

Miljø, teknologi og innovation

- bidrag til en grøn markedsøkonomi

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

INDLEDNING	5
SAMMENDRAG	9
1 UDFORDRINGER	15
1.1 VIDENSØKONOMIENS NY UDFORDRINGERNE	15
1.2 GLOBALISERING AF MILJØINDSATSEN	19
2 PERSPEKTIVERING AF EN TEKNOLOGI- OG INNOVATIONSORIENTERET MILJØINDSAT	23
2.1 TEKNOLOGIENS ROLLE FOR MILJØET	23
2.2 LOVENDE TEKNOLOGIERS MILJØBETYDNING BELYST VIA TEKNOLOGISKE FREMSYN	25
3 DANSKE VIDENSINSTITUTIONERS BIDRAG TIL MILJØTEKNOLOGISK UDVIKLING	33
3.1 DET MILJØTEKNOLOGISKE INNOVATIONSSYSTEM	33
3.2 FØRSKNING OG MILJØTEKNOLOGI	34
4 HOVEDTENDENSER I DEN MILJØRETTEDE TEKNOLOGISKE UDVIKLING OG INNOVATION	43
4.1 MILJØTEKNOLOGIENS BIDRAG TIL FORURENINGSBEKÆMPELSE	43
4.2 FRA MILJØTEKNOLOGISK POTENTIALE TIL KOMMERCIELT ALTERNATIV	44
4.3 STØRRELSEN AF MARKEDET FOR MILJØTEKNOLOGI	46
FIGUR 4.3. DANMARKS STATISTIKS OPGØRELSE MILJØSEKTOREN I DANMARK 1997	47
4.4 DE KLASSISKE MILJØTEKNOLOGIER – RENSNING, OPRYDNING OG MILJØRESSOURCER	52
4.5 RENERE TEKNOLOGIER - RESSOURCEOPTIMERING OG ÆNDRING AF ENKELTTEKNOLOGIER	59
4.6 MILJØEFFEKTIVE TEKNOLOGISKE SYSTEMER	65

Indledning

Denne rapport om udvikling og udbredelse af miljøvenlige teknologier er udarbejdet som teknisk baggrundsrapport til Rapport om Grøn Markedsøkonomi.

Ifølge Kommissariatet for Rapporten om Grøn Markedsøkonomi er formålet med baggrundsrapporten:

”at belyse potentialer og erfaringer med teknologisk innovation og spredning af miljøteknologiske løsninger samt initiativer, der kan stimulere og udvikle markedet, så virksomhederne i højere grad kan udnytte deres miljøindsats som en konkurrenceparameter. Endvidere undersøges praktisk brug af foranstaltninger, som kan fremme udvikling af miljøvenlige og ressourceeffektive teknologier og produkter.”

Teknologisk udvikling har været en vigtig drivkraft for den økonomiske udvikling både nationalt og internationalt. Der er samtidig stigende fokus på, at teknologisk udvikling, som led i en bæredygtig udvikling, rummer et betydeligt potentiale for at realisere målsætningen om at afkoble den økonomiske vækst fra stigende miljøbelastning.

I forbindelse med vurderingen af den betydning som forskning, udvikling, alternative praktiser og teknologisk forandring har for påvirkningen af en bæredygtig udvikling, trænger tre spørgsmål sig på. For det første, er udbredelsen af mere bæredygtige produktionspraksiser tilstrækkelig? For det andet, afspejler igangværende bæredygtige praksiser borgernes og virksomhedernes præferencer for velfærd, velstand, komfort og kvalitet? Og for det tredje, hvor der er potentiale for mere bæredygtige praksiser, vil markedet så tillade og/eller tilskynde producenterne at anvende sådanne? Denne rapport forsøger ikke at give fyldestgørende svar på disse spørgsmål, men vil i forskelligt omfang belyse vigtige aspekter heraf.

En forsat positiv økonomisk, miljømæssig og social global udvikling vil skærpe kravet til forbedring af den miljø- og resourceudnyttelsesmæssige efficiens i et omfang, der vanskeligt kan tilgodeses gennem miljøteknologisk innovation alene. Fremtidig efficient miljøteknologisk innovation må derfor følges op med organisatorisk, social og kulturel innovation. Bæredygtighedsperspektivet sætter fokus på et bredere sæt af bindinger, som den hidtidige vækstsfilosofi kun i ringe omfang har sat fokus på, nemlig det forhold, at miljømæssige, økonomiske og sociale faktorer er sammenvævede i en dynamisk samspilfunktion, hvor ændringer i den ene faktor har betydning for de øvrige.

Betydningen af innovation har yderligere den pointe, at fornyelsesevnen i den førende konkurrenceteori er efterhånden ved at blive erkendt som en væsentlig del af grundlaget for landes og virksomheders konkurrenceevne.

Når miljø skal vurderes i et erhvervsorienteret perspektiv, knyttes det traditionelt til forsyningsområderne energi, vandforsyning, spildevand og affald. Men det er nødvendigt at have et bredere sigte, når det drejer sig om at inddrage miljø som et erhvervsøkonomisk potentiale. Miljø integreres i

stigende grad i andre sektors politikker og aktiviteter. En række nye generiske teknologier kan have grundlæggende betydning for, hvordan vi med udgangspunkt i erhvervslivet og markedet skal imødekomme miljøudfordringerne.

Sammenhængen mellem teknologi, økonomisk vækst, innovation og miljøforbedringer blev understreget i EU idet der blev tilføjet en miljødimension til "Lissabon strategien" om vækst og beskæftigelse. Strategien har som formål at gøre EU til den mest konkurrencedygtige og videnbaserede økonomi i verden.

I EU's strategi for bæredygtig udvikling er teknologi et vigtigt virkemiddel til at opnå en bæredygtig udvikling. EU's stats- og regeringschefer understregede ved topmødet i Gøteborg i juni 2001, at klare og stabile mål for en bæredygtig udvikling vil give betydelige økonomiske muligheder. Dette har potentiale til at udløse en ny bølge af teknologisk innovation og investeringer og vil dermed skabe vækst og beskæftigelse. Det Europæiske Råd opfordrede erhvervslivet til at deltage i udviklingen, og til i højere grad at anvende nye miljøvenlige teknologier i sektorer som f.eks. energi og transport¹.

Som opfølgning på EU's strategi for bæredygtig udvikling er Kommissionen ved at udarbejde en handlingsplan om miljøteknologi og bæredygtig udvikling, som forventes at blive fremlagt i slutningen af 2003.

Regeringens strategi for bæredygtig udvikling: "Fælles Fremtid – Udvikling i Balance" blev offentliggjort i juni 2002. En af de overordnede målsætninger i strategien er at afkoble den økonomiske udvikling fra stigende miljøbelastning og at forbedre ressourceeffektiviteten markant.

I "Fælles Fremtid – Udvikling i Balance" identificeres teknologiske nybrud og innovation som nødvendig. Der skal fortsat udvikles ny teknologi, nye materialer og nye løsninger for at omstille samfundet mod en bæredygtig udvikling. Strategien peger på, at såvel udbredelse af eksisterende teknologier samt teknologiske nybrud giver mulighed for at udvikle mere bæredygtige produktionsformer. Ved at ændre det teknologiske grundlag for produktion og forbrug kan samfundets afhængighed af visse ressourcer på sigt reduceres afgørende. Nye energiformer for eksempel brændselsceller vil kunne nedsætte CO₂ udslippet radikalt. Brug af nye typer materialer kan mindske ressourceforbruget og øge mulighederne for genanvendelse. Også informations- og bioteknologi kan tænkes at føre til helt nye miljøvenlige produktionsmåder og produkter. Det understreges, at det er vigtigt, at skabe gode rammer og et godt grundlag for, at nye, miljøvenlige teknologier bliver udviklet og udbredt, og at eventuelle barrierer for miljøvenlige teknologiers markedsadgang bliver fjernet.

Regeringens strategier for vækst og viden: "Vilje til vækst"² og "Viden – vejen til vækst"³ har sat rammen for den overordnede indsats for økonomisk udvikling i Danmark. Fokus på at styrke erhvervslivets forretningsmæssige potentialer på miljøområdet kan bidrage til at udfylde disse rammer.

¹ Konklusioner fra møde i det Europæiske Råd, Stockholm, Juni 2001.

² Økonomi- og Erhvervsministeriet, Vækst med Vilje, 2002

³ Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling, Regeringens vidensstrategi – viden i vækst, 2003

Den begyndende udvikling af videnssamfundet med dens nye avancerede teknologier, åbner nye muligheder for at dreje den teknologiske udvikling i en retning, som er mindre miljøbelastende og mere ressourceeffektiv. Miljøet skal være med til at sætte dagsordenen for videnssamfundets udvikling, ligesom videnssamfundet vil være med til at ændre dagsordenen for fremtidens miljøpolitik. Samtidigt vil en sådan udvikling være med til at sætte dagsordenen for fremtidens miljøpolitik.

Rapporten om grøn markedsøkonomi og delrapporten om teknologiske virkemidler kan bidrage til at realisere målsætningen om at afkoble den økonomiske vækst fra stigende miljøbelastning gennem markant øget ressourceeffektivitet. Rapporten om grøn markedsøkonomi og denne delrapport om teknologisk udvikling kan også udgøre et godt grundlag for en sammenhængende indsats i Danmark i forhold til indsatsen i EU.

Sammendrag

Markedet for miljøteknologi

Det globale marked for miljøteknologi vokser hurtigt, og udsigterne til fortsat vækst er gode. Det er en af konklusionerne i en rapport udarbejdet for EU kommissionen om miljøteknologi og bæredygtig udvikling⁴. Det anslås her, at markedet for miljøprodukter og -services i EU er på mindst 180 mia. euro årligt svarende til ca. 2,3 % af BNP i EU-landene. Af dette beløb udgør kapital udgifterne godt 30 % mens resten er driftsomkostninger. Det samlede verdensmarked anslås i rapporten mindst at være på ca. 550 mia. euro og markedet er kendetegnet af høj vækst

Samlet set klarer danske virksomheder sig godt på dette marked. Værdien af den danske eksport af miljøteknologi er på mere end 15 mia. kr. årligt og er kendetegnet af meget høj vækst.

Den miljøteknologiske udvikling har løbende undergået en række kvalitative forandringer, som har flyttet fokus til nye indsatsområdet og problemstillinger.

Karakteren af disse forandringer afspejler i høj grad miljøpolitikens generelle udvikling. Fra at have fokuseret på de umiddelbare og nære miljøproblemer fokuseres der nu i stigende grad på globale miljøproblemer, der er indlejret i eksisterende produktions- og forbrugsmønstre.

De klassiske miljøteknologier – rensning, oprydning og miljøressourcer

Da den miljøteknologiske udvikling startede for godt 30 år siden omfattede den primært rens- og ressourcehåndteringsteknologier i relation til spildevandsbehandling, luftrensning, affaldshåndtering, vandforsyning, genbrug og naturbeskyttelse.

Det er primært miljøpolitikken, der skaber grundlag for den miljøteknologiske udvikling på disse områder. Det sker via offentlige investeringer i spildevandsrensning, affaldshåndtering, jordrensning, naturbeskyttelse m.v. Samtidig forudsætter overholdelse af miljølovgivningen, at private virksomheder og offentlige institutioner anvender disse teknologier, hvis de skal opfylde de fastsatte standarder.

Miljølovgivningen er ofte relativt kontant på dette område. På spildevandsområdet er der f.eks. tilslutningspligt til det offentlige kloaksystem i byområder, påbud om rensning af spildevandet inden det udledes og specifikke kvalitetskrav til det rensede spildevand. Miljølovgivningen stiller dog sjældent detaljerede krav til anvendelse af specifikke rensningsteknologier. Her er det ejerne af "forsyningssystemerne" og leverandører af tekniske løsninger der, via markedet, udpeger de bedst egnede teknologier.

⁴ Rapport fra kommissionen, Miljøteknologi og bæredygtig udvikling, KOM(2002) 122 endelig.

På centrale indsatsområder i miljøpolitikken har udvikling og udbredelse af klassisk miljøteknologi ført til, at en række væsentlige miljøproblemer er blevet reduceret afgørende.

Generelt vurderes potentialerne for at opnå yderligere væsentlige miljøforbedringer ved nye investeringer i eksisterende renseteknologier inden for de eksisterende anvendelsesområder at være relativt begrænsede i Danmark. Det samme gør sig gældende i sammenlignelige lande.

Der er tilgængelig fortsat betydelige potentialer for over tid, at øge omkostningseffektiviteten. Der er således knyttet betydelige udgifter til driften af de eksisterende rense- og ressourcehåndteringsteknologier. Spildevandsrensning, vandforsyning og affaldshåndtering lægger i dag beslag på over halvdelen de midler der bruges på miljøområdet i Danmark og andre sammenlignelige lande. Dette forhold er med til at skabe efterspørgsel efter mere omkostningseffektive teknologier. Samtidig er der store urealiserede miljøpotentialer knyttet til øget udbredelse af disse teknologier uden for de rige højtindustrialiserede lande; herunder i EU's kandidatlande, i nyindustrialiserede lande og i de egentlige udviklingslande. Endelig kan der ligge interessante muligheder i at udvikle og udbrede renseteknologier til nye anvendelsesområder. Aktuelle områder er partikel filtre til biler, spildevandsrensningssystemer til bebyggelse i ukloakerede områder i det åbne land samt biologisk baseret jordrensning.

På en række områder har danske virksomheder en betydelig eksport af teknologi og viden indenfor vandforsyning, spildevandsrensning og affaldsbehandling.

Også i fremtiden vurderes der at være et stort marked for danske virksomheder på dette område. Forudsætningen for at udnytte dette markedspotentiale er, at virksomhederne også fremover kan levere omkostningseffektive miljøteknologiske løsninger af høj kvalitet. Det forudsætter løbende teknologisk innovation, hvor der bl.a. drages fordel af de generelle teknologiske fremskridt. Udfordringerne er, at indarbejde ny teknologi og viden i de traditionelle miljøteknologier og organisationsprincipper for derved at opnå større omkostningseffektivitet.

Renere teknologier - ressourceoptimering og ændring af enkeltteknologier

For godt 20 år siden blev indsatsen i stigende omfang orienteret mod en forebyggende miljøteknologisk indsats under overskriften renere teknologi. Princippet er, at miljøhensynet integreres i virksomhedernes teknologiske udvikling og produktion for at forebygge miljøproblemer frem for at lave renseforanstaltninger. Indsatsen har karakter af en kombination af en løbende optimering af ressourceforbruget og en målrettet indsats rettet mod specifikke miljøproblemer. Den løbende ressourceeffektivisering understøtter virksomhedernes indsats for at spare på ressourcerne.

Renere teknologi er en problematisk størrelse at afgrænse præcist, bl.a. fordi standarden for renere teknologi hele tiden udvikler sig med den løbende teknologiske udvikling, og fordi nye generationer af en teknologi i praksis ofte er mere ressourcebesparende end de foregående. Derved bliver det vanskeligt over tid at skelne renere teknologi fra ny teknologi generelt. Denne usikkerhed gør sig også gældende i forhold til dokumentation af markedspotentialerne i renere teknologi.

Ifølge EU kommissionen udgør det samlede marked for teknologi ca. 20 % af EU's BNP. Det er hele dette marked, som den integrerede miljøteknologiske udvikling skal påvirke. Udskiftning af kapitalapparatet er en god lejlighed til at introducere nye integrerede miljøteknologiske løsninger.⁵

Indsatsen for at udvikle og udbrede integrerede miljøteknologiske løsninger er særlig relevant de på områder, hvor man ikke kan rense eller fortynde sig ud af miljøproblemerne. Udslip af ozonlagsnedbrydende gasser og udvaskning af næringsstoffer fra jordbruget er eksempler på miljøproblemer, hvor der har været behov for at integrere miljøbeskyttelsen i de eksisterende teknologier.

I første omgang er det bærende princip for denne løbende miljøteknologiske optimering, at virksomhederne blandt de kommercielt tilgængelige teknologier skal anvende de teknologier, som er bedst ud fra et miljømæssigt perspektiv. Princippet om "bedst tilgængelige teknologi" (Best Available Technology – BAT) er f.eks. et bærende princip i EU's regulering af industriens emissioner i IPPC direktivet. På trafikområdet er udstødningsnormerne for biler gradvist blevet skærpet, så de modsvarer de mindst forurenende teknologiske løsninger på markedet i dag.

På flere områder har såvel den nationale som EU's miljøregulering stillet skærpede krav, som overskrider de reduktionsmuligheder, der eksisterer ved anvendelse af bedst tilgængelige teknologi. Med udgangspunkt i langsigtede miljøpolitiske målsætninger er der fastsat emissionsstandarder på konkrete områder, som skal træde i kraft i løbet af en nærmere fastsat årrække. Disse emissionsstandarder kan ikke indfries med de gældende kommercielt tilgængelige teknologier men forudsætter udnyttelse af en kommende forventet teknologiudvikling. På trafikområdet har EU således indgået bindende aftaler med den europæiske bilindustri om forbedrede emissionsstandarder. Det har ført til teknologisk innovation, som danner grundlag for produktion af mindre miljøbelastende biler. Miljøindsatsen fremmer dermed den teknologiske udvikling samtidigt med at den teknologiske udvikling bidrager til realiseringen af miljømålene.

Betydningen af miljøpolitikken har været mere indirekte for den integrerede miljøteknologiske optimering end for rense- og ressource-teknologierne. Til gengæld har innovationsfremmende politikker i højere grad bidraget til den generelle udvikling af renere teknologier. Investeringerne i denne type teknologi er primært gennemført i virksomhedsregi.. Ved at fastsætte grænseværdier og emissionsstandarder og ved at forbyde anvendelse og markedsføring af miljø- og sundhedsskadelige kemiske stoffer har miljøpolitikken dog løbende tilskyndet virksomheder og forbrugere til at udvikle og anvende mere miljøvenlige teknologier og produkter. Dette er ofte sket i samspil med sektorpolitikker, hvor ressortministerierne for bolig, landbrug, energi og trafik står for den konkrete gennemførelse af miljømålene.

Indsatsen for at miljøoptimere teknologierne kan føre til såkaldte "dobbeltgevinst løsninger" (win-win-argumentet), idet både miljøbelastningen og virksomhedernes udgifter til råstoffer, energi og bortskaffelse af affaldsprodukter reduceres. I takt med at de nemme og hurtige gevinster

⁵ Miljøteknologi og bæredygtig udvikling, RAPPORT FRA KOMMISSIONEN, KOM (2002) 122 Endelig, Bruxelles 2002, s. 9.

udnyttes (de 'lavt hængende frugter'), bliver denne strategi dog mere usikker og fordrer endnu større behov for radikale innovationer. Undersøgelser af sammenhængen mellem virksomhedernes anvendelse af miljøvenlige teknologier og virksomhedernes generelle økonomiske situation peger på, at miljøvenlige virksomheder generelt klarer sig godt i konkurrencen på markedet.

Danske virksomheder er ofte blevet stillet over for miljøkrav, der har været på forkant med internationale miljøstandarder. Der er en række eksempler på, at de høje miljøstandarder i Danmark har styrket danske virksomheders konkurrencesituation på verdensmarkedet, fordi virksomhederne har haft afprøvede miljøteknologiske løsninger på det tidspunkt, hvor man internationalt har vedtaget de danske miljøstandarder.

På en række væsentlige områder er det lykkedes at opnå meget store miljøforbedringer ved at indføre renere teknologier. F.eks. er bly næsten helt blevet udfaset som tilsætningsstof i benzin og der er sket en markant reduktion af udledning af ozonlagnedbrydende stoffer.

På andre områder er den løbende miljøteknologiske optimering og forbedringerne i ressourceeffektiviteten samlet set blevet opvejet af den totale volumen af produktion og forbrug.

Miljøeffektive teknologiske systemer

En række miljøproblemer kan karakteriseres som persistente, idet de er tæt knyttet til de nuværende produktions- og forbrugsmønstre. Det gælder f.eks. miljøproblemer der optræder i varierende omfang i forbindelse med affald, transport og energi- og ressourceforbrug i øvrigt. Erfaringsmæssigt er disse miljøproblemer ikke blevet reduceret tilstrækkeligt gennem løbende teknologisk miljøoptimering, idet forbedringer i ressourceeffektiviteten, jf. tidligere afsnit, er opvejes af den samlede volumen i produktion og forbrug. Til gengæld er der en række tegn på en ny miljøteknologisk udviklingstendens, hvor miljøteknologiske spring på strategiske områder har potentiale til at fjerne årsagen til disse ellers persistente miljøproblemer.

Energiteknologier, der er baseret på fornybare energiresourcer, anvendelse af brint som drivmiddel for bilerne, udnyttelsen af nanoteknologi til nye materialer og anvendelse af bioteknologi som middel til at erstatte problematiske kemiske processer og produkter er alle eksempler på teknologier og områder, hvor der er potentiale for væsentlige miljøteknologiske forandringer.

Der kan endvidere peges på informations- og kommunikationsteknologierne (IKT), der også kan vise sig at blive en meget vigtig faktor for at skabe en mere bæredygtig udvikling. Det er en udvikling, der introducerer en ny måde at arbejde og tjene penge på og som er med til at bane vejen for nye livsstile og holdninger. En forsmag på dette er den kommercielle og private udnyttelse af internetteknologien og den begyndende sammensmeltning af IKT-produkter (radio, telefon, fax og kamera).

Realiseringen af potentialerne ved denne tredje type miljøteknologi er endnu kun i sin vorden. Udvikling og udbredelse af disse teknologierne har ikke nået et større kommercielt stadie, og teknologierne er for usammenhængende til at give væsentlige effekt ændringer i forhold til miljøbelastningen. F.eks. vil

vindenergiens potentiale først rigtigt blive realiseret, når den kombineres med nye teknologier til at lagre energien og evt. give den en form, der gør den anvendelig som drivmiddel i biler.

