

EVALUERING AF MILJØTEKNOLOGISK UDVIKLINGS- OG DEMONSTRATIONSPROGRAM – MUDP

Juli 2023



Indholdsfortegnelse

1	SAMMENFATNING OG ANBEFALINGER	4
1.1	Indledning	4
1.2	Formålsopfyldelse og programgrundlag mv.	4
1.3	Resultater og effekter.....	6
1.4	MUDP's Betydning for styrkeområder og samspil mellem teknologi- og politikudvikling, samt regulering på udvalgte områder	7
1.5	Anbefalinger	10
2	EVALUERINGENS TILRETTELÆGGELSE OG METODISKE TILGANG	12
2.1	Kommissorium og centrale evaluerings-spørgsmål.....	12
2.2	Vurderingsramme.....	12
2.3	Evalueringsens datagrundlag og hoved-aktiviteter	14
3	INTRODUKTION TIL MUDP OG PORTRÆT AF PROJEKTER OG STØTTE-MODTAGERE	17
3.1	Strategi, indsatsområder og projekttyper	17
3.2	Programmets administrative praksis	18
3.3	MUDP's samspil med andre dele af innovationslandskabet for miljøteknologi.....	21
3.4	Portræt af projekter og virksomheder med MUDP-støtte	22
4	TEMAANALYSER	25
4.1	Introduktion til temaanalyserne	25
4.2	Indhold i temaanalyserne	25
5	TEMAANALYSE 1. DRIKKEVANDSFORSYNING	21
5.1	Introduktion til temaet.....	21
5.2	Teknologi- og miljøudvikling generelt	21
5.3	Udvikling i reguleringen af området.....	24
5.4	Teknologiudvikling i caseprojekterne	25
5.5	Miljøeffekter i caseprojekterne	26
5.6	Erhvervseffekter i caseprojekterne.....	27
5.7	Samlet resultatvurdering for drikkevand.....	28
6	TEMAANALYSE 2. LUFTFORURENING FRA SKIBSTRANSPORT	30
6.1	Introduktion til temaet.....	30
6.2	Teknologi- og miljøudvikling generelt	30
6.3	Udvikling i reguleringen af området.....	31
6.4	Teknologiudvikling i caseprojekterne	32
6.5	Miljøeffekter i caseprojekterne	33
6.6	Erhvervseffekter i caseprojekterne.....	34
6.7	Samlet resultatvurdering for luft-forurening fra skibstransport.....	34
7	TEMAANALYSE 3. BÆREDYGTIGT BYGGERI	37
7.1	Introduktion til temaet.....	37
7.2	Teknologi- og miljøudvikling generelt	37
7.3	Udvikling i reguleringen.....	38
7.4	Teknologiudvikling i caseprojekterne	39
7.5	Miljøeffekter i caseprojekterne	41
7.6	Erhvervseffekter i caseprojekterne.....	42
7.7	Samlet resultatvurdering for bæredygtigt byggeri	43

7.8	Betydning af regulering og andre faktorer for projekternes succes	44
8	TEMAANALYSE 4. SPILDEVANDSRENSNING	45
8.1	Introduktion til temaet.....	45
8.2	Udvikling i reguleringen.....	45
8.3	Teknologi- og miljøudvikling generelt	47
8.4	Teknologiudvikling i caseprojekterne	48
8.5	Miljøeffekter i case projekterne	50
8.6	Erhvervseffekter i case projekterne.....	53
8.7	Samlet resultatvurdering for spildevandsrensning	55
9	TEMAANALYSE 5 - GENANVENDELSE AF PLAST OG TEKSTILER	57
9.1	Introduktion til temaet.....	57
9.2	Udvikling i reguleringen.....	57
9.3	Miljøudviklingen på området	59
9.4	Teknologiudvikling i case projekterne	60
9.5	Miljøeffekter i case projekterne	63
9.6	Erhvervseffekter i case projekterne.....	65
9.7	Samlet resultatvurdering af genanvendelse af plast og tekstiler	67
10	MUDP-PROGRAMMETS RESULTATER OG EFFEKTER.....	70
10.1	Innovationseffekter.....	71
10.2	Miljøeffekter	72
10.3	Erhvervs- og økonomieffekter	74
10.4	Betydningen af/for reguleringen	78
11	BILAG 1. SPØRGESKEMA (AFSLUTTEDE PROJEKTER)	80
12	BILAG 2. DATA FRA MUDP'S SPØRGESKEMAER TIL PROJEKTLEDERE OG VIRKSOMHEDER VED PROJEKTERNES AFSLUTNING	91
12.1	Spørgeskema til projektledere	91
12.2	Spørgeskema til virksomheder.....	93

1 Sammenfatning og anbefalinger

1.1 Indledning

MUDP har siden 2008 støttet udvikling og demonstration af lovende miljø- og ressourceeffektive teknologier og løsninger på prioriterede udfordringer. Formålet har været at sikre bedre miljø og natur samtidigt med, at der skabes vækst og fastholdes arbejdspladser i Danmark.

Siden 2015 har MUDP haft sit eget lovgrundlag og sin egen uafhængige bestyrelse. Programsekretariatet er forankret i Miljøstyrelsen. Den nuværende strategiperiode løber fra 2020 til 2023, og en ny strategi skal således gælde fra 2024. I forbindelse med udløbet af den nuværende strategiperiode - og som forberedelse af den kommende – har Implement og KOBRA Advice udarbejdet en evaluering af programmet. Kommissoriet for evalueringen er præsenteret i kapitel 2. MUDP er senest evalueret i 2017.

Dette kapitel giver en sammenfatning af evalueringens resultater og de fremadrettede anbefalinger. De efterfølgende kapitler er disponeret således:

- Kapitel 2 introducerer kommissoriet samt evalueringens tilrettelæggelse og vurderingsramme. Desuden redegøres for en række metodiske overvejelser.
- Kapitel 3 giver en introduktion til MUDP og et data-baseret portræt af de projekter og virksomheder, der har fået tilskud.
- Kapitel 4-9 introducerer og præsenterer tema-analyser inden for fem miljøudfordringstemaer, nemlig 1) drikkevandsforsyning, 2) luftforurening fra skibstransport, 3) bæredygtigt byggeri, 4) spildevandsrensning og 5) genanvendelse af plast og tekstiler.
- Kapitel 10 indeholder analyser af MUDP-programmets resultater og effekter baseret på tema-analyserne, registerdata samt resultater fra en surveyundersøgelse blandt tilskudsmodtagere og fra spørgeskemabesvarelser, som projekterne har udfyldt i forbindelse med afslutningen af projekterne.

1.2 Formålsopfyldelse og programgrundlag mv.

1. MUDP OPFYLDER SIT FORMÅL. Ifølge MUDP-loven skal programmets formål realiseres gennem fire instrumenter, jf. punkterne herunder:

- Tilskud til udvikling, test og demonstration af ny miljøteknologi samt tilskud til (fyrtårns)projekter, der kan afprøve ny miljøteknologi på fuldskalaanlæg [...]
- Etablering af innovationspartnerskaber [...]

- Iværksættelse af projekter, der understøtter internationalt og bilateralt samarbejde [...], herunder aktivt forbedrer rammerne for dansk eksport af miljøteknologi
- Opbygning og formidling af viden inden for og om den miljøteknologiske sektor

MUDP's bestyrelse har i sin strategi for 2020-2023 fastlagt fem tematisk opdeltede strategiske prioriteringer, nemlig 1) Vand og klimatilpasning, 2) Luftforurening, 3) Cirkulær økonomi, 4) Bedre kemi og 5) Biodiversitet. Samtidigt har bestyrelsen opstillet en række sigtelinjer for sit arbejde.

Det er vores vurdering, at MUDP fuldt ud opfylder sit formål og opererer ud fra den strategi, som bestyrelsen har lagt. I programmets forvaltning og tilskudsudmøntning er der fokus på de instrumenter og intentioner, som fremgår af lovgivningen og på fremme af projekter bredt inden for prioriteringsområderne. Programmet har et balanceret fokus både på store fyrtårnsprojekter og tilskud til mindre virksomheder. Langt størstedelen af tilskudsmidlerne gives til små og mellemstore private virksomheder.

2. NØGLETAL FOR PROJEKTER OG VIRKSOMHEDER. Siden 2015 har MUDP givet tilskud på ca. 950 mio. kroner, heraf godt en tredjedel til fyrtårnsprojekter, jf. tabel 1.1. De samlede projektbudgetter har været på godt 2,5 mia. kroner svarende til en gennemsnitlig tilskudsprocent på 38.

Der er i perioden i alt givet støtte til 351 projekter, heraf 30 fyrtårnsprojekter. Det gennemsnitlige tilskudsbeløb har dermed været på 2,8 mio. kroner på tværs af alle projekter og 11,1 mio. kroner for fyrtårnsprojekterne.

Der er 513 unikke tilskudsmodtagere i perioden.

Tabel 1.1 Nøgletal for projekter og deltagere, 2015-2022

	Alle projekter	Fyrtårnsprojekter
Samlet tilskud (mio. kr.)	949	307
Projektbudget (mio. kr.)	2.527	946
Antal projekter	351	27
Unikke tilskudsmodtagere	513	100
Gennemsnitligt projektilskud (mio. kr.)	2,7	11,3
Antal deltagere per projekt	2,8	4,6
Gennemsnitlig tilskudsprocent	38	32

Note: Oplysninger om bevilgede tilskud, projektbudgetter og antal støttede projekter baserer sig på de oplysninger, der fremgår af årsrapporterne. Der er således ikke korrigeret for senere ændringer, fx hvis projekterne opgives eller ændres undervejs i forløbene.

Kilde: MUDP's projektdatabase og årsrapporter samt egne beregninger

3. KONKURRENCEPRÆGET STØTTETILDELING. MUDP modtager væsentligt flere ansøgninger, end der er mulighed for at give støtte inden for de midler, som er til rådighed. Programmet lykkes således fortsat med at tiltrække mange relevante projekter. Det afspejler, at programmet er veletableret og kendt blandt innovationsaktører og virksomheder, der arbejder med grøn omstilling. Målt på antallet af projekter er det i gennemsnit ca. halvdelen af ansøgerne, der opnår tilsagn, og der er dermed ganske stor konkurrence om støttemidlerne (se afsnit 3.2). Det er som udgangspunkt en gunstig situation, som giver mulighed for prioritering af de bedste projektideer.

4. TYDELIG PLACERING I INNOVATIONSMILJØET. MUDP udfylder en funktion i innovationslandskabet, som ikke varetages af andre aktører eller af markedet. Programmet giver støtte tidligt i teknologiernes livscyklusforløb, men har samtidigt et tydeligt fokus på, at der i de enkelte projekter og den samlede portefølje skal skabes resultater både kommercielt og i forhold til miljøet. MUDP er herved mere resultatorienteret, end hvad der er typisk for forskningsprogrammer, men mere risikotolerant, end hvad der er sædvanligt for markedsmæssige finansieringskilder til innovationsstøtte.

Evalueringen viser, at finansieringsstøtten fra MUDP ifølge tilskudsmodtagerne generelt har haft stor betydning for projekternes gennemførelse (se afsnit 10.2), og at en meget stor del af projekterne næppe ville være blevet gennemført uden støtte fra MUDP.

Desuden kan det fremhæves, at erhvervsorganisationer og projektdeltagere fra både erhvervsliv, forsyningsvirksomheder og forskningsmiljøer ser MUDP som en meget værdifuld aktør i forhold til at understøtte innovationsnetværk og samarbejde om teknologiudvikling på tværs af forskning, leverandører og aftagere.

5. FLERÅRIGT PROJEKTFOKUS ER UDFORDRET. MUDP's basisbevilling på finansloven udgør kun en mindre del af de årlige tilskudsmidler. Hovedparten af midlerne kommer typisk fra udmøntningen af forskningsreserven, og denne del fastlægges som regel sent på året og for ét år ad gangen. Det vanskeliggør isoleret set MUDP's muligheder for at arbejde med et flerårigt fokus i strategiudmøntningen og projektansøgernes muligheder for planlægning og modning af teknologiudviklingsprojekter.

6. ADMINISTRATIVE PROCESSER. Blandt projektlederne er der generelt tilfredshed med samarbejdet med MUDP-sekretariatet. Der er dog også bredt en oplevelse af, at de administrative processer (fx ifm ændringsgodkendelser og tilskudsudbetaling mv.) kræver en del ressourcer. Der ses en vis tendens til, at rollen som hovedansøger og administrativ projektleder forholdsvis ofte varetages af GTS-institutter, rådgivningsvirksomheder eller (større) forsyningsvirksomheder, som har opbygget erfaring og kompetencer til at varetage de administrative

funktioner. Der ses også en del eksempler på, at det særligt i større projekter er denne type af aktører, der er initiativtagere. Der kan evt. være behov for at vurdere, om der kan og bør gøres noget for at sikre lige vilkår for virksomheder, som ikke har tilsvarende kapacitet og forudsætninger for et professionaliseret administrativt set-up.

7. PROJEKTANSØGNINGER OG SLUTRAPPORTER. Kvaliteten af projektansøgninger og slutrapporter varierer for så vidt angår de kommercielle aspekter. Selv for ganske mange af de succesfulde projektansøgninger fremstår overvejelserne om markeds- og konkurrenceforhold mv. at være summariske set i forhold til, hvad der kunne forventes. I en del tilfælde har de blot karakter af referencer til en samlet markedsvolumen i Danmark eller internationalt men uden en tydelig sammenhæng til det konkrete teknologiprojekt. Der ses også eksempler på, at projektansøgningerne angiver forventninger, som ikke er realistiske. Det giver for MUDP-sekretariatet og bestyrelsen et mindre sikkert grundlag for at vurdere de erhvervmæssige potentialer, som ellers tillægges stor betydning.

For slutrapporterne gælder generelt, at de er ret tekniske. Opfølgningen ved projekternes afslutning på de erhvervmæssige potentialer er alene spørge-skemabaseret og (derfor) summarisk. Slutrapporterne indeholder derimod kun sjældent nye oplysninger om teknologiernes kommercielle potentialer og muligheder for udbredelse. Rapporterne anvendes ikke på nogen systematisk måde til erfaringsopsamling og læring.

Der ligger en vanskelig overvejelse i relation til ovenstående blandt andet fordi, skærpede krav til form og indhold muligvis vil kunne betyde færre ansøgere.

8. UNDERFOKUS PÅ PROJEKTERNES ROBUSTHED. En vigtig forudsætning for succesfulde resultater og effekter af de MUDP-støttede projekter er naturligvis, at de tekniske projektideer er gode og relevante. Men herudover er det også væsentligt, at grundlaget for den praktiske gennemførelse er på plads, særligt i de projekter, hvor risiciene objektivt set er store. Parametre som projekternes størrelse og varighed, antal deltagere, samt afhængighed af myndigheder eller (andre) eksterne interessenter er nogle af de generelle faktorer, som har betydning for kompleksitet og risici i forhold til gennemførelsen af projekterne.

Evalueringen viser, at nogle projekter er løbet ind i udfordringer på grund af forhold, der mere har med gennemførelsen at gøre end med projektideen – og at det i nogle tilfælde kan føres tilbage til et ufærdigt projekt- og forberedelsesgrundlag. Indtrykket er, at MUDP har et mindre tydeligt fokus på at vurdere, om projektgrundlagene er så robuste som muligt – fx om der på forhånd er etableret tydelige aftaler mellem projektdeltagerne indbyrdes og i forhold til relevante tredjeparter eller hvordan sårbarhed over for udskitning af nøglepersoner håndteres.

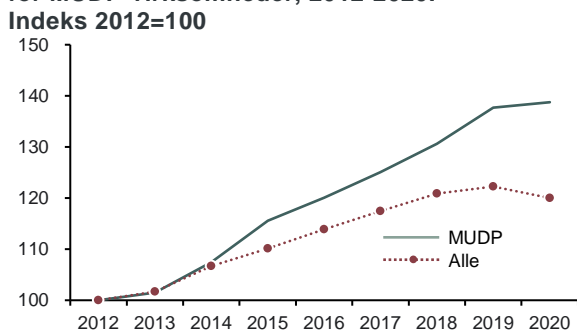
Robustheden kan også omfatte, om der er tilstrækkelige kompetencer til stede i forhold til projekt- og programledelse.

1.3 Resultater og effekter

9. ERHVERVSMÆSSIGE EFFEKTER. Evalueringen giver ikke grundlag for at drage sikre konklusioner med hensyn til MUDP's erhvervsøkonomiske effekter. Resultaterne beror blandt andet på, om der fokuseres på MUDP-virksomhedernes samlede performance eller på de kommercielle resultater og forventninger på projektniveau til de konkrete teknologier, som har fået støtte.

På den ene side viser evalueringen, at virksomheder, der har fået tilskud til MUDP-projekter, har en vækst i produktion, eksport og beskæftigelse, som er markant over gennemsnittet. Fra 2012 til 2020 steg beskæftigelsen i MUDP-virksomheder således med næsten 40 procent, mens den tilsvarende stigning i andre virksomheder (med samme brancheafgrænsning) var på 20 procent, jf. figur 1.1. Også fra 2020 til 2023 tyder evalueringen på, at beskæftigelsen i MUDP-virksomheder er steget ca. dobbelt så kraftigt som den samlede beskæftigelse (se afsnit 10.3).

Figur 1.1 Beskæftigelsesudvikling generelt og for MUDP-virksomheder, 2012-2020.



For eksporten ses en stigning på 56 procent for MUDP-virksomheder fra 2012 til 2020, hvilket kan sammenlignes med en gennemsnitlig stigning på 36 procent (begge tal opgjort i løbende priser).

På den anden side fremstår de kommercielle og erhvervmæssige resultater at være mere usikre på projektniveau og for de støttede teknologier. En surveyundersøgelse blandt MUDP-projekterne viser, at de realiserede resultater endnu er få og små samt at en stor del af respondenterne ikke kan vurdere det fremadrettede potentiale. Hertil kommer som nævnt, at projekternes slutrapporter kun i få tilfælde forholder sig konkret til de erhvervmæssige aspekter. Caseanalyser af 24 MUDP-støttede projekter viser at der i en del tilfælde sker et tab af kommercielt fokus igennem projektførelserne, samt at det erhvervmæssige potentiale er usikkert i de fleste projekter. Der er dog også et antal markante positive

eksempler på projekter, som ser ud til at kunne have et stort potentiale inden for deres område eller hvor teknologierne allerede er introduceret succesfuldt på markedet. Det gælder ikke mindst løsninger inden for cirkulær økonomi.

10. UINDFRIEDE OG UREALISTISKE FORVENTNINGER. Der ses en relativt klar tendens til, at de forventninger, der er i projektansøgningerne til det kommercielle potentiale, ikke indfries. Det gælder også, selv om der tages højde for, at mange projekter er på et tidligt livscyklusstadium, og at der endnu er usikkerhed om de langsigtede resultater. Det er imidlertid også sådan, at mange ansøgninger angiver forventninger, som fremstår (i bedste fald) meget optimistiske, og hvor grundlaget synes svagt, jf. punkt 6.

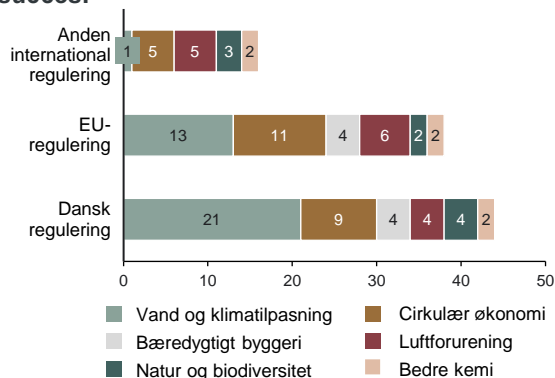
11. FYRTÅRSPROJEKTER. Der er siden 2015 givet støtte til 30 fyrtårsprojekter, hvor nye miljøteknologiske løsninger demonstreres og fremvises i fuld skala. Det samlede støttebeløb udgør 333 mio. kroner. Ambitionen med fyrtårsprojekterne er blandt andet, at fuldskalaanlæg kan fungere som et udstillingsvindue for dansk miljøteknologi over for udenlandske investorer og beslutningstagere

Evalueringen viser, at der endnu er et ret ufuldstændigt grundlag for at vurdere de (mulige) langsigtede resultater af satsningen på fyrtårsprojekter. Spørgeskemabesvarelser for 18 projekter tyder på, at projektdeltagerne er tilbageholdende med at vurdere de forretningsmæssige muligheder. Der er gennemført caseanalyser af seks af fyrtårsprojekterne. Blandt disse er der (endnu) ikke nogen eksempler på gennembrud for teknologiernes udbredelse, og generelt er miljø- og erhvervspotentialet endnu usikkert.

12. BETYDNINGEN AF REGULERINGEN. Det er tydeligt, at miljøregulering er en afgørende driver for efterspørgsel efter nye, mere miljøvenlige løsninger og dermed også katalysator for innovation og teknologiudvikling. I de gennemførte temaanalyser er det en hyppigt anført problemstilling, at potentielle kunder først investerer i løsninger, når det kræves for at leve op til reguleringen. Teknologiernes omkostningseffektivitet er således en vigtig parameter

Den surveyundersøgelse, som indgår i evalueringen, omfatter spørgsmål om, hvilke forudsætninger, der er de vigtigste for teknologiernes kommercielle succes. Det er naturligt, at yderligere teknologiudvikling og markedsmodning er vigtige forudsætninger. Herudover peger mere end 80 procent af respondenterne på kommende regulering som den vigtigste eller næstvigtigste forudsætning. Både dansk og international regulering er vigtig i denne sammenhæng. For projekter inden for vand og klimatilpasning er det oftest national regulering, der angives som en vigtig forudsætning. For projekter inden for andre miljøtemaer er EU- og øvrig international regulering relativt vigtigere end national regulering, jf. figur 1.2.

Figur 1.2. Antal respondenter, der angiver regulering som (næst)vigtigste faktor for kommerciel succes.



Note: 120 ud af 165 respondenter har i surveyundersøgelsen angivet dansk eller international regulering som den vigtigste eller næstvigtigste forudsætning for kommerciel succes.

Resultaterne er konsistente med data fra de spørgeskemaer, som MUDP-sekretariatet udsender ifm projektafslutning. Blandt svar fra 83 hovedansøgere har 51 angivet dansk eller international regulering (inkl. forureningsafgifter) som en af de vigtigste forudsætninger for kommerciel succes.

13. MILJØEFFEKTER. Evalueringen viser, at MUDP-projekterne generelt formår at gennemføre den teknologiudvikling, der er ansøgt om tilskud til, og at de initiale projektideer derfor i vid udstrækning bliver realiseret. Det betyder dog ikke, at projektideerne i alle tilfælde er bæredygtige (på kort sigt). Case-analyser af 24 projekter viser, at nogle teknologier har udfordringer i forhold til omkostningsniveau eller skalerbarhed - eller at miljøeffekterne er mindre (sikre) end forventet.

I de fleste tilfælde lykkes projekterne med at kvantificere og dokumentere miljøeffekterne i de sammenhænge, hvor de tekniske løsninger er testet, og der er generelt en høj dokumentationsgrad af miljøeffekterne i projekternes slutrapporter.

Miljøeffekterne på samfundsniveau hænger snævert sammen med løsningernes udbredelse. Det er indtil videre kun en mindre del af de demonstrerede teknologier, som er slået igennem på markedet, og spørgsmålet om projekternes udbredelse fremstår generelt at være usikkert, jf. punkt 9. Det hænger blandt andet sammen med, at mange projekter endnu er i en tidlig fase, og at der derfor typisk er behov for videreudvikling, inden der kan ske markedsintroduktion. Desuden vil udviklingen i reguleringsmæssige krav på de forskellige domæner få betydning. Gyldigheden af konklusionerne vedrørende miljøeffekter er derfor som regel begrænset til det testmiljø, hvor løsningerne er afprøvet. De aggregerede miljøeffekter vurderes ikke eller kun usystematisk i MUDP-projekternes slutrapporter.

1.4 MUDP's Betydning for styrkeområder og samspil mellem teknologi- og politikudvikling, samt regulering på udvalgte områder

14. GENEREL VURDERING. Af kommissoriet fremgår, at der skal ske en "evaluering af MUDP's understøttelse af udviklingen inden for særlige styrkeområder eller [...] miljøudfordringer og miljøtemaer, herunder afdækning af sammenhæng mellem teknologiudvikling, regulering og politikudvikling". I forhold til det sidste kan mulige sammenhænge gå fra MUDP-støttet teknologiudvikling til regulering og politikudvikling – eller omvendt.

Evalueringen viser, at MUDP først og fremmest understøtter innovation og udvikling af miljøteknologi bredt set. Programmet giver støtte til projekter, som adresserer relevante og væsentlige miljøudfordringer, og som ellers – for en stor dels vedkommende - ikke ville være blevet gennemført. Sammenhænge mellem MUDP's bidrag til teknologiudviklingen på den ene side og regulering og politikudvikling på den anden side er derimod mindre tydelige og må generelt betegnes som usikre – uden at der heri ligger en kritik af programmet.

MUDP er – trods de prioriteringer, der ligger i strategien – først og fremmest et program, som yder tilskud bredt og tidligt i teknologiernes livscyklusforløb. Med de tilskudsmidler, som er til rådighed, kan det ikke anses for realistisk, at programmet generelt set kan være en driver for ny regulering og politikudvikling. Dette er ikke overraskende, fordi MUDP-projekterne kun udgør en mindre del af den samlede teknologiudvikling og fordi, miljøreguleringen i stadig højere grad fastlægges internationalt, herunder i EU. Indirekte kan der dog være en effekt fx gennem tekniske og økonomiske feasibilitystudier og påvirkning af BAT-teknologier blandt andet via MUDP's støtte til ETV-projekter. Evalueringen kan da heller ikke anviser nogen eksempler på, at der i kraft af MUDP er udviklet eller udbredt ny teknologi, som har haft en sådan direkte indflydelse på reguleringen. Det er dog efter vores vurdering heller ikke en realistisk eller relevant målestok for succes.

Der er derimod en del eksempler på, at MUDP følger med de temaer, som politisk og reguleringsmæssigt er "oppe i tiden", og at programmet på den måde reagerer på – og tilstræber at understøtte – omstilling til ny regulering og aktuelle politikmål. Et nyligt eksempel er, at der i 2022 har været stor opmærksomhed omkring PFAS, og at der er givet støtte til en række projekter, der beskæftiger sig med dette tema. Det fokusskift, som er sket blandt andet inden cirkulær økonomi (se punkt 20) er et andet eksempel og interessen for energi- og klimaneutralitet i vandsektoren er et tredje. De konkrete bidrag fra MUDP beror på de resultater og effekter, som de støttede projekter afstedkommer.

Som anført i punkt 12 er det tydeligt, at det pres for omstilling af adfærd og teknologi, som kommer (eller ikke kommer) fra reguleringen, i mange tilfælde har stor

betydning for efterspørgslen efter nye løsninger og dermed udbredelsen af nye teknologier. Der er en del eksempler på MUDP-projekter, som langt hen ad vejen har realiseret de forudsatte løsninger, men hvor det kommercielle gennembrud mangler, fordi der ikke er nogen regulering, som presser eller tilskynder efterspørgselssiden til omstilling. Det bør for MUDP give anledning til at overveje, om der er miljøtemaer, som bør nedprioriteres, fordi ny regulering, som er påkrævet for teknologiernes gennembrud, ikke er inden for synsvidde.

Den ovenstående generelle vurdering er også relevant for hver af de fem miljøudfordringstemaer, som evalueringen har haft særligt fokus på. Vurderingerne på de fem områder, som er sammenfattet i punkt 16-20, har således mange fællestræk, men selvfølgelig med nuancer.

15. STYRKEOMRÅDER. Jf. forrige punkt skal evalueringen belyse MUDP's understøttelse af udviklingen "*inden for særlige styrkeområder*". Det er i tråd med de generelle bemærkninger til MUDP-loven, hvoraf det fremgår, at MUDP skal prioritere tilskud til "*udvikling af nye miljøløsninger, hvor danske virksomheder har gode forudsætninger for at levere konkurrencedygtige løsninger til det globale marked*".

I evalueringen er der ikke foretaget analyser af, hvad der kan anses for at udgøre sådanne danske styrkeområder med potentiale for det globale marked. Der foreligger ikke i MUDP-regi nogen definition af dette, og programmets strategi er ikke bygget op omkring en klar forståelse af, hvilke miljøtemaer, som i højere end andre repræsenterer styrkeområder. Evaluatoren er heller ikke bekendt med, at der i anden sammenhæng er udarbejdet opgørelser, der er egnede til at fastlægge, om specifikke miljøtemaer og erhvervsområder kan opfattes som styrkepositioner. Der foreligger således ikke et grundlag, som er operationelt og relevant for evalueringen.

16. DRIKKEVANDSFORSYNING. Rent drikkevand har været et fokusområde for MUDP siden programmets start. Siden 2009 har MUDP støttet op imod 40 projekter, som udvikler teknologi til beskyttelse, rensning og overvågning af grundvand og drikkevand. Tematisk dækker projekterne blandt andet løsninger inden for (i) vandtab og vandspild, (ii) biologisk rensning og udslip af drivhusgasser, (iii) overvågnings- og målingsteknologier samt (iv) software og digitale løsninger.

Der er bredt i vandsektoren stor anerkendelse af, at MUDP giver et værdifuldt bidrag til innovations-samarbejdet mellem de forskellige aktører, som rækker væsentligt videre end de konkrete MUDP-støttede projekter.

Det er særligt for vandsektoren, at forsyningerne dominerer markedets efterspørgselsside, og dermed har en afgørende rolle for udbredelsen af nye

teknologier. Evalueringen viser, at den økonomiske regulering, som de fleste vandselskaber er underlagt, opleves at begrænse deres mulighed og interesse for at investere i grønne løsninger, hvis disse øger driftsomkostningerne blot en smule. Der er for MUDP grund til at være opmærksom på dette forhold, samt hvilken evt. betydning det kan have for projekter, hvor det er vandselskaberne, som skal være aftagere af løsningerne.

Temaanalysen viser, at at det i fem caseprojekter generelt er lykkedes at demonstrere teknologiernes relevans og tekniske duelighed men også, at ingen af teknologierne endnu er slået igennem eller umiddelbart har udsigt til det. Årsagerne hertil varierer. For nogle af projekterne kan den økonomiske regulering være en medvirkende faktor. For andre er forklaringen i højere grad, at miljøeffekterne ikke har svaret til det forventede.

Der ses ikke nogen tydelig sammenhæng fra teknologiudviklingen i MUDP-støttede projekter til regulering og politikudvikling. Omvendt er det tydeligt, at MUDP er opmærksom på de temaer, som er aktuelle i politikdannelsen. Aktuelt er der fx fokus på PFAS og på målet om energi- og klimaneutralitet i 2030. Selv om sidstnævnte ikke er en "hård regulering" har målet potentiale til at påvirke adfærd i forsyningerne. MUDP har støttet flere projekter med dette fokus, og analysen viser, at miljøeffekter på drikkevandsområdet i mange tilfælde netop realiseres gennem lavere klimabelastning.

17. LUFTFORURENING FRA SKIBSTRANSPORT er en verdensomspændende miljøudfordring. Problemstillingerne omfatter blandt andet luftforurening fra skibsmotorernes udstødning, udskiftning af ballastvand samt transport af ikke-hjemmehørende arter rundt i verden på skibsskrog. MUDP har siden 2015 givet støtte til godt 25 projekter, der udvikler teknologi til bekæmpelse af skibsfurening. Det samlede tilskudsbeløb udgør knap 45 mio. kroner.

Temaanalysen har særligt fokuseret på begrænsning af luftforurening fra skibstransport. Der er blandt andet gennemført caseanalyse af fire projekter (heraf et fyrtårnsprojekt), som har arbejdet med udvikling af filterløsninger, der renser skibenes udstødningsrøg for svovl, NO_x'er, Black Carbon og andre typer af partikler.

Analysen viser, at projekterne er lykkedes med udvikling, test og validering af teknologierne - de udviklede filterløsninger renser skibenes udstødningsrøg for ca. 99,9 procent af de partikler, som filtrene skal fjerne. En gennemgående erfaring har været, at teknologiudviklingen er blevet vanskeligere end forudset, fordi det på land er svært at genskabe naturlige driftsforhold med blandt andet fugt, rystelser og temperatursvingninger. I fyrtårnsprojektet er fuldskalaafprøvningen lykkedes med dokumenteret effekt inkl. en bieffekt med mindsket støj fra testskibets motorer.

Analysen viser dog også, at der endnu ikke har været nogen udbredelse af teknologierne, og at det heller ikke kan forventes på kort(ere) sigt. Den globale konkurrence i skibsfarten betyder, at efterspørgslen efter grønne teknologier afhænger af de miljøkrav til rederierne, som følger af den gældende regulering – som på dette område helt overvejende aftales internationalt i IMO-regi. Afventen på regulering skyldes blandt andet, at retrofit af skibenes motorer er dyrt sammenholdt med at afvente udfasning af et skib og derefter investere i ny teknologi.

IMO har fastsat mål om at reducere skibsfartens CO₂-udledning med 40 procent i 2030 og 70 procent i 2050 sammenlignet med udledningen i 2008. Dette må forventes at kunne skabe en del af det nødvendige pres for at ibrugtage nye miljøteknologiske løsninger. Der er dog et stigende fokus på brug af alternative brændstoffer (power-to-X), som ikke udleder partikler. Afhængigt af, hvordan dette udspiller sig, er det muligt, at renseteknologier som dem, der er udviklet i MUDP-projekterne, får relativt mindre betydning som løsning på miljøudfordringerne.

Det forhold, at luftforurening fra skibe i så udpræget grad er et internationalt tema (både kommercielt og i forhold til regulering), betyder, at ovenstående resultater ikke uden videre kan antages at have gyldighed for andre konkrete problemstillinger inden for luftforurening.

18. BÆREDYGTIGT BYGGERI. De seneste 10 år har MUDP givet støtte til godt 40 projekter, der udvikler teknologi til at fremme økologisk og bæredygtigt byggeri. Det samlede tilskudbeløb udgør ca. 72 mio. kroner. Hvor der tidligere primært var fokus på genanvendelse og på udvikling af byggematerialer uden problematiske stoffer for miljø og sundhed, fokuserer de senere projekter på byggeriet mere generelt.

Temaanalysen fokuserer på bæredygtigt byggeri bredt set. Der er gennemført caseanalyser af fem projekter, som dækker en række forskellige temaer, nemlig (i) cirkulære byggeprincipper, (ii) bygnings-integrerede grønne facader, (iii) upcycling af konstruktionselementer, (iv) diffusionsåbne byggekonstruktioner og (v) omdannelse af lerholdige materialer til supplerende cementmaterialer.

Temaanalysen viser, at det i projekterne generelt er lykkedes at realisere den planlagte teknologi-udvikling, og at teknologierne er relativt langt i deres udviklingscyklus ved projektførløbets afslutning - enten ved at være klar til at blive sat i produktion eller ved, at der allerede er sket markedsintroduktion. Det kan tyde på, at udviklingen og demonstrationen af nye teknologier inden for byggeriet er lettere at realisere end inden for nogle andre brancher. Det kan skyldes, at der i mange tilfælde er tale om små teknologier, som er mindre omkostningstunge og nemmere at bygge som prototyper eller teste af i fuld skala, fx som en del af et konkret byggeprojekt.

Temaanalysen viser dog også, at udbredelsen af teknologierne (endnu) er relativt begrænset. En årsag hertil kan være, at byggebranchen af mange karakteriseres som en konservativ branche, hvor usikkerhed kan afholde mange aktører fra at ibrugtage ny teknologi, særligt hvis de udbydes til samme eller højere pris end velafprøvede alternativer på markedet.

Der ses i den forbindelse en tendens til, at regulering kan have stor betydning. I flere af projekterne har gældende lovgivning haft enten en hæmmende eller forstærkende effekt i forhold til teknologiernes udvikling og udbredelse. Dertil kommer, at der i flere af projekterne er en forventning om, at ny og fremtidig regulering vil øge efterspørgslen efter bæredygtige løsninger i byggeriet markant. Det gælder eksempelvis nye klimakrav i bygningsreglementet.

19. SPILDEVANDSRENSNING. Spildevand (inkl. rensning, kloakforsyning og klimatilpasning) har udgjort det største strategiske støtteområde siden MUDP's start målt på antallet af projekter og tildelte støtte midler.

Fordelingen af MUDP-midler afspejler på fin vis progressionen i forureningsbekæmpelsen og reguleringen inden for spildevandsområdet. Det traditionelle fokus på at mindske forurening med blandt andet kvælstof, fosfor, organisk stof og tungmetaller i de første vandmiljøplaner er blevet suppleret af et stigende fokus på komplekse miljøfremmede stoffer. På den baggrund fokuserer temaanalysen på spildevandsrensning på almene renseanlæg, herunder særligt rensning for medicinrester, mikroplast, og forurening fra overløb.

For så vidt angår lovkrav til spildevandsudledninger er der ikke sket den store udvikling siden 1990'erne. De almene renseanlæg i Danmark er generelt bygget til at rense for næringsstoffer og organisk stof, og både reguleringen og vandområdeplanerne er stadig overvejende rettet mod dette. Selv om der er kommet mere fokus på komplekse miljøfremmede stoffer i forvaltningen af virksomhedernes tilladelser til udledning af spildevand, findes der (endnu) ingen regulering, der stiller konkrete krav om reduceret udledning af fx medicinrester og andre mikroforurenede stoffer. Tilsvarende findes der ikke regulering, som stiller direkte krav til at begrænse omfanget af overløb – eller giver incitamenter til dette.

De undersøgte MUDP-projekter har påvist gavnlige miljøeffekter ved størstedelen af de demonstrerede teknologier, idet de renses spildevandet mere effektivt end de løsninger, der typisk anvendes i dag. Selv om der er stor interesse i markedet, er udbredelsen af de udviklede renseteknologier dog endnu begrænset. Temaanalysen viser, at potentielle kunder – centrale renseanlæg og virksomheder med tilladelse til udledning – generelt hidtil har forholdt sig afventende på grund af fraværet

af reguleringsmæssige krav. For forsyningerne angives den økonomiske prisloftregulering som en medvirkende årsag hertil.

Hvis et nyt byspildevandsdirektiv vedtages i nogenlunde den form, det er fremlagt af EU-Kommissionen, vil det ændre situationen. I så fald bliver der krav til større renseanlæg i EU-landene om at reducere udledningen af medicinrester og kosmetiske stoffer med omkring 80 procent for de vigtigste stoffer. Direktivet kommer også til at indebære krav til forsyningerne om begrænsning af forurening i forbindelse med overløb og reduktion af klimabelastning, hvilket kan bane vejen for flere af de øvrige løsninger, som indgår i de undersøgte projekter.

Spildevandsrensning er således et eksempel på et område, hvor udbredelsen og dermed miljø- og erhvervseffekterne af de udviklede MUDP-løsninger er stærkt afhængig af et medspil fra reguleringen. Selv om de MUDP-støttede teknologier således ikke endnu er slået igennem på samfundsniveau, kan et nyt spildevandsdirektiv blive en katalysator for dette. I så fald vil MUDP være lykkedes med at understøtte særdeles relevante teknologier på et gunstigt tidspunkt.

20. GENANVENDELSE AF PLAST OG TEKSTILER. Inden for cirkulær økonomi har MUDP i en årrække ønsket at fremme genanvendelse af plast og tekstiler. Tidligere var der en del fokus på at støtte tekniske løsninger til mekanisk affaldssortering, som nu anses for at være et modnet område. Derfor har MUDP i de senere år lagt større vægt på at yde støtte til fx oparbejdning og genvinding af affaldet samt anvendelse af de genvundne materialer i nye produkter. Der er også fokus på design af produkter med højt indhold af genanvendte materialer samt på tilbagetagning, levetidsforlængelse og affaldsminimering. Fokus i temaanalysen afspejler disse tendenser i teknologiudviklingen indenfor genanvendelse af plast og tekstiler.

De undersøgte projektcases har bidraget betydeligt til at fremme sortering, oparbejdning, genvinding og reel genanvendelse af plast- og tekstilmaterialer i produkter, der kan afsættes i Danmark og udlandet. Projekterne har resulteret i udvikling af innovative teknologier, der styrker mulighederne for, at danske genvindingsvirksomheder får del i det voksende marked for genanvendelse af plast- og tekstilmaterialer.

Det er samtidig med til at styrke Danmarks muligheder for at kunne leve op til de nationale målsætninger for cirkulær økonomi, der fordrer, at en stor andel (mere end halvdelen) af det danske plastemballage- og tekstilaffald reelt skal genanvendes efter 2025.

De fleste af teknologierne har et erhvervspotentiale allerede under den nuværende regulering, men det vil blive styrket i takt med udmøntning af ny regulering

i EU og Danmark, der skal fremme genanvendelse og af plast og tekstiler. Fx vil EU's Corporate Sustainability Reporting Directive fra 2025 give virksomheder med mere end 250 ansatte pligt til at rapportere klimaaftrykket fra deres fulde aktivitet, herunder også fra indkøbte materialer. Det vil medvirke til at øge virksomhedernes efterspørgsel efter genanvendte plast- og tekstilmaterialer, og lægge pres på underleverandørerne for at kunne levere dem.

L153 betyder, at kommunale affaldsvirksomheder i Danmark nu og fremover afskæres fra at eje og drive affaldssorteringsanlæg. Den samtidige konkurrenceudsættelse af al affaldsbehandling med henblik på materialenyttiggørelse betyder også, at de kommunale selskaber ikke i samme grad som hidtil vil have incitament og mulighed for at engagere sig i teknologiudviklingsprojekter på området. Fremover må MUDP-projekter med fokus på øget genanvendelse af plast- og tekstilmaterialer derfor primært forventes at være samarbejdsprojekter mellem private virksomheder.

Alt i alt har den hastige og ambitiøse udvikling i reguleringen af cirkulær ressourceudnyttelse skabt en betydelig pull-effekt, som fremmer udbredelsen af nye løsninger til genanvendelse af plast og tekstiler. Reguleringen er overvejende bestemt af nye strategier, handlingsplaner og direktiver på EU-niveau. Derfor er der ikke noget betydeligt spillerum for, eller kendte eksempler på, at danske MUDP-projekter inden for området i sig selv bliver en driver for udvikling af ny regulering.

1.5 anbefalinger

21. FORSLAG TIL MINDRE JUSTERINGER. Evalueringen viser, at MUDP grundlæggende fungerer godt med hensyn til fx tilskudsforvaltningen, sekretariatsbetjeningen af bestyrelsen og samspillet med projekter og interessenter. Samlet set lever MUDP fuldt op til sit formål (punkt 1) og varetager en funktion i innovationslandskabet, som ingen andre udfylder (punkt 4). På den baggrund er der ikke anledning til anbefalinger af mere vidtrækkende karakter eller af større ændringer i strategien. De nedenstående anbefalinger skal ses imod denne baggrund, og har således karakter af forslag til mindre justeringer.

22. STØRRE FOKUS PÅ FORUDSÆTNINGER FOR SUCCES. Det anbefales, at der i indstillingsgrundlaget for at give tilsagn eller afslag til projektansøgere lægges større vægt på at vurdere projekternes forudsætninger for at realisere de resultater og effekter, som fremgår ansøgningerne. Det kan omfatte forhold som fx (i) projekternes kapacitet til projektledelse og til at gennemføre komplekse udviklingsprojekter, (ii) robustheden over for personaleudskiftning eller (iii) hvordan ansøgerne har forholdt sig til det marked, de opererer i, herunder konkurrerende teknologier og virksom-

heder samt betydningen af reguleringen for at opnå et kommercielt gennembrud. For projekter med mange deltagere kan det også omfatte (iv), om aftaler og committment imellem de deltagende virksomheder er solide. I nogle af de undersøgte projekter har der fx været udfordringer med at dele oplysninger mellem projektdeltagere, som havde betydning for gennemførelsen af arbejdsplaner.

Anbefalingen har baggrund i særligt tre observationer og betragtninger. Den første er, at det på ansøgningstidspunktet sjældent er muligt for MUDP-sekretariatet at foretage en kvalificeret vurdering af, om forvetningerne i ansøgningerne er realistiske. Den anden er, at projekterne ikke systematisk anmodes om at forholde sig til markeds- og konkurrenceforhold, forretningsplaner og til alternative teknologier - og at det kan konstateres, at ansøgningerne sjældent indeholder sådanne oplysninger. Den tredje er, at ganske mange projekter i praksis synes at tabe kommercielt fokus undervejs i forløbene.

Anbefalingen er således, at flytte fokus (lidt) væk fra forsøg på at vurdere potentialerne over i mod at vurdere kvaliteten af projektgrundlagene. Anbefalingen er ikke et skift fra det ene til det andet, men en justering af vægtningen.

DIFFENTIERET ADMINISTRATIONSMODEL. I forlængelse af forrige punkt anbefales det at overveje en mere differentieret administrationsmodel forstået sådan, at MUDP bør gå tættere på nogle af projekterne med hensyn til kvalitetssikring og kvalificering af projektgrundlagene og på den løbende opfølgning. Det gælder særligt projekter, som (i) modtager store tilskud, (ii) objektivt set har store risici og/eller (iii) repræsenterer strategiske satsninger. Det kan også være relevant i nogle sammenhænge at stille mere præcise krav til visse typer af ansøgninger. Formålet er at styrke projekternes forudsætninger for at få succes. Det vil kræve et større ressourceforbrug og bør derfor afgrænses til de projekter, hvor det er mest relevant.

23. REVURDERING AF FOKUS PÅ STYRKEPOSITIONER. Med afsæt i de intentioner, som ligger i MUDP-loven, er der i den nuværende praksis en stor ambition om at fremme vækst, beskæftigelse og eksport af dansk miljøteknologi, herunder endda at udbrede danske løsninger globalt. Der er dog grund til at være opmærksom på, at der især på samfunds-niveau må forventes betydelige fortrængnings-effekter, dels fordi økonomiens kapacitet er givet fra udbudssiden, dels fordi nye teknologier ofte vil være forbedringer eller erstatninger af eksisterende. Der ses en risiko for, at der kan være større forventninger til MUDP's samfundsøkonomiske bidrag end hvad der er realistisk.

For nogle teknologiers vedkommende vil det kunne være sådan, at der er positive miljøeffekter (fx nye renseteknologier, som er mere effektive end tidligere anvendte løsninger) men uden, at der nødvendigvis

kan forventes større produktion og beskæftigelse på samfunds-niveau. Ambitionen om, at MUDP skal fremme vækst og beskæftigelse bør ikke stå i vejen for sådanne teknologier.

Det anbefales, at MUDP's bestyrelse tager initiativ til at få etableret et mere konkret og operationelt målbillede for, hvad der anses for at være tilfredsstillende bidrag til samfundsøkonomien. Det kan medvirke til forventningsafstemning både i forhold til det politiske niveau og over for projektansøgere.

24. GENOVERVEJELSE AF FYRTÅRSPROJEKTERS VÆGT. En af sigtelinjerne i strategien for 2020-2023 er, at ca. halvdelen af tilskuddene skal gå til grønne fyrtårnsprojekter. Jf. punkt 11 er der endnu ikke noget grundlag for en kvalificeret vurdering af det langsigtede potentiale for "fyrtårnsteknologierne" hverken absolut eller set i forhold til andre typer af projekter. Det anbefales at (gen)overveje, om der i den kommende strategiperiode er grundlag for at opretholde et mål om, at fyrtårnsprojekterne skal udgøre en bestemt andel af støttebeløbene. Desuden er anbefalingen i punkt 21 om at have større fokus på forudsætningerne for succes særligt vigtig og relevant for fyrtårnsprojekterne.

Der er eksempler på, at demonstrationsanlæg i fyrtårnsprojekter er blevet taget ned efter en kortere periode, hvilket tilsyneladende ikke flugter med de intentioner, der lå bag, at der blevet givet støtte-tilsagn. Det anbefales at sikre tydelighed omkring dette forhold fremadrettet.

25. EFTERSYN AF OPFØLGNINGSKONCEPT. Med afsæt i den forrige evaluering har MUDP etableret et indikatorset og anvendt et opfølgningkoncept over for tilskudsmodtagerne, som bygger på web-baserede spørgeskemaer. Eksempler på data herfra fremgår af afsnit 3.2 og en mere samlet fremstilling af data findes i bilag 2.

Det anbefales, at der foretages et eftersyn af konceptet med fokus på revision af både data-modellen og indsamlingsmetoden. Det nuværende opfølgningkoncept ses ikke at være velegnet hverken til at opnå indsigt og læring fra de gennemførte projekter eller som grundlag for løbende resultatformidling. Det skyldes blandt andet, at genstandsfeltet (resultat- og effektopfølgning på miljøteknologiske udviklingsprojekter) objektivt set er for komplekst til, at det kan indfanges alene gennem spørgeskemabaseret dataindsamling. Hvis der ønskes en løbende og systematisk opfølgning på de afsluttede projekter anbefales det, at dataindsamlingen sker gennem telefoninterviews med udgangspunkt i en struktureret spørgeramme. Det vil formentlig indebære, at der skal lægges flere ressourcer i opgaven end hidtil. Det indholdsmæssige design skal afpasses efter, hvad der for MUDP er de væsentligste formål, fx erfaringsopsamling og læring, dokumentation af resultater eller formidling til fagmiljøer og/eller den bredere offentlighed.

2 Evalueringens tilrettelæggelse og metodiske tilgang

2.1 Kommissorium og centrale evalueringsspørgsmål

Evalueringen er bestilt af MUDP's sekretariat på vegne af bestyrelsen. Evalueringens indholdsmæssige fokus og tilrettelæggelse følger af det underliggende kommissorium, som er udarbejdet af sekretariatet.

Det overordnede formål med evalueringen er at afdække om programmet opfylder formålet med ordningen som angivet i MUDP-loven. Af sidstnævnte fremgår, at MUDP skal "fremme udvikling og anvendelse af miljøeffektive løsninger på prioriterede miljøudfordringer og understøtte beskæftigelse og vækst". I forlængelse heraf skal evalueringen afdække, om programmet gennemføres i overensstemmelse med den af bestyrelsen besluttede strategi.

Med udgangspunkt i disse formål er der i kommissoriet angivet fire hovedtemaer, som evalueringen skal omfatte.

1. **MUDP-virksomhedernes profil** skal kortlægges, herunder hvilke typer af virksomheder, der deltager i MUDP. Der skal desuden etableres et portræt af disse virksomheder på parametre som fx værditilvækst, branchetilhørsforhold, størrelse og eksport mv.

2. **Betydningen for erhverv og regulering** skal undersøges. Evalueringen skal belyse MUDP's betydning for erhvervmæssige styrkepositioner og indsatsen ift særlige og prioriterede miljøudfordringer. I tilknytning hertil skal det afdækkes, hvordan MUDP understøtter samspillet mellem teknologiudvikling, regulering og politikudvikling.

3. **MUDP's betydning for miljøet.** Som det tredje hovedtema angiver kommissoriet, at evalueringen skal afdække hvilken betydning, programmet har for miljøet, herunder særligt på de fokusområder, MUDP har prioriteret i sine strategier og handlingsplaner.

4. **MUDP'S set-up og plads i innovationsmiljøet.** Det sidste hovedelement omfatter et review af MUDP's opbygning, form og indhold, inkl. udvalgte programmekanismer og administration. Desuden skal det undersøges, hvilken rolle MUDP har i det samlede innovationslandskab inden for miljøteknologien.

Evalueringen er tilrettelagt med henblik på at tilgodese det ovenstående. Det betyder blandt andet, at der igennem rapporten er et gennemgående fokus på samspillet mellem MUDP som program, de støttede projekter og den regulering (dansk og international), som har betydning for teknologiudvikling og teknologianvendelse.

2.2 Vurderingsramme

MUDP's virkeområde er meget bredt og kan i princippet dække alle væsentlige miljøudfordringer – og til dels også klimaudfordringer. Selv om MUDP's strategi for 2020-2023 (se nærmere i kapitel 3) rummer en vis fokusering, så afspejler den også bredden i de samfundsmæssige miljøudfordringer. Samtidigt ligger det i programmets natur, at tilskuddene gives til enkeltprojekter, men i et evalueringsperspektiv er det programmets resultater og effekter på samfundsniveau, som er det mest interessante. Der er i evalueringen tilstræbt en fleksibel vurderingsramme, som kan favne den tematiske spændvidde og som med afsæt i analyser på projektniveau kan være grundlag for konklusioner på programniveau.

FORANDRINGSTEORETISK AFSÆT

Rationalet for at give offentlige tilskud til miljøteknologisk udvikling er grundlæggende forandringsteoretisk. Det bygger på den grundpræmis, at tilskuddene fremmer udvikling og/eller udbredelse af løsninger, som er samfundsmæssigt ønskelige, og som ellers ikke ville være blevet udviklet eller udbredt – fx fordi investeringer i innovation er risikofyldte, så både egenfinansiering og markedsmæssig finansiering af aktiviteterne er udfordret.

Ideelt set vil evalueringen derfor søge svar på, om MUDP har effekter for innovation, miljø og økonomi på program- og samfundsniveau. Empirisk måling af egentlige effekter af erhvervsrettede tilskudsprogrammer er dog metodisk meget vanskeligt. Det beror på: (i) at transmissionsmekanismerne er komplekse, (ii) at effekterne kan være længe om at slå igennem, (iii) at det på grund af øvrige påvirkningsfaktorer er svært at isolere programeffekterne, og (iv) at det er usikkert om observerede resultater er additionelle, fordi det kontrafaktiske forløb er ukendt. Der er ikke nogen enkel løsning på dette, og der anlægges derfor i praksis en flerstrengt og pragmatisk vurderingsramme.

FORMÅL, RESULTATER OG EFFEKT

De primære elementer, som indgår i vurderingsrammen er (i) formålsopfyldelse, (ii) resultater og (iii) effekter.

Evalueringen undersøger, om MUDP-programmet samlet set opfylder sit **formål**, sådan som dette fremgår af lovbemærkningerne og af MUDP's strategi.

Evalueringen belyser MUDP's **resultater**. Med resultater forstås output fra programmet og projekterne fx i form af konkrete teknologier og produkter, (besøg på) test- og demonstrationsanlæg, netværksdannelse og formidlingsaktiviteter mv. I forhold til påvirkningen af miljøet samt af vækst og beskæftigelse omfatter resultatskabelsen den direkte virkning, som kan knyttes til de forskellige typer af output, men uden at der tages

hensyn til, om der er andre eksisterende løsninger, som fortrænges, og hvis effekter derfor bortfalder.

Igennem evalueringen sammenholdes dokumenterede og sandsynliggjorte resultater med de forventninger, som var opstillet i projektansøgningerne.

Med **effekt** (outcome) forstås i denne evaluering, at MUDP skaber resultater for innovation, miljø og økonomi, som ellers ikke ville være fundet sted, jf. afsnit 2.3. Givet de metodiske og empiriske udfordringer, der er ved at måle effekt i den konkrete kontekst, så fokuserer evalueringen dog i højere grad på, om programmet er tilrettelagt sådan, at det skaber de bedste forudsætninger for effekt – og om det (derfor) fremstår sandsynligt, at programmet har reelle additionelle effekter på miljø, vækst, beskæftigelse og eksport mv.

Ny teknologi erstatter eller forbedrer ofte eksisterende løsninger, ligesom der kan være konkurrence mellem alternative teknologier, der adresserer de samme miljøudfordringer, fx forskellige teknologier til blødgøring af vand. På samfundsniveau skal de additionelle effekter på både miljø og økonomi derfor teoretisk set vurderes på de marginale forbedringer, som løsningerne giver anledning til.

Der er således især to forhold, som er centrale for, at effekter kan være additionelle. Den ene er, at de projekter, der gives støtte til, ikke ville være blevet realiseret uden støtten – eller i hvert fald kun i begrænset omfang. Den anden er, at de udviklede løsninger ikke blot fortrænger andre løsninger, men har positive marginale effekter.

Det gælder særligt for de mulige effekter på vækst, beskæftigelse og eksport, at den samlede kapacitet i økonomien som udgangspunkt er bestemt fra udbudssiden. Muligheden for at øge beskæftigelsen strukturelt afhænger derfor af arbejdsudbuddet, som umiddelbart ikke påvirkes af MUDP. Til gengæld kan der være positive samfundsmæssige effekter, hvis løsningerne bidrager til højere produktivitet og værdiskabelse, eller hvis løsningerne giver grundlag for, at danske virksomheder kan etablere produktion i udlandet.

AFGRÆNSNING

Evalueringen forholder sig til MUDP på programmets egne præmisser. Det betyder, at evalueringen ikke stiller spørgsmål ved grundantagelsen om, at støtte til udvikling af miljøteknologiske løsninger kan have positive samfundsmæssige effekter. Det indebærer også en række afgrænsninger, jf. punkterne herunder.

- Evalueringen tager udgangspunkt i de foreliggende formålsbeskrivelser og strategier mv. og forholder sig ikke til, om disse er hensigtsmæssige og optimale set i forhold til andre mulige (for)mål og strategier.
- Evalueringen beskæftiger sig ikke kun (eller primært) med resultatanskabelsen i de støttede projekter i absolut forstand. Derimod undersøges det, om projektresultaterne modsvarer de mål og forventning-

er, som var opstillet for projekterne på forhånd – eller om de kan forventes at komme til at gøre det.

- Evalueringen beskæftiger sig ikke med, om MUDP's bestyrelse fokuserer på de væsentligste miljøudfordringer, og om den giver tilsagn til "de rigtige projekter". Der er (derfor) heller ikke foretaget review af ikke-succesfulde projektansøgninger eller afviklet interviews med ansøgere, hvis projekter ikke har opnået tilsagn.
- Evalueringen tager udgangspunkt i, at MUDP i henhold til sit mandat fortrinsvist giver støtte til projekter, som er på et tidligt livscyklusstadium - typisk i en udviklings-, test- eller demonstrationsfase. Det betyder, at teknologiudviklingen kan være succesfuld og lovende, selv om løsningerne ikke er klar til markedsmodning ved projekternes afslutning - og der dermed ikke er målelige kommercielle resultater eller miljøeffekter.
- MUDP's tilskud gives i henhold til EU-reglerne om statsstøtte. Evalueringen beskæftiger sig ikke hermed, men forudsætter implicit reglerne overholdt.

MUDP'S STRATEGI OG LOVGIVERS INTENTION

Det følger af ovenstående, at evalueringen tilstræber at bedømme MUDP op imod de intentioner, som fremgår af programmets egen strategi samt af lovbemærkningerne til MUDP-loven. Kapitel 3 indeholder en samlet introduktion til programmet. Her skal blot fremhæves, at der særligt i lovbemærkningerne lægges ret stor vægt på de aspekter, der har at gøre med (i) udvikling af konkurrencedygtige teknologier, (ii) understøttelse af danske virksomheders styrkepositioner inden for miljøteknologi samt (iii) bidrag til vækst og eksport af grønne løsninger ikke kun internationalt men endda på "det globale marked". Boksen herunder indeholder et uddrag af de generelle bemærkninger fra MUDP-lovforslaget fra 2014.

