tech"

Reg Lab (2021): "Globale megatrends"

Research and Markets (2023) "Environmental Technology Global Market Report"

Statistics MRC (2022) "Environmental Technology Market Forecasts"

Søfartsstyrelsen (2021): "Beskæftigelse og produktion i det Blå Danmark"

Udenrigsministeriet et. al. (2021): "Eksportstrategi for vand"

York University (2022): "Ecological Footprint Initiative & Global Footprint Network"

IRIS GROUP

CHRISTIANS BRYGGE 28, 1. SAL | DK-1559 KØBENHAVN V

IRISGROUP@IRISGROUP.DK | WWW.IRISGROUP.DK