Der er mange økonomiske, tekniske og institutionelle barrierer for introduktion af nye teknologiske systemer inkl. de mere miljøeffektive. En væsentlig barriere er, at priserne ikke afspejler de totale samfundsmæssige og herunder miljømæssige omkostninger. Det medfører, at husholdninger og virksomheder er tilbøjelige til at underinvestere i ny teknologi. En anden væsentlig bremsende effekt, er den fastlåsende virkning (effekt), der er forbundet med allerede foretagne investeringer i teknologiinfrastruktur.

En indsats for at fremme disse nye teknologier fordrer derfor tiltag specifik rettet mod at fjerne barrierer for de miljøvenlige teknologiers markedsudbredelse. Samtidig er det væsentligt, at markedet vælger de vindende teknologier ("picking the winners"). Markedets centrale rolle i fremme af nye teknologier vil være afhængig af, i hvilket omfang de samlede omkostningerne ved miljøbelastningen vil være indeholdt i markedspriserne.

Erfaringerne fra bl.a. energiområdet peger på, at sektorpolitikkerne har stor betydning for at fremme udviklingen af miljøeffektive teknologiske systemer. Omlægninger af hele teknologiske systemer forudsætter, at rammebetingelserne for sektorernes udvikling, f.eks. i form af investeringer i infrastruktur, understøtter introduktion af nye og mere miljøvenlige teknologiske systemer.

Miljøteknologiske spring, som betyder ændring af teknologiske systemer, tager ofte lang tid og kræver store investeringer.

En væsentligste rolle for miljøpolitikken er at fastlægge langsigtede og forpligtigende målsætninger for miljøet for at realisere potentialerne knyttet til mere miljøeffektive teknologiske systemer. Sådanne langsigtede målsætninger er med til at give virksomheder og forskningsinstitutioner et incitament til at investere i den nødvendige teknologiske innovation.

Samspil mellem virksomheder og offentlige forskningsinstitutioner

Virksomhederne er det centrale omdrejningspunkt for den miljøteknologiske udvikling, ligesom de er det for den teknologiske udvikling i øvrigt. Virksomhederne er imidlertid afhængige af vidensinput fra det øvrige samfund. I det moderne videnssamfund spiller forskningsgenereret viden en stadig vigtigere rolle for virksomhederne. Det gør sig i høj grad gældende på miljøområdet, hvor mange af miljøproblemerne er præget af stor kompleksitet. Samtidigt skal de miljøteknologiske løsninger fungere i samspil med den avancerede højteknologiske udvikling, som generelt kendetegner samfundsudviklingen.

Denne situation understreger behovet for et godt samspil mellem virksomhederne og de offentlige forsknings- og uddannelsesinstitutioner i relation til den miljøteknologiske udvikling. Dette sker ved at miljø inkorporeres i den generelle teknologiske innovationsproces – specielt inden for lovende teknologiske udviklingsområder som bioteknologi, informations og kommunikations teknologien samt nanoteknologi. Det sker også som en del af den generelle teknologiudvikling inden for sektorer, der har central miljøbetydning, herunder transport, fødevarer og energi. Endelig sker det som

en målrettet teknologisk indsats for at løse specifikke miljøproblemer, f.eks. substitution af ozonlagnedbrydende stoffer eller udvikling af nye og mere effektive rensesystemer.

1 Udfordringer

Den særlige interesse for miljøteknologi og innovation som elementer i en grøn markedsøkonomi udspringer af to udfordringer:

Fremkomsten af informationssamfundet kan vise sig at blive en af de mest betydelige faktorer for bæredygtighedsproblematikken.

Informationssamfundet er et globalt fænomen lanceret under forskellige betegnelser som f.eks. 'det postindustrielle samfund' eller 'videnssamfundet'⁶. Den teknologiske base i informations- og videnssamfundet er informations- og kommunikationsteknologi (IKT).

Det markerer en ny og anderledes logik end tidligere samfundstyper. Hvor det agrare samfund fokuserede på landbrugsjorden som den primære kilde til rigdom og det industrielle samfund på produktionsapparatet, så er fokus i informationssamfundet rettet mod adgangen til information og viden. Fremtidens velfærd afhænger af evnen til at bringe Danmark godt ind i videnssamfundet.

Samtidig står det globale samfund overfor en række miljømæssige udfordringer, som skal løses hvis udviklingen skal drejes i en bæredygtig retning. *De presserende miljøproblemer er i stigende omfang indlejret i globalt definerede produktions og forbrugsmønstre.* Det er miljøproblemer som er vanskelige at løse i nationalt regi med det traditionelle mix af miljøpolitiske virkemidler. Vigtige indsatsområder er klimaforandringer, faldende biodiversitet, stigende affaldsmængder og det stigende kemikalietryk.

De to udfordringer har begge udspring i de samme overordnede globale udviklingstendenser; teknologisk, politisk, socialt og demografisk. Udfordringernes fælles udspring indikerer behov og mulighed for at sammenkoble indsatsen, så Danmark kommer godt ind i videnssamfundet samtidigt med at miljøudfordringerne håndteres på en fornuftig måde.

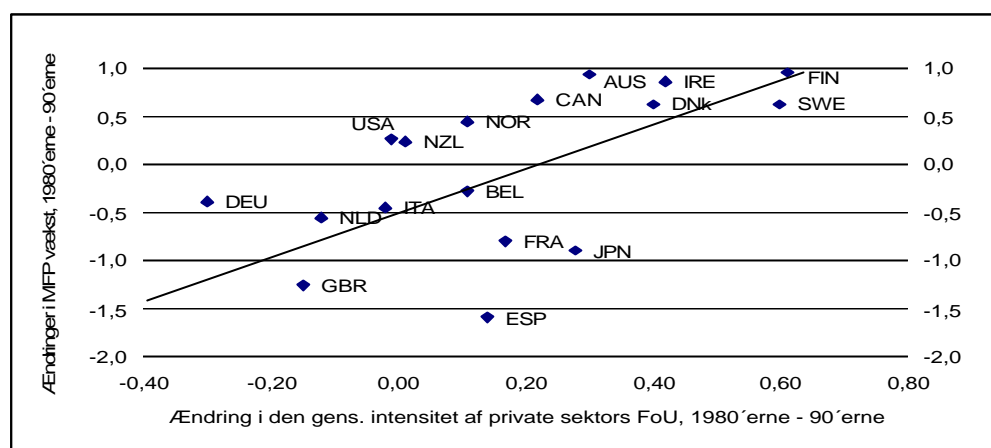
1.1 Vidensøkonomiens ny udfordringer

Videnssamfundet og den globale konkurrence indebærer, at viden er ved at blive en af de vigtigste faktorer for vækst og velfærd. Det skyldes en række samfundsmæssige forandringer, som virksomhederne kan drage fordel af, hvis de er omstillingsparate og har et højt videns- og kompetenceniveau. Det drejer sig f.eks. om accelererende teknologiske fremskridt, globalisering af markeder og ændringer i forbrugs- og efterspørgselsmønstre. Succeskriterierne i fremtidens videnssamfund er, at virksomhederne kan håndtere disse udviklingstræk.

Tal fra OECD viser, at lande, der op gennem 1980'erne og 1990'erne har oplevet en stigning i virksomhedernes vidensproduktion i form af forskning og udvikling, ligeledes har oplevet en stigning i produktiviteten over samme periode jf. figur 1.1.

⁶ W. D. Grossmann, 2000: realising sustainable development with the information society – the holistic Double gain-Link approach, *landscape and Urban Planning* 50: 179-193.

Figur 1.1. Produktivitet og privat FoU i 17 OECD-lande⁷



Teknologiske muligheder

Der er de seneste år opstået videnskabelige gennembrud på en række generiske teknologiområder, f.eks. inden for bioteknologi, miljøteknologi, materialeteknologi og informations- og kommunikationsteknologi (IKT). Det har ført til en markant vækst i den teknologiske vidensbase og har medført øget behov for, at virksomhederne scanner og overvåger den teknologiske udvikling tættere inden for de teknologiområder, som har betydning for deres forretningsområder. Virksomheders valg af forretningsstrategi og landes valg af innovationspolitik er under indflydelse af de stadigt omskiftelige teknologiske forhold på markederne.

Boks 1.1. Teknologiske muligheder

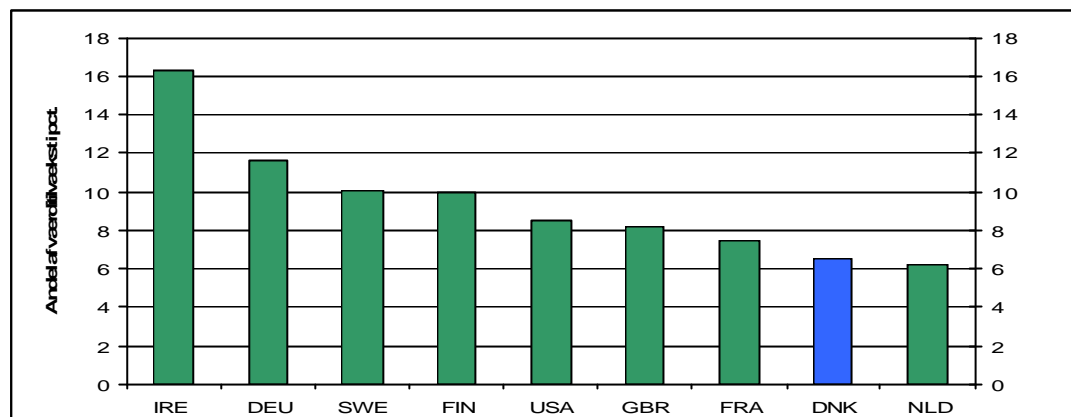
Medicinalindustrien udvikler teknologier, som i følge eksperter kan bidrage til løsning af en række miljøproblemer. Bioteknologiske landvindinger kan danne grundlag for udvikling af helt nye materialer som bioplast, der kan give mere miljøvenlige produkter og materialer til f.eks. emballage. Samtidig går den teknologiske udvikling i retning af, at flere teknologier smelter sammen. I de kommende år vil traditionelle områder som bioteknologi, kemisk forskning og fysisk materialeforskning smelte sammen til et hurtigt voksende område, som betegnes "nanoteknologi". Det er en teknologi, som ved hjælp af manipulation af atomer kan skabe nye materialer såsom biologiske chips i stedet for silikone chips til computere. Derved bliver man i stand til at udvikle computere, som er hurtigere, mere intelligente og mindre, end de er i dag. Det kan give mulighed for formindsket ressourcebrug. Informations- og kommunikationsteknologien kan også indvirke positivt på miljøet. IKT kan være med til at ændre produktionsprocesser, kommunikationsformer, forbedrede og mere effektive forretningsprocesser og produkter og mere effektive markeder gennem e-handel. Ligesom der pågår en stedse mere grænseudviskende og sammensmeltende udvikling, hvor f.eks. telefon-, fax-, kamerateknologi integreres i samme produkt).

Figur 1.2 viser, at Danmark er bagud, når det gælder teknologi. Danmark er placeret blandt de nederste to lande, når det gælder vægten af høj- og

⁷ Økonomi- og Erhvervsministeriet, Vækst med Vilje, København 2002

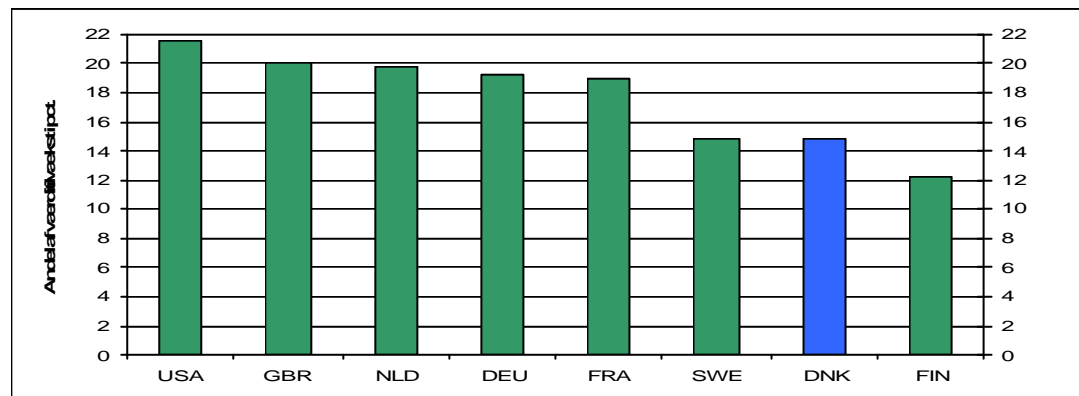
medium-højteknologiske fremstillingsbrancher i økonomien. Dette mål har bl.a. indflydelse på vurderingen af en given nations udviklingsstadium i overgangen fra industris- til informations- og vidensamfund.

Figur 1.2. Høj- og medium-højteknologiske industrier, forsknings- og udviklingsandel af værditilvæksten, 1998



Danmark befinder sig ligeledes i blandt de to nederste lande, når det gælder den videnstunge servicesektors vægt i økonomien, jf. figur 1.3. Den bidrager med knap 22 pct. af værditilvæksten i USA. I Danmark er bidraget på mindre end 15 pct. En indikation af, at førnævnte omstillingsproces ikke er så langt fremskredet i DK som i andre OECD-lande.

Figur 1.3. Videnintensive servicebrancher, forskning og udvikling som andel af værditilvæksten, 1998



Det er vigtigt for virksomhederne at være opmærksom på, hvordan de nye teknologier skaber nye muligheder for netværk og samarbejde med hensyn til udvikling, produktion, salg og markedsføring. Virksomhederne skal være innovationsorienterede for at kunne udnyttet og udvikle nye teknologier.

En række andre forhold i samfundet påvirker også omfanget af erhvervsinvesteringer i Danmark, herunder bl.a. adgang til højt kvalificeret og fleksibel arbejdskraft.

Det seneste årti er der fremkommet en betydelig videnskabelig litteratur, der belyser: nationale innovationssystemer⁸, industrielle klynger⁹, geografisk koncentration¹⁰, sociale netværk¹¹ og ny vækstteori¹².

Et fælles træk på tværs af disse nyere teoristrømninger er, at de beskriver feed-back processer som centrale for skabelse af ny viden og ser geografisk nærhed som en central faktor for en mobil og rig kommunikation. Viden, færdigheder og læringsevner dannes og udvikles i et kompleks samspil mellem virksomheder og institutioner. Blandt faktorer, der fremhæves som særligt betydningsfulde i denne sammenhæng er betydning af stabilitet og variation. Således peger nyere forskning på¹³ at virksomhedsnetværk tilbyder det rette miks af variation og stabilitet som kan fremme innovation og læring.

Konkurrence er dynamisk og direkte afhængig af innovation der fremmes i klynger¹⁴. Klynger er en geografisk koncentration af sammenbundne virksomheder (inden for relaterede brancher og/eller sektorer), specialiserede leverandører, serviceudbydere, og tilknyttede institutioner (f.eks. universiteter). En klynge kan således ses som et system af sammenbundne virksomheder og institutioner, hvis værdi som en samlet klynge er større end summen af klyngens eller systemets enkeltkomponenter. Deltagelse i sådanne klynger tilbyder konkurrencefordele i form af opdagelse af ny teknologi, hurtig spredning af de bedste praksiser, proces- eller afsætningsmuligheder. Innovationer opstår ofte i grænsefladerne mellem industrier og klynger, når relaterede teknologier og færdigheder kombineres på nye måder. Nye forretningsidéer vil ofte boble op i en klynge netop fordi koncentrationen af virksomheder, ideer, færdigheder, teknologi og behov er tilstede inden for klyngen.

Globalisering

Globalisering fører til, at markeder, teknologier og kommunikation gradvist kommer til at gå på tværs af landegrænser. Ligesom den teknologiske udvikling vil globaliseringen have betydning for erhvervslivets vilkår. Globalisering vil vende op og ned på, hvem danske virksomheder konkurrerer med og markeder i andre verdensdele bliver virksomhedernes nye nærmarkeder. Globalisering betyder også stærkt øget konkurrence. Virksomhederne konkurrerer løbende på at være først med nye ideer og på at forkorte tiden fra anvendelse af ny teknologisk viden til udvikling og fremstilling af nye produkter til markedet. Herved forstærkes virkningerne af den teknologiske udvikling, som det bl.a. er set efter fremkomsten af internetteknologien, der f.eks. i betydeligt omfang ophæver tidligere tiders

⁸ B.-Å. Lundvall, Ed.: National systems of innovation, London: Pinter

⁹ M.E. Porter, 1990: The competitive advantage of nations, London: The MacMillan Press; OECD, 1999: Boosting innovation: the cluster approach. Paris: OECD; OECD, 2001: Innovative clusters. Drivers of national innovation systems, Paris: OECD

¹⁰ P. Krugman, 1991: Geography and trade, Cambridge, MA: The MIT-Press

¹¹ U.E. Gattiker & J.P. Ulhøi, 2000: The entrepreneurial phenomena in a cross-national context. I: Handbook of Organizational Behaviour. 2. edition, ed. by R. Golembiewski. New York: Marcel Dekker Inc.

¹² P. Romer, 1990: Endogeneous technical change, Journal of Political Economy, 98: 71-102

¹³ H. Håkansson, V. Havila & A.-C. Pedesen, 1999: Learning in networks. Industrial Marketing Management, 28: 443-452.

¹⁴ M.E. Porter, 2000: Locations, clusters and company strategy. I: L. Clark; M.P. Feldman & M.S. Gertler, Eds, The Oxford handbook of economic geography. Oxford: Oxford University Press.

lokaliseringsfordele og/eller muliggør at 'afsnøre' tidligere fordyrende og tidsrøvende led i vare- og tjenesteydelsernes værdikæde.

I mange brancher er den gennemsnitlige levetid for produkter, serviceydelser og teknologier markant kortere end blot for 10 år siden. F.eks. var 90 pct. af de markedsledende virksomheder i 1950 i stand til at overleve i 10 år. I 1960 gjaldt det for 85 pct. I dag er kun 20 pct. i stand til stadig at være på markedet over en tiårig periode.¹⁵ Tallene illustrerer en øget omskiftelighed på markedet og behovet for tilstedelighed at være "teknologisk omstillingsparate" i erhvervslivet.

I takt med den stigende konkurrence bliver mulighederne for Danmark for at konkurrere på traditionelle konkurrenceparametre som f.eks. pris og kvalitet således stedse aftagende i takt med at nye vækstregioner dukker op. Det er derfor nødvendigt for dansk erhvervsliv at finde nye veje at konkurrere på f.eks. ved at skabe ekstra værdi for forbrugerne i form af bedre produkter, god service og løsninger, der er tilpasset og målrettet individuelle behov ved øget brug af innovation og ny teknologi. Nøgleord for lande som Danmark, når fokus rettes mod konkurrencekraft, bliver viden, værdi og oplevelse.

Miljø som konkurrenceparameter

Forbrugsmønstrene har stor indflydelse på, hvordan markeder udvikler sig, og der er i de seneste år sket en kvalitativ ændring i forbrugs- og efterspørgselsmønstrene, hvor efterspørgslen bliver mere individuel og mere værdiorienteret. Køb er i stigende omfang forbundet med at skabe identitet for den enkelte forbruger, og købsbeslutninger foretages med udgangspunkt i etiske overvejelser. Den udvikling har stor betydning på miljøområdet, som netop også er forbundet med mange etiske overvejelser.

Stadig flere virksomheder bliver konfronteret med nye etiske og miljømæssige krav fra kunder, investorer, medarbejdere og det offentlige. Nogle virksomheder er allerede opmærksomme på denne udvikling og ser det som en forretningsmæssig udfordring. De ændrede forbrugs- og efterspørgselsmønstre betyder, at viden, innovation og miljø er centrale konkurrenceparametre.

1.2 Globalisering af miljøindsatsen

Bæredygtighed er et kompleks størrelse. Det forudsætter en dramatisk nedgang i efterspørgslen på ressourcer, en massiv forbedring af ressourceanvendelsens effektivitet samt en bevaring af kritiske økosystemers integritet¹⁶.

En markant forbedring af miljømæssige efficiens af størrelsen faktor-20 - vurderes nødvendig som følge af en forventet fordobling af den globale befolkning kombineret med en femdobling i velstand per capita sammen med en halvering af den totale globale miljøpåvirkning - vil af flere eksperter¹⁷ være kravene for at sikre en fortsat bæredygtig udvikling. Det kan ikke realiseres

¹⁵ Holten Larsen, M. og Schultz, M., Den udtryksfulde virksomhed, Klampenborg 1998

¹⁶ W. D. Grossmann, 2000: realising sustainable development with the information society – the holistic Double gain-Link approach, *landscape and Urban Planning* 50: 179-193.

¹⁷ K. Green & P. Vergragt, 2002: Towards sustainable households: a methodology for developing sustainable technological and social innovations, *Futures*, 34: 381-400

gennem gode husførelsesprincipper og teknologisk innovation alene. Teknologiske innovationer må derfor kombineres med sociale innovationer inden for livsstil og kultur.




Udvikling og udbredelse af miljøbetydende eller miljøvenlige teknologier har ofte en lang tidshorison. I beskrivelsen af teknologi og innovation som virkemiddel til at løse en række miljøproblemer er det derfor relevant at vurdere de miljømæssige udfordringer ud fra et længere tidsperspektiv. Dette kan gøres ved hjælp af fremskrivninger af miljøbelastningen på baggrund af forventninger til den økonomiske udvikling.

OECD har udarbejdet en række analyser, der fremskriver de miljømæssige udfordringer til år 2020. Fremskrivningerne er beregnet ud fra OECD's forventninger til den økonomiske udvikling generelt og i en række centrale økonomiske sektorer.

Hovedkonklusionen fra OECD's Miljøoutlook er, at de hidtidige effektivitetsforbedringer i forhold til miljø og ressourceforbrug er blevet opvejet af den totale volumen af produktion og forbrug. Det betyder, at de hidtidige reduktioner eller effektiviseringer i miljøbelastning og ressourceanvendelse ikke har været tilstrækkelige. OECD vurderer, at den overordnede udvikling i miljøtilstanden er negativ på trods af den hidtidige miljøpolitiske indsats, og denne udvikling ser for en række centrale parametre ud til at fortsætte.