Lovbemærkningerne har bl.a. fokus på understøttelse af eksport og erhvervsmæssige styrkepositioner



Det er hensigten, at MUDP som hidtil prioriterer tilskud til udvikling af nye miljøløsninger, hvor danske virksomheder har gode forudsætninger for at levere konkurrencedygtige løsninger til det globale marked. En indsats for at forbedre virksomhedernes rammebetingelser for eksport af danske miljøløsninger skal derfor fortsat være en integreret del af MUDP. MUDP vil hermed kunne bidrage til regeringens indsats for at fremme den grønne danske eksport, herunder regeringens vækstmarksstrategier og regeringens eksportstrategi på miljøområdet. Indsatsen vil blive udført i samarbejde med danske ambassader i udlandet, Eksportrådet, State of Green og relevante ministerier. De grønne fyrtårnsprojekter kan her have en vigtig rolle som udstillingsvindue for det fremmeste, danske virksomheder kan på miljøområdet. MUDP vil dermed kunne bidrage til markedsføring af Danmark som et grønt foregangsland for udvikling af løsninger på fremtidens globale miljø-, natur- og ressourceudfordringer.

Uddrag af lovbemærkninger til MUDP-loven (lovforslag nr. 104 fremsat 17. december 2014)

I MUDP's strategi for 2020-2023 fremstår det kommercielle og internationale fokus ligeledes ret centralt i formuleringen af visionen for MUDP, jf. boksen herunder.

Fra MUDP's vision

» Danmark og danske virksomheder skal fortsat være blandt de bedste i verden til at udvikle, commercialisere og anvende fremtidens miljøteknologiske løsninger.

MUDP skal være anerkendt som videncenter og platform for udviklingen af miljøteknologiske løsninger.

Kilde: Strategi for MUDP 2020-2023

Det er derfor også centralt i vurderingsrammen, om MUDP bidrager til at understøtte de ambitioner, som er indlejret i ovenstående.

2.3 Evalueringens datagrundlag og hovedaktiviteter

Som led i evalueringen er der gennemført en række kortlægnings- og analyseaktiviteter, som både har kvantitativ og kvalitativ karakter. Det samlede datagrundlag, som er fundament for de vurderinger og anbefalinger, der er præsenteret i kapitel 1, omfatter både oplysninger, som er tilvejebragt i projektførelsen og data, som har eksisteret på forhånd, fx projektansøgninger og slutrapporter mv. I det følgende redegøres for (i) hovedtrækkene i det gennemførte kortlægnings- og analyseprogram samt de vigtigste datakilder, som er anvendt og/eller tilvejebragt. Ligeledes beskrives kort de muligheder og begrænsninger (i forhold til evalueringens formål), som knytter sig til de forskellige datakilder.

EKSISTERENDE DATA OM PROJEKTERNE

Vi har haft adgang til eksisterende materiale om projekterne inden for de fem fokusanalysetemaer, som er præsenteret i kapitel 4-8. Det omfatter de oprindelige projektansøgninger, MUDP-sekretariatets indstillingsnotater samt slutrapporter fra projekterne. Ansøgningsmateriale fra de projekter, som ikke fik tilsagn, har ikke været tilgængeligt. Evalueringen har herudover anvendt oplysninger fra årsrapporterne¹ og fra MUDP-sekretariatets interne projektdatabase.

Endelig har evalueringen anvendt resultaterne fra de spørgeskemabaserede projektevalueringer, som projektledere og virksomheder har udfyldt ved afslutningen af projekterne (to forskellige spørgeskemaer). Der foreligger besvarelser fra 77 projektledere og 115 virksomheder og øvrige projektdeltagere fordelt på 92 projekter. Data fra disse spørgeskemabesvarelser er fremstillet i bilag 2.

SURVEY BLANDT IGANGVÆRENDE OG NYLIGT AFSLUTTEDE PROJEKTER

Supplerende til ovenstående er der i forbindelse med evalueringen gennemført en webbaseret survey blandt projekter, som på evalueringstidspunktet var i gangværende eller som var afsluttet inden for de foregående 24 måneder. Afgrænsningen på 24 måneder har primært været af praktisk karakter. Udfordringen er, at jo længere tid det er siden, projekterne er afsluttet, desto større er sandsynligheden for, at de involverede projektdeltagere har skiftet job, og at der derfor ikke findes kontaktoplysninger. Invitation til deltagelse i spørgeskemaundersøgelsen er sendt til alle projektdeltagere uanset hvilken rolle, de har haft i projekterne.

Per 1. oktober 2022 var der i alt 230 projekter, som opfylder de ovennævnte kriterier. Nogle af disse er dog udeladt, typisk fordi de var helt nystartede og derfor ikke relevante. Nettopopulationen udgør således 193 projekter med i alt 616 projektdeltagere, jf. tabel 2.1.

Tabel 2.1. Population og besvarelsesprocent for surveyen

	Antal projekter	Antal respondenter
Bruttopopulation	230	732
Fradrag	37	116
Nettopopulation	193	616
Besvarelser	157	291
Heraf Afsluttede projekter	85	143
Igangværende projekter	72	148
Besvarelsesprocent	81	48

Note: Igangværende projekter er opgjort per 1. oktober 2022. Afsluttede projekter er projekter, som MUDP-sekretariatet har registreret som afsluttede i perioden 01.10.2020-30.09.2022

Der er modtaget besvarelser fra i alt 291 respondenter, som fordeler sig på 157 projekter. Besvarelsesprocenten er således 81 opgjort på projektniveau, hvilket er meget tilfredsstillende. Der er en lavere svarprocent på respondentniveau, hvor kun 48 procent af projektdeltagerne har besvaret. Det er dog især deltagere, der har haft en perifer eller afgrænset rolle i projekterne, som har lavere svarprocent – fx leverandør af materialer eller testfaciliteter. Det fremgår af tabel 2.2, at der er besvarelser fra 114 respondenter, som har været hovedansøger på projekterne, samt at der er svar fra 88 teknologiudviklere og 61 administrative projektledere.² De forskellige roller (se evt. rollebeskrivelserne i bilag 1) kan varetages af samme person/organisation, så tallene kan ikke direkte lægges sammen. Der er dog svar fra mindst én af de centrale aktører i stort set alle de 157 projekter. Samlet set er dækningsgraden af surveyen derfor særdeles god.

¹ Årsrapporterne er tilgængelige på www.ecoinnovation.dk og projekternes slutrapporter på www.groenprojektbank.dk

² Nogle af spørgsmålene er kun stillet til de administrative projektledere

Tabel 2.2. Antal respondenter fordelt på projektroller

	Projektstatus		
	Afsluttet	I gang	I alt
Teknologiudvikler	40	48	88
Administrativ projektleder	32	29	61
Teknologileverandør	7	4	11
Aftager af teknologien	25	24	49
Videnspartner	26	28	54
Leverandør af materialer, testfaciliteter o.lign.	5	9	14
Kommercialiseringspartner	2	3	5
Andet	6	3	9
I alt	143	148	291
Hovedansøger	65	49	114

Datamodellen i det spørgeskema, som er anvendt i evalueringen, er bredere end i de interne projekt-evalueringer nævnt ovenfor. Foruden baggrundsoplysninger om projekterne, fokuserer spørgeskemaet på temaer som (i) projekternes realisering, (ii) betydningen af regulering samt (iii) resultater og effekter ift teknologi, miljø og økonomi. Spørgeskemaet til afsluttede projekter kan ses i bilag 1.

Det gælder for en række af de spørgsmål, der indgår i surveyundersøgelsen, at genstandsfeltet er forholdsvis komplekst og/eller at respondenterne anmodes om at give deres bedste vurdering af forhold, som notorisk er usikre – fx om det kan forventes at projektets resultater får betydning for fremtidig regulering

Det gælder både for surveyen og projektevalueringerne ovenfor, at resultaterne fortrinsvist (kan) anvendes til analyser på samlet programniveau men som hovedregel ikke specifikt for de forskellige underliggende miljøtemaer. Ud over den anførte kompleksitet skyldes det, at antallet af projekter og surveybesvarelser generelt er relativt få i de enkelte segmenter, fx bæredygtigt byggeri. Det begrænser mulighederne for at vurdere, om der er statistisk signifikante forskelle i besvarelserne mellem projekter, der adresserer forskellige typer af miljøudfordringer.

Surveymetoden har både en række styrker og svagheder. Fordelene er især, at metoden giver mulighed for indsamling af strukturerede data blandt alle projekter, der har modtaget tilskud. Svaghederne er især, at fortolkningen af de faktorer, der ligger bag ved besvarelserne, kan være usikker, samt at der kan være (systematisk) bias i besvarelserne. I forhold det sidste er det en oplagt risiko, at respondenterne kan have en tendens til at svare mere "positivt" end der nøgternt set er belæg for (*social desirability bias*). Det er evaluators vurdering, at dette også er tilfældet i den gennemførte survey. Vurderingen er blandt andet baseret på data fra de projekter, hvor der også er gennemført case-analyser (se nedenfor), og hvor det har været muligt at

sammenholde surveybesvarelserne med vores egne observationer.

Det skal også nævnes, at der i surveybesvarelserne er forholdsvis mange eksempler på, at respondenterne har undladt at besvare bestemte spørgsmål eller har svaret "ved ikke". Dette skal utvivlsomt ses i sammenhæng med, at nogle af spørgsmålene objektivt set er svære at besvare, jf. ovenfor. Det gælder også for en række mere konkrete spørgsmål, som fx om de resultater, der var forventet på ansøgningstidspunktet fortsat anses for at være realistiske. Dette giver alt andet lige en større usikkerhed om fortolkningen af resultaterne.

Igennem rapporten præsenteres resultaterne af surveyundersøgelsen, som de er, men ved fortolkningen er det tilstræbt at tage højde for de nævnte forhold. For den samlede evaluering er det vigtigt, at surveyundersøgelsen ses i sammenhæng med de øvrige elementer, herunder især caseanalyserne.

Resultaterne fra surveyen er søgt integreret i fremstillingen igennem rapporten hvor det er mest naturligt – de fleste resultater er dog præsenteret i kapitel 10.

MIKRODATA

I forbindelse med evalueringen er der etableret et datasæt via Danmarks Statistiks forskningsservice baseret på den generelle firmastatistik. Sidstnævnte indeholder relevante oplysninger for enkeltvirksomheder om blandt andet branche, regnskabsmæssige forhold samt værditilvækst, beskæftigelse og eksport mv. Datasættet indeholder oplysninger om alle virksomheder i perioden 2010-2020.

De registerbaserede data inddrages i kapitel 10, hvor det undersøges, hvordan udviklingen har været i MUDP-virksomhederne på nogle af de anførte økonomiske indikatorer både absolut og relativt til andre virksomheder. Der er naturligvis mange andre forhold, som kan have (større) betydning for virksomhedernes performance, end om de har deltaget i MUDP-støttede projekter. Der kan således ikke antages nogen sporbarhed eller kausalitet mellem MUDP-støtte og performance, som kan danne grundlag for en egentlig effektanalyse. Der er således alene tale om en faktuel og deskriptiv præsentation af MUDP-virksomhedernes beskæftigelsesudvikling.

Der er herudover en række andre opmærksomhedspunkter i forhold til datasættet, hvoraf to skal fremhæves her. Det ene er, at der helt generelt er forholdsvis mange virksomheder, som hvert år kommer til eller som ophører. Det gælder også for virksomheder, der deltager i MUDP-støttede projekter. Datasættet giver mulighed for at identificere start og ophør, men ikke årsager til ophør. Sidstnævnte kan således både skyldes konkurs, salg, fusion eller blot at virksomheden er lukket eller likvideret. Det andet – beslægtede - forhold er, at der kan ske (koncerninterne) omdannelser af virksomhederne eller der kan

ske opkøb, udskillelse eller frasalg af aktiviteter. Begge dele påvirker den udvikling, der ses i mikrodata, men uden at der er mulighed for at foretage præcise korrektioner for sådanne tekniske forhold. Ved anvendelsen af data er der foretaget en række valg og afgrænsninger, som tilstræber at mindske risikoen for "støj" fra sådanne faktorer (se kapitel 10)

CASEANALYSER

De fem temaanalyser, som præsenteres i kapitel 4-8, udgør en væsentlig del af den samlede evaluering.

De fem hovedtemaer er aftalt med MUDP-sekretariatet på baggrund af et oplæg fra evaluator. Her er der på nogle områder sket en tematisk afgrænsning. Fx er det valgt at temaet om luftforurening fokuserer på skibstransport, at temaet om spildevand fortrinsvist beskæftiger sig med emissioner samt at der inden for cirkulær økonomi fokuseres på genanvendelse af plast og tekstiler. Intentionen hermed har været at genstandsfeltet for hver af temaanalyserne er nogenlunde homogent blandt andet for at kunne analysere samspillet med reguleringen.

Temaanalyserne beskæftiger sig med generelle tendenser inden for temaerne fx tendenser i teknologiudviklingen og i reguleringen samt centrale miljøindikatorer. Herudover er det et vigtigt element, at der er gennemført caseanalyser af fem konkrete projekter inden for hvert af temaerne.³ Case projekterne er udvalgt af evaluator ud fra en bruttoliste af projekter, der falder inden for hvert af hovedtemaerne. Kriterierne for udvælgelse rummer en blanding af konkrete forhåndsvalg og et ønske om et element af tilfældig udvælgelse. Forhåndsvalgene er for det første, at alle fyrtårnsprojekter er udvalgt, fordi de er store og har en vigtig plads i MUDP-programmet. Det andet er, at der så vidt muligt er udvalgt projekter, som er afsluttede, fordi det helt oplagt giver bedre mulighed for analyse af hele projektforsløbet og det videre forløb derefter.

Der er afviklet interviews med projektledere og projektdeltagere i alle caseprojekterne, og der er gennemført fysiske besøg i de tilfælde, hvor det har været muligt og relevant. Projektledere har deltaget i alle caseanalyserne, mens inddragelsen af øvrige projektdeltagere har varieret ud fra både praktiske omstændigheder og efter behov.

Aktiviteter og resultater dokumenteres på projektniveau, men for den samlede evaluering er det ikke det enkelte projekt, som er det centrale, men derimod de resultater, der træder frem på tværs af de i alt 24 projekter.

DESK RESEARCH OG INTERVIEWPROGRAM

I tilknytning til temaanalyserne har vi gennemgået forskelligt skriftligt materiale, som har haft relevans for de respektive temaer. Det kan være elementer af den konkrete regulering, eksisterende analyser og rapporter, tilgængeligt statistisk materiale samt årsrapporter, høringssvar og andet materiale fra brancheorganisationer mv.

Der er ligeledes gennemført et interviewprogram, som har ud over deltagere fra caseprojekterne også har omfattet andre videnspersoner fx fra forsyningsvirksomheder og brancheorganisationer. Der er ligeledes afviklet interviews med medlemmerne af MUDP's bestyrelse.

FAGLIG REFERENCEGRUPPE

I tilknytning til evalueringen er der etableret en faglig referencegruppe med deltagelse af en række fagpersoner, som besidder omfattende faglig viden om relevante forhold. Det omfatter både miljøfaglig ekspertise, teknologiekspertise og indsigt i brancheforhold og regulering. Deltagerne i referencegruppen har i et vist omfang været konsulenter undervejs i forløbet. Herudover har medlemmerne af referencegruppen haft et udkast til temaanalyserne til fagligt review og kommentering. Heri ligger naturligvis en kvalitetssikringsfunktion, men intentionen har herudover været inddrage supplerende faglige perspektiver i bred forstand. Ansvar for evalueringen er alene evaluators.

³ Temaanalysen af luftforurening fra skibstransport omfatter kun fire caseprojekter.

3 Introduktion til MUDP og portræt af projekter og støtte-modtagere

Dette kapitel giver en introduktion til MUDP, herunder en beskrivelse af programmets strategiske grundlag, de forskellige projektyper samt udvalgte dele af den etablerede administrative praksis. Kapitlet tegner også en profil af de virksomheder, som modtager støtte fra MUDP til udvikling af ny miljøteknologi.

3.1 Strategi, indsatsområder og projektyper

MUDP-programmet har eksisteret siden 2008 og er med tæt på 700 støttede projekter et veletableret program, hvis fokus og mandat er at fremme udbredelse og anvendelse af miljøeffektive løsninger via støtte til innovative projekter.

STRATEGIENS INDSATSOMRÅDER OG SIGTELINJER⁴

MUDP's bestyrelse arbejder med fireårige strategier, hvor perioden 2020-2023 er den anden strategiperiode efter, at programmet i 2015 blev organiseret med en professionel bestyrelse. Strategien udmøntes i årlige handlingsplaner. Strategien og de handlingsplanerne sætter rammerne for programmet og dermed de områder inden for hvilke, der kan søges støtte. Strategien for 2020-2023 omfatter fem overordnede indsatsområder, jf. punkterne nedenfor. De årlige handlingsplaner og ansøgningsrunder har typisk et (lidt) mere afgrænset fokus på nogle af indsatsområderne eller specifikke temaer inden for disse.

1. VAND- OG KLIMATILPASNING, som har fokus på løsninger, der kan forøge og forbedre drikkevandsressourcen, herunder løsninger til reduktion af vandtab eller til monitorering og fjernelse af sundhedsskadelige stoffer i vandet. Danmark anses for at have en betydelig teknologisk styrkeposition inden for vandforsyning og gode forudsætninger for eksport af grønne komponent- og systemløsninger.

2. LUFTFORURENING, der har fokus på løsninger, som kan bidrage til, at blandt andet EU-landene lykkes i implementering af NEC-direktivet senest i 2030, så udledning af luftforurening mindskes betragteligt.

3. CIRKULÆR ØKONOMI, der har fokus på udvikling af et teknologisk grundlag, som understøtter nye cirkulære forretningsmodeller og dermed muligheden for at reducere forbruget af blandt andet naturressourcer.

4. BEDRE KEMI, der fokuserer på teknologiudvikling, som fremmer udfasning af skadelige kemikalier, og som kan nedbringe naturens og menneskers udsættelse for skadelige kemikalier.

5. BIODIVERSITET, der har fokus på både teknologier til udbygning af datagrundlaget for natur og miljø samt

teknologier, som bidrager til genopretning af natur og biodiversitet.

Formuleringen af disse indsatsområder angiver en vis tematisk fokusering men også, at MUDP har et meget bredt fokus og således først og fremmest er et program, der støtter miljøteknologisk innovation bredt set.

Supplerende til indsatsområderne har bestyrelsen formuleret en række sigtelinjer for sit arbejde. Disse omfatter blandt andet (i) at ca. halvdelen af tilskuddene skal gå til grønne fyrtårnsprojekter, (ii) at projekterne skal have eksportpotentiale, (iii) at programmet skal understøtte samarbejde mellem virksomheder, forskere og myndigheder samt (iv) at der skal være plads til mindre virksomheder og projekter. Sigtelinjerne er gengivet i let redigeret form i boksen nedenfor.

Sigtelinjer for bestyrelsen

- MUDP's arbejde skal være forankret i FN's verdensmål.
- De projekter, som MUDP støtter, skal have potentiale for at levere bedre miljøløsninger.
- Mindst 95 procent af bevillingerne skal gå til at støtte [...] udvikling og demonstration af ny miljøteknologi.
- Virksomhederne skal altid selv investere i de støttede projekter – de skal selv have hånden på kogepladen.
- Ca. halvdelen af tilskuddene skal gå til grønne fyrtårnsprojekter, hvor nye miljøteknologiske løsninger demonstreres og fremvises i fuld skala.
- Projekterne skal have eksportpotentiale, levere konkurrencedygtige løsninger og ledes af de virksomheder, der skal kommercialisere resultaterne.
- Programmet skal [...] fremme forpligtende samarbejde mellem virksomheder, forskere og myndigheder.
- MUDP'S projektportefølje skal have en afbalanceret risikoprofil.
- De små virksomheder skal have en chance – der er plads til mindre projekter.
- De store teknologiledende virksomheder skal ansøres til at tage lederskab for den grønne omstilling.
- De faglige resultater af projekterne skal offentliggøres.
- Ved udløbet af strategiperioden skal indsatsens opnåede resultater evalueres [...].
- Fleksibel og dialogbaseret gennemførelse [...] – MUDP prioriterer en løbende dialog med virksomhederne.

Kilde: Strategi for MUDP 2020-2023

⁴ Kilde: Strategi for MUDP 2020-2023

PROJEKTTYPER OG PARTNERSKABER

MUDP giver støtte til fire forskellige hovedtyper af projekter.⁵

- **UDVIKLING, TEST OG DEMONSTRATION (UTD)** hvor der gives tilskud til teknologiudvikling, herunder at fremskaffe ny viden og nye færdigheder, der skaber grundlag for udvikling af ny teknologi og til eksperimentel udvikling/test og demonstration.
- **FYRTÅRSPROJEKTER** demonstrerer nye miljøteknologiske løsninger i fuld skala. De involverer typisk flere aktører og bidrager til at fremme samarbejde på tværs af brancher. Fyrtårsprojekter skal føre til miljøbeskyttelse, som rækker videre end de eksisterende standarder i Danmark og EU, og projektet skal sandsynliggøre, at det kan videreføres på kommercielle vilkår efter afslutning.
- **FORPROJEKTER** er målrettet SMV'er, og projekterne er karakteriseret som *teknologisk gennemførlighed*. Projekterne analyserer og evaluerer potentialet i en projektidé og kan bruges til afklaring af tekniske forhold forud for et evt. senere udviklingsprojekt. Der kan søges op til 500.000 kroner i tilskud.
- **ETV.** MUDP giver tilskud til verifikation (ETV – Environmental Technology Verification) af allerede udviklede miljøteknologier. Tilskud til ETV kan søges af SMV'er, og der kan søges op til 500.000 kroner i tilskud.

I praksis anvendes hovedparten af tilskudsmidlerne til UTD-projekter og fyrtårsprojekter. I 2023, hvor den samlede bevilling udgør 122 mio. kroner, er der således i handlingsplanen afsat 57 mio. kroner til både UTD- og fyrtårsprojekter (114 mio. kroner i alt), mens der er reserveret 7,5 mio. kroner tilsammen til forprojekter og ETV. Evalueringen derfor også primært fokus på UTD- og fyrtårsprojekter.

Foruden støtte til projekter indgår MUDP i otte miljøteknologiske partnerskaber, som har til formål at udvikle samspillet mellem regulering og teknologi, fremme eksport af miljøteknologi samt styrke den danske miljøteknologiklynge. Partnerskaberne indgås med en række forskellige offentlige og private aktører.

3.2 Programmets administrative praksis

KONKURRENCEPRÆGET TILDELING

De administrative opgaver, som knytter sig til forvaltningen af MUDP-programmet varetages af et sekretariat, som er en del af Miljøstyrelsens organisation, men som i forhold til MUDP-opgaverne refererer til bestyrelsen. Sekretariatets kapacitet svarer

til ca. fem årsværk, som dækker alle opgaver, fx ekstern promovning af MUDP, indkaldelse og behandling af ansøgninger, tilskudsadministration samt løbende kontakt med projekterne.

Tildelingen af støtte til UTD- og fyrtårsprojekter sker efter udbud af ansøgningspuljer, hvor temaer og målgrupper har ophæng i MUDP-bestyrelsens strategi og årlige handlingsplaner.

Interessen for at søge om tilskud fra MUDP er fortsat stor. Den understøttes af det generelle kendskab til programmet, som er opbygget over årene samt af, at sekretariatet forud for ansøgningsrunderne afholder informationsmøder for potentielle ansøgere. Den store interesse betyder, at tildelingen af støttemidler er konkurrencepræget, og at det derfor er en vigtig opgave for bestyrelsen at prioritere støtten til de projekter, som har størst potentiale, og hvor støtten kan gøre størst forskel. I perioden 2015 til 2022 er der givet tilskud til 351 projekter, mens der har været 870 ansøgninger. Det svarer til, at ca. fire ud af 10 ansøgere i denne periode har opnået tilsagn om støtte, jf. tabel 3.1.

Tabel 3.1. Ansøgninger og bevillinger af MUDP-tilskud. 2015-2022. Mio. kroner.

	Ansøgninger		Bevilligede projekter		
	Antal	Ansøgt tilskud	Antal	Tilskud	Budget
2015	129	865	49	109	316
2016	102	922	43	124	667
2017	84	230	42	115	226
2018	84	315	43	87	237
2019	107	270	42	99	245
2020	149	418	47	145	333
2021	131	528	46	148	265
2022	84	304	39	122	238
I alt	870	3.852	351	949	2.527

Kilde: MUDP's årsberetninger 2015-2022

Ansøgerne skal som led i ansøgningsprocessen beskrive den teknologiske nyhedsværdi af projektet samt forventningerne til både de miljømæssige og erhvervsmæssige effekter. Ansøgerne skal ligeledes angive, hvordan resultaterne af projektet forventes anvendt i de virksomheder, som efterfølgende skal kommerialisere de udviklede løsninger.⁶

Det er MUDP-sekretariatet, som vurderer ansøgningerne og udarbejder indstillinger til bestyrelsen. Det er

⁵ Beskrivelsen af de forskellige projekttyper er baseret på MUDP's handlingsplan for 2023.

⁶ Der er herudover en række formelle krav til udformningen af ansøgninger samt til øvrige oplysninger (fx regnskabsoplysninger), som er påkrævet for MUDP's behandling.

Disse fremgår af vejledninger og ansøgningskemaer, som er tilgængelige på MUDP's hjemmeside.

sidstnævnte, der foretager prioritering og enten godkender eller giver afslag.

Tidsforbruget til behandling af ansøgninger skal ses i sammenhæng med den kapacitet, som er til rådighed, jf. ovenfor. Antallet af ansøgninger varierer, men ligger i gennemsnit omkring 100 per år, jf. tabel 3.1. Grundlaget for sekretariatets indstillinger er (derfor) først og fremmest de skriftlige ansøgninger og den præsentation af projektideerne og de forventede resultater, som er indeholdt heri. Mulighederne for at have dialog med ansøgerne – fx for at kunne vurdere projekternes organisatoriske robusthed og risici mv. – er begrænsede. Sekretariatet kan dog indhente supplerende oplysninger fra ansøgerne, hvis det vurderes nødvendigt.⁷ Desuden kan sekretariatet kan i forbindelse med behandlingen af ansøgningerne konsultere eller inddrage eksperter fra Miljøstyrelsens faglige centre, som har særlig viden om genstandsfeltet for de konkrete ansøgninger.

OPFØLGNING PÅ PROJEKTERNE

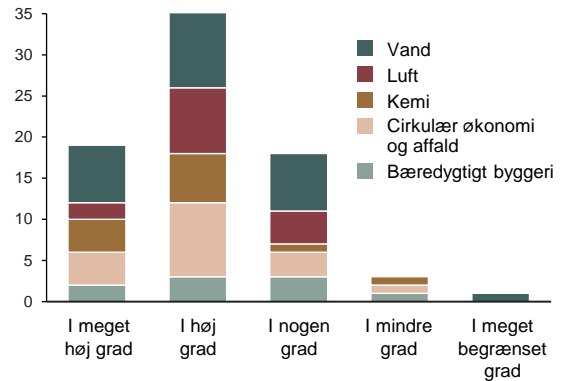
Undervejs i projektforløbene afholder MUDP-sekretariatet opfølgingsmøder med projekterne, ligesom der indsamles dokumentation i form af timebudgetter mv, som ligger til grund for udbetalinger af trancher af de midler, der er givet tilsagn til i forbindelse med godkendelse af ansøgninger.

Efter projektafslutningen udarbejder projekterne en slutrapport, som beskriver de faglige resultater af projektet. Slutrapporterne har oftest en overvejende teknisk karakter, og de indeholder generelt ganske detaljeret dokumentation af udviklings-, test- og demonstrationsaktiviteter, som er gennemført. Slutrapporterne giver en god indsigt i de umiddelbare miljømæssige resultater, som er opnået i projektperioden. (Kravene til) rapporterne har i mindre grad et fokus på de erhvervmæssige effekter, idet opsamlingen herpå er primært surveybaseret.

MUDP-sekretariatet udsender således elektroniske spørgeskemaer til projektdeltagerne ved projektafslutning, hvor fokus i høj grad er på de realiserede og forventede resultater af projekterne, herunder i forhold til erhvervspotentiale og eksport mv. Der udsendes to forskellige spørgeskemaer – ét til projektledere og ét til virksomheder.

Spørgeskemaet til projektlederne indeholder blandt andet spørgsmål til teknologiernes karakter og miljøeffekter samt om projekternes realisering. Figur 3.1 viser svarene fra 77 projektledere på et spørgsmål om, hvorvidt projekternes oprindelige formål vurderes at være opnået. Langt hovedparten af respondenterne vurderer, at formålet er opnået i *høj grad* eller i *meget høj grad*.

Figur 3.1. I hvilken grad [...] er det lykkedes at opnå projektets oprindelige formål? Antal svar.

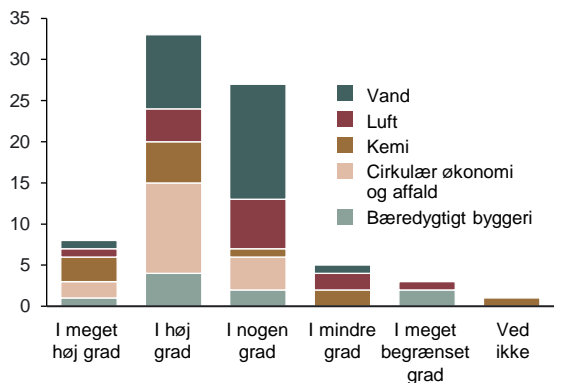


Note: Miljøtemaerne i spørgeskemaet fastlagt i 2017 og er afgrænset lidt anderledes end indsatsområderne i Strategi for MUDP 2020-2023

Kilde: Besvarelser fra 77 respondenter på MUDP-sekretariatets spørgeskema til projektledere ifm projektafslutning.

Figur 3.2. viser et andet eksempel. Her spørgsmålet, hvorvidt der i projektet er opnået et eller flere væsentlige teknologiske gennembrud. Langt de fleste projektledere svarer hertil, at dette er tilfældet i *høj grad* eller i *nogen grad*, jf. figur 3.2.

Figur 3.2. I hvilken grad er der i projektet opnået et eller flere væsentlige teknologiske gennembrud? Antal svar.



Note: Miljøtemaerne i spørgeskemaet fastlagt i 2017 og er afgrænset lidt anderledes end indsatsområderne i Strategi for MUDP 2020-2023

Kilde: Besvarelser fra 77 respondenter på MUDP-sekretariatets spørgeskema til projektledere ifm projektafslutning.

Spørgeskemaet til virksomhederne indeholder blandt andet spørgsmål til betydningen af MUDP-tilskuddet for projektets gennemførelse samt til realiserede og forventede effekter på omsætning, beskæftigelse og eksport.

⁷ Forud for udarbejdelse af ansøgning har virksomhederne mulighed for at få uformel sparring og rådgivning fra MUDP-sekretariatet om generelle forhold af betydning for

vurdering af ansøgninger eller mere specifikke forhold omkring de konkrete teknologier.

Ét af spørgsmålene vedrører de resultater, der er kommet ud af projektet i de enkelte virksomheder. Her viser svarene, at resultaterne dækker langt bredere end kun til nye eller forbedrede teknologi-produkter. Ny viden (der kan sælges) samt nyt netværk er således de resultater, som nævnes af flest respondenter, jf. tabel 3.1.

Tabel 3.1. Hvilke resultater er der kommet ud af projektet i din virksomhed? Angiv gerne flere svar

Resultater	Antal svar
Nyt eller forbedret teknologiprodukt	60
Ny viden der kan sælges	62
Nyt netværk	74
Mulig eller realiseret adgang til investeringsmidler	36
Bedre eller billigere løsninger til at reducere virksomhedens forurening	16
Ingen af overstående	4
I alt	252

Kilde: Bevarelse fra 115 respondenter (fordelt på 92 projekter) på MUDP-sekretariatets spørgeskema til virksomheder ved projektafslutning.

Tabel 3.2 viser svarfordelingen på spørgsmålet om, hvornår (i forhold til projektafslutningen) virksomhederne forventer at opnå indtægter, som er afledt af projektets resultater. Her svarer 22 ud af 115 respondenter, at dette forventes før - eller senest et år efter - projektets afslutning. 45 respondenter svarer 1-5 år efter projektafslutningen og seks svarer, at der først forventes indtægter mere end fem år efter projektafslutningen, jf. tabel 3.2. Endelig er der 42 respondenter (svarende til godt en tredjedel), som svarer *ved ikke* eller som ikke forventer indtægter. At sidstnævnte andel er så høj, afspejler formentlig, at spørgeskemaet også sendes til blandt andet GTS-institutter og forsyningsvirksomheder, som ikke deltager i projekterne med et kommercielt formål.

Tabel 3.2. Hvornår [...] forventer I at opnå indtægter, der er afledt af projektets resultater? Antal svar.

	Antal svar
Før projektets afslutning	7
Mindre end 1 år efter projektafslutning	15
1-5 år efter projektafslutning	45
Mere end 5 år efter projektafslutning	6
Vi forventer ikke at opnå øgede indtægter som følge af projektdeltagelsen	34
Ved ikke	8
I alt	115

Kilde: Bevarelse fra 115 respondenter (fordelt på 92 projekter) på MUDP-sekretariatets spørgeskema til virksomheder ved projektafslutning.

Bilag 2 indeholder en mere samlet fremstilling af resultaterne fra spørgeskemabesvareelserne både fra projektledere og virksomheder.

VURDERING AF OPFØLGNINGSKONCEPTET

Det følger af det ovenstående, at MUDP's bestyrelse og sekretariat har stort fokus på, at der følges op på projekterne, og at resultaterne dokumenteres og offentliggøres. Der er gode elementer i det nuværende opfølgningkoncept, herunder særligt at der helt systematisk udarbejdes slutrapporter, som dokumenterer projektaktiviteterne og de tekniske resultater.

Det er dog samtidigt indtrykket, at slutrapporterne og de spørgeskemabaserede indikatorer kun i begrænset omfang anvendes strukturelt til læring, udvikling af programmetoder og formidling af resultater mv. Slutrapporterne står hver især i deres egen ret men uden, at der sker en tværgående erfaringsopsamling.

For så vidt angår indikatorsættet viser evalueringen, at der ikke sker en løbende opdatering af dette med de data, som indsamles fra de afsluttede projekter. Der er desuden flere elementer i spørgeskemaet, hvor det kan være relevant at overveje anvendelsesformålet og/eller udformningen af spørgsmålene. Punkterne neden for indeholder nogle konkrete eksempler:

1. Projektlederne anmodes om at besvare spørgsmålet: *Inden for hvilket miljø- og ressourcemæssigt felt har projektet haft fokus?* Der er i spørgeskemaet angivet ca. 80 forskellige svarmuligheder (se bilag 2). Det kan dels overvejes hvilket formål, der er med så detaljeret en datamodel, dels om ikke disse data lettere og med større dækningsgrad kunne indsamles i forbindelse med ansøgningsprocessen.
2. Virksomhederne bliver anmodet om at oplyse, om de forventer eksport af løsningen. Såfremt dette er tilfældet anmodes de om at oplyse hvilke eksportgeografier (blandt mere end 10), der forventes eksport til. Også her fremstår det usikkert hvilken værdi, det har for MUDP, at anvende så detaljeret en datamodel.
3. Virksomhederne bliver bedt om at angive en række forventede erhvervseffekter 1-5 år efter afslutningen af projektet. Det kunne formentlig være hensigtsmæssigt at opdele denne brede periode til fx 1-2 år henholdsvis 3-5 år efter projektafslutningen.
4. Virksomhederne bliver bedt om besvare følgende spørgsmål: *Giv et overslag over hvor mange medarbejdere i jeres virksomhed, der forventes at være beskæftiget med projektets resultater og følger 1-5 år efter projektafslutning [både i alt og nyansættelser].* Det er evaluators vurdering, at den usikkerhed, der knytter sig til besvarelsen

heraf, må anses for at være så stor, at resultaterne er vanskelige at tillægge værdi.⁸

Samlet set fremstår det nuværende opfølgingskoncept ikke at være velegnet hverken til at opnå indsigt og læring fra de gennemførte projekter eller som grundlag for løbende resultatformidling. Det skyldes blandt andet, at genstandsfeltet (resultat- og effektopfølgning på miljøteknologiske udviklingsprojekter) objektivt set er for komplekst til, at det kan indfanges alene gennem spørgeskemabaseret dataindsamling. Det er baggrunden for anbefalingen (se punkt 21 i kapitel 1) om af foretage et eftersyn af opfølgingskonceptet.

3.3 MUDP's samspil med andre dele af innovationslandskabet for miljøteknologi

MUDP's vision sætter retningen for, at programmet blandt andet skal forankres i det danske innovationsmiljø for miljøteknologi. MUDP har derfor en aktiv rolle i at bringe danske virksomheder sammen med forsknings- og innovationsmiljøet inden for de områder, som programmet støtter.

Det samlede innovationslandskab består af en lang række aktører i en samlet værdikæde bestående af forskning og frembringelse af viden, udvikling og innovation, test og afprøvning samt produktion og skalering nationalt og internationalt. Eksempler på aktørerne i innovationslandskabet er angivet i figur 3.3.

Figur 3.3. Eksempler på aktører i innovationslandskabet



Effekten af innovation er tæt knyttet til, at nye løsninger implementeres. Derfor er det relevant at betragte innovationslandskabet bredt. Ud over virksomheder og vidensinstitutioner er brancheorganisationer, eksportfremmeorganisationer og erhvervsklynger væsentlige

⁸ Jf. bilag 2 er der 84 ud af 115 respondenter, som har besvaret dette spørgsmål. Tilsammen oplyser disse, at der forventes 155 nyansættelser 1-5 år efter projektafslutningen. I evalueringen er det – af to grunde - valgt ikke at tillægge det konkrete estimat nogen betydning. Den første er, de 155 oplyste nyansættelser vedrører ganske få observationer, mens hovedparten af respondenterne har oplyst, at de ikke

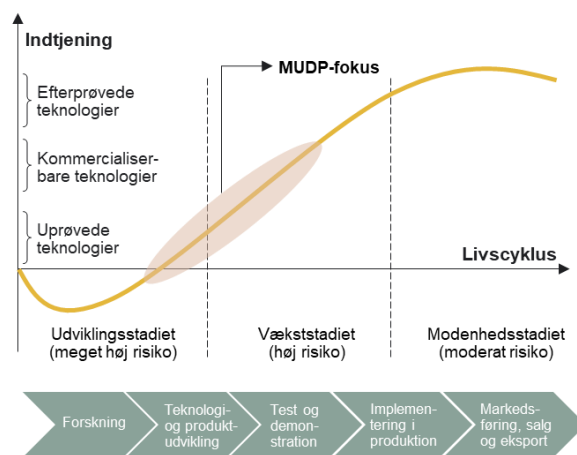
aktører, som kan bidrage til at gøre udviklingen af ny miljøteknologi til en succes.

Der findes ligeledes en række aktører, som indirekte er involverede i innovationslandskabet. Fx er regeringens klimapartnerskaber aktive på en række områder som fx affald, vand og cirkulær økonomi med det formål at udpege og gennemføre sektorkøreplaner for den grønne omstilling, ligesom nye OPP-strukturer inden for sektorer som vand, miljø og cirkulær økonomi er ved at blive etableret.

MUDP'S PLACERING I INNOVATIONSLANDSKABET

MUDP's fokus på støtte tidligt i teknologiudviklingsforløb betyder, at programmet gør det muligt for virksomheder at have et tæt samarbejde med fx universiteter og vidensinstitutioner om både udvikling, test og demonstration af ny teknologi. Den samtidige mulighed for at teste miljøteknologiske løsninger i fuld skala gennem fyrtårnsprojekter gør det samtidigt muligt for virksomhederne at skabe grundlag for eksportmuligheder i samarbejde med fx eksportfremmeorganisationer.

Figur 3.4. MUDP's placering i en teknologisk udviklingscyklus



Med MUDP's placering tidligt i innovationsforløbene er det naturligt, at et antal af de støttede projekter ender uden de forventede resultater. Der er dog her tale om et grundvilkår ved tidlig involvering. I de gennemførte interviews i forbindelse med temaanalyserne, som præsenteres i kapitel 4-9, peger flere respondenter på, at viden fra disse projekter ikke nødvendigvis går tabt. I stedet anvendes viden i nye projekter eller til yderligere modning af en miljøteknologisk idé, som så senere kan blive til et projekt.

forventer nyansættelser. Den anden grund er, at hvis de 155 nyansættelser tages for pålydende, så kan det ud fra et gennemsnitligt projektilskud på ca. 2,7 mio. kroner skønnes at svare til et tilskud per nyansættelse på ca. 1,2 mio. kroner – det forekommer ikke plausibelt.

Projektdelegerne peger i interviewene også på, at deltagelse i MUDP-projekter er med til at opbygge netværk og viden inden for brancher. Der gives blandt andet udtryk for, at noget af den kontakt mellem fx konkurrerende virksomheder, som sker i projekterne ikke ville være sket uden, at der havde været et projekt. Idet udviklingsmiljøerne i visse af sektorerne ikke er store, betyder det, at netværkene er vigtige for at sikre, at relevant viden distribueres.

MUDP's placering i innovationslandskabet betyder ligeledes, at viden, som er opbygget i projekterne også deles internationalt. Der ses eksempler på, at viden fra MUDP-projekter er delt på internationale konferencer, ligesom MUDP's fokus på partnerskaber, herunder internationale partnerskaber, betyder, at programmets rolle i innovationslandskabet er vigtig.

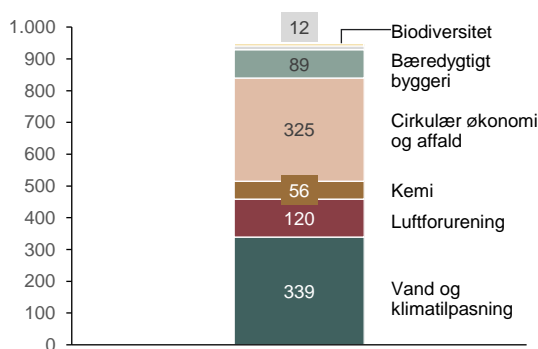
3.4 Portræt af projekter og virksomheder med MUDP-støtte

FORDELING AF TILSKUD TIL STRATEGISKE OMRÅDER

Siden 2015 har MUDP givet tilskud på ca. 950 mio. kroner. Der er givet støtte til ca. 350 projekter og mere end 500 unikke tilskudsmodtagere, hvoraf hovedparten er små og mellemstore private virksomheder.

Vand- og klimatilpasning samt cirkulær økonomi og affald er de to indsatsområder, der har modtaget de største tilskudsbeløb – godt 650 mio. kroner i alt, jf. figur 3.5. Dernæst følger projekter inden for luftforurening (120 mio. kroner), bæredygtigt byggeri (89 mio. kroner) samt bedre kemi (56 mio. kroner). Biodiversitet er relativt nyt som selvstændigt indsatsområde, hvor der hidtil er registreret tilskud for 12 mio. kroner, jf. figur 3.5.

Figur 3.5. MUDP-tilskud siden 2015 fordelt på miljøtemaer. Mio. kroner



Note: Beløbene er tilsagn om tilskud, dvs. inkl. tilsagn til projekter, som afbrudt eller af andre grunde opgivet. Det vedrører dog ganske få projekter.

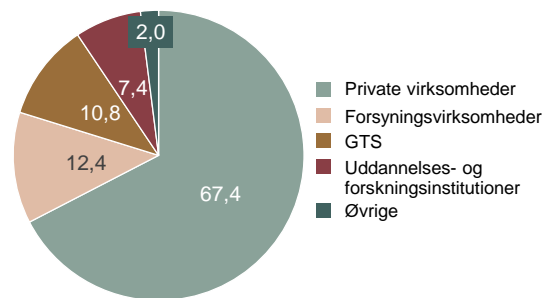
Opdelingen i miljøtemaer i projektdatabasen afviger lidt fra de aktuelt gældende strategiske indsatsområder. Figuren er ekskl. projekter som i årsrapporterne er anført under "industriens miljøindsats" – i alt 6,1 mio. kroner-

Kilde: MUDP's årsrapporter, 2025-2022

VIRKSOMHEDER OG ØVRIGE TILSKUDSMODTAGERE

Godt to tredjedele af de tilskudsbeløb, som er bevilget siden 2015, er tildelt til private virksomheder, jf. figur 3.6. Herudover deltager forsyningsvirksomheder i relativt mange projekter især inden for drikkevand og spildevand samt affald. Forsyningsvirksomheder har siden 2015 deltaget i knap 150 projekter, og de har modtaget ca. 12 procent af tilskudsbeløbene. GTS-institutter (herunder især Teknologisk Institut) samt uddannelses- og forskningsinstitutioner har modtaget ca. 18 procent af tilskuddene, jf. figur 3.6

Figur 3.6. MUDP-tilskud siden 2015 fordelt på hovedtyper af støttemodtagere. Procentfordeling.

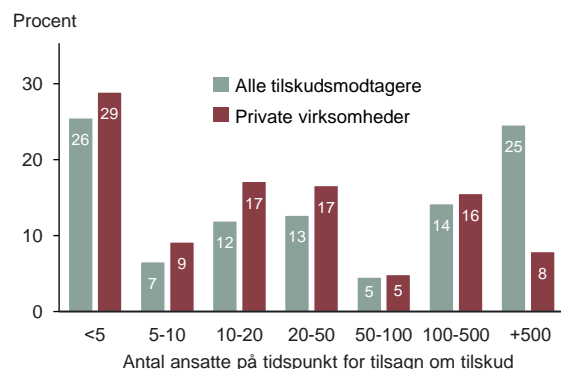


Kilde: MUDP's projektdatabase og egne beregninger

Kategorien uddannelses- og forskningsinstitutioner omfatter primært danske universiteter og professionshøjskoler. Herudover indgår et mindre antal medlems-ejede kompetencecentre og uafhængige statslige forsknings- og rådgivningsinstitutioner. Forsknings- og uddannelsesinstitutionerne deltager i ganske mange projekter, men har oftest en forholdsvis afgrænset rolle.

Det er især helt små og mindre virksomheder, som modtager projektstøtte fra MUDP. Siden 2015 er knap 30 procent af tilskuddene til private virksomheder bevilget til virksomheder, som på tidspunktet for støttetilsagn havde færre end fem ansatte. Og yderligere 25 procent er bevilget til virksomheder med op til 20 ansatte, jf. figur 3.7.

Figur 3.7. MUDP-tilskud siden 2015 fordelt på hovedtyper af støttemodtagere. Procentfordeling.



Kilde: MUDP's projektdatabase og egne beregninger

MUDP prioriterer herved i praksis en stor del af tilskudsmidlerne til virksomheder, som alt andet lige må forventes at have svært ved at finansiere udviklingsaktiviteter selv. Kun otte procent af tilskudsmidlerne er givet til store virksomheder med mere end 500 ansatte – i denne gruppe ligger dog en række af de største enkeltmodtagere af MUDP-støtte.

Tabel 3.3. viser en fordeling af tilskuddene til private virksomheder fordelt på deres (primære) branchetilknytning. Her ses, at *vidensservice* er den branche, som har fået den største andel af tilskuddene – godt 30 procent. Branchen omfatter blandt andet rådgivende ingeniører, arkitekter og virksomheder inden for industrielt design.

Tabel 3.3. MUDP-tilskud til private virksomheder siden 2015 fordelt på branche. Procentfordeling

Branche	Procent
Vidensservice	30,7
Maskinindustri	12,7
Engroshandel	11,5
Plast-, gas- og betonindustri	7,4
Vandforsyning og renovation	5,5
Landbrug, skovbrug og fiskeri	7,0
Information og kommunikation	5,2
Elektronikindustri og elektronisk udstyr	4,3
Metalindustri	2,8
Bygge- og anlæg	2,8
Føde- og drikkevarerindustri	2,1
Transportmiddelindustri	1,9
Møbel og anden industri	1,4
Øvrige brancher	4,8
I alt	100,0

Note: Øvrige brancher omfatter i alt 14 brancher, som hver især har en ganske lille andel af MUDP-tilskuddene.

Kilde: MUDP's projektdatabase, Danmarks Statistik – den generelle firmastatistik samt egne beregninger.

Virksomheder inden for *maskinindustri* har modtaget 12,7 procent af tilskudsmidlerne – her indgår blandt andet producenter af pumper, køleanlæg samt ventiler og ventilationsanlæg. Endelig ses det, at virksomheder inden for *engroshandel* siden 2015 har modtaget 11,5 procent af den projektstøtte, som er gået til private

virksomheder – herind indgår fx virksomheder inden for handel med maskiner, kemikalier og beklædning mv.

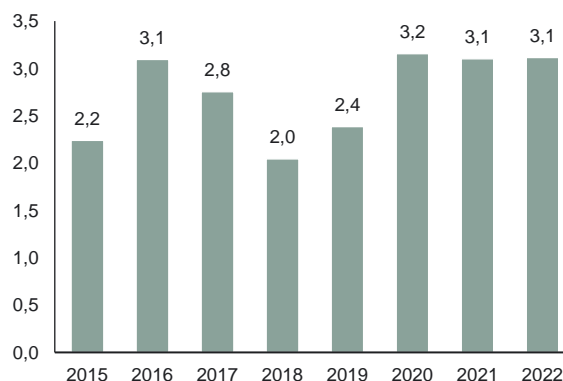
De tre nævnte brancher tegner sig således for ca. 55 procent af alle MUDP-tilskud til private virksomheder. De resterende 45 procent er fordelt bredt på virksomheder inden for et stort antal øvrige brancher.⁹

PROFIL FOR DE STØTTEDE PROJEKTER

På tværs af alle projekter, som har modtaget støtte i perioden 2015-2022, har det gennemsnitlige tilskudsbeløb været på 2,7 mio. kroner, og den gennemsnitlige tilskudsprocent har været 38. De samme tal for fyrtårnsprojekter er 11,1 mio. kroner i gennemsnitligt tilskud og 31 procent i gennemsnitligt tilskud.

I perioden 2020-2022 har det gennemsnitlige tilskudsbeløb være 3,1-3,2 mio. kroner og således højere end gennemsnittet for de foregående år, jf. figur 3.8.

Figur 3.8. Gennemsnitligt tilskudsbeløb til MUDP-støttede projekter, 2015-2022. Mio. kroner.



Kilde: MUDP's årsberetninger, diverse årgange

Også i et lidt længere tidsperspektiv ses en tydelig tendens til, at projekterne målt på tilskudsbeløb (og samlet projektbudget) er blevet større. Det ses ved, at de største projekter udgør en stigende andel af de samlede tilsagnsbeløb. I 2021 udgjorde tilskuddet til de 10 projekter med størst tilsagnsbeløb ca. to tredjedele af de samlede tilskud. De tilsvarende andele var ca. halvdelen i 2017 og ca. en tredjedel i 2012, jf. figur 3.9. Tilsvarende ses, at de største 20 projekter i 2021 udgjorde mere end 90 procent af de samlede tilskud. Den tilsvarende andel var ca. 70 procent i 2012.

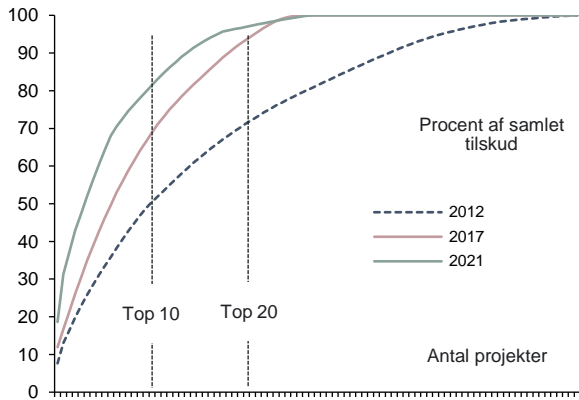
Udviklingen illustrerer en bevidst prioritering fra MUDP's bestyrelsen om at tilskynde til større projekter, og herunder også fyrtårnsprojekter er kommet til og fylder mere end tidligere. En række projektdeltagere peger desuden på, at blandt andet GTS-institutterne er

⁹ MUDP-virksomhedernes branchemæssige fordeling afviger – helt naturligt – en del fra den generelle branchestruktur. Brancher som handel, bygge og anlæg, hoteller og restauranter, transport samt finans og forsikring fylder mere i erhvervsstrukturen generelt end blandt MUDP-virksomheder.

erne. Sidstnævnte har omvendt en "overrepræsentation" inden for især rådgivning og maskinindustri.

dygtige til at samle projektdeltagere gennem eget netværk og på den måde skabe større projekter.

Figur 3.9. MUDP-tilskud fordelt på størrelse - akkumuleret tilskud. 2012, 2015 og 2021



Kilde: MUDP's projektdatabase samt egne beregninger.

FYRTÅRSPROJEKTERNE

Fyrtårsprojekterne spiller en særlig rolle i MUDP-programmet. Jf. afsnit 3.1. er der tale om projekter, som demonstrerer miljøteknologiske løsninger i fuld skala, og hvor ambitionen er, at de skal føre til miljøbeskyttelse, som rækker videre end de eksisterende standarder i Danmark og EU. Fyrtårsprojekterne har et direkte ophæng i MUDP-loven, jf. uddrag af lovbemærkningerne i boksen nedenfor.

Det er [...] hensigten, at der fremadrettet er øget fokus på udvikling af såkaldt grønne fyrtårsprojekter, som omfatter den næste state-of-the-art løsning på et prioriteret område. Løsningen kan være klar til implementering, men med en teknologisk usikkerhed, der betyder, at der er behov for offentligt tilskud for at komme i gang med det første anlæg i fuld skala. Sådanne fuldskalaanlæg fungerer også som et udstillingsvindue for dansk miljøteknologi overfor udenlandske investorer og beslutningstagere

Uddrag af lovbemærkninger til MUDP-loven (lovforslag nr. 104 fremsat 17. december 2014)

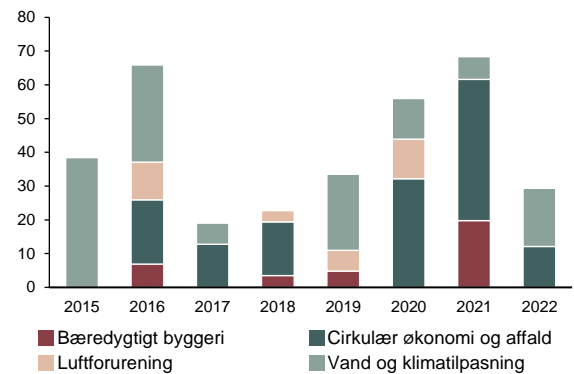
I den nuværende strategiperiode har det været tilstræbt, at ca. halvdelen af tilskuddene gives til fyrtårsprojekter. Det beror dog i praksis på, om der er et tilstrækkeligt antal kvalificerede ansøgninger. Der er fra 2020 til 2022 givet tilskud til i alt 13 fyrtårsprojekter med et samlet tilskud på 154 mio. kroner – det svarer til 38 procent af de samlede tilskud i perioden. Set i et lidt længere tidsperspektiv har MUDP siden 2015 støttet 30 fyrtårsprojekter med i alt 333 mio. kroner – svarende til 35 procent af de samlede tilskud.

Der er en ganske stor variation, hvor tilskuddene til fyrtårsprojekter i nogle år har udgjort 60-70 mio. kroner, mens de i andre kun har udgjort 20-30 mio. kroner, jf. figur 3.10. Det afspejler både, at de

kvalificerede projektideer ikke altid kommer i en jævn strøm, og at MUDP's bevillingsramme varierer fra år til år. Det er formentlig også medvirkende til udsvingene, at bevillingsrammen fastlægges for et år ad gangen.¹⁰ Det betyder, at det for MUDP er vanskeligt at have en flerårig planlægningshorisont, og at ansøgningspuljerne er åbne i forholdsvis korte perioder. Det sidste kan formentlig være en udfordring, fordi forberedelsesarbejdet i forbindelse med at ansøge om tilskud til fyrtårsprojekter generelt må anses for at være større.

Figur 3.10 illustrerer også, at der er en forholdsvis stor overvægt af fyrtårsprojekter inden for indsatsområderne *cirkulær økonomi og affald* samt *vand og klimatilpasning*. Tilskuddene inden for disse områder udgør ca. 80 procent af de samlede tilskud til fyrtårsprojekter siden 2015. Den tilsvarende andel for øvrige projekter er 65 procent.

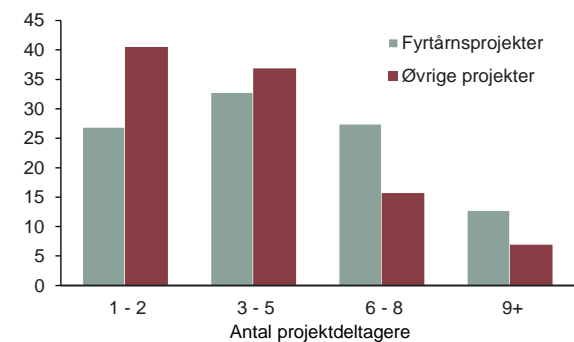
Figur 3.10. Bevilgede tilskud til fyrtårsprojekter, 2015-2022. Mio. kroner



Kilde: MUDP's årsberetninger, diverse årgange.

Figur 3.11 viser MUDP-tilskuddenes på projekter med forskellige antal deltagere. Det ses, at der forholds-mæssigt er en større andel af tilskud til fyrtårsprojekter med kun 1-2 deltagere, mens det modsatte er tilfældet for projekter med seksdeltagere eller flere.

Figur 3.11. Tilskud fordelt efter antal deltagere i projekterne. Procentfordeling.



¹⁰ MUDP har en (mindre) basisbevilling på finansloven, men størstedelen af tilskudsrammen fast lægges for et år ad

gangen i forbindelse med udmøntningen af forskningsreserven – det sker typisk i efteråret forud for tilskudsåret.

4 Temaanalyser

4.1 Introduktion til temaanalyserne

Som led i evalueringen er der gennemført fem temaanalyser inden for MUDP's strategiske indsatsområder. Formålet med analyserne er at bidrage til belysningen af MUDP's betydning for den miljøteknologiske udvikling og programmets samspil med reguleringen.

Temaanalyserne er i evalueringen anvendt til at formidle eksempler på indhold og gennemførelse af typiske MUDP-støttede projekter samt de løsninger, de har afstedkommet. Der er foretaget en overordnet analyse af, om projekterne er realiseret i overensstemmelse med projektansøgningen og af løsningernes (forventede) udbredelse samt erhvervsmæssige og miljømæssige resultater. Disse analyseelementer er integreret i fremstillingen i de enkelte temaanalyser. Det har ikke været et formål i sig selv at foretage en bedømmelse af de enkelte projekter og deres resultater, men alene som eksempler ud fra hvilke, der evt. kan udledes mere generelle konklusioner.

Temaanalyserne udgør en vigtig del af evalueringen, men skal ses i sammenhæng med de øvrige elementer, herunder den gennemførte surveyundersøgelse. Det har fx været muligt at sammenholde survey-besvarelsener fra case-projekterne med data og observationer fra interviews mv. De fem temaanalyser, som præsenteres i de efterfølgende kapitler, vedrører følgende områder.

1. Drikkevandsforsyning
2. Luftforurening fra skibstransport
3. Bæredygtigt byggeri
4. Spildevandsrensning
5. Genanvendelse af plast og tekstiler

4.2 Indhold i temaanalyserne

I hver temaanalyse indgår der 4-5 case-projekter på baggrund af en samlet bruttoliste over projekter, som MUDP har støttet på området. Der er primært udvalgt projekter, som er afsluttede i perioden efter 2016, så de dermed ikke indgår i den tidligere evaluering af programmet. I hver temaanalyse er der gennemført følgende:

- *Kortlægning af den generelle teknologi- og miljøudvikling.* Formålet med denne kortlægning for hvert område har været at give et billede af de eksogene faktorer, som påvirker området og dermed MUDP-projekterne. Kortlægningen er foretaget gennem desk-research samt interviews med fagpersoner på området.

- *Kortlægning af udviklingen i regulering.* Tilsvarende er udviklingen i reguleringen på hvert område blevet kortlagt. Der er også her tale om en identifikation af faktorer, som påvirker kravene til de berørte brancher og dermed potentielt efterspørgselsadfærd og incitamenter til at adoptere ny teknologi.
- *Case-analyser.* For hvert af projekterne, er der foretaget en gennemgang af ansøgninger og indstillingsnotater for at danne et billede af de mål, som ansøgerne har haft for de miljøteknologiske løsninger samt forventningerne til de mulige miljøeffekter og erhvervsmæssige effekter. Der er herefter foretaget interviews med hovedansøgere og/eller projektlederne i hvert af projekterne samt andre centrale projektdeltagere. Formålet med interviewene har været at belyse, om projekterne er gennemført som forventet, og om teknologierne er realiseret. Samtidigt har interviewene givet mulighed for at udbygge forståelsen af projekternes samlede kontekst, herunder styrker og svagheder set i forhold til eksisterende eller alternative teknologier samt til andre konkurrenter i markedet.

Det kan bemærkes, at størstedelen af projekterne er blevet afviklet henover COVID-19 forløbet. Det har i en del tilfælde medvirket til forsinkelser, og det har også i nogle tilfælde gjort det vanskeligere komme videre med opfølgingsaktiviteter som fx markedsmodning. Det er i vurderingerne tilstræbt at tage højde for dette vilkår.

Der er anvendt en vurderingsramme, med fire temaer, nemlig (i) projekternes realisering, (ii) miljøpotentiale, (iii) erhvervspotentiale og (iv) udbredelse. På den anden dimension er der anvendt en vurderingsskala med fem trin som illustreret i grafikken på næste side. Skalaen er udformet sådan, at den i vid udstrækning knytter an til de mål og forventninger, som lå i projektansøgningen, når teknologierne har nået deres fulde udbredelse. En vurdering svarende til trin tre er - for så vidt angår miljø- og erhvervspotentialet - udtryk for, at de oprindelige forventninger fortsat er realistiske, men usikre. En højere vurdering er udtryk for, at potentialet fremstår større og/eller mere sikkert. De konkrete vurderinger fremstilles i temaanalyserne samlet set på tværs af projekterne.

Anvendt vurderingsskala i temaanalyserne

	★☆☆☆☆	★★★☆☆	★★★★★
Projektets realisering	Projektet og teknologien (bliv)er ikke realiseret	Projektet og teknologien realiseres delvist, men med visse afvigelser og udfordringer.	Projektet blev(er) gennemført helt som planlagt og løsningen er etableret/demonstreret succesfuldt.
Miljøpotentiale	Det er ikke sandsynligt, at løsningen får miljømæssige effekter	Det er realistisk, men endnu usikkert, om der kan opnås effekter på linje med de oprindelige forventninger	Det er overvejende sandsynligt, at de oprindeligt forventede effekter realiseres eller overgås
Erhvervspotentiale	Det er ikke sandsynligt, at løsningen får erhvervs- effekter (omsætning/beskæftigelse/eksport mv.)	Det er realistisk, men endnu usikkert, om der kan opnås effekter på linje med de oprindelige forventninger	Det er overvejende sandsynligt, at de oprindeligt forventede effekter realiseres eller overgås
Udbredelse	Teknologien blev(er) ikke realiseret og derfor heller ikke udbredt	Det er muligt, at teknologien kan opnås en vis udbredelse, men omfanget er (endnu) usikkert.	Det er meget sandsynligt, at teknologien får en stor udbredelse på det oprindeligt forventede område.

5 Temaanalyse 1. Drikkevandsforsyning

5.1 Introduktion til temaet

I Danmark er forsyningen med rent drikkevand baseret på indvundet grundvand, som undergår forholdsvis begrænset behandling (iltning og filtrering). Forudsætningen for dette er blandt andet en god grundvandsbeskyttelse og monitorering af vandkvaliteten, herunder gennem målinger af vandets indhold af nitrat, PFAS og pesticider mv. Reguleringen har igennem mange år været indrettet efter at værne om forsyningssikkerhed og høj kvalitet af drikkevandet - beskyttelseszoner, kvalitetskriterier for grundvand og drikkevand samt tilskud til skovrejsning er nogle af de anvendte instrumenter. Reguleringen har også haft fokus på effektivitet i drikkevandsforsyningen, og Danmark er fx blandt de lande i verden, som har det laveste vandtab i forbindelse med produktion af drikkevand. Inden for de senere år er fokus øget på vandsektorens energiforbrug og klimaaftryk, jf. senere.

Internationalt og globalt er adgangen til rent drikkevand langt mere udfordret end i Danmark og forsyningen er generelt baseret på indvinding af vand fra floder og søer, typisk med et større behov for rensning. Adgang til rent drikkevand er et af FN's 17 verdensmål.

Danske virksomheder har opbygget en stærk position inden for vandteknologi både på drikkevandsområdet og inden for spildevand. Dette er blevet understøttet af en lang tradition for innovationssamarbejde mellem myndigheder, forsyninger, rådgivnings- og teknologi-virksomheder samt forskningsmiljøer og GTS-institutter. Både vandbranchen selv og myndighederne har et tydeligt fokus på mulighederne for at udbrede danske løsninger gennem eksport.

Danske virksomheders eksport af vandteknologi anslås at udgøre ca. 20 mia. kroner årligt. Ambitionen om at udbygge denne position er fx afspejlet i eksportstrategien for vand fra 2021, der har som målsætning at fordoble den danske eksport af vandteknologi frem til 2030 (til 40 mia. kroner). Strategien er et samarbejde imellem den daværende regering og en bred kreds af aktører i vandbranchen.

TEMAETS ROLLE I MUDP-PROGRAMMET

Rent drikkevand har været et fokusområde for MUDP siden programmets start. Igennem årene har MUDP støttet op imod 40 projekter, som udvikler teknologi til beskyttelse, rensning og overvågning af grundvand og drikkevand (MUDP's årsberetning 2021). Alene siden 2015 er der ydet støtte til 25 projekter med et samlet tilskudsbeløb på 77 mio. kroner og samlede projektbudgetter på 187 mio. kroner – svarende til en gennemsnitlig tilskudsprocent på 41. Tre af projekterne er fyrtårnsprojekter.

Tematisk dækker projekterne bredt og omfatter teknologiløsninger inden for nedenstående områder:

- Støtte til eksportrettede løsninger både generelt og i lande som USA, Indien og Kina
- Vandtab i forsyningerne og vandspild hos forbrugerne
- (Biologisk) rensning for udslip af drivhusgasser, herunder metan
- Overvågnings- og målingsteknologier
- Produktions- og rensningsteknologier
- Software og digitale løsninger

VALG AF CASES

Igennem fokusanalysen anvendes de nedenstående projekter som cases til eksemplificering og illustration af MUDP's fokusområder samt de problemstillinger programmet har støttet inden for drikkevandsområdet. Alle fem projekter er afsluttede. To af dem er fyrtårnsprojekter. Tilsammen har de en bred dækning ift de ovenstående temaer, idet overvågnings- og måleteknologier dog ikke er omfattet.

Tablet 5.1 Oversigt over case-projekter

Projektnavn	Type	Slutår
BioBox	UTD	2019
Globale vandtab – danske løsninger (LeakMAN)	Fyrtårn	2022
Vandspilddetektor	UTD	2017
Smart Re-design af drikkevandsforsyning	Fyrtårn	2022
PAS – Plastic Air Softening	UTD	2020

5.2 Teknologi- og miljøudvikling generelt

HOVEDTRÆK I TEKNOLOGIUDVIKLINGEN

Selve produktionen af drikkevand har grundlæggende været ret uforandret igennem årtier. Ud over iltning af grundvandet sker der i normalprocessen alene en biofiltrering, hvor stoffer som jern, ammonium og mangan fjernes eller omdannes. Biofiltreringen omfatter en række kemiske, fysiske og mikrobiologiske elementer. Der er solid erfaring for, at processen virker, men forståelsen af de enkelte mikroorganismers funktion i processen har ikke været fuldstændig, og der er ikke eller kun i begrænset omfang sket videreudvikling af heraf. Det betyder også, at forsyningernes produktionsanlæg bygges efter de samme grundprincipper, som har været anvendt i mange år. Ét af fyrtårnsprojekterne (Smart re-design) har fokus på at gentænke processerne i drikkevandsforsyning fra bunden blandt andet gennem en højere grad af modularisering, jf. senere.

En af de store tendenser i teknologiudviklingen er digitalisering af vandforsyningen. Ved hjælp af moderne kommunikationsteknologi og andre digitale teknologier sker der en hastig udvikling af nye løsninger til anvendelse i forsyningsvirksomhederne. Det omfatter løsninger til måling og indsamling af drifts- og tilstandsdata mv., der kan indbygges i forsyningsnettenes enkeltkomponenter. Driftsprocesser som lækagesøgning og måling af vandkvalitet sker i dag fortrinsvist manuelt. IoT-baseret teknologi rummer et perspektiv for at gå i retning af automatiseret måling og monitorering i realtid. Det forudsætter at digital indsamling af data kombineres med analytics-værktøjer og styringssystemer. Teknologier til fjernstyring af ventiler kan desuden give mulighed for langt mere præcis lokalisering af lækager og dermed grundlag for mere effektiv tilrettelæggelse af driftsprocesser og (dermed) bedre asset management. Potentialerne er både miljømæssige i form af fx lavere energiforbrug, og at kvalitetsudfordringer opdages hurtigere og med større sikkerhed. Potentialerne er også økonomiske, fordi en række driftsprocesser kan automatiseres. Der sker en hastig udvikling af digitale løsninger, men udbredelsen hos forsyningerne er endnu begrænset. I vandselskabernes indberetninger af benchmarkingdata er det fx kun 10-15 selskaber, som oplyser, at de anvender onlineteknologi til overvågning af drikkevandskvalitet. MUDP har givet støtte til en række projekter, der har haft fokus på udvikling af software og sensorløsninger til drikkevandsforsyninger.

Teknologier til rensning af forurenede drikkevand er yderligere et væsentligt område, som i de senere år er blevet aktualiseret af det store fokus på PFAS-stoffer. MUDP har særligt i 2022 mens også i tidligere år givet støtte til projekter, der har haft fokus på håndtering af PFAS og pesticider i drikkevand.

Det grundvand, som drikkevandsforsyningen er baseret på, indeholder (i varierende grad) metan, som frigives til atmosfæren i forbindelse med iltning-processen. Metan er en drivhusgas, som er mindst 25 gange kraftigere end CO₂. Det øgede fokus, der er på vandsektorens klimabelastning betyder, at der kan komme en øget interesse for teknologier, der kan fjerne eller begrænse udslippet af metan fra drikkevandsproduktion. Med afsæt i en politisk aftale fra 2020 er der formuleret en vision om, at vandsektoren skal være energi- og klimaneutral i 2030 og der er i forlængelse heraf lavet en såkaldt "Parisaf-tale for vandsektoren", hvor de selskaber, som er omfattet af vandsektorloven, skal melde deres ambitioner ind i forhold til blandt andet klimabelastning. Der er en række virksomheder, der arbejder med teknologier, hvor det ved hjælp af mikrobiologiske processer er muligt at omdanne metan til CO₂. MUDP har inden for de senere år støttet flere projekter, der arbejder med sådanne teknologier.

OPRIDS AF MILJØUDVIKLINGEN

Der findes en række forskellige (typer af) miljøindikatorer på drikkevandsområdet, som hver især belyser forhold som har betydning for forståelsen af

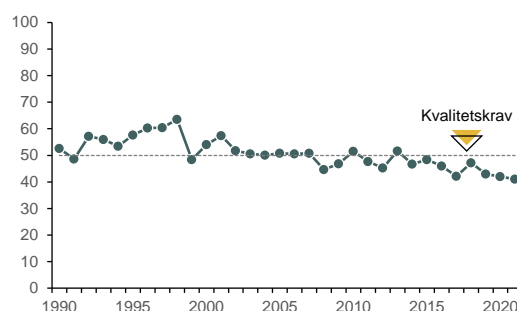
den samlede miljøudvikling på området. Resultater fra målinger af vandkvaliteten både i grundvandsmagasinerne og i prøver fra ledningsnettet er vigtige indikatorer. Andre relevante indikatorer vedrører udviklingen i vandtab samt energiforbrug og emissioner af CO₂ og metan mv. I det følgende præsenteres indikatorer for nogle af disse områder. Der vises ikke indikatorer for energiforbruget i forbindelse med drikkevandsproduktion, men det kan oplyses, at dette har været ret uændret de seneste 5-10 år. Der foreligger ikke tidsseriedata for emission af metan.

Der er igennem en årrække opbygget et omfattende system til grundvandskortlægning og -overvågning. Staten overtog ansvaret for grundvandskortlægningen fra amterne i forbindelse med kommunalreformen i 2007, og der blev i perioden frem til 2015 gennemført en fuld kortlægning af alle grundvandsressourcer i Danmark. Resultaterne af dette arbejde udgør et vigtigt fundament for den overvågning af grundvandskvaliteten, som foretages løbende samt for indsatser til beskyttelse af grundvandet, herunder udpegnin-g af beskyttelseszoner, regulering af arealanvendelsen samt tilskud til skovrejsning i beskyttede områder mv.

Grundvandsovervågningen går dog tilbage til 1980'erne, og resultaterne dokumenteres årligt i rapporter fra GEUS. Overvågningsprogrammet omfatter en lang række forskellige stoffer, herunder nitrat, pesticider, sporstoffer (metaller) samt organiske mikroforureninger (fx PFAS). Figur 5.1 og 5.2 viser eksempler på udviklingen for i indholdet af nitrat og pesticider i grundvandsmålingerne.

Brugen af kvælstof har siden 1985 været reguleret gennem nationale handleplaner. EU-reguleringen, som også er implementeret i dansk lovgivning, fastsætter et kvalitetskrav for nitrat i drikkevandet på højst 50 mg/l. Fra en situation i 1990, hvor nitratinholdet gennemgående var højere end svarende til kvalitetskravet, er der sket en løbende reduktion, så nitratinholdet igennem de seneste 10 år har været under 50 mg/l, jf. figur 5.1.

Figur 5.1. Nitratinhold i den landsdækkende grundvandsovervågning. Mg/l. 1990-2021

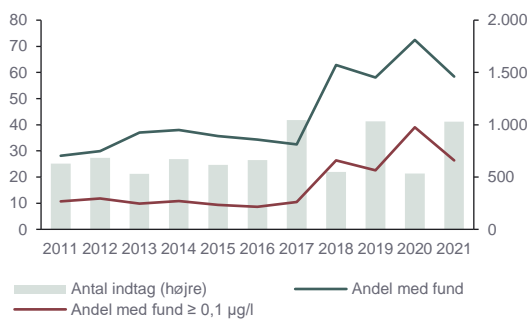


Kilde: GEUS, Grundvandsovervågning, 1989-2021, figur 29

EU's drikkevands- og grundvandsdirektiver fastsætter kvalitetskravet for pesticidindholdet i drikkevand til 0,1 µg/l for enkeltstoffer af pesticider og nedbrydningsprodukter, mens det for summen af enkeltstoffer i en

prøve er 0,5 µg/l (mikrogram per liter). Indholdet af pesticider i grundvandet undersøges løbende i den nationale grundvandsovervågning. Det er imidlertid meget vanskeligt ud fra de gennemførte målinger at konkludere sikkert, om udviklingen i pesticidforekomster. Det skyldes blandt andet, at de stoffer, der indgår i overvågningsprogrammet, løbende er blevet udvidet, samt at prøvetagningsstederne varierer fra år til år. Figur 5.2 illustrerer, hvordan udviklingen har været fra 2011 til 2021 i andelen af prøver med fund og herunder fund med indhold af enkeltstoffer over 0,5 µg/l. Stigningerne i den sidste del af perioden afspejler, at der med baggrund i en politisk aftale fra 2019 bliver screenet for flere stoffer. Data fra grundvands- overvågningen tyder på, at forekomsten af konkrete stoffer, som har indgået i overvågningen gennem mange år, har været stabil eller aftagende gennem en årrække.¹¹

Figur 5.2. Pesticidindhold i den landsdækkende grundvandsovervågning, µg/l. 2011-2021



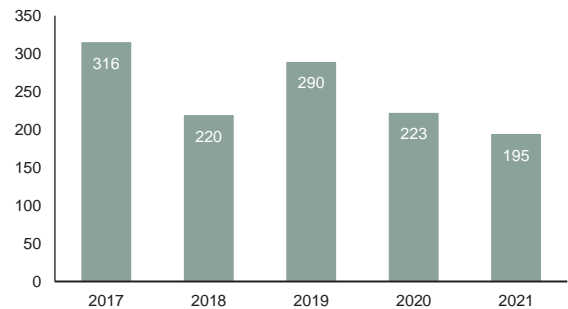
Note: Prøvetagningerne sker ikke i de samme borerer hvert år. Stigningen i andelen af prøver med fund afspejler ikke (nødvendigvis), at omfanget af pesticider i drikkevandet er steget, men at der er sket en udvidelse i antallet af stoffer, som indgår i målingerne.

Kilde: GEUS Grundvandsovervågning, diverse årgange

Pesticider omfatter her både plantebeskyttelsesmidler, der anvendes i landbruget og biocider, der anvendes til andre formål, fx håndsprit og rottebekæmpelsesmidler.

De ovenstående kvalitetsindikatorer er fortrinsvist relateret til den anvendelse, der er i landbruget af de pågældende stoffer. Supplerende hertil gennemføres også målinger af kvaliteten af det drikkevand, som forsyningerne leverer til forbrugerne. Siden 2017 har forsyningerne skullet indberette antallet af hændelser, hvor der sker overskridelser af mikrobiologisk forurening. For den korte periode, hvor der foreligger data, synes der at være sket et fald i antallet af hændelser, jf. figur 5.3.

Figur 5.3. Antal overskridelser af grænseværdier for mikrobiologisk forurening, 2017-2021

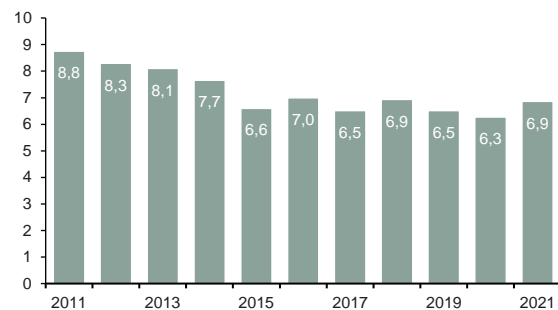


Note: Tallene viser antallet af indberettede hændelser i drikkevandsforsyninger, hvor der er sket overskridelser af grænseværdier for mikrobiologisk forurening

Kilde: Miljøstyrelsen: Indberettede data og beregnede nøgletal for drikkevand, diverse årgange

På globalt plan er adgangen til rent drikkevand som tidligere nævnt under pres, og det er en medvirkende årsag, at der ofte sker et meget stort vandtab i processen – typisk på grund af brud og lækager på ledningsnettet. I Danmark har der igennem de seneste 20-30 år været stort fokus på at begrænse vandspild hos forbrugerne og vandtab i forsyningerne. Det er et fokus, som har været understøttet af regulering, jf. næste afsnit – og ligeledes et område, som MUDP har støttet op omkring. Internationalt er Danmark i dag blandt de lande, der har det laveste vandtab i forsyningsledet. Fra 2011 til 2021 er der sket en reduktion af vandtabet fra 8,8 procent til 6,9 procent, men de senere år er udviklingen stagneret, jf. figur 5.4.

Figur 5.4. Vandtab i drikkevandsforsyninger, procent



Note: Som gennemsnit af vandtab i ca. 50 vandselskaber, som har indgået i DANVA's benchmarking i perioden 2011-2021

Kilde DANVA, Vand i tal 2022

¹¹ Se fx GEUS (2023): Grundvandsovervågning 1989-2021 figur 43

5.3 Udvikling i reguleringen af området

OVERBLIK OVER GÆLDENDE REGULERING

Drikkevandsområdet er reguleret af en række forskellige love med tilhørende bekendtgørelser. Det omfatter fx vandforsyningsloven, miljøbeskyttelsesloven og miljømålsloven.

På EU-plan er Vandrammedirektivet samt Grundvands- og Drikkevandsdirektiverne den primære regulering. Førstnævnte er en bred rammelovgivning, som blandt andet stiller krav om udarbejdelse af – og opfølgning på – vandområdeplaner for både kystvande, søer, åer og grundvand. Grundvandsdirektivet fastsætter regler for overvågningen af grundvandet og grænseværdier for pesticider i grundvandet, mens drikkevandsdirektivet fastsætter regler for kvalitetsovervågning af drikkevand samt grænseværdier for blandt andet pesticider og mikrobiologiske elementer. I Danmark er sidstnævnte udmøntet via drikkevandsbekendtgørelsen. Drikkevandsdirektivet er senest revideret i 2021, hvor der blandt andet er indført krav om, at store forsyninger fremover skal opgøre og rapportere lækageprocenten på det distribuerede vand. Fremadrettet kan CSRD-direktivet (Corporate Sustainability Reporting Directive) også få betydning, idet direktivet vil stille krav til en række virksomheder om, at de kan rapportere en række data med relevans for bæredygtighed, fx vandforbrug).

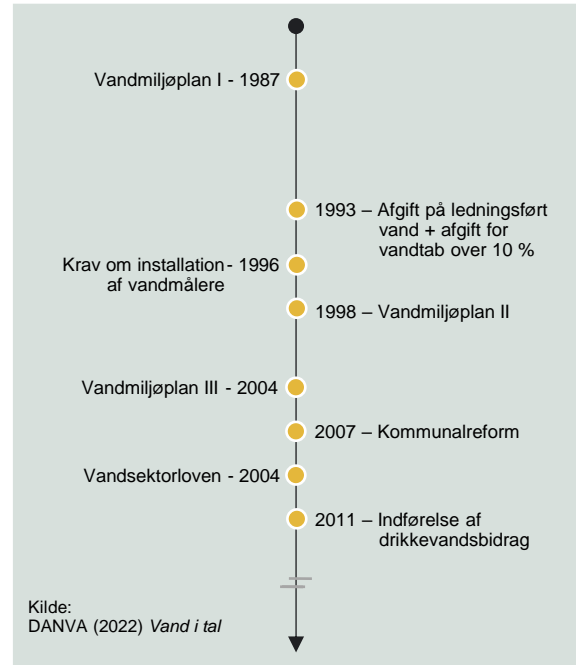
Det naturlige fokus i den grundlæggende regulering er rettet imod i) forsyningssikkerhed, ii) kvalitet af drikkevandet samt iii) på beskyttelse og anvendelse af naturområder med betydning for drikkevandet. De mere præcise reguleringsbestemmelser har ikke væsentlig betydning i forhold til genstandsfeltet for nærværende analyse. På overordnet niveau er kravene til kvalitet og overvågning naturligvis væsentlige for forsyningsvirksomhederne og for virksomheder, der udvikler udstyr og metoder til måling og analyse af vandkvalitet.

Figur 5.5 (næste side) indeholder en oversigt over en række af de reguleringsprodukter, som igennem de seneste ca. 30 år har haft særlig betydning for drikkevandsområdet. Der er særligt to elementer, som kan vurderes at have haft umiddelbar betydning for drikkevandsselskabernes drift og for teknolog udviklingen.

Den ene er afgiften på ledningsført vand (vandafgiften), som blev indført med virkning fra 1994 med et løb på 1 krone per m³ stigende til 5 kroner per m³ fra 1998. Afgiften er senere forøget og udgør i dag 6,37 kroner per m³. Afgiften er sådan indrettet, at forsyningsvirksomhederne som minimum skal betale afgift af 90 procent af det indvundne vand. Hvis vandtabet er større end 10 procent, kommer virksomhederne derved til at skulle betale afgift af den del af vandtabet, som er

større end 10 procent. Afgiften har givet drikkevandsselskaberne et økonomisk incitament til at begrænse vandtabet, og i dag har stort set alle selskaber et vandtab under 10 procent.

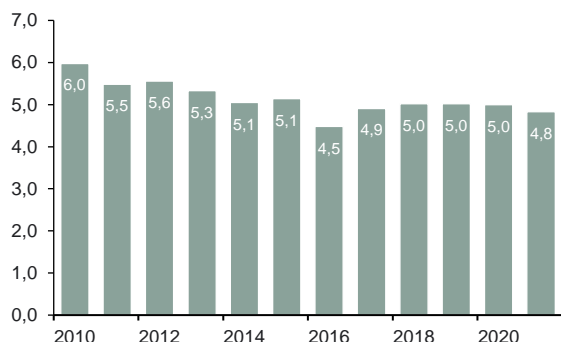
Figur 5.5 Elementer i reguleringen vedr. drikkevand



Det andet forhold, der kan fremhæves, er Vandsektorloven fra 2010, som stillede krav om selskabsgørelse af forsyningerne og udskillelse fra kommunerne. Desuden blev kommunale vand-selskaber og private forsyninger, der leverer mindst 200.000 m³ vand årligt, omfattet af økonomisk regulering. Sidstnævnte indebærer, at de enkelte selskaber hvert år får en indtægtsramme, som fastsættes af Forsyningssekretariatet under Konkurrence- og Forbrugerstyrelsen. Indtægtsrammen fastlægger de facto et maksimum for selskabernes omkostninger.¹² Indtægtsrammerne til de enkelte selskaber fastsættes på baggrund af benchmarking, men det er samtidigt en integreret del af reguleringen, at der fastsættes årlige generelle effektiviseringskrav på to procent. Baggrunden for den økonomiske regulering er, at forsyningerne er monopol-virksomheder, som i princippet kan overvælte omkostninger på forbrugerne uden risiko, fordi der ikke er nogen konkurrence. Formålet er således at understøtte (stadig mere) effektiv drift. Fra 2010 til 2021 er de gennemsnitlige faktiske driftsomkostninger i drikkevandsselskaberne faldet fra 5,98 til 4,83 kroner per solgt kubikmeter vand, jf. figur 5.6. Det svarer til et fald på knap 20 procent.

¹² Reguleringen giver mulighed for, at selskaberne kan søge om forhøjelse af indtægtsrammen for visse typer af omkostninger, fx medfinansiering af skovrejsningsprojekter.

Figur 5.6. Faktiske driftsomkostninger i drikkevandselskaberne, 2010-2021. Kroner per solgt m³



Note: Vægtet gennemsnit for vandselskaber, som har indgået i DANVA's benchmarking i perioden 2010-2021.

Kilde: DANVA, Vand i tal 2022

5.4 Teknologiuudvikling i caseprojekterne

De fem projekter, som er har indgået i fokusanalysen af drikkevand, har beskæftiget sig med teknologier til måling og håndtering af vandtab, reduktion af metanudslip, blødgøring af vand uden brug af kemikalier samt med redsign af drikkevandsproduktion.

I afsnittet herunder beskrives kort resultaterne af teknologiuudviklingen i hver af de fem projekter.

Case 1: Plastic Air Softening (PAS)

Der er store regionale forskelle på grundvandets indhold af kalk og dermed på vandets hårdhed. Generelt er vandet hårdest på øerne, og det er særligt i hér, det kan være en overvejelse for forsyningerne at reducere vandets hårdhed, inden det distribueres til forbrugerne.

PAS er en ny vandbehandlingsteknologi, som fjerner hårdheden fra vandet i form af små kalkflager, der udfælder i en lukket og hygiejnisk filtreringsproces. Restproduktet af kalkflager har potentiale for genanvendelse som landbrugskalk. Processen drives af luft som pumpes ind i vandet mens det cirkulerer i filteret. I modsætning til andre metoder som fx ionbytning og pelletmetoden anvendes der ikke kemikalier i processen. Der dannes heller ikke spildevand ligesom der ikke er behov for efterbehandling.

Teknologien er patenteret og dens funktionsdygtighed er dokumenteret i projektet. Der er etableret to forsøgsanlæg, hvor forskellige udformninger af PAS teknologien er blevet testet, fx med forskellige tryk på luftindsprøjtningen af forskellige filtermaterialer. De sidste versioner af teknologien blev dog ikke testet i fuld skala. Baggrunden for det var blandt andet, at anlægget på Dalum Vandværk skulle levere vand til Nyt Odense Universitetshospital, som imidlertid blev forsinket og samtidig havde behov for større kapacitet end forventet. Det sidste ville forudsætte tilpasninger af forsøgsanlægget, som i fuld skala ville blive for dyre.

De opstillede testanlæg er nedtaget igen af forsyningsvirksomhederne.

En vigtig erfaring fra projektet er også, at selv om teknologien er veldokumenteret, så har den vist sig at være mere pladskrævende og (derfor) dyrere i anlæg end oprindeligt forventet.

Teknologien anses for at være færdigudviklet og klar til markedsmodning og markedsintroduktion, såfremt der er en efterspørgsel.

Case 2: BioBox

Det anaerobe grundvand indeholder drivhusgassen metan. Under iltningprocessen på vandværket frigives ca. 95 procent til atmosfæren. Metan er i gennemsnit mindst 25 gange kraftigere end CO₂. Omregnet til CO₂-ækvivalenter svarer Danmarks årlige emission til godt syv mio. tons. Langt det meste stammer fra landbruget, men det anslås, at ca. 15.000 tons CO₂-ækvivalenter kommer fra metan, der frigives i forbindelse med drikkevandsproduktion.

Sandfiltrene på vandværkerne indeholder naturlige metanoxiderende bakterier (MOB). Grundideen i projektet er, at den metanholdige udblæsningsluft fra iltningrummet filtreres igennem BioBox-filtermateriale. MOB'er, som gror på filtermatricen, oxiderer metan til kuldioxid.

Der er ikke andre konkurrerende teknologier og dermed aktuelt ikke andre alternativer for drikkevandsforsyninger, som ønsker en mere klimaneutral produktion. En væsentlig udfordring er, at der er en lav men vedvarende frigivelse af metan fra produktionen af drikkevand. Det betyder, at forsøg på opsamling af metangassen ikke er rentabelt. For BioBox-teknologien er udfordringen, at lave koncentrationer alt andet lige gør det vanskeligere at holde bakteriesamfundene stabile.

Fra projektets slutrapport konkluderes følgende om teknologiuudviklingen i projektet.

Projektet viste, at det er muligt at anvende MOB'er til reduktion af metan fra udblæsningsluften på et vandværk. Det vigtigste ved teknologien var at sikre etablering af naturlige MOB'er fra et sandfilter på en udvalgt matrice og tilføre alle nødvendige sporstoffer med det formål at fjerne metan fra metanholdig luft.

Teknologien virkede udmærket ved høje koncentrationer af metan (>3.000 ppm), og kunne uden videre etableres og effektivt fjerne >45 procent metan selv ved metankoncentrationer på 500 ppm. Teknologien havde dog sine begrænsninger, og forventes ikke at være anvendelig i den nuværende form, de steder, hvor metankoncentrationer ligger på mellem 1-32 ppm.

Case 3: Globale vandtab – danske løsninger (LEAKman)

Udgangspunktet for dette fyrtårsprojekt er, at vandtab er blandt de største miljøudfordringer globalt set samtidigt med, at Danmark er et af de lande i verden, der har det laveste vandtab. En række danske virksomheder har udviklet forskellige løsninger, som

hver især repræsenterer førende teknologi inden for effektiv vandforsyning.

I LEAKman-projektet er rådgivere, teknologileverandører og forsyningsvirksomheder gået sammen om at etablere fuldskala demonstrationsfaciliteter, der integrerer de eksisterende elementer og optimerer samspillet imellem dem i et samlet ledelsessystem til lækagestyring. Fuldskalaanlæggene er etableret i to områder i henholdsvis Gentofte (NOVAFOS) og Herlev (HOFOR). Områderne er blevet instrumenteret med fjernaflæste vandmålere, tryksensorer, intelligente ventiler til trykstyring, zonegrænseventiler med positionsmelder, permanente støjloggere samt pumper med intelligent styring. Der er opstillet online hydrauliske ledningsnetmodeller, og data fra disse systemer er integreret i et samlet ledelsesinformations-system.

Det er et selvstændigt og vigtigt formål, at demonstrationsfaciliteterne kan understøtte salg af systemløsninger internationalt og globalt.

Case 4: Vandspilddetektor

Projektets grundlæggende ide var at udvikle en løsning (vandspilddetektor) til hurtigere og mere præcis lokalisering af vandspild end det tidligere havde været muligt. Detektoren er grundlæggende en temperaturføler, der placeres på vandrørets overflade, og en software algoritme. Herudfra kan det ud fra overfladetemperaturens relative udvikling måles, om der er flow i vandrøret.

Teknologiens fordel er, at det ikke er nødvendigt at bryde vandrøret for at indsætte en flowmåler. Installationen er derfor betydelig mere enkel og billig i forhold til montering af en traditionel flowmåler. Det betyder, at der lettere kan opsættes langt flere detektorer, hvilket gør det muligt at indkredse en lækage hurtigere og mere nøjagtigt. Særligt på store anlæg kan dette give mulighed for driftsoptimering og sparet vandforbrug.

I projektperioden blev forskellige versioner af teknologien testet på Roskilde Rådhus og på Københavns Universitet. Evalueringen viser, at teknologien efter projektets afslutning er blevet opgivet primært fordi, målingerne i praksis ikke havde tilstrækkelig høj præcision og blandt andet gav for mange "falsk positive" indikationer af lækagebrud.

Case 5: Smart re-design af drikkevandsproduktion

Dette fyrtårnsprojekt er gennemført i et samarbejde mellem Via University College, Vandcenter Syd, Aarhus Vand og en række private virksomheder.

Projektets formål var at se med friske øjne på den måde, hvorpå den grundlæggende produktionsproces i drikkevandsforsyningen foregår. Som tidligere nævnt er der solid erfaring for, at processen med iltning og sandfiltrering virker, men mere ufuldstændig viden om, hvorfor og hvordan den virker.

I projektets første år gennemførtes en lang række drifts- og laboratorieforsøg af enkeltelementer i

processen, mens der i den sidste del af projektet blev gennemført fuldskalaforsøg blandt andet med fokus på fjernelse af jern (Aarhus Vand) og ammonium (Vandcenter Syd). Den teknologiske nyhedsværdi af projektet er især, at der er skabt ny og meget anvendelsesorienteret viden om produktionsprocessen. Det handler om meget konkrete forhold som fx effekter i for- og efterbehandlingsprocesser, optimalt indhold af mikroorganismer i filtersand samt optimering ved returskylningsprocesser.

De indsigter, som er opnået igennem projektførelsen, har givet anledning til formulering af såkaldte redesignprincipper. De to første (af i alt 18) principper eksemplificerer det meget praksisorienterede fokus i projektet

- 1. Der bør tilsigtes at undgå overiltning af vandet [...]*
- 2. Adskillelse af filtrering i flere beholdere i serie muliggør at den enkelte proces kan optimeres, med bedre vandkvalitet og mindre anlæg til følge*

Projektets effekter vil på længere sigt bero på, hvordan indsigterne fra projektførelsen spredes og om redesignprincipperne adopteres både af forsyningsvirksomhederne som bestillere af vandforsyningsanlæg og af de virksomheder, der leverer løsningerne.

Det er ofte et udtalt formål med fyrtårnsprojekterne, at der etableres demonstrationsanlæg i stor/fuld skala, som kan besøges eller på anden måde fungere som platform for udbredelse af kendskabet til teknologien. I det konkrete projekt fremgik det af ansøgningen, at *"fyrtårnsprojektet opstiller og drifter demonstrationsanlæg på to lokaliteter i Aarhus og Odense. Lokaliteterne vil blive anvendt som besøgslokalitet, og vil fungere som udstillingsvindue for såvel de videnskabsmæssige som de kommercielle aspekter af projektet"*. Begge demonstrationsanlæg er imidlertid nedtaget igen efter en driftsperiode på ca. 12 måneder. Det formål med projektet er således kun realiseret i en midlertidig periode.

5.5 Miljøeffekter i caseprojekterne

For hver af de udvalgte cases er der i forbindelse med dataindsamlingen ligeledes blevet undersøgt i hvilket omfang de teknologiske løsninger har skabt - eller forventes at skabe - de forventede miljøeffekter.

På samfundsniveau afhænger miljøeffekterne og de erhvervs-mæssige effekter (som behandles i de næste afsnit) af, hvilken udbredelse teknologierne får samt hvad de marginale effekter er set i forhold til alternative og eksisterende løsninger, som adresserer de samme problemstillinger. Det gælder generelt for de undersøgte cases, at potentialet for teknologiernes udbredelse endnu må vurderes at være usikkert.

Case 1: Plastic Air Softening (PAS)

Der foreligger en række studier af de samfundsøkonomiske gevinster ved central blødgøring, som peger i retning af positive effekter, om end resultaterne

ikke er entydige. På omkostningssiden tæller blandt andet, at der ved brug af de fleste teknikker (dog ikke PAS) er et øget vandforbrug samt en øget investering for forsyningerne. På gevinstsiden tæller blandt andet længere levetid og reduceret strømforbrug på husholdningsapparater samt reduceret brug af kemikalier til rensning af kalk. Det er rimeligt at antage, at de miljømæssige effekter er korellerede med de samfundsøkonomiske effekter.

Det er som nævnt dokumenteret, at PAS-metoden virker, og at den derfor kan have tilsvarende positive miljøeffekter i forbrugerleddet som andre metoder. De marginale effekter set i forhold til andre tilgængelige metoder er dog ikke belyst. På den ene side er det en fordel ved PAS-metoden, at der ikke genereres spildevand, og at der ikke anvendes kemikalier i processen. Til gengæld kræver metoden et større energiforbrug samt større investeringer, fordi anlæggene skal dimensioneres større.

PAS-metoden anvender små plasticugler, som binder kalken. Der har derfor været opmærksomhed på, om der i metoden er en iboende risiko for frigivelse af mikroplast. Dette har været undersøgt i projektforløbet med inddragelse af DTU. Det er i projektets slutrapport anført, at *"risiko for frigivelse af mikroplast ved anvendelse af PAS-teknologien vurderes at være meget begrænset i selve processen i forbindelse med kalkudfældning og rensning af filtermaterialet"*.

Case 2: BioBox

Miljøeffekterne i BioBox-projektet hænger én-til-én sammen teknologiens evne til at reducere metanudslip. Der er meget begrænsete omkostninger forbundet med etablering og drift af løsningen.

I projektet er testanlæg blevet afprøvet i to vandforsyninger med henholdsvis høj (Hillerød) og lav (Horsens) forekomst af metan i grundvandet. Resultaterne viste, at BioBox-teknologien i et område med højt metanindhold var i stand til i gennemsnit at reducere frigivelsen af metan med 40-50 procent og i nogle perioder med op til over 80 procent.

Fuldskalaforsøget i Horsens virkede derimod ikke. På grund af lavere metankoncentrationer kunne MOB'er ikke etableres tilfredsstillende i BioBoxen. Forsøget blev indstillet efter fire uger.

Case 3: Globale vandtab – danske løsninger (LEAKman)

Miljøeffekterne i projektet skal som udgangspunkt bedømmes på, om det i demonstrationsområderne er lykkedes at reducere vandtabet sammenlignet med andre dele af ledningsnettet. Det er en vigtig pointe, at LEAKman sektionerne har været i fuld drift igennem projektforløbet. Det betyder, at alle former for interventioner i disse sektioner, som har været begrundet af konkrete forhold i driften, også har kunnet påvirke vandtabet og mulighederne for at monitorere effekten. Det er desuden også sådan, at potentialet for yderligere vandtab afledt af LEAKman-systemet ikke

kan ses uafhængigt af den forudgående performance og opmærksomhed omkring vandtab.

I praksis er det på baggrund af projektet vanskeligt at konkludere sikkert om de opnåede miljøeffekter i den konkrete kontekst. Det må dog vurderes, at der ikke i væsentlig grad er påvist miljøeffekter, men det kan bero på ovennævnte forhold. Projektets slutrapport sammenfatter resultaterne således for Herlev (resultaterne er omtrent tilsvarende for Gentofte):

Grundet dårlig datakvalitet og andre anlægsarbejders indvirkning på opgørelsen af vandbalancen har det [kun] været muligt at følge udviklingen i vandtab i de fire LEAKman sektioner [...] i kortere perioder og anvendt til at prioritere igangsætning af lækagesøgning lokalt. Umiddelbart viser resultaterne ikke, at de implementerede teknologier i projektperioden har øget antallet af lokaliserede sivende brud eller reduceret forekomsten af akutte brud. Det må dog forventes, at disse resultater først kan opgøres efter nogle år.

Case 4: Vandspildsdetektor

Som tidligere nævnt er den konkrete løsning, som blev udviklet og testet i projektet, efterfølgende blevet opgivet, og teknologien har derfor heller ikke haft direkte miljøeffekter.

Case 5: Smart re-design af drikkevandsproduktion

De væsentligste potentielle miljøeffekter ved drikkevandsproduktion efter re-designprincipperne er reduceret vandspild både i forbindelse med returskylsprocesser og i perioder, hvor der indkøres nye filtermedier. Det sidste skyldes kortere indkøringsperioder.

Etablering af anlæg efter re-designprincipperne indebærer også, at anlæggene kan dimensioneres mindre. Det er også i demonstrationsprojektet vist, at risikoen for overskridelser af grænseværdierne for ammonium mindskes.

Det er igennem projektet sandsynliggjort, at de forventninger til miljøeffekter, der var på ansøgnings-tidspunktet, er mulige. Erfaringerne er dog endnu afgrænset til demonstrationsanlæggenes driftsperioder. Det er endnu usikkert, hvilket gennemslag re-designprincipperne vil få og hvor hurtigt. Derfor er vurderingen af miljøeffekterne også usikre.

5.6 Erhvervseffekter i caseprojekterne

Evaluering af erhvervseffekterne omhandler i hvilket omfang projekterne kan forventes at lykkes med at skabe beskæftigelse, omsætning og evt. eksport, hos de deltagende virksomheder.

Case 1: Plastic Air Softening (PAS)

Den udviklede løsning mangler endnu et kommercielt gennembrud, og der er ikke endnu realiserede effekter, som modsvarer forventningerne på ansøgnings-tidspunktet. Løsningen markedsføres fortsat og har stor

interesse blandt andet fordi, den ikke forudsætter anvendelse af kemikalier. Det er imidlertid en barriere, at der ikke er et demonstrationsanlæg, samt at der er usikkerhed om totaløkonomien. Helt aktuelt har høje og svingende elpriser også været en vanskeliggørende faktor, men dette anses ikke for at være en strukturel udfordring.

Det er sandsynligt, at en større udbredelse af løsningen vil forudsætte et samarbejde med en eller flere af de større systemleverandører inden for vandforsyning, som kan se en interesse i at integrere PAS-teknologien i fuldskala anlæg.

Case 2: BioBox

Der er ikke endnu nogen realiserede erhvervseffekter af BioBox-teknologien, og der er ikke i forlængelse af projektet nogen målrettet kommerciel videreudvikling af løsningen. Der er dog fortsat en interesse for at arbejde videre med udvikling af teknologien.

Det er medvirkende til ovenstående, at der ikke aktuelt opleves et efterspørgselstræk fra i forhold til løsninger, der reducerer metanudslip. Det skyldes formentlig delvist, at der ikke er regulering, som stiller krav herom. Hertil kommer, at løsningen – selv om den er billig – indebærer en meromkostning for vandselskaberne, som under den nuværende økonomiske regulering ikke kan løftes ind i indtægtsrammerne. I projektmaterialet er omkostningerne til BioBox-løsningen skønnet at være så lav som én øre per kubikmeter.

Case 3: Globale vandtab – danske løsninger (LEAKman)

De etablerede fuldskalademonstrationsfaciliteter er fortsat i drift og står som væsentlige resultater i deres egen ret. Der har været god interesse for at besøge anlæggene fra udenlandske aktører. Dette er blandt andet understøttet af eksportfremmeenhederne (Trade Councils) på danske ambassader i udlandet, som aktivt har promoveret løsningerne.

For nogle af de deltagende virksomheder er projektet en god referencecase og for andre er der opnået erfaringer og udviklet (tilpassede) løsninger, som i dag er en del af virksomhedernes produktportefølje.

Det har til gengæld været svært at fastholde et fælles kommercielt fokus på at markedsføre integrerede systemløsninger til lækagestyring på de internationale markeder. Det skyldes formentlig flere forhold. Ét er, at virksomhedernes grundlæggende forretningskoncept er at sælge deres respektive enkeltkomponenter. Ét andet er, at flere af virksomhederne er opdelt i geografisk adskilte profitcentre, hvilket kan vanskeliggøre international udbredelse. Og for det tredje er det formentlig en barriere, at forsyningsvirksomheder kun i begrænset omfang stiller krav om integrerede løsninger i forbindelse med udbud. Samlet set er der ikke (endnu) en tradition for at efterspørge og udbyde "totalenterprisløsninger".

Case 4: Vandspilddetektor

Den konkrete løsning, som blev udviklet og testet i projektet, er efterfølgende blevet opgivet og markedsføres derfor ikke længere. Virksomheden bag projektet er imidlertid fortsat engageret i levering af EMS-systemer (Energy Management Systems) fortrinsvis til erhverv og ejendomsadministration. Det er – blandt andet i kraft af CSRD-direktivet - et hastigt voksende, men også konkurrencepræget marked og baseret på modne digitale teknologier.

Case 5: Smart re-design af drikkevandsproduktion

Det er endnu usikkert, hvilken udbredelse principperne fra Smart re-design projektet kan få (og hvor hurtigt) for udformningen af vandværker og for produktionsprocesserne. Evalueringen viser, at der for de deltagende drikkevandsforsyninger er (meget) gode og positive erfaringer fra projektet. Der er imidlertid også nogle mulige udfordringer. Fx er det for leverandørerne, - som typisk afkræves garanti for anlæggenes funktionsdygtighed - forbundet med risici at ibrugtage nye konstruktionsprincipper. Der kan ligeledes være tilbageholdenhed hos forsyningsvirksomhederne og deres rådgivere i forhold til at udbyde nye anlæg efter re-designprincipperne, hvis der er usikkerhed om, hvordan markedet vil reagere på dette. Det er dog ikke en usædvanlig situation for en ny teknologi, som ikke har haft sit gennembrud.

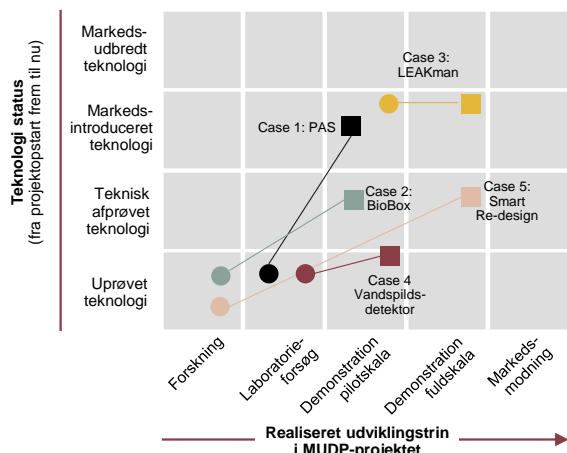
De forventede erhvervseffekter må dog som udgangspunkt forventes at være begrænsede, selv hvis re-designprincipperne får stor udbredelse. Det skyldes, at det samlede marked for investeringer i vandforsyningsanlæg må antages at være upåvirket af den nye teknologi.

5.7 Samlet resultatvurdering for drikkevand

Fokusanalysen af drikkevandsområdet indikerer, at projekterne i vid udstrækning har formået at demonstrere teknologiernes relevans og duelighed. Selv om de fleste af projekterne har nogle år på bagen, så viser den dog også, at ingen af teknologierne endnu lykkes med at slå igennem for alvor. Det betyder, at deres udbredelse på tidspunktet for evalueringen er usikker. Det samme er derfor tilfældet for de direkte miljø- og erhvervseffekter.

Figur 5.7 illustrerer (forenklet) den rejse, teknologierne har gennemgået i MUDP-projektforløbet samt hvilken ændring, der er sket ift kommerciel modenhed. Cirklerne angiver status ved starten af projektforløbene, mens firkanterne angiver status ved projektets slutning.

Figur 5.7. Overblik over projekternes udvikling i MUDP-forløbet og status ift kommerialisering



Figur 5.8 sammenfatter vurderingen på tværs af projekterne i forhold til deres realisering, udbredelse samt miljø- og erhvervspotentiale. Scoringsmodellen er beskrevet i kapitel 4, hvortil der henvises. Vurderingerne er baseret på de konkrete projekter, som har indgået i analysen. Resultaterne kunne have været anderledes for en anden gruppe af projekter, men der er omvendt ikke nogen grund til at antage a priori, at de undersøgte projekter adskiller sig på en bestemt og systematisk måde.

REALISERING. Teknologirealiseringen er vurderet til 4 på skalaen, jf. figur 5.8. Fradraget ift en maksimumscore beror blandt andet på, at i) én af løsningerne er opgivet, ii) at den teknologiske effekt i nogle af projekterne er sandsynliggjort men ikke fuldt dokumenteret samt iii) at de forudsatte fuld skala demonstrationsanlæg i et af projekterne kun har været i drift i en periode på ca. 12 måneder.

Figur 5.8. Overblik over realisering, udbredelse samt miljø- og erhvervspotentiale for fem drikkevandsprojekter

Parameter	Vurdering				
PROJEKTERNES REALISERING	★	★	★	★	☆
MILJØPOTENTIALE	★	★	★	☆	☆
UDBREDELSE	★	★	☆	☆	☆
ERHVERVSPOTENTIALE	★	★	☆	☆	☆

MILJØPOTENTIALE. Evalueringen viser, at projekterne i nogen grad er lykkedes med at demonstrere de forventede miljøeffekter. Der er dog ikke i projekterne sket en systematisk sammenstilling af realiserede og forventede effekter, og det er varierende, hvilke kvantitative oplysninger, der foreligger om miljøeffekterne. Projekternes slutrapporter forholder sig generelt ikke – eller kun i begrænset omfang – til

teknologierne marginale fordele (og ulemper) set i forhold til alternative løsninger.

På 5-trinsskalaen vurderes projekternes miljøpotentiale til 3. Det er udtryk for, at det må anses for realistisk, men endnu usikkert, om der kan opnås effekter på linje med de oprindelige forventninger, som lå til grund for projekternes godkendelse

UDBREDELSE OG ERHVERVSPOTENTIALE. Det er den samlede vurdering, at de direkte effekter på beskæftigelse og omsætning mest sandsynligt bliver mindre i de cases, der har indgået i fokusanalysen, end det var forventet på ansøgningstidspunktet. Der er ingen af de udviklede teknologier, som endnu kan siges at have fået – eller har udsigt til – et kommercielt gennembrud. Blandt de fem teknologier er der to, som på nuværende tidspunkt enten helt er opgivet eller sat i bero. For de to fyrtårnsprojekter er det sådan, at der blandt LEAKman-deltagerne ikke er et aktivt kommercielt samarbejde om eksport af systemløsninger til reduktion af vandtab, og for Smart Re-design-teknologien udestår det endnu at se, hvordan rådgivere, forsyningsvirksomheder og leverandører vil tage imod og adoptere principperne.

På tværs af projekterne ses der en tendens til, at det kommercielle fokus synes at træde lidt i baggrunden igennem projektførløbene. Slutrapporterne redegør ikke for den betydning, projekterne har – eller forventes at have – for omsætning og beskæftigelse i de deltagende virksomheder

På 5-trinsskalaen er vurderingen samlet set, at de erhvervsøkonomiske effekter ligger på 2. Det er udtryk for, at det fremstår mindre sandsynligt, at de oprindeligt forventede effekter vil blive realiseret.

REGULERING OG POLITIKDANNELSE

Regulering, politikdannelse og teknologiudvikling hænger på flere måder tæt sammen på drikkevandsområdet. Forsyningsselskaberne har en ret afgørende rolle på efterspørgselsiden. Desuden er brancheforeningen DANVA en aktiv aktør i forhold til at påvirke regeludvikling og uformelle politikprocesser.

To oplagte eksempler på reguleringens rolle står frem. Den 30 år gamle vandafgift var i sin tid instrumentel ift at reducere vandtabet i forsyningerne. Sidstnævnte synes nu at være stagneret. Det andet eksempel er, at den økonomiske (indtægtsramme)regulering af mange opleves at begrænse forsyningernes mulighed og interesse for at investere i grønne løsninger, hvis disse øger driftsomkostningerne blot en smule. Det er erfaringer, som også er udbredte i case projekterne.

Aktuelt er der fokus på målet om energi- og klimaneutralitet i 2030. Selv om der ikke her er tale om "hård regulering" har målet potentiale til at påvirke adfærd i forsyningerne. MUDP har støttet flere projekter med dette fokus, og analysen viser, at miljøeffekter på drikkevandsområdet i mange tilfælde netop realiseres gennem lavere klimabelastning.

6 Temaanalyse 2. Luftforurening fra skibstransport

6.1 Introduktion til temaet

Skibsforurening er en verdensomspændende miljøudfordring, som indebærer flere forureningstyper. En af de primære typer er luftforurening fra skibsmotorernes udstødning. Andre eksempler udskiftning af ballastvand samt transport af ikke-hjemmehørende rundt i verden på skibsskrog, som har indflydelse på blandt andet biodiversiteten i verdenshavene.

Skibsforurening er således et område, hvor udvikling af teknologiske løsninger har internationale perspektiver både i forhold til bekæmpelse af forurening og eksportmuligheder for de løsninger, som udvikles.

Temaets internationale karakter betyder, at reguleringen primært sker i regi af FN-konventioner og protokoller samt i Europa gennem EU-direktiver og -forordninger. I FN-regi sker reguleringen via International Maritime Organisation (IMO), som også Danmark er tilsluttet.

TEMAETS ROLLE I MUDP-PROGRAMMET

MUDP har siden 2015 givet støtte til godt 25 projekter, der udvikler teknologi til bekæmpelse af skibsforurening, heraf et enkelt fyrtårnsprojekt. Den samlede støtte har udgjort mere end 40 mio. kroner, og tilskudsgraden har i de fleste projekter ligget omkring 45-50 procent. Der kan sondres mellem fem hovedkategorier:

- Filterløsninger til emissioner
- Måling og overvågning af emissioner
- Forureningsbekæmpelse
- Ballastvand
- Skrogrensning og ikke-hjemmehørende arter

VALG AF CASES

Blandt de fem hovedkategorier indeholder kategorierne *Filterløsninger til emissioner* samt *Måling og overvågning af emissioner* flest afsluttede projekter. Temaanalysen fokuserer derfor på løsninger inden for disse to kategorier, dvs. teknologier til reduktion af emissioner. Der er udvalgt fire case projekter, jf. tabel 6.1. Heraf

Tabel 6.1. Valg af cases til fokusområdet

Projekt navn	Type	Slutår
Kosteffektiv overvågning af svovlemissioner fra skibe på åbent hav	UTD	2022
Fase 2 af fuldskalatest [...] af maritimt filtersystem for røgrensning på en skibsmotor	Gennemførlighedsundersøgelse UTD	I gang
Udvikling af katalytisk filter	UTD	2022
Maritime emissionsløsninger i Kystnære Farvande	Fyrtårn	2023

er tre projekter nyligt afsluttede, inkl. et fyrtårnsprojekt.

6.2 Teknologi- og miljøudvikling generelt¹³

HOVEDTRÆK AF TEKNOLOGIUDVIKLINGEN

Den miljøteknologiske udvikling inden for begrænsning af udledning af drivhusgasser fra skibe har primært foregået siden 2005, hvor der i IMO-regi blev sat grænseværdier for svovlindhold i skibes fuelolie samt skibes udledning af NO_x'er. Dette blev i 2008 fulgt op af en aftale om at mindske svovlindholdet i både skibenes brændstof og røg fra udstødning.

Teknologiudviklingen har tidligt i perioden været fokuseret på rensning af skibenes udstødningsgasser for svovloxider, der udledes som følge af brugen af tung svovlholdig olie i skibenes dieselmotorer. Det første teknologiske gennembrud skete i 2008, hvor 'scrubbere' til røgrensning kom på markedet. Scrubbere installeres som en del af skibets udstødningssystem og fungerer ved, at svovloxider vaskes ud af røgen med saltvand, hvorefter den rensede røg udledes gennem skibets skorsten. Røggasvandet fra rensningen ledes herefter ud i havet.

Som følge af fokus på yderligere begrænsning af udledning af drivhusgasser fx udledningen af NO_x-partikler samt Black Carbon har næste skridt i teknologiudviklingen været udvikling af filterløsninger, der ligeledes installeres i skibenes udstødningssystemer. Filterløsningerne opfanger flere typer af partikler og gennem brug af katalytiske processer reduceres restprodukterne fra partikelopsamlingen. Tilbageværende restprodukter fjernes fra bunden af skibenes skorstene og destrueres efterfølgende.

Ovenstående teknologier er primært udviklet i forbindelse med brugen af traditionelle brændstoftyper. Nye teknologier er dog ved at blive udviklet. Således arbejdes der i dag på udvikling af skibsmotorer, som anvender mere bæredygtige brændstoffer som fx brint eller ammoniak. I forbindelse med brugen af denne type brændstoffer anlægges livscyklusbetragtning, så også energiforbruget og miljøbelastningen ved produktion af brændstofferne tages i betragtning. Der arbejdes derfor også med udvikling af e-brændstoffer gennem brug af fx elektrolyse af vand fra genanvendelige energikilder.

Foruden den teknologiske udvikling inden for brændstoffer er der også et stigende fokus på teknologier, som kan øge skibsmotorers og skibsskruers effektivitet samt på implementering af systemer med fokus på forbedret energiudnyttelse ombord på skibene.

¹³ Kilder: UNCSTAD, IMO, Hellenic Shipping News og Søfart.dk

OPRIDS AF MILJØUDVIKLINGEN

Måling af miljøudviklingen for emission af drivhusgasser fra skibe har siden 2008, som angivet ovenfor, været fokuseret på udledningen af svovl mens der især fra 2012 desuden er sket måling og beregninger af udledningen af andre partikler (NO_x, Black Carbon, Partikelforurening (PM) mm.).

Analyser fra IMO viser, at udledningen af både SO₂ og NO_x er steget i perioden 2012 til 2018, blandt andet som følge af (fortsat) øget trafik. Andre årsager til stigningen kan være vejrforhold, som påvirker brændstofforbruget ved sejlads. IMO peger på selv på, at drøftelser af tiltag har været aftagende siden 2015. Der er dog en forventning til, at krav om nedsatte grænseværdier fra 2020 vil påvirke udviklingen positivt, når resultater for dette kan opgøres.

Udviklingen opgøres per fartøj og per sørejse (voyage). Sidstnævnte er relevant, idet skibenes produktivitet, dvs. sejlede distancer har indflydelse på udviklingen i luftbårne emissioner. Tabel 6.2 viser tilgængelige tal for udviklingen i SO₂, NO_x og CO i perioden 2012-2018.