Hovedkonklusionerne fra OECD's Miljøoutlook fremgår af figur 1.4. De røde trafiklys signalerer miljøpåvirkninger, hvor den seneste udvikling har været negativ, og hvor denne udvikling forventes at fortsætte. De gule lys signalerer usikkerhed eller potentielle problemer. Grønt lys viser miljøpåvirkninger, hvor den seneste udvikling har været positiv og forventes at fortsætte i fremtiden.

Figur 1.4. Fremskrivning af miljøudfordringer til 2020¹⁸

			
MILJØPÅVIRKNINGER	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Industriel punkttilførsel ▪ Visse luftforurenende stoffer (bly, CFC, CO, SO_x) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vandforbrug ▪ Giftige udledninger fra industrien ▪ Produktion af farligt affald ▪ Energiproduktion og -forbrug 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Landbrugsforurening ▪ Overfiskeri ▪ Udledning af drivhusgasser ▪ Luftforurening fra biler og fly ▪ Kommunal affaldsproduktion
MILJØETS TILSTAND	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Skovdækning i OECD-regionen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Overfladevandkvalitet ▪ Skovkvalitet i OECD-regionen ▪ Ozonlagets tykkelse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biodiversitet ▪ Tropisk skovdækning ▪ Fiskebestande ▪ Grundvandskvalitet ▪ Luftkvalitet i byerne ▪ Klimaændringer ▪ Kemikalier i miljøet

Miljøudfordringerne for Danmark er beskrevet i den seneste miljøtilstandsrapport fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU). Tilstandsrapporten indeholder en fremskrivning til 2010 for de væsentligste miljøproblemer jf. nedenstående boks. Det fremgår af DMU's rapport, at de miljømæssigt set mest betydningsfulde sektorer i Danmark er landbrug, energi og transport.

Boks 1.2. Fremskrivninger af miljøbelastningen i Danmark til 2010¹⁹

¹⁸ OECD Environmental Outlook, OECD April 2001

Fremskrivning af landbrugsudviklingen til 2010 viser, at det konventionelle landbrugsareal falder med over 20%. Der forventes en stigning i de ekstensivt dyrkede arealer, i skovarealet og arealet af vådområder, der kan betyde en fremgang for naturen. Kvælstofforbruget forventes at falde, og der forventes ligeledes et fald i udvaskning af kvælstof og udslip af drivhusgasser (CO₂ og metan) og ammoniak til atmosfæren.

Energiforbruget forventes holdt i ro for alle sektorer bortset fra transport og handel & service. Der forventes fortsat forbedringer af forsyningssektorens effektivitet. Der forventes en fortsat stigning i andelen af vedvarende energi.

Væksten i vejtrafikken har hidtil været 3,5 % pr. år. Over de næste 10 år forventes vejtrafikken kun at vokse med ca. 1,6% i gennemsnit, hvilket vil være udtryk for at trafikken er blevet delvist afkoblet fra den økonomiske vækst. Årsagen er bl.a. stigende benzinpriser.

CO₂-udledningen fra industrien har næsten konstant være på 12-15% af Danmarks samlede udledning, og udviklingen forventes at fortsætte. Reduktion af miljøpåvirkninger fra industrien forsøges i stigende omfang gennemført ved fremme af produktion af renere produkter, grønne regnskaber, miljøstyring mv.

I Danmark er det samlede forbrug af kemiske stoffer og produkter til industrielle formål ca. 8 mio. tons pr. år, og der er især fokus på de svært nedbrydelige stoffer og deres globale spredning.

¹⁹ Danmarks Miljøundersøgelser, 2001

2 Perspektivering af en teknologi- og innovationsorienteret miljøindsats

2.1 Teknologiens rolle for miljøet

Den teknologiske udvikling fører løbende til, at den samlede påvirkning af miljøet ændres. Nye miljøproblemer opstår og eksisterende uddybes. Andre reduceres og forsvinder eventuelt helt. Hvordan en teknologi påvirker miljøet, er ikke kun et spørgsmål om teknologien i sig selv. Den måde teknologien anvendes på, herunder de strukturer og sammenhænge den indgår i. Teknologier, der i en specifik sammenhæng udnyttes på en måde uden uheldige konsekvenser for miljøet, kan i en anden kontekst medføre uheldige påvirkning af miljøet.

Miljø anvendes i rapporten som et samlet begreb for naturens evne til at levere input (ressourcendimensionen) samt evne til at opsuge de med produktionen og forbruget forbundne virkninger (assimileringsdimensionen) uden det giver anledning til uacceptabel påvirkning af natur og livsvilkår. Miljørelaterede effekter, er påvirkninger, der indvirker på førnævnte dimensioner.

Teknologi dækker over viden, færdigheder, kompetencer, værktøjer, teknikker og metoder, der indgår i samfundets samlede produktion og forbrug. Når begrebet kædes sammen med yderligere temaer som f.eks. udvikling, biologi eller information og/eller kommunikation udtrykker det at førnævnte dimensioner fokuseres på pågældende tema.

Innovation refererer i denne rapport til alle stadier i processer, der resulterer i nye aktiviteter og/initiativer, der enten (i) frembringer nye produkter eller processer til en eksisterende aftager eller (ii) frembringer nye aftagere til eksisterende produkter, ydelser eller processer. Innovation kan endvidere være (i) inkrementel hhv. (ii) radikal og/eller (i) vedvarende eller (ii) ødelæggende for eksisterende innovationssystemer.

Innovation er derfor ikke begrænset til teknologi eller teknologisk udvikling. Fornyelser kan også være af organisatorisk, social og/eller kulturel karakter. Sådanne innovationer kan også være eksempler på dynamiske fornyelser, der kan have negative eller positive effekter på miljøet.

I praksis vil en vurdering af en teknologis miljøbetydning, oftest være et resultat af en afvejning af dens negative og positive miljøbetydning i relation til mulige teknologiske alternativer. Afvejningen af en given teknologis eller innovations betydning for miljøet vil ofte indeholde et væsentligt element af usikkerhed, fordi sammenspillet mellem teknologi og miljø tit er meget komplekst og præget af huller i den eksisterende viden.

Risikoen for negative effekter for miljø og samfund af en teknologi er størst, når teknologien er meget udbredt og evt. enerådende til de funktioner, den udfylder. Mulighederne i forbindelse med en given teknologi eller innovation vil typisk være størst, når teknologien eller innovationen muliggør at

frembringe samme eller større output gennem samme eller mindre input eller når førnævnte teknologi eller innovation afstedkommer forskydning eller eliminering af behov eller adfærd mod mindre miljøbelastning til følge. Teknologiske alternativer gør samfundet mindre afhængigt af specifikke teknologier og mindsker omkostningerne ved at udfase en teknologi, hvis den viser sig at have uønskede effekter. Teknologisk mangfoldighed og åben konkurrence mellem forskellige teknologier er med til at gøre den teknologiske udvikling mere robust.

Miljøteknologier er ikke kendetegnet af specielle tekniske karakteristika sådan som f.eks. bioteknologi eller IKC er det. I stedet udpeges de med udgangspunkt i deres potentialer for at bidrage til beskyttelsen af miljøet.

I delrapporten anvendes begrebet miljøteknologi om alle de teknologier, det er mindre miljøbelastende at benytte end andre relevante og implementerbare alternativer. En tilsvarende bred fortolkning anvendes også af EU og OECD.

Miljø, teknologi og innovation er dynamiske begreber. Da der hele tiden opstår nye teknologiske og innovative løsninger, som kan være mindre miljøbelastende, når de udnyttes, end de hidtil anvendte teknologier, vil de teknologier, der er omfattet af begrebet løbende ændre sig. Også ændret viden om og fortolkning af miljøproblemerne medfører, at de teknologier og innovationsmuligheder, der er omfattet af begrebet, ændrer sig.

Samfundets teknologisk udvikling og innovation påvirkes af en kombination af mange forskellige faktorer herunder kompetencer, forskning og udvikling, vidensudveksling mellem virksomheder, omstillingsevne, forbrugernes præferencer samt forskellige naturgivne faktorer herunder tilgang til råstoffer. Lovgivning, offentlige investeringer, fastlæggelse af fælles standarder mv. har også væsentlig betydning. Mange offentlige regler og standarder har primært en "praktisk" funktion. Fælles regler for adfærd i trafikken er en grundlæggende og integreret del af et moderne transport system. De mange tekniske standarder for produkter og tekniske komponenter bidrager til at optimere ressourceudnyttelsen. Uden fælles tekniske standarder ville det moderne netværkssamfund og de dertil knyttede teknologier ikke fungere i praksis. Fælles tekniske standarder bidrager også til at skabe ensartede konkurrence vilkår for udbydere af produkter og tjenesteydelser. Fælles "tekniske standarder" i EU er en vigtig forudsætning for, at det indre marked fungerer i praksis.

Miljøorienterede regler og standarder skal primært bidrage til at beskytte miljø og sundhed. I et markedsorienteret perspektiv er fælles standarder og regler på miljøområdet bl.a. med til at sikre, at markedsaktørerne ikke uforvarende skader miljøet eller påvirker andres eller egen sundhed i en uønsket retning. Miljøorienterede regler og standarder bidrager til forbrugernes tillid til vare og produkter – en vigtig forudsætning for et godt fungerende marked i nutidens samfund, hvor producenter og forbrugere ofte er indbyrdes anonyme.

Ofte opleves regler og standarder på miljøområdet som en barriere for teknologisk udvikling og innovation. Miljøpolitikken er imidlertid også en drivkraft for teknologisk udvikling og innovation. F.eks. skubber indsatsen for at begrænse skadevirkningerne fra anvendelse af pesticider, til udvikling af nye og mere miljøvenlige biologiske bekæmpelsesmidler, fremavling af mere resistente afgrøder mv.

Et vigtigt perspektiv for fremtidens miljøpolitik er derfor at sikre at den i højere grad bliver en positiv drivkraft for teknologisk udvikling og innovation.

Miljøindsatsen er ifølge sin natur baseret på en tværvideenskabelig tilgang – her kombineres biologi, ingeniørvideenskab, humanbiologi, økonomi, sociologi, landskabsæstetik og meget mere. En sådant tværvideenskabelig tilgang vurderes i dag som et godt grundlag for innovation og modernisering fordi de mest lovende nyopdagelser ofte skabes i grænsefladerne mellem de traditionelle fagdiscipliner.

2.2 Lovende teknologiers miljøbetydning belyst via teknologiske fremsyn²⁰

Videnskabsministeriet har i samarbejde med Miljøministeriet igangsat et arbejde om et grønt teknologisk fremsyn i Danmark. Den første rapport, der forventes offentliggjort i maj 2003, vil fremlægge anbefalinger for, hvor der er behov for yderligere undersøgelser. Dette grønne teknologiske fremsyn vil være målrettet mod danske forhold. Indtil denne rapport foreligger, belyses de teknologiske muligheder på baggrund af eksisterende teknologiske fremsyn fra andre lande.

Miljøbetydende teknologier

Ved fokusering på teknologiers miljømæssige betydning er det væsentligt at være opmærksom på, at forholdet mellem teknologi og miljø er sammenhængende med socioøkonomiske, sociokulturelle og organisatoriske forhold. Miljøbetydningen ligger ikke udelukkende i teknologien selv, det enkelte apparat eller den enkelte teknik, snævert set. Miljøbetydningen er derimod afhængig af forhold som anvendelsessammenhæng og anvendelsesmåder, graden af udbredelse, institutioner og organisationer involveret og de i denne sammenhæng eksisterende værdier og præferencer. Ligeledes er miljøbetydningen afhængig af, hvordan teknologien er integreret i produktions- og forbrugsformer i øvrigt, hvilke processer den erstatter m.v. System aspekterne af en teknologi vil ofte være endnu mere væsentlige for miljøbetydningen, som den umiddelbare tekniske funktion.

Teknologisk fremsyn

Samfundet kendetegnes i disse år af hastige forandringer, hvor den teknologiske udvikling er en vigtig drivkraft. Informationsteknologien indvirker på de fleste af livets aspekter. Inden for energiteknologien udvikles alternative energiformer til afløsning af de hidtidige former, der overvejende har været baseret på afbrænding af fossilt materiale. Ny materialeteknologi giver mulighed for at udvikle nye og "menneskeskabte" materialer med karakteristika, der ikke genfindes i de "naturskabte" materialer. Bioteknologisk forskning åbner veje til kloning og udvikling af helt nye organismer med egenskaber, der ikke tidligere har eksisteret. Samtidigt er der stigende tegn på, at naturens bæreevne er under tiltagende pres. Der er med andre ord tale om

²⁰ Det følgende afsnit om teknologiske potentialer er baseret på en sammenfatning af eksisterende teknologiske fremsyn, hvor vægten er lagt på eksisterende og nye teknologiers miljøbetydning. Afsnittet er udarbejdet på baggrund af en rapport fra Risø udarbejdet for Miljøstyrelsen som led i arbejdet med Grøn markedsøkonomi.

Rasmussen, Birgitte og Borup, Mads, Den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser, Miljøprojekt Nr. 753 2003, Miljøstyrelsen, København 2003. Den fulde rapport kan læses på [www.mstdk].

en teknologisk tidsalder, hvor evnen til at innovere og lede teknologisk baseret virksomhedsudvikling under mindst mulig belastning af det fysiske miljø bliver stedse mere kritisk. Dette er alle faktorer der peger på relevansen af, at give sig i kast med teknologiske fremsyn, der kan være med til at kvalificere de valg, som den fortsatte teknologiske udvikling vil indebære.

Teknologisk fremsyn har bl.a. til formål at formulere og diskutere perspektiver og prioriteringer inden for langsigtet offentlig forskning og udvikling. Koblingen mellem nye teknologiske muligheder og generelle samfundsbehov er et centralt emne. Offentlige myndigheder er ofte drivkraften bag teknologisk fremsyn, men metoden anvendes også som et strategisk værktøj i erhvervslivet. Teknologisk fremsyn er i sine metoder ekspertorienteret, idet hovedparten af aktører, der inddrages i processerne f.eks. som respondenter på spørgeskemaer eller i ekspertpaneler og workshops, er forskellige eksperter indenfor et mere eller mindre bredt defineret teknologiområde.

Teknologisk fremsyn er som udgangspunkt baseret på to præmisser: at aktørerne på markedet og i det innovationsteknologiske system hele tiden foretager teknologiske og forskningsmæssige valg bl.a. med udgangspunkt i deres forventninger til fremtiden, samt at der er ikke én, men flere udviklingsveje for den teknologiske udvikling. Dette står i modsætning til en mere traditionel opfattelse af den teknologiske udvikling som værende lineær og deterministisk. Den teknologiske udvikling er kompleks, dynamisk og præget af valg, og den finder sted i et spændingsfelt mellem forskellige interessenter og videnskabelige/teknologiske rationaler.

Teknologisk fremsyn har traditionelt stor vægt på teknologiskubbet og mindre vægt på 'markedstrækket'. Teknologiske fremsynsprocesser identificerer normalt potentialer i nye teknologier og forventninger, mål og visioner i forsknings- og udviklingsmiljøer. En strukturering og afgrænsning af processerne ud fra 'markedstrækket', f.eks. på grundlag af et ønske om at mindske miljøproblemer, optræder kun undtagelsesvis i de teknologiske fremsyn. Samtidig kan teknologisk fremsyn ses som et udtryk for en forståelse af, at de omfattende forsknings-, teknologiudviklings- og innovationsaktiviteter, der foregår, har vigtig betydning for samfundets udvikling, og dermed også for samfundets miljøbelastninger og de erhvervsmæssige potentialer.

Teknologisk fremsyn handler altså om at identificere og debattere teknologiske fremtider samt at identificere de udfordringer, der er forbundet med realiseringen af disse. Teknologisk fremsyn kan ikke begrænses til teknologi alene, men inddrager også samfundsmæssige udviklingstendenser i bred forstand.

Brug af teknologisk fremsynsanalyser til at identificere og belyse den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser rummer nogle metodiske vanskeligheder, som er tæt knyttet til kortlægning og afgrænsning af teknologiske domæner, dvs. teknologiske systemer med miljømæssig betydning. Manglen på klar afgrænsning af miljøteknologi som teknologisk domæne, indebærer også en vis usikkerhed i forhold til almene konklusioner fra teknologiske fremsyn. Nogle fremsyn definerer eksplicit teknologiområder relateret til miljø, andre gør ikke. Selvom der defineres en kategori for miljøteknologi, er ikke alle relevante teknologier omfattet heraf. Især renere teknologier vil indgå i andre sektorer i de teknologiske fremsyn.

Belysning af den teknologiske udviklings mulige miljøkonsekvenser via eksisterende teknologiske fremsyn bør som minimum medtage følgende to dimensioner:

Generiske teknologiske domæner, som forventes at få betydelig miljømæssig virkning (bioteknologi, energiteknologi, informationsteknologi, materialeteknologi, transportteknologi).

Miljø som målsætning for den teknologiske udvikling; enten som omdrejningspunkt eller mindre omfattende som enkeltfeature.

The Futures Project

Fremtidsprojektet "The Futures Project"²¹, er en analyse og gennemgang af eksisterende nationale fremsynsprojekter med det formål at identificere betydende teknologier under udvikling og teknologiske gennembrud ("emerging technologies") samt markedsmæssige potentialer for Europa. Fremtidsprojektet er struktureret i 6 sektorer, som igen er opdelt i udviklingstendenser, I figur 2.1 ses en oversigt over sektorer og udviklingstendenser i Fremtidsprojektet. En række nationale fremsyn er inddraget i Fremtidsprojektet. Det skal bemærkes, at den metodemæssige fremgangsmåde er forskellig i de enkelte fremsyn og at resultaterne af gennemgangen derfor er af indikativ karakter.

²¹ Cahil et al 1999

Figur 2.1.X. Sektorer og udviklingstendenser - Fremtidsprojektet (Cahil et al 1999).

SEKTOR	UDVIKLINGSTENDENS
Information and Communication Technologies	Ubiquitous computing Knowledge management
Life Sciences	Biotechnology in the health care sector <ul style="list-style-type: none"> - health care systems - ICT - Therapies - Diagnosis Biotechnology in the agro-food sector <ul style="list-style-type: none"> - Food safety assurance - Agricultural protection - Agriculture and fisheries - Recombinant DNA technologies - Nutrition - Value-added product development
Energy	Nuclear energy Fossil fuel clean technologies Renewable energy technologies Energy transport and storage Rational use of energy
Environmental and Clean Technologies	Recycling Separation New energy sources Solar cells Energy saving Global management of environment Clean production
Materials and Related Technologies	Biological materials and processes Organic and polymer materials Ceramic materials and processing Metallic and intermetallic compounds Semiconductor and electronic materials
Transport	In-vehicle telematics Propulsion systems

Generelt er de eksisterende teknologiske fremsyn kendetegnet ved en fokusering på de udviklingstendenser som medfører en reformering af eksisterende teknologiske systemer. Gennemgribende teknologiske omvæltninger af dominerende teknologiske systemer indgår sjældent i fremsynene.

Set i et tidsmæssigt perspektiv står genanvendelse centralt både miljømæssigt og økonomisk for en tidshorisont frem til ca. 2010, og det forventes, at Europa kan gøre sig gældende på dette område, hvis der afsættes ressourcer til at udvikle området. På længere sigt, dvs. perioden 2015-2020, forventes 'Global management of the environment' (f.eks. begrænsning af udbredelse af ørken) at få betydning.

Endelig fremføres det i Fremtidsprojektet, at realisering af radikale og bæredygtige innovationer kræver en målrettet langsigtet forskning og udvikling på statslige forskningsinstitutioner finansieret via offentlige midler. Private virksomheder har primært interesse i selv at finansiere mere kortsigtede udviklingsopgaver relateret til optimering af effektiviteten af de eksisterende teknologiske regimer og det kan derfor ikke forventes, at private virksomheder på eget initiativ bidrager til udvikling og realisering af de radikale innovationer.

Bioteknologi

Moderne bioteknologi kan ifølge de gennemgæede fremsyn blive en af de mest betydende og afgørende teknologier i dette århundrede specielt i forbindelse med sundhed, fødevareproduktion og miljøbeskyttelse. I landbrugssektoren forventes de fremtidige udviklingstendenser hovedsageligt at foregå indenfor tre hovedområder: 1) udvælgelse baseret på genetiske markører for planteproduktion og kvægbrug, 2) genetisk modificerede planter med øget næringsværdi og stress/sygdomsresistens, 3) transgene dyr med øget sygdomsresistens og øget udbytte. Derudover kan bioteknologi få betydning for områder relateret til produktion af fødevarer, f.eks. forbedringer af fermenteringsteknologi og biokatalyse samt øget produktion af fisk, skaldyr m.m. ved anvendelse af akvakulturer.

Moderne bioteknologi kan få stor betydning for udvikling af konceptet 'Planten som fabrik'. 'Planten som fabrik' er en ide, hvor målet er enten at opnå en mere fuldstændig udnyttelse af de mange komponenter, som planter er i stand til at producere, eller at benytte planter til at producere højværdiprodukter, som hidtil er fremstillet af andre organismer eller ved kemisk syntese. Det gælder hele plantevæv til fødevarer, foder og bioenergi, specifikke molekyler i planteceller som farmaceutiske stoffer, samt strukturelle komponenter i cellevægge til biomaterialer og biofibre. Planten som fabrik kan omfatte genetisk modificerede planter til f.eks. produktion af farmaceutiske produkter (f.eks. vacciner, hormoner, enzymer, agroceuticals) eller planter til industriel anvendelse med produktion af højværdiprodukter, bulk og specialprodukter (biomasse, polymerer, fibre, biobrændstof). Et samfundsmæssigt behov om øget anvendelse af vedvarende ressourcer og reduktion af CO₂ emissioner understøtter en teknologisk udvikling baseret på 'Planten som fabrik'.

Energiteknologi

Energi produceres i dag primært på basis af ikke-genanvendelige ressourcer. Vedvarende energikilder (f.eks. vind, sol, vand) er i vækst, men deres markedsmæssige udbredelse vil afhænge af vilkår for teknologisk innovation, politiske beslutninger om anvendelse osv. Der er på samfundsmæssigt niveau en øget opmærksomhed på de miljømæssige aspekter (bl.a. formuleret i Kyoto protokollen) af energiproduktion (f.eks. CO₂ emissioner klimaændringer, sur regn m.v.). For at nå målsætningen formuleret i Kyoto protokollen er det nødvendigt at ændre på energisystemerne, dvs. sammensætning af energiteknologier og forhold af betydning for energimarkedet, f.eks. lovgivning og regulering.

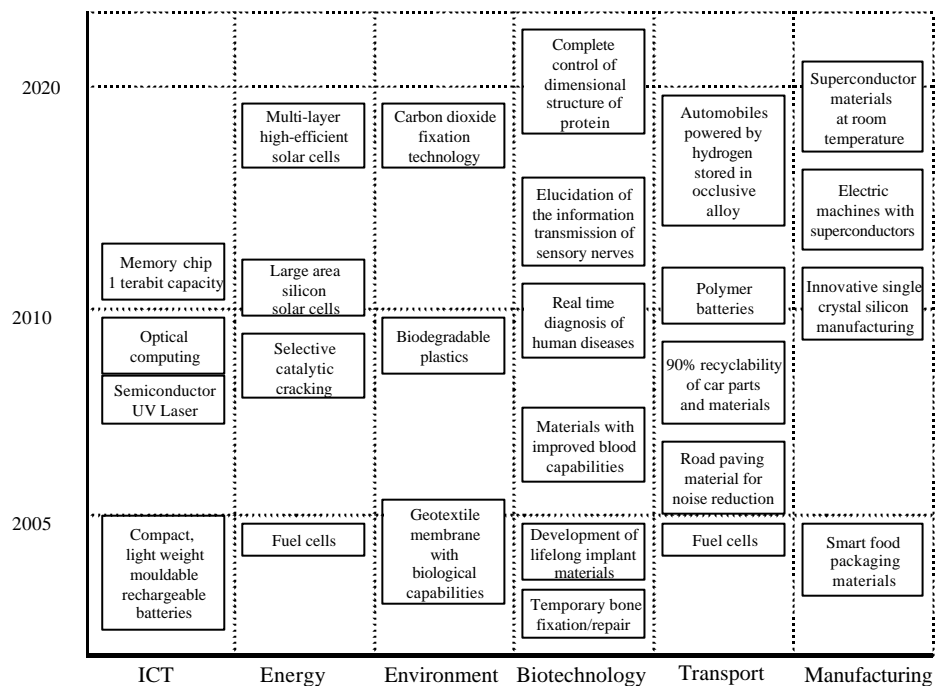
Kul, olie og naturgas forventes fortsat at være væsentlige energiressourcer. De teknologiske udfordringer i forhold til anvendelse af disse energiressourcer ligger primært i at forbedre effektiviteten og begrænse emissionerne samt at udnytte ressourcerne på flere forskellige måder (f.eks. fluidised-bed forbrænding, forgasning af kul). Med hensyn til de vedvarende energiteknologier (geotermisk, vind, sol, biomasse, bølgeenergi) er det væsentligt, at disse kan integreres i de energisystemer, der allerede eksisterer eller de der er under udvikling. Brintteknologi vil være af betydning for gennembrud for flere af de vedvarende energiteknologier, specielt brændselsceller. Endelig gøres opmærksom på, at et mere effektivt, rationelt og begrænset forbrug af energi også er en udfordring for fremtidig anvendelse af energi.

Materialeteknologi

Materialer og materialeteknologi er af betydning for stort set alle teknologiske domæner, se figur 2.2. Specielt indenfor miljø og energi er udvikling af nye materialer af afgørende betydning for en bæredygtig udvikling.

Udvikling af nye materialer er karakteriseret ved forholdsvis høje omkostninger og lange tidshorisonter, hvorfor industrien kan være tilbageholdende med alene at varetage denne form for forskning og udvikling. Materialeteknologi er derfor et teknologisk domæne, hvor der er brug for langsigtede strategier baseret på offentlige midler.

Figur 2.2. "Emerging technologies", baseret på den udvikling af materialer, der forudses at finde sted de næste 10 - 20 år²²



Transport

Transportsektoren skønnes i fremsynet at står overfor en periode med mange vanskelige omstruktureringer primært grundet transportsektorens store miljømæssige betydning. Indenfor en tidshorison på 10-15 år vil de mest betydende teknologiske felter være: a) drivmidler, b) udvikling af 'intelligente' transportsystemer, c) udvikling af avancerede materialer, d) produktion af befordringsmidler, se figur 2.3.

²² Cahil et al 1999.

Figur 2.2. Relevante teknologier for transportsektoren og deres betydnende drivfaktorer²³

TECHNOLOGIES	MAIN TECHNOLOGY DRIVERS
Propulsion systems	
<ul style="list-style-type: none"> - Internal combustion engines, running on gasoline /diesel or burning alternative fuels such as natural gas, methanol or biofuels. - Electric propulsion systems, including the technology to provide on-board electricity, either by fuel cells, electro-chemical battery, flywheels, or ultracapacitors. <p>In complement to these propulsion systems, other critical technologies are related with exhaust and inlet systems, design for recycling, maintenance, fuel production, energy storage and refuelling.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Need to contribute to improve air quality in urban areas. Vehicle pollutant emissions (so far CO, NO_x, hydrocarbons and particulate matter) should comply with future more stringent exhaust emissions to regulations. - Requirements on greenhouse gas emissions, in particular vehicle CO₂ emission, should be reduced to contribute to meet international agreements for which transport will be bounded through mandatory or voluntary measures. - Energy security concern, transport ever taking a higher share of the total energy demand and representing a major concern for Europe over the long term. - Other factors driving propulsion technologies are noise abatement, reduction of acid deposition, recycling, cost reduction and public acceptance.
In-Vehicle Telematics	
<ul style="list-style-type: none"> - In-Vehicle information, including dynamic route planning and multi-modal information. - Anti-collision devices. - Navigation systems. - Combined emissions and engine management. - Automatic vehicle location. - Smart on-board card. 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimise use of vehicle and infrastructure. - Reduce traffic congestion in urban areas. - Minimise rate of accidents and related losses. - Management of transport demand.
Advances materials	
<ul style="list-style-type: none"> - Metals, mainly steel, aluminium, magnesium and copper. - Plastics, thermoplastics, elastomers. - Composites. 	<ul style="list-style-type: none"> - Need of lighter materials to reduce vehicle energy consumption and emissions. - Improve vehicle body strength. - Ease vehicles recycling. - Allow production flexibility.
Vehicle Manufacturing	
<ul style="list-style-type: none"> - Vehicle design, including rapid modelling, prototyping, knowledge-based techniques, virtual reality, design for recycling, platform strategies. - Production process, comprising virtual manufacturing, lean production, automation, tooling, maintenance. - Resources management and organisation. - Logistics supplier chain structure, operations integration, marketing strategies. 	<ul style="list-style-type: none"> - Competition, globalisation, emerging markets, trend on mergers and acquisitions. - Flexibility, increasing pressure from customers. - Improve quality. - Lower costs. - Tighter environmental requirements.

²³ Cahil et al 1999

3 Danske vidensinstitutioners bidrag til miljøteknologisk udvikling

3.1 Det miljøteknologiske innovationssystem

I modsætning til industrisamfundets ubetingede afhængighed af fysiske og naturlige ressourcer, så er den videnbaserede økonomi i stigende grad afhængig af information, teknologi, kreativitet og design. Endelig er vidensamfundet forskelligt derved, at den primære ressource til fornyelse og forandring – viden – vokser ved at blive delt frem for at blive monopoliseret.

Teknologi og teknologisk fornyelse kan derfor med rette forventes at blive en endnu mere interessant størrelse at rette søgelyset på. Der er i dag allerede en betydelig viden, der kan forklare, nogle af de centrale mekanismer, der er drivkraft for den teknologiske udvikling.

Evolutionær økonomiteori²⁴ generelt og evolutionær innovationsteori i særdeleshed²⁵ har peget på at teknologisk innovation synes at finde sted langs bestemte udviklingsbaner eller mønstre.

Forskning i denne mønsterafhængighed har endvidere understreget innovationsprocessens kumulative natur. Eksisterende teknologier vil således være underkastet en omfattende optimering gennem 'learning-do-using' processer med henblik på at realisere relative kost og performancefordele over nyligt kommercialiserede teknologier. Tilsvarende vil den kumulative læreproces påvirke de strategiske teknologivalgmuligheder blandt teknologileverandører og aftagere eftersom markedet afspejler erfaringerne med eksisterende teknologier²⁶.

Miljøteknologiske innovationer er som innovationer i al almindelighed oftest resultatet af en kompleks og interaktiv proces i samspillet mellem virksomheder og de omgivende vidensinstitutioner og mellem virksomheder og myndigheder. Når virksomhederne frembringer miljøteknologiske innovationer, trækkes på forskellige videnkanaler, som direkte eller indirekte har betydning for innovationsprocessen. Virksomheder indgår på den måde i et komplekst videnssystem, som forsyner virksomheden med viden og information, og på den måde påvirker virksomhedens innovationer. Denne sammenhæng er vist i jf. figur 3.1.

Der er generelt tre måder at opbygge viden på: 1) via investeringer i forskning og udvikling, 2) via rekruttering af kompetente medarbejdere eller videreuddannelse af disse eller 3) via videndeling, typisk mellem virksomheder

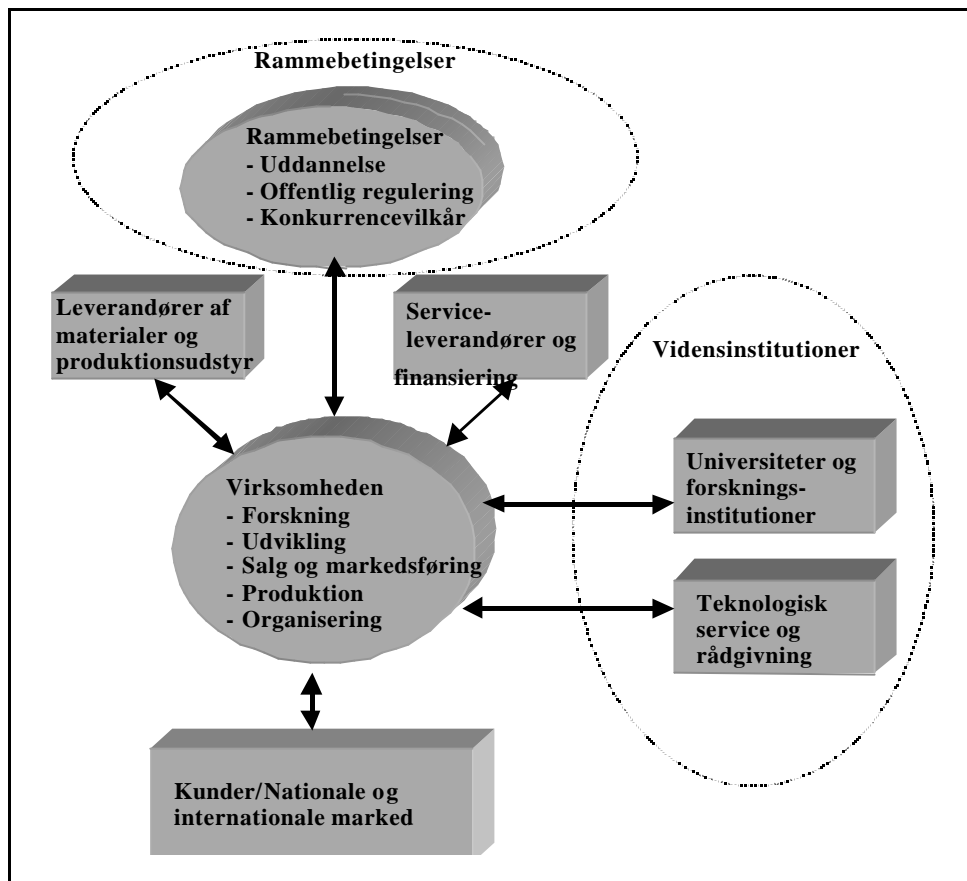
²⁴ R.R. Winter & S.G. Winter, 1982: An evolutionary theory of economic change. Cambridge, MA: Belknap Press

²⁵ R.R. Nelson & S.G. Winter: In search of a useful theory of innovation, *Research Policy*, 6: 36-76; G. Dosi, 1982: Technological paradigms and technological trajectories, *Research Policy* 11: 147-162

²⁶ R. Mazzoleni, 1997: Learning and path-dependence in the diffusion of innovations: comparative evidence on numeric controlled machine tools, *Research Policy*, 26: 405-428

eller mellem virksomheder og forsknings- og andre videninstitutioner. Alle tre former for videnopbygning er vigtige og understøtter hinanden, men deres betydning varierer fra land til land afhængig af innovationssystemets opbygning.

Figur 3.1. Det miljøteknologiske innovationssystem



Uddannelses-, forsknings- og innovationspolitikken spiller en afgørende rolle for, at danske virksomheder kan konkurrere på det globale marked. Med vidensøkonomiens udvikling er der øget fokus på dette forhold.

Danmark har i forlængelse heraf tilsluttet sig EU's Barcelona-målsætning fra 2001, der tilkendegiver, at "de samlede udgifter i forskning og udvikling og innovation i EU bør øges med henblik på at nærme sig 3 pct. af BNP senest i 2010. To tredjedele af disse nye investeringer bør komme fra den private sektor".

Forskning i miljø og miljøteknologisk udvikling samt overførelse af viden på dette område til virksomhederne, er et delelement i samfundets samlede forsknings- og udviklingsindsats.

3.2 Forskning og miljøteknologi

Problembeskrivende versus løsningsorienteret miljøforskning

Miljøforskningen i Danmark og internationalt har primært været et problembeskrivende videnskabsområde. Langt de fleste af miljøproblemerne er kendetegnet af stor kompleksitet hvor forståelsen af problemstillingerne forudsætter vidensopbygning med udgangspunkt i videnskabelige metoder,

hvor der kombineres viden fra forskellige videnskabelige discipliner. Den problembeskrivende miljøforskning omfatter alle elementer af miljøproblematikken dækkende miljøets tilstand og udvikling, årsagerne hertil samt effekterne for mennesker og økonomi.

Ikke kun problembeskrivelsen forudsætter en betydelig forskningsindsats. Også udvikling af "løsninger" på miljøproblemerne sker mest effektivt på et videnskabeligt baseret grundlag. Teknologi og innovation udgør en væsentlig del af genstandsområdet for den løsningsorienterede del af miljøforskningen.

I praksis er der et betydeligt overlap og samspil mellem den problembeskrivende miljøforskning og den løsningsorienterede miljøforskning. Udvikling af løsninger inklusiv de miljøteknologiske, forudsætter indsigt i miljøproblemerne. På en række områder springer løsningerne umiddelbar ud af den vidensopbygning som sker i relation til den problemorienterede forskning. Etablering af "våde enge" i vandløbsnære områder er et eksempel på miljøorienteret innovation som ligger i umiddelbar forlængelse af problemforståelsen og den dertil knyttede vidensopbygning. Det samme gælder for de metoder der er udviklet til at restaurere søer og vandløb.

I et mere alment perspektiv bidrager den traditionelle problembeskrivende miljøforskning til øget indsigt i en række grundlæggende biologiske, fysiske og kemiske forhold. Indsigt som også kan bidrage til udviklingen af nye og mere effektive miljøteknologiske løsninger. Fundet af bakterier som lever i den arktiske is's iltfattige og kolde miljø, kan således give mulighed for at udvikle renseanlæg, som forbruger mindre energi og ilt.

Den problembeskrivende forskning foregår primært ved offentlige forskningsinstitutioner, mens den mere løsningsorienterede forskning sker i et samspil mellem offentlige forskningsinstitutioner og virksomhederne.

Den offentlige miljøforskning

Forskning, der understøtter miljøteknologisk udvikling og innovation, fungerer principielt på samme vilkår som forskningen i øvrigt.

Ca. 1/3 af den danske forsknings- og udviklingsindsats foregår i regi af offentlige forskningsinstitutioner, der alt overvejende udgøres af højere læreanstalter og sektorforskningsinstitutioner. De højere læreanstalter er primært placeret i regi af Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling, mens sektorforskningsinstitutionerne primært er placeret i regi af en række "sektorministerier" med Fødevarerministeriet og Miljøministeriet som de to væsentligste. Forskningen ved de højere læreanstalter er sammenknyttet med deres uddannelsesfunktion og foregår derfor primært med udgangspunkt i de fagdiscipliner som bidrager til uddannelse af kandidaterne. De enkelte forskere ved de højere læreanstalter har dog relativ stor frihed til selv at definere forskningsindsatsen – specielt når de er fastansatte som lektorer og professorer. Forskningen ved sektorforskningsinstitutionerne er primært orienteret mod den strategiske forskning, der skal understøtte samfundsmæssige og politiske prioriteringer. Forskningen præges i øvrigt af, at sektorforskningsinstitutionerne også har en forpligtigelse til at yde forskningsbaseret rådgivning til folketing, regering og ressortministeriernes administrative systemer.

Der foregår i øjeblikket en reformering af organiseringen af de offentlige forskningsinstitutioner der bl.a. har til formål at fremme samspillet mellem sektorforskningen og forskningen ved de højere læreanstalter, ligesom den skal bidrage til større konkurrence om forskningsmidlerne.

Den offentlige forskning i Danmark finansieres næsten udelukkende af offentlige midler. Traditionen for privat finansiering af forskning ved universiteter og sektorforskningsinstitutioner er relativt ringe i Danmark.

Den offentlige forskningsfinansiering foregår overvejende i form af basisbevillinger til forskningsinstitutionerne. Derudover finansieres den offentlige forskning og udvikling af forskellige programmidler, der uddeles i konkurrence via udbud blandt alle danske forskningsinstitutioner.

Andelen af basismidler er størst ved de højere læreanstalter mens ekstern finansiering inklusiv programforskning, ofte udgør omkring 50 % af sektorforskningsinstitutionernes samlede indtægter.

En række programmidler er dedikeret til den traditionelt disciplindefinerede forskning – det er forskningsmidler der populært sagt fordeles af forskerne selv ud fra rene forskningsfaglige kriterier – (bottom-up defineret forskning). Der er også en række forskningsmidler der er afsat til finansiering af langsigtet og banebrydende grundforskning. Endelig er der afsat programmidler til strategisk forskning, hvor indsatsområderne udpeges med udgangspunkt i samfundsmæssige og politiske prioriteringer (top-down defineret forskning).

EU deltager også i finansieringen af programforskningen – bl.a. via af EU's Rammeprogrammer for Forskning og Teknologisk Udvikling og Demonstration. EU's program for forskning støtter primært strategisk forskning. Den overordnede strategiske målsætning for EU's sjette rammeprogram for forskning er EU's Lissabon-strategi. Her er målet at EU skal være verdens førende videnbaserede økonomi inden 2010. Med sammenkoblingen af EU's Lissabon-strategi og EU's strategi for en bæredygtig udvikling er der politisk grundlag for, at forskning, der understøtter udvikling af bæredygtige produktions- og forbrugsmønstre, indgår med en betydelig vægt i sjette rammeprogram. Der er særlig fokus på forskning i bæredygtig teknologisk udvikling inden for transport- og energisektoren.

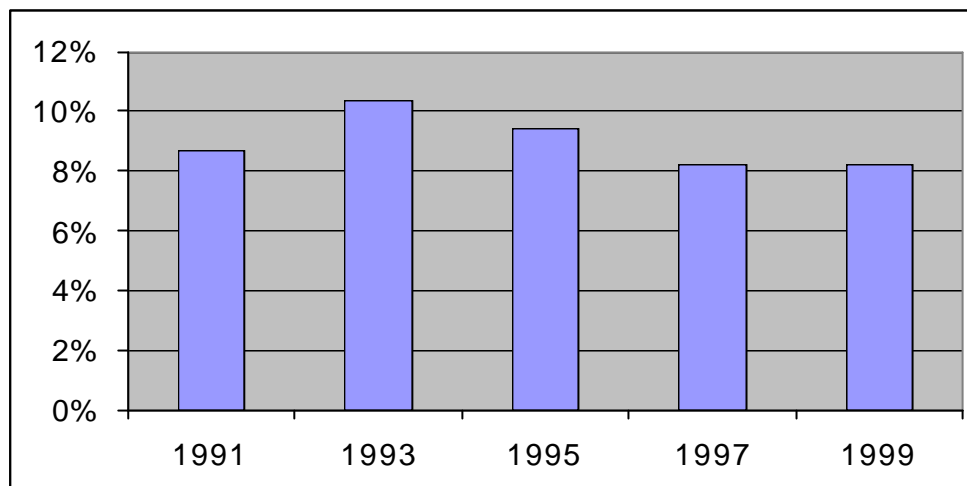
EU's programmidler kræver som oftest samfinansiering, idet den højest dækker 50 % af de samlede forskningsudgifter. Derudover skal "ansøgeren" være et "forskningkonsortium", hvori der indgår forskningsinstitutioner fra flere forskellige EU-lande.

Forskning og udvikling på det miljøteknologiske område omfatter en række meget forskelligartede aktiviteter, som det via den eksisterende forskningsstatistik er vanskelig at udskille fra de øvrige forsknings- og udviklingsaktiviteter i Danmark. Forskningsstatistikken afgrænser dog den åbenlyst miljø- og energirelaterede forskning i såvel det private erhvervsliv som i det offentlige forsknings- og udviklingssystem.²⁷ Den eksisterende forskningsstatistik giver kun i ringe omfang mulighed for at adskille den problemorienterede fra den løsningsorienterede miljøforskning.

²⁷ En del af den miljøteknologiske forskning vil rent statistisk være registreret under andre kategorier end miljø- og energiforskning.

I følge forskningsstatistikken er der 115 enheder ud af i alt 757 offentlige forskningsenheder (universitetsinstitutter, sektorforskningsinstitutioner, mv.) der udfører miljøforskning i større eller mindre omfang - svarende ca. 15%.