Tabel 6.2 Udviklingen i de samlede emissioner af NO_x SO₂ og CO fra skibe, 2012-2018. Mio. tons.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Opgjort per fartøj							
NO _x	19,7	18,9	18,6	19,2	19,9	20,7	20,2
SO ₂	10,8	10,1	10,1	10,0	11,1	11,6	11,4
CO	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Opgjort per sørejse							
NO _x	16,9	16,1	15,9	16,4	17,0	17,4	17,1
SO ₂	9,1	8,5	8,6	8,6	9,5	9,8	9,6
CO	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7

SAMSPIL MELLEML TEKNOLOGI- OG MILJØUDVIKLING

Der er et naturligt samspil mellem teknologiudviklingen og miljøudviklingen. Faldet i udledningen af SO₂ og partikler skyldes blandt andet installation af teknologiske løsninger som scrubber og filtre i de områder, hvor der via regulering er stillet krav om at mindske udledningen.

De udviklede teknologier har således en indflydelse på udviklingen i udledningen af drivhusgasser og partikler. Udbredelsen af teknologien har dog tæt sammenhæng til regulering, der fungerer som en pull-effekt for efterspørgslen af teknologierne.

6.3 Udvikling i reguleringen af området¹⁴

OVERBLIK OVER GÆLDENDE REGULERING

Reguleringen på søfartsområdet sker i regi af både IMO på internationalt niveau samt i regional (fx EU) eller national lovgivning.

Den første større regulering af luftbårne emissioner skete i 2005 i forbindelse med vedtagelsen af et tillæg, annek 6, til den internationale konvention om begrænsning af forurening fra skibe (MARPOL). Annek 6 fastsatte på daværende tidspunkt de første grænseværdier for skibes udledning af SO₂. Samtidigt blev der med implementeringen af konventionen fastlagt en række zoner på verdensplan (Emission Control Areas, ECA), hvor grænseværdien for svovlindhold i fuelolien blev fastsat lavere end den generelle grænseværdi. Eksempler på ECA'er er Østersøen, Nordsøen og farvandet ud for USA's kyster.

I 2010 blev ECA-områderne ændret, så områder med grænseværdier for svovludledning blev til SECA. Samtidigt blev der indført NECA-områder, hvor der er fastsat grænseværdier for skibes udledning af NO_x-er.

Reguleringen af SO₂-udledningen sker gennem grænseværdier for indholdet af svovl i skibenes fuelolie, mens NO_x-grænseværdierne baserer sig på alderen af skibenes motorer. Skibene er således inddelt i tre grupper, Tier I, II og III, hvor Tier I er skibe med de ældste motorer.¹⁵

IMOs regler implementeres i dansk lovgivning på to måder. Danmark tiltræder enten reglerne direkte, hvorefter de implementeres i dansk lovgivning. Alternativt omsætter EU først reglerne til forordninger og direktiver, hvorefter de implementeres i dansk national lovgivning.

EKSEMPLER PÅ SAMSPIL MELLEML REGULERING OG TEKNOLOGI- OG MILJØUDVIKLING

Teknologiudviklingens indflydelse på miljøudviklingen skal ses i tæt sammenhæng med udviklingen i reguleringen. Således ses fx positive effekter for udledningen af svovldioxid i områder, som er udpeget til SECA-områder. I disse områder har det været nødvendigt for rederierne enten at sejle på brændstof med et lavt svovlindhold eller at installere teknologiske løsninger i form af scrubber eller filtre, som medvirker til at nedbringe udledningen af svovl.

På samme måde ses et fald i udledningen af NO_x i Tier II og III-områder, hvor det har været nødvendigt for rederierne at installere det nødvendige udstyr til rensning af skibenes udstødningsgas.

¹⁴ Kilder: IMO, Sustainable Ships og Søfartsstyrelsen

¹⁵ Tier I omfatter skibe bygget efter 1. januar 2000, Tier II omfatter skibe bygget efter 2011 og Tier III omfatter skibe, der sejler i NECA-områder.

Fra 1. januar 2020 er grænseværdierne for svovl i skibenes fuelolie på 0,5 procent, mens grænseværdien i SECA-

områderne er 0,1 procent. Grænseværdierne for NO_x-udledning er fastsat til mellem 9,8-17,0 g/kWh for Tier I, 7,7-14,4 g/kWh for Tier II samt 2,0-3,4 g/kWh for Tier III, baseret på skibsmotorens antal af omdrejninger.

I forbindelse med implementeringen af IMO-reglerne i national lovgivning, er det rederierne ansvar at kunne dokumentere overholdelse (compliance) af de gældende grænseværdier. Særligt i SECA og NECA-områderne foretager de nationale myndigheder kontrol af fx svovlindhold i fuelolie eller foretager målinger af indholdet i skibene udstødningsgasser ved hjælp af 'sniffere' eller andet måleudstyr.

FORVENTNINGER TIL FREMTIDIG REGULERING

Det øgede fokus på klimaforandringer har medført, at der i regi af IMO i henholdsvis 2016 og 2018 er blevet sat fokus ikke kun på skibes udledning af svovldioxid og NO_x'er, men også på det klimaaftryk, som skibsfarten afsætter.

IMO har således fastsat en række globale mål for skibsfartens 'carbon intensity', dvs. hvor mange drivhusgasser, der kan henledes til produktion og forbrug af brændstof i skibsfarten. 'Carbon intensity' måles som antal gram CO₂ pr. megajoule energi forbrugt. IMO's mål er at reducere skibsfartens CO₂-udledning med 40 procent i 2030 og 70 procent i 2050 sammenlignet med udledningen i 2008.

I forbindelse med, at IMO's mål omsættes til traktater og herefter national lovgivning, må det formodes, at der vil ske en stigende efterspørgsel både efter nye typer af brændstoffer til skibe samt et øget behov for teknologiske løsninger, der gennem retrofit af eksisterende skibsmotorer, kan bidrage til at nå de internationale mål.

Særligt i EU er der gennemført tiltag, som skal understøtte IMO's mål. Blandt de vigtigste tiltag er, at skibsfart fra 2023 er inkluderet i EUs Emissions Trading System, hvilket betyder at rederierne får behov for at købe CO₂-kvoter ved sejlads til havne i EU, såfremt deres skibe ikke opfylder kravene til udledning. Derudover udbygges infrastrukturen i EU-havne for både landstrøm, LNG og brint, således at alle EU-havne fra 2025 skal kunne tilbyde elektricitet eller alternative brændsler i stedet for fuelolien. Endelig forventer EU en opdatering af regulativet for beskatning af brændstoffer, så fuelolie fremadrettet vil blive pålagt større afgifter ved sejlads mellem EU-havne (men fritaget ved sejlads ud af EU), ligesom der forventes en afgiftsfritagelse for bæredygtige brændsler.

6.4 Teknologiuudvikling i caseprojekterne

De fire projekter, der indgår i temaanalysen, har alle haft fokus på enten udvikling eller afprøvning af ny teknologi til begrænsning af emissioner fra skibe. I afsnittet herunder beskrives kort resultaterne af teknologiuudviklingen i hver af de fire projekter.

Case 1: Maritime Emissionsløsninger i Kystnære Farvande

Projektet har haft til formål at produktmodne og teste fuldskalaløsninger til reduktion af både partikelemission og NO_x fra skibe, som sejler i kystnære områder. Fokus

har særligt været på færgetrafik i danske farvande samt enkelte andre typer af skibe, som anløber havne ofte.

Projektet bygger på de deltagende teknologi-virksomheders viden og erfaring fra landtransport, hvor partikelemission fra blandt andet tung transport er blevet begrænset gennem montering af filtre på køretøjer. Udgangspunktet har været at anvende samme type af teknologi, dog med den forudsætning, at skibe er designet og bygget unikt, hvor fx lastbiler og busser er serieproducerede.

Projektet har gennemført montering af filtre på både hoved- og hjælpemotorer på én færge i et dansk kystnært område samt på et bemandingsfartøj. Filtrene til fartøjerne er blevet specialproducerede i hhv. Danmark og Canada (hvor coating er foretaget).

De monterede filtre er fortsat i drift, og der er dokumenteret et fald i partikel og NO_x-emissionerne.

Teknologien er således blevet valideret, og der er skabt en god erfaringsbase for de filtre, som er blevet anvendt. En afledt effekt har været, at filtrene medvirker til at begrænse støjen fra skibsmotorerne, hvilket særligt er blevet positivt modtaget hos det deltagende færgerederi.

Case 2: Udvikling af katalytisk filter

Projektet har haft til formål at udvikle et katalytisk filter der renser udstødningsgassen fra store dieselmotorer for partikler som Black Carbon samt NO_x.

Projektet bygger videre på de deltagende virksomheders aktiviteter inden for udvikling og levering af løsninger til skibsfart. Udgangspunktet har været at udvikle et filter, som foruden rensning af røgen for partikler også mindsker behovet for rengøring af filteret. Filteret består af en række coatede filterstave, som opsamler de partikulære stoffer. Derved er det ren røggas, som udledes i luften fra skibenes skorstene.

Det katalytiske filter er blevet udviklet og testet i et testmiljø, der til 95 procent ligner forholdene på et skib i drift. De gennemførte test af filteret viser, at det fjerner 99 procent af de partikulære stoffer fra udstødningsgassen. Teknologien er således dokumenteret og de deltagende virksomheder kan anvende resultaterne til at skabe egentlig kommerciel løsning i et næste skridt.

Case 3: Kosteffektiv overvågning af svovl-emissioner fra skibe på åbent hav

Projektet *Kosteffektiv overvågning af svovlemissioner fra skibe på åbent hav* har haft til formål at udvikle en røggassensor, der kan måle svovlemissioner fra skibes dieselmotorer. Fokus har været på udvikling af udstyr og brug af sensorer, som er billigere end de løsninger, som i dag findes i markedet.

Måling af svovlemission i skibes udstødningsgas er nødvendigt for at rederierne kan dokumentere compliance i forhold til regler for fx SECA-områder, anløb af EU-havne mv. Dokumentation af compliance har været nødvendigt efter indførelse af strengere globale krav til skibenes SO₂-emissioner, jf. ovenfor.

Projektet er lykkedes med at udvikle en sensor, som er blevet installeret på skibe i drift hos de deltagende rederier, hvorefter der er foretaget målinger af skibenes SO₂-udledning igennem en periode. Installationen er sket på skibe med forskellige motorer.

Projektet er dog undervejs løbet ind i tekniske problemer, blandt andet som følge af, at skibsmotorer forurener forskelligt. Samtidigt har det vist sig, at de udviklede sensorer har været krydsfølsomme over for NO_x-emissioner, hvilket har forringet kvaliteten af SO₂-målingerne. Der er undervejs i projektet forsøgt afhjælpning blandt andet ved at udskifte dele af sensorerne. Det har dog været nødvendigt at anvende komponenter til en væsentlig højere pris, hvorved projektets samlede formål med at udvikle en kosteffektiv sensor ikke har kunnet opnås.

Case 4: Fase 2 af fuldskala test og tilpasning af maritimt filtersystem for røggasrensning på en skibsmotor

Fase 2 fuldskalaprojektet med test og tilpasning af et maritimt filtersystem for røggasrensning er en videreførelse af projektets første fase men med fokus på test af filtersystemet på skibe i drift. Filterløsningen er udviklet, så det er muligt effektivt at rense udstødningsgas fra skibsmotorer for henholdsvis svovlpartikler og Black Carbon.

I projektets fase 1, som ligeledes har været støttet af MUDP, er der blevet udviklet et filter til rensning af skibes udstødningsgas. Udgangspunktet har været landbaserede filterløsninger til kraftvarmeværker, som er blevet tilpasset til brug i et maritimt miljø. I projektets første fase er filterløsningen testet på en landbaseret skibsmotor på søfartsskolen i Svendborg. De gennemførte tests, som er dokumenterede af Teknologisk Institut, viser, at filterløsningen kan fjerne 99,98 procent af svovlpartiklerne i skibenes emissioner. Resultaterne fra fase 1 danner grundlag for, at der kan være en business case for rederierne i at installere filterløsningen, da de så vil have mulighed for at sejle på billigere men mere svovlholdig olie og fortsat overholde krav til mængden af partikler i skibenes udstødning, herunder de strengere globale krav til skibenes SO₂-emissioner, som er trådt i kraft d. 1. januar 2020.

Projektet er lykkedes med at gennemføre den planlagte fuldskalatest på det udvalgte skib. Undervejs i testperioden har projektet mødt en række udfordringer. Særligt fugt, salt og temperaturudsving har haft indflydelse på udformningen af diverse udstyr og komponenter af løsningen. Det har således været nødvendigt at udskifte komponenter og noget udstyr undervejs til at imødegå disse krav.

Testen har givet en værdifuld viden om behovet for at tilpasse løsningen til forhold i drift. Et næste skridt i en fase 3 vil være at gennemføre et fuldt proof-of-concept for løsningen.

6.5 Miljøeffekter i caseprojekterne

For hver af de udvalgte projekter er der i forbindelse med dataindsamlingen ligeledes blevet undersøgt i hvilket omfang de teknologiske løsninger har eller forventes at skabe de forventede miljøeffekter.

Case 1: Maritime Emissionsløsninger i Kystnære Farvande

Som angivet i afsnittet ovenfor, er projektet lykkedes med at dokumentere effekter bestående af mindsket partikeludledning. Miljøeffekterne vedrører primært de mindskede udledninger af partikler og NO_x-er. Desuden er der dokumenteret afledte effekter på mindsket støj fra skibsmotorerne.

Opnåelse af større miljøforbedringer på samfundsniveau hænger sammen med udbredelsen samt interessen hos rederierne for anvendelse af løsningerne.

Case 2: Udvikling af katalytisk filter

Den tekniske løsning er testet i en simulation af en driftssituation (95 procent). De gennemførte test af filteret viser, at det fjerner 99 procent af de partikulære stoffer fra udstødningsgassen. Miljøeffekterne vedrører således primært de mindskede udledninger af partikler og NO_x'er.

Såfremt det katalytiske filter udbredes, kan der opnås større miljøforbedringer. Opnåelse af disse har dog tæt sammenhæng til interessen hos rederierne for anvendelse af løsningerne.

Case 3: Kosteffektiv overvågning af svovl-emissioner fra skibe på åbent hav

Projektet er lykkedes med at frembringe en sensor, som delvist er billigere end eksisterende løsninger på markedet. I en vurdering af de miljømæssige effekter, er det dog væsentligt, at den endelige løsning kun blev marginalt billigere end andre løsninger, hvorfor det samlede formål ikke blev opfyldt.

Idet projektet har skabt viden om brug af teknologien kan der opnås en vis miljøeffekt vedrørende mindsket udledning af svovl, hvis viden anvendes i andre projekter, hvor teknologien kan udvikles fuldt ud.

Case 4: Fase 2 af fuldskala test og tilpasning af maritimt filtersystem for røggasrensning på en skibsmotor

Det er dokumenteret, at det udviklede filtersystem kan rense skibenes udstødningsgas for 99,98 procent af svovlpartiklerne. Såfremt der gennemføres et endeligt proof-of-concept findes der således mulighed for at opnå en væsentlig miljøeffekt ved udbredelse af løsningerne.

6.6 Erhvervseffekter i caseprojekterne

Evaluering af erhvervseffekterne omhandler i hvilket omfang projekterne er lykkedes med at skabe omsætning og evt. eksport, hos de deltagende virksomheder.

Virksomhederne er både blevet interviewet om erhvervseffekterne og har fået mulighed for at bevare spørgsmål om erhvervseffekterne i det spørgeskema, som er udsendt til alle MUDP-projekter, der er igangsat i den periode, som evalueringen dækker.

Case 1: Maritime Emissionsløsninger i Kystnære Farvande

De deltagende teknologivirksomheder i projektet er fortsat engagerede og tilbyder i dag de testede løsninger til markedet. Der har imidlertid kun i meget begrænset omfang været efterspørgsel efter den udviklede løsning.

Virksomhederne peger i de gennemførte interviews på, at der er behov for, at der etableres et hjemmemarked i det danske nærømråde, der kan anvendes som 'showcase' i forbindelse med eksport. Forventningerne er dog, at løsningen skal ud på verdensmarkedet.

I den forbindelse er de deltagende virksomheder opmærksomme på, at der som følge af rederiernes omkostninger ved implementering af teknologien vil være behov for regulering, som kan understøtte en 'pull'-effekt på efterspørgslen. Samtidigt oplever de deltagende virksomheder en øget konkurrence fra andre teknologier, som fx elektrificering og gasmotorer (typisk LNG), som kan mindske interessen hos rederierne for investering i filterteknologierne.

Case 2: Udvikling af katalytisk filter

De deltagende virksomheder, som er større aktører på markedet, peger i interviews på, at løsningen er klar til videre udvikling til en endelig kommerciel løsning, der kan tilbydes markedet. På samme måde som i case 1 ses der et behov for regulering, som kan understøtte interesse og efterspørgsel fra rederierne. De deltagende virksomheder oplever ligeledes, at rederiernes fokus på andre teknologier indebærer en udfordring for udbredelsen af den udviklede teknologi. En deltager peger i den forbindelse på, at nye teknologier som fx renere brændstoffer har længere udsigter, idet fx produktion af 'et-kulstof-atom-brændsler' ikke i dag er i et niveau, hvor efterspørgslen fra rederierne kan imødekommes. Der vil derfor være behov for filterløsninger, hvis målet om at nedbringe emissionerne fra skibstrafik skal opnås.

På trods af dette har de involverede virksomheder sat det videre arbejde med udbredelse af løsningen på pause, indtil relevant lovgivning på området kan bidrage til at skabe efterspørgsel.

Case 3: Kosteffektiv overvågning af svovl-emissioner fra skibe på åbent hav

Som beskrevet i afsnittet om realiseringen af projektet blev der i denne case ikke færdigudviklet en

kosteffektiv løsning. Den endelige løsning viste sig at være i samme omkostningsniveau, som øvrige løsninger på markedet. Idet teknologien ikke er blevet færdigudviklet, er der således ikke sket en udbredelse af løsningen.

De deltagende virksomheder er fortsat engagerede i teknologiuudvikling, ligesom rederierne også medvirker med skibe som testplatforme. Hvis der senere findes løsninger på de udfordringer, som projektet er stødt ind i, særligt omkostningselementet ved teknologien, vil der muligvis kunne etableres et marked.

Case 4: Fase 2 af fuldskala test og tilpasning af maritimt filtersystem for røggasrensning på en skibsmotor

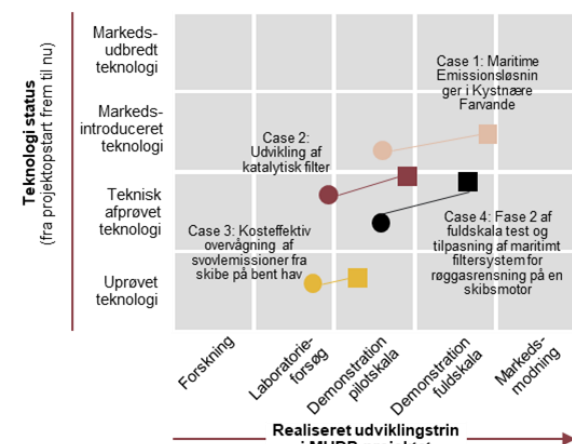
Den deltagende virksomhed er fortsat engageret i færdigudviklingen af løsningen med et proof-of-concept, så løsningen endeligt kan tilbydes markedet. I lighed med de øvrige løsninger i de andre cases, er der et væsentligt globalt erhvervspotentiale givet, at skibstrafikken er verdensomspændende. Også her er det dog formentlig en forudsætning for realisering af potentialet, at der kommer regulering, som kan stimulere efterspørgslen.

6.7 Samlet resultatvurdering for luftforurening fra skibstransport

Gennemgangen af de fire caseprojekter inden for bekæmpelse af emissioner fra skibe peger på, at projekterne lykkes med at udvikle den forventede teknologi, men har udfordringer med at få realiseret de erhvervsmæssige potentialer.

I figur 6.1 er det illustreret, hvordan løsningerne har udviklet sig igennem projektløbene i forhold til teknologisk og kommerciel modenhed. Cirklerne angiver status ved starten af projektløbene, mens firkanterne angiver status ved projektets slutning. Det er karakteristisk, at flere af løsningerne rent teknisk er

Figur 6.1. Overblik over projekternes udvikling i MUDP-forløbet og status ift kommerialisering



på et ret udviklet stadie ved afslutningen af projekterne og forholdsvis let vil kunne introducere på markedet, hvis der er efterspørgsel.

Figur 6.2 sammenfatter vurderingen på tværs af projekterne i forhold til deres realisering, udbredelse samt miljø- og erhvervspotentiale. Scoringsmodellen er beskrevet i kapitel 4, hvortil der henvises. Vurderingerne er baseret på de konkrete projekter, som har indgået i analysen, og de kunne have været anderledes for en anden gruppe af projekter, men der er omvendt ikke nogen grund til at antage a priori, at de undersøgte projekter adskiller sig på en bestemt og systematisk måde fra andre projekter inden for det valgte tema (emissioner). Der er dog ikke belæg for at antage, at resultaterne har tilsvarende gyldighed for andre problemstillinger inden for luftforurening som overordnet miljøudfordringstema.

Figur 6.2. Overblik over realisering og udbredelse samt miljø- og erhvervspotentiale for fire skibsforureningsprojekter

Parameter	Vurdering
PROJEKTERNES REALISERING	★ ★ ★ ★ ☆
MILJØPOTENTIALE	★ ★ ★ ☆ ☆
UDBREDELSE	★ ★ ☆ ☆ ☆
ERHVERVSPOTENTIALE	★ ★ ☆ ☆ ☆

REALISERING. På tværs af de fire cases ses, at projekterne er lykkedes med at udvikle og afprøve de teknologier, der er ansøgt om støtte til. I flere af projekterne er der bygget videre på viden enten fra tidligere MUDP-projekter eller fra de deltagende virksomheders kerneforretning.

Evalueringen viser, at det er krævende at teste løsninger i fuld skala på skibe i drift, fordi skibene har individuelt design og fordi, driftssituationerne på skibene med rystelser, fugt og forandringer i temperaturer mm. påvirker teknologien – det sidste har krævet tilpasninger undervejs. Selv om der kan udføres tests af teknologien på demonstrationsanlæg, vil udbredelse af teknologierne kræve en del individuel tilpasning, og det er således svært at opnå let skalerbare løsninger.

Med den anvendte vurderingsramme svarer projekternes realisering til en gennemsnitlig score på 4. Det er udtryk for, at projekterne i al væsentlighed er lykkedes med at udvikle de teknologier og løsninger, der er ansøgt om MUDP-støtte til.

MILJØPOTENTIALE. Flere af de udviklede teknologiske løsninger er blevet testet og valideret, og der foreligger således dokumentation af effekten fx i form af attester fra uvildige GTS-institutter. De udviklede filterløsninger (case 1, 2 og 4) renser udstødningsluften for ca. 99 procent af svovlpartiklerne, hvilket svarer til de forventninger, som virksomhederne har angivet i

ansøgningerne om støtte fra MUDP. Det er således i høj grad lykkedes at dokumentere miljøeffekterne i den konkrete kontekst, hvor de er blevet afprøvet.

Miljøeffekterne på samfundsniveau vil helt afhænge af teknologiernes udbredelse. Som det fremgår af analysen, er der ikke endnu nogen af løsningerne, som er slået igennem. Ud over behovet for understøttende international regulering indebærer konkurrencen fra skibe baseret på nye brændstofteknologier også en usikkerhed om de fremadrettede miljøeffekter. På den baggrund vurderes miljøpotentialet til 3 på den anvendte skala – det svarer til, at det er realistisk, men usikkert, at de oprindeligt forventede miljøpotentialer kan realiseres.

UDBREDELSE OG ERHVERVSPOTENTIALE. På tværs af de fire cases ses, at der i ingen eller kun meget begrænset omfang er sket en kommercialisering af de teknologiske løsninger, som er udviklet i projekterne. Til sammenligning angiver de fire cases i deres ansøgninger til MUDP en samlet forventning om omsætninger på mere end 100 mio. kroner og ca. 100-150 nye arbejdspladser.

Projektdeltagerne peger på behovet for regulering på internationalt plan, som kan skabe en efterspørgsel hos rederierne. Det er virksomhedernes oplevelse, at rederierne på grund af de høje omkostninger ved at foretage fx retrofit af eksisterende skibsmotorer, afventer krav gennem international regulering før investeringerne i nye løsninger sættes i gang.

Det er vigtigt i denne sammenhæng at holde for øje, at skibsfarten er i global konkurrence. Rederierne ser derfor på den samlede businesscase for installation sammenholdt med viden om de farvande og dermed SECA og NECA-områder, som skibene sejler i. Der er ligeledes hos rederierne en opmærksomhed på, at overholdelse af reglerne (compliance) ikke altid er tilstrækkeligt. Håndhævelse af reglerne for grænseværdier vil være nødvendigt for at skabe en ligeværdig konkurrence mellem rederierne.

Samlet set fremstår det ikke sandsynligt, at løsningerne kan opnå den oprindeligt forventede udbredelse. Derfor vurderes det også mindre sandsynligt, at projekterne i fuldt omfang kan realisere det erhvervspotentiale, som oprindeligt blev forventet. Eftersom teknologierne er veludviklede og miljøeffekterne veldokumenterede beror dette dog i høj grad på, hvordan reguleringen og konkurrencen fra andre teknologier udvikler sig.

SAMLET. Idet projekterne lykkedes med at udvikle de teknologiske løsninger, men i overvejende grad har udfordringer med at kommercialisere dem, bør MUDP overveje, hvilke kriterier der bør gælde for projekter, der søger støtte på dette område.

Den danske luftvision peger på, at 'Danmark skal være førende på verdensmarkedet i at udvikle og levere løsninger til indsatsen for renere luft'. Resultaterne af de MUDP-støttede projekter viser, at de involverede virksomheder har mulighed for at bidrage til indfrielse

af luftvisionen, men at der er behov for regulering, som bidrager til at skabe efterspørgsel.

IMOs ambitiøse strategi for nedbringelse af skibsfartens udledning af drivhusgasser frem mod 2050 må forventes at skabe en del af denne regulering. Samtidigt er det dog vigtigt at være opmærksom på, at implementering af IMO-aftaler i regional og national lovgivning er en langvarig proces. Fortsat MUDP-støtte til denne type af projekter vil derfor betyde, at MUDP som ordning bør forholde sig til tidshorisonten for realisering af både miljø- og erhvervspotentiale ved de udviklede løsninger.

7 Temaanalyse 3. Bæredygtigt byggeri

7.1 Introduktion til temaet

Byggebranchen står over for en større omstilling mod et mere bæredygtigt byggeri. Det indebærer mere cirkulære byggerier og en større forståelse for den samlede værdikæde: fra produktion og valg af materialer til selve byggeprocessen, den efterfølgende drift og mulighederne for at genbruge materialerne uden større værditab.

Bæredygtigt byggeri har været et fokusområde for MUDP igennem ca. 10 år. Inden for temaet arbejdes der med at fremme det bæredygtige byggeri gennem styrkelse af netværk og viden på området samt udvikling af nye miljøteknologiske løsninger. Det gælder blandt andet i forhold til genanvendelse og recirkulation af byggematerialer, brug af økologiske og bæredygtige byggematerialer samt udvikling af automatiserede teknikker og processer.

TEMAETS ROLLE I MUDP-PROGRAMMET

MUDP har siden 2015 støtte på i alt 29,5 mio. kroner til 13 projekter inden for bæredygtigt byggeri. Det mindste tilskudsbeløb har været på ca. 0,3 mio. kroner og det største på knap 7 mio. kroner. De fleste projekter har fået et tilskud på mindre end 3 mio. kroner. Tilskudsgraden for projekterne har typisk ligget mellem 40 og 70 procent af det samlede projektbudget – og med et gennemsnit på 48 procent.

VALG AF CASES

I fokusanalysen er der udvalgt fem caseprojekter inden for bæredygtigt byggeri, jf. tabel 7.1.

Tabel 7.1. Valg af cases til fokusområdet

Projekt navn	Type	Slutår
Circle House – cirkulær økonomi i den danske byggebranche	Fyrtårn	Ikke afsluttet
Bygningsintegrerede grønne facader - fra vedbend til bynatur	Fyrtårn	Ikke afsluttet
Upcycling af konstruktionselementer i byggeriet	UTD	2022
Det åndbare hus	UTD	2020
Investigation of the [...] heat treatment step in the CemShaleProcess	UTD	2023

Note: Projektet *Investigation of [...]* var oprindeligt ikke kategoriseret under miljøtemaet bæredygtigt byggeri, men projektets fokus er nært beslægtet hermed.

Projekterne repræsenterer en ret stor tematisk forskellighed og dækker dermed et bredt område inden for fokusområdet. Projekternes temaer omfatter blandt andet genanvendelse af byggematerialer, reduktion af CO₂-udledning, bidrag til øget biodiversitet og optimering af indeklima. Endelig vedrører projekterne forskellige ressourcemæssige temaer såsom mursten, beton, ruder, beplantning og problematiske stoffer.

Nogle af caseprojekterne bygger videre på eller danner grundlag for andre projekter, som har fået MUDP-støtte. Det gælder projektet om upcycling af konstruktionselementer i byggeriet, som både bygger videre på erfaringer fra et projekt om at anvende nedknust byggeaffald fra nedrevne bygninger og danner grundlag for et andet projekt om at automatisere selektiv høstning og klargøring af byggematerialer til genbrug og upcycling. Derudover gælder det projektet om det åndbare hus, som benytter sig af byggematerialer udviklet i et andet MUDP-projekt. Endelig gælder det projektet om *CemShale Process*, hvor den udviklede proces teknologi i dag indgår i et fyrtårnsprojekt i MUDP. Der er inddraget perspektiver fra disse relaterede projekter i det omfang, det har været relevant for at forstå udviklingsforløbet og resultaterne i de udvalgte caseprojekter.

7.2 Teknologi- og miljøudvikling generelt

HOVEDTRÆK AF TEKNOLOGIUDVIKLINGEN

Der er igennem de senere år udviklet flere nye produktionsteknologier, som har været med til at fremme et mere bæredygtigt byggeri, ligesom der løbende udvikles nye materialetyper. Det vedrører blandt andet automatisering og digitalisering, fx brug af robotteknologi, 3D-printteknologi samt kunstig intelligens og simulering programmer. Disse løsninger har bidraget til en mere effektiv byggeproces og har derved bidraget til reduktion af materialespildet, energiforbruget og CO₂-udledningen mv.

Mange af teknologierne har dog endnu kun fået begrænset udbredelse. Det hænger sammen med, at der generelt er lang implementeringstid og lav implementeringsgrad for nye løsninger inden for byggeriet. Byggebranchen betegnes af mange, som en meget fragmenteret og konservativ branche, hvor informationsudveksling kan være kompliceret, og hvor usikkerhed kan afholde mange af branchens aktører fra at ibrugtage ny teknologi. Dertil kommer, at aktørerne kan mangle de nødvendige kompetencer og midler til at tage nye teknologier i brug.

Derfor er der over de seneste år generelt heller ikke sket større teknologiske gennembrud, som har været afgørende miljøudviklingen inden for byggeriet. Der er i fremtiden et potentiale i at blive bedre til at udnytte og sikre en bredere anvendelse af nye teknologier, som kan bidrage til den bæredygtige omstilling af byggeriet.

OPRIDS AF MILJØUDVIKLINGEN

Byggebranchen spiller en betydelig rolle for energiforbruget, udledningen af drivhusgasser samt affaldsproduktionen i Danmark. På nogle af disse parametre er der i byggebranchen sket en gradvis forbedring over

årene, mens der på andre ikke er sket nogen mærkbar udvikling eller måske ligefrem en forværring.

I Danmark kan ca. 40 procent af det samlede energiforbrug relateres til bygninger. Det niveau har været nogenlunde konstant de seneste to årtier, jf. tabel 7.2. Energien går primært til opvarmning, ventilation og køling. Bygningers energiforbrug står for godt 20 procent af samfundets CO₂-udledninger. Dermed er byggeriet også en af de største bidragsydere til den samlede CO₂-udledning, om end niveauet har været svagt faldende over årene (fra knap 30 procent i 2000).

Tabel 7.2. Bygningers procentandel af samlet energiforbrug og CO₂-emission.

Andel af samlet ...	2000	2005	2010	2015	2017
... energiforbrug	36,7	37,0	38,5	39,2	38,9
... CO ₂ -emission	28,5	26,7	26,2	24,7	22,7

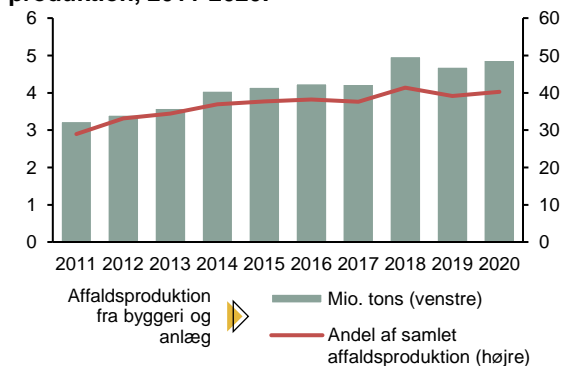
Note: Tabellen viser bygningernes andel af det samlede energiforbrug og de samlede CO₂-udledninger i Danmark i årene 2000-2017. Energiforbruget er opgjort efter Energistyrelsens metode, der omfatter energiforbrug til opvarmning, varmt vand, indeklimaregulering og drift af anlæg til opvarmning m.v. Endvidere indgår energiforbrug til belysning i bygninger, der benyttes til andre formål end beboelse.

Produktion af byggematerialer og selve byggeprocessen for ca. står herudover for 10 procent af CO₂-udledningerne.

Kilde: Rådet for Grøn Omstilling.

Byggebranchen er også en af de største bidragsydere til samfundets affaldsproduktion. Ca. 40 procent af alt affald stammer således fra bygge- og anlægsbranchen, jf. figur 7.1. Det dækker over, at der hvert år bliver genereret op imod fem mio. tons byggeaffald. Både den totale affaldsproduktion i bygge- og anlægsbranchen samt andelen af den samlede affaldsproduktion har været støt stigende siden 2011.

Figur 7.1. Bygge- og anlægsbranchens affaldsproduktion, 2011-2020.



Note: Figuren viser mængden af primært produceret affald i bygge- og anlægsbranchen i årene 2011-2020 opgjort som den totale mængde affald i alt (venstre akse) og som andelen den samlede mængde affald fra brancher og husholdninger (højre akse). Affaldsmængderne er opgjort ekskl. jord.

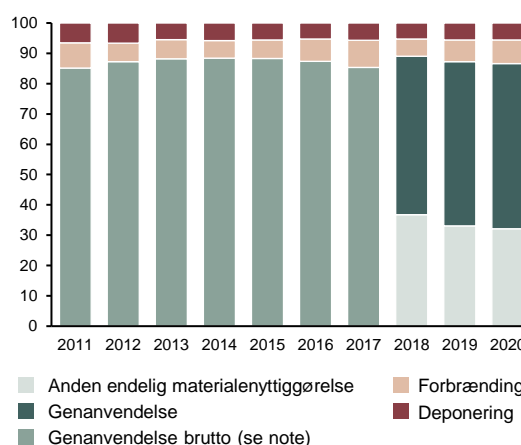
Kilde: Miljøstyrelsens affaldsstatistik

Historisk set har der været en høj genanvendelsesprocent af det producerede affald (85-89 procent i

perioden 2011-2020), jf. figur 7.2. Det skyldes dog i vidt omfang, at meget bygge- og anlægsaffald indsamles til anden endelig materialenyttiggørelse, hvilket indgår i genanvendelsesmængderne – det er fx knust beton, der anvendes til vejfyld eller støjvolde. Omkring en tredjedel af alt bygge- og anlægsaffald indsamles specifikt til genanvendelse, og dette niveau har været nogenlunde konstant siden 2018.

Samlet set er der de seneste år kun sket få fremskridt på nogle af de centrale miljøparametre inden for byggeriet.

Figur 7.2. Håndteringen af bygge- og anlægsaffald, 2011-2020. Procentfordeling på behandlingsformer



Note: Figuren viser produceret bygge- og anlægsaffald (ekskl. jord) opdelt på behandlingsform i årene 2011-2020. I årene 2018-2020 er genanvendelsesmængderne opdelt i henholdsvis genanvendelse og anden endelig materialenyttiggørelse baseret på Miljøstyrelsens estimater.

Kilde: Miljøstyrelsens affaldsstatistik.

7.3 Udvikling i reguleringen

OVERBLIK OVER GÆLDENDE REGULERING

Bygge- og anlægsbranchen er reguleret gennem en ret omfattende lovgivning og mange tekniske standarder. Derfor spiller reguleringen også en afgørende rolle i forhold til at skabe en mere bæredygtig branche. Det er primært EU's bygningsdirektiv og bygningsreglementet (med hjemmel i Byggeloven), der udgør de reguleringsmæssige rammer. Disse indeholder administrative bestemmelser og tekniske krav til blandt andet bygningers energimæssige ydeevne, tilgængelighed og sikkerhed samt sundhedsmæssige forhold.

Historisk har reguleringen på området primært stillet krav til, at byggeriet udføres og indrettes, så det er tilfredsstillende i sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende, fx i form af brandkrav, regler for bygningskonstruktioner og krav om radonsikring. De seneste par årtier har reguleringen dog også stillet krav til bygningers indeklima og energiforbrug, og specifikt inden for de seneste år har bygningers klimapåvirkning fået et større fokus.

Fra 2023 er der indført en række nye klimakrav i bygningsreglementet. Kravene udspringer af den nationale strategi for bæredygtigt byggeri fra 2021 og har til formål at nedsætte CO₂-udledningen fra alt nybyggeri. Konkret indebærer kravene, at der skal udarbejdes en livscyklusanalyse for alle nybyggerier, der kan dokumentere byggeriernes klimaaftryk, og at bygninger over 1.000 m² derudover skal overholde en CO₂-grænseværdi på 12 kg CO₂-ækv./m²/år.

Det forventes, at de nye krav kan medvirke til at nedbringe klimaaftrykket fra byggeriet og generelt modne byggebranchen til at bygge mere bæredygtigt og fremme klimavenlige løsninger. Kravet om maksimal CO₂-udledning skærpes gradvist frem mod 2030, hvilket giver virksomhederne mulighed for at udvikle metoder og værktøjer til at effektivisere og reducere udslip fra byggeprocesser og bygningsdrift. Derudover fastsættes en ny CO₂-grænseværdi fra 2025, som også skal gælde for nybyggeri under 1.000 m².

KOMMENDE REGULERING SOM KAN FÅ BETYDNING FOR EFFEKTEN AF MUDP-PROJEKTER

I de kommende år forventes det, at flere af tiltagene i strategien for bæredygtigt byggeri og kravene i den frivillige bæredygtighedsklasse vil blive implementeret i lovgivningen og dermed få betydning for den fremadrettede teknologi- og miljøudvikling i byggebranchen. Som nævnt er der allerede indført krav om livscyklusanalyser og en CO₂-grænseværdi ved nybyggeri, men der arbejdes også med at realisere andre tiltag og krav, som skal bidrage til at skabe en mere bæredygtig byggebranche og nå målsætningen om at reducere Danmarks drivhusgasudledninger med 70 procent i 2030.

Derudover kan EU's nye taksonomi for bæredygtig finansiering nu og i fremtiden få stor betydning for byggeriets aktører. EU's taksonomi er et klassifikationssystem, der definerer, hvornår en økonomisk aktivitet eller investering er miljø- og klimamæssig bæredygtig. Det vil med andre ord sikre en fælles standard for bæredygtighed, herunder i byggebranchen. Det kan betyde en stigning i efterspørgslen på bæredygtige løsninger i byggeriet, som lever op til kriterierne i taksonomien.

7.4 Teknologiuudvikling i caseprojekterne

Case 1: Circle House

I projektet er det lykkedes at inddrage en lang række forskellige store byggeproducenter og -leverandører og i samarbejde finde, teste og demonstrere forskellige byggematerialer og materialeløsninger, som kan anvendes i byggerier, der baserer sig på princippet om design for adskillelse. Det gælder i forhold til det rent byggetekniske, herunder hvordan man samler materialerne og adskiller dem igen. Det gælder også i forhold til det juridiske, herunder hvordan man kan bygge med design for adskillelse og samtidig overholde gældende lovgivning. I projektet er der som sådan ikke udviklet nye materialer og løsninger, men i stedet

kortlagt og sammensat allerede eksisterende materialer og løsninger. Disse er blevet samlet i et idékatalog, som har udgjort fundamentet for det videre arbejde i projektet.

Som noget særligt nyskabende er det i projektet lykkedes at udvikle et egentlig dispositionsforslag, der viser, hvordan design for adskillelse kan anvendes i alle byggeriets samlinger. Dispositionsforslaget er udbudt i total- og hovedentreprise som en del af projektet og kan tjene som standard for fremtidige cirkulære byggeprojekter. Projektet er i den forbindelse i dialog med Dansk Standard, som arbejder med at lave en standard for cirkulært byggeri, hvortil konkret viden og erfaringer fra projektet spiller en gavnlig rolle. En sådan standard kan potentielt have en positiv betydning for skalerbarheden af cirkulære materialer og produktionsmetoder i byggebranchen.

Efter projektets start har flere projektdeltagerne desuden etableret et partnerskab kaldet Circle House Lab, som består af over 90 virksomheder fra den danske byggebranche. Partnerskabet skal bidrage til at udbrede og implementere viden om cirkulær økonomi inden for dansk byggeri, blandt andet ved at lave og udgive en række publikationer med erfaringer fra projektet.

Projektet er stadig i realiseringsfasen, men meget tyder på, at projektet kommer til at opfylde målsætningen om at opføre 60 almene boliger, hvor 90 procent af byggematerialerne kan genbruges uden at tabe nævneværdig værdi. Dermed vil projektet lykkes med at demonstrere cirkulært byggeri i fuld skala. Ved projektets start var der kun få etablerede og velafprøvede cirkulære systemløsninger, og de var kun demonstreret i en række mindre projekter. I den forstand er de cirkulære byggeprincipper i projektet gået fra primært at befinde sig i et udviklingsstadium til at blive testet og demonstreret og forventeligt implementeret i fuld skala, når projektbyggeriet er færdigt. Projektet er dog blevet forsinket betydeligt i forhold til den oprindelige tidsplan.

Case 2: Bygningsintegrerede grønne facader

I projektet er der udviklet en grøn facadesystemløsning, der kan integreres i det eksisterende byggetekniske system. Dette er nyt i forhold til de eksisterende løsninger på markedet, som typisk kobles på det eksisterende system enten som beplantning på terræn eller på facaden. Den nye løsning kan potentielt medføre, at udgifterne til byggematerialer i forbindelse med grønne facadesystemløsninger reduceres.

I projektet har der været fokus på, at vækstmediet i den grønne facade kan sikre den rette vandfordeling og de rette vækstbetingelser for planterne. Dertil kommer, at både vækstmediet og selve beplantningen af sig selv kan bevare et æstetisk flot udtryk i vinterhalvåret, hvor beplantningen visner. Dette er også nyt i forhold til de eksisterende løsninger på markedet. Formålet med disse elementer af løsningen er at mindske behovet for

at vedligeholde den grønne facade og dermed også mindske de løbende driftsomkostninger.

Derudover har der i projektet været fokus på at udvikle nye typer af beslag, som kan sikre, at den bagvedliggende konstruktion ikke beskadiges, fx via fugtophobning, brandspredning eller kuldebroer. Disse forhold er blevet testet undervejs i udviklingsfasen via en mock-up. Der er behov for at gennemføre flere tests i fremtiden – over en længere periode – når byggeriet er fuldt gennemført for at finde ud af, hvordan beslagene påvirker den bagvedliggende konstruktion.

Den udviklede løsning kan siges at have bevæget sig fra et udviklingsstadium til et vækststadium (på kanten til et modenhedsstadium). Ved projektets start skulle teknologien til bygningsintegrerede grønne facader udvikles og testes. I dag er teknologien ved at blive produceret og implementeret i fuld skala i et byggeri. Det forventes, at produktet vil blive markedsført i løbet af 2023.

Case 3: Upcycling af konstruktionselementer i byggeriet

Projektet er lykkedes med at udvikle og demonstrere nye løsninger til cirkulært byggeri gennem upcycling af tre typer af byggematerialer: (i) beton fra nedrevne bygninger, (ii) mursten med cementmørtel og (iii) brugte ruder. Alle byggematerialerne er indbygget i to konkrete byggeprojekter i fuld skala. Dermed er der udviklet og implementeret nye genanvendelsesmuligheder for tre typer af byggematerialer, som alle udgør store affaldsfraktioner i byggeriet. Projektet har derudover bidraget med ny viden om, hvordan man skaber de mest optimale praksisser og processer på tværs af den cirkulære værdikæde for de tre typer af byggematerialer.

De realiserede løsninger til upcycling af de tre typer byggematerialer indeholder både nye innovationer og videreudviklinger af eksisterende teknologier og metoder på området. Fx baserer løsningen til upcycling af mursten sig på en ny metode til at udskære mursten med cementmørtel, mens løsningen til upcycling af beton bygger på erfaringer fra et tidligere MUDP-støttet projekt, som havde vist, at det var muligt at anvende nedknust byggeaffald fra nedrevne bygninger som tilslag i nye betonkonstruktioner.

Den udviklede til løsning til upcycling af brugte ruder sælges i dag på markedet, om end i en lidt anden form (som et skillevægselement) end oprindeligt tiltænkt. Løsningen kan dermed siges at have nået et modenhedsstadium. Hvad angår løsningerne til upcycling af mursten og beton er der stadig vej endnu, før løsningerne er fuldt markedsmodne. Løsningen til upcycling af mursten videreudvikles i et nyt MUDP-projekt, mens der for nuværende ikke arbejdes videre med upcycling af beton.

Case 4: Det Åndbare Hus

I projektet er der opført et test- og demonstrationshus bestående af diffusionsåbne byggekonstruktioner og

afgasningsfrie byggematerialer. Huset er som en del af projektet blevet brugt til at afprøve nye løsninger på området, som der hidtil ikke har været fuld dokumentation for, og skal fremadrettet bruges til inspiration og til at udbrede viden om at bygge diffusionsåbne huse. Projektet har ikke haft som mål at opnå bestemte resultater, men at tilvejebringe ny viden om de anvendte metoder og materialer.

Projektet har haft som mål at teste og dokumentere betydningen af byggemetoden og byggematerialerne for indeklimaet (herunder afgasning og fugt) samt CO₂-udledningen. Det er i den forbindelse lykkedes at tilvejebringe ny dokumentation for deres egenskaber, om end der har også været visse udfordringer med flere af de gennemførte undersøgelser. Fx er målingerne af luftskiftet og afgasningen af kemiske stoffer utilsigtet blevet gennemført under ekstreme forhold, hvilket kan have påvirket undersøgelsesresultaterne. Der er derfor behov for flere (opfølgende) undersøgelser.

De diffusionsåbne byggekonstruktioner og de afgasningsfrie byggematerialer kan siges at befinde sig i et modenhedsstadium. I regi af projektet er de blevet testet og dokumenteret, og efter projektet er de i et vist omfang blevet markedsført og solgt til andre virksomheder. Inden projektet havde projektleder-virksomheden dog allerede benyttet sig af bygge-metoden og byggematerialerne i mange år, selvom der ikke var fuld dokumentation for metoden og materialernes egenskaber. I den forstand befandt løsningerne sig både i et udviklingsstadium og et modenhedsstadium ved projektets start.

Case 5: Investigation of the essential heat treatment step in the CemShaleProcess

Projektet har udviklet og afprøvet en procesteknologi, der kan omdanne lerholdige råmaterialer til supplerende cementmaterialer. Konkret er projektet lykkedes med at screene og udvælge et egnet råmateriale til processen, teste og undersøge materialets egenskaber, forberede og fastlægge den optimale proces for bearbejdning af materialet samt efterfølgende processen i kontinuerlig drift i et pilotanlæg. Procesteknologien var i sig selv ikke ukendt ved projektets opstart, men projektet har formået at optimere teknologien, sådan at der kan produceres et materiale af stabil og høj kvalitet og med store CO₂-besparelser.

Oprindeligt fokuserede projektet på lerholdige materialer som faste sedimentter (skifer), men dette ændrede sig inden projektopstart til løse sedimentter (lerholdig jord). Derudover var det planen, at processen skulle eftervises på et lejet pilotanlæg i Tyskland, men dette ændrede sig til et anlæg, som projektleder-virksomheden selv udviklede. Begge ændringer skyldtes, at virksomheden fik tilskud fra EIC Accelerator til at udvikle procesteknologien til omdannelsen af skifer og udviklingen af et pilotanlæg, inden virksomheden fik tildelt MUDP-støtte. I praksis har det betydet, at projektledervirksomheden har arbejdet med to parallelle udviklingsprojekter (i regi af forskellige

støtteordninger), der hver især skulle undersøge de optimale processer for at omdanne lerholdige materialer – hhv. som faste og løse sedimenter – til supplerende cementmaterialer.

Selve procesteknologien kan siges at have bevæget sig fra et udviklingsstadium til et implementeringsstadium. Planen, at procesteknologien skal implementeres i fuld skala og derefter kommerialiseres. Det følger af, at teknologien i dag indgår i et fyrtårnsprojekt i MUDP, som har til formål at opføre og drive et demonstrationsanlæg i fuld skala til produktion af supplerende cementmaterialer, og at virksomheden i den forbindelse har fået tilsagn om salg fra en stor betonproducent, når anlægget står færdig.

7.5 Miljøeffekter i caseprojekterne

Case 1: Circle House

Da projektet stadig er i realiseringsfasen, kan der endnu ikke fremvises nogen konkrete miljøeffekter. Beregninger i dispositionsforslaget viser dog, at det umiddelbart er muligt at nå målsætningen om, at 90 procent af byggematerialerne i det konkrete byggeprojekt kan genbruges. Det vil forventeligt medføre en væsentlig miljøeffekt i projektet, særligt i forhold til at minimere bortskaffelsen af byggematerialer og reducere CO₂-forbruget i forbindelse med fremstillingen af byggematerialer. Der foreligger imidlertid (endnu) ingen beregninger af, hvor stor miljøeffekten konkret kan forventes at være.

I projektet arbejdes derudover med at udvikle to værktøjer, som kan hjælpe til at efterleve principperne om cirkulært byggeri. Disse værktøjer kan potentielt have indirekte miljøeffekter i dette såvel som i andre (fremtidige) byggeprojekter. Det ene værktøj består af en standardiseret metode til at vurdere, hvor stor en andel af byggematerialerne i et byggeprojekt, som kan skilles ad og genbruges. Dette værktøj er allerede blevet benyttet af en anden virksomhed i forbindelse med et andet byggeprojekt. Det andet værktøj består af en digital model for et materialepas, som kan opbevare oplysninger om de anvendte byggematerialer for eftertiden. Det skal sikre, at det er muligt at drifte og vedligeholde byggeriet ud fra cirkulære principper, når byggeriet i projektet er færdigt.

Case 2: Bygningsintegrerede grønne facader

Da projektet ikke er afsluttet endnu, kan projektet ikke fremvise nogen endelige miljøeffekter. Ikke desto mindre har foreløbige simuleringer i projektet vist, at den grønne facadesystemløsning kan reducere støjen i gademiljøet med 2 dB svarende til omkring 15 procent af den oplevede lyd. Simuleringer har også vist, at facaden kan reducere temperaturen i gademiljøet om sommeren via fordampning og lavere overfladetemperatur på planterne.

Projektets endelige resultater vil vise sig, når facade-systemløsningen implementeres i fuld skala. Facaden vil blive udstyret med sensorer, sådan at det er muligt

at følge dens udvikling med hensyn til absorption af CO₂, vandforbrug og opsamling af regnvand samt temperatursænkning og støjreduktion i gademiljøet. Derudover vil det blive registreret, hvilke insekter og fugle facaden tiltrækker.

Facadeproducenten (en af projektdeltagerne) er desuden i gang med at lave en miljøvaredeklaration, som skal vise facadeløsningens miljøpåvirkning.

Case 3: Upcycling af konstruktionselementer i byggeriet

I projektet er der dokumenteret konkrete miljøeffekter for de tre upcycledede byggematerialer beton, mursten og ruder i form af affaldsreduktioner og CO₂-besparelser. Konkret er der på tværs af de to casebyggerier opnået en affaldsreduktion på 1.377 ton og en CO₂-besparelse på 44 ton CO₂ i forhold til benchmark.

Det vurderes derudover, at der ved fremtidige byggerier er potentiale til at opnå endnu større miljøeffekter ved at optimere metoderne og processerne bag løsningerne. Fx vil der kunne opnås en væsentlig højere CO₂-besparelse, hvis murelementerne kan monteres på en stålramme med en høj genanvendelsesprocent frem for at tilføre beton til murelementerne.

Det er umiddelbart ikke muligt at foretage en opskalering af miljøeffekterne til aggregeret niveau. Det skyldes, at der indtil videre kun er konstateret begrænset ibrugtagning af en af de tre udviklede løsninger til upcycling af byggematerialer, og at det eksakte omfang er usikkert.

Case 4: Det Åndbare Hus

I projektet er det blevet påvist, at det umiddelbart er muligt at opnå en acceptabel luftfugtighed uden – eller kun med minimal brug af mekanisk ventilation – ved at bygge et hus med diffusionsåbne konstruktioner. Dette kan være med til at reducere det samlede energibehov og de samlede omkostninger i huset. Der foreligger dog ikke nogen estimater af, hvor meget energiforbruget kan forventes reduceret, eller hvor meget omkostningerne til anlæg og drift af mekanisk ventilation kan reduceres.

Resultaterne vedrørende luftfugtigheden i huset afhænger af, hvilke diffusionsåbne konstruktioner der anvendes. I huset blev der indsat og testet tre forskellige typer af ydervægskonstruktioner, hvoraf målinger af temperaturen, træfugten og den relative luftfugtighed i to af konstruktionerne viste uproblematiske værdier. For den tredje konstruktions-type blev der målt for høje fugtniveauer, hvilket betød, at denne ydervægskonstruktion havde en høj risiko for fugtrelaterede skader.

Derudover er det i projektet blevet dokumenteret, at demonstrationshuset har en lavere klimapåvirkning end et referencehus. Konkret har en livscyklusanalyse vist, at huset har en klimapåvirkning på 3,23 kg CO₂-ækv./m²/år, mens et konventionelt referencehus har en klimapåvirkning på 7,32 kg CO₂-ækv./m²/år. Der er dog efterfølgende konstateret flere unøjagtigheder i de

anvendte metoder og data i beregningerne i analysen. Det hænger sammen med, at mange af de anvendte byggematerialer i demonstrationshuset ikke er almindeligt kendte, og at der derfor ikke foreligger retvisende data for disse. Det er vurderingen, at CO₂-besparelserne reelt er større.

Det er endnu usikkert, hvilken betydning de anvendte konstruktioner og materialer har for luftkvaliteten. Det skyldes, at der har været visse udfordringer med at gennemføre undersøgelser heraf. I en indledende måling af luftkvaliteten blev der konstateret et for lavt luftskifte og en høj koncentration af flere uønskede stoffer i husets indeklima. Disse resultater kan dog have været påvirkede af, at målingerne utilsigtet blev lavet under ekstreme forhold, idet der ingen form for ventilation var i huset i måleperioden. I en senere måling af luftkvaliteten, hvor undersøgelsesforholdene var mere normaliserede, var koncentrationen af de uønskede stoffer reduceret væsentligt, og det blev på den baggrund vurderet, at luftkvaliteten var acceptabel til beboelse. Der er behov for flere undersøgelser (blandt andet over længere tid) for at kende til de nøjagtige miljøeffekter, hvad angår luftkvaliteten.

Case 5: Investigation of the essential heat treatment step in the CemShaleProcess

I projektet er der dokumenteret substantielle miljøeffekter af den udviklede procesteknologi, der kan omdanne lerholdige råmaterialer til supplerende cementmaterialer. Konkret har undersøgelser i projektet vist, at det supplerende cementmateriale kan erstatte op til 35 procent af den endelige cement, og at materialet har 95 procent mindre CO₂-udledning end den cement, det erstatter. Det betyder samlet set, at løsningen kan reducere CO₂-udledningen fra cementproduktionen med op til en tredjedel.

Da teknologien stadig er i implementeringsfasen, er der endnu ikke sket nogen udbredelse. Derfor er det heller ikke muligt at vurdere miljøeffekterne på aggregeret niveau. Ikke desto mindre rummer teknologien et stort potentiale for udbredelse. Det skyldes, at der allerede nu er indgået en aftale om salg med en af de største beton-producenter på globalt plan, hvilket kan være med til at accelerere udbredelsen.

7.6 Erhvervseffekter i caseprojekterne

Case 1: Circle House

I projektet er de cirkulære byggeprincipper ved at blive implementeret i et byggeprojekt i fuld skala. Det planlagte boligbyggeri kommer til at bestå af 60 almene boliger (både i form af række- og etagehuse) og dermed blive verdens første cirkulære almene byggeri. Det kan potentielt bevirke, at flere almene boliger opføres efter i cirkulære byggeprincipper. Der foreligger imidlertid ingen beregninger af de erhvervsmæssige effekter i projektet eller af det forventede fremtidige erhvervspotentiale.

Selve byggeprojektet er blevet udbudt på markedet og har modtaget flere tilbud inden for den udbudte ramme. I det der er tale om et alment boligbyggeri, har det været et krav, at boligerne opføres inden for et såkaldt maksimumsbeløb. Dermed har projektet demonstreret, at cirkulære byggerier kan fungere på markedsvilkår og til normalpris for almene boliger. I den forbindelse skal det bemærkes, at projektet involverer en stor og bred kreds af forskellige byggeproducenter og leverandører, som kan være med til at udbrede og commercialisere de cirkulære løsninger i byggesektoren.

Som tidligere nævnt er projektet i dialog med Dansk Standard, som arbejder med at lave en standard for cirkulært byggeri, hvortil konkret viden og erfaringer fra projektet spiller en tjenlig rolle. Det samme er tilfældet med Miljømærkning Danmark, der arbejder på at svanemærke bæredygtigt og cirkulært byggeri. Det må forventes, at sådanne standarder kan være med til at fremme efterspørgslen på cirkulære byggerier i byggebranchen, men størrelsen er selvfølgelig usikker.

Selv hvis de cirkulære byggeprincipper kommer til at opnå stor udbredelse, er det dog ikke sikkert, at der vil være tilsvarende erhvervseffekter på samfundsniveau. Det skyldes, at omfanget af nybyggeri må antages at være upåvirket, og at der derfor primært vil være tale om andre og mere bæredygtige produktionsmetoder. Det betyder også, at projektet formentlig primært skal bedømmes på dets miljøpotentiale.

Case 2: Bygningsintegrerede grønne facader

Den grønne facadesystemløsning er ved at blive produceret og implementeret i et byggeprojekt i fuld skala. Derudover opføres facadeløsningen i et stort demonstrationsprojekt, som præsenteres på verdenskongressen for bæredygtig og inkluderende arkitektur i København i sommeren 2023. Disse to projekter vil forventeligt give en god eksponering af løsningen.

Facaden er desuden ved at blive lanceret som produktkolektion på markedet af producenten og forventes at kunne blive solgt efter sommeren 2023. Der er gennem projektet skabt et tæt samarbejde mellem de forskellige deltagende virksomheder blandt andet med en ambition om lancering af produktet på europæisk niveau. Projektdeltagerne oplyser, at der allerede nu er en stor efterspørgsel på produktet, og de vurderer, at mulighederne for opskalering og optimering af produktet er gode.

De fremtidige erhvervseffekter forudsætter, at facade-systemløsningen kan sælges til en konkurrencedygtig pris. Det indebærer dels, at etableringsomkostningerne kan reduceres i forhold til de eksisterende løsninger, fordi de kan integreres i det eksisterende system, dels at drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne kan reduceres, fordi vækstmediet for planterne kan sikre den rette vandfordeling og de rette vækstbetingelser.