Figur 3.2. Miljø- og Energiforskningens andel af det offentlige budget for forskning og udvikling



Den samlede indsats på miljø og energiområdet har været stigende gennem de seneste ti år. Opgjort på årsværk er forsknings- og udviklingsindsatsen næsten fordoblet i perioden fra 1993 til 1999²⁸. I 1993 var der omkring 600 årsværk inden for miljø og energiforskningen, mens det i 1999 var steget til omkring 1200 årsværk. Den energi- og miljørelateret forskning er dog ikke vokset i samme takt som den samlede forsknings- og udvikling indsats i det offentlige. Den relative andel af energi- og miljørelateret forskning faldt således fra ca. 10% i 1993 til 8% i 1999.

Inden for det teknisk-videnskabelige hovedområde kan den udførte forskning underopdeles på forskellige fag, inden for hvilken forskningen er udført. Blandt de 10 forskellige teknisk videnskabelige fag som anvendes i forskningsstatistikken indgår faget 'miljøteknologi og forureningskontrol' som et af de største tekniske videnskabelige fag. I følge statistikken er der omkring 30 enheder (universitetsinstitutter, sektorforskningsinstitutioner mv.) som har angivet at udføre teknisk videnskabelig forskning inden for dette fag. Tilsammen angav institutionerne at have anvendt 186 mio. kr. og 266 årsværk på forskning og udviklingsarbejde inden for 'miljøteknologi og forureningskontrol'..

I tilknytning til finansloven for 2003 er der indgået et forskningspolitisk forlig som indebærer at der er afsat 110 mio. kr. over tre år til forskning i vedvarende energi. Samtidigt blev der afsat 40 mio. kr. til forskning i hormonforstyrrende effekter.

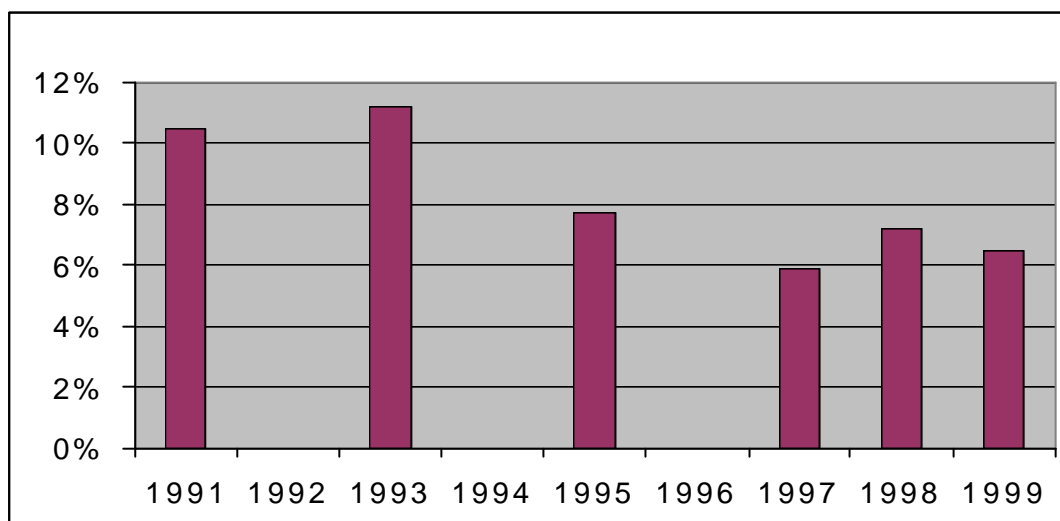
²⁸ Den offentlige miljø- og energiforskning er opgjort som summen af årsværk inden for forskningsområderne: Produktion og fordeling af energi, Forebyggelse af forurening, Identifikation og bekæmpelse af forurening. Fra 1993 til 1995 ændres opfølgelseskategoriene, de to år kan derfor ikke umiddelbart sammenlignes.

Erhvervslivets miljørelaterede forskning

Ifølge forskningsstatistikken står de private virksomheder for $\frac{2}{3}$ af den danske forsknings- og udviklingsindsats. Forskningen betegnes traditionelt som anvendelsesorienteret, idet den skal understøtte virksomhedernes udvikling af produktion, produkter, markedsføring mv. i et markedsorienteret perspektiv.

Erhvervslivets forsknings- og udviklingsindsats på miljø- og energiområdet har generelt været stigende gennem de sidste 10 år. I 1991 anvendte erhvervslivet samlet set 772 mio. kr. til energi- og miljørelateret forskning og udvikling. I 1999 var indsatsen steget til 981 mio. kr. – en stigning på næsten 30%.²⁹ Erhvervslivets investeringer i energi- og miljørelateret forskning og udvikling er i perioden ikke vokset i samme takt som de øvrige investeringer i forskning og udvikling, der i perioden fra 1991 til 1999 blev mere end fordoblet. Energi- og miljøforskningens relative andel af erhvervslivets samlede forskning og udvikling faldt således fra ca. 10% i 1991 til ca. 7% i 1999.

Figur 3.3. Miljø- og energiforskningens andel af erhvervslivets samlede forskning og udvikling



Videnoverførelse

Kendetegnende for danske virksomheder er, at de har gode traditioner og forudsætninger for at samarbejde om teknologi og produktudvikling. I en innovationsundersøgelse fra 1996 om virksomheders innovationssamspil ligger Danmark på en klar førsteplads med 37 pct. af virksomhederne langt over både nr. 2 Sverige med 27 pct. og et EU-gennemsnit på 11 pct. Det kunne indikere, at uformelle innovationsnetværk, der ikke fanges i officielle forsknings- og udviklingsstatistik, spiller en vigtigere rolle for den private sektor i Danmark end i andre lande.

En primær kilde til videnoverførsel fra forskningsverdenen til virksomhederne foregår via nyuddannede kandidater og forskere. Der er imidlertid også etableret en række institutionelle rammer, der skal bidrage til den løbende videnoverførelse.

²⁹ Omfatter driftsudgifter til miljø- og energirelateret forskning og udvikling, ikke udgifter til anlæg og investeringer. Forskningsstatistikken giver ikke mulighed for at udskille omkostninger til anlæg og investeringer for de enkelte forskningsområder.

P.t. er der en forsøgsordning, hvor der gives et særligt skattefradrag til virksomheder, der gennemfører forskning i samarbejde med offentlige forskningsinstitutioner. Forskningsrådene skal godkende forskningsprojekterne.

GTS³⁰ ordningen, der i dag omfatter 10 institutioner, skal specielt bidrage til videnoverførelse fra universiteter til mindre og mellem store virksomheder, der kun i mindre omfang har mulighed for at drive selvstændig forskning og udvikling. GTS er selvstændige institutioner, der modtager et mindre basistilskud fra det offentlige. GTS ordningen administreres i regi af Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling.

Til finansiering af et udviklingsorienteret samarbejde mellem virksomheder, GTS institutter og offentlige forskningsinstitutioner er der etableret en række generelle tilskudsordninger. Det gælder f.eks. Centerkontraktordningen, der er et forpligtigende samarbejde mellem virksomheder, forskningsinstitutioner og GTS-institutter. Centerkontraktordningen har siden sin start i 1995 genereret forskning og udviklingsprojekter for mere end 1,6 mia. kr. Af de i alt 56 projekter er de 10 miljørelaterede. Miljøprojekterne har haft et budget på knap 250 mio.kr. og involveret 53 virksomheder, 22 forskningsinstitutioner og 14 GTS-institutter³¹.

Offentlige forsknings- og udviklingsindsatser med miljøperspektiver

Det strategiske miljøforskningsprogram blev etableret i 1992 på baggrund af internationale evalueringer af den dansk forskning. Programmet er nu under afvikling – men stod i sin levetid for gennemførelse af en række tematisk orienterede forskningsindsatser på miljøområdet. Programmet har primært igangsat projekter med tilknytning til den mere problembeskrivende naturvidenskabeligt orienterede miljøforskning, i de senere satsninger indgik der dog også betydelige samfunds-faglige og økonomiske satsninger. Enkelte aktiviteter har også været designet til at understøtte udvikling af miljøteknologi og -innovation. Samlet set er der bevilget knapt en milliard kr. via det strategiske miljøforskningsprogram. Det er primært offentlige danske forskningsinstitutioner, der har modtaget støtte via det strategiske miljøforskningsprogram.

³⁰ GTS er en forkortelse for Godkendte Teknologiske Serviceinstitutioner.

³¹ Kilde: Internt notat, Ministeriet for Videnskab, teknologi og Udvikling, 2001.

Figur 3.4 Oversigt over det strategiske miljøforskningsprogram 1992-2000

Delprogrammet Atmosfære og Luftforurening
Delprogrammet Grundvand
Delprogrammet Jordoverfladen/Øvre jordlag
Delprogrammet Marine og Ferske Vande
Delprogrammet Samfund og Kultur
Delprogrammet Miljøfarlige Stoffer i Terrestriske og Akvatiske Økosystemer
Det Humane Delprogram
Delprogrammet Bæredygtig Udnyttelse af Naturgrundlaget i Ulande
Delprogrammet Pesticider og Grundvand
Delprogrammet Hormonlignende Stoffers Forekomst og Virkning på Reproduktionen
Delprogrammet Strategiske og Grundlagsskabende Aktiviteter i Økologisk Jordbrug
Delprogrammet Samfundsvidenskabelig Natur-, Miljø- og Energiforskning
Delprogrammet Bæredygtig Arealanvendelse
Delprogrammet Skov og Folk i Thailand
Delprogrammet Miljø- og Sundhedsfarlige Stoffer
Delprogrammet Miljø og Transport

Energiforskningsprogrammet har gennem 25 år givet økonomisk støtte til anvendelsesorienteret energiforskning i Danmark med særlig fokus på vedvarende energi og energibesparende foranstaltninger. Programmet fremmer samarbejdet mellem offentlige forskningsmiljøer og de private virksomheder. Dette samarbejde sikrer teknologiudvikling gennem en glidende overgang fra forskning over demonstration til markedsintroduktion. Et tæt samarbejde med erhvervslivet sikrer, at forskningens resultater gøres nyttige så hurtigt som muligt i form af produktudvikling, markedsføring og eksport. Det er virksomhederne, der står for produktudviklingen og det er virksomhederne, der bidrager til udbredelse af energiteknologierne.

De fleste forskningsprojekter under energiforskningsprogrammet medfinansieres af den projektansvarlige og eventuelle samarbejdspartnere. Det betyder, at der igangsættes forskning for et væsentlig højere beløb end den ydede støtte. I år 2000 blev der således samlet igangsat projekter for 223 mio. kr., hvoraf 108 mio. kr. var finansieret af Energiforskningsprogrammet.

I 1988 blev der igangsat *materialeforskning* MUP I og II. Der blev i alt afsat 750 mio. kr. over 10 år til forskning inden for dette område. Resultaterne af forskningen gav bl.a. baggrund for helt nye konstruktioner af vindmøllevinger.

Fødevareministeriet gennemfører via sine forsknings- og udviklingsaktiviteter en række initiativer, der kan bidrage til teknologisk udvikling og innovation i miljøpolitikken. Forsknings- og udviklingsaktiviteterne gennemføres på såvel ministeriets egne forskningsinstitutioner som eksterne institutioner i form af forskningsprogrammer eller mere anvendelsesorienterede projekter i direkte samarbejde med private virksomheder.

Figur 3.5. Oversigt over igangværende fødevarerorienterede forskningsprogrammer der indeholder miljøteknologiske komponenter

Forskningsindsats	traditionel miljøteknologi	renere teknologi	miljøeffektive teknologiske systemer
Arealanvendelse – Jordbrugeren som landskabsforvalter		○	
Veterinær miljøforskning	○	○	
Landdistrikternes økonomi og udvikling			
Fremtidens husdyrproduktion med høj produkt- og miljøkvalitet		○	
Udvikling af fremtidens kulturplanter		○	
Forøget anvendelse af fornybare ressourcer til industrielle non-food formål		○	
Alternativer til antibiotiske vækstfremmere i husdyrbruget		○	
Bæredygtig håndtering og udnyttelse af husdyrgødning		○	
Harmoni problemer og præcisionsdyrkning i jordbruget		•	
Forskningsprofessorat i økologisk planteproduktion		•	
Plantekvalitet og produktionspotentiale af højtærchiafrøder		•	
Tværfaglig husdyrforskning		(•)	
Bioteknologi i fødevarerforskningen		•	•
Økologisk fødevarerforskningsprogram (FØJO II)		•	•
Fødevareteknologi, sikkerhed og kvalitet		•	
Jordbruget i et ressourcemæssigt helhedsperspektiv		(•)	(•)
Bioteknologi og anvendt plantegenetik i planteforædlingen		(•)	
Bæredygtig teknologi i jordbruget	(•)	(•)	(•)
Sygdomme hos opdrætsfisk	○		
Fiskeribiologi og fiskeriforvaltning			•
Grundlagsskabende forskning i fiskeri og akvakultur	•	•	•
Fremme af økologisk akvakulturproduktion		•	•
Bestandsvurdering og kvalitetsorienteret udnyttelse af fiskeressourcen			•

○ = program der afsluttes i 2002.

(•) = nyt program hvor endelig sammensætning ikke kendes.

I regi af *Miljøstyrelsens programmer for renere teknologier og renere produkter* er der igennem en periode på godt 15. år ydet tilskud til forsknings- og udviklingsorienterede projekter. Projekterne har i reglen været designet til at understøtte udvikling af renere teknologier og mere miljøvenlige produkter, herunder substitution af problematiske kemikalier med mindre problematiske. Disse ordninger er mere uddybet beskrevet i delrapport 2 om produktorienterede virkemidler.

Der har også i regi af Miljøstyrelsen været en række tilskudsordninger til at understøtte udvikling af forskellige typer renseteknologier til spildevands- jordforurenings- og affaldsområdet. Herunder spildevandsforskningsprogrammet fra 1989 til 1995, programmet for økologisk spildevandsrensning 1997-2002, teknologi programmet i tilknytning til jordforureningsområdet samt pesticidforskningsprogrammet. En række af disse programmer og tilskudsordninger finansieres via midler, der stammer fra

forskellige miljøorienterede skatter og afgifter, herunder CO₂ afgiften og pesticidafgiften.

Også i regi af andre ministerier er der igangsat en række forsknings og udviklings aktiviteter, hvor formålet bl.a. har været at understøtte teknologisk udvikling og innovation med et miljøsigte. Dette er bl.a. sket på bolig og trafik området. I regi af Færdselssikkerhedsstyrelsen er der bl.a. igangsat et demonstrations projekt, hvor anvendelsen af partikel filtre testes på en række tunge diesekøretøjer.

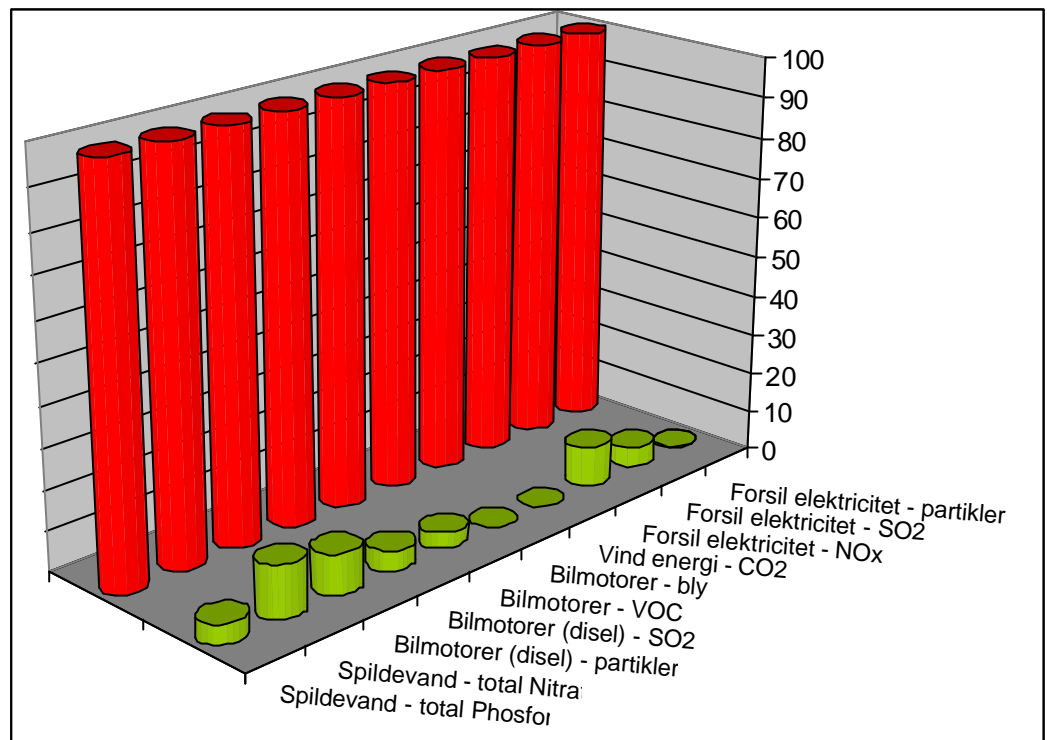
4 Hovedtendenser i den miljørettede teknologiske udvikling og innovation

4.1 Miljøteknologiens bidrag til forureningsbekæmpelse

Udvikling og udnyttelse af miljøteknologi har på en række områder ført til en markant reduktion af miljøbelastningen gennem de sidste 30 år. Investeringer i spildevandsrensning har reduceret den spildevandsrelaterede nitrat belastning af vandmiljøet til under en $\frac{1}{4}$. Den danske belastningen af miljøet med SO_2 er reduceret til en $\frac{1}{10}$ af niveauet i midten af 1970'erne som resultatet af en målrettet teknologisk indsats. Udledningen af NO_x fra trafikken er reduceret med en $\frac{1}{3}$ del samtidigt med, at antallet af kørte kilometer har været stigende.

En blandt flere forudsætninger for denne udvikling har været, at det er lykkedes at udvikle og udbrede nye miljøteknologiske potentialer. Figur 4.1 viser eksempler på de potentialer for en reduktion af miljøbelastningen, som er skabt via de sidste 30 års miljøteknologisk innovation. Data er beregnet med udgangspunkt i Engelske forhold, men afspejler den generelle udvikling i andre højt industrialiserede lande. Ekstra omkostningen ved at anvende de mindre forurenende teknologier svinger noget fra område til område og fra teknologi til teknologi. I de tilfælde hvor de nye mindre forurenende teknologier kommer til at dominere markedet, bliver det med tiden vanskeligt at udskille "prisen" på den mindre forurening. I tilknytning til nedenstående tabel er det beregnet, at ekstraomkostningerne knyttet til anvendelsen af de miljøteknologier der fører til den viste reduktion af forureningen fra fossilt baseret elektricitet, er et sted mellem 0 – 10%. De mindre forurenende bilmotorer koster ca. 3.5 % mere end de hidtidige. Den forbedrede spildevandsrensning fører til øgede omkostninger på fra 1,5 til 3%.

Figur 4.1. Eksempler på teknologiske potentialer for forureningsbekæmpelse skabt gennem de sidste 30 år.³²



4.2 Fra miljøteknologisk potentiale til kommercielt alternativ

Selv om miljøteknologiens potentiale er betydeligt, forbliver en stor del af dette potentiale vanskeligt tilgængelig, da en række hindringer lægger sig i vejen for denne teknologis fortsatte udvikling og indtrængen på markedet. Mange af hindringerne for indførelse og udbredelse af ny miljøteknologi er fælles for alle nye teknologier. Af de faktorer der begrænser skabelsen af ny teknologi i udviklingsfasen, kan nævnes manglende udviklingsfinansiering, risikou villighed og usikkerhed, utilstrækkelige oplysninger om teknologiens effektivitet, manglende understøttende infrastruktur, umodne afsætningskanaler og manglende ekspertise.

Disse problemer kan yderligere forværres, hvis udviklingen på lov- og regelområdet er uforudsigelig.

Argumenterne for innovationsfremmende politik inden for miljøteknologi er imidlertid mere vidtgående, end det er tilfældet i forbindelse med almindelig teknologipolitik.

Miljøet, forstået som ren luft og rent vand, et stabilt klima, rigelige naturressourcer og en rig biodiversitet, er fælles goder. Manglende, ufuldstændige eller ineffektive markeder for disse miljøgoder betyder, at det forventede afkast af investeringer i miljøteknologi er mindre, end det ville have været, hvis priserne afspejlede miljøgodernes eller miljøtjenesternes fulde værdi. Det medfører, at både virksomheder og husholdninger systematisk underinvesterer i innovativ miljøteknologi. Dette betyder både, at

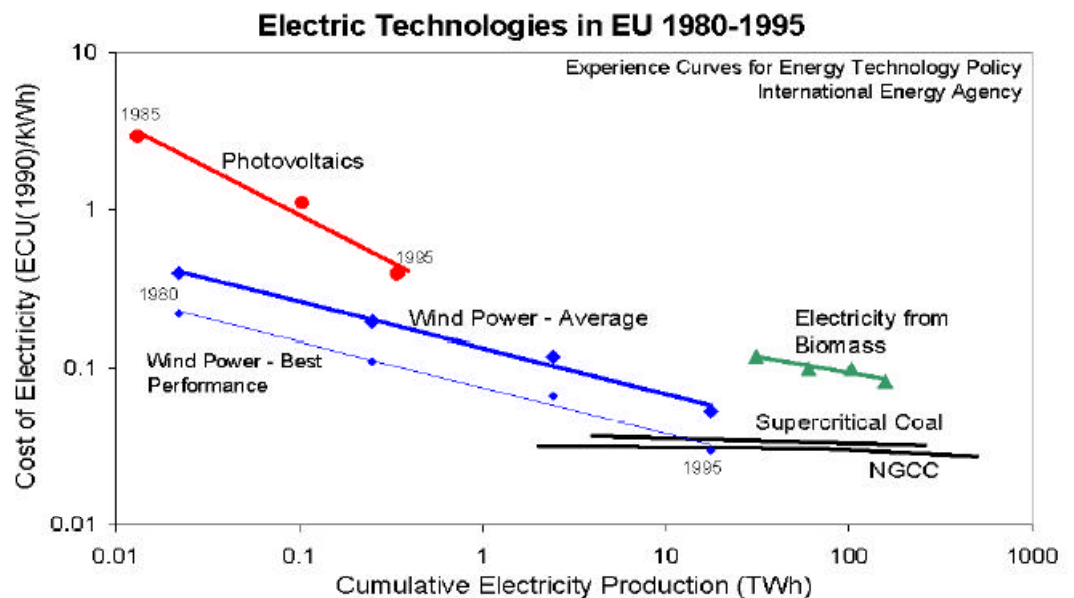
³² Anderson, Dennis m.fl., Innovation and the Environment, Imperial College Centre for Energy Policy and Technology.

omkostningseffektive løsninger på miljøproblemer ikke udnyttes og at der er færre incitamenter til at udforske og udvikle disse teknologier.

Et andet problem er, at det ofte tager en længere modningsperiode for en ny teknologi at blive konkurrence dygtig med eksisterende teknologier. Elektricitets produktion er et godt eksempel på dette. I figur 4.2 har det internationale Energi Agentur illustreret, hvordan forskellige nye teknologiske systemer til fremstilling af elektricitet via fornybare ressourcer, først efterhånden udvikler sig til at blive konkurrencedygtige med traditionelle fossilt baserede teknologier.

Denne "indlæringskurve" for nye teknologier gør det er vanskeligt at introducere nye teknologiske systemer i konkurrence med eksisterende uden en eller anden form for "offentlig" støtte i opstarts perioden. Det tidspunkt, hvor nye teknologier bliver konkurrencedygtige med de gamle og mere forurenende teknologier er selvfølgelig afhængig af i hvilket omfang omkostningerne ved forureningen indgår i produkternes pris.

Figur 4.2 Indlæringskurve for nye teknologier inden for elsektoren.



Source: International Energy Agency (2000)



Virksomheder spiller en central rolle, når miljøteknologiske potentialer skal optimeres så de kan konkurrere med eksisterende teknologier på markedet. Det er en iterativ proces, hvor teknologierne løbende optimeres fra generation til generation. Ofte vil nye teknologiske systemer udvikle sig inden for særlige nicher på markedet, hvor de opfylder behov, som ikke opfyldes af de eksisterende teknologier. På disse niche markeder kan de nye teknologier efterhånden blive kommercielt modnet så de kan konkurrerer med eksisterede teknologier også på disses kerne markeder. Biler, der drives af forbrændingsmotorer, var i en lang periode en "hobby" for rigmænd. Først efterhånden blev bilen en seriøs konkurrent til hestetransporten. Og først efter 1. verdenskrig begynde bilen at udvikle sig til en seriøs konkurrent til toget. Rigtig fart tog udviklingen først da bilen begyndte at blive masseproduceret,

hvorved prisen efterhånden faldt så meget at den kunne blive "hver mands eje". Virksomheder som Ford, Folkevogn og Volvo spillede en afgørende rolle for denne udvikling.

Nutidens realisering af de miljøteknologiske potentialer ved vindmølle teknologien startede også som en niche produktion, som blev drevet frem af enkelte ideologisk engagerede lægfolk. Først i dag hvor produktionen i gennem en længere periode er foregået i store professionelt drevne industrivirksomheder, er udviklingen af vindmøller nået dertil, hvor den kan tage konkurrence op med nybyggede fossilt baserede Elkraftværker.

4.3 Størrelsen af markedet for miljøteknologi

Inden for OECD er miljø- og energisektoren et af de fire største vækstområder, og sektoren står stærkt i Danmark. Den er således den eneste danske sektor, der inden for de seneste år har vundet markedsandele på hjemmemarkedet og inden for OECD³³. Den danske eksport fra energisektoren er steget med 40 pct. fra 1996 til 1998³⁴. På energiområdet er danske producenters salg af vindmøller vokset fra næsten nul i slutningen af 1980'erne til godt 20 mia. kr. i 2001.³⁵

Problemer med den statistiske beskrivelse af miljøsektoren

Ved vurderinger af den økonomiske betydning af miljøindsatsen er der behov for at udskille miljøaktiviteterne som en økonomisk sektor på linie med samfundets øvrige økonomiske sektorer. En del af miljøsektoren udgøres af virksomheder, der udvikler og producerer miljøteknologier. Denne del er relativt velafgrænset, når det drejer sig om fremstilling og udvikling af de traditionelle renseteknologier og ressourcforvaltningsteknologier. Når det drejer sig om integrerede miljøteknologier, er det vanskeligt at foretage en mere præcis afgræsning. Her vil det typisk bero på et skøn, hvorvidt hensynet til miljøet er den væsentligste drivkraft for udbud og efterspørgsel. Ofte savnes et videngrundlag, der er nødvendigt for at foretage dette skøn på et kvalificeret grundlag. Konsekvensen er, at de fleste forsøg på at opgøre den økonomiske betydning af "miljøsektoren", via eksisterende statistisk materiale, ikke i praksis inkluderer renere teknologier, – de er jo indlejret i den eksisterende teknologiske udvikling.

Den danske sektor for miljøteknologi

Der findes ikke en samlet løbende statistik over miljøsektoren i Danmark. Det skyldes bl.a. de nævnte problemer med at udskille den miljøorienterede produktion fra anden produktion. Mange virksomheder har f.eks. produktion af miljøbeskyttelsesudstyr sammen med en anden produktion. Også produkterne kan være vanskelige at definere. Den samme pumpe kan f.eks. benyttes både på et rensningsanlæg og i den kemiske industri. Af samme grund er det derfor heller ikke overraskende, at virksomheder generelt ikke er i stand til præcist at adskille miljøinvesteringer fra andre investeringer.³⁶

³³ Energistyrelsen: Eksport af produkter til energisektoren i 1998, København 1999

³⁴ Erhvervsfremmestyrelsen: Benchmarking af dansk erhvervsliv, København, 2000

³⁵ Kilde – vindmølle fabrikanternes brancheorganisation..

³⁶ Jp.P. Ulhøi m.fl., 1996: Corporate environmental and resource management and educational requirements. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Danmarks statistik har forsøgt at definere miljøsektoren ud fra de eksisterende statistikker. Nedenstående tabel viser et overblik over miljøsektoren i 1997. Den er udarbejdet ved at sammenstille brancher, hvis hovedaktivitet er produktion af varer og tjenester. Tallene er dog behæftede med en betydelig usikkerhed og således kun udtryk for en størrelsesorden. Ifølge Danmarks Statistik repræsenterer de formentlig en undervurdering af den faktiske omsætning og beskæftigelse.

Figur 4.3. Danmarks statistiks opgørelse miljøsektoren i Danmark 1997³⁷

DB93	Branche	Omsætning mio. kr.	Beskæftigede antal
	I alt	25 867	14 858
31.10.40	Produktion af vindmøller	4 771	2 262
37.00.00	Genbrug af affaldsprodukter	1 054	390
51.57.00	Engroshandel med affaldsprodukter	2 896	2 260
74.20.09	Rådgivende ingeniører, miljø	2 655	2 622
74.30.30	Miljøtekniske analyser og målinger	196	328
90.00.10	Kloakvæsen og rensningsanlæg	5 288	1 804
90.00.20	Renovation og renholdelse	7 072	2 981
90.00.30	Lossepladser og forbrændingsanstalter	1 935	2 221

Ovenstående oversigt, med data fra 1997, er den sidst udarbejdede statistik af denne type af Danmarks Statistik. Der er lavet andre opgørelser på specifikke miljøteknologiske områder. På vindmølle området er der lavet en opgørelse, der viser en meget hurtig vækst i eksport og omsætningen. således at danske vindmølle producenters omsætning af vindmøller i 2002 rundede 20 milliarder kr. mens den danske eksport af vindmøller var på omkring 11 milliarder kr.³⁸

EU's miljøindustri - beskæftigelses- og eksportpotentiale

EU Kommissionen har fået udarbejdet en rapport, der, på baggrund af tilgængeligt talmateriale i årene 1994-1999 om miljøinvesteringer i EU-15 og i kandidatlandene, har søgt at beskrive den økonomiske betydning af miljøindustrien, inklusiv beskæftigelsen (note). Undersøgelsen baserer sig primært på OECD's og EUROSTAT's definition af miljøsektoren. Ved beskrivelsen af miljøindustrien skelner OECD³⁹ og EUROSTAT mellem "pollution management" og "ressourcemanagement" som vist i figur 4.4.

³⁷ Danmarks statistik. "Miljøstatistik 1999" For de rådgivende ingeniører er antal ansatte et skøn baseret på at miljøbeskæftigelsen udgør den samme relative andel af den samlede beskæftigelse, som miljøomsætningen udgør af den samlede omsætning i branchen. Renovation og renholdelse samt lossepladser og forbrændingsanlæg beskrives ud fra deres produktionsværdi.

³⁸ Kilde – vindmølle fabrikanternes brancheorganisation. De 20 milliarder kr. som danske vindmølle fabrikanters omsatte inkluderer produktion ved "filialer" i udlandet.

³⁹ Se bl.a. OECD/Eurostat, 1999 : "The Environmental Goods and services Industry – Manual for Data Collection and Analysis"

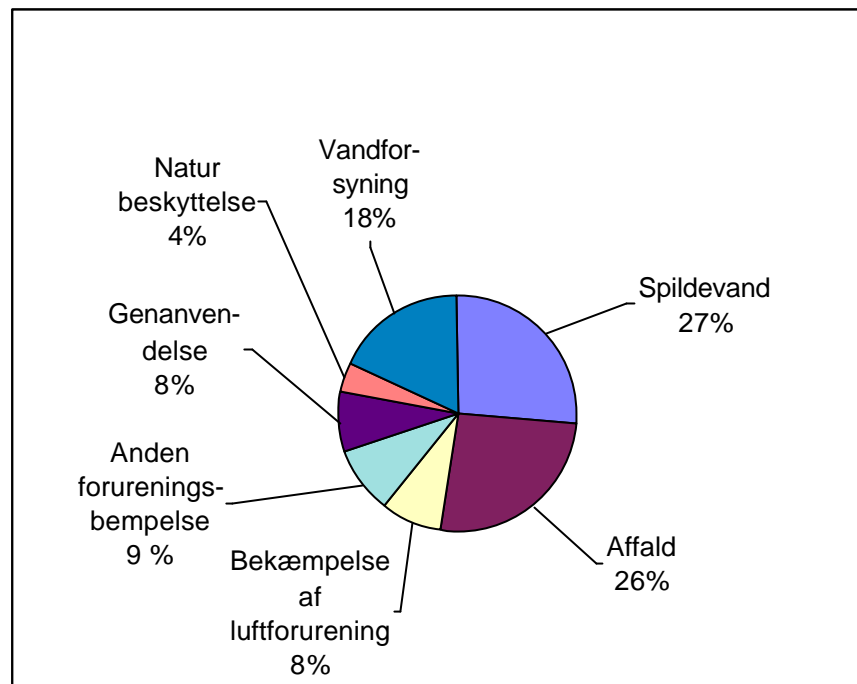
Figur 4.4. OECD's og Eurostats statistiske miljøkategorier

Hovedsektor	Undersektor
Forureningshåndtering	Luftforurenings kontrol Spildevandsbehandling Affaldshåndtering Afværgeforanstaltninger og rensning af jord og grundvand Støj og vibration – dæmpning og styring Miljøovervågning Miljøforskning og –udvikling Offentlig miljøadministration Miljøstyring (privat)
Ressourcehåndtering	Vandforsyning Genbrug og recirkulation Naturbeskyttelse

Renere teknologier indgår som et element i forureningshåndteringssektoren i OECD's og EUROSTATS opgørelser. Med hensyn til ressourcehåndtering, så er energiforsyning baseret på fornybare energikilder ikke medtaget i OECD's definition på grund af manglende data.

I den af EU-kommissionen bestilte undersøgelse af EU's miljøindustri fremgår det, at den samlede miljøindustri i EU i 1999 producerede varer og tjenesteydelser for 183 mia. Euro, der fordeler sig på hovedområder som vist i fig. 4.5. Siden 1994 har den gennemsnitlige årlige vækst inden for EU's miljøteknologisektor været 5%, hvilket er en vækstrate, der ligger over den generelle vækst i EU.

Figur 4.5. EU's marked for miljøteknologi fordelt på indsatsområder ⁴⁰



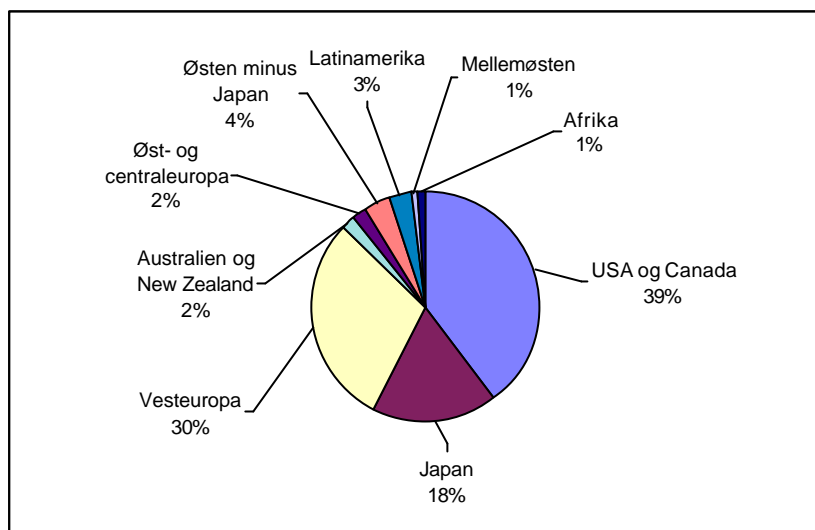
I rapporten anslås omfanget af det globale marked for miljøindustrien at være 550 mia. Euro. Dette betyder at EU udgør ca. en tredjedel af det totale marked, hvilket er på niveau med USA.

De største markeder for miljøteknologi findes p.t. i de højt industrialiserede lande, hvor EU, Nordamerika og Japan er de helt dominerende. Disse tre regioner repræsenterer i dag ca. 90 pct. af markedet for miljøteknologi. Denne skæve fordeling afspejler en massiv underinvestering i miljøteknologi i de økonomisk tilbagestående lande.

Figur 4.6. Verdensmarkedet for miljøteknologi fordelt på regioner ⁴¹

⁴⁰ Analysis of the EU Eco-Industries, their Employment and Export Potential, s. 89, A Final Report to DG Environment EU Eco-industries, ECOTEC Research and Consulting Limited, 2001 London

⁴¹ Rapport fra EU-kommissionen, "Miljøteknologi og bæredygtig udvikling", Bruxelles, den 13.03.2002, KOM (2002) 122 endelig



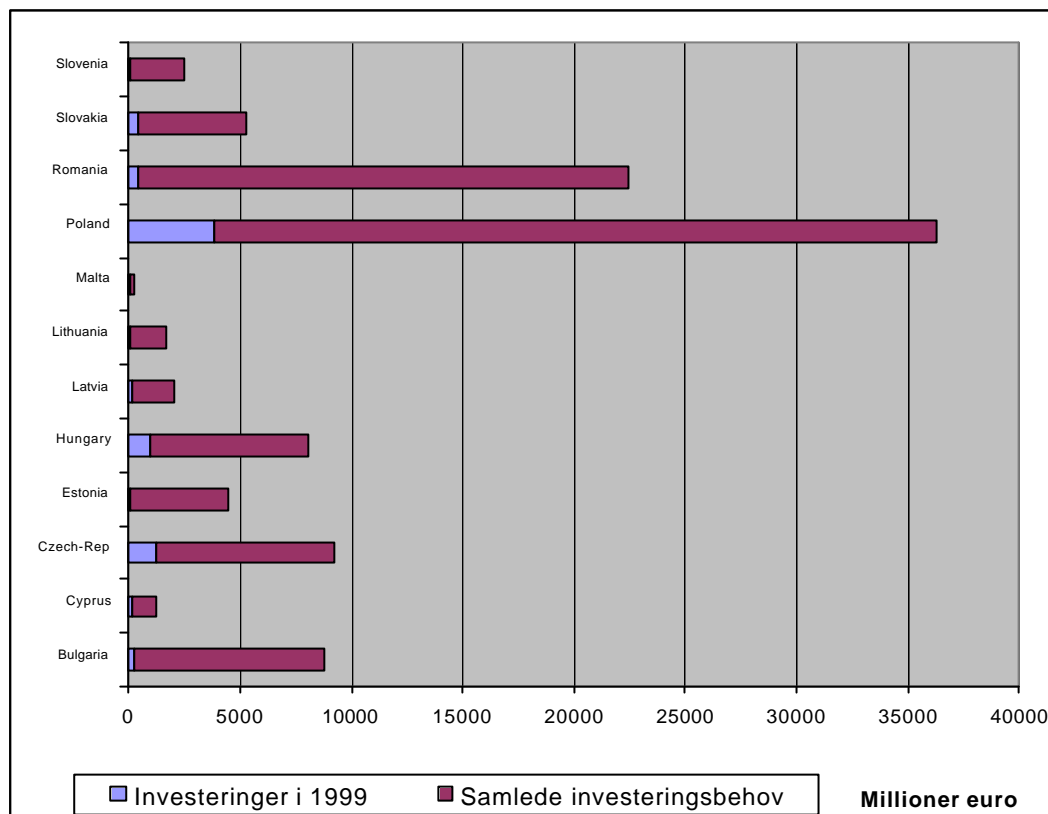
EU er det største eksportmarked for dansk miljøteknologi. Det fremtidige marked for miljøteknologi i EU afhænger bl.a. af udviklingen af miljøpolitikken og de miljøpolitiske målsætninger og satsninger på miljøområdet i erhvervs- og innovationspolitikken. I EU er målet at blive den mest videnintensive og dynamiske økonomi i verden i år 2010. I EU's bæredygtighedsstrategi indgår teknologisk udvikling som en af forudsætningerne for at realisere målsætningerne, især på energi- og transportområdet. I EU's 6. rammeprogram for forskning, teknologisk udvikling og demonstration er der bl.a. afsat midler til forskning i bæredygtige teknologier inden for disse sektorer herunder teknologier til udnyttelse af fornybare energikilder, hydrogenbiler og brændselsceller.

Inden for fødevarerområdet er der også politiske initiativer i EU, der peger i retning af øget efterspørgsel efter miljøteknologi. Den planlagte omlægning af EU's tilskudsordninger på landbrugsområdet forventes at bidrage til en omlægning af denne sektor i retning af mere miljøvenlige driftsformer.

På kortere sigt medfører en række EU-direktiver nye investeringer i renseteknologier. Eksempelvis skal alle større dieselmotorer forsynes med partikelfiltre inden 2006. Kommende investeringer i forhold til udbygning af renseteknologi som f.eks. spildevandsrensning i det åbne land kan forventes. De relativt store udgifter til drift på spildevands- og affaldsområdet peger i øvrigt på, at der er et stort marked særligt i OECD landene efter teknologier, der kan bidrage til mere omkostningseffektive løsninger.

EU's ansøgerlande udgør et meget stort fremtidigt marked for miljøteknologi som følge af ansøgerlandenes implementering af miljøacquis. EU kommissionen har opgjort landenes samlede omkostninger forbundet med at leve op til EU's regler på miljøområdet til godt 95 mia. Euro. Der er betydelige forskelle fra land til land, som det fremgår af figur 4.7.

Figur 4.7. Investeringsbehov i EU-kandidatlande for at opfylde miljøbehov⁴²



Det forventes, at det samlede marked i EU's kandidatlande vil vokse med i gennemsnit 10 pct. om året over de kommende 10 – 20 år. Inden for rammerne af EU's ISPA program er der årligt afsat 500 mio. Euro til etablering af nye spildevandsrensningssystemer⁴³.

Som det fremgår af figur 4.6, er der et meget stort investeringsefterslæb på miljøområdet i udviklingslandene. Til gengæld er den aktuelle vækstrate på dette marked stor. US Department of Commerce har opgjort væksten i 1998-1999 til mellem 10 og 17 pct. Også fremover forventes der høje vækstrater i disse lande.

EU havde i 1999 et overskud på handelen med miljøprodukter i forhold til resten af verden på omkring 5 mia. Euro. Den samlede eksport anslås til at være 18 mia. Euro.

Nordamerika er EU's største eksportmarked og har udvist stor vækst. Også eksportmarkederne for miljøteknologi i EU's kandidatlande er præget af betydelig vækst. EU selskaber anvender ofte joint venture for at komme ind på disse markeder. I løbet af de næste 5 år er vækstraten på markeder i udviklingslandene estimeret til 5-8 %, mens væksten for de vestlige markeder forventes at blive omkring 3 %.

⁴² Analysis of the EU Eco-Industries, their Employment and Export Potential, s. 89, A Final Report to DG Environment EU Eco-industries, ECOTEC Research and Consulting Limited, 2001 London.

⁴³ ISPA (Instrument for Structural Pre-Accession) har til formål at finansiere miljø- og infrastrukturprojekter i de ti EU-ansøgerlande i Central- og Østeuropa. Se bl.a. "Trade and international markets" s. 7, A Final Report to DG Environment EU Eco-industries, ECOTEC Research and Consulting Limited, 2001 London.

Sammenlignet med USA og Japan har EU en stærk og mangfoldig eksportsektor, som står sig godt i konkurrencen på verdensmarkedet. EU står specielt godt i forhold til udvikling af teknologi til energifremstilling baseret på fornybare energiresourcer. I forhold til teknologier til genbrugssektorer står EU også stærkt på verdensmarkedet.

Rapporten estimerer, at der er ca. 4 millioner jobs i miljøsektoren i EU, når alle afledte beskæftigelseseffekter medregnes. Øko-industrien er lige som den øvrige økonomi i EU kendetegnet af liberalisering af økonomien. Dette afspejler sig bl.a. ved, at der er sket et skift i beskæftigelsen fra den offentlige til den private sektor. Specielt affaldshåndteringssektoren er kendetegnet af mange beskæftigede i forhold til de samlede investeringer.