Case 3: Upcycling af konstruktionselementer i byggeriet De udviklede løsninger til upcycling af byggematerialerne beton, mursten og ruder er taget i

brug i to byggeprojekter i fuld skala. Disse byggeprojekter har et stærkt æstetisk udtryk og kan bidrage til at udbrede kendskabet til de udviklede løsninger. Derudover har data om timeforbruget i byggeprojekterne vist, at projekterne har skabt flere nye arbejdspladser på tværs af værdikæden (om end det ikke er alle jobs, der har været direkte værdiskabende).

En totaløkonomisk analyse har derudover vist, at anvendelsen af de tre typer af upcycledede materialer i de to byggeprojekter har været dyrere sammenlignet med benchmarkmaterialer. Det skyldes især, at der blev brugt flere ressourcer på arbejdskraft. Det hænger formentlig sammen med, at der er tale om førstegangsproduktioner for alle byggematerialerne. Forventningen er, at det i fremtiden er muligt at effektivisere processerne bag løsningerne og dermed potentielt gøre dem økonomisk favorabile.

Den udviklede til løsning til opcycling af brugte ruder sælges i dag på markedet, om end i en lidt anden form end oprindelig tiltænkt. Det skyldes, at der har været udfordringer forbundet med at sikre et tilstrækkeligt lysindfald. Derfor sælges løsningen i dag som et skillevægselement. Med hensyn til de to andre løsninger, så markedsføres de ikke for nuværende, og der er umiddelbart heller ikke noget, der tyder på, at de bliver det foreløbigt. Det skyldes blandt andet, at løsningernes skalerbarhed er udfordret af, at de er nødt til at blive standardiseret og automatiseret yderligere for at spille sammen med eksisterende systemer. Løsningen for opcycling af mursten videreudvikles i et nyt MUDP-støttet projekt, mens der ikke arbejdes videre med løsningen til opcycling af beton.

Case 4: Det Åndbare Hus

I projektet er der skabt begrænsede erhvervsmæssige effekter. Det hænger sammen med, at projektledervirksomheden efter projektets afslutning er gået konkurs (hvilket dog ikke har været relateret til selve projektet) og dermed ikke har kunnet være den direkte eksponent for projektets resultater.

Virksomheden nåede dog at markedsføre og anvende principperne for diffusionsåbne byggekonstruktioner i flere større byggeprojekter. Derudover er der gennemført salg af nogle af byggematerialerne, som indgik i projektet via et underselskab, som er fortsat efter konkursen. Projektledervirksomheden vurderer, at projektet har været afgørende for at markedsføre og sælge de udviklede teknologier, fordi det nu er blevet lettere at fremlægge dokumentation for byggemetoden og materialernes egenskaber. Selve demonstrationshuset står stadig og kan tjene som inspiration for aktører på markedet.

Case 5: Investigation of the essential heat treatment step in the CemShaleProcess

Projektledervirksomheden har indgået en aftale med en af de største betonproducenter på globalt plan om at opføre en kommerciel fabrik til produktion af supplerende cementmaterialer baseret på den

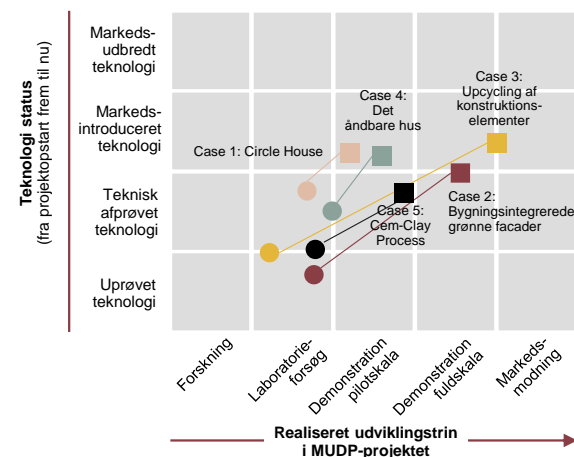
udviklede procesteknologi. Opførelsen af fabrikken (demonstrationsanlægget i fuld skala) er en del af et fyrtårnsprojekt i MUDP. Når fabrikken står færdig, kommer betonproducenten til at aftage produktet på markedsvilkår samt bistå med udrulningen og implementeringen af teknologien bredt i deres concern.

Derudover har projektledervirksomheden fået tilsagn om salg fra en række andre betonproducenter. Det har ført til, at virksomheden stort set har udsolgt hele fabrikens produktionskapacitet, inden fabrikken står klar. Det er til trods for, at virksomheden ikke har brugt nogen ressourcer på at markedsføre produktet. Virksomheden vurderer dog at have en fordel i, at produktet er af høj kvalitet og med gode miljømæssige effekter samtidig med, at det er billigt at producere med den udviklede procesteknologi og derfor kan tilbydes til en konkurrencedygtig pris.

7.7 Samlet resultatvurdering for bæredygtigt byggeri

I figur 7.3 er det illustreret, hvordan løsningerne har udviklet sig igennem projektførløbene i forhold til teknologisk og kommerciel modenhed. Cirklerne angiver status ved starten af projektførløbene, mens firkanterne angiver status ved projektets slutning. Det er karakteristisk, at flere af løsningerne teknisk er på et modent stadie ved afslutningen af projekterne, og at flere af løsningerne er introduceret og/eller har fået fodfæste på markedet.

Figur 7.3. Overblik over projekternes udvikling i MUDP-forløbet og status ift kommercialisering



Figur 7.4 sammenfatter vurderingen på tværs af projekterne i forhold til deres realisering, udbredelse samt miljø- og erhvervspotentiale. Scoringsmodellen er beskrevet i kapitel 4, hvortil der henvises. Vurderingerne er baseret på de konkrete projekter, som har indgået i analysen. Resultaterne kunne have været anderledes for en anden gruppe af projekter, men der er omvendt ikke nogen grund til at antage a priori, at de undersøgte projekter adskiller sig på en bestemt og systematisk måde. Generelt fremstår det sandsynligt,

men dog fortsat usikkert, at de oprindelige forventninger til løsningernes miljø- og erhvervs-potentiale kan realiseres.

Figur 7.3. Vurdering af projekternes realisering og effekter

Parameter	Vurdering				
Realisering	★	★	★	★	★
Miljøpotentiale	★	★	★	★	★
Erhvervspotentiale	★	★	★	★	★
Udbredelse	★	★	★	★	★

REALISERING. I alle de analyserede projekter inden for bæredygtigt byggeri er det i al væsentlighed lykkedes at realisere den teknologiudvikling, som der er ansøgt om støtte til. I nogle projekter har der været enkelte afvigelser eller udfordringer i forhold til de forventede resultater eller gennemførte undersøgelser, men i det store og hele har projekterne udviklet eller demonstreret de planlagte teknologier.

Stort set alle teknologierne kan siges at have bevæget sig henimod et ret højt modenhedsstadium. Det er et fællestræk for flere af løsningerne, at de befandt sig i en tidlig livscyklusfase ved projektets start, men at de ved projektets afslutning er blevet implementeret i et demonstrationsprojekt eller et konkret byggeprojekt i fuld skala. Derudover er de fleste af de udviklede teknologier allerede markedsført eller også har de vist et kommercielt potentiale.

MILJØPOTENTIALE. I de fem caseprojekter vedrører miljøeffekterne primært reduktion af CO₂-udledninger eller en besparelse af byggematerialer. De vedrører dog også andre effekter som fx støjrreduktioner, øget biodiversitet og optimering af indeklima.

Der kan påvises konkrete miljøeffekter i de afsluttede projekter, og de er i flere tilfælde af betydelig størrelse. Miljøeffekterne begrænser sig dog for de flestes vedkommende endnu til de projektsammenhænge, de er konstateret i, mens miljøpotentialet på samfunds-niveau endnu er usikkert. Ikke desto mindre er det sandsynligt, at flere af de udviklede teknologier fremadrettet har potentiale til at bidrage til væsentlige miljøeffekter også på aggregeret niveau.

Det gælder eksempelvis projektet om CemShale Process, som har udviklet et supplerende cementmateriale, der kan reducere CO₂-udledningen fra cementproduktion med op til en tredjedel. Samtidig har projektledervirksomheden indgået en aftale om salg med en af de største betonproducenter på globalt plan, hvilket kan accelerere udbredelsen af materialet.

UDBREDELSE OG ERHVERVSPOTENTIALE. Flere af løsningerne er som nævnt allerede introduceret på markedet, mens andre er mindre langt fremme.

Løsningerne inden for bæredygtigt byggeri er derved samlet set tættere på markedet end det er tilfældet for projekter inden for de øvrige analysetemaer. Alligevel er den realiserede udbredelse endnu forholdsvis begrænset og løsningerne er generelt tidligt i deres kommercialiseringsfase.

Ikke desto mindre er der store forventninger til teknologiernes fremtidige udbredelse og kommercielle potentiale blandt flere af projektdeltagerne. Der er i flere tilfælde planlagt markedsintroduktion på internationalt niveau. Det gælder projektet om bygningsintegrerede grønne facader, hvor løsningen er ved at blive lanceret som produktkollektion på det europæiske marked. Det gælder også projektet om CemShale Process, hvor projektledervirksomheden har fået tilsagn om salg fra en af de største betonproducenter på globalt plan, som kommer til at aftage produktet på markedsvilkår samt bistå implementeringen af teknologien bredt i deres koncern.

For nogle af løsningerne – men ikke alle – må der selv ved en stor udbredelse af teknologierne forventes betydelige fortrængningseffekter på samfunds-niveau.

7.8 Betydning af regulering og andre faktorer for projekternes succes

Der er flere eksempler på, at reguleringen på området har haft betydning for projekternes realisering og succes. I nogle projekter har den nuværende regulering været en vanskeliggørende faktor. Det gælder fx Circle House, hvor bygningsreglementets krav om bygningskonstruktioners tæthed har været en udfordring i forhold til at bygge efter princippet om design for adskillelse. I projektet om bygningsintegrerede grønne facader har lovgivningen til gengæld været en drivkraft bag projektets tilblivelse. Her var der i lokalplanen et ønske om mere bynatur, herunder etableringen af grønne facader.

Derudover er der i flere af projekterne en opfattelse af, at ny eller kommende regulering vil få stor betydning for teknologiernes relevans. Det gælder i særdeleshed de nye klimakrav i bygningsreglementet, der forventes at kunne fremme mere bæredygtige løsninger i byggeriet, fx supplerende cementmaterialer med lav klimapåvirkning. Det gælder også EU's nye taksonomi for bæredygtig finansiering, der forventes at kunne blive en drivkraft, når det kommer til at fremme bæredygtige investeringer i byggeriet, efterhånden som flere virksomheder bliver omfattet af rapporteringskravet.

I flere af projekternes nævnes det desuden, at livscyklusvurderinger i sig selv er et brugbart redskab til at vurdere bygninger og byggematerialers miljø- og klimapåvirkninger, men at der er basis for at optimere metoden bag. Der er i flere af projekterne en opfattelse af, at der er behov for at udvikle et mere omfattende og retvisende datagrundlag til brug for livscyklusvurderingerne, og at miljøeffekterne af udviklede teknologier i projekterne reelt er større, end de gennemførte livscyklusvurderinger viser.

8 Temaanalyse 4. Spildevandsrensning

Indenfor spildevandsområdet er der undersøgt cases, som handler om nye tendenser i spildevandsrensning på almene renselanlæg, herunder særligt rensning for komplekse miljøfremmede stoffer og forurening fra overløb.

8.1 Introduktion til temaet

Spildevand – herunder spildevandsrensning, kloakforsyning og klimatilpasning – har udgjort det største strategiske støtteområde siden MUDP's start. Analysen fokuserer på nye tendenser i spildevandsrensning på almene renselanlæg, herunder særligt rensning for medicinrester, mikroplast og forurening fra overløb.

Afgrænsningen giver mulighed for at belyse progressionen i forureningsbekæmpelse og regulering inden for spildevand. Det traditionelle fokus på at mindske forurening med kvælstof, fosfor, organisk stof, tungmetaller og oliestoffer i de første vandmiljøplaner, og amternes recipientkvalitetsplanlægning, er blevet suppleret at et stigende fokus på komplekse miljøfremmede stoffer (fx PFAS og mikroforurenende stoffer i form af medicinrester, bakterier, mikroplast).

Desuden tager teknologierne inden for spildevandsrensning enten direkte eller indirekte sigte på udledningsreduktioner og dermed på miljøeffekter, der under de rette betingelser, vil kunne kvantificeres. Afgrænsningen betyder, at mange andre undertemaer inden for spildevand er fravalgt. Fx fokuseres der ikke på energioptimering, biogasproduktion og slam i relation til drift af renselanlæg, selv om det også har været vigtige indsatsområder for MUDP-støtte indenfor de senere år.

VALG AF CASES

De fem projekter har for de flestes vedkommende været afsluttet længe nok (se figur 8.1) til, at der er et nogenlunde sikkert billede af effekterne.

Figur 8.1. Valg af cases til fokusområdet

Projekt navn	Type	Slutår
Teknologi til fjernelse af de mindste fraktioner af mikroplast og mikrogummi i rensat spildevand	UTD	2020
Sikkert Søbad: Overvågning, rensning og varsling af regnvandsbetingede overløb	UTD	2017
HEPWAT: Higher Environmental Performance in WastewATER systems	Fyrtårn	2019
MEREFF: Miljøeffektiv rensning af afløb fra renselanlægs effluenter	UTD	2021
ACTIMET: Implementering af adsorptionsproces for at optimere fjernelsen af tungmetaller	UTD	2020 (afbrudt)

8.2 Udvikling i reguleringen

REGULERINGEN AF SPILDEVANDSUDLEDNINGER

Forureningsbekæmpelsen og den tilhørende regulering i relation til spildevand har i en periode fra 1980'erne og indtil for nyligt haft overvejende fokus på at mindske udledningen af organisk stof, næringsalte, tungmetaller, og oliestoffer (PAH'er) til vandmiljøet. Med udgangspunkt i den første Vandmiljøplan fra 1987 blev der fastsat grænseværdier for de koncentrationer af organisk stof (COD/B15), fosfor og kvælstof, som det var tilladt at udlede fra de kommunalt ejede, almene renselanlæg. Sideløbende hermed blev der særligt op gennem 1990'erne investeret i en massiv udbygning med mere avancerede renseskasser og renseteknologier på de almene renselanlæg.

Samtidig spillede amternes recipientkvalitetsplanlægning, hvor der blev fastlagt miljøkvalitetskrav for indholdet af forurenende stoffer i vandløb, søer, fjorde mv., en afgørende rolle med hensyn til at begrænse spildevandsudledningen fra forurenende virksomheder. I vilkår for godkendelse af forurenende virksomheder, og tilladelser til spildevandsudledning fra punktkilder, fastlægges der individuelle krav til virksomhederne om at rense spildevandet ned til acceptable koncentrationer. Tilladelse omfatter krav til organisk stof, fosfor og kvælstof såvel som krav til diverse miljøfremmede stoffer, som vurderes at udgøre en udfordring for recipientkvalitetskravene.

I store træk er det også sådan, reguleringen er udformet i dag. *Spildevandsbekendtgørelsen* angiver fortsat de centrale regler og grænseværdier for spildevandsudledning. Hertil kommer *Bekendtgørelse om krav til udledning af visse forurenende stoffer*, der sammen BREF-dokumenter og BAT-konklusioner fra den harmoniserede EU-regulering af forurenende virksomheder, anvendes af miljømyndighederne som grundlag for at fastlægge specifikke krav til virksomhedernes spildevandsudledning.

I år 2000 trådte *Vandrammedirektivet* fra EU i kraft, og det institutionaliserede sammen med den danske implementering i blandt andet *Miljømålsloven* og *Indsatsbekendtgørelsen* nogle nye elementer i reguleringen af vandmiljøet. Ifølge reguleringen skal der i 6-årige intervaller udarbejdes vandområdeplaner med tilhørende indsatsplaner for at bringe de udpegede vandområder i god økologisk og kemisk tilstand. For spildevand betyder det, at der i visse områder iværksættes indsats for at nedbringe udledningerne fra renselanlæg og industrielle punktkilder, fx opgradering eller lukning af renselanlæg og skærpede krav til virksomhedernes udledning med det formål at leve op til de fastsatte miljøkvalitetskrav.

De lokalt iværksatte indsats for tilknytning til vandområdeplanerne og den løbende opdatering af

kommunale spildevandsplaner har betydet, at stadig flere renseanlæg i dag opererer med udledninger langt under grænseværdierne for fosfor, kvælstof og organisk stof, selv om grænseværdierne har været uændret lige siden den første vandmiljøplan i 1987.

REGULERINGEN AF MILJØFREMMEDE STOFFER

For så vidt angår lovkrav til spildevandsudledninger er der imidlertid ikke sket den store udvikling siden 1990'erne. Forsyningsselskabernes renseanlæg i Danmark er generelt bygget til at rense spildevandet for næringsstoffer og organisk stof, og de reguleringsmæssige krav og vandområdeplanernes indsatser er stadig helt overvejende rettet mod dette.

Derudover er der i varierende grad også indført indsatser og regulering rettet mod miljøfarlige forurenede stoffer i spildevand, herunder tungmetaller, pesticider, PAH'er, fenoler, PFAS, blødgørere, dioxiner, diverse kulbrinter, mv. *EU-direktivet om prioriterede stoffer* fra 2013 indeholder en liste over prioriterede stoffer. Ifølge direktivet skal landene træffe foranstaltninger, der tager sigte mod en progressiv reduktion af udledninger, emissioner og tab af prioriterede stoffer, og for de særlig højt prioriterede farlige stoffer tager sigte mod ophør eller standsning af udledninger, emissioner og tab.

I dag er der kommet mere fokus på komplekse miljøfremmede stoffer, herunder mikroforurenende stoffer såsom medicinrester, patogene bakterier, og mikroplast. Desuden er det blevet konstateret, at der findes betydelige koncentrationer af PFAS-stoffer (fx PFOS) i udløb fra renseanlæg og andre punktkilder. I flere vandområder er der også fundet koncentrationer af PFAS og andre miljøfremmede stoffer, der overstiger grænseværdierne for grundvand og overfladevand.

Imidlertid findes der endnu ikke en dækkende regulering, der stiller konkrete krav om reduceret udledning af miljøfremmede stoffer. Udledningen af sidstnævnte reguleres i dag ved at stille krav via nye, eller revurderede, udledningstilladelser, hvor kravene begrundes med henvisning til udfordrede miljøkvalitetskrav i de lokale recipienter, vejret op mod de seneste konklusioner omkring *best available technologies* (BAT). Denne regulering er dog rettet mod industrivirksomheder, og ikke renseanlæg.

For hospitaler kan kommunerne beslutte ikke at give tilslutningstilladelse til det almene renseanlæg. I så fald behandles hospitalet som en virksomhed, der skal have tilladelse til punktildledning. I forbindelse med denne tilladelse kan miljømyndighederne vælge at stille krav om, at hospitalet kortlægger dets omfang og udledning af medicinrester mv. samt implementerer decentrale renseløsninger. Der er dog endnu ikke nogen veletableret praksis for en sådan regulering af hospitalerne, hvilket også hænger sammen med, at der

stadig kun i ringe grad er fastsat miljøkvalitetskrav for de stoffer, det handler om.¹⁶

Et andet nyt fokusområde er klimabelastning fra renseanlæg, hvor der blandt andet er et større fokus på lattergasemissioner (N₂O). Lattergas er en kraftig drivhusgas, der opstår i forbindelse med biologisk kvælstoffjernelse på renseanlæg. En målsætning om halvering af lattergasemissionerne fra renseanlæg indgår således i den nationale klimaplan og den tilhørende *Aftale om Klimaplan for en grøn affalds- sektor og cirkulær økonomi*. Men indtil videre er der heller ikke på dette område indført bindende regulering og krav.

Spildevandsudledninger af kvælstof, fosfor og organisk stof kommer i stigende grad fra regnbetingede udledninger, og især fra overløb i kloaksystemet, der betyder, at spildevand som skulle have været gennem renseanlæg i stedet udledes direkte til vandmiljøet. Da det hænger sammen med klimaforandringer, og desuden medfører store skader via oversvømmelse af ejendomme, har flere kommunale forsyningsselskaber investeret massivt i klimatilpasning, herunder udbygning af kloaknettet, separatkloakering, og lokal nedsivning. Der findes dog stadig ingen regulering, der stiller direkte krav, eller giver økonomisk incitament (i stil med fx afgiften på vandtab), til at begrænse omfanget af overløb.

I interviewprogrammet har mange fagpersoner anført, at den gældende regulering af spildevandsudledninger alt i alt ikke længere kan betragtes som ambitiøs. Den er således i store træk båret af de samme krav, der blev indført under den første vandmiljøplan.

Problemet er blandt andet, at rammerne (fx grænseværdier for udledninger af miljøfremmede stoffer mv.) ikke er klare, og at spildevandsvejledningen ikke er blevet opdateret. Derfor har kommunerne svært ved at tage stilling, og er tilbageholdende med at stille krav til et fjerde (kvartært) rensetrin, der handler om at fjerne mikroforurenede stoffer. Det er således kun ganske få rensningsanlæg der har en opdateret spildevands-tilladelse hvor der stilles krav med hensyn til komplekse miljøfremmede stoffer.

Mange af de andre EU-lande er i en lignende situation. Det er på den baggrund, at man skal forstå det igangværende arbejde i EU med at indføre et nyt *Byspildevandsdirektiv*, der adresserer en række af de fokusområder indenfor spildevand som den traditionelle regulering af området ikke dækker.

DET KOMMENDE BYSPILDEVANDSDIREKTIV

Det gældende *Byspildevandsdirektiv* er over 30 år gammelt. I øjeblikket forhandles der om forslag til et nyt direktivforslag, som foreligger i et revideret udkast fra EU-kommissionen fra oktober 2022.

¹⁶ Se Miljøstyrelsen, 2019, *Vejledende udtalelse vedrørende hospitalsspildevand*.

Behovet for fornyelsen af direktivet er begrundet med, at der forekommer spildevandsforurening, som ikke er omfattet af de nuværende regler. Der mangler især regler for begrænsning af forurening fra mindre byer, forurening forårsaget af overløb efter voldsomt vejr, og mikroforurenende stoffer. Direktivet stiller forslag om ny regulering på disse og en række andre områder, som – hvis de vedtages – vil indebære vidtgående ændringer i den danske spildevandsregulering frem mod 2040. Det vil ske i 5-årige milepæle for successiv implementering af de forskellige bestemmelser (2025, 2030, 2035 og 2040).

I relation til det temaanalysens genstandsfelt er kravet i den nye Artikel 8 om indførelse af kvartær spildevandsrensning for alle større renseanlæg af særlig stor betydning.¹⁷ Direktivet præciserer, at de mikroforurenende stoffer, der skal renses for, særligt er rester fra lægemidler og kosmetik.

I Artikel 9 indgår tilhørende bestemmelser om, at forurenere skal betale for omkostningerne til den behandling, der kræves af de miljøfremmede stoffer på de centrale renseanlæg. Det må forventes at kunne føre til krav om at lægemiddel- og kosmetikindustrien, samt virksomheder (såsom fx hospitaler og apoteker), der benytter produkterne til erhvervsformål indirekte eller direkte skal bidrage til at finansiere investerings- og driftsomkostninger til de kvartære renseteknologier.

I direktivet indgår også bestemmelser om energineutralitet, biogas, og energi/klimaregnskaber, som kan få stor betydning for de teknologiske valg, vandselskaberne fremover træffer.

8.3 Teknologi- og miljøudvikling generelt

HOVEDTRÆK AF TEKNOLOGIUDVIKLINGEN

Rambøll giver i rapporten *Kortlægning af renseteknologier til målrettet spildevandsrensning for metaller og miljøfremmede stoffer på centralrenseanlæg* et overblik over de etablerede renseteknologier:

"I Danmark er den mest almindelige type centralrenseanlæg til kommunalt spildevand et MBNDK-anlæg. Her renses spildevandet først mekanisk (M) igennem riste, som frasorterer faste genstande. Dernæst renses det biologisk (B) i luftningstanke, det gennemgår nitrificering (N) hvor ammonium iltes til nitrat, efterfulgt af denitrifikation (D) hvor bakterier omsætter nitrat til frit kvælstof som afgives til atmosfæren. Spildevandet gennemgår også kemisk rensning (K), hvor spildevandet tilsættes et eller flere kemiske stoffer som hjælper med bundfældningen af slammet og udfældning af fosfor [...]. I 2018 blev 74,3 procent af alt spildevand i Danmark rensat på et MBNDK-renseanlæg. Nogle af de større renseanlæg i Danmark har udbygget deres spildevandsrenseanlæg

yderligere, så 19,4 procent af kommunalt spildevand bliver rensat på et MBNDKF, MBNDKL eller MBNDKS anlæg. Bogstaverne F, L og S i slutningen står for henholdsvis filtrering, lagune eller sandfiltrering. Omkring 94 procent af spildevandet i Danmark renses således på renseanlæg med MBNDK-rensning." (Miljøstyrelsen, 2021)

MBNDK-renseanlæg er ikke i stand til at fjerne en række af de miljøfremmede stoffer, der er kommet i fokus i de senere år. Samtidig viser vandplanernes tilstandsvurderinger, at en række danske vandområder ikke er i god kemisk tilstand.

Rambøll redegør i rapporten for 17 alternative teknologier til at rense for miljøfremmede stoffer, hvoraf de mest anvendte er efterpolering via avanceret oxidation, fx ozonering, UV-oxidation eller biologisk filtrering ved hjælp af aktiv kulfiltrering eller sandfiltrering. Hertil kommer membranfiltrering via ultrafiltrering, nanofiltrering eller osmoteknologi.

Rambøll-rapporten indeholder oversigter over teknologierne evne til at rense for forskellige miljøfremmede stoffer og deres skønnede omkostningsniveau. Med hensyn til mikroforurenende stoffer såsom medicinrester og patogener er det avanceret oxidation, nanofiltrering og osmose, der hidtil har udvist den højeste renseseffektivitet, men der også opnået gode resultater med biologisk filtrering i form af aktivt kul og Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), som der har været udviklet på i to af case-projekterne.

Med hensyn til PFAS er avanceret oxidation (ozonering og UV) derimod mindre effektiv, fordi oxidationen nedbryder PFAS til kortere kædede perfluorerede forbindelser, som kan være endnu mere problematiske. Aktiv kulfiltrering, MBR, nanofiltrering og osmose udviser væsentligt højere renseseffektivitet for PFAS.

MILJØUDVIKLINGEN PÅ OMRÅDET

Siden 1990'erne har det altovervejende fokus indenfor spildevand været at nedbringe udledningerne af næringsstoffer og organisk stof – især fra de almene renseanlæg. Indsatsen resulterede i, at udledningerne fra renseanlæg blev reduceret drastisk mellem 1989 og 2000, hvor kvælstof, fosfor og organisk stof blev nedbragt med henholdsvis 71, 83 og 82 procent. I perioden efter 2000, hvor vandområdeplanerne er blevet indført, er der sket en yderligere reduktion på 7-10 procent for de respektive stoffer.

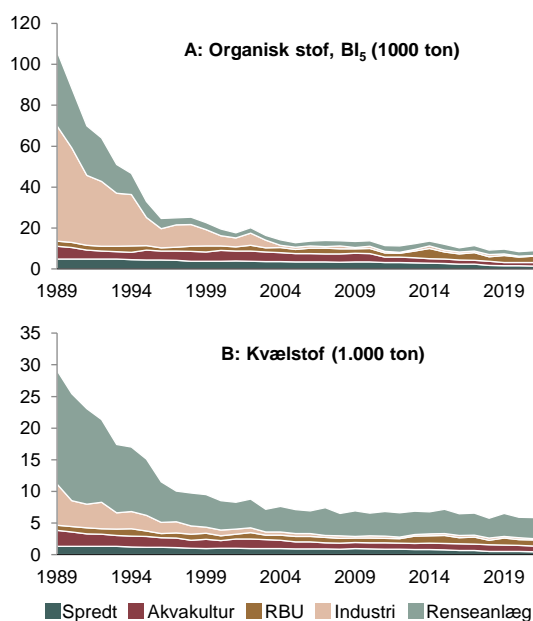
Som vist i Figur 8.1 er størstedelen af reduktionen i næringsstoffer og organisk stof fra renseanlæg realiseret 1990'erne. Siden 2000 har renseanlæg dog yderligere omtrent halveret de resterende udledninger af fosfor og organisk stof, mens kvælstofudledninger er nedbragt med knap en tredjedel. De marginale reduktioner er imidlertid stærkt aftagende.

¹⁷ Definitionen af rensning i et fjerde trin er følgende: 'quaternary treatment' means treatment of urban wastewater

by a process which removes a broad spectrum of micropollutants from the urban wastewaters".

For industrielle punktkilder er der relativt set tale om endnu større udledningsreduktioner, idet de samme stoffer er nedbragt med 97-99 procent siden 1989. Her er potentialet derfor tættere på at være udtømt. For de øvrige kilder er det resterende reduktionspotentiale væsentligt større. Det gælder især regnbetingede udledninger (RBU), hvorfra der endda blev udledt mere kvælstof og organisk stof i 2021 end der gjorde i 1989.

Figur 8.1. Udledning af organisk stof (A) og kvælstof (B) fra spildevand – punktkilder. 1.000 ton.



Kilde: Data stillet til rådighed af Miljøstyrelsen, se også Miljøstyrelsens rapport *Punktkilder 2021: NOVANA – punktkilder*

Med over 3.000 tons udledt organisk stof fra RBU, overgik RBU absolut set udledningen af organisk stof fra renseanlæg (ca. 2.300 tons) i 2021. Det hænger sammen med de stigende problemer med overløb som følge af klimaforandringer og hyppigere voldsomme regnhændelser.

Der er ikke publiceret tilsvarende aggregerede nationale data for udviklingen i udledningen af miljøfremmede stoffer, men udledningsdata for de enkelte punktkilder kan søges i PULS for de interessenter, der har adgang til denne. DCE har i rapporten *Miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet: NOVANA - Tilstand og udvikling 2008-2019* opgjort fundhyppighed og detektionsgrænser i udløbet fra renseanlæg for alle væsentlige miljøfarlige/-fremmede stoffer for perioden 2008-13 sammenlignet med perioden 2014-19.

I denne rapport ses det, at der overvejende (men ikke uden undtagelser) er sket en reduktion af fundhyppigheden for de fleste metaller og oliestoffer (PAH'er), mens hyppigheden er forøget for mange medicinrester og visse af de problematiske PFAS-stoffer, herunder PFOS.

De mere avancerede renseanlæg tilbageholder i nogen grad visse medicinrester som fx Ibuprofen, mens dette ikke i tilstrækkelig grad er tilfældet for en række antibiotika, hormonstoffer, og antidepressive lægemidler (COWI, 2021). Desuden er det et problem, at målemetoder og udstyr, der benyttes til at overvåge medicinrester på de danske renseanlæg, i mange tilfælde ikke har tilstrækkelig lav detektionsgrænse.

Medicinrester i spildevandet, der ledes til kommunale renseanlæg, stammer både fra hospitalerne og fra den medicin, der indtages i private hjem. Ud fra de nuværende analyser er det særligt antidepressive stoffer, smertestillende medicin, antiinflammatoriske, antibiotikum, samt de aktive stoffer i P-piller, som er at finde i spildevandet ved det kommunale renseanlæg. (COWI, 2021).

8.4 Teknologiuudvikling i caseprojekterne

Case 1: FMFM

I projektet *Teknologi til fjernelse af de mindste fraktioner af mikroplast og mikrogummi i rensed spildevand* (FMFM) var formålet dels at udvikle en analysemetode til karakterisering og kvantificering af mikroplast- og mikrogummipartikler helt ned til 10 µm i størrelse, dels at udvikle og demonstrere en filterteknologi til fjernelse af fraktionerne i udløbsvand fra rensningsanlæg. Teknologisk Institut var hovedansvarlig for at udvikle måleudstyret, mens dens danske teknologipartner virksomhed TechRas Miljø – i samarbejde med den spanske teknologileverandør Mecana – var ansvarlig for at udvikle demonstrationsanlægget på basis af Mecana-filteret.

Teknologiens evne til at tilbageholde mikroplast og mikrogummi blev testet i pilotforsøg henover i alt seks uger på udløbsvandet fra tre rensningsanlæg: Tarm Renseanlæg, Ringkøbing-Skjern Forsyning, Måløv Renseanlæg, Novafos og Mariagerfjord Renseanlæg, Mariagerfjord Vand.

Den udviklede målemetode kunne dog ikke med sikkerhed garantere en detektionsgrænse på mindre 5 µg/liter (tests viste, at metodens detektionsgrænse lå mellem 1 og 5 µg mikroplast/gummi per liter). Dette kan være forklaringen på, at forsøgene på både Tarm og Mariager Fjord Renseanlæg ikke kunne påvise en reduktion af mikroplast/gummi i udløbsvandet fra testanlægget. En anden mulig forklaring er kontaminering ifm. håndtering af prøverne. For Måløv Renseanlæg, hvor der allerede i indløbsvandet var en betydelig koncentration af mikroplast/gummi (som lå over detektionsgrænsen på 5 µg/liter) blev der derimod påvist en betydelig tilbageholdelse af mikroplast/gummi i testanlægget.

Projektets videre perspektiver er noget begrænset af, at der stadig ikke foreligger en nærmere afklaring af, hvor stort et problem mikroplast egentlig udgør for miljøet, samt om problemerne er større eller mindre med hensyn til de helt små partikler. Desuden har det i projektet vist sig svært at måle indholdet af mikroplast,

før og efter Mecana filterteknologien, når der er tale om meget små koncentrationer af mikroplast i indløbet, hvilket formentlig ofte er tilfældet. Undersøgelser indikerer, at der allerede fjernes en stor andel (90-99 procent) af det hidtil målbare mikroplast ved hjælp af eksisterende filterteknologier på de danske renseanlæg (Miljøstyrelsen 2017).

Case 2: Sikkert Søbad

I projektet Sikkert Søbad blev der udviklet et nyt koncept for overvågning, tidlig varsling og rensning af overløbsvand fra kloaksystemet til recipienter, der er underlagt krav til badevandskvalitet. Helhedsløsningen blev testet for et område af Skanderborg Sø.

Den udviklede løsning kombinerer risikovurdering af individuelle overløb med et avanceret varslingssystem, som kobler mikrobiologiske data, vejr- og vinddata samt de hydrauliske forhold i opland og sø. Derudover er der udviklet og testet to prototyper af renseløsninger til behandling af overløbsvand; en naturnær plantebaseret filterløsning og en kompakt modulær mekanisk/kemisk rensemetode.

Som resultat af projektet blev der udviklet en varslingsmodel, der ud fra reelle data i Skanderborg Sø og en kompliceret modellering er i stand til at varsle badegæsterne ved søbadet via en automatisk varslingstavle, hvis der er risiko for, at bakterier fra overløb nedsætter badesikkerheden. Projektet formåede også at demonstrere en kobling, hvorefter der kun varsles om forringet badevandskvalitet i de tilfælde, hvor renseløsningerne ikke er i stand til at håndtere og rense overløbsvandet tilstrækkeligt inden udledning til søen.

Som led i projektet blev der foretaget en omfattende kortlægning af bakteriel forurening i søen, blandt andet ved hjælp af bådroner og loggere ifm. overløb. Kortlægningen viste noget uventet, at Skanderborg sø er meget ren, når det gælder mængden af colibakterier, der selv ved overløbshændelser kun er fundet i meget lave koncentrationer. Om end dette i sig selv er positivt for badevandskvaliteten, har det betydet, at den brændende platform for varslingssystemet som led i etablering af flere nye rekreative badeområder i Skanderborg Sø ikke var så stærk som først antaget.

For at teste en integreret helhedsløsning med varsling og rensning af overløbsvand blev der ved et overløbsbygværkerne i nærheden af badestedet Sørtorvet etableret to forskellige typer renseanlæg, der blev testet i forlængelse af hinanden. Det ene var et beplantet filteranlæg bestående af filtermateriale, planter og mekanismer til aktiv beluftning, vandfordeling, og dosering af kemisk fosforfjernelse. Som alternativ blev der også testet en mere kompakt renseløsning bestående af en Stjernholm RO rist, et båndfilter og et desinfektionstrin, hvor der blev foretaget kemisk dosering af pereddikesyre.

Alt i alt har udviklingen i Sikkert Søbad projektet spændt over mange forskellige teknologiske elementer i forsøget på at udvikle en samlet varslings- og

renseløsning for bakterieforurening af badevand ifm. overløb. For varslingssystemet er der tale om udvikling af en innovativ teknologisk løsning, mens renseløsningerne overvejende er velkendte teknologier. Imidlertid er der skabt ny viden om renseløsningernes muligheder, og deres relative effektivitet og omkostninger, set i sammenhæng med et integreret varslingssystem.

Case 3: HEPWAT

HEPWAT-projektet *Higher Environmental Performance in Wastewater systems* er et fyrtårnsprojekt, der blev gennemført i regi af Assens Forsyning med Grundfos og Krüger som de centrale teknologiudviklere.

Hovedformålet med projektet var at sammensætte og teste databaserede løsninger til intelligent styring, dels af afløbssystemet, hvorfra det tilføres spildevand fra oplandet, dels af selve rensprocessen. På Gummerup renseanlæg, der var under afvikling - og som derfor kunne anvendes som levende laboratorium forud etablering af et helt nyt spildevandsanlæg i Assens Forsyning – blev der således testet et kompakt mobilt renseanlæg inklusive håndtering af lattergas samt tilbageholdelse af medicinrester i det afsluttende tertiære renses trin. Desuden var det formålet at udvikle et samlet open-source løsning for data relateret til spildevandshåndteringen.

Det lykkedes i projektet at implementere en styring, der muliggør udjævning af hydraulisk indløb ved at styre afløbet fra en opstrøms pumpestation. Præmisserne for styringen er, at man kender flow til pumpestationerne i realtid. Hvert andet minut opdateres beregningen af det aktuelle tilløb, og der beregnes et nyt estimat af tilløbet i løbet af de næste to timer ud fra radar-forecast. Disse oplysninger udnyttes til at beregne den optimale videreførende vandføring fra pumpestationen.

Det lykkedes også at påvise betydelige problemer med svovlbrinte i afløbssystemet, som fører til dannelse af svovlsyre, lugtgener og korrosion af ledninger. De iværksatte kemikaliedoseringsløsninger til reduktion af svovlbrinte virkede fint, når spildevandet blev pumpet fra én pumpestation til én oppumpningsbrønd for dosering, men ikke når der blev pumpet fra to forskellige pumpestationer til én oppumpningsbrønd. Dette har dog givet vigtig læring med hensyn til hvordan problemet fremadrettet bør adresseres i sidstnævnte tilfælde.

Der blev ved Gummerup Renseanlæg opsat et modulært, mobilt forsøgsanlæg til spildevandsrensning bestående af hhv. et biosorptionsanlæg (primært trin med MBBR og tromlefilter for at rense for organisk stof og sikre kulstofhøst til biogasproduktion), et membran-anlæg (sekundært trin med biologiske tanke samt membraner til filtrering) og biologisk efterpolering med eXeno™ teknologi (tertiært trin med biologisk rensning i MBBR tanke).

Belastningen af mobilrenseanlægget viste sig imidlertid at være markant anderledes end forudsat i designgrundlaget, idet forholdet mellem på den ene

side, kulstof (COD), og på den anden side, N og P, i realiteten var flere gange lavere end forudsat. Denne fejl i datagrundlaget for afløbet af næringsstof og kulstof til renseanlægget, og dermed i anlæggets dimensionering, fik ganske stor betydning for styringen af de respektive rensetrin, og for anlæggets performance.

Den sidste del omhandlede udvikling og afprøvning af en integreret, open-source it-løsning mhp. at samordne data og skabe synergi på tværs af eksisterende planlægnings- og driftssystemer hos forsynings-selskabet og dets leverandører. Løsningen giver ét samlet overblik over alle relevante data, idet robotter sørger for at sammenstille og koordinere data fra de kilder, det giver mening at inkludere og vurdere.

I denne arbejdsopgave lykkedes det imidlertid ikke at realisere den planlagte koordinering og implementering af dataindsamling, anvendelse og offentliggørelse på tværs af de fire partnere og deres tilknyttede it-leverandører. Projektet er derfor primært gennemført med udgangspunkt i den eksisterende SRO-database hos Assens Forsyning. Af kommercielle hensyn var der fra Grundfos og Krüger ikke vilje til at dele de data og modeller, som udgør ryggraden i Grundfos' patenterede pumpe-systemer henholdsvis Veolia Water Systems' patenterede SewerView og STAR onlinestyling.

Fyrtårnprojektet har demonstreret væsentlige resultater med hensyn til intelligent styring af afløbssystemet og renseprocesserne, og ny teknologi til rensning for medicinrester, der rummer lovende miljømæssige og kommercielle perspektiver for samfundet og projektpartnerne. Projektet har dog haft udfordringer med at realisere det ambitiøse program, hvilket et betydeligt antal ikke indfrie delmål er en indikator for (se afsnit om miljøeffekter).

Case 4: MEREFF

MEREFF-projektet *Miljøeffektiv rensning af afløb fra renseanlægs effluenter* fokuserer på etablering af et MBBR-demonstrationsanlæg til biologisk efterpolering med eXeno™ teknologi i noget større skala end den kompakte version i HEPWAT-projektet. MEREFF-projektet bygger også videre på erfaringerne fra to andre støttede projekter ud over HEPWAT.

MEREFF-projektet har således haft dedikeret fokus på at undersøge MBBR-teknologiens evne til at rense for miljøfremmede stoffer (medicinrester) på et centralt anlæg. Projektet havde desuden til formål at afklare, hvorvidt det giver bedst mening at etablere renseløsningen decentralt ved den største enkeltudleder (hospitalet) eller centralt, hvor forureningen fra de øvrige kilder også indgår.

Med det formål gennemførte Teknologisk Institut og Århus Universitetshospital en kortlægning, dels af de mest anvendte lægemidler på seks udvalgte hospitaler, dels af forekomsten af medicinrester i udløbet fra hospitaler og renseanlæg. Kortlægningen viste, at en meget stor andel af de mest anvendte lægemidler på hospitalerne uddeles ambulant, dvs. patienterne indtager størstedelen af lægemidlerne i hjemmet, som

dermed samlet set er en væsentligt større kilde til udledning af medicinrester end hospitalerne.

En af de vigtige erfaringer fra etablering og test af MBBR-anlægget ved Herning Rens er, at det tager tid at opbygge en effektiv biofilm. Driften af pilotanlægget startede op oktober 2019, og først 10 måneder senere var MBBR-tankene tilstrækkelig biologisk udviklede til, at de begyndte at udvise høj renseseffektivitet for medicinrester. Det har skabt vigtig læring omkring optimale driftsbetingelser, der betyder, at disse vil kunne etableres hurtigere i en fremadrettet kommerciel fuldskalaløsning.

Case 5: ACTIMET

Krüger (Veolia) var projektleder og teknologiudvikler på projektet ACTIMET med titlen *Implementering af adsorptions-processen fra MetClean til Actiflow i processen for at optimere fjernelsen af tungmetaller*.

Idéen med projektet var at kombinere to af virksomhedens eksisterende teknologier i en ny innovativ reaktorløsning – MetClean™ adsorptions-teknologien og Actiflo™ bundfældningsprocessen – der teoretisk kunne resultere i en mere miljøvenlig og omkostningseffektiv fjernelse af tungmetaller. Forventningen var, at den integrerede løsning kunne reducere mængden af slam og behovet for tilsætning af kemikalier, og samtidig forbedre rensningen af tungmetaller ned til koncentrationer under de gældende BAT-standarder.

Effekterne af den udviklede Actimet-løsning skulle først testes gennem laboratorieforsøg i arbejdsopgave 1. På baggrund af resultaterne var det herefter planen at etablere et pilotanlæg som skulle testes driftsmæssigt på behandling af spildevand fra røggasrensning i relation til affaldsforbrænding hos Vestforbrænding I/S, som også var part i projektet.

Laboratorieforsøgene blev udført med forskellige typer af spildevand, herunder "spiked" spildevand med metalkoncentrationer. Forsøgene indikerede, at den udviklede løsning ikke havde udsigt til at realisere de tilsligtede forbedringer, medmindre der var tale om meget høje metalkoncentrationer i spildevandet. Parterne valgte derfor at afbryde projektet efter arbejdsopgave 1, og derfor er der ikke udbetalt støttemidler for nogen af de planlagte aktiviteter, der lå efter denne arbejdsopgave.

8.5 Miljøeffekter i case projekterne

Case 1: FMFM

I FMFM-projektet lykkedes det kun at demonstrere en entydig positiv effekt med hensyn til fjernelse af mikroplast/mikrogummi på Måløv Renseanlæg. For de øvrige testanlæg var koncentrationen i indløbsvandet, efter de normale renseprocesser, helt nede omkring detektionsgrænsen i den udviklede måleteknologi. Dette kan være grunden til, at der ikke kunne observeres en reduktion i koncentrationen efter Mecana-pilotanlægget.

For Måløv renseanlæg, hvor indløbskoncentrationerne var væsentligt højere, og hvor der blev udført test både med pilotanlægget og et eksisterende fuldskalaanlæg, kunne der derimod konstateres en renseseffekt. Baseret på de gennemførte test estimeres den gennemsnitlige samlede rensesgrad til 83 ± 6 procent. Altså en forholdsvis høj rensesgrad, da den kommer oven i den fjernelse mikroplast og mikrogummi, der allerede sker i anlæggets øvrige rensprocesser.

Mecana-anlægget bidrog desuden til rensning af andre udledninger, herunder ekstra fjernelse af suspenderet stof (over 80 procent), fosfor (mellem 20-30 procent), og total-COD (lidt under 20 procent).

Det er vanskeligt at konkludere hvilke miljøforbedringer den testede Mecana-filterløsning reelt vil medføre på aggregeret niveau. Det er usikkert, hvor mange renseanlæg, der i fravær af regulering vil investere i løsningen, når der samtidigt er usikkerhed om, hvilke reelle skader der med de nuværende koncentrationer påføres miljøet. Med de relativt avancerede MBNDK-rensprocesser som 94 procent af det danske spildevand gennemgår, renses der allerede i relativt høj grad for de større mikroplastpartikler. Dertil kommer, at der allerede er udviklet konkurrerende membranfilterløsninger, som er effektive til at fjerne både mikroplast og visse andre mikroforurenende stoffer (men som også er en dyrere løsning).

I det mindste er der dog en mulighed for, at de demonstrerede effekter med hensyn til tilbageholdelse af mikroplast og mikrogummi ved forholdsvis høje indløbskoncentrationer, vil kunne bidrage til at udbrede Mecana-filterløsninger til især udenlandske renseanlæg.

Case 2: Sikkert Søbad

I projekt Sikkert Søbad er det ikke renseløsningerne, men det integrerede varslingsystem, der udgør hovedløsningen og det særligt innovative element. Den udviklede varsling i realtid for bakterieforurening af badevandet vil kunne medvirke til at forhindre, at badegæster udsættes for forureningen i de 24 timer, der normalt går fra, at bakterieforureningen indtræffer, til den er målt, verificeret og udmeldt af kommunen på relevante hjemmesider og tjenester. Eftersom det typisk er i de første 24 timer efter et overløb, at bakterieforureningen er på sit højeste, kan varslingen medvirke til at forebygge sygdomstilfælde.

Det forhold, at der er etableret en tavle på badestedet, som direkte modtager et online signal fra det udviklede varslingsystem, har en standsende effekt på badegæster, som går ned til badestedet uden at være orienteret om risici. Desuden har varslingsystemet den gunstige rekreative effekt, at det forhindrer unødigt standsning af badeaktiviteter på falsk mistanke om bakterieforurening fra overløbshændelser.

I Skanderborg Sø casen har varslingsystemet fungeret fint, men det har ikke haft den store effekt af den særlige grund, at bakterieforureningen har ligget

på et meget lavt niveau, selv under de indtrufne overløbshændelser.

Begge de testede renseløsninger viste sig relativt effektive til at fjerne bakterieforurening, samt reducere udledninger af visse andre stoffer til søen. Begge løsninger har demonstreret et forventet – og lovende – potentiale til fjernelse af colibakterier ved overløb, der indeholder opblandet spildevand. Det beplantede filter har også demonstreret en evne til at fjerne andre stoffer, herunder især COD og ammonium i tilfælde af overløb. Hvis der sker en udbredelse af løsningerne i tilknytning til overløb i fælleskloakerede områder, vil det således have en betydelig effekt på vandkvaliteten i de recipienter, der udledes til. Det gælder især for miljøvenlige, beplantede filtre i den rette dimensionering, som vil kunne bidrage til reduktion af flere forskellige udledninger.

Case 3: HEPWAT

I fyrtårsprojektet HEPWAT har der været opstillet brede og vidtgående målsætninger for de miljøeffekter, der skulle opnås med de demonstrerede løsninger.

I arbejdsplanen 1 vedr. styring af afløbssystemet var der opstillet følgende miljørelaterede målsætninger:

1. Mere spildevand gennem renseanlæg (overløb sænkes med mindst 20 procent) og flere potentielle problemstoffer fjernes. Den samlede årlige belastning med N, P og COD sænkes med 50 procent
2. Svovlbrinte minimeres og øger levetid for maskininstallationer øvrige anlægsdele med mindst 50 procent
3. I forhold til traditionelt anlægsdesign og drift, sænkes det samlede CO₂-aftryk med mindst 20 procent (ekskl. lattergasemission)
4. Sænkning af mængden af uvedkommende vand. Databearbejdningen vil assistere i målretning af indsats mod uvedkommende vand. Der skal fjernes mindst 50 procent i oplandet til Gummerup Renseanlæg

Ingen af disse målsætninger blev realiseret fuldt ud gennem de etablerede løsninger og demonstrationsanlæg. Målsætning 1 blev delvis opnået, idet der på én lokalitet blev etableret en styring, som udjævner tilløbet til renseanlægget. Potentielt kan denne styring, og reduktion af uvedkommende vand føre til færre overløb ved indløbet til Gummerup Renseanlæg. Dette har dog ikke kunnet påvises på grund af manglende datagrundlag.

Målsætning 2 vedr. kortlægning og reduktion af svovlbrinte i afløbssystemet lykkedes også kun delvist. Der blev kortlagt omfattende problemer med svovlbrinte i afløbssystemet, og en enkelt af de testede løsninger til minimering virkede i det tilfælde, hvor vandet kun skulle pumpes fra én pumpestation til én oppumpningsbrønd. Hvis spildevandet blev pumpet fra to forskellige pumpestationer, havde løsningen ingen effekt. Endelig lykkedes det ikke (indenfor projektets relativt korte tidshorisont) at etablerede en samlet

model for overvågning og styring af svovlbrinte. Der blev også testet en billigere løsning med UV-bestråling, hvor man ikke kunne se en effekt. Da Assens Forsyning efter projektets afslutning fik justeret installationen af denne løsning, har den imidlertid vist sig ganske effektiv til reduktion af lugtgener fra svovlbrinte via tilførsel af ozon.

Med hensyn til målsætning 3 arbejdede projektet med energioptimeret pumpestyring på en udvalgt strækning. Her lykkedes det ikke at påvise en energioptimeret pumpedrift, hvilket hang sammen med pumpevalg og afløbssystemets fysiske dimensioner. "Der kunne [dog] være opnået en reduktion af CO₂, hvis der i projektet var brugt pumper med forskellige driftspunkter, som passede til variationen i tilløb", og hvis afløbssystemet havde været bedre dimensioneret.

I forhold til målsætning 4 har projektet ikke medført en reduktion af uvedkommende vand, men der er gennemført målinger og kortlægning af uvedkommende vand, der har "identificeret mulige geografiske områder for Assens Forsynings fremtidige arbejde med at minimere uvedkommende vand."

I arbejdsplanen 2, omhandlende styring af renseprocesser i et kompakt, mobilt forsøgsanlæg, var der opstillet følgende målsætninger for miljøeffekterne:

- i. Den samlede årlige belastning med N, P og COD sænkes med 50 procent (fælles med målsætning 1 ovenfor)
- ii. Miljømæssige forbedringer i forhold til lattergas sænker N₂O-emission med mindst 25 procent
- iii. Udledningen af miljøfremmede stoffer i form af lægemidler reduceres med minimum 50 procent
- iv. CO₂-footprint sænkes markant. I forhold til traditionelt anlægsdesign og drift, sænkes det CO₂-aftrykket (ekskl. lattergasemission) med mindst 20 procent

Når aktiv slamdrift varianten af det kompakte renseanlæg sammenlignes med den gennemsnitlige udløbskoncentration fra Gummerup renseanlæg (2014-2017) er der under test af forsøgsanlægget opnået følgende resultater for målsætning (i): COD-total er reduceret med 30-35 procent, suspenderet stof er reduceret med over 94 procent, og fosfor (P-total) er reduceret med op til 45 procent (først opnået via forbedret styring i periode 2). Til gengæld er udledningen af kvælstof (N-total) blevet forøget 120-160 procent. Det skyldes den tidligere nævnte fejl i datagrundlaget for dimensionering af anlægget med hensyn til forholdet mellem næringsstof og kulstof som det selv med aktiv styring af kulstofflørslen ikke var muligt at rette op på.

Med hensyn til MBBR eXeno™ anlægget bestående af 3 tanke i det afsluttende renses trin lykkedes det at påvise en forbedret fjernelse for en (mindre) del af de miljøfremmede mikroorganismer der blev testet for, herunder Diclofenac, 5-methyl-1h-benzotrazole, Atenolol og Ciprofloxacin. Disse stoffer fjernes

beviseligt i en væsentligt højere grad end på det eksisterende renseanlæg, mens der for nogle af de andre testede medicinrester mv. ikke forekom en reduktion. For de resterende medicinrester var det ikke muligt at dokumentere ændringer, fordi koncentrationen i indløbet var for lille til at forskelle kunne påvises i udløbet fra MBBR-anlægget.

Den utilstrækkelige kvælstoffjernelse og de relativt beskedne resultater med hensyn til fjernelse af medicinrester i det tertiære trin må i høj grad forklares med den forkerte N-C dimensionering af anlægget. Frem for alt har det betydet, at der ikke har været de rette betingelser for opbygning af biofilmen. De nedbrydende bakterier er blevet udsultet på grund af for lidt kulstof og for meget kvælstof, hvorfor MBBR-anlægget aldrig kom op på sit fulde potentiale.

Ikke desto mindre er der opnået vigtig læring i projektet, som efterfølgende er bragt med videre ind i MEREFF-projektet, hvor der blev opnået væsentligt bedre resultater med hensyn til fjernelse af medicinrester. Også med hensyn til lattergasemissioner fik projektet demonstreret vigtigheden af intelligent onlinestyling.

Med hensyn til målsætning (iv) om reduceret CO₂-aftryk er der ingen entydige konklusioner fra projektet om, hvordan dette kan minimeres gennem tilrettelæggelse af renseprocesserne. Til gengæld blev der skabt væsentlige indsigter i det trade-off, der typisk vil være mellem, på den ene side, at maksimere kulstofføsten til biogasproduktion og dermed også reducere mængden af kulstof, som kræver energi for at blive omsat i beluftningstankene og, på den anden side, sænke lattergas-emissionerne gennem tilførsel af tilstrækkelige mængder kulstof til nitrifikations- og denitrifikationsprocessen.

En af de centrale målsætninger med anlægget var netop at konstruere det med henblik på en høj grad af kvælstoffjernelse, hvilket ikke lykkedes. Imidlertid er det blevet eftervist, hvorfor kvælstoffjernelsen i det sekundære trin ikke virkede. Desuden er det blevet demonstreret, hvor stor en betydning det har at styre tilførslen af kulstof – både i forhold til kvælstoffjernelse, reduktion af lattergasemissioner og MBBR-rensning.

Samlet set får HEPWAT-projektet demonstreret, at styring af renseprocesserne kan forbedre miljøeffekterne. Projektet har således medvirket til både at understrege og videreudvikle potentialet i Krügers Hubgrade™ onlinestylingkoncept. På den anden side viser projektet også, at en modulær sammensætning af forskellige typer af renseprocesser er en ganske kompleks opgave, som nok kræver et større forarbejde med hensyn til dimensionering af anlægget, og en længere projekthorisont, end tilfældet var i HEPWAT.

Case 4: MEREFF

MBBR eXeno™ anlægget ved Herning Rens blev etableret i en skala, hvor hver tank var fem gange større end i HEPWAT, og det blev testet over en væsentlig længere driftsperiode.

I projektet blev der taget udgangspunkt i den danske liste over miljøproblematisk lægemidler, den såkaldte AMK-liste. Listen indeholder foreslåede maksimale koncentrationer for uønskede lægemidler, der er til stede i spildevand. Projektet viste, at fire lægemidler tegnede sig for hovedparten af den mængdemæssige miljøbelastning fra hospitalerne. Projektet viste også, at en meget stor andel af disse lægemidler blev uddelt ambulant og dermed udskilt i spildevandet fra husholdninger og andre diffuse kilder. Det betyder, at spildevandet må renses centralt for medicinrester, hvis udledningen skal nedbringes til et acceptabelt niveau.

Under driften af pilotanlægget blev det etablerede MBBR-anlæg testet for dets evne til at reducere 15 forskellige lægemidler. De afsluttende test dokumenterede en total reduktion på 93 procent på tværs af de 15 typer af medicinrester.

For visse meget persistente lægemidler var fjernelsesgraden lavere (fx citalopram), men for de fleste testede lægemidler blev der observeret høje fjernelsesgrader. For tre af de mest miljøproblematisk lægemidler, som uddeles på hospitaler, blev der observeret følgende fjernelsesgrader i august: sertralin 30-100 procent, claritromycin 80-100 procent og mycofenolsyre 100 procent

Resultaterne viser således, at eXeno™-trinnet er en effektiv efterpoleringsteknologi for lægemidler. Ud over at fjerne lægemidler, reducerede MBBR-anlægget også organisk stof og ammonium i spildevandet. Der blev dokumenteret en yderligere reduktion mellem 78-93 procent af ammonium og en tilsvarende reduktion af inert COD på 6-36 procent. Den yderligere fjernelse af ammonium og COD kan frigive kapacitet i renseanlæggets eksisterende renseprocesser.

Sammenlignet med traditionelle rensemetoder med aktiveret slam, har MEREFF (og HEPWAT) eftervist betydelige potentialer for at rense for miljøfremmede mikroforurenende stoffer. Potentialerne ville kunne realiseres, hvis MBBR eXeno™ teknologien anskaffes til efterpolering. Muligvis har teknologien også et større miljømæssigt potentiale i et livscyklusperspektiv sammenlignet med de konkurrerende ozon- og kulfiltreringsteknologier samt en række nye membran-teknologier - det udestår dog stadig at blive dokumenteret nærmere (se også Miljøstyrelsen, 2021).

Case 5: ACTIMET

ACTIMET-projektet blev som nævnt afbrudt efter laboriefasen. Der har ikke været adgang til at se en evalueringsrapport, hvor resultaterne i laboriefasen dokumenteres, hvilket gør det vanskeligt at vurdere miljøeffekterne. Nedenstående kortfattede vurdering heraf er derfor udelukkende baseret på interviews med Krüger.