Miljøteknologiens hovedkategorier

Ovenfor er den miljøteknologiske udvikling beskrevet under et for at give et samlet overblik. Denne beskrivelse omfatter imidlertid nogle relativt forskelligartede typer miljøteknologi med hver deres udviklingshistorier, kendetegn, placering på markedet mv. Den uddybede beskrivelse af den miljøteknologiske udvikling som et element i en grøn markedsøkonomi er derfor relateret til: 1) traditionelle rens- og ressourceteknologier, 2) renere teknologier og 3) miljøeffektive teknologiske systemer.

4.4 De klassiske miljøteknologier – rensning, oprydning og miljøressourcer

Udledning af urensset spildevand, massiv luftemission, deponering af ubehandlet affald, samt hastig fysisk degradering af en række naturtyper, var miljøproblemer der var i centrum for den danske miljøindsats for godt 30 år siden. Højere skorstene og udledning af spildevandet længere til havs, var de teknikker man indtil da primært havde anvendt for at reducere de miljø- og sundhedsskadelige effekter af forureningen.

Disse ”teknikker” begyndte man, for 30 år siden, i stigende omfang at supplere med forskellige typer rens- og ressourcehåndteringsteknologier. Hertil kommer udvikling af en række teknologier til naturbeskyttelse og miljøgenopretning. Fælles for disse miljøteknologier er, at de udelukkende udvikles, fremstilles og anvendes med henblik på, at udbedre og/eller nedbringe miljøproblemer i takt med de erkendes.

Frem til begyndelsen af 1980’erne dominerede denne type miljøteknologier det samlede felt af miljøteknologier i Danmark. Dette afspejlede en situation, hvor miljø og miljøpolitik blev anskuet som en selvstændig problemstilling, der forudsætter sine egne teknologier. Den dominerende indsatsfilosofi hvilede på symptombehandling.

Hovedfokus for den første type miljøteknologi var forureningsbekæmpelse. Den mest anvendte overskrift for disse teknologier er ”rens” teknologier. ”Rens” teknologierne indtager fortsat en vigtig plads på det samlede marked for miljøteknologi.

Ressourceorienterede teknologier inden for vandforsynings- og genbrugssektoren indgår normalt også i internationale opgørelser over den

første type miljøteknologier. De er også medtaget her i rapporten, som følge af deres nære tilknytning til miljøindsatsen.

Udviklingen i Danmark modsvarer udviklingen i andre sammenlignelige lande med en højt udviklet økonomi, om end Danmark på en række områder har været på forkant af udviklingen.

Miljøbetydning

”Renseteknologier” er primært beregnet til at reducere den negative miljøpåvirkning fra affalds- og spildprodukter, inden de udledes til miljøet eller medfører risiko for human eksponering.

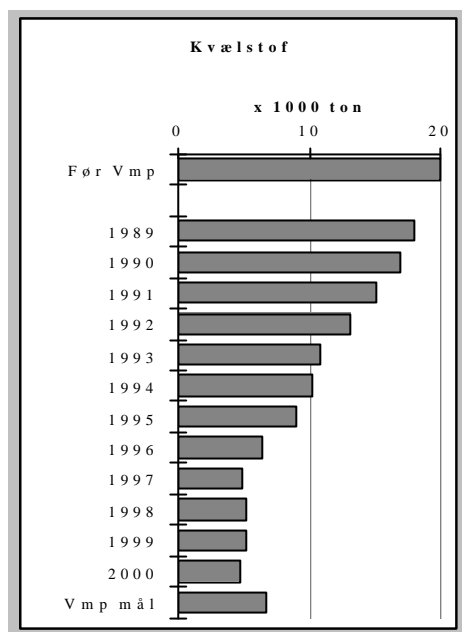
Spildevandsrensning, affaldsbehandling og rensning af røgen fra større forbrændingsanlæg, har været hovedområder for anvendelse af ”rense” teknologier. Hertil kommer en række mindre områder som støjdæmpende teknologier og teknologier til jordrensning. ”Rense” teknologierne har ofte ført til drastiske reduktioner af miljøbelastningen.

Spildevandsrensning har været den største enkelte ”end of pipe”-satsning i Danmark.

Mere end 90 % af alt husspildevand og 80 % af industrispildevandet ledes i dag til de kommunale afløbssystemer. På de kommunale renseanlæg renses ca. 85 % af spildevandsmængden for fosfor og kvælstof. Danmark er det land i EU, der har den største udbredelse af spildevandssystemer med vidtgående rensning (sekundær rensning + tertiær rensning af kvælstof og fosfor), idet 99,6 % af alle byområder i Danmark med over 10.000 personækvivalenter har vidtgående rensning.

I nedenstående figur 4.8 ses udviklingen i udledning af kvælstof fra før vandmiljøplanens gennemførelse og frem til i dag for så vidt angår de kommunale renseanlæg. Det ses, at den miljømæssige belastning til vandmiljøet er reduceret væsentligt gennem årene, hvilket primært skyldes den forbedrede renseteknologi.

Figur 4.8. Udvikling i udledning fra renseanlæg⁴⁴



Rense teknologierne er med størst miljøeffekt udnyttet, hvor forureningen er knyttet til punktkilder. Teknologierne har været vanskeligere at anvende til begrænsning af diffuse forureningskilder som f.eks. udvaskning af nitrat fra jordbruget.

Til "renseteknologier" hører også teknologier, der skal anvendes til at rense miljøet, når forureningen har fundet sted tidsmæssigt tidligere, herunder teknologier til at håndtere forurenede jord, teknologier til at rense op efter olie forureninger til havs samt tekniker til at genskabe naturværdier - naturgenopretning.

Markedet

Investeringer i "rense" teknologier er i Danmark foretaget i en kombination af privat og offentligt regi – idet de største investeringer er foretaget i offentligt regi inkl. en række halvoffentlige selskaber. Tilgængeligheden er det næsten udelukkende erhvervslivet der har stået for fremstilling og salg af de tekniske anlæg. Markedet har således været domineret af offentlig efterspørgsel og drift af disse renseteknologier og privat udbud og salg af samme.

I de senere år er der dog sket en vis liberalisering også af driftsopgaverne. Bl.a. varetages affaldshåndteringen i dag i vidt omfang af private virksomheder på baggrund af udbudsforretninger. Denne udvikling kendetegner udviklingen i de fleste vestlige lande.

Produktionen af "rense" teknologier er domineret af et mindre antal større virksomheder i ind og udland. En mindre gruppe af større danske virksomheder, har her udviklet en betydelig eksport af renses teknologier.

En væsentlig del af eksporten består af delkomponenter som pumper og affaldsbehandlings- og forbrændingssystemer – nicher, hvor danske

⁴⁴ Miljøstyrelsen, 2001

virksomheder har udviklet spidskompetencer og som gennem længere tid har været veldefinerede teknologiske innovationssystemer og -udviklingsbaner. Der eksporteres dog også hele nøglefærdige anlæg.

Også den danske eksport af rådgivningsydelser er domineret af få større virksomheder. Eksportmarkederne er primært højt industrialiserede lande – EU-lande, USA og Japan. Eksportværdien af produkter til vandsektoren er i 1998 opgjort til 2,1 mia. kr. Det svarer til godt 0,6 % af Danmarks samlede eksport i 1998.

Virksomheder, der eksporterer til vandsektoren, beskæftigede i 1998 tilsammen 4.400 personer i Danmark og værdien af deres eksport udgjorde 63 % af deres samlede omsætning. Eksporten fra vandsektoren skaber således beskæftigelse til ca. 2.800 personer i Danmark. Hertil kan lægges en andel af de ca. 1.800 personer, som de samme virksomheder beskæftiger på arbejdssteder i udlandet. Disse data er baseret på 1998-oplysninger.

Fem virksomheder tegnede sig i 1998 for mere end 80 % af eksporten af produkter. Halvdelen af produkteksporten angår vandforsyning: 43 % stammer fra produkter til grundvandsboringer og ledningsnet, mens 7% er produkter til vandbehandling (iltnings-, filtrerings- og doseringsudstyr). Eksport, der angår spildevand, tegnede sig for et beløb af omtrent samme størrelse som vandforsyningen. 35 % af eksporten kommer fra produkter til spildevandsrensning og slambehandling og 14 % fra produkter til afløbssystemer.

67 % af hele eksporten af produkter til vandsektoren gik i 1998 til Europa: 36 % til Norden, Tyskland og Storbritannien, 19 % til det øvrige Vesteuropa og 12 % til Øst- og Centraleuropa. 17 % af eksporten gik til Asien og 11% til USA, Canada, Australien mv. Afrika tegnede sig for 4 % og Syd- og Mellemamerika for 1 %.

Eksportværdien af rådgivningsydelser til vandsektoren er i 1998 opgjort til godt 310 mio. kr. Rådgivningsvirksomheder med eksport til vandsektoren beskæftigede i 1998 i alt 4.400 ansatte i Danmark og eksporten udgjorde 11 % af deres samlede omsætning. Eksporten giver således beskæftigelse til 500 personer i Danmark. Hertil skal så lægges en vis del af de 1.800 personer, som samme virksomheder beskæftiger på arbejdssteder i udlandet.

Blandt rådgivningsvirksomhederne tegner fire virksomheder sig for mere end 80 % af hele eksporten. 40 % af eksporten af rådgivningsydelser drejer sig om vandforsyning, og 40 % om spildevand. De sidste 20% vedrører fortrinsvis anden rådgivning, dvs. rådgivning til myndigheder mv.

Virkemidler

Udvikling og udnyttelse af renseteknologierne, er foregået i spændingsfeltet mellem de krav som miljøpolitikken stiller og de generelle teknologiske muligheder, som den almene teknologiske udvikling og samfundsøkonomien giver for at indfri disse.

Hovedvirkemidlerne på dette område har bestået af en blanding af regler og love samt en række handlingsplaner, som har betydet, at det offentlige har foretaget store investeringer i renseteknologier – med vandmiljøplan 1 som det klassiske eksempel.

Boks 4.1. Vandmiljøplan I og udviklingen af den danske spildevandssektor.

Vandmiljøplan I har medført, at alle større danske rensningsanlæg i årene 1987-96 er blevet udbygget til at kunne fjerne organisk stof, fosfor og kvælstof. De samlede omkostninger til denne udbygning har beløbet sig til mere end 9 mia. kr.

Vandmiljøplanen var den første af sin art i Europa og har haft afgørende betydning for udformningen af EU's spildevandsdirektiv fra 1991, der regulerer udledningen af spildevand fra de større kommunale renselanlæg.

Danmark har en stærk international position inden for vandmiljø. Den danske offensive miljøpolitik, herunder vandmiljøplanen, har spillet en væsentlig rolle for områdets teknologiske og kompetencemæssige udvikling. Dette er et resultat af offentligt-privat samspil. En stor del af midlerne til finansiering af den danske eksport af produkter og ydelser inden for området kommer fra danske miljøbistandsprogrammer og EU-programmer⁴⁵. Ikke mindst inden for Øst- og Centraleuropa har dansk miljøteknologi inden for vandsektoren været en succes.

På nogle områder har forskellige sektorpolitikker påvirket valget af miljøteknologiske løsninger. Energipolitikken har således fremmet brugen af affaldsforbrænding på bekostning af andre behandlingsteknologier. Et andet eksempel er fødevarepolitikken, som har stillet kvalitetskrav til det spildevandsslam, der udbringes på markerne. Disse krav påvirker udformning og anvendelse af de teknologier, der anvendes til behandling af det slam, som er et affaldsprodukt fra spildevandsrensningen og kan i forskelligt omfang konflikte med miljøpolitiske mål og politikker.

Boks 4.2. Energipolitikkens betydning for det danske system for affaldsbehandling

Ved affaldsforbrændingsprocessen udvikles varme. De danske anlæg har en lang tradition for at udnytte denne varme til energiproduktion, oprindeligt til elproduktion, men fra omkring 1960, hvor fjernvarme begyndte at blive en vigtig opvarmningsform, til produktion af fjernvarme. Siden energipriserne steg i 1973 og 1979 har salget af varme været en væsentlig indtægtskilde for anlæggene. Ved de store energipolitiske forlig i 1986 og 1990 er man gået endnu videre. Fjernvarmeproduktionen skulle omstilles til kraftvarmeproduktion, primært baseret på indenlandske brændsler. Denne målsætning har haft en stor betydning for udviklingen, idet langt de fleste anlæg har valgt at foretage omstillingen til kraftvarmeproduktion, ved at opføre nye anlæg frem for at bygge de eksisterende om.

Økonomiske virkemidler har også i mindre omfang fremmet udnyttelsen af "rense" teknologier. På genanvendelsesområdet har affaldsafgifterne skabt et incitament til teknologiudvikling specielt i forhold til genanvendelse af tunge affaldsfraktioner som bygge- og anlægsaffald.

Der er i Danmark foregået en betydelig forskning og udvikling i relation til renseteknologier. Forskning og udvikling er i en række sammenhænge indgået som en integreret del af den miljøpolitiske indsats på området. Således blev der i forlængelse af Vandmiljøplan I afsat ca. 30 mill. kr. til spildevandsforskning i årene 1987 - 1992, med det formål at skabe et bedre

kendskab til en række forhold, som forventedes at være af betydning for gennemførelsen af planen. Forskningen blev gennemført i et samarbejde mellem forskningsinstitutioner og en række danske virksomheder. Desuden er der med Aktionsplanen for fremme af økologisk spildevandsrensning i årene 1997 - 2001 bevilget ca. 47,5 mill. kr. til afklarings- og udviklingsprojekter, demonstrationsprojekter og fuldskalaforsøg inden for økologisk håndtering af spildevand såvel som fækalier og urin.

Barrierers og potentialer

Helt frem til i dag er der foregået en øget udnyttelse af ” rens ” teknologier i de højt udviklede industrilande. Den øgede anvendelse af rens teknologierne har været med til at ændre profilen på det samlede miljøkompleks, således at miljøproblemerne i dag i højere grad er knyttet til en række diffuse forureningskilder, hvor rens teknologierne ikke kan anvendes eller kun kan anvendes med meget store omkostninger.

De største potentialer for at opnå yderligere miljøforbedringer, der har effekt i en global kontekst, findes i lande, hvor disse teknologier endnu kun udnyttes i begrænset omfang, på trods af store forurenings- og ressourceproblemer.

I EU's kandidatlande forventes det, at der i de kommende år skal gennemføres store investeringer i rens teknologier. En række nyindustrialiserede lande med høj økonomisk vækst er også kendetegnet af store miljøproblemer der minder om dem, som vi havde i Danmark for godt 30 år siden blot mere koncentrerede. Endelig udgør forureningen i de mange millionbyer, der er ved at vokse frem også i ” fattige ” lande, et fremtidigt marked for teknologier til håndtering af spildevand og affald.

Et væsentligt potentiale knyttet til en videreudvikling af ” rens ” teknologierne i en dansk kontekst består i at omkostningsoptimere disse. De store udgifter til drift af disse systemer indikerer, at der er gode potentialer for at opnå økonomiske besparelser ved at anvende mere omkostningseffektive teknologier.

Udvikling af mere omkostningseffektive ” rens ” teknologier er også en forudsætning for, at danske virksomheder kan klare sig på eksportmarkederne fremover. Dette forudsætter, at virksomhederne bl.a. satser på at inkorporere ny teknologi i de forskellige rens teknologier.

På enkeltområder er der fortsat mulighed for opnå betydelige miljøforbedringer ved øget anvendelse af ” rens ” teknologier.

Aktuelle områder, hvor der forventes at være yderligere miljøpotentialer knyttet til nye investeringer i ” rens ” teknologier, er spildevandsrensning i de ukloakerede områder i det åbne land, reduktion af miljø- og sundhedsfarlige affaldsstoffer fra affaldsforbrænding samt udvikling og anvendelse af mere miljøvenlig metoder til oprydning efter tidligere tiders jordforurening.

Her til kommer, at det i EU er vedtaget grænseværdier, der i praksis ventes at medføre, at nye lastbiler og busser fra 2006 skal være forsynet med partikelfiltre for at reducere de sundhedsskadelige partikler i byerne.

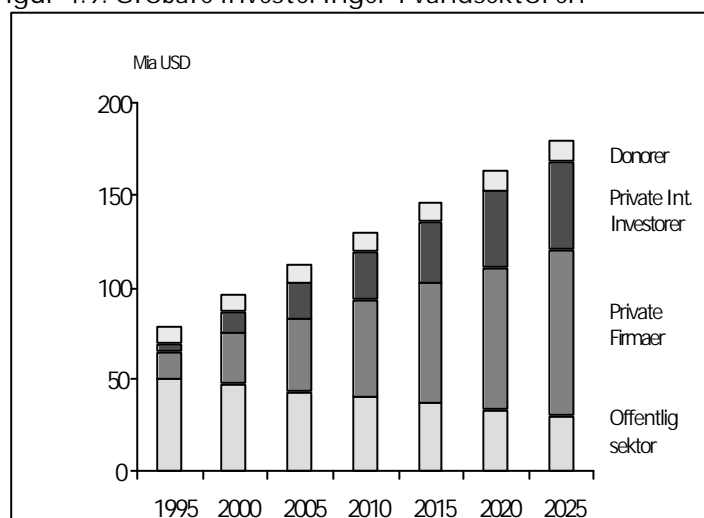
Der gennemføres for tiden et storskalaforsøg i Odense, hvor der indsamles erfaringer med nye typer partikelfiltre til tunge køretøjer. Der er tale om

partikelfiltre, der eftermonteres på køretøjerne. Forsøget har været åbent for alle, som kan overholde en række krav til partikelfiltrenes virkningsgrad. I forsøget samarbejder Færdselsstyrelsen med Odense Kommune, forskellige filterfabrikanter og leverandører. Forsøget har indtil videre kørt i godt to år og i alt 120 busser og lastbiler har fået eftermonteret partikelfiltre. Forsøget er stort anlagt og har vakt international opmærksomhed, idet mange lande har deltagere med i forsøget. Det vurderes, at der som led i projektet har fundet en reel produktmodning sted. I forsøget deltager også danske filterfabrikanter, der herigennem har fået styrket deres position på markedet.

EU har netop udgivet en rapport, der viser, at det samlede marked for ressourcehåndteringsteknikker fortsat er hurtigt voksende. Specielt markederne for vandforsyning og genanvendelse vokser hurtigt. Bl.a. de store problemer med stigende affaldsmængder og problemerne med at skaffe tilstrækkeligt med vand, i en række områder der allerede i dag er ramt af vandmangel, medfører, at der forventes at blive behov for store investeringer i teknologier, der kan sikre mere effektiv og mindre miljøbelastende udnyttelse af disse ressourcer.

Erhvervs- og Boligstyrelsen har netop udgivet en rapport med en analyse den danske kompetenceklynge for vand⁴⁶. Rapporten der er udarbejdet af DHI, indeholder en analyse af det globale marked knyttet til vandsektoren. De globale investeringer er i dag er på 70 – 80 mia. USD og forventes mere end fordoblet over de næste 25 år. Hovedparten af investeringerne, 65 mia. USD årligt, sker i udviklingslandene, fordelt med 15 mia. USD på vandkraft, 25 mia. USD på vand og sanitet og 25 mia. USD på kunstvanding og dræning. Omkring 10% af de årlige investeringer i vandrelateret infrastruktur i udviklingslandene er donorfinansieret. Private investorer forventes at spille en stadig stigende rolle på markedet.

Figur 4.9. Globale investeringer i vandsektoren⁴⁷



⁴⁶ Erhvervs- og Boligstyrelsen, ”Kompetenceklyngen Vand - en analyse af virksomhederne og deres rammebetingelser”. København 2002, Rapporten kan hentes på Erhvervs- og Boligstyrelsens hjemmeside, www.ebst.dk.

⁴⁷ Bolig og Erhvervsstyrelsen, Kompetenceklyngen vand, København 2002, s. 9.

Ifølge rapporten er der på verdensmarkedet en tendens til, at driften af de forskellige opgaver på forsynings- og ressource området kommer til at indgå i en fælles søjle i forsyningsvirksomheder, hvor også energi, telefoni, affald og andre områder indgår i porteføljen. I forbindelse med udlicitering af opgaverne stilles der krav om at krydssubsidiering for at sikre socialt svage brugere af vandet i områder, hvor det ikke er så økonomisk rentabelt, typisk i landdistrikter og slumområder i storbyer.

Det eksisterende danske hjemmemarked for miljøteknologiske løsninger på vandområdet er ifølge rapporten ikke noget godt grundlag, for udvikling af virksomheder der kan konkurrere på fremtidens globale marked. Kommunale og brugerejede forsyningselskaber er ofte små og har ikke den nødvendige kompetence og tradition for en udviklingsorienteret tilgang til løsningen af miljøopgaverne. Det kan medføre, at hjemmemarkedet efterspørger andre miljøteknologiske løsninger end de, som efterspørges på de udenlandske markeder. Større og mere innovationsorienterede forsyningsenheder på vandforsynings- og spildevandsområdet er en forudsætning for, at hjemmemarkedets efterspørgsel kan bidrage til udvikling af konkurrencedygtige danske virksomheder, som kan matche konkurrencen med de store udenlandske virksomheder som p.t. dominerer eksportmarkederne.

4.5 Renere teknologier - ressourceoptimering og ændring af enkel tteknologier

Fra næsten udelukkende at have fokuseret på miljøproblemer som spildevandshåndtering, affaldsbehandling og oprydning efter tidligere tiders forurening, blev den symptombehandlende miljøindsats fra begyndelsen af firserne gradvist udbygget med en forebyggende indsats. Dette indebar bl.a. at feltet for den miljøteknologiske udvikling, blev udvidet med en indsats for at justere og optimere det teknologiske grundlag for produktion og forbrug, for derved at forebygge miljøproblemerne.

Renere teknologier er den hyppigst anvendte overskrift for denne type miljøteknologi.

Renere teknologier definerer OECD som "Technologies that extract and use natural resources as efficiently as possible in all stages of their lives; that generate products with reduced or no potentially harmful components; that minimize releases to air, water and soil during fabrication and use of the product; and that produce durable products which can be recovered or recycled as far as possible; output is achieved with as little energy input as is possible".