Laboratorieresultaterne viste, at den relative andel af metaller, der blev adsorberet og dermed fjernet på MetClean granulatet i forsøgskonstruktionen varierede overraskende meget med indløbskoncentrationen. Tidligere var der gennemført forsøg med spildevand

med væsentligt højere metalkoncentrationer. I den repræsentative prøve fra Fjernvarme Fyn var metalkoncentrationerne imidlertid lavere, og forsøgene viste her, at der ikke blev suget nok metal op på MetClean granulatet.

Det blev vurderet, at mængden af granulat skulle øges så meget for den type spildevand for at nå op på en tilfredsstillende renseseffektivitet, at det ville underminere den vigtige målsætning om at kunne spare på tilsætningen af jern og mangan ved at inkorporere MetClean i Actiflo-processen.

Dermed gav det ikke mening at teste løsningen i drift på affaldsforbrændingsanlægget Vestforbrænding, hvor metalkoncentrationerne også ville være i den lavere ende. Derfor blev projektet afsluttet. Fra de gennemførte undersøgelser i laboriefasen blev der dog opnået erfaringer om de forudsætninger, der kræves for, at teknologien virker effektivt.

8.6 Erhvervseffekter i case projekterne

Case 1: FMFM

Indtil videre er det ifølge virksomheden TechRas ikke lykkedes at sælge Mecana-filterløsningen til centrale renseanlæg specifikt med henblik på fjernelse af mikroplast. Undtagelsen er forsøgsanlægget Måløv Renseanlæg, der allerede havde en fuldskala Mecana-filterløsning, men som har ønsket at tilkøbe elementer fra den videreudviklede løsning, herunder støvsugerfunktionen, der fjerner større elementer af plast og andre stoffer som slipper gennem de normale rensetrin.

Der er to vigtige grunde til, at danske renseanlæg endnu ikke har efterspurgt løsningen: (1) der er endnu ingen regulering, der fordrer specifikke grænser for udledning af fraktionerne og (2) der er stadig tvivl om, hvorvidt mikroplast og mikro gummi i de relativt lave koncentrationer, som slipper gennem danske renseanlæg, udgør betydelige problemer for miljøet.

Trods ovenstående kan den demonstrerede løsning godt have haft en række afledte erhvervsmæssige effekter. For det første kan Mecana-løsningen nu markedsføres med dokumentation for, at den også har en effekt på fjernelse af mikroplast, når udløbskoncentrationerne er relativt høje – løsningen sælges som efterpoleringsteknologi til fjernelse af fosfor og andre stoffer.

For det andet er der gennem MUDP-projektet skabt omtale, og foretaget fremvisninger, af Mecana-filterløsningen, der styrker muligheden for, at den kan blive solgt til andre formål. En mulighed som TecRas forfølger er at markedsføre løsningen som renseteknologi i forbindelse med regnbetingede udløb, hvor koncentrationerne af mikroplast eller mikro gummi er relativt høje. Som et andet eksempel er TechRas blevet kontaktet af et stort dansk forsyningsselskab, der ifm. lokal afledning af regn (LAR) som led i klimatilpasning har behov for filterrensning af det afledte vand på en af lokaliteterne.

Case 2: Sikkert Søbad

I Projekt Sikkert Søbad var der en forventning blandt parterne om, at Skanderborg Forsyning, og derigennem kommunen, efterfølgende ville investere i permanente løsninger for det testede varslingssystem og de tilhørende renseløsninger ved overløb, hvis løsningerne viste sig at være effektive og konkurrencedygtige. Sådan er der imidlertid ikke gået.

Varslingssystemet driftes ikke længere, varslingstavlen ved Søtorvet er nedtaget, og det samme gælder de to pilotrenseanlæg ved overløbsbygværket. Indtil videre har Skanderborg Kommune heller ikke ønsket at investere i etablering af hverken den beplantede filterløsning eller den kompakte løsning med Stjenholm riste og dosering af pereddikesyre ved andre af kommunens overløb.

Forsyningens manglende interesse i at investere i implementering af permanente løsninger handler ikke om utilfredshed med de demonstrerede resultater. De tre hovedforklaringer på forsyningens og kommunens beslutning om ikke at gå videre med løsningerne er følgende:

- Forurening af badevandet i Skanderborg Sø med colibakterier viste sig at være stort set ikke eksisterende, selv ved kraftige overløbshændelser. Dermed var der ingen brændende platform for løsningen i det valgte testområde.
- Varslingssystemet er forholdsvis kompliceret at drifte, hvorfor det stillede øgede krav til forsyningens it-kapacitet og ville indebære et forhøjet energiforbrug at fortsætte driften. Uden en brændende platform var det sværere for forsyningen at acceptere disse driftsomkostninger.
- Renseløsningen med det beplantede filter kan begrænse udledningen af både bakterier og visse andre forurenende stoffer. Skanderborg Forsyning har dog andre planer for, hvordan overløb skal håndteres (separatkloakering og opsamlingsbassiner), selvom de testede løsninger har vist sig både effektive og billige, og naturligt integrerbare med bygværkerne.

Ovenstående udelukker ikke, at de udviklede løsninger kan sælges til andre forsyningskunder, der har relativt større problemer med overløb. Der er dog så vidt vides ingen af de deltagende teknologiudviklere, der endnu har formået at omsætte løsningerne til de formål de er blevet testet.¹⁸

Der er også afviklet interview med Kilian Water om den beplantede filterløsning, som firmaet etablerede og fik testet i projekt Sikkert Søbad. Kilian Water oplyser, at de fik særdeles nyttige erfaringer i projektet og fik demonstreret løsningen for en række interesserede kunder. Dog fandt Kilian Water det ikke optimalt, eller

nødvendigt, at løsningen blev nedtaget så hurtigt efter testperioden. Argumentet fra kommunen var reglerne for bygge- og miljøtilladelse, som angiveligt betød, at kommunen kun ville bevilge en kort midlertidig tilladelse. Det kan således konstateres, at der er forskellige opfattelser af, om løsningen kunne og burde have været i drift i en længere periode.

Case 3: HEPWAT

Ligesom det var tilfældet for projekt Sikkert Søbad lykkes det ikke for teknologiudviklerne i HEPWAT-projektet at overbevise den deltagende forsyningsvirksomhed – Assens Forsyning – om at efterfølgende anskaffe de demonstrerede løsninger.

Assens Forsyning stod ellers overfor at skulle foretage en investering på flere hundrede millioner kroner i en ny forsyningspark bestående af et ultramoderne, centralt renseanlæg til erstatning for otte mindre renseanlæg, der nedlægges, samt en helt nyt, centralt vandværk. Imidlertid blev det andet konsortium, der vandt udbuddet.

Visse elementer fra forsøgsanlæggets biosorptionsprocesser er dog indtænkt og tilvalgt i det nye spildevandsanlæg. Det nye spildevandsanlæg er desuden designet til, at et fjerde trin til fjernelse af komplekse miljøfremmede stoffer efterfølgende kan tilbygges. Men det vil først ske, når der på et tidspunkt indføres regulering af udledningen af de miljøfremmede stoffer.

Selvom det ikke i forlængelse af HEPWAT-projektet lykkedes at afsætte de testede vurderer teknologiudvikleren alligevel, at deltagelse i HEPWAT har medvirket til at videreudvikle, og styrke salget af, flere af deres løsninger. Det gælder især de intelligente styringsløsninger i relation til kloaksystemet (SewerViev™) og Hubgrade™ online-styringen af rensprocesserne. Det er dog ikke muligt at opgøre, hvor meget HEPWAT-projektet har bidraget til at fremme omsætningen af disse løsninger.

Det er mere tvivlsomt, om projektet bidraget til at styrke Grundfos salg af Dedicated Controls™ pumpe-løsninger, da det – af forskellige grunde som tidligere er omtalt – kun delvis lykkedes at demonstrere forbedringer i relation til pumpestyringen af afløbssystemet til Gummerup renseanlæg. Grundfos har dog opnået vigtige erfaringer i projektet som fremadrettet kan bruges til at optimere løsningerne til de forhold, som var kendetegnende for Assens Forsyning.

Case 4: MEREFF

Regionshospitalet Gødstrup, som deltog i MUDP-projektet, har i dag tilladelse til at udlede urensset spildevand til Herning Rens. Hvis hospitalet finansierer omkostningerne til et centralt MBBR-anlæg, vil det til fulde kunne kompensere for hospitalets udledninger,

udvidet til at omfatte både bakterier og blågrønne alger i badevandet, og hvor mange af samme projektpartnere indgår.

¹⁸ Til gengæld har projektet affødt et nyt MUDP-støttet projekt med titlen Projekt Sikkert Søbad II, hvor varslingssystemet er

og dermed kan det retfærdiggøres, at hospitalet fortsat gives tilladelse til at udlede urensset spildevand. Alternativt kan kommunen i forbindelse med fornyelse af hospitalets udledningstilladelse beslutte, at denne ikke bliver forlænget. Konsekvensen ville være, at hospitalet i stedet skulle indhente tilladelse til punktkildeudledning til direkte til recipient, hvilket med overvejende sandsynlighed ville afføde krav fra myndighederne, om at hospitalet skal udføre decentral rensning af spildevandet, herunder også for medicinrester, med BAT-teknologi.

Stillet overfor de to alternativer viser MEREFF-projektet, at det på mange måder giver bedst mening, at spildevandet renses centralt for medicinrester og bakterier. Det vil for det første åbne mulighed, for at Herning Rens kan vælge at skalere MBBR-løsningen til en kapacitet, så den kommer op på at fjerne en del af de medicinrester, der udledes fra private husholdninger og erhverv med tilslutning til kloakken. Den samlede udledning af medicinrester herfra er således større end den tilsvarende udledning fra hospitalet. For det andet vil central rensning være mere omkostningseffektiv som følge af specialisering og skalafordele sammenlignet med decentral rensning på hospitalet.

Hospitalet er som udgangspunkt interesseret i finansiere MBBR-løsningen for at bevare tilladelsen til at udlede spildevandet til Herning Rens via kloaknettet. Hospitalet har dog svært ved at finde pengene til at betale for anlægsinvesteringen. Herning Rens har pt. heller ikke mulighed for at finansiere et MBBR-anlæg i fuld skala. Der er således ingen krav i reguleringen om, at centrale renselanlæg skal leve op til grænseværdier for udledning af miljøfremmede stoffer, herunder medicinrester, og det betyder samtidig, at den økonomiske prisloftregulering ikke giver rum til det. En forventet revision af Byspildevandsdirektivet vil kunne ændre dette, jf. næste afsnit.

Krüger (Veolia) vurderer, at virksomheden i dag har opnået en markedsmoden eXeno™ teknologi, og at de er klar til at markedsføre og bygge MBBR-anlæg i fuld skala med denne teknologi, når og hvis reguleringen understøtter efterspørgslen. Om MBBR-løsningen så vil være i stand til at konkurrere med andre avancerede renseteknologier til fjernelse af mikroforurenende stoffer, såsom ozonbehandling, aktiv kulfiltrering, og diverse membranteknologier, må tiden vise

8.7 Samlet resultatvurdering for spildevandsrensning

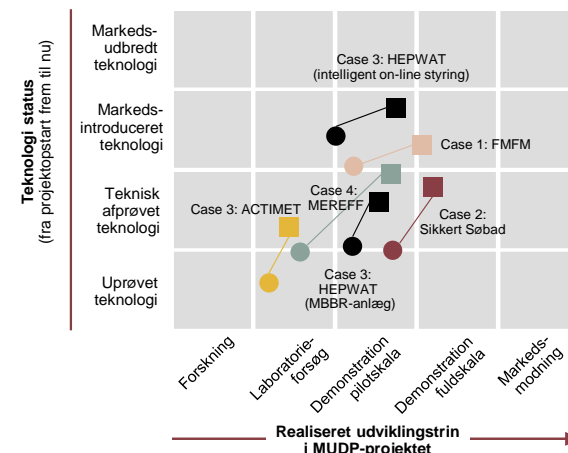
Figur 8.2 illustrerer (forenklet) den rejse, teknologierne har gennemgået i MUDP-projektforløbet samt hvilken ændring, der er sket ift kommerciel modenhed. Cirklerne angiver status ved starten af projektforløbene, mens firkanterne angiver status ved projektets slutning.

Den horisontale dimension giver et overblik over de(t) udviklingstrin, som er blevet realiseret for hovedteknologierne. I Sikkert Søbad løsningerne i en

skala, der godt kan betegnes som mindre fuldskalaløsninger, og i FMFM-projektet er der både tale om pilotanlæg med fuldt udviklet filterteknologi og et fuldskala-anlæg med delvis udviklet teknologi. I MEREFF-projektet og HEPWAT-projektet er der realiseret pilotanlæg.

I den vertikale dimension viser figuren det løft, der er realiseret i hovedteknologiernes kommercielle status fra projektopstart og frem til tidspunktet for evalueringen. Der er endnu ikke, eller kun i meget begrænset omfang, sket en markedsudbredelse af teknologierne. De teknologier fra projekterne HEPWAT og FMFM, som i dag har opnået en vis udbredelse, er teknologier, der allerede var commercialiseret i andre sammenhænge.

Figur 8.2. Overblik over projekternes udvikling i MUDP-forløbet og status ift kommercialisering



Figur 8.3 sammenfatter vurderingen på tværs af projekterne i forhold til deres realisering, udbredelse samt miljø- og erhvervspotentiale. Scoringsmodellen er beskrevet i kapitel 4, hvortil der henvises. Vurderingerne er baseret på de konkrete projekter, som har indgået i analysen. Resultaterne kunne have været anderledes for en anden gruppe af projekter, men der er omvendt ikke nogen grund til at antage a priori, at de undersøgte projekter adskiller sig på en bestemt og systematisk måde.

Figur 8.3. Vurdering af projekternes realisering og effekter

Parameter	Vurdering				
PROJEKTERNES REALISERING	★	★	★	★	☆
MILJØPOTENTIALE	★	★	★	☆	☆
UDBREDELSE	★	★	★	☆	☆
ERHVERVPOTENTIALE	★	★	☆	☆	☆

REALISERING. Teknologirealiseringen er vurderet til 4 på skalaen, jf. figur 8.3. I fire ud af de fem cases er størstedelen af målene for teknologiudviklingen blevet realiseret. Gennem projekterne er der opnået vigtige erfaringer mht. grænserne for anvendelse, optimering, samt videre muligheder for udvikling af renseteknologierne. I flere tilfælde er teknologierne blevet testet for deres evne til at håndtere nye miljøproblemer, fx i relation til overløb, mikroplast og miljøfremmede stoffer som de traditionelle renseteknologier på de danske renseanlæg eller overløbsbygværker ikke håndterer tilstrækkeligt effektivt. Temaanalysen illustrerer dog også, at der ofte er brug for flere successive projektførelser for at bringe teknologier fra forsknings- laboratorie- eller pilotstadiet, til markedsmoden teknologi.

HEPWAT-projektet er et fyrtårnsprojekt og samtidig det mest ambitiøse og innovative af de gennemførte projekter. Projektet er dog også kendetegnet ved, at en ret betydelig af ambitionerne med teknologiudviklingen ikke eller kun delvist er lykkedes. En særlig udfordring i HEPWAT viste sig at være teknologileverandørernes manglende vilje til deling af data fra deres patenterede systemer til henholdsvis pumpestyring og anden onlinestyling af afløbssystemet og rensprocesserne.

For alle de udvalgte UTD-projekter har der været forløbere, som er støttet i enten MUDP og/eller andet regi. For eXeno™ teknologien fra Krüger (Veolia) er der således tale om hele tre forudgående projekter, forud for det fjerde MEREFF-projekt, der endeligt bekræfter teknologiens miljømæssige og kommercielle potentiale. I flere af projekterne har parterne ligeledes formået at tage udviklingen skridtet videre i nye MUDP-projekter eller andre sammenhænge.

MILJØPOTENTIALE. På 5-trinsskalaen vurderes miljøpotentialet til trin 3. Det er udtryk for, at det er realistisk, at teknologierne på sigt vil kunne opnå de miljøeffekter, som var forventet på ansøgningstidspunktet – men også at dette er anses for at være usikkert.

I fire ud af de fem caseprojekter er der påvist gavnlige miljøeffekter ved størstedelen af de udviklede og demonstrerede teknologier set i forhold til eksisterende løsninger. Teknologierne vil imidlertid kun komme til at realisere miljøforbedringer på aggregeret niveau, hvis de reelt udbredes over de kommende år.

Flere af renseteknologierne bygger på etablerede teknologier, der allerede sælges til andre formål. I de tilfælde, hvor salget til disse andre formål er øget gennem de senere år, vil der også være gavnlige miljøeffekter med hensyn til miljøfremmede stoffer, mikroplast, patogener bakterier osv. som det i nogle af MUDP-projekterne er blevet demonstreret, at teknologierne (også) kan håndtere.

Desuden gælder det for de fleste af renseløsningerne i de undersøgte cases, at der findes konkurrerende, avancerede renseløsninger på markedet, som er udviklet i andre sammenhænge. Hvis og når "MUDP-løsningerne" udbredes, vil det således i nogle tilfælde

være andre avancerede løsninger, der fortrænges. Det gælder fx når et renseanlæg vælger mellem at supplere de eksisterende renses trin med en ny løsning.

UDBREDELSE OG ERHVERVSPOTENTIALE. På spildevandsområdet er der på tværs af de fem caseprojekter indtil videre tale om en ganske lille udbredelse af de udviklede renseteknologier til de specifikke formål, de er blevet testet og demonstreret til. Kun i enkelt tilfælde er renseløsningen afsat og implementeret i fuld skala til formålet; det drejer sig Mecana-filterløsningen hos Måløv Renseanlæg, som ud over fjernelse af mikroplast (det testede formål) også bidrager til efterpolering for fosfor og fjernelse af andre stoffer.

Der er fortsat interesse i markedet for en stor del af de øvrige løsninger. De potentielle kunder – centrale renseanlæg og virksomheder med tilladelse til enten punktkildeudledning eller udledning til centrale renseanlæg – afventer imidlertid i flere af eksemplerne ny regulering, før de vil overveje at investere i løsningerne.

Hvis et nyt Byspildevandsdirektiv vedtages i nogenlunde den form der er fremlagt af EU-Kommissionen, vil det ændre hele situationen, idet der så bliver konkrete krav i EU-landene om at rense spildevandet for miljøfremmede mikroforurenende stoffer, herunder medicinrester og kosmetiske stoffer.

De foreslåede krav, som indføres i etaper over en længere årrække, vil betyde, at større centrale renseanlæg i så fald bliver nødt til at investere i teknologier til fjernelse af miljøfremmede stoffer i et afsluttende renses trin. Der er dog ingen garanti for, at fx MBBR-løsningen vil blive udbredt på markedet, da den vil skulle konkurrere med andre avancerede renseteknologier til fjernelse af mikroforurenende stoffer. Schweiz er i dag det eneste land i Europa med lovkrav og standarder for rensning af spildevandet for medicinrester, og her er ozon-behandling og aktiv kulfiltrering indtil videre de løsninger som de fleste renseanlæg har valgt.

Byspildevandsdirektivet kommer forventeligt også til at indebære krav til forsyningerne om begrænsning af forurening i forbindelse med overløb og reduktion af klimabelastning, hvilket kan bane vejen for flere af de øvrige løsninger, som indgår i caseprojekterne. Selv om stort set ingen af de testede renseteknologier er blevet afsat i fuld i skala til de værtsvirksomheder, der indgik i MUDP-projekterne, har flere af dem derfor fortsat et tydeligt erhvervspotentiale.

Et gennemgående problem i forhold til at opnå et erhvervsmæssigt udbytte af MUDP-projekterne inden for spildevand er de typisk yderst korte vinduer for demonstration af de udviklede løsninger. De fleste pilotanlæg er blevet nedtaget efter relativt korte testperioder. Dermed bliver der ikke tid til at demonstrere de færdige pilotanlæg overfor potentielle kunder, hvilket ellers kunne have været en fordel for teknologiudvikleren. Samtidig virker det mod hensigten om, at teknologierne netop skal demonstreres (og ikke kun testes) i UTD-projekter.

9 Temaanalyse 5 - Genanvendelse af plast og tekstiler

Inden for MUDP-programmets strategiske satsning på cirkulær økonomi har der i de senere år været stort fokus på at fremme genanvendelsen af plast og tekstiler.

9.1 Introduktion til temaet

Der er fortsat et stort potentiale for øget genanvendelse af plast- og tekstilprodukter, der i dag oftest ender med at blive sendt til forbrænding efter endt brug. Efterhånden er der etableret omfattende indsamlingsordninger for kildesorteret plastaffald fra såvel erhverv som husholdninger. For brugt beklædning findes der indsamlingsordninger både på genbrugsstationer og via opsatte beholdere og butikker som drives af frivillige organisationer såsom Røde Kors. For det meste udestår det dog at etablere hustandsindsamling og erhvervsindsamling for kildesorteret tekstilaffald, herunder også andre tekstiler end beklædning.

Til trods for, at indsamling af kildesorteret plast- og tekstilaffald efterhånden har nået et betydeligt omfang, er der stadig relativt større tekniske udfordringer og omkostninger forbundet med at udsortere, genvinde og genanvende forskellige typer af plast- og tekstilmaterialer sammenlignet med fx papir, pap, træ og metaller.

Plast- og tekstilaffald ender derfor ofte med at blive sendt til forbrænding. For begge typer affald er det problematisk, da de indeholder olieprodukter henholdsvis biomasse, som frigiver relativt store mængder CO₂ ved forbrænding. Desuden betyder det, at de udtjente plast- og tekstilmaterialer dermed ikke bidrager tilstrækkeligt til en cirkulær økonomi. En høj grad af materiale-genanvendelse ville netop kunne begrænse fremstillingen af ny plast og nye tekstiler.

Inden for MUDP-programmets strategiske satsning på cirkulær økonomi har der derfor i de senere år været stort fokus på at fremme genanvendelsen af plast og tekstiler. På et tidspunkt har der i MUDP-programmet været særligt fokus på at støtte forskellige tekniske løsninger til mekanisk affaldssortering. Sidstnævnte anses dog at være så udviklet i dag, at der nu kun gives støtte til særlige teknologiske landvindinger inden for affaldssortering såsom fx robotter og avanceret kamerateknologi til automatisk sortering.

MUDP har i de senere år lagt vægt på at yde støtte til oparbejdning og genvinding af affaldet, anvendelse af de genvundne materialer i nye produkter, samt design af produkter med henblik på øget indhold af genanvendte materialer, tilbagetagning, levetidsforlængelse samt affaldsminimering.

VALG AF CASES

I valget af caseprojekter er det forsøgt at afspejle de nyere tendenser i teknologiudviklingen. Tematisk

indgår genanvendelse af plast i tre ud af de fem projekter, mens tekstilgenanvendelse og produktudvikling med henblik på mere bæredygtige tekstiler indgår i de to resterende projekter. Ud af de tre plastprojekter handler det ene om avanceret robotsortering, mens to projekter handler om genvinding af udsorteret plast og anvendelse af de genvundne plast pellets (regranulatet) i nye plastprodukter. Tabel 9.1 indeholder en oversigt over caseprojekterne.

Tabel 9.1. Valg af cases til fokusområdet

Projekt navn	Type	Slutår
Nomi4s: Forbedret teknologi for automatisk robotsortering af plastaffald (fase II)	UTD	2019
Udvikling af oparbejdningsslinje til optimal genanvendelse af indsamlet plast fra husstande	UTD	2020
Udvikling og test af HDPE-produkter i post-consumed plast	UTD	2020
3D støbning i upcycled tekstilaffald	UTD	2022
Udvikling af koncept til fremstilling af bæredygtige hampetekstiler	UTD	2020

9.2 Udvikling i reguleringen

REGULERING AF PLAST

Emballageforordningen (Europaparlamentets og Rådets direktiv 94/62/EF) er en EU-forordning, der fastlægger krav til emballager og emballageaffald. Forordningen har til formål at reducere mængden af emballageaffald og fremme genanvendelse og genbrug af emballage. I Danmark er emballageaffald omfattet af producentansvarsordningen, som er en del af det udvidede producentansvar. Ifølge denne ordning har producenter og importører af emballage en forpligtelse til at betale for indsamling, transport og behandling af det emballageaffald, som deres produkter medfører.

Målet er at skabe incitament for producenter til at designe emballage, der er mere miljøvenlig og lettere at genanvende. Det udvidede producentansvar for plast er en yderligere forpligtelse, som er blevet indført for at reducere mængden af plastaffald. Producenter og importører af plast er forpligtet til at betale en afgift, som skal finansiere indsamling, transport og behandling af plastaffaldet. Det skal bidrage til at øge genanvendelsen og reducere mængden af plastaffald, der ender i naturen.

EU-strategien for cirkulær økonomi blev præsenteret af Kommissionen i 2015. Den tager sigte på, at medlemslandene successivt skal realisere målene for bedre affaldshåndtering og ressourceudnyttelse

gennem implementering af forskellige tiltag og ny regulering frem mod 2030.

EU's strategi for affaldshåndtering fra 2018 er en udløber af den overordnede strategi med det formål at bringe plastaffaldet ind i en cirkulær økonomi. Strategien lægger op til, at der skal indføres mere standardiserede systemer for indsamling og sortering. Desuden lægger den op til ny regulering, der foreskriver, at en betydelig andel af de plastemballage, der produceres og forhandles i medlemslandene, skal være baseret på genanvendt plast som råvare.

Målene er, at andelen genanvendt plast inden 2030 skal være nået op på mindst 30 procent for fødevareremballage, 30 procent for drikkevareflasker af plast til engangsbrug og 35 procent for al anden plastemballage. Målene skal realiseres samlet set på nationalt niveau. Med hensyn til affaldsminimering er det målet, at de totale mængder genereret emballageaffald for hvert medlemsland skal reduceres med fem procent inden 2030, 10 procent inden 2035 og 15 procent inden 2045.

Medlemslandene, herunder Danmark, er forpligtede til at implementere den nødvendige regulering til at opfylde ovennævnte mål, som træder i kraft i 2030. I Danmark er det Miljøstyrelsens ansvar at rapportere om målopfyldelsen i forhold til de nationale mål for genanvendelse og håndtering af affald. Opgørelsen af målopfyldelsen sker ved at sammenligne den faktiske genanvendelsesprocent med de fastsatte mål.

I Danmark har Miljøstyrelsen fremlagt en handlingsplan for cirkulær økonomi i 2020 med henblik på implementering af EU-reglerne. Det er regeringens målsætning at reducere forbrug og forbedre genbrug og genanvendelse af plastaffald. Til at følge udviklingen bruges en række bindende EU-målsætninger og andre indikatorer. Der skal ske en udsortering af 80 procent plastaffald fra forbrændingen i 2030 sammenlignet med 2020, og genanvendelsen af plastemballageaffald skal øges til mindst 50 procent i 2025 og 55 procent i 2030. Andelen af genanvendt plast i nye PET plastflasker skal øges til mindst 25 procent i 2025 og 30 procent i 2030.

Der er desuden sat specifikke mål for indsamling af plastaffald fra landbrugs- og byggesektoren i 2025 og 2030. Landbrugssektoren forventes at sortere 50 procent af affaldsplasten til genanvendelse i 2025 og 80 procent i 2030, mens byggesektoren forventes at sortere 25 procent af affaldsplasten til genanvendelse i 2025 og 75 procent i 2030.

Et Nationalt Plastcenter er blevet etableret med det formål at etablere sektorsamarbejde på tværs af industrier samt at sprede viden om indsamling af plastaffald.

REGULERING AF TEKSTILER

Reguleringen af tekstilaffald udspringer ligeledes i høj grad af EU-strategien og den efterfølgende handlingsplan for cirkulær økonomi

I 2019 indførte regeringen en national affaldsplan, der blandt andet inkluderede et mål om at øge genanvendelsen af tekstiler fra 10 procent til 50 procent i 2025. Dette mål vil blive støttet af en række lovgivningsmæssige tiltag, såsom et kommende forbud mod at deponere brugte tekstiler på lossepladser og krav om rapportering af tekstilaffald fra producenter og importører.

Rapporteringskravet indebærer, at producenter og importører af tekstiler i Danmark regelmæssigt skal indsende rapporter om mængden og håndteringen af tekstilaffald. Disse rapporter vil indeholde information om, hvor mange tekstiler der er produceret eller importeret i en given periode samt hvordan tekstilaffaldet håndteres. Det inkluderer oplysninger om genanvendelse, forbrænding og eventuel deponering af tekstilaffald.

Formålet med ordningen er at øge transparensen og kvaliteten af tekstilindsamling og -genanvendelse i Danmark. Det giver myndighederne, herunder Miljøstyrelsen, mulighed for at overvåge og evaluere fremskridtene i forhold til målet om øget genanvendelse af tekstiler. Desuden bidrager rapporterne også til at identificere eventuelle udfordringer eller områder, hvor der er behov for yderligere tiltag for at opnå målene.

I 2020 blev der også indført en certificeringsordning, som er et samarbejde mellem Miljøstyrelsen og brancheorganisationen Dansk Mode & Textil. Formålet er at forbedre kvaliteten af tekstilindsamling og tekstilgenanvendelse i Danmark. Dette opnås ved at fastsætte klare kriterier og retningslinjer for tekstilindsamlingsvirksomheder og genanvendelsesfaciliteter og ved at udstede certificeringer til dem, der opfylder disse standarder.

På europæisk niveau har EU's Handlingsplan for Cirkulær Økonomi, der blev offentliggjort i marts 2020, også fokus på bæredygtigheden inden for tekstilsektoren. Et af planens centrale elementer er indførelsen af et nyt krav om, at tekstilaffald skal indsamles separat og behandles korrekt for at genanvende materialerne. Medlemslandene forventes at opfylde kravet om separat indsamling inden for en bestemt tidsramme, men præcise datoer kan variere. Indsamlingen kan omfatte forskellige metoder, herunder husstandsindsamling, opsamlingscontainere eller opstillede indsamlingssteder som Røde Kors-bokse eller tøjcontainere. Formålet er at sikre, at tekstiler bliver adskilt fra almindeligt affald og kan håndteres på en bæredygtig måde.

I relation til EU-reglerne for eco-design lægges der op til at øge kravene til tekstilers holdbarhed og modstandsdygtighed over for slid for at forlænge deres levetid og mindske behovet for hyppige udskiftninger. Derudover planlægges der forbedringer af mærkningen af tekstiler for at hjælpe forbrugerne med at træffe mere informerede og bæredygtige valg. Endelig er der også planer om at øge brugen af genanvendte materialer i tekstilproduktionen. Disse initiativer er alle en del af EU's bredere bestræbelser på at fremme cirkulær

økonomi, reducere affald og minimere miljøpåvirkningen fra tekstilsektoren.

RAPPORTERINGSKRAV FOR CO₂-UDLEDNING

EU har indført nye rapporteringskrav for CO₂-udledning i forbindelse med *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD), der vil gælde for virksomheder med mindst 250 medarbejdere fra og med regnskabsåret 2025. Disse krav pålægger virksomhederne at rapportere om CO₂-udledning i hele værdikæden og opfylde en minimumsstandard for bæredygtighed.

CSRD-rapporteringskravene kan få stor betydning for virksomhedernes indkøb af råvarer og andre varer til produktionen, herunder plast- og tekstilmaterialer. Virksomheder vil således være nødsaget til at indsamle, analysere og rapportere data for deres klimaaftryk i hele værdikæden. Derudover skal virksomhederne opfylde visse minimumsstandarder for bæredygtighed.

Eftersom produktion af ny plast og nye tekstiler er særdeles energi- og ressourceintensive processer, med et højt forbrug af fossile brændsler, vil virksomhederne mærkbart kunne reducere deres klimaaftryk ved i højere grad at indkøbe genanvendte plast- og tekstilmaterialer til driften. Større virksomheder vil således have incitament til at reducere deres klimaaftryk fra indkøb af materialer, herunder plast og tekstiler. Dette kan føre til, at de stiller øgede krav til deres underleverandører om at levere genanvendte plast- og tekstilmaterialer.

9.3 Miljøudviklingen på området

OPRIDS AF MILJØUDVIKLINGEN

I det følgende gives et overblik over udviklingen i de senere år med hensyn til indsamling og genanvendelse af plast- og tekstilaffald. Gennemgangen er baseret på Miljøstyrelsens affaldsstatistik samt statistik for emballageforsyningen. Gennem sammenstilling af de relevante kategorier ud fra samme principper som i Miljøstyrelsens publicerede affaldsstatistikker er der skabt et overblik over indsamling og genanvendelse af plast- og tekstilaffald fra 2016 til 2020 (som er det seneste år, der findes data for)

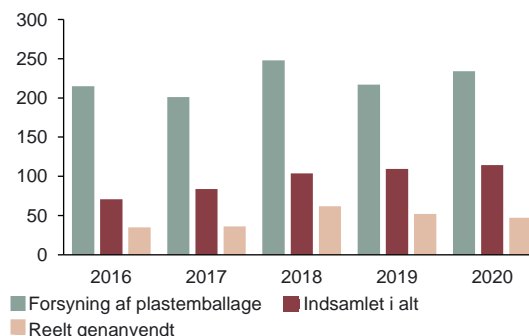
Genanvendelse af plast

Som det fremgår af Figur 9.1 var den samlede forsyning af plastemballage til det danske marked stigende gennem årene 2016-2020. Forsyningen toppede i 2018 med 248.000 tons. I samme periode blev der ifølge affaldstransportørernes indberetninger til Miljøstyrelsens affaldsdatasystem foretaget indsamling af ca. 71.000 tons kildesorterede fraktioner med plastemballage i 2016, og denne mængde steg gradvist til mere end 114.000 tons i 2020.

I det følgende defineres indsamlingsraten som forholdet mellem indsamlet plastemballageaffald i løbet af året og forsyningen af plastemballage til det danske marked i det samme år. Til indsamlingen medregnes alt

plastemballageaffald, der indsamles fra kildesorterede fraktioner i Danmark, herunder også det affald, der derefter eksporteres. Idet det antages, at størstedelen af de forsynede emballager forbruges hurtigt (i løbet af det år det forsynes), giver indsamlingsraten et rimelig præcist billede af andelen af forbrugte plastemballager, der indsamles i kildesorterede fraktioner.

Figur 9.1. Genanvendelse af plastemballageaffald (1.000 ton)



Ud fra indberetningerne kan det konkluderes, at indsamlingen af plastemballage fra kildesorterede fraktioner har været stigende for perioden, og samtidig er indsamlingsraten også steget fra ca. 33 procent i 2016 til omkring 50 procent i 2019 og 2020. Dermed er det omtrent halvdelen af plastemballageaffaldet i Danmark, der indsamles i kildesorterede fraktioner, dvs. hvor plastemballage er det primære affaldsmateriale. Den øvrige halvdel af plastemballageaffaldet indsamles som en del af blandede fraktioner, der typisk går til forbrænding.

De kildesorterede fraktioner vil altid indeholde en vis andel af andre materialer blandt andet fordi, sorteringen er ufuldstændig.

At godt og vel halvdelen af plastemballagerne indsamles i separate kildesorterede fraktioner betyder dog ikke, at denne halvdel ender med at blive genanvendt. Hvis man ud fra indberetningerne til affaldsstatistikken kun medregner den andel af plastemballagen, hvis slutanvendelse entydigt er rapporteret som former for genanvendelse eller genvinding under recovery disposal koderne (R1 til R12) fås et bedre indblik i den reelle genanvendelse af det separat indsamlede plastaffald.

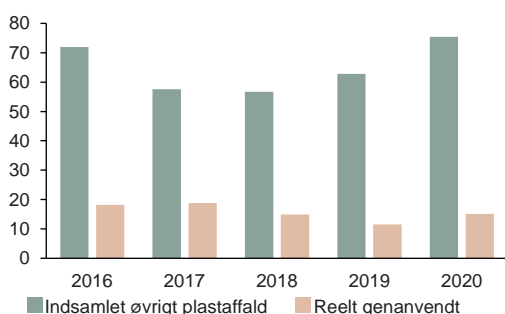
For plastemballager lå den reelle genanvendelse af indenlandsk indsamlet plus eksporteret affald på ca. 35.000 tons i 2016, hvorefter det toppede i 2018 med ca. 62.000 tons. I 2019-20 var den reelle genanvendelsesmængde faldet tilbage til et niveau på mellem 47-52.000 tons. Ud af den totale mængde plastemballageaffald, der er indsamlet separat, udgjorde genanvendelsesraten således 41-48 procent, mens genanvendelsesraten målt i forhold til forsyningen udgjorde 20-23 procent i 2019-20.

Det indikerer, at det stadig er mindre end en fjerdedel af de forbrugte plastemballager i Danmark, der reelt genanvendes i enten Danmark eller udlandet. Dermed

var der i 2020 stadig langt til den nationale målsætning, om genanvendelse af halvdelen af plastemballageaffaldet i 2025.

Figur 9.2 viser tilsvarende data for indsamling og genanvendelse for øvrigt plastaffald, hvor der dog ikke kan findes opgørelser, der direkte kan bruges til at fastlægge bruttomængden af kasseret plast. I 2016 blev der indsamlet ca. 72.000 tons øvrigt plastaffald i kildesorterede fraktioner. Den mængde faldt til ca. 57.000 tons i 2018, men steg derefter igen til ca. 75.000 tons i 2020.

Figur 9.2. Genanvendelse af øvrigt plastaffald (ton)



Den reelle genanvendelse udgjorde i 2020 kun ca. 15.000 tons, og genanvendelsesraten målt i forhold til de indsamlede mængder ligger dermed kun på ca. 20 procent for øvrigt plastaffald – det er et betydeligt lavere niveau end tilsvarende for plastemballager, hvor genanvendelsesraten var 41 procent i 2020.

En anden vigtig tendens er en betydelig stigning i den samlede danske eksport af plastaffald, jf. tabel 9.2. Eksporten af plastaffald (på årsbasis) er således steget med ca. 20.000 tons fra 2016 til 2020, hvilket svarer til en stigning på mere end 40 procent. Importen er også steget, men i mindre omfang. Tabel 9.2 illustrerer også, at Danmark har en betydelig nettoeksport af plastaffald på ca. 50.000 tons i 2020.

Tabel 9.2. Import og eksport af plastaffald (1.000 ton)

	2016	2020	Ændring	
Import	Emballageaffald	2,5	5,4	2,9
	Øvrigt plastaffald	10,6	10,5	-0,1
	I alt	13,1	16,0	2,8
Eksport	Emballageaffald	24,3	42,9	18,6
	Øvrigt plastaffald	21,7	23,5	1,8
	I alt	46,0	66,4	20,4

Det kan konkluderes, at fremgangen i affaldshåndteringen af de forskellige plasttyper primært er sket med hensyn til indsamlingen, som for begge typer plastaffald er blevet forøget siden 2017. Samtidig er det

stadig en ganske betydelig andel af det indsamlede affald, der reelt ikke genanvendes. De opgjorte genanvendelsesrater for plastemballager og øvrigt plast ligger væsentligt lavere end de politiske målsætninger for genanvendelse af plast i en cirkulær økonomi. Desuden kan det konkluderes, at der stadig sker en relativt stor nettoeksport af plastaffald fra Danmark til udlandet, og at dette formentlig er en konsekvens af, at Danmark stadig mangler kapacitet til at oparbejde og genvinde plastaffald.

Genanvendelse af tekstiler

For tekstiler er de tilsvarende data fra affalds-transportørernes indberetninger til affaldsdatasystemet mindre egnede til at skabe et samlet overblik over indsamling og genanvendelse.

Det skyldes, at en betydelig del af det tekstilaffald, som kommer fra beklædning indsamles med henblik på direkte genbrug via frivillige organisationer.¹⁹ Der er dog en (stor) andel heraf, som ikke kan afsættes til dette formål, og derfor ender med en anden slutbehandling. For det eksporterede tekstilaffald via de frivillige organisationer er det særligt svært at opgøre slutbehandlingen, men der foreligger dog en kortlægning af det samlede tekstilflow fra 2017.

Ifølge rapporten *Kortlægning af tekstilflows i Danmark* (Miljøstyrelsen, 2018) forbruges der årligt ca. 76.000 tons tekstilaffald, som håndteres på følgende måder: Omkring 42.000 tons (ca. 55 procent) ender med at blive forbrændt eller deponeret, mens ca. 16.000 tons (21 procent) bliver direkte genbrugt, og de resterende 24 procent bliver genanvendt på anden vis.

9.4 Teknologiuudvikling i case projekterne

Case 1: Nomi4s: Forbedret teknologi for automatisk robotsortering af plastaffald (fase II)

Projektet er udført af det kommunale affaldsselskab Nomi4s i samarbejde med virksomhederne Linatech, GRIPWIQ og Nordtec-Optomatic, der hver især har bidraget til at udvikle og levere forskellige komponenter til robotsorteringer.

Hovedmålet med projektet har været at forbedre det automatiske robotsorteringsanlæg til plastaffald, der blev etableret i fase 1 i et forudgående MUDP-projekt. I fase II har der været fokus på at forbedre bestemte komponenter til materialeidentifikation, robøthåndtering og greb med henblik på finsortering af forskellige plasttyper. Målene har været at udvikle og producere udstyr med følgende egenskaber:

- Adskillelse af 2D (folie) og 3D plast (hård plast)
- Forbedret gribeteknik via sammenpresning af materialer på sorteringsbånd, optimering af sug/tryk funktion, og samspil med robot og sensor

¹⁹ Ca. tre fjerdedele af de forbrugte tekstiler er beklædning, mens den sidste fjerdedel er boligtekstiler.

- Forbedret "algoritme" til styring og hastighedsforøgelse af robotfunktionerne
- Forbedret sensorteknologi, der kan genkende sort plast og som kan læse 3D og farver

Projektets mål er overvejende blevet realiseret. Det er lykkedes at teste forsørgelse med ballistisk sigte, der er i stand til at adskille 2D (folie) fra 3D (hård plast). For at forbedre gribeteknikken er der blandt andet udviklet nye sugehoveder, med bedre gribeevne. Optimering af robotternes kørselsmønstre og software, har betydet, at robotterne nu sorterer oftere, hurtigere og mere præcist.

Intentionen om at udvikle et 3D-kamera, til genkendelse af sort og farvet plastik og 3D billeder af emner, blev undersøgt, men viste sig ikke at være anvendeligt på robotsorteringsanlægget. Til gengæld blev den eksisterende materialedetektion med NID-kamerateknologi forbedret. Intentionen om at udvikle udstyr til komprimering af plastaffald, for at gøre emner mere gribelige viste sig heller ikke mulig at realisere.

Case 2: Udvikling af oparbejdningslinje til optimal genanvendelse af indsamlet plast fra husstande

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Aage Vestergaard Larsen (producent af plast regranulat og projektleder), tre kommunale og et privat affaldsselskab (Reno-Nord, Amager Ressource Center, Nomi4S, og Dansk Affald), Teknologisk Institut, samt SKY-LIGHT og AL-2 Teknik.

Det overordnede formål med projektet var at udvikle en robust og fleksibel oparbejdningslinje til husstandsindsamlet hård plast af polyethylen (HDPE) og polypropylen (PP). Oparbejdningslinjen skal sikre, at de modtagne affaldsfraktioner med plast oparbejdes i en kvalitet, så de kan indgå i produktion af ekstruderede, genvundne plast pellets.

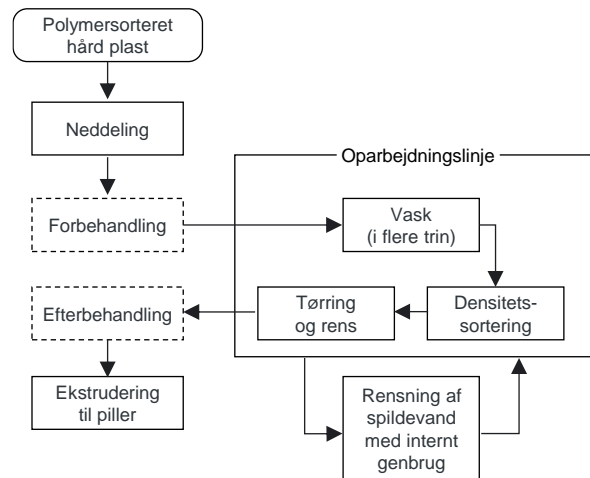
I projektet er der også arbejdet med udvikling af løsninger til oparbejdning af sort plast og vanskeligt genanvendelige PET-produkter (bakker og multilagskonstruktioner), der pt. helt overvejende går til forbrænding, men uden at oparbejdningslinjen er færdiggjort til endelig håndtering af disse emner.

Det kildesorterede HDPE/PP plastaffald som deltagende kommunale affaldsselskaber modtager er ikke rene fraktioner, men er blandet med enten folie, metal, eller glas (eller flere af nævnte). Derfor har selskaberne hver især etableret enten forsøgs- eller fuldskalaanlæg til sortering af plastaffaldet ved hjælp af NIR-detektionsteknologier, og enten trykluftdrevne dyser eller robotter for at udsortere forskellige plastpolymerer.

Der er dog et stort skridt fra de kommunalt udsorterede plastfraktioner til at kunne anvende disse til produktion af genvundne plastmaterialer, som kan sælges på markedet. Det centrale element i projektet var derfor at udvikle, etablere og teste en oparbejdningslinje til

neddeling, vask, densitetssortering, samt tørring og rens af det modtagne plastaffald, og efterfølgende ekstrudering til plast pellets, jf. skitsen i figur 9.3.

Figur 9.3. Skitse over udviklet oparbejdningslinje



Projektet realiserede til fulde de opstillede målsætninger, endda så godt, at Aage Vestergaard Larsen i løbet af projektet traf beslutning om at investere i opgradering fra pilotskala til fuldskala, så oparbejdningslinjen i dag indgår i den ordinære drift.

Case 3: Udvikling og test af HDPE-produkter i post-consumed plast

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Schoeller Plast (producent af støbte plastvarer), Plastix (producent af genvunden plastråvare), J. Myhre (formidler af producerede plastdunke), Arla (aftager af emballager), Provice (rådgivning ift. take-back ordninger og LCA) og Plastic Change (NGO).

Plastix var anført som projektleder i ansøgningen, men den opgave blev siden videregivet til Provice, der har haft den overordnede projektledelse og sekretariatsfunktion samt udført miljøvurderinger og slutrapportering.

Det overordnede formål var at demonstrere, at det er muligt at udvikle et regranulat (pellets) af plastaffald fra kasserede fiskeredskaber og blomsternet og bruge det til produktion af forskellige tyndvæggede plastemballager i høj kvalitet, der kan sælges til en konkurrencedygtig pris.

Konkret var det formålet, at (i) udvikle en råvare af genvunden plast, der kan anvendes til produktion af støbplast og blæsestøbning, og (ii) fremstille færdige plastvarer i form af 3-5 prototyper af tyndvæggede plastemballager baseret på råvaren. Som led heri var det også formålet at teste kvaliteten og opgøre de miljømæssige fordele ved produkterne.

I projektet lykkedes det at fremstille råvarepellets med forskellige grader oparbejdet HDPE plastaffald og producere støbte prototyper af plastemballager, der opfylder markedskrav til kvalitet, styrke og produktionsteknik. Der blev fremstillet prototyper i tre

forskellige forme til kasser i sprøjtetstøbt plast og to forskellige forme til flasker i blæsestøbt plast.

Projektets formål blev i det store hele realiseret. For kasserne i sprøjtetstøbt plast viste det sig nødvendigt at anvende en råvare, hvor det udviklede plast regranulat blev blandet med enten virgin plast eller kværnet genbrugsplast fra tilbagetagne kasser. For flaskerne i blæseplast viste det sig muligt at anvende 100 procent plast regranulat, uden at det gik ud over pris, produktion og kvalitet.

Case 4: 3D støbning af display produkter i Really upcycled tekstilaffald

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Really (privat tekstil upcycling virksomhed, Convert (tekstilgenvindingsvirksomhed), og Provice (specialistvirksomhed inden for miljøvurderinger og grønne forretningsmodeller). Really er delejet af Kvadrat, der forhandler boligtekstiler til især kontormiljøer. Convert er et joint venture mellem Kvadrat og Møllerup Gruppen. Derudover var flere virksomheder tilknyttet som leverandører til testforløb, herunder Loop Factory, Fiber Injected Moulding og B6.

Projektet havde til formål at bygge videre på erfaringerne fra tidligere faser i det forudgående MUDP-projekt: *Formstøbning af designmøbler med upcycled tekstilgranulat fra Really* på baggrund af hvilket, Really har udviklet 2D-produkter af pressede, tekstilmåtter, som i dag indgår i Kvadrats produkt-sortiment i form af lydisolierende loftsplader og bordplader. Det overordnede formål med det nye projekt var at udvikle en teknik til 3D-støbning ved hjælp af upcycled tekstilaffald, for at skabe et mere bæredygtigt alternativ til traditionelle støbnings-teknikker.

Projektet havde to hovedformål. Det første var udvikling af fibermateriale til test. Her blev kravspecifikationerne for halvfabrikata defineret og testprodukter i form af bomuld, uld og polyester fibermateriale af tekstilaffald blev udviklet. Det andet var udvikling, design, tilpasning og fremstilling af to-fire 3D-prototyper på "living" produkter samt dokumentation og kvalitetsvurdering af prototyper.

Projektfokus ændrede sig fra de planlagte støbningstest med fiber injected moulding (FIM) teknologi til test med presseteknologier via Loop Factory's testfaciliteter. Årsagerne var, at FIM-teknologien lå for langt væk fra Really's og Convert's kernekompetencer til at understøtte deres strategiske fokus, samt at Loop Factory's presseteknologier udgjorde billigere værktøjer, der bedre kunne opfylde Really's kvalitetskriterier. Det sidste skyldes, at presseteknologien i langt mindre grad forårsager smelteskader på tekstilet end FIM-teknologien

Der blev produceret i alt 10 forskellige varianter af testmateriale i form af pressede nonwoven-tekstiler fremstillet på Converts anlæg. Den ambitiøse målsætning var 90 procent affaldstekstilfibre og 10 procent plantebaseret BICO binder. Det lykkedes i

projektet at lave blandinger op til 80 procent fibre, som kunne opfylde krav til formstabilitet og æstetik, men det driftssikre forhold mellem fibre og binder viste sig at være 70-30 procent

Projektets formål er i det store hele blevet realiseret. Det lykkedes at fremstille 3D prototyper af "living" produkter, og især produktionen af "Clouds" – som Kvadrat i dag sælger til boligindretning – viser at teknologien til 3D-støbning med upcycled tekstilaffald er effektiv og lovende i forhold til at skabe innovative og bæredygtige produkter.

Case 5: Bæredygtige hampetekstiler - Udvikling af koncept til fremstilling af bæredygtige hampetekstiler

Projektet blev gennemført med fokus på udviklingen af bæredygtige hampetekstiler i et samarbejde mellem en række forskellige aktører i den samlede værdikæde. Deltagerne var Vittenbjerggård (landbrug som er pioner indenfor dyrkning af hampefiber), Advanced non-woven (leverandør af teknologi til produktion af non-woven tekstiler), Kvadrat (førende virksomhed indenfor salg af indretningstekstiler) og designer Rachel Kollerup, der producerede prototyper af vævede metervarer med nye bæredygtige designs. Novozymes og VIA var også involveret. Novozymes deltog i undersøgelser af mulighederne for at anvende enzymer til at forbedre egenskaberne for de udviklede hampetekstiler.

Projektet har således søgt at inddrage hele værdikæden fra dyrkning af hamp til salg af bæredygtige produkter, herunder både non-woven hampeprodukter (hampemåtter til forskellige formål) og vævede hampetekstiler til beklædning. Ud over ovennævnte projektpartnere blev der samarbejdet med et af Europas førende garnspinderier, der er i stand til at spinde garn af hamp til vævede tekstiler.

Formålet med projektet var at udvikle et koncept til fremstilling af bæredygtige hampetekstiler og dermed tilbyde et mere miljøvenligt alternativ til konventionelle tekstilmaterialer. Projektet fokuserede på at identificere og forbedre processerne i hele værdikæden, herunder dyrkning af hamp, fiberudvinding og tekstilproduktion, for at reducere miljøpåvirkningen og øge bæredygtigheden.

I løbet af projektet blev der udført omfattende forskning og udvikling med henblik på at optimere dyrkningsmetoder og fremstille hampefibre af høj kvalitet. Dette omfattede undersøgelser af forskellige avlsteknikker, optimering af høstmetoder og identifikation af de mest velegnede sorter til tekstilproduktion. Der blev også eksperimenteret med innovative metoder til at forbedre fiberrensning og forarbejdning, herunder mekaniske og enzymatiske processer.

Projektet viste lovende resultater i udviklingen af bæredygtige hampetekstiler. Gennem optimerede produktionsprocesser og anvendelse af miljøvenlige metoder lykkedes det at fremstille tekstiler med høj kvalitet og en reduceret miljøpåvirkning. Projektets

formål om at etablere et bæredygtigt fremstillingskoncept for hampetekstiler blev i stor udstrækning realiseret.

9.5 Miljøeffekter i case projekterne

Case 1: Nomi4s: Forbedret teknologi for automatisk robotsortering af plastaffald (fase II)

Det tidligere fase I projekt resulterede i etablering og afprøvning af et demonstrationsanlæg, der var forsynet med forsortering, NIR sensorteknologi og robotteknologi til automatisk finsortering af blandet plast. I det undersøgte fase II projekt blev anlægget optimeret, jf. forrige afsnit, og anlægsoptimeringerne blev testet i forskellige trin.

Det er vanskeligt at vurdere miljøeffekterne, fordi der ikke er foretaget sammenligningsmålinger med hensyn til sorteringsgrader mellem fase I og fase II anlæggene. Det skyldes blandt andet, at den ballistiske sigte kun var udlånt til Nomi4s i en kort periode og derfor ikke kunne testes i samspil med det endeligt optimerede robotanlæg. Den ballistiske sigte viste sig effektiv og ret afgørende for øget frasortering af plastfolie og dermed opnåelse af renere fraktioner og mere genanvendelige fraktioner af hård plast. En retvisende test af den miljømæssige performance af den samlede anlægs-konstruktion ville derfor have krævet, at den ballistiske sigte havde været til rådighed sidst i projektet.

Det nærmeste slutevalueringen kommer på indikation af de miljømæssige gevinster er, at gribeteknologien forbedres fra i gennemsnit at kunne gribe 71 procent af HDPE-emnerne før optimeringerne til 85 procent efter. Det vil have en direkte positiv effekt på graden af HDPE udsorteret til mulig genanvendelse, fordi emner, der ikke gribes, bliver frasorteret til forbrænding. Gennem optimeringerne i fase II er anlægget også blevet bedre til at detektere og gribe PET – her er gribesikkerheden opgjort til knap 75 procent efter fase II optimeringerne, mens der ikke er data fra før.

De mange øvrige forbedringer ud over gribeteknologien må også formodes at bidrage til højere udsorterings- og renhedsgrader, men dette er ikke blevet testet. Fremfor alt har fase II projektet resulteret i en række forbedringer i robotsorteringsanlæggets forskellige komponenter, som har været afgørende for, at anlægget nu kan driftes stabilt og omkostningseffektivt med beskeden manuel indgriben.

Case 2: Udvikling af oparbejdningslinje til optimal genanvendelse af indsamlet plast fra husstande

I projektet foregik hovedparten af udviklingsaktiviteterne hos Aage Vestergaard Larsen (AVL), hvor der i produktionen blev etableret en ny, innovativ oparbejdningslinje, jf. skitsen i figur 9.3 ovenfor. I takt med opbygningen af anlægget blev performance løbende testet, og på baggrund heraf optimerede AVL anlæggets forskellige hovedkomponenter med store forbedringer i oparbejdningslinjens drifts- og miljø-

mæssige performance. Miljøeffekterne blev testet ved følgende indikatorer:

- Endeligt *tørstofudbytte* (kg), som kan indgå i produktion af pellets af de forskellige plastfraktioner som andel af den totale vægt af de modtagne sorterede affaldsfraktioner
- Endeligt *specifikt plastudbytte*, som udgør den andel af den reelt indeholdte plastmængde i de (ufuldstændigt) sorterede modtagne fraktioner, der ender med at kunne indgå i produktion af plast pellets
- *Tab af plast* i oparbejdningslinjens vaske- og tørretrin. Tabet vedrører især plast, som er slået i stykker til så små partikler, at de kan passere vaskerens sigtehuller.
- *Vandforbrug* (liter per. kg. plast) til oparbejdningslinjen
- Kvalitet målt ved *polymerrenhedsgraden* af de ekstruderede plast pellets baseret på det omsmeltede regranulat

Sideløbende med optimeringerne af oparbejdningslinjen blev der foretaget vurderinger af, hvordan de deltagende affaldsselskaber kunne optimere deres sorteringsaktiviteter for de leverede plastfraktioner til oparbejdningslinjen. AVL modtog herefter nye plastfraktioner fra affaldsselskaberne til den endelige anden serie af testproduktioner.

De centrale miljøeffekter, som blev opnået med anlægget efter en række optimeringer, er vist i Tabel 9.3 nedenfor.

Tabel 9.3. Testresultater opnået i forsøg. Procent (se noter)

Fraktion	Tørstofudbytte	Plastudbytte	Polymerrenhed
HDPE	80-91	94-95	93-98
PP	75-82	88-93	98-99
PET	80-81	84-87	ikke høj nok***

Note: Resultaterne for HDPE baseret på forsøg 10, 12 og 17.

Resultaterne for PP er baseret på forsøg 8, 13 og 16. Forsøg 11 er udeladt, da det udgør en outlier

Resultaterne for PET er baseret på forsøg 15 og 18, som kom efter ændringer i vask og densitetssortering, der mindskede tabet af PET. Polymerrenheden er ikke angivet for PET, men det konstateres, at oparbejdning til fornøden kvalitet vil kræve en modificeret densitetsseparationsenhed samt metoder til fraseparation af metal og PVC.

Projektet underbygger, at de plastfraktioner fra husholdningsaffald, der bliver udsorteret af affaldsselskaberne, ikke i sig selv er rene nok til at kunne genanvendes. Genanvendelse af en betydelig andel af de leverede plastfraktioner blev realiseret via den udviklede oparbejdningslinje, der sikrer, at affaldsplasten kan genvindes til plast pellets af høj kvalitet.

Det lykkedes at genvinde i størrelsesorden 75-90 procent af de udsorterede fraktioner, og hele 85-95 procent af den del af de udsorterede fraktioner, som

reelt udgøres af HDPE, PP eller PET. Tabet af plast i oparbejdningsslinjen er således nede på omkring 5 procent for HDPE, 10 procent for PP, og 15 procent for PET.

Som noget meget afgørende demonstrerer projektet også, at den udviklede løsning formår at generere HDPE- og PP-pellets med gode materialeegenskaber, og en polymerrenhed, som er høj nok til, at de kan ekstruderes henholdsvis blæsestøbes til forskellige plastvarer, der er konkurrencedygtige på markedet. Løsningen, som i dag er idriftsat i fuld skala hos AVL, kommer dermed til at bidrage til øget genanvendelse af plast i Danmark, hvor den reelle genanvendelsesrate i dag ligger på under 20 procent, jf. afsnit 9.3

Løsningen er desuden miljøvenlig med hensyn til vandforbruget, som er lavere (0,8 liter per kg. plast) end sammenlignelige anlæg. Afslutningsvis er der udarbejdet en LCA-screening, som viser, at cradle-to-gate produktionen af de genvundne pellets har et betydeligt lavere samlet klimaaftryk end virgin plast: LCA'en viser, at for hver kilo plast, der genvindes i løsningens værdikæde, spares miljøet for ca. 2,4 kg. CO₂.

Case 3: Udvikling og test af HDPE-produkter i post-consumed plast

Projektets første del gik ud på at udvikle råvaren (genvundne plast pellets), så den kunne bruges til produktion af de forskellige prototyper af plastemballager projektet skulle demonstrere. Her var der ikke som sådan tale om udvikling af en helt ny råvare, idet der blev benyttet OceanIX™ pellets fra virksomheden Plastix, der er baseret på upcycled HDPE fra fiskeri (trawl og reb) samt HDPP fra gartnerier (blomsternet).

Udviklingsaktiviteterne i denne del handlede om modificering af OceanIX™ pellets – via blanding med virgin plast og tilsætningsstoffer – så råvarens MFI (melting flow indeks) blev tilpasset de produktions-tekniske behov i plastproduktion for blæsestøbning af beholdere henholdsvis formstøbning af kasser. Boksen neden for sammenfatter en række af de tekniske testresultater.

Tekniske testresultater

De forskellige testversioner af råvaren blev dokumenteret med kravspecifikationer, migrationstest, test for RoHS indholdsstoffer og produktdatablade. Testråvarerne udviste ikke nogen problemer i forhold til stoffer under RoHS direktivet. Test af migration viste, at råvarerne overholder kravene til fødevareemballager. Imidlertid stiller de nuværende retningslinjer fra European Safety Authority krav om sporbarhed tilbage til kilden for materialer til fødevareemballager. Det er ikke muligt for de brugte trawl og net som OceanIX™ pellets produceres af, og derfor blev det besluttet, at der ikke skulle indgå fødevareemballager blandt de prototyper projektet skulle udvikle.

For sprøjtestøbt plast blev der produceret prototyper i tre forskellige støbeplastformer: en mælkekasse, en ølkasse, en brødkasse. Resultaterne viste, at der var muligt at

producere mælkekasserne med op til 80 procent indhold af genvundne OceanIX™ pellets, men hvis alle funktionelle, visuelle, og produktionstekniske vilkår skal opfyldes, er den optimale opblanding 45-60 procent HDPE OceanIX og 40-55 procent virgin plast. Derefter blev der udført test med en brødkasse og en ølkasse af 100 procent genbrugsplast, hvor 50 procent var OceanIX™ regranulat og 50 procent var kværnet genbrugsplast fra tilbagetagne brødkasser og øl-kasser. Det viste sig muligt at producere de respektive kasser af rimelig kvalitet, dog med visse udfordringer.

For blæsestøbt plast blev der testet i to forskellige forme: en 1 liters flaske med standard dimensioner og en 250 ml. beholder med mere krævende design og detaljer. De gennemførte test viste, at begge typer beholdere succesfuldt kunne fremstilles på basis af 100 procent genvunden HDPE OceanIX.

Projektet demonstrerer, at der kan fremstilles salgbare plastemballager med et højt indhold af genbrugsplast. Hvis disse produkter markedsføres og fortrænger eksisterende plastemballager baseret på virgin plast, vil det kunne medvirke til at øge genanvendelsen af plast og understøtte cirkulær økonomi. Kontakterne til mulige aftagere under og efter projektforløbet tyder på, at visse af de udviklede plastemballager vil kunne afsættes på markedet (se afsnit om erhvervseffekter).

Desuden er der gennemført LCA-screeninger, dels af den genvundne OceanIX råvare over for virgin plast, dels af en af plastkasserne, hvor en single-use model sammenlignes med en take-back model. For sidstnævnte er resultatet, at take-back modellen har et lavere klimaaftryk, hvis kasserne recirkuleres mindst 8 gange (holdbarheden muliggør op til 75 gange).

Case 4: 3D støbning af display produkter i Really upcycled tekstilaffald

Projektet har resulteret i betydelige miljømæssige forbedringer sammenlignet med konventionelle tekstilmaterialer. Ved at anvende Really upcycled tekstilaffald til 3D-støbning af displayprodukter blev der opnået en reduktion i CO₂-udledningen sammenlignet med konventionelle tekstilmaterialer. Den præcise CO₂-besparelse afhænger af produktets størrelse og kompleksitet. Det viste sig muligt at basere slutprodukterne på ca. 70 procent affaldstekstiler, og derigennem opnå en betydelig reduktion i mængden af virgine tekstilmaterialer.

Generelt set resulterede anvendelsen af upcycled tekstilaffald i en CO₂-reduktion på op til 30 procent sammenlignet med virgine tekstiler. Produktionen af upcycled tekstilaffald krævede betydeligt mindre energi sammenlignet med produktionen af konventionelle tekstilmaterialer. Ved at genanvende og omdanne eksisterende tekstilaffald til 3D-støbte displayprodukter, blev der opnået energibesparelser på op til 40 procent

Ved at anvende upcycled tekstilaffald i stedet for konventionelle tekstilmaterialer blev mængden af affald, der blev deponeret på lossepladser, også markant reduceret. Der blev opnået en reduktion på op

til 50 procent i mængden af tekstilaffald, der skulle bortskaffes. Ved at genanvende og omdanne eksisterende tekstilaffald blev der desuden opnået vandbesparelser på op til 60 procent

Ovennævnte resultater demonstrerer tydeligt de positive miljømæssige forbedringer ved at anvende Really upcycled tekstilaffald i 3D-støbning af displayprodukter. Really's innovative tilgang reducerer CO₂-udledning, sparer energi, mindsker affaldsdeponering og sparer vandressourcer i forhold til konventionelle tekstilmaterialer.

Case 5: Bæredygtige hampetekstiler - Udvikling af koncept til fremstilling af bæredygtige hampetekstiler

I projektet med udvikling af bæredygtige hampetekstiler blev der påvist betydelige potentialer for miljøforbedringer sammenlignet med konventionelle tekstilmaterialer. Gennem anvendelse af hamp som en bæredygtig råvare og implementering af innovative produktionsmetoder blev der eftervist følgende potentielle miljøeffekter:

- *Reduceret vandforbrug:* I forhold til konventionelle tekstiler viste analysen en vandbesparelse på op til 50 procent, blandt andet på grund af hampens naturlige modstandsdygtighed over for sygdomme og skadedyr.
- *Lavere kemikalieforbrug:* Hampefibren kræver langt færre kemikalier under forarbejdningsprocessen sammenlignet med andre tekstilfibre. Derfor kunne kemikalieforbruget reduceres med op til 70 procent.
- *Lavere energiforbrug:* Produktionsprocessen for hampetekstiler viste en reduktion i energiforbruget på op til 30 procent i forhold til konventionelle tekstiler, primært på grund af mindre behov for kemisk behandling og for mekanisk forarbejdning.
- *Mindre klimapåvirkning:* Hamp er en plante, der naturligt optager store mængder CO₂ under væksten. Desuden er hampefibren naturligt bionedbrydelig. Ved at anvende hamp som tekstilråvare kan der opnås en betydelig CO₂-reduktion i forhold til konventionelle tekstilfibre. Analysen viste en potentiel CO₂-reduktion på op til 40 procent

De realiserede miljøeffekter ved udviklingen af bæredygtige hampetekstiler viser tydeligt de potentielle fordele ved at skifte til mere bæredygtige materialer og produktionsmetoder i tekstilindustrien. Ved at udnytte hampens naturlige egenskaber kan der opnås betydelige reduktioner i vandforbrug, kemikalieforbrug, energiforbrug og klimapåvirkning. Projektet anviser dermed veje til en mere bæredygtig tekstilproduktion med et reduceret miljømæssigt fodaftryk.

9.6 Erhvervseffekter i case projekterne

Case 1: Nomi4s: Forbedret teknologi for automatisk robotsortering af plastaffald (fase II)

I projektet lykkedes det at forbedre robotsorteringsanlægget så meget i fase II, at det kommunalt ejede affaldsselskab Nomi4s var klar til at idriftsætte anlægget i fuld skala og afsætte de udsorterede plastfraktioner på markedet med henblik på videre oparbejdning til genanvendt plast.

Planerne herom er imidlertid blevet forhindret efter vedtagelsen af en ny lov, som foreskriver, at kommunerne senest den 1. juli 2023 skal udbyde behandlingen og sorteringen af genanvendeligt husholdningsaffald.²⁰ For at understøtte lige konkurrencevilkår skal eksisterende kommunale anlæg selskabsgøres og kan i en overgangsperiode frem til den 1. juli 2027 byde på behandlingen og sorteringen af genanvendeligt husholdningsaffald.

Ændringsloven indebærer blandt andet, at der indsættes en ny §49f i Miljøbeskyttelsesloven, der forbyder kommuner at eje automatiserede sorteringsanlæg. Eftersom det nye robotsorteringsanlæg ikke var endeligt godkendt og idriftsat inden en fastsat skæringsdato, har de nye regler den konsekvens, at Nomi4s heller ikke må drifte det i overgangsperioden frem til 2027.

Anlægget er derfor stillet i bero, og de kommercielle perspektiver er usikre. Det er muligt, at et eventuelt frasalg af robotsorteringsanlægget til en privat affaldsvirksomhed, eller teknologiudvikler, vil kunne skabe erhvervseffekter på baggrund af anlægget. Dette vil dog først vise sig, når og hvis anlægget bliver frasolgt og idriftsættes.

De private projektpartnere, som har bidraget til teknologiudviklingen på robotsorteringsanlægget, har ikke noget ejerskab til anlægget. Virksomhederne har dog opnået værdifulde erfaringer med hvordan deres respektive komponenter – robotter og tilhørende software, gribeteknologi, NID-kameraer, mv. – kan optimeres til at indgå i avancerede affaldssorteringsanlæg. På baggrund af erfaringerne med projektet har virksomhederne således opnået erfaringer i relation til, hvordan de kan videreudvikle deres teknologier og målrette markedsføringen af dem i relation til affaldssortering.

Case 2: Udvikling af oparbejdningslinje til optimal genanvendelse af indsamlet plast fra husstande

Projektet har allerede haft betydelige erhvervmæssige effekter. Aage Vestergaard Larsen (AVL) vurderede undervejs i MUDP-projektet, at resultaterne fra de opbyggede pilotversioner af de centrale vaske- og tørreknologier i oparbejdningslinjen var så lovende, at virksomheden besluttede at fortsætte med at etablere anlægget i fuld skala (for egne midler). I dag er der

²⁰ Lovforslag L153, som er udmøntet i LOV nr. 898 af 21/06/2022

etableret en færdig oparbejdningslinje i fuld skala hos AVL, som er sat drift, og som har en kapacitet til at behandle op til et tons plastaffald per time, dvs. omtrent 2.500 tons plastaffald per år.

De genvundne HDPE- og PP-plast pellets fra husholdningernes affald er af tilstrækkelig høj kvalitet til, at de kan benyttes i forskellige produkter i virksomhedens sortiment. Fx har AVL indgået et samarbejde med virksomheden Schela A/S om at producere en blæsestøbt beholder af 100 procent genanvendt plast. Denne beholder er valgt som plastemballage af Nopa Nordic A/S for deres sortiment af vaske- og rengøringsmidler, der er blandt de førende i Norden, og som blandt andet sælges i dagligvarekæden Rema 1000.

Den udviklede oparbejdningslinje fra MUDP-projektet, som er målrettet udsorteret plastaffald fra husholdninger, er en ud af tre linjer i AVL. De øvrige linjer oparbejder andre typer af plastaffald fra erhverv og genbrugsstationer, som det er lettere at genvinde. I alt håndterer AVL ca. 16.000 tons plastaffald om året og genvinder ca. 97 procent af dette. AVL er i dag nordens største virksomhed indenfor genvinding af plastgranulat i høj kvalitet. Virksomheden har 67 ansatte.

Plastaffaldet til den nye, idriftsatte oparbejdningslinje kommer i dag fra den private sorteringsvirksomhed Dansk Affald, som også indgik som part i MUDP-projektet, samt fra en svensk sorteringsvirksomhed. De øvrige parter fra MUDP-projektet, som ligger strategisk godt til at kunne levere udsorteret plastaffald til AVL, indgår pt. ikke i samarbejdet. For Nomi4s skyldes det de regulatoriske barrierer, som er fremhævet i forudgående afsnit. For Reno-Nord skyldes det, at de allerede har kontrakt på at levere det udsorterede affald til en samarbejdspartner i Tyskland.

Case 3: Udvikling og test af HDPE-produkter i post-consumed plast

Projektet har haft betydelige, men varierende erhvervs-effekter. For de blæsestøbte prototyper af plastbeholdere, som det viste sig muligt at producere med 100 procent genvundet plastaffald fra fiskeindustrien (OceanIX), er det lykkedes at indgå en aftale med dagligvarekæden Rema 1000, der i dag benytter plastbeholderen til visse egne rengøringsprodukter. Produktion og salg af beholderen blev formidlet af projektpartneren J. Myhre, der er en handels- og engrosvirksomhed inden for transport- og vareemballage.

For projektpartneren Plastix er ordren et stort et gennembrud, idet det er det første produkt i dagligvarehandlen, der 100 procent er baseret på OceanIX regranulatet, som virksomheden har udviklet på gennem flere år.

For prototyperne af sprøjtøbte transportkasser, som blev fremstillet af Schoeller, er det endnu ikke lykkedes at få en ordre på produktion af mælkekassen og brødkassen. Det viste sig ikke muligt at fremstille mælkekasserne med noget nær 100 procent indhold af

OceanIX, men dog med et indhold på mellem 40-60 procent af regranulatet, og virgint plast for resten. Yderligere tests viste dog, at andelen med virgint plast kunne erstattes med kværnet plast fra tilbagetagne kasser.

Der er forskellige grunde til, at mælkekassen og brødkassen ikke umiddelbart kunne afsættes til de virksomheder, der testede dem. For mælkekassen havde testvirksomheden allerede et foretrukket produkt baseret primært på virgint plast, som indgår i et system, hvor de returneres med henblik på plastgenvinding, når de er udtjent. For brødkasseprototypen var der udfordringer med lettere bøjning, der indebar risiko for, at brødet ikke ville kunne holde sprødheden ved stabling.

Med hensyn til ølkassen kan der observeres en erhvervseffekt, idet Schoeller's søsterselskab i Tyskland producerer ølkasser til Corona, hvori der indgår OceanIX pellets fra Plastix. Det er dog uklart, i hvilket omfang dette er en konsekvens af MUDP-projektet og/eller tidligere samarbejdsrelationer.

Schoeller anfører, at de testede kasser er omkostnings-tunge at fremstille, dels fordi OceanIX pellets er relativt dyre, dels fordi det ikke er muligt helt at undvære virgin plast. Der vil derfor skulle arbejdes på at gøre produkterne mere konkurrencedygtige, før de kan afsættes. Det kræver formentlig, at de efterspørges og dermed kan fremstilles i relativt stor skala.

Schoeller har dog opnået vigtige erfaringer fra MUDP-projektet, der kan bruges i forhold til virksomhedens plastproduktion, som efterhånden er baseret på ca. 20 procent genbrugsplast.

Case 4: 3D støbning af display produkter i Really upcycled tekstilaffald

Projektet har realiseret erhvervseffekter ved at skabe grundlag for en mere bæredygtig fremstilling af Clouds – et 3D-produkt til vægudsmykning i kontormiljøer og boliger, som nu kan fremstilles af upcycled tekstilaffald. Clouds-produktet forhandles af tekstilindretningsvirksomheden Kvadrat.

Produkterne kombinerer hver især æstetik, funktionalitet og bæredygtighed på en måde, der gør dem konkurrencedygtige på markedet. Denne nye metode har resulteret i en omkostningsreduktion på 36 procent, hvilket også har gjort det muligt at tilbyde en tilbagetagningsordning og garantere videre genanvendelse, uden at produktet bliver for dyrt

Selvom produkterne baseret på teknologierne fra Really, Convert og Advanced Non-Woven kun udgør en del (og for Clouds kun en lille del) af Kvadrat's samlede omsætning, har de været med til at styrke virksomhedens brand og bidraget til, at den af blevet en af Europas største virksomheder inden for sin niche.

Kvadrat havde i 2022 en bruttofortjeneste på ca. 172 mio. kroner og beskæftiger ca. 200 medarbejdere. De underliggende teknologivirksomheder Really og Convert, som Kvadrat helt eller delvis ejer, arbejder

stadig på at opnå overskud for deres del. Som nævnt er en vigtig del af deres erhvervsmæssige bidrag imidlertid, at de styrker Kvadrats brand og fremmer moderselskabets omsætning.

Den udviklede teknologi rummer yderligere muligheder end det allerede udviklede og forhandlede Clouds-produkt. Den udviklede 3D-støbningskabelon for genvundne tekstiler, åbner op for en bred vifte af potentielle produkter, fx sokler, podier og lignende, fremstillet af 3D upcycled tekstilaffald.

Slutevalueringen fokuserer dog ikke i særlig høj grad på de videre anvendelsesmuligheder for teknologien, men lægger op til behov for yderligere undersøgelser for at identificere muligheder for udvikling og kommercialisering af andre 3D-produkter i upcycled tekstilaffald. Markedet for Clouds-produktet alene er ikke tilstrækkeligt stort til at understøtte den videre udvikling af 3D-teknologien. Derfor vil det være hensigtsmæssigt at undersøge andre markeder med større potentiale.

Case 5: Bæredygtige hampetekstiler - Udvikling af koncept til fremstilling af bæredygtige hampetekstiler

MUDP-projektet om hampetekstiler befinder sig på et tidligere udviklingsstadium end de øvrige caseprojekter. Gennem projektet er der blevet forsket i de tekniske, miljømæssige og erhvervsmæssige potentialer af hampetekstiler i hele værdikæden, hvilket i flere led indebærer relativt uprøvede teknologier og dermed længere vej til kommercialisering, end i UTD-projekter med mere gennemprøvede teknologier. Der er udviklet nogle meget foreløbige prototyper, som viser, at det er muligt at producere både non-woven produkter og vævet beklædning af hampegarn, men der er endnu lang vej til kommercialisering.

En udfordring for bæredygtige alternativer som hampetekstiler er den dominerende tendens inden for modebranchen, kendt som fast fashion. Dog er der en stigende efterspørgsel efter genbrug og tøj lavet af bæredygtige materialer. Prisen for hampetekstiler er en væsentlig udfordring, og kan være en hindring for mange forbrugere. Men hvis der investeres i forskning og udvikling inden for området og prisniveauet kan sænkes, kan der muligvis være et betydeligt markedspotentiale.

Hampetekstiler er kendetegnet ved stor slidstyrke og lang holdbarhed. Hampetekstiler er imidlertid også udfordrende at arbejde med, især når det kommer til pasform og farvning af tekstilet. Resultatet er en mere "rå" finish sammenlignet med andre mere gængse tekstiler. Blandingsprodukter af hampetekstil og uld har vist sig som nogle af de mest lovende i projektet, da tekstilerne samler sig godt og resulterer i en behagelig blød tekstur.

Mærker som Patagonia og Levi's er begyndt at bruge hamp i deres produktion. Levi's har en kollektion kaldet "cottonized hemp," hvor hamp og bomuld blandes. I produkter som jeans giver det slidstyrke

hampemateriale god mening, da det kan forlænge produktets levetid sammenlignet med andre materialer.

Hampetekstiler har derfor et muligt kommercielt potentiale som et bæredygtigt alternativ i tøjbranchen. Den samlede markedsvolumen for modetøj og boligtekstiler er ca. 60 mia. kroner årligt i Danmark og næsten 100 gange mere på europæisk plan. Der kunne måske være potentialer for danske virksomheder indenfor mode- og boligtekstilbranchen ved at engagere sig i produktion og salg af hampetekstiler, men de forretningsmæssige potentialer for disse virksomheder er ikke blevet undersøgt nærmere i projektet.

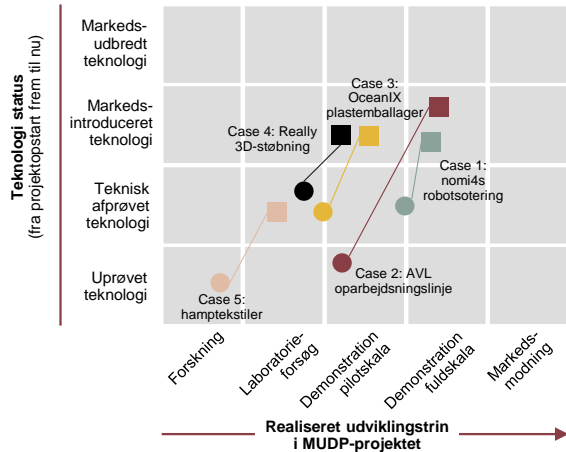
Erhvervspotentialerne for danske virksomheder længere tilbage i værdikæden er i højere grad blevet undersøgt i projektet. Det er blandt andet sket gennem Vittenbjerggårds udvikling af metoder til dyrkning af bæredygtige hampetekstiler og udvinding af fibre. Der er dog stadig langt fra undersøgelserne i projektet til færdigudvikling af de teknologier, der kan skabe et marked for bæredygtig dyrkning af hamp og udvinding af hampefibre i Danmark. Hertil kommer anvendelse af enzymer fra Novozymes, der kan forhindre, at hampetekstilerne frugter samt også forbedre andre egenskaber. De miljø- og erhvervsmæssige potentialer som projektet har afdækket for hampetekstiler på tværs af værdikæden har betydning, at der er opnået støtte under Innovationsfondens "Grand Solutions" til at gå videre med at afdække mulighederne og realisere de kommercielle potentialer. Det foregår i regi af projektet *Hemp4tex*: "Sustainable Hemp Textiles – Approaching the entire value chain" med nogenlunde samme projektkonsortium. Projektet sigter efter et ambitiøst mål om, at danske virksomheder skal opnå en markedsandel på fem procent inden 2028 indenfor dyrkning, produktion og salg af hampetekstiler.

9.7 Samlet resultatvurdering af genanvendelse af plast og tekstiler

Temaanalysen af genanvendelse af plast og tekstiler viser, at projekterne generelt har realiseret de oprindelige formål særdeles godt. Sammenlignet med en række af de andre temaanalyser er flere af løsningerne desuden længere fremme med hensyn til kommercialisering og således tættere på markedet.

Figur 9.4 illustrerer (forenklet) den rejse, teknologierne har gennemgået i MUDP-projektforløbet samt hvilken ændring, der er sket ift kommerciel modenhed. Cirklerne angiver status ved starten af projektforløbene, mens firkanterne angiver status ved projektets slutning.

Figur 9.4. Overblik over projekternes udvikling i MUDP-forløbet og status ift kommerialisering



Tabel 9.4 sammenfatter vurderingen på tværs af projekterne i forhold til deres realisering, udbredelse samt miljø- og erhvervspotentiale. Scoringsmodellen er beskrevet i kapitel 4, hvortil der henvises. Vurderingerne er baseret på de konkrete projekter, som har indgået i analysen. Resultaterne kunne have været anderledes for en anden gruppe af projekter, men der er omvendt ikke nogen grund til at antage a priori, at de undersøgte projekter adskiller sig på en bestemt og systematisk måde.

REALISERING. I fire ud af de fem caseprojekter demonstreres løsninger og produkter i pilotskala, og i to af dem enten tilnærmelsesvis eller helt i fuldskala. Et af anlæggene er på grund af de lovende resultater etableret i fuldskala i løbet af projektet, selv om projektets formål kun var at etablere et pilotanlæg.

Samlet set vurderes projekterne at være gennemført i så god overensstemmelse med de oprindelige intentioner, at der projektrealiseringen er scoret til 5.

Tabel 9.4 Vurdering af projekternes realisering og effekter

Parameter	Vurdering				
PROJEKTERNES REALISERING	★	★	★	★	★
MILJØPOTENTIALE	★	★	★	★	☆
UDBREDELSE	★	★	★	★	☆
ERHVERVSPOTENTIALE	★	★	★	☆	☆

MILJØPOTENTIALE. Der er påvist betydelige miljøpotentiale ved løsningerne. Projekterne har generelt vist, at teknologierne vil være i stand til at sortere og oparbejde plast- og tekstilaffald til nye genvundne materialer, som det er muligt at anvende til produktion af plast- og tekstilvarer, som er konkurrencedygtige på pris og kvalitet. I flere af

projekterne er der gennemført livscyklusanalyser, som for det meste viser, at de udviklede løsninger har store miljøfordele.

Projekterne giver et reelt bidrag til at styrke mulighederne for, at danske genvindingsvirksomheder samt en række teknologudviklere i værdikæden, får del i det voksende marked for genanvendelse af plast- og tekstilmaterialer. Det er samtidig med til at styrke Danmarks muligheder for at kunne leve op til de nationale miljømålsætninger for cirkulær økonomi.

Realisering af potentialer for cirkulær økonomi kræver, at der etableres cirkulære loops for materiale-genanvendelse på tværs af hele værdikæden. For produkterne i slutbrugerleddet kræves, at de designes til at kunne fremstilles med et betydeligt indhold af genvundne/genbrugte materialer, samt til lang holdbarhed, reparation, og tilbagetagning af udtjente produkter. For råvarerne kræves, at der oparbejdes og genvindes materialer fra affaldsfraktioner, og for affaldet kræves, at materialerne udsorteres i håndterbare fraktioner.

Hvis der bare er et enkelt afgørende brud i denne cirkulære værdikæde, kan det betyde, at potentialer for øget genanvendelse som følge af udvikling et sted værdikæden, alligevel ikke kan realiseres. Derfor er det så afgørende, at udviklingsprojekterne inden for cirkulær økonomi involverer en stor del af værdikæden for de specifikke materialer og produkter, de vedrører. Det har projekterne i høj grad har formået. I case 2-4, som omhandler øget genanvendelse af plast- og tekstilmaterialer har der været deltagelse af projektpartnere (og underleverandører) på tværs af næsten hele værdikæden. Det gælder også for case 5, som omhandler udvikling af bæredygtige hampetekstiler. Inddragelse på tværs af værdikæden har været en afgørende forudsætning for de betydelige miljøforbedringer, som er blevet demonstreret i projekterne.

UDBREDELSE OG ERHVERVSPOTENTIALE. De undersøgte projekter har allerede skabt tydelige kommercielle resultater for flere af projektdeltagerne, og har potentiale for yderligere kommerialisering over de kommende år. Inddragelse af projektpartnere (og underleverandører) på tværs af den cirkulære værdikæde har været en afgørende forudsætning for såvel miljøforbedringerne som de erhvervsmæssige potentialer, der er skabt på baggrund af MUDP-projekterne inden for fokusområdet.

Det vurderes, at teknologierne har en god mulighed for at opnå stor udbredelse. Det vurderes også at være realistisk (om end usikkert), at de erhvervsmæssige resultater på dette område kan modsvare de forventninger, der oprindeligt var udtrykt i projektansøgningerne. Dette afviger fra vurderingen i nogle af de andre temaanalyser, hvor erhvervspotentialet fremstår at være mindre tydeligt end oprindeligt forventet af projekterne selv.

For genanvendelse af plast og tekstiler er det en medvirkende årsag, at teknologierne i større omfang

repræsenterer nye teknologier og i mindre grad erstatningsteknologier, som må forventes at fortrænge andre løsninger. Det har også betydning, at erhvervspotentialet forventes at blive styrket i takt med udmøntning af ny regulering i EU og Danmark, der skal fremme genanvendelse og cirkulær økonomi i forhold til plast og tekstiler

L153 betyder, at kommunale affaldsvirksomheder i Danmark nu og fremover afskæres fra at eje og drive affaldssorteringsanlæg. Den samtidige konkurrenceudsættelse af al affaldsbehandling med henblik på materialenyttiggørelse betyder også, at de ikke i samme grad som tidligere vil have incitament og muligheder for at engagere sig i teknologiudviklingsprojekter på området. Fremover vil MUDP-projekter med henblik på øget genanvendelse af plast- og tekstilmaterialer derfor overvejende være samarbejdsprojekter mellem private virksomheder.

10 MUDP-programmets resultater og effekter

Som led i evalueringen er der gennemført en breddeanalyse af de resultater og effekter, som MUDP-programmet har leveret i evalueringsperioden. Breddeanalysen er i evalueringen anvendt til at illustrere MUDP-programmets betydning for miljøteknologisk innovation, miljø- og erhvervsmæssige effekter samt reguleringen på området.

MUDP har som udgangspunkt ikke mulighed for i sit regnskab at vise om de tildelte tilskud har været profitable, idet gevinsten af investeringen naturligt findes i de virksomheder og organisationer, som har gennemført projekterne.

Som beskrevet i kapitel 2 kan empirisk måling af effekter være vanskelig. Uanset valg af metode til måling af programmets effekter, vil der være andre faktorer, som påvirker projektdeltagernes aktiviteter. Det kan fx være konjunkturer, bidrag fra andre støtteordninger eller fonde, konkurrence mm.

Selvom brugen af kvantitative data kan illustrere en udvikling, vil det sjældent være muligt at afdække, om udviklingen af de teknologiske løsninger alligevel ville have fundet sted uagtet tilskud fra MUDP. Brugen af kvalitative data indsamlet via spørgeskemaer fra MUDP-projekterne kan dog medvirke til at nuancere, hvordan projektdeltagerne ville have ageret uden at modtage tilskud fra MUDP.

For at skabe det bedst mulige grundlag for at illustrere resultater og effekter af MUDP-programmet, bygger datagrundlaget for breddeanalysen på den gennemførte surveyundersøgelse blandt igangværende og afsluttede projekter, MUDP's spørgeskemaer, som udsendes til tilskudsmodtagere ved projektafslutning samt registerdata fra Danmarks Statistik.

I det følgende præsenteres resultatet af analysen. Resultatet er opdelt i fire afsnit med fokus på henholdsvis innovationseffekter, miljø- og erhvervsmæssige effekter samt betydning af og for regulering på miljøområdet.

PROJEKTERNES BESVARELSER VEDRØRENDE OPNÅEDE EFFEKTER

Som en introduktion til analysen af de opnåede effekter, er det relevant at vurdere, hvordan svar fra afsluttede projekter har indflydelse på muligheden for en samlet vurdering af de resultater, som projekterne har skabt. I den gennemførte spørgeskemaundersøgelse er administrative projektledere og teknologiudviklere i de afsluttede projekter blevet spurgt til både realiseringen af projektet samt indfrielse af de mål, som oprindeligt er opstillet i forbindelse med projektansøgningen.

Figur 10.1 viser, at kun 43 procent af de adspurgte projekter har besvaret disse spørgsmål. Blandt disse er 84 procent enige i, at projektet er gennemført som planlagt, mens 65 procent af besvarelserne peger på,

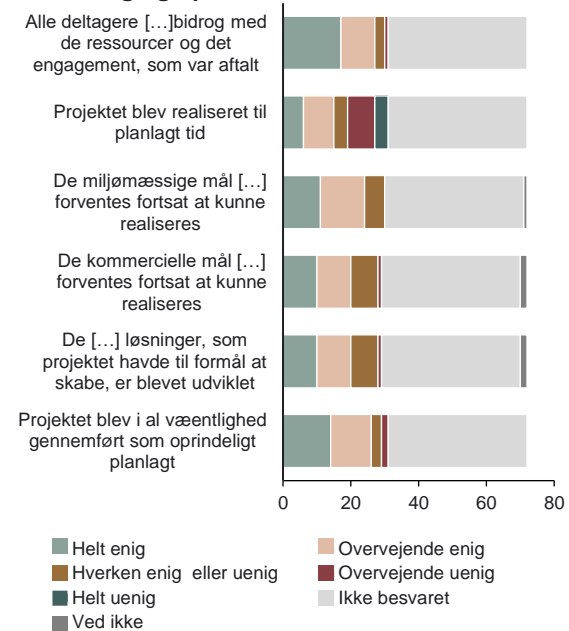
at den forventede løsning er blevet leveret. Enkelte respondenter erkender skred i tidsplanerne. I forbindelse med fx temaundersøgelserne har flere projekter dog peget på blandt andet forsinkelser som følge af COVID-19 og andre faktorer, hvorfor projekterne ikke realiseres indenfor den forventede tidshorisont.

Med en besvarelsesprocent på 43 og 84 procents enighed eller overvejende enighed om, at projekterne er realiseret til planlagt tid, vurderes det, at der er en kraftig bias i besvarelserne.

Figur 10.1 viser desuden, at 65 hhv. 77 procent svarer, at de er enige eller overvejende enige i at de oprindelige kommercielle og miljømæssige mål kan realiseres. Idet der er tale om projekter, som er afsluttede, indikerer svarene enten en forventning om, at de oprindelige mål fortsat kan realiseres eller at projekterne har en tendens til en optimistisk vurdering af, hvad der kan realiseres.

I de efterfølgende afsnit med en vurdering af de opnåede effekter af MUDP-programmet er det relevant at holde den mulige bias i besvarelserne for øje. Evaluator har været opmærksom på dette igennem hele arbejdet med de samlede vurderinger.

Figur 10.1. Afsluttede projekters vurdering af realisering og opnåelse af forventede mål



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse

10.1 Innovationseffekter

Et centralt element i MUDP-lovgivningen er, at programmet skal støtte "[...] Projekter, der har til formål at udvikle, teste eller demonstrere nye miljøteknologiske løsninger, herunder tekniske gennemfærlighedsundersøgelser forud for udvikling, test eller demonstration, og projekter[...]"²¹. Et væsentligt element i programmet er således, at der gives tilskud til projekter, som gennem innovation frembringer nye løsninger på miljøudfordringer.

I dette afsnit fokuseres på MUDP-projektdeltageres oplevelse af, hvordan MUDP har bidraget til udvikling af ny teknologi. Grundlaget for analyserne er dels MUDP-programmets spørgeskema, som udsendes til afsluttede projekter, dels surveyundersøgelsen til både igangværende og afsluttede projekter.

REALISERING AF PROJEKTIDÉER

Dette afsnit ser på MUDP-projekternes oplevelse af programmet som løftestang til at realisere udviklingen af den teknologi, som projektet har fokus på.

I forbindelse med projektafslutningen bliver tilskudsmodtagerne spurgt, om projektet ville være blevet gennemført, hvis det ikke havde fået støtte fra programmet. Tabel 10.1 viser besvarelserne fra 77 afsluttede projekter. Projekterne har haft mulighed for at angive flere svar på spørgsmålet. 43 procent af svarene indikerer, at projektet ikke ville være blevet gennemført, mens 16 procent af besvarelserne peger på, at projektet ville være blevet gennemført i en mindre skala. 18 procent af besvarelserne peger på, at der ville være blevet ansøgt midler blandt andre offentlige finansieringsmuligheder, fx øvrige UDP-programmer. Af disse 31 besvarelser har ca. en tredjedel også angivet, at man ville have ansøgt om finansiering fra private kilder. Kun 3,5 procent af besvarelserne peger på, at projektet ville være gennemført alligevel.

Tabel 10.1. Hvordan ville projektidéen være blevet gennemført, hvis den ikke havde fået støtte fra MUDP?

Svarmuligheder	Antal svar
Vi ville have søgt at omprioritere egne ressourcer [...]	13
Vi ville formentlig have søgt [...] anden offentlig finansiering	31
Vi ville formentlig have søgt [...] privat finansiering	15
Projektet ville være gennemført i samme skala, men det ville have taget længere tid	6
Projektet ville være gennemført i mindre skala	27
Projektet ville ikke være blevet gennemført [...]	73
Andet	4
I alt	169

Kilde: Tilskudsmodtagernes svar på MUDP's spørgeskema ved projektafslutning

²¹ LBK 101, MUDP-lovgivningen, §7

Tabellen illustrerer, at projekterne i høj grad er afhængige af ekstern finansiering, enten offentlig eller privat, for at teknologiudviklingen sættes i gang. Dette billede er også trådt tydeligt igennem i de interviews, der er gennemført med projektdeltagere i forbindelse med temaanalyserne, jf. kapitel 5-9

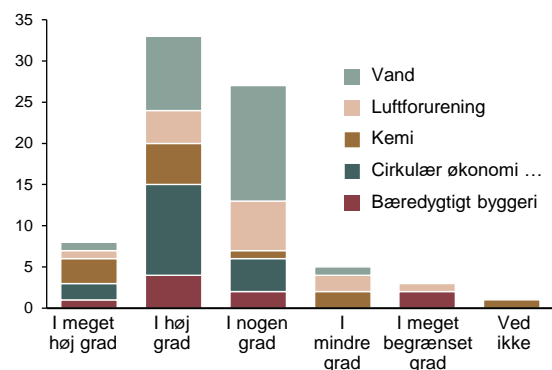
KARAKTERISTIKA FOR DE UDVIKLEDE TEKNOLOGIER

Med formålet om udvikling af ny teknologi, er det samtidigt intentionen at hæve ambitionerne for de miljøteknologiske løsninger, der udvikles i projekterne samt sikre en udbredelse både lokalt og globalt, jf. MUDP's strategi.

Som led i surveyundersøgelsen, gennemført i forbindelse med evalueringen, er de igangværende og afsluttede projekter blevet spurgt om, deres teknologi er nyudvikling eller videreudvikling af eksisterende teknologi enten med nyt eller samme anvendelsesformål. Besvarelserne viser, at 28 procent af projekterne har haft fokus på udvikling af ny teknologi, som ikke findes i forvejen, mens hhv. 30 og 29 procent af projekterne har eller har haft fokus på videreudvikling af teknologi med enten samme eller et nyt formål. Endelig har ca. 10 procent af projekterne haft fokus på ny anvendelse af teknologien uden, at der er sket en videreudvikling.

Sammenholdes disse besvarelser med resultater fra MUDP's spørgeskemaundersøgelse ved afslutning af projekterne ses i figur 10.2, at ca. 36 procent af projekterne i høj eller meget høj grad har opnået et teknologisk gennembrud mens ca. 23 procent i nogen grad har opnået et gennembrud.

Figur 10.2. I hvilken grad er der i projektet opnået et eller flere væsentlige teknologiske gennembrud? Antal svar.



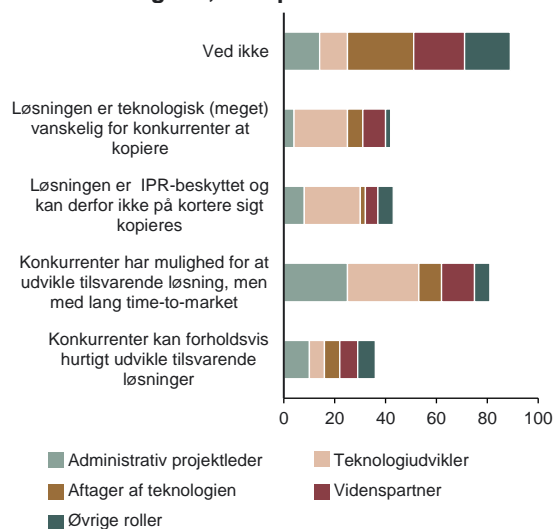
Note: BB = Bæredygtigt byggeri. CØA = Cirkulær økonomi og affald

Svarene på både spørgsmålene om ny- og videreudvikling samt opnåelse af teknologiske gennembrud indikerer, at MUDP-programmet i væsentlig grad anvendes til støtte af projekter, som

indebærer enten ny- eller videreudvikling af miljøteknologi.

I spørgeskemaundersøgelsen er projekterne ligeledes blevet spurgt til karakteristika for den teknologi, som udvikles i projekterne ift. til andre teknologier på markedet. Figur 10.3 viser et overblik over de 291 besvarelser blandt alle projektroller i projekterne. Figuren viser, at 81 respondenter, svarende til ca. 28 procent mener, at den udviklede teknologi kan kopieres af konkurrenter, men med en lang tidshorizont ift. at en alternativ løsning kan introduceres i markedet. 42 respondenter anser, at løsningen vil være meget vanskeligt at kopiere mens 38 respondenter angiver, at løsningen er beskyttet af intellektuelle rettigheder.

Figur 10.3. Hvordan vil du karakterisere teknologien set ift. evt. andre alternativer? Vælg den svarmulighed, som passer bedst. N=291



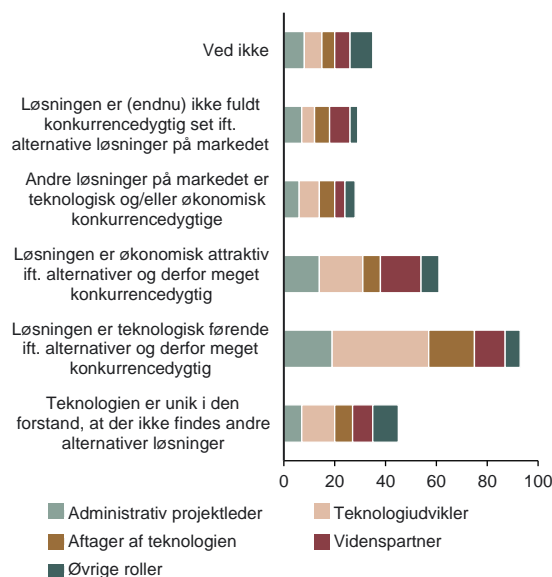
Note: Svar fra respondenter med alle projektroller - både fra i gangværende og afsluttede projekter.

Kilde: Surveyundersøgelse

Sammenholdes besvarelserne omkring løsningernes teknologiske karakteristika med respondenternes besvarelse på et efterfølgende spørgsmål omkring beskyttelse af løsningerne på markedet ses en mere optimistisk tendens.

Af figur 10.4 ses, at 93 respondenter (32 procent) anser, at teknologien er beskyttet ved at være førende ift. andre alternativer, og derfor meget konkurrencedygtig, mens 15 procent mener, deres udviklede teknologi er beskyttet, idet den er unik uden andre tilsvarende løsninger i markedet. Det er særligt teknologiuudviklerne, som vurderer, at teknologien er beskyttet gennem at være konkurrencedygtig.

Figur 10.4. Hvordan er løsningen beskyttet på markedet? Vælg den svarmulighed, som passer bedst. N=291



Note: Svar fra respondenter med alle projektroller - både fra igangværende og afsluttede projekter.

Kilde: Surveyundersøgelse

Svarene kan sættes i relation til yderligere spørgsmål i spørgeskemaet, hvor respondenterne er blevet bedt om at angive, om deres virksomhed eller organisation er medejer af teknologien. Svaret på dette spørgsmål viser, at ca. 50 procent af respondenternes virksomheder eller organisationer har medejerskab til løsninger. For teknologiuudviklerne er det tilsvarende tal 82 pct, mens det for videnspartnere er ni procent

Resultaterne indikerer, at der blandt teknologiuudviklerne er en tro på, at de udviklede teknologier gennem innovation opnår en unikhed, som vil gøre det muligt at opnå erhvervmæssige effekter. De erhvervmæssige effekter gennemgås i afsnit 10.3.

10.2 Miljøeffekter

Et af hovedformålene med MUDP at bidrage til at skabe miljøforbedringer. MUDP-programmet skal understøtte de langsigtede mål for miljø- og klimapolitikken (og FN-verdensmålene), ved at de udviklede miljøteknologier bidrager til at:

- stoppe tilbagegang i biodiversitet og natur
- bremse den globale opvarmning og tilpasse samfundet til et ændret klima
- beskytte menneskers sundhed mod forurening og give alle adgang til rent vand, ren luft og en rig natur

De enkelte MUDP-projekter kan bidrage med *direkte miljøeffekter*, hvis de resulterer i demonstrerede teknologier til forureningsbekæmpelse, eller andre renere teknologier, der i sig selv vil nedbringe

belastningen af miljøet, hvis de tages i brug. Alternativt kan de bidrage med *indirekte miljøeffekter*, hvis de resulterer i teknologier, der muliggør en bedre styring/monitorering af virksomhedernes miljøindsats, eller på anden vis skaber et mere oplyst vidensgrundlag for denne.

Tabel 10.2 indikerer, er der i en relativt stor andel af de igangværende eller netop afsluttede MUDP-projekter er opstillet enten kvantitative eller kvalitative mål for de direkte miljøeffekter (83+64 ud af 202 respondenter er enig heri), mens ca. halvt så mange respondenter angiver, at der er opstillet mål for de indirekte miljøeffekter. Kun 38 ud af 202 respondenter angiver, at der ikke er opstillet nogen specifikke miljømålsætninger for projektet.

Tabel 10.2. Hvilket af nedenstående udsagn vedr. mål for miljøeffekter passer bedst? N=202

Udsagn		Enig	Ikke enig
Der er opstillet mål for teknologiens effekt på miljøkonsekvenser	Kvantitative	83	119
	Kvalitative	64	138
Der er opstillet mål for teknologiens evne til at styre, måle eller opnå anden viden om miljøbelastninger	Kvantitative	40	162
	Kvalitative	32	170
Der er ikke opstillet nogen specifikke miljømålsætninger for projektet		38	164

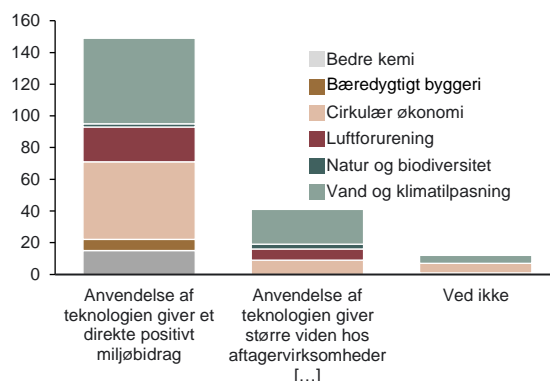
Note: Spørgsmålet er stillet til respondenter med projektroller som teknologiudvikler, teknologileverandør eller aftager samt videnspartner. Der er i alt 202 respondenter. Der ses at være 38 respondenter, som angiver, at der ikke er opstillet nogen specifikke miljømålsætninger. Herudover er der 19 respondenter, som ikke har erklæret sig enig i nogen af de fire første udsagn.

Miljøkonsekvenser er i spørgsmålsformuleringen angivet at omfatte emissioner, energiforbrug, genanvendelse, materialeforbrug og stofkoncentrationer mv.

Figur 10.5 indikerer ligeledes, at langt størstedelen af MUDP-projekterne opnår direkte miljøeffekter ved at anvendelsen af teknologien giver et direkte positivt miljøbidrag. Det gælder inden for alle fokusområderne, bortset fra natur og biodiversitet, hvor MUDP-projekterne ikke i så høj grad bidrager med direkte miljøeffekter (i hvert fald ikke i højere grad end de bidrager med indirekte miljøeffekter).

Det er dog vigtigt at understrege, at de indledningsvis målsatte miljøeffekter - og de forventede miljøeffekter undervejs i projekterne eller umiddelbart efter deres afslutning - kun er potentielle miljøeffekter. De forventede eller teknisk dokumenterede miljøeffekter vil under alle omstændigheder kun blive realiseret, hvis teknologien efterfølgende implementeres i fuld skala i driften hos mindst én virksomhed, og miljøeffekterne vil kun blive aggregeret og få reel betydning for den samlede miljøbelastning, hvis teknologierne udbredes på tværs af flere virksomheder (eller hvis de katalyserer udvikling og udbredelse af andre relaterede miljøteknologier).

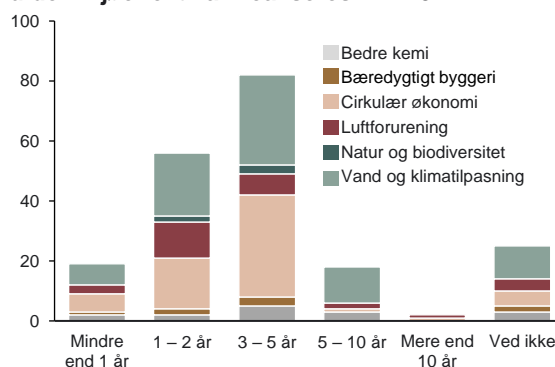
Figur 10.5. Hvordan opnås de positive miljøeffekter [...]? Angiv den svarmulighed, som passer bedst. N=202



Note: "positive miljøbidrag" er i spørgsmålsformuleringen angivet at omfatte effekter på emissioner, energiforbrug, materialeforbrug, genanvendelse og stofkoncentrationer mv

Som det ses af figur 10.6, forventer projektpartnerne som regel, at der vil gå flere år før, teknologien får en udbredelse, så den fulde miljøeffekt kan realiseres (oftest 3-5 år, og næst oftest 1-2 år). I en mindre andel af projekterne forventes miljøeffekterne at blive realiseret fuldt ud indenfor 1 år (under 10 procent af respondenterne tilkendegiver dette). For en tilsvarende mindre andel forventes det, at der går mere end 5 år. En lidt større andel angiver "ved ikke", som er et svar, der også kan være udtryk for, at teknologien ikke forventes udbredt, fordi den ikke virker efter hensigten.

Figur 10.6 Efter din vurdering, hvornår er det realistisk, at teknologien får en udbredelse, så den fulde miljøeffekt kan realiseres? N=202



Mere sikker evidens for de realiserede miljøeffekter opnås gennem caseanalyserne på fokusområderne, hvor der er analyseret MUDP-projekter, som for de flestes vedkommende er afsluttet for nogle år siden. Her er det undersøgt, hvorvidt de demonstrerede teknologier rent faktisk har opnået en vis udbredelse, om de har fortrængt alternative nye teknologier, samt om der er evidens for, at demonstrerede teknologier indebærer miljøforbedringer ift. disse alternativer.

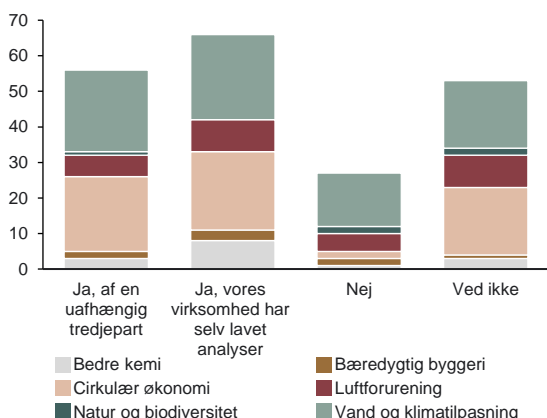
Resultaterne af caseanalyserne, som er præsenteret i rapportens kapitel 5-9, viser på tværs af fokusområderne, at det indtil videre kun er en mindre

andel af de demonstrerede MUDP-teknologier, der har opnået udbredelse på markedet. Samlet kan det konkluderes, at for de mest lovende miljøteknologier, som er demonstreret i MUDP-projekterne, vil der ofte gå 3-5 år eller længere, før teknologierne er tilstrækkeligt markedsmodnet og udbredt til, at de skaber miljøeffekter, der kan mærkes på aggregeret niveau i Danmark eller udlandet.

Mange af de udviklede teknologier vil dog aldrig blive udbredt i den form, de havde efter MUDP-projektets afslutning, men vil kræve videreudvikling, herunder tilpasninger og omkalfatring, i opfølgende projekter. Andre af de udviklede teknologier vil slet ikke blive udbredt, fx fordi de viser sig ikke at have de forventede miljøeffekter, eller fordi de viser sig ikke at være så konkurrencedygtige som projektdeltagerne håbede. Figur 10.6 kan derfor ikke bruges til at drage slutninger om den faktiske udbredelse, og den tid dette tager, for de udviklede teknologier.

Det bekræftes af både spørgeskemaundersøgelsen og af langt de fleste cases i fokusanalyserne, at der som led i MUDP-projekterne gennemføres test af teknologierne (enten i laboratorie-, pilot- eller fuldskala), hvor de opnåede miljøeffekter måles og dokumenteres. Som det fremgår af figur 10.7, svarer ca. 120 ud af de 202 respondenter, at der er gennemført analyser eller målinger, som dokumenterer de miljømæssige effekter. Og eftersom en del af de omfattede projekter er igangværende projekter, kan denne andel vokse frem mod projekternes afslutning (jf også den betydelige andel af "ved ikke" svar).

Figur 10.7. Er der gennemført analyser eller målinger, som dokumenterer de miljømæssige effekter? N=202



Note: Besvarelserne omfatter både igangværende og afsluttede projekter

Samlet kan det derfor konkluderes, at MUDP-projekterne generelt står stærkt med hensyn til at demonstrere og dokumentere de udviklede

teknologiers *potentielle* miljøeffekter. Test og dokumentation af teknologierne miljøeffekter er typisk også det, der bruges flest ressourcer på, både i projektaktiviteterne og i slutrapporterne. På tværs af caseanalyserne i kapitel 5-9, er det desuden muligt at konkludere, at en relativt stor andel af teknologierne i de undersøgte MUDP-projekter viste sig at have betydelige og dokumenterbare positive miljøeffekter i de sammenhænge de blev testet i.

10.3 Erhvervs- og økonomieffekter

De potentielle erhvervmæssige og (samfunds)-økonomiske effekter udgør en vigtig del af rationale for at yde offentlig støtte til udvikling af miljøteknologi, jf. kapitel 2. Af lovbemærkningerne til MUDP-loven fremgår fx, at "loven skal [...] fremme udnyttelse og udvikling af erhvervspotentialer ved de miljøeffektive løsninger til gavn for vækst og beskæftigelse og erhvervslivets konkurrenceevne".

I dette afsnit præsenteres (udviklingen i) en række økonomiske nøgletal for de virksomheder, der har deltaget i MUDP-støttede projekter. Der fokuseres på værditilvækst, eksport og beskæftigelse. Det skal understreges, at alle tal vedrører hele virksomheder, og de omfatter således ikke kun de MUDP-støttede løsninger. I mange tilfælde vil sidstnævnte formentlig kun være en lille/mindre del af virksomhedernes omsætning. Igennem afsnittet perspektiveres til den generelle udvikling i de samme nøgletal for erhvervslivet som helhed. Sådanne sammenligninger har en naturlig interesse, men forskelle kan ikke fortolkes som en effekt af MUDP.

Grundlaget for analyserne er primært et register-datasæt, som er etableret under Danmarks Statistik forskningsservice. Her er der dannet et mikrodatasæt med oplysninger på virksomhedsniveau fra den generelle firmastatistik, som dækker perioden 2010-2020. I en supplerende analyse anvendes desuden data fra CVR-registeret.

ØKONOMISKE NØGLETAL 3 OG 5 ÅR EFTER MUDP-STØTTE

Tabel 10.3 viser værditilvæksten for virksomheder, der har modtaget projektilskud fra MUDP i det år, hvor de modtog tilskud samt tre år senere.²² Den første række viser således, at værditilvæksten for 21 virksomheder, der modtog MUDP-støtte i 2012 var 538 mio. kroner i støtteåret og 682 mio. kroner tre år senere (dvs. i 2015). Det er en stigning på 27 procent. Fortolkningen er tilsvarende for de øvrige rækker, som viser data for virksomheder med MUDP-støtte i årene 2013-2017.

²² Værditilvæksten er forskellen mellem (salgs)værdien af virksomhedens produktion og (købs)værdien af de varer og tjenester, som er anvendt som input i produktionen

Tabel 10.3. Udvikling i værditilvækst tre år efter MUDP-støtte

Støtteår	N	Værditilvækst, mio. kr.		Ændring (procent)
		År 0	År 3	
2012	21	538	682	27
2013	51	1.109	1.564	41
2014	86	2.109	2.506	19
2015	47	1.122	1.282	14
2016	63	1.467	1.892	29
2017	41	1.043	1.120	7
I alt	309	7.388	9.046	22

Note. Tabellens første kolonne viser antal virksomheder, der har fået støtte til et MUDP-projekt i de respektive år – i summen kan enkeltvirksomheder tælle med flere gange, hvis de har fået støtte flere år. Virksomheder med +200 ansatte eller som senere er ophørt indgår ikke. Ligeledes er virksomheder med en ikke-plausibel udvikling i beskæftigelsen frasorteret (kriterie: 25+ ansatte og en stigning eller et fald i beskæftigelsen på mindst 25 procent i et eller flere år). Årsagen til korrektionen er, at så store ændringer mest sandsynligt afspejler strukturelle forhold, fx opkøb eller frasalg af aktiviteter

De to næste kolonner viser værditilvæksten (mio. kr., årets priser) i hver af årgangspopulationerne i støtteåret (år 0) samt 3 år efter støtteåret. 2017-årgangen er den seneste, hvor dette kan opgøres

Kilde: Danmarks Statistik – Den generelle firmastatistik.

Der er kun medtaget de virksomheder, som findes i datasættet både i støtteåret og tre år senere. Virksomheder, som er ophørt, er således udeladt. Det skyldes, at årsagerne til ophør er ukendte, og at det er nødvendigt at udelade dem for at kunne fortolke tallene. Der er ligeledes set bort fra virksomheder med mere end 200 ansatte samt virksomheder med en ikke-plausibel beskæftigelsesudvikling i enkeltår, jf. noten til tabel 10.3. Endelig er det kun private virksomheder, der indgår – forsyningsvirksomheder samt GTS-institutter og universiteter m.fl. er udeladt, fordi deres formål ikke er at drive erhvervsmæssig virksomhed. I det 2020 er det sidste år i datasættet er 2017 den sidste årgang af MUDP-virksomheder for hvilken, der kan opgøres en stigning tre år senere.

Tabellen illustrerer, at det for de enkelte årgange af MUDP-virksomheder er ret forskelligt, hvordan værditilvæksten udvikler sig fra støtteåret til tre år senere. Yderpunkterne er årgang 2013 med en stigning på 41 procent og årgang 2017 med en stigning på kun syv procent. Det er nærliggende, at en del af variationen kan afspejle generelle konjunkturforskeligheder – den lave stigning i værditilvæksten for 2017-årgangen hænger formentlig sammen med COVID-19 pandemiens betydning i 2020.

For de seks årgange af MUDP-virksomheder fra 2012 til 2017 omfatter tabellen i alt 309 virksomheder. Som det fremgår, har disse i gennemsnit haft en forøgelse af værditilvæksten på 22 procent fra støtteåret til tre år senere. En tilsvarende beregning af værditilvæksten fem år efter støtteåret viser en gennemsnitlig stigning

på 30 procent – det omfatter dog færre virksomheder, jf. senere.

Tabel 10.4 viser tilsvarende tal for eksporten. Også her ses ret store forskelle i eksportudviklingen mellem årgangene. Yderpunkterne er, at de virksomheder, som tilskud til et MUDP-projekt i 2014 oplevede en stigning i eksporten på 26 procent de efterfølgende tre år. I den anden ende oplevede virksomhederne i 2017-årgangen et fald i eksporten på 8 procent. For alle seks årgange under et var den gennemsnitlige stigning i eksporten (i årets priser) på 10 procent, jf. tabel 10.4.

Tabel 10.4. Udvikling i eksporten tre år efter MUDP-støtte

Støtteår	N	Eksport, mio. kr.		Ændring (procent)
		År 0	År 3	
2012	21	780	815	4
2013	51	1.567	1.679	7
2014	86	2.817	3.553	26
2015	47	879	946	8
2016	63	3.416	3.547	4
2017	41	927	851	-8
I alt	309	10.387	11.391	10

Note. Tabelnoterne til tabel 10.3 gælder tilsvarende for denne tabel.

Kilde: Danmarks Statistik – Den generelle firmastatistik.

Tilsvarende data for beskæftigelsen fremgår af tabel 10.5, hvor der ses en gennemsnitlig stigning i beskæftigelsen fra støtteåret til tre år senere på 14 procent – dvs. næsten tre procent årligt.

Tabel 10.5. Udvikling i beskæftigelsen tre år efter MUDP-støtte

Støtteår	N	Beskæftigelse, årsværk		Ændring (procent)
		År 0	År 3	
2012	21	810	964	19
2013	51	1.519	2.049	35
2014	86	2.838	3.242	14
2015	47	1.548	1.726	12
2016	63	2.301	2.373	3
2017	41	1.631	1.731	6
I alt	309	10.647	12.085	14

Note. Tabelnoterne til tabel 10.3 gælder tilsvarende for denne tabel

Kilde: Danmarks Statistik – Den generelle firmastatistik

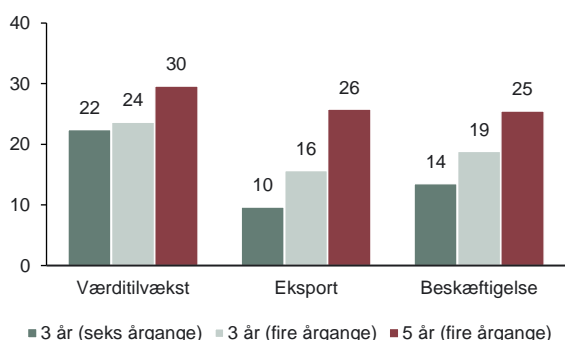
Figur 10.8 sammenfatter udviklingen i de tre nøgletal for MUDP-virksomhederne tre og fem år efter modtagelsen af støtte. Det er den gennemsnitlige stigning på tværs af alle årgange, som er vist. Udviklingen over tre år er som vist i tabel 10.5 opgjort for seks årgange af MUDP-virksomheder (2012-2017).

Tallene for disse årgange fremgår af de mørkegrønne søjler i figuren. Udviklingen over fem år kan kun opgøres for fire årgange (2012-2015) – de røde søjler i figur 10.8 Noget af forskellen i udviklingen over

henholdsvis tre og fem år kan således afspejle, at årgang 2016 og 2017 ikke er med i sidstnævnte. For at lette fortolkningen er der i figuren medtaget stigninger over tre år men kun for de samme fire årgange (2012-2015) – de lysegrønne søjler.²³

Det ses at stigningerne i værditilvækst, eksport og beskæftigelse er større efter fem år end efter tre. Fx er beskæftigelsen i gennemsnit steget med 25 procent efter fem år mod 19 procent efter tre år for de samme årgange, jf. figur 10.8. Det tyder på, at mange MUDP-virksomheder er i et stabilt flerårigt vækstforløb. Til sammenligning har den generelle beskæftigelsesstigning (set over fem år) for alle private virksomheder været på 6-7 procent i den samme periode.²⁴

Figur 10.8. Overblik over nøgletalsudvikling tre og fem år efter MUDP-støtte. Stigning i procent



Kilde: Danmarks Statistik – Den generelle firmastatistik.

NØGLETALSUDVIKLING FOR MUDP-VIRKSOMHEDER OG ØVRIGE VIRKSOMHEDER.

I det følgende ses på udviklingen i værditilvækst, eksport og beskæftigelse for virksomheder, der har modtaget MUDP-støtte set i forhold til den generelle udvikling i de samme nøgletal. Der er anvendt de samme afgrænsninger som i forrige afsnit. Virksomheder med mere end 200 ansatte samt virksomheder med en ikke-plausibel beskæftigelsesudvikling (se note til tabel 10.6) er således udeladt. Data vedrører perioden 2012-2020, og opgørelserne omfatter kun virksomheder, der findes i datasættet i alle årene samt kun virksomheder inden for de samme branchekoder som findes for MUDP-populationen. Med disse afgrænsninger omfatter opgørelserne 245 MUDP-virksomheder og den brede population ("alle") omfatter 43.850 virksomheder.

Af tabel 10.6 ses, at værditilvæksten for MUDP-populationen steg fra 4,7 mia. kroner i 2012 til 7,9 mia. kroner i 2020 målt i årets priser. Det svarer til en

stigning på 66 procent. Den tilsvarende stigning for den brede population af virksomheder var på 54 procent.

For eksporten havde MUDP-populationen en stigning hen over perioden fra 5,3 til 8,9 mia. kroner svarende til 68 procent. Den tilsvarende stigning var på 36 procent for den brede population, jf. tabel 10.6.

Tabel 10.6. Værditilvækst, beskæftigelse og eksport 2012 og 2020.

År	Beskæftigelse, 1.000 årsværk		Værditilvækst, mia. kr.		Eksport, mia. kr.	
	MUDP	Alle	MUDP	Alle	MUDP	Alle
2012	7,1	388,0	4,7	228,3	5,3	234,6
2020	9,9	465,5	7,9	352,6	8,9	320,0
<i>Stigning, procent</i>	<i>39</i>	<i>20</i>	<i>66</i>	<i>54</i>	<i>68</i>	<i>36</i>

Note: De to populationer omfatter henholdsvis 245 (MUDP) og 43.850 ("alle") virksomheder. Det er virksomheder, som findes i den generelle firmastatistik i alle årene 2012-2020. For MUDP-virksomhederne skal det bemærkes, at der ikke er taget hensyn til, hvornår i perioden, de har modtaget projektstøtte. Beløbene for værditilvækst og eksport er angivet i løbende priser.

Kilde: Danmarks Statistik – Den generelle firmastatistik.

Endelig ses der en beskæftigelsesstigning på 39 procent for MUDP-populationen, hvilket skal sammenholdes med 20 procent for den brede population.

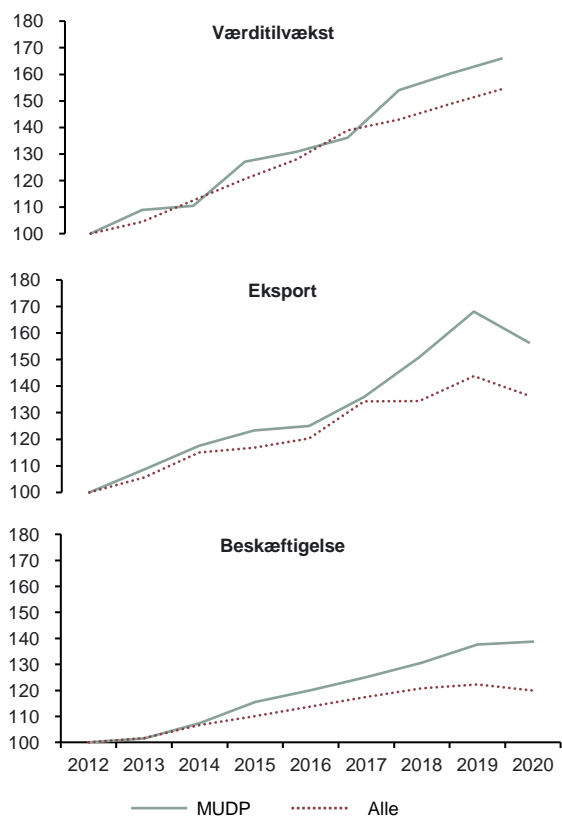
Samlet set har MUDP-virksomhederne således oplevet en vækst fra 2012 til 2020, som på alle tre nøgletal er kraftigere, end hvad der svarer til den generelle udvikling. Det gælder særligt for beskæftigelsen og eksporten, hvor MUDP-virksomhedernes vækst har været næsten dobbelt så høj som for den brede population. Det er på den baggrund sikkert at konkludere, at MUDP-virksomhederne som samlet gruppe synes at være præget af høj(ere) vækst. Det er dog ikke muligt at vurdere om – og i hvilket omfang – dette har sammenhæng med MUDP-tilskuddene. Det er muligt, at resultaterne mere generelt afspejler, at MUDP-virksomhederne arbejder med løsninger inden for grøn omstilling, og at dette er et segment, hvor der er en underliggende stor stigning i efterspørgslen.

Resultaterne fra tabel 10.6 i figur 10.9 illustreret grafisk.

²³ Denne opgørelse er dog heller ikke fuldt sammenlignelig med 5-årsstigningerne. Det skyldes princippet om, at der kun er medtaget virksomheder, der er i datasættet alle tre henholdsvis fem år. Tre-årsstigningerne for årgang 2015-2015 er derfor baseret på lidt flere virksomheder end fem-årsstigningerne.

²⁴ Beskæftigelsesstigningen er opgjort over fem år i årene 2017-2020 – fx fra 2015 til 2020. Det er den samme periode som i figur X. Kilde: Danmarks Statistik (NABB10).

Figur 10.9. Værditilvækst, eksport og beskæftigelse generelt og for MUDP-virksomheder, 2012-2020. Indeks 2012=100



Kilde: Danmarks Statistik – Den generelle firmastatistik.

MUDP-VIRKSOMHEDERNES BESKÆFTIGELSESUDVIKLING FRA 2020-2023

Nøgletallene oven for kan kun føres frem til 2020, som på evalueringstidspunktet er det seneste år med data i den generelle firmastatistik. I dette afsnit anvendes data fra CVR-registeret dog til at give et indtryk af beskæftigelsesudviklingen i perioden fra 2020 til 2023. CVR-registeret, som er offentligt tilgængeligt, indeholder visse regnskabs- og nøgletaloplysninger om virksomhederne, herunder primært oplysninger om beskæftigelsen.²⁵

I perioden 2015-2021 er der 449 unikke private virksomheder, som har modtaget MUDP-tilskud. (ansøgningsår). Blandt 150 tilfældigt udvalgte virksomheder kan der findes oplysninger om

²⁵ Omfanget af de finansielle oplysninger afhænger af, hvilken regnskabsklasse virksomhederne er i. For små og mellemstore virksomheder er oplysningskravene begrænsede. Derfor fokuseres i dette afsnit alene på beskæftigelsen.

²⁶ Bag tallene gemmer sig, 77 virksomheder har haft en fremgang i beskæftigelsen, mens kun 42 har haft en tilbagegang. Samtidigt er fremgangen større i vækstvirksomhederne (74 procent) end faldet i tilbagegangsvirksomhederne (-21 procent).

beskæftigelsen i CVR-registeret for 131 virksomheder både primo 2023 og primo 2020.

Disse 131 virksomheder havde en gennemsnitlig stigning i beskæftigelsen på 14,8 procent set over denne treårsperiode.²⁶ Udviklingen er dog domineret af nogle få meget store virksomheder. Hvis der derfor ses bort fra de 10 virksomheder med størst fald og de 10 virksomheder med størst stigning, var den gennemsnitlige beskæftigelsesstigning på 5,9 procent, jf. tabel 10.7. Den samlede makrobeskæftigelse steg i samme periode med 3,1 procent.

Tabel 10.7. Beskæftigelsesudvikling 2020-2023 for en stikprøve af MUDP-virksomheder

	Beskæftigelse		Ændring	
	Primo 2023	Primo 2020	1.000 pers.	Procent
Samlet beskæftigelse	2.880	2.795	85,0	3,0
MUDP-virksomheder (stikprøve)				
N=131	52,8	46,0	6,8	14,8
Ekskl. 1.000+ ansatte N=123	9,4	8,8	0,6	6,4
Ekskl. top 10 fald/stigninger	8,6	8,1	0,5	5,9

Note: Resultaterne vedrører et tilfældigt udvalg af virksomheder med MUDP-støttede projekter med ansøgningsår 2015-2021.

Makrobeskæftigelsen er opgjort fra 4. kvartal 2019 til 4. kvartal 2022.

Kilde: MUDP's projektdatabase, Danmarks Statistik (AKU100K) og CVR-registeret

Virksomheder, der har deltaget i MUDP-støttede projekter har således haft en noget større vækst end virksomheder i økonomien som helhed, og tallene giver dermed et tilsvarende indtryk som tidligere, nemlig at MUDP-virksomhederne synes at have en større vækst end virksomhederne har i gennemsnit.

ØKONOMISKE NØGLETAL FOR DE STØRSTE OG HYPPIGSTE TILSKUDSMODTAGERE

Som en sidste vinkel på de erhvervsøkonomiske resultater er der foretaget en analyse af udviklingen i omsætning, beskæftigelse og regnskabsresultat i de 10 private virksomheder, der har deltaget i flest MUDP-projekter – alle har deltaget i mindst fem projekter. Herudover indgår også de fem virksomheder, som i øvrigt har modtaget størst tilskud.²⁷ Opgørelsen vedrører perioden 2012-2021 og er baseret på oplysninger fra CVR-registeret. De 15 virksomheder på top 10+5 listen repræsenterer tilsammen støttetilsagn for 149 mio. kroner.

²⁷ Der er indsamlet data for årene 2012, 2015, 2018 og 2021 fra CVR-registeret. Opgørelsen er ekskl. GTS-institutter (fx Teknologisk Institut) og forsyningsvirksomheder. Der foreligger ikke regnskabsoplysninger for omsætningen i de mindste virksomheder, i det disse ikke er har pligt til at oplyse dette i regnskabet.

Resultaterne fremgår af tabel 10.8. Der er ikke nogen klar og ensartet tendens i tallene. Der er eksempler på virksomheder med en (meget) positiv udvikling i nøgletallene, særligt blandt de store og mellemstore virksomheder. For en del af disse virksomheder udgør aktiviteter relateret til MUDP-projekter formentlig kun en mindre del af den samlede aktivitet.

Blandt de mindre og helt små virksomheder er nøgletallene generelt mere usikre. Det er værd at bemærke, at fem ud af de 15 virksomheder på top 10+5 listen er ganske små og ret unge virksomheder.

Tabel 10.8. Økonomiske nøgletal for de 15 virksomheder, der har modtaget de fleste og største MUDP-tilskud.

Størrelse	Historik	Omsætning	Beskæftigelse	Resultat
Stor	2012	+		++
	2012	++	++	+
	2015	++	++	-
Mellemstor	2012	-	-	-
	2012	+++	+++	++
	2012		+	+++
	2012	++		---
Mindre	2012	?	++	+
	2015	?		--
	2012	?	+	
	2018	?	+	--
Mikro	2018	?		
	2021	?		
	2018	?		--
	2021	?		

Note: Kolonnen historik markerer det første af årene, 2012, 2015, 2018 og 2021, hvor der er oplysninger for virksomheden.

Én, to og tre plusser eller minusser symboliserer en mindre, mellemstor eller stor ændring i henholdsvis positiv eller negativ retning. symboliserer en nogenlunde uændret situation.

10.4 Betydningen af/for reguleringen

Et centralt element i MUDP's strategi er, at programmet skal bidrage til, at virksomhedernes miljøteknologiske udvikling sker i samspil med og videreudvikling af dansk miljøpolitik.

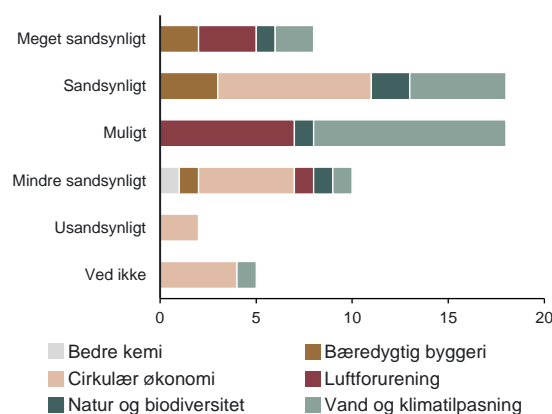
Nye reguleringskrav kan i nogle tilfælde afvente, at der bliver udviklet teknologi og løsninger, som gør det realistisk (teknologisk og/eller økonomisk), for virksomheder at overholde miljøkrav. Samtidigt kan regulering være medvirkende til at skabe efterspørgsel efter de miljøteknologiske løsninger, som udvikles i MUDP-projekterne.

Foruden muligheden for at bidrage til udviklingen af dansk lovgivning kan en tæt kobling mellem teknologiudvikling og international regulering være

medvirkende til at skabe en række af de miljøeffekter, som projekterne ønsker at skabe.

Figur 10.10 viser, at en ret stor andel (ca. fire ud af 10) af de administrative projektledere i MUDP-projekterne anser det for sandsynligt eller meget sandsynligt, at viden fra projekterne vil få betydning for kommende regulering. Særligt projektledere inden for bæredygtig byggeri har denne forventning, mens projektledere inden for cirkulær økonomi er mere delte i deres vurdering af spørgsmålet. For den sidstnævnte gruppe ses, at enkelte projektledere finder det usandsynligt, at viden fra deres projekter vil have indflydelse på lovgivningen.

Figur 10.10. Hvor sandsynligt er det, at projektets resultater vil få betydning for kommende regulering? N=61



Note: Besvarelser fra administrative projektledere i 61 projekter
Kilde: Surveyundersøgelse

Svarene indikerer, at der kun i mindre grad er fokus i projekterne på muligheden for at bidrage til videreudvikling af lovgivningen.

Både national og international regulering synes dog vigtig som løftestang til kommercialisering af de udviklede teknologier. Figur 10.11 viser, hvilke forudsætninger for kommerciel succes, som projekterne ser som de væsentligste. Videreudvikling eller markedsmodning betragtes som den væsentligste forudsætning efterfulgt af miljø- og klimaregulering på hhv. nationalt, EU og internationalt niveau. Betragtes de tre reguleringsperspektiver under et, vil regulering være den væsentligste forudsætning for efterspørgsel.

For projekter inden for vand og klimatilpasning ses, at det oftest er national regulering, der angives som en vigtig forudsætning. For projekter inden for de øvrige miljøtemaer er EU- og øvrig international regulering relativt vigtigere end national regulering.

Interviewene i forbindelse med temaanalyserne (se kapitel 5-9) peger ligeledes på, at muligheden for at påvirke regulering er vigtig blandt andet for at skabe lige konkurrenceforhold for virksomheder på globalt

plan. Respondenter i projekter inden for bekæmpelse af luftforurening, hvor udviklingen i reguleringen i høj grad er internationalt drevet, peger på, at viden fra MUDP-projekterne kan bringes i spil, således at denne viden medvirker til at sætte mål, som skal nås gennem fremtidig regulering. Dermed kan det være danske miljøstandarder og viden, som bliver udgangspunkt for international regulering.

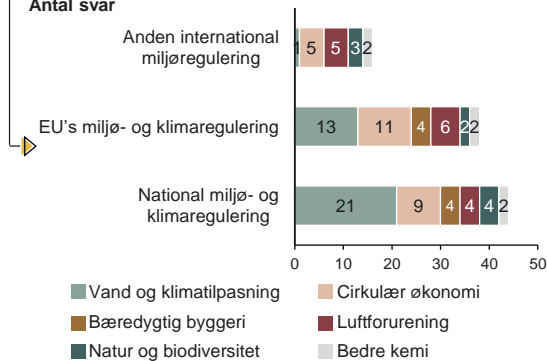
Figur 10.11. Hvilke forudsætninger er vigtigst for teknologiens kommercialisering? N=163

	Vigtigste	Næst-vigtigste	I alt
Videreudvikling og/eller markedsmodning af teknologien	60	17	77
National miljø- og klimaregulering ¹⁾	14	30	44
EU's miljø- og klimaregulering	19	19	38
Anden international miljøregulering	8	8	16
Prisen på energi eller råstoffer	6	16	22
Offentlige miljøinvesteringer ²⁾	4	7	11
Ændrede (efterspørgsels)adfærd	4	8	12
Andet	5	3	8
Ovenfor i alt	120	108	
Ikke besvaret	43	55	
I alt	163	163	

1) Inkl. CO2-afgifter og andre forureningsafgifter.

2) Inkl. forsyningsvirksomheder

Miljøtema x reguleringstypers vigtighed for kommercialisering. Antal svar



Kilde: Spørgeskemaundersøgelse blandt hovedansøgere og teknologiudviklere/leverandører

11 Bilag 1. Spørgeskema (afsluttede projekter)

INTRODUKTION

Kære tidligere MUDP-projektdeltager. Bestyrelsen for MUDP har igangsat en evaluering af programmet. Evalueringen skal belyse programmets resultater, dets rolle ift. andre aktører i innovationsøkosystemet samt den interaktion, der er imellem MUDP's virksomhed og udviklingen i miljøreguleringen.

Som en del af evalueringen gennemføres en spørgeskemaundersøgelse blandt alle virksomheder og organisationer mv., som har deltaget i et eller flere projekter, som enten er igangværende eller nyligt afsluttede. De modtager dette spørgeskema, fordi MUDP-sekretariatet har oplyst, at din virksomhed eller organisation har fået støtte i forbindelse med et projekt, som er afsluttet for (relativt) nyligt.

Din besvarelse af spørgeskemaet har stor betydning for kvaliteten af evalueringen, og vi håber derfor på din deltagelse.

1. BAGGRUNDSOPLYSNINGER

I denne første sektion beder vi om en række baggrundsoplysninger vedrørende projektet og din virksomhed/organisation.

1.1 Hvad er navnet på din virksomhed eller organisation?

Skriv Virksomhedens navn

1.2. Hvad er din virksomheds eller organisations CVR-nummer?

Skriv CVR-nummeret på din virksomhed eller organisation.

1.3. Hvad var projektets titel?

Skriv titlen på projektet der blev givet tilsagn til

1.4. Hvad var projektets journalnummer?

Felt A

Skriv projektets journalnummer

1.4.1. Er projektet afsluttet?

Ja	Nej
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.5. Hvilken primær rolle havde din virksomhed eller organisation i projektet?

Du bedes angive hvilken primær rolle, din virksomhed / organisation havde i projektet. Du kan se en oversigt og kort beskrivelse af hver af rollerne nedenfor. Du bedes angive den rolle, som bedst beskriver den primære funktion, din virksomhed / organisation havde i projektet. Du kan kun vælge én af rollerne.

Administrativ projektleder	Teknologi-udvikler	Teknologi-leverandør	Videns-partner	Leverandør af inputmateriale	Aftager af teknologien	Kommercialiserings-partner	Anden rolle
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Rollebeskrivelser

Rolle	Beskrivelse
Administrativ projektleder	Projektlederen varetager den administrative styring af projektet, herunder kontakten til MUDP-sekretariatet samt udarbejdelse af fremdrifts-, status- og slutrapporteringer mv. Projektlederen varetager ligeledes koordineringsopgaver mellem projektdeltagere (hvis der er flere end 1 deltager) samt evt. sekretariatsopgaver.
Teknologiudvikler	Teknologiudviklere(n) udvikler ny teknologi (eller videreudvikler eksisterende teknologi) eller sætter kendt teknologi sammen på nye måder. Teknologiudvikleren kan også være den aktør, der kommerialiserer løsningen og dermed sikrer udbredelse på markedet. Teknologiudvikleren kan være hovedansøger eller medansøger.
Videnspartner	Videnspartnere leverer faglig viden til projektet. Det kan være (forsknings)faglig viden (eks. GTS'er og vidensinstitutioner), adgang til testfaciliteter eller det kan være som ansvarlig for test/måling/verifikation. Videnspartnere er ofte medansøger eller underleverandør.
Leverandør af inputmateriale / ressource	Leverandør (kan være virksomhed, kommune, region) af ressource eller materiale, der skal behandles eks. jord, affaldsstrøm, spildevand. Den aktør indgår ikke nødvendigvis i projektet hverken som medansøger eller underleverandør.
Aftager af teknologien/løsningen	Potentiel bruger af teknologien. Bidrager med eks. testlokation og/eller viden om brugerbehov. Rollen kan varetages af virksomhed, som selv kunne tænkes at kunne udnytte teknologien, men kan også være mere bred repræsentant for branchen. Hvis det er en konkret virksomhed vil det typisk være en medansøger. Mere bred brancherepræsentant kan indgå som sparringspartner/interessent i styregruppe, og der kan evt. foreligge "Letter of intent" fra en potentiel aftager af en ny teknologisk løsning.
Kommercialiseringspartner	Kommercialiseringspartner sikrer at løsningen kommer på markedet – besidder ofte markedsandel på forhånd. Rollen kan varetages af teknologiudvikleren. Indgår som ansøger.
Teknologileverandør	Teknologileverandøren leverer eksisterende teknologi der skal videreudvikles på. Er typisk ansøger, men kan være underleverandør.

1.6. Hvilke sekundære roller havde din virksomhed eller organisation i projektet?

Herunder bedes du angive evt. yderligere roller (ud over den primære), som din virksomhed / organisation har varetaget i projektet. Du kan angive flere roller.

Administrativ projektleder	Teknologi-udvikler	Teknologi-leverandør	Videns-partner	Leverandør af inputmateriale	Aftager af teknologien	Kommercialiserings-partner	Ingen sekundær rolle
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.7 Har din virksomhed / organisation været hovedansøger om støtte til projektet?

Ja	Nej	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.8. Hvilken rolle havde din virksomhed / organisation i udviklingen af projektets ide og tilblivelse

Du bedes angive hvilken af nedenstående beskrivelser, der bedst beskriver den rolle, som din virksomhed eller organisation havde i forbindelse med projektets tilblivelse og mobilisering af deltagere.

Vi var initiativtager til projektet og alene om dets design, planlægning og gennemførelse	<input type="checkbox"/>
Vi var (med)initiativtager til projektet og den primære drivkraft i dets design og planlægning samt i mobiliseringen af deltagere og samarbejdspartnere	<input type="checkbox"/>
Vi var sammen med andre projektdeltagere med til at designe og planlægge projektet	<input type="checkbox"/>
Vi havde kun en mindre rolle ifm. projektets design og planlægning	<input type="checkbox"/>
Vi havde ikke nogen rolle ifm. projektets design og planlægning	<input type="checkbox"/>

1.9. Har din virksomhed eller organisation (med)ejerskab til den teknologi eller løsning, som er udviklet i projektet?

Ja	Nej	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.10. Er teknologien/løsningen helt eller delvist ejet af virksomheder, som ikke er deltager i projektet?

Ja	Nej	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Spørgsmål 1.11 stilles kun til respondenter, som har svaret "Ja" i spørgsmål 1.10

1.11. Er det en udenlandsk virksomhed?

Hvis den virksomhed uden for kredsen af projektdeltagere, som er medejer af teknologien/løsningen, er en udenlandsk virksomhed bedes du svare "ja" nedenfor.

Ja	Nej	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Spørgsmål 1.12 stilles kun til respondenter, som har svaret "Ja" i spørgsmål 1.9

1.12. Er der i perioden efter projektopstarten og indtil nu stiftet nye selskaber med det særlige formål at udvikle og/eller commercialisere teknologien? (vælg den svarmulighed der passer bedst)

En eller flere af projektparterne har stiftet et nyt selskab, der står for udvikling af teknologien	<input type="checkbox"/>
En eller flere af projektparterne har stiftet et nyt selskab, der står for commercialisering af teknologien	<input type="checkbox"/>
En eller flere af projektparterne har stiftet et nyt selskab, der står for udvikling og commercialisering af teknologien	<input type="checkbox"/>
Der er ikke stiftet nye selskaber af projektparterne i relation til teknologien	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

1.13. Er rettighederne til teknologien hhv. hele virksomheden blevet solgt til tredjepart efter afslutningen af projektet?

Ja, teknologien/løsningen er blevet solgt	Ja, hele virksomheden er blevet solgt	Nej	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. PROJEKTETS MILJØTEMA

Spørgsmålene i denne sektion stilles kun til respondenter, der i spørgsmål 1.7 har svaret "ja"

I de næste spørgsmål vil vi bede dig angive hvilket overordnet og konkret miljøtema, der var projektets primære fokus. Projektets primære fokus betragtes som det overordnede miljøtema, hvor effekten af projektet har været størst.

2.1 Inden for hvilket overordnet miljøtema havde projektet dets primære fokus. Angiv kun ét svar

Vand og klimatilpasning	Luftforurening	Cirkulær økonomi	Bedre kemi	Natur og biodiversitet	Bæredygtigt byggeri
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.1.1 Inden for hvilke miljøtema havde projektet andre sekundære fokus? Det er muligt at angive flere svar.

Vand og klimatilpasning	Luftforurening	Cirkulær økonomi	Bedre kemi	Natur og biodiversitet	Bæredygtigt byggeri
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Underliggende spørgsmål om konkrete temaer inden for de respektive hovedtemaer er ikke gengivet her.

3. PROJEKTETS STATUS OG SAMMENHÆNG MED REGULERING

Spørgsmålene i denne sektion stilles kun til respondenter, som i spørgsmål 1.5 har angivet at være administrativ projektleder eller teknologiudvikler som primær rolle

3.1. De nedenstående udsagn handler om projektets gennemførelse og realiserede resultater set i forhold til, hvad der blev forventet på ansøgningstidspunktet. Du bedes angive i hvilken grad, du er enig i hvert af udsagnene.

		Helt uenig	Overvejende uenig	Hverken enig eller uenig	Overvejende enig	Helt enig	Ved ikke
1	Projektet blev i alle væsentlige aspekter gennemført som oprindeligt planlagt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	De teknologiske produkter og/eller løsninger, som projektet havde til formål at skabe, <u>er</u> blevet realiseret	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	De kommercielle mål, som fremgik af projektansøgningen, forventes fortsat at kunne realiseres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	De miljømæssige mål, som fremgik af projektansøgningen, forventes fortsat at kunne realiseres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Projektet er blevet realiseret til planlagt tid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Alle deltagere i projektet bidrog med de ressourcer og det engagement, som var aftalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.2. Hvilken betydning havde den økonomiske støtte efter din vurdering for projektets realisering? Vælg den beskrivelse neden for, som bedst svarer til din vurdering

Projektet ville med stor sandsynlighed være blevet gennemført også uden den økonomiske støtte	<input type="checkbox"/>
Der er en god mulighed for, at projektet ville blevet gennemført, også hvis der ikke havde været mulighed for økonomisk støtte, men evt. i en tilpasset form.	<input type="checkbox"/>
Projektet ville måske være blevet gennemført også uden den økonomiske støtte, men det er usikkert	<input type="checkbox"/>
Projektet ville næppe være blevet gennemført uden den økonomiske støtte	<input type="checkbox"/>
Projektet ville med stor sandsynlighed ikke være blevet gennemført uden den økonomiske støtte	<input type="checkbox"/>

3.3. I hvilken betydning har ny eller kommende regulering for projektets relevans?

De krav, som er indeholdt i national og international regulering kan have en karakter, så det stimulerer innovation og teknologiudvikling, især hvis det ikke er muligt at overholde kravene med kendt teknologi og kendte løsninger. I dette spørgsmål vil vi bede dig vurdere, om ny eller kommende regulering har betydning for den miljømæssige udfordring, som løsningen søger at adressere. Med ny eller kommende regulering forstås regulering, som ved projektets starttidspunkt var trådt i kraft 2-3 år forinden eller som forventedes at træde i kraft inden for en kortere årrække.

Hvor stor betydning har ny eller kommende regulering for projektets relevans?					
Ingen betydning	Mindre betydning	Nogen betydning	Stor betydning	Meget stor betydning	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.4. Hvor sandsynligt er det, at projektets resultater vil få betydning for kommende regulering?

Nye reguleringskrav kan i nogle tilfælde afvente, at der bliver udviklet teknologi og løsninger, som gør det realistisk (teknologisk og/eller økonomisk), at virksomhederne kan overholde kravene. I dette spørgsmål vil vi bede dig vurdere, om de løsninger, som er udviklet i projektet, potentielt vil kunne få betydning for kommende regulering, fx i form af at der kan stilles skærpede krav til virksomhederne.

Hvor sandsynligt er det, at projektets resultater vil kunne påvirke kommende regulering?					
Usandsynligt	Mindre sandsynligt	Muligt	Sandsynligt	Meget sandsynligt	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. TEKNOLOGIEFFEKTER

4.1 Hvordan kan man bedst karakterisere den løsning, som er udviklet i projektet? Vælg den af nedenstående svarmuligheder, som passer bedst.

Der er udviklet et konkret fysisk produkt uden indbygget digital teknologi	<input type="checkbox"/>
Der er udviklet et konkret fysisk produkt med indbygget digital teknologi	<input type="checkbox"/>
Der er udviklet ny(e) softwareløsning(er), fx it-applikationer, mobile apps, kommunikationssoftware mv.	<input type="checkbox"/>
Der er udviklet nye produktionsmetoder eller -processer	<input type="checkbox"/>
Der er foretaget test, demonstration eller storskalaforsøg med kendte løsninger	<input type="checkbox"/>
Der er etableret og/eller formidlet ny viden	<input type="checkbox"/>
Andet	<input type="checkbox"/>

4.2 Hvilken af nedenstående svarmuligheder karakteriserer bedst den udviklede teknologi?

Løsningen repræsenterer en ny teknologi, som ikke fandtes i forvejen	<input type="checkbox"/>
Løsningen bygger på en videreudvikling og forbedring af kendt teknologi med (omtrent) samme anvendelsesformål	<input type="checkbox"/>
Løsningen bygger på en videreudvikling og forbedring af kendt teknologi med nyt anvendelsesformål	<input type="checkbox"/>
Løsningen repræsenterer en ny anvendelse af kendt teknologi, men rummer i sig selv ikke (væsentlig) videreudvikling af selve teknologien	<input type="checkbox"/>
Andet	<input type="checkbox"/>

4.3 Hvor vil du indplacere teknologien i en typisk udviklingscyklus? Vælg den svarmulighed, som passer bedst.

	Ved projektets start	Ved projektets afslutning
Løsningen er i idéfasen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der er udviklet en prototype på løsningen, men der er ikke foretaget test i et produktionsmiljø	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Løsningen er i test- eller demonstrationsfasen og er afprøvet i et produktionsmiljø. Der er endnu ikke gennemført markedsmodningsaktiviteter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Løsningen er færdigudviklet og klar til at blive sat i produktion, men er endnu ikke introduceret på markedet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Løsningen er markedsintroduceret, men omsætningen er endnu ret begrænset set ift. det forventede potentiale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Løsningen er veletableret på markedet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4 Hvordan vil du karakterisere teknologien set ift. evt. andre alternativer. Vælg den svarmulighed, som passer bedst.

Teknologien er unik i den forstand, at der ikke findes andre alternativer løsninger	<input type="checkbox"/>
Den løsning, som er udviklet i projektet, er teknologisk førende ift. alternativer løsninger/teknologier og derfor meget konkurrencedygtig	<input type="checkbox"/>
Den løsning, som er udviklet i projektet, er økonomisk attraktiv ift. alternativer løsninger/teknologier og derfor meget konkurrencedygtig	<input type="checkbox"/>
Der findes andre løsninger og teknologier på markedet, som teknologisk og/eller økonomisk konkurrencedygtige	<input type="checkbox"/>
Løsningen er (endnu) ikke fuldt konkurrencedygtig set ift. alternative løsninger, som findes på markedet	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

4.5 Hvordan er løsningen beskyttet på markedet? Vælg den svarmulighed, som passer bedst.

Løsningen er patenteret eller på anden måde IPR-beskyttet og kan derfor ikke på kortere sigt kopieres	<input type="checkbox"/>
Løsningen er teknologisk (meget) vanskelig for konkurrenter at kopiere	<input type="checkbox"/>
Der findes konkurrenter i markedet, som har mulighed for at udvikle og markedsføre tilsvarende løsninger, men med lang <i>time-to-market</i>	<input type="checkbox"/>
Der findes konkurrenter i markedet, som forholdsvis hurtigt kan udvikle og markedsføre tilsvarende løsninger	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

5. PROJEKTETS ØKONOMISKE OG ERHVERVSMÆSSIGE EFFEKTER

Spørgsmålene i denne sektion stilles kun til respondenter, som svarer "ja" til spørgsmål 1,9?

5.1 I hvilke sektorer forventes den udviklede teknologi at skulle anvendes?

I rullemenuerne herunder kan du angive op til fem sektorer, som er (eller forventes at blive) kommercielt vigtige for den eller de virksomheder, der ejer teknologien/løsningen.

		Vigtigste sektor	2. vigtigste sektor	3. vigtigste sektor	4. Vigtigste sektor	5. vigtigste sektor
1	Landbrug, skovbrug og fiskeri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Råstofindvinding	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Industri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Energiforsyning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Vandforsyning og renovation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Bygge og anlæg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Handel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Transport	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Hoteller og restauration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Information og kommunikation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Finansiering og forsikring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Ejendomshandel og udlejning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Videns service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Rejsebureauer, rengøring og anden operationel service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Offentlig administration, forsvar og politi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Undervisning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Sundhed og socialvæsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Kultur og fritid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Ander services ydelser mv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Uoplyst aktivitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Ved ikke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.2. Hvilken af nedenstående svarmuligheder beskriver bedst den nuværende omsætning ?

Der er endnu ikke nogen (nævneværdig) omsætning af løsningen.	<input type="checkbox"/>
Omsætningen er endnu begrænset og/eller varierende, og udgør kun en lille andel af virksomhedens samlede omsætning	<input type="checkbox"/>
Der er løbende omsætning af løsningen, som giver et tydeligt bidrag til virksomhedens samlede omsætning	<input type="checkbox"/>
Der er løbende omsætning af løsningen, som giver et væsentligt bidrag til virksomhedens samlede omsætning	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

5.3. Hvor omsættes produktet?

Teknologien / løsningen sælges fortrinsvis i detailhandelen	<input type="checkbox"/>
Teknologien / løsningen sælges fortrinsvis til forsyningsvirksomheder	<input type="checkbox"/>
Teknologien / løsningen sælges fortrinsvis til øvrige erhvervs-kunder	<input type="checkbox"/>
Teknologien / løsningen sælges både i detailhandelen og til erhvervs-kunder	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

5.4. Hvor foregår produktionen?

Udelukkende i Danmark	Overvejende i Danmark	Delvist i Danmark og delvist i udlandet	Overvejende i udlandet	Udelukkende i udlandet	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.5 Hvilken af nedenstående svarmuligheder beskriver bedst de aktuelle forventninger til omsætningen?

Det er endnu usikkert, om løsningen vil blive markedsintroduceret	<input type="checkbox"/>
Omsætningen forventes at falde fra det nuværende niveau	<input type="checkbox"/>
Omsætningen forventes at fortsætte nogenlunde uændret på det nuværende niveau	<input type="checkbox"/>
Omsætningen forventes at stige lidt set ift. det nuværende niveau	<input type="checkbox"/>
Omsætningen forventes at stige væsentligt set ift. det nuværende niveau	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

5.6 Hvordan vil du beskrive de kommercielle resultater, som hidtil er opnået? Angiv den svarmulighed, som passer bedst

Resultaterne er mindre gunstige end oprindeligt forventet, da vi ansøgte om MUDP-støtte	<input type="checkbox"/>
Resultaterne svarer nogenlunde til det, som oprindeligt var forventet	<input type="checkbox"/>
Resultaterne overstiger det, som oprindeligt var forventet	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

5.7 Hvilke forventninger og resultater er der for eksport af løsningen?

	Slet ikke	I mindre grad	I nogen grad	I høj grad	I meget høj grad	Ved ikke
Det var oprindeligt forventningen, at løsningen skulle eksporteres til kunder uden for Danmark	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der er på nuværende tidspunkt realiseret eksportsalg, som modsvarer eller overgår de oprindelige forventninger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
De oprindelige forventninger til eksportsalg gælder fortsat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.8 Hvilke forventninger og resultater er der ift. øget beskæftigelse med direkte tilknytning til løsningen?

	Slet ikke	I mindre grad	I nogen grad	I høj grad	I meget høj grad	Ved ikke
Det var oprindeligt forventningen, at løsningen ville medføre øget beskæftigelse i virksomheden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der er på nuværende tidspunkt sket en stigning i beskæftigelsen, som modsvarer eller overgår de oprindelige forventninger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
De oprindelige forventninger til øget beskæftigelse gælder fortsat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.9 Hvilke forudsætninger anser du for at være væsentligste forudsætninger for, at teknologiens kommercielle succes kan fastholdes eller udbygges?

Neden for kan du angive minimum 1 og op til tre forudsætninger, som du anser som væsentlige for teknologiens kommercielle succes

Forudsætning	Vigtigste forudsætning	Næst vigtigste forudsætning	Tredjevigtigste forudsætning
Videreudvikling og/eller markedsmodning af teknologien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
National miljø- og klimaregulering	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EU's miljø- og klimaregulering	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anden international miljøregulering	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prisen på energi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prisen på råstoffer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Udviklingen i CO2 afgifter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Udviklingen i andre afgifter på forurening	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Offentlige miljøinvesteringer inkl. offentligt ejede forsyningsvirksomheder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Økonomisk vækst hos private kunder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ændrede præferencer hos private forbrugere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ændrede krav/adfærd hos virksomhedskunder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.10 Hvilken risiko udgør konkurrence fra andre virksomheder for teknologiens kommercielle succes? Du bedes angive i hvor høj grad du anser de forskellige faktorer som en risiko

	Meget stor risiko	Stor risiko	Nogen risiko	Mindre risiko	Ingen risiko	Ved ikke
Andre virksomheders konkurrerende produkter på den samme miljømæssige udfordring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Min virksomheds evne og kapacitet til ekspansion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Udfordringer med at rekruttere kvalificerede medarbejdere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vanskelig adgang til risikovillig kapital	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. MILJØMÆSSIGE EFFEKTER

Spørgsmålene i denne sektion stilles til respondenter, som på spørgsmål 1.5 har angivet en af følgende primære roller: 1) teknologiudvikler, 2) teknologileverandør, 3) videnspartner eller 4) aftager af teknologien

Spørgsmålene i denne sektion handler om de realiserede og forventede miljøeffekter af den teknologi eller løsning, som er udviklet i projektet.

6.1 Hvilken af nedenstående svarmuligheder beskriver bedst de opstillede miljømål for projektet?

Der er opstillet <u>kvantitative</u> mål for teknologiens effekt på emissioner, energiforbrug, materialeforbrug, genanvendelse, stofkoncentrationer, eller andre miljøkonsekvenser	<input type="checkbox"/>
Der er opstillet <u>kvalitative</u> mål for teknologiens effekt på emissioner, energiforbrug, materialeforbrug, genanvendelse, stofkoncentrationer, eller andre miljøkonsekvenser	<input type="checkbox"/>
Der er opstillet <u>kvantitative</u> mål for teknologiens evne til at styre, måle eller opnå anden viden om miljøbelastninger	<input type="checkbox"/>
Der er opstillet <u>kvalitative</u> mål for teknologiens evne til at styre, måle eller opnå anden viden om miljøbelastninger	<input type="checkbox"/>
Der er ikke opstillet nogen miljømålsætninger for projektet	<input type="checkbox"/>

6.2 Hvordan opnås de positive miljøeffekter ved anvendelse af teknologien? Angiv den svarmulighed, som passer bedst

Anvendelse af teknologien giver et direkte positivt miljøbidrag (fx lavere emissioner, mindsket energiforbrug, stop for brug af skadelige stoffer)	<input type="checkbox"/>
Anvendelse af teknologien giver større viden hos aftagervirksomheder og dermed bedre muligheder for at gøre noget ved udfordringerne	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

6.3 Efter din vurdering, hvornår er det realistisk, at teknologien får en udbredelse, så den fulde miljømæssige effekt kan realiseres?

Forventet tidshorisont for fuldt gennemslag af den miljømæssige effekt skal angives i antal år efter projektafslutning.					
Mindre end 1 år	1 – 2 år	3 – 5 år	5 – 10 år	Mere end 10 år	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6.4 Er der gennemført analyser og/eller målinger, som dokumenterer de miljømæssige effekter?

Ja, af en uafhængig tredjepart	Ja, vores virksomhed har selv lavet analyser/målinger	Nej	Ved ikke
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Beskriv i nogle få ord den miljøeffekt, som teknologien skaber

Spørgsmål 6.5. stilles kun til respondenter, som i spørgsmål 5.3 har svaret "... sælges fortrinsvis til forsyningsvirksomheder"

6.5 Hvordan er teknologiens udbredelse blandt forsyningsvirksomheder? Angiv den af nedenstående svarmuligheder, som passer bedst

Teknologien / løsningen har (endnu) kun begrænset udbredelse blandt forsyningsvirksomheder	<input type="checkbox"/>
Teknologien / løsningen har haft interesse blandt forsyningsvirksomheder og har fået en vis udbredelse. Det er muligt, at den vil opnå yderligere udbredelse de kommende år	<input type="checkbox"/>
Teknologien / løsningen har haft stor interesse blandt forsyningsvirksomheder. Den har allerede fået en pæn/stor udbredelse, og det er sandsynligt, at den vil få høj udbredelse på lidt længere sigt.	<input type="checkbox"/>
Ved ikke	<input type="checkbox"/>

12 Bilag 2. Data fra MUDP's spørgeskemaer til projektledere og virksomheder ved projekternes afslutning

MUDP har udviklet et indicatorsæt, som er baseret på svar fra projektledere og projektdeltagere på spørgeskemaer, der udsendes ved projekternes afslutning. Datamodellen i spørgeskemaet er udformet på baggrund af evalueringen fra 2017. Neden for præsenteres resultaterne for de to skemaer. Grunddata er udleveret af MUDP-sekretariatet. Der er fjernet en række dubletter, men der er ikke foretaget datavask i øvrigt, herunder konkret vurdering af om enkeltbesvarelser er plausible.

12.1 Spørgeskema til projektledere

Illustrationerne i dette afsnit bygger på svar fra 77 projektledere (hovedansøgere). For en del af spørgsmålene, har respondenterne kunnet angive flere svar. Derfor kan det samlede antal svar være større end antallet af respondenter. I alle illustrationer er det antallet af svar, som fremgår.

Inden for hvilket miljø- og ressourcemæssigt felt har projektet haft fokus? Angiv gerne flere svar

A: Luftforurening	
Partikler og støv (fx PM10 og PM2,5)	10
Kvælstofilte (NOx)	8
Svovldioxid (SOx)	4
Ammoniak (NH3)	3
VOC	9
Tungmetaller	0
Implementering af ny IMO-regulering af skibes luftforurening	2
Dieseldreven vejtransport	3
Ikke vej-gående maskiner	3
Lavemissionsbrændeovne	2
Håndtering af biobrændstoffer mv.	4
Udvinning af materialer fra [...] fra energiproduktion	2
Andet	11
I alt	61
B: Drivhuseffekt	
CO2	30
Lattergas (N2O)	6
Metan (CH4)	4
Industrielle drivhusgasser	4
Black Carbon	4
Andet	1
I alt	49
C: Overfladevand og grundvand	
Næringsstof belastning	9
Kemisk forurening	6
Mikrobiologisk forurening inkl. antibiotika	7
Mikroplast	11
Overudnyttelse af vandressource (for høj vandindvinding)	6
Fysisk degradering af vandmiljø	5

Oversvømmelser	4
Ressourceeffektivitet	19
Andet	4
I alt	71

Inden for hvilket miljø- og ressourcemæssigt felt har projektet haft fokus (fortsat)?

D: Affald og bæredygtig genanvendelse af ressourcer	
Organisk affald	8
Næringsstoffer inkl. fosfor (fx fra spildevand og organisk affald)	5
Metaller	2
Andre mineraler inkl. kalk, sand, grus, ler mv.	5
Plast	14
Pap og papir	1
Glas	2
Andet	6
I alt	41
E: Problematiske kemiske stoffer	
Sundhedsskadelige kemikalier	16
Miljø- og naturskadelige kemikalier	8
MST Listen Over Uønskede Stoffer	4
Andet	6
I alt	34
F: Støj	
Trafikstøj og varelevering	0
Støj fra virksomheder	2
Støj fra bygge- og anlægsaktiviteter	1
Støj fra vindmøller	0
Støj fra andre kilder	0
I alt	3
G: Jord	
Undersøgelse og kortlægning af jordforurening	0
Jordrensning	2
Afværgeforanstaltninger inkl. bl.a. beskyttelse af grundvand	2
Andet	1
I alt	3
H: Natur	
Beskyttelse af biodiversitet	9
Bekæmpelse af invasive arter	0
Naturgenopretning	1
Andet	2
I alt	3
I: Kemikalier	
Udvikling af alternativer til problematiske kemikalier og biosider	10
Rensning for uønsket kemikalier	5
Analyse og vurdering af kemikalier	0
Rensning for uønsket kemikalier	5
Analyse og vurdering af kemikalier	0
Andet	2
I alt	22

Inden for hvilket miljø- og ressourcemæssigt felt har projektet haft fokus (fortsat)?

J: Vand og klimatilpasning	
Ressourcegenindvinding i spildevand inkl. energiproduktion	5
Energibesparende tiltag	10
Bedre håndtering af regnvand og afløb ifm ekstremregn	5
Rensning af særligt forurenede spildevand	8
Online måling af vandkvalitet	2
Reduktion af vandspild i vandforsyningen	1
Mere vandeffektiv produktion	7
Rent vand i svømmebade med færre klorrelaterede problemer	2
Rensning af ballastvand	0
Emission af drivhusgasser	16
Andet	4
I alt	60
K: Cirkulær økonomi og affald	
Ressourcegenindvinding i spildevand inkl. energiproduktion	5
Energibesparende tiltag	10
Nye produkter af affaldsressourcer samt bioprodukter	11
Sorteringsteknologi	8
Bedre udnyttelse af ressourcer i den organiske affaldsfraktion	3
Oparbejdning til genanvendelse	13
Reparation og genbrug	4
Mere ressourceeffektiv produktion	13
Industriel symbiose	2
Produktdesign til cirkulære økonomi og forretningsmodeller	8
Udv. af alternativer til problematiske kemikalier og biocider	10
I alt	87
L: Bæredygtigt byggeri	
Anvendelse af recirkulerede materialer og restprodukter til fremstilling af nye byggematerialer	6
Udvikling og design af byggematerialer og bygninger, der er forberedt på genanvendelse	2
Udvikling af byggematerialer og bygningskonstruktion til et sundere indeklima	2
I alt	10
M: Industrivirksomheder	
Renere teknologi til produktionen	11
Mere effektiv udnyttelse af ressourcer	16
I alt	27

Inden for hvilke brancher skal løsningen anvendes (angiv gerne flere svar).



I hvor høj grad vurderer du, at det lykkes at opnå projektets oprindelige formål?

	BB	CØA	Kemi	Luft	Vand	I alt
I meget høj grad	2	4	4	2	7	19
I høj grad	3	9	6	8	10	36
I nogen grad	3	3	1	4	7	18
I mindre grad	1	1	1			3
I meget begrænset grad					1	1
I alt	9	17	12	14	25	77

Note: BB = Bæredygtigt byggeri. CØA = Cirkulær økonomi og affald

Er der på nuværende tidspunkt indtruffet en miljø- eller ressourcemæssig effekt af projektet?

	BB	CØA	Kemi	Luft	Vand	I alt
I mindre grad	3	8	5	6	14	36
I meget begrænset grad	6	9	7	8	11	41
I alt	9	17	12	14	25	77

Note: BB = Bæredygtigt byggeri. CØA = Cirkulær økonomi og affald

Hvornår forventes projektets miljø- eller ressourceeffekt at være fuldt realiseret? (Antal år efter projekt-afslutning)

	BB	CØA	Kemi	Luft	Vand	I alt
< 1 år			2	1	6	9
1-5 år	4	8	6	10	10	38
+ 5 år	1	4	2	2	4	13
Ved ikke	4	5	2	1	5	17
I alt	9	17	12	14	25	77

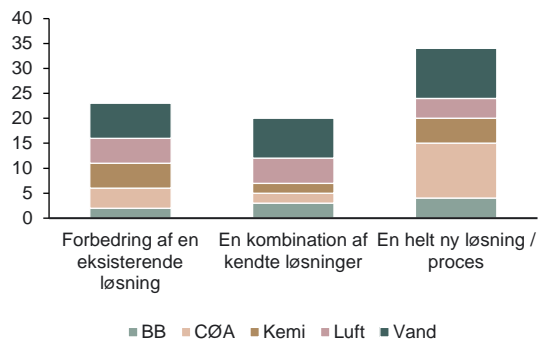
Note: BB = Bæredygtigt byggeri. CØA = Cirkulær økonomi og affald

Hvordan og hos hvem opnås effekten primært?

	BB	CØA	Kemi	Luft	Vand	I alt
Hvordan?						
Gennem det nye produkt			2	1	6	9
Gennem ny viden		4	8	6	10	38
Hos hvem?						
Hos projektdeltagere	1	4	2	2	4	13
Hos andre	4	5	2	1	5	17

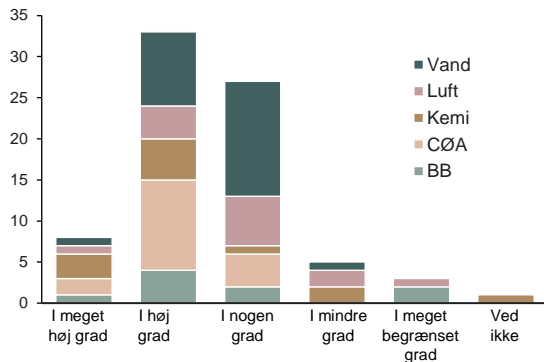
Note: BB = Bæredygtigt byggeri. CØA = Cirkulær økonomi og affald

Karakteristisk af teknologien i projektet



Note: BB = Bæredygtigt byggeri. CØA = Cirkulær økonomi og affald

I hvilken grad er der i projektet opnået et eller flere væsentlige teknologiske gennembrud?



Note: BB = Bæredygtigt byggeri. CØA = Cirkulær økonomi og affald

12.2 Spørgeskema til virksomheder

Illustrationerne i dette afsnit bygger på svar fra 115 virksomheder (fordelt på 92 projekter), som har modtaget MUDP-tilskud og besvaret det spørgeskema, som MUDP-sekretariatet udsender ved projektets afslutning. Respondenterne omfatter ikke kun private virksomheder, men også GTS-institutter og forsyningsvirksomheder m.fl. For en del af spørgsmålene, har respondenterne kunnet angive flere svar. Derfor kan det samlede antal svar være (noget) større end antallet af respondenter.

Hvordan ville projektet være blevet realiseret uden støtte fra MUDP?

	Antal svar
Vi ville have søgt at omprioritere egne ressourcer [...]	13
Vi ville formentlig have søgt [...] anden offentlig finansiering	31
Vi ville formentlig have søgt [...] finansiering fra en privat kilde	15
Projektet ville være gennemført i samme skala, men det ville have taget længere tid	6
Projektet ville være gennemført i mindre skala	27
Projektet vil ikke være blevet gennemført [...]	73
Andet	4
I alt	169

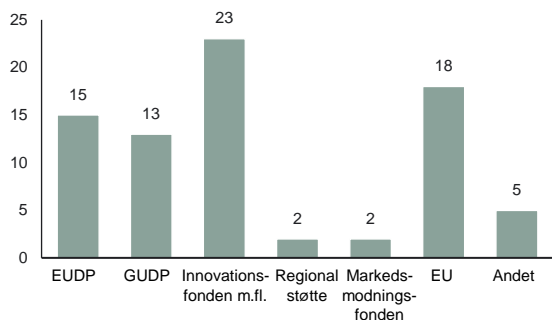
Har virksomheden ...

	Ja	Nej
... deltaget i partnerskaber under MUDP?	41	74
... modtaget tilskud fra andre støtteordninger end MUDP?	47	68

Tabellen oven for viser, at 47 (ud af 115) virksomheder oplyser, at de har modtaget tilskud fra andre støtteordninger end MUDP. Dette er en ret stor andel set i forhold til, at det er relativt få projekter, som på ansøgningstidspunktet oplyser at have søgt om anden støtte. Svarene oven for kan afspejle, at spørgsmålsformuleringen knytter sig til virksomhederne og ikke specifikt til projektet.

De virksomheder, som har svaret ja til spørgsmålet, er også anmodet om at oplyse de konkrete støtteordninger. Resultaterne er angivet i figuren herunder. Det ses, at der her er endnu flere virksomheder, som oplyser at have modtaget støtte, nemlig 68 i alt på tværs af ordningerne – det er tilfældigt, at dette tal er det samme som antallet, der i tabellen oven for har svaret, at de ikke har modtaget anden støtte. Svarene på de to spørgsmål er således ikke konsistente.

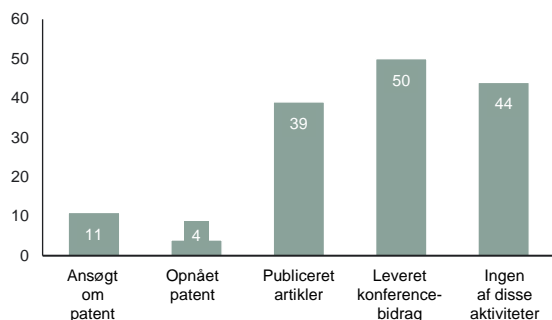
Antal virksomheder med støtte fra andre ordninger end MUDP



Hvilke resultater er der kommet ud af projektet i din virksomhed? Angiv gerne flere svar

Resultater	Antal svar
Nyt eller forbedret teknologiprodukt	60
Ny viden der kan sælges	62
Nyt netværk	74
Mulig eller realiseret adgang til investeringsmidler	36
Bedre eller billigere løsninger til at reducere virksomhedens forurening	16
Ingen af overstående	4
I alt	252

Har I foretaget jer følgende aktiviteter ifm projektet, eller forventer I at gøre det? Angiv gerne flere svar



Hvornår ift. projektafslutningen forventer I at opnå indtægter, der er afledt af projektets resultater?

	Antal svar
Før projektets afslutning	7
Mindre end 1 år efter projektafslutning	15
1-5 år efter projektafslutning	45
Mere end 5 år efter projektafslutning	6
Vi forventer ikke at opnå øgede indtægter som følge af projektdeltagelsen	34
Ved ikke	8
I alt	115

Til hvilke lande forventer I at eksportere den udviklede teknologi? Angiv gerne flere svar

	Antal svar
Norden	56
Tyskland	44
Storbritannien	28
Øvrige Europa	45
Kina	15
Rusland	5
Andre højvækstmarkeder	9
USA	22
Øvrige markeder udenfor Europa	16
Ved ikke	25
Vi forventer ikke eksport	29
I alt	294

Anslået beskæftigelse i og efter projektperioden, som er relateret til projektet

	Antal
I projektperioden	
Beskæftigede i MUDP-projekt i alt	580
Heraf nyansættelser	70
Efter 1-5 år	
Beskæftigede i MUDP-projekt i alt	552
Heraf nyansættelser	155

Note: Der er i alt 84 respondenter (ud af 115), som angiver, at der forventes nyansættelser efter projektperioden. Spørgsmålene i spørgeskemaet er formuleret således:

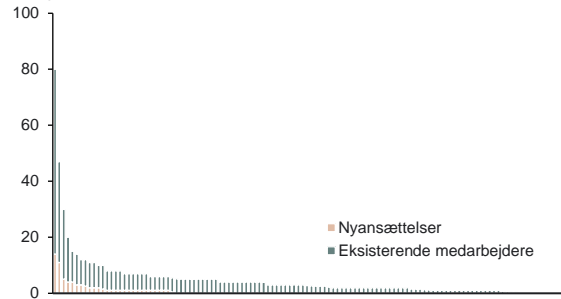
Giv et overslag over hvor mange medarbejdere i jeres virksomhed, der har beskæftiget sig med projektet indenfor projektperioden.

Giv et overslag over hvor mange medarbejdere i jeres virksomhed, der forventes at være beskæftiget med projektets resultater og følger 1-5 år efter projektafslutning.

Tabellen oven for viser, at de 115 respondenter oplyser, at der i de 92 projekter skønnes at have været 580 medarbejdere tilknyttet til projekterne inden for projektperioden, og at 70 er nyansættelser. Det er usikkert, om tallene kan opfattes som "tilknyttet på fuld tid". De tilsvarende forventninger 1-5 år efter projektafslutningen er 552 beskæftigede i alt, heraf 155 nyansættelser.

Det kan bemærkes, at tallene dækker over, at et mindre antal respondenter forventer forholdsvis mange (ny)ansatte. Langt de fleste respondenter forventer således kun få beskæftigede med projekterne og ret få forventer nyansættelser. Dette er illustreret i figurerne nedenfor.

Antal beskæftigede i MUDP-projekter i projektperioden. N=115



Forventet antal beskæftigede i MUDP-projekter 1-5 år efter projektafslutning. N=115