De konkrete, teknologier der er omfattet af begrebet, ændrer sig over tid, fordi der hele tiden udvikles nye og mere miljøvenlige teknologiske løsninger. Renere teknologi er således i lige så høj grad en proces som nogle konkrete teknologier.

Anvendelse af renere teknologier mindsker principielt behovet for efterfølgende håndtering af affaldsprodukter. I praksis har udviklingen dog helt frem til i dag været kendetegnet af en øget udbredelse af både "rense" teknologier og "renere teknologier". Renseteknologierne er ofte fortsat er de mest gennemprøvede og lettest tilgængelige løsning på en række af de miljøproblemer, som har været i fokus for miljøindsatsen.

Markedet for de to slags miljøteknologi har derfor gennem de sidste 20 år udviklet sig parallelt. I en række tilfælde har teknologierne suppleret hinanden, mens de i andre tilfælde konkurrerer med hinanden.

Miljøeffekter

Renere teknologier har specielt bidraget til miljøindsatsen på områder, hvor ”renseteknologier” ikke har fundet anvendelse, eller kun kan anvendes med meget store omkostninger. Dette er bl.a. tilfældet, for den del af miljøbelastningen som skyldes diffuse forureningskilder.

Der har i praksis været to forskellige tilgange til udvikling af renere teknologier: løbende miljøoptimering af det teknologiske grundlag for produktion og forbrug, samt målrettet justering af teknologiske enkeltkomponenter for derved at fjerne specifikke miljøpåvirkninger.

Den løbende miljøoptimering af eksisterende teknologier og teknologiske systemer kommer bl.a. til udtryk i form af en gradvis forøgelse af ressourceeffektiviteten og en løbende reduktion af forureningen.

Den løbende miljøteknologiske optimering af produktionen går godt i spænd med virksomhedernes økonomiske optimering af teknologien. Således er den teknologiske udvikling i almenhed kendetegnet af øget ressourceeffektivitet, i den forstand at nye generationer af teknologi ofte er mere ressourceeffektive end de foregående. Resultatet er en ”naturlig” ressourceeffektivisering. I OECD’s fremtidsscenarier på energiområdet regner man således med, at der er en ”naturlig” løbende optimering af energiproduktionen på 0,75 % pr. år⁴⁸.

Den målrettede miljødrevne justering af teknologiske delkomponenter har været rettet mod specifikke miljøbelastninger; f.eks. blyforurening fra vejtrafikken, dæmpning af dækstøj eller udslip af ozonlagsnedbrydende stoffer fra køleskabe.

På kemikalieområdet er problematiske kemiske stoffer ofte helt blevet erstattet med mindre problematiske kemikalier.

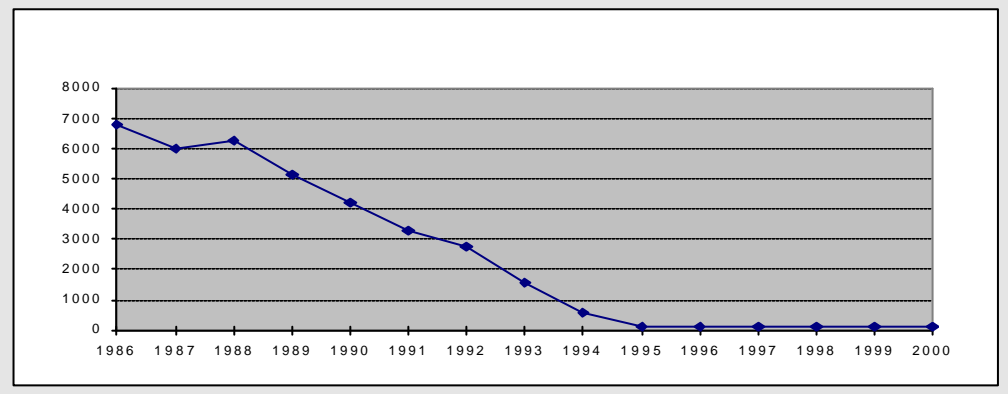
⁴⁸ OECD Environmental Outlook, OECD, Paris 2001, s. 149.

Boks 4.3. Udfasning af ozonlagnedbrydende stoffer

Indsatsen for at reducere udledningen af ozonlagnedbrydende stoffer er et eksempel på en målrettet indsats for at udvikle og udbrede renere teknologier. Baggrunden var at 180 lande tilsluttede sig Montreal Protokollens forpligtelse om at begrænse produktion og anvendelse af ozonlagnedbrydende stoffer. Beregninger har vist, at disse internationale regler indtil 2050 vil spare verden for mere end 20 mio. kræfttilfælde og give en økonomisk besparelse på ca. 460 mia. dollar. Herfra skal trækkes øgede udgifter på 235 mia. dollars. I alt vil der altså være en nettobesparelse på ca. 225 mia. dollar. Værdien af sundhedseffekterne er ikke indregnet heri.

Ozonlagnedbrydende stoffer har i vid udstrækning været anvendt til en række forskellige formål herunder som kølemiddel i køleskabe og som drivmiddel i spraydåser. Alternative stoffer, der ikke er ozonlagnedbrydende, er nu udviklet. Dette har givet mulighed for en drastisk reduktion i forbruget af ozonlagnedbrydende stoffer, uden at det har haft væsentlige velfærdsmæssige konsekvenser. I en række tilfælde har de nye teknologier oven i købet vist sig at være billigere end de hidtil anvendte.

Figuren viser forbruget af ozonlagnedbrydende stoffer i Danmark angivet i ODP-tons.



Markedet

Renere teknologier er ikke som "rense" teknologierne et specielt segment på markedet for teknologi, men omfatter, som EU-kommissionen påpeger, hele marked for investeringer i teknologi, idet de alle indebærer et valg mellem mere eller mindre miljøbelastende teknologier. EU-kommissionen anslår at den samlede størrelse af marked for investeringer i teknologi udgør ca. 20% af EU-landenes BNP.

En vigtig grund til den fokus, der er kommet på renere teknologier som miljøpolitisk virkemiddel, er, at det har vist sig, at de virksomheder der anvender de mest miljøvenlige teknologier også ofte klarer sig godt i konkurrencen. Renere teknologier har i en række tilfælde ført til, at der er opstået win-win situationer.

Der findes ingen danske undersøgelser af, hvordan industrivirksomheder der anvender miljøvenlige teknologier klarer sig i relation til andre virksomheder.

Men der er i EU regi gennemført en undersøgelse⁴⁹ af virksomhedernes udvikling, alt efter om de anvender renere teknologier (er såkaldte BAT-virksomheder) eller ikke. Der indgår tre brancher (cementfabrikker, non-ferrousfabrikker og papirfabrikker) i undersøgelsen.

Konklusionen er, at de virksomheder, der har opnået en god miljømæssig standard også klarer sig bedst økonomisk set. Det understreges, at i mange tilfælde har de miljøvenlige virksomheder følgende karakteristika: Det er store virksomheder, præget af vækst og med stor egen forskning og udvikling.

Mens markedet for "rense" teknologier både i Danmark og internationalt har været domineret af relativt få store virksomheder, så er der en forventning om at udbredelse af renere teknologier specielt vil styrke mindre og mellemstore virksomheder. Udviklingen af renere teknologier forventes nemlig at danne grundlag for en varieret efterspørgsel, efter mange forskellige niche produkter.

Dansk miljølovgivnings relativt vidtgående miljøkrav har forudsat at virksomhederne ændrede produktionen i en miljøvenlig retning. Dette har virksomhederne i en række tilfælde udnyttet i konkurrencen på eksportmarkederne. Efterhånden som de internationale miljøstandarder er nået op på Danmarks relativt høje niveau, er efterspørgslen efter tekniske løsninger, der kan opfylde disse steget. I denne situation har danske virksomheder kunnet markedsføre afprøvede teknologier, der lever op til skærpede miljøkrav.

Virkemidler

De virkemidler der anvendes til at fremme udvikling og udbredelse af renere teknologier skal være orienteret mod virksomhederne, som følge at deres centrale betydning for den løbende teknologisk udviklingen. I denne sammenhæng peger erfaringerne på, at virksomhederne besidder et betydeligt potentiale for udvikling af renere teknologier, specielt i relation til optimering af eksisterende teknologier eller i forhold til substitution af miljøskadelige teknologiske delkomponenter.

Miljøregulering har lige som i forhold til forhold "rense" teknologierne spillet en vigtig rolle for udviklingen af markedet for renere teknologier. Generelt stiller miljølovgivning inkl. EU's miljørelaterede direktiver krav om, at industrien skal anvende de af de tilgængelige teknologier, der er bedst ud fra et miljøsynspunkt.

EU's direktivet om integreret forebyggelse og bekæmpelse af forurening (IPPC) er et vigtigt incitament til udvikling og videreformidling af miljøteknologi. Driftsherrerne for en række industrianlæg skal ansøge om driftstilladelse baseret på de bedste tilgængelige teknikker (BAT). Kommissionen foranstalter en omfattende informationsudveksling, der munder ud i "BAT-referencedokumenter" (BREF), som opstiller den bedste tilgængelige teknik på det pågældende tidspunkt. Forudsætningerne for at få tilladelse ajourføres i overensstemmelse med ændringerne af BAT. IPPC afspejler derfor et dynamisk koncept, der gør det muligt hele tiden at følge med den nye miljøteknologi.

⁴⁹ Institute for Prospective Technological Studies, European Commission Joint Research Centre, Sevilla 2002, report EUR 20133, "The Impact of BAT on the Competitiveness of European Industry".

Indsatsen for at sikre størst mulig udbredelse af de mest miljøvenlige af de tilgængelige teknologier er i en række tilfælde blevet udvidet, med regler der skal forpligtige industrien til også at nyudvikle mere miljøvenlige teknologier.

Det er sket ved at fastsætte skærpede emissionsstandarder, som industrien skal overholde i løbet af en nærmere fastsat årrække. Emissionsstandarder som ikke kan opfyldes med de teknologier som er kommercielt tilgængelige på det tidspunkt hvor de er besluttet. Hermed forpligtes industrien til at indlede et udviklingsarbejde.

Disse fremtidige emissionsstandarder er i en række tilfælde blevet til på baggrund af aftaler med den europæiske industri.

De første udstødningsnormer for personbiler blev vedtaget i 1970. Siden er udstødningsnormerne blevet skærpet adskillige gange. Frem til starten af 1990'erne var der alene tale om, at udstødningsnormerne blev tilpasset den tekniske udvikling. Meget forenklet blev normerne justeret, så de svarede til udslippet fra de mindst forurenende biler på markedet. Med virkning fra 1. januar 1993 blev denne udvikling vendt inden for EU. På dette tidspunkt blev der indført nye regler, som alene kunne overholdes ved anvendelse af efterbehandlingsudstyr som katalysatorer. I Danmark skete det allerede fra 1. oktober 1990, idet Danmark indførte de nye regler godt 2 år før resten af EU. Med gennemførelsen af disse nye regler er kurven knækket, således at udslippet af de skadelige stoffer falder trods stigende trafik.

Udstødningsnormerne er siden skærpet yderligere. Dette er muliggjort ved anvendelse af bedre katalysatorer, optimering af motorkonstruktion og bedre brændstofkvalitet. Vedrørende udslippet af partikler kan fremhæves, at de regler der blev fastsat i 1999 med virkning fra 2006 (Euro 4), blev anset som alene at kunne opfyldes gennem anvendelse af ikke kendt teknologi i form af partikelfiltre.

I 1997 indledte EU-kommissionen drøftelser med bilindustrien om en nedsættelse af CO₂-udslippet fra personbiler. Resultatet blev en frivillig aftale, hvorefter industrien forpligter sig til, at det gennemsnitlige udslip af CO₂ fra nye personbiler i 2008 vil være reduceret med 25% i forhold til 1995. Den aftalte begrænsning forudses opfyldt primært gennem teknologiske forbedringer. Resultatet af den teknologiske udvikling på dette område skal i 2010 bl.a. medføre, at en benzinbil i gennemsnittet kører 20 km på literen (mod de nuværende ca. 14 km.) og en dieselbil gennemsnitligt 22,5 på literen (mod i dag knapt 19 km.).

Når problematiske kemikalier udfases via lovgivningen sker det ofte over en årrække, så der bliver tid til at udvikle alternative tekniske løsninger. For at bidrage til virksomhedernes udvikling af renere teknologier, har staten i en konkrete sammenhænge suppleret reguleringen med teknologiske projekter. Udviklingsprojekterne gennemføres ofte i samarbejde med erhvervslivet og i regi af en række forskellige ministerier med ansvar for at implementere de skærpede miljøregler.

Der er lavet en række undersøgelser i regi af OECD, der peger på at de økonomiske virkemidler er særligt effektive, når det gælder om at fremme virksomhedernes udvikling af renere teknologier. Begrundelsen er, at de økonomiske virkemidler giver incitament til kontinuerlige forbedringer, som går videre end de krav, som fremgår af de eksisterende miljøstandarder. Økonomiske incitamenter har potentiale for at stimulere til mere

omkostningseffektive løsninger, ved at give virksomhederne størst mulig frihed til selv at gennemføre deres egen innovations proces, i en kontinuerlig jagt på øko-effektivitet og økonomisk optimering.

På den anden side har fremtrædende industriøkonomer peget på, at virksomheder, der har implementeret nyeste forureningsbegrænsende teknologier, vil have innovationsmæssige fordele ved at være førende i forhold til at overholde seneste miljøregulering⁵⁰, hvorfor fremtidige virkemidler kan forventes i langt højere grad at komme til at bestå af helt nye mix af såvel økonomiske som adfærdsbegrænsende instrumenter.

Information har også været anvendt som middel til at sikre, at den teknologiske udvikling drejes i en mere miljøvenlig retning. Miljøstyrelsen udgav således i 1998 "Listen over uønskede stoffer", der blev udarbejdet som et værktøj til producenter, indkøbere og detailhandel for at undgå eller reducere brugen af de særligt problematiske stoffer.

Barrierer og potentialer

Renere teknologi yder sammen med "rense" teknologierne et væsentligt bidrag til beskyttelsen af miljøet. Specielt har renere teknologi haft meget gode effekter, hvor det har været muligt med en målrettet indsats at ændre teknologiske enkeltkomponenter. Anvendelse af mindre forurenende brændstoffer og substitution af ozonlagnedbrydende stoffer er væsentlige succeshistorier i miljøpolitikken

Ellers har udviklingen af renere teknologier generelt været fremmet af den almene teknologiske udvikling, som løbende betyder at ressourceeffektiviteten øges.

På trods heraf er der en række miljøproblemer, som det ikke er lykkedes at begrænse så meget som ønsket. Specielt på energi og transportområdet er det i en global kontekst ikke lykkedes reducere en række relaterede miljøproblemer tilstrækkeligt.

Årsagen er primært en kombination af tekniske og markedsmæssige barrierer, samt ændrede forbrugerpræferencer og forbrug af disse goder.

I en række sammenhænge har nye og mere miljøvenlige teknologier vanskeligt ved at konkurrere med gamle og veletablerede. I en række tilfælde kunne disse konkurrence problemer løses ved at sikre, at miljøomkostningerne internaliseres i varenes priser. Foruden at det herved sikres, at det er forureneren der betaler, vil det også give producenterne af mere miljøvenlige teknologier bedre konkurrence vilkår. Samtidig betyder det et øget incitament til at investere i udvikling af mere miljøvenlige teknologier.

Større samlede teknologiske systemer er på en række områder en væsentlig barriere for udbredelse og udvikling af renere teknologier. Specielt når der er knyttet store fælles infrastrukturelle investeringer til disse systemer. Investeringer som for længst er forrentet/absorberet. Disse systemrelaterede og infrastruktur relaterede barrierers er det ikke muligt at overvinde for

⁵⁰ M.E. Porter & C. van den Linden, 1995: Towards a new conceptualisation of the environment-competitiveness relationship, Journal of Economic Perspectives, 9(4):97-118

virksomhederne alene. Heller ikke selv om prisen reflekterede de faktiske miljørelaterede omkostninger.

Et væsentlig forhold her er den allerede beskrevne indbyggede inertie og bremsende effekt for nybrud og -tænkning, der følger med teknologisk udvikling.

På trods af de eksisterende barrierer er der fortsat væsentlige potentialer for at fremme udviklingerne af renere teknologier gennem en målrettet indsats for at optimere og justere eksisterende teknologiske systemer. I denne sammenhæng bør der sættes mere på en systematisk indsats for hele tiden at overføre eksisterende forskningsbaseret viden til nye praktisk anvendte teknikker samt på at bygge videre på de eksisterende viden- og kompetencenetværk, der allerede er opbygget gennem mange års udvikling inden for miljøteknologi.

4.6 Miljøeffektive teknologiske systemer

Renere teknologi indebærer en gradvis forbedring af eksisterende teknologier. Som en tredje type miljøteknologi taler man også om miljøeffektive teknologiske systemer. Det centrale her er systemaspektet jf. boks 4.4, der kræver større omstillinger i viden, produktion og forbrug.

Denne tredje type miljøteknologisk udvikling er systemisk, dvs. innovationen rækker videre ud end den enkelte produktionsenhed og berører flere produktionsled eller til tider store dele af økonomien. Eksempler på miljøeffektive teknologiske systemer er energisystemer baseret på vedvarende energi så som vindmøller og anden vedvarende energi, elbiler mv. Historisk set kan også udvikling og udbredelse af informationsteknologi betegnes som et teknologisk system, der på nogle områder har medført betydelige forbedringer i miljøeffektiviteten pr. produceret enhed.

Omstillingen til nye teknologiske systemer sker i en vis udstrækning også gradvis, men systemaspektet indebærer, at der er tale om et egentligt skift i det teknologiske system. I praksis er der konstant konkurrence mellem teknologier.

Boks 4.4. Teknologiske udviklingsspor

Indenfor innovationsteorien defineres teknologiske udviklingsspor ("technological trajectories") som "*mønstre af problemløsende aktiviteter*"..., som *struktureres af et givet teknologisk paradigme*⁵¹. Det antages, at innovationsarbejdet i virksomhederne og forskningsverdenen er præget af stabilitet og gradvis udvikling og følger bestemte spor. Innovation indenfor et eksisterende teknologisk udviklingsspor er kontinuerlig, baseret på den eksisterende fælles viden og principper for problemløsning. Et skift i udviklingsspor forudsætter videnmæssig og teknologisk diskontinuitet, som rækker ud over den eksisterende fælles viden, og som vil berøre store dele af økonomien, dvs. den er "systemisk".

Den nemme og billige innovation sker indenfor de eksisterende udviklingsspor, fordi virksomhedernes viden, eksisterende teknologier og forretningskoncepter men også den bagvedliggende uddannelse, forskning og samfundsmæssige infrastruktur er indrettet efter de eksisterende

⁵¹ Giovanni Dosi: "Technological Paradigms and Technological Trajectories: A suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technological Change", 1982.

udviklingsspor, dvs. der er tale om såkaldt "lock-in". For den enkelte virksomhed såvel som for samfundet er der derfor oftest høje omstillingsomkostninger ved at søge at udvikle nye teknologiske udviklingsspor.

Der foregår konstant konkurrence mellem forskellige teknologiske udviklingsspor, hvor virksomhederne forsøger at sætte den tekniske standard. For virksomhederne gælder det om at satse på den rigtige teknologi og vælge det spor, som bliver førende på markedet fremover. Virksomhederne har valget mellem at tage en stor risiko og satse på det nye, usikre udviklingsspor, hvor den økonomiske gevinst ved succes kan være betydelig. Eller forsøge at bevare det gamle og driftssikre, som er i fare for at blive udkonkurreret.

Energi og transport er to sektorer som EU har særlig fokus på, i relation til miljøeffektive teknologiske systemer. Begge sektorer er afgørende for samfundenes funktion og for den økonomiske vækst. Samtidig er det sektorer, hvor væksten har ført til øget miljøbelastning på trods af den hidtidige miljøoptimering af de teknologiske systemer. Den globale udledning af klimapåvirkende gasser er et af de centrale problemer i denne sammenhæng.

Begge sektorer er karakteriseret af, at de er baseret på større sammenhængende teknologiske systemer, som repræsenterer store økonomiske interesser i allerede gennemførte fælles infrastrukturelle investeringer. De teknologiske enkeltkomponenter som systemerne består af, er gensidigt afhængige. Enkeltkomponenterne har løbende undergået en forandring med henblik på at blive optimeret. Denne optimering har imidlertid ikke været tilstrækkelig vidtgående nok til at kunne danne grundlag for en bæredygtig udvikling inden for de to sektorer. Forudsætningen herfor er innovation af de samlede teknologiske systemer under respekt for økonomi og sociale hensyn. Dette er en langsigtet opgave, der forudsætter stabile politiske målsætninger, hvis den skal lykkes. Forudsætningen for at det kan lade sig gøre er et betydeligt socialt og økonomisk engagement i løsningen af opgaven – herunder et partnerskab mellem vigtige interessenter, som erhvervsliv, stat og folkelige bevægelser. Enkelte lande og regioner kan godt selv tage fat på løsning af opgaven, men uden internationalt samarbejde vil det ikke være muligt at realisere potentialerne i relation til en løsning af de globale miljøproblemer.

Der kan også være grund til en vis bekymring i forbindelse med de mange nye anvendelser af avanceret fremstillingsteknologi, der ikke altid garanterer en miljømæssig mere bæredygtig udvikling, idet de fører til øget ressourceforbrug i det aggregerede markedsefterspørgsel. Markeds- og teknologisystemer udvikler sig parallelt⁵². De enkelte virksomhedsaktører spiller også en central rolle, idet virksomheders strategier medfører forandringer i deres markeder som falder tilbage på de beslutninger, der afgør, hvordan den aktuelle teknologigeneration skal imødekomme markedets behov.

Effektive politikker må adressere såvel produktionsadfærd som forbrugsadfærd simultant. Selve ideen med at bringe forbruget sideordnet ind i sammenhængen udfordrer traditionel økonomisk tænkning. Ikke desto

⁵² V. Sonntag, 2000: Sustainability – in the light of competitiveness, *Ecological Economics*, 34: 101-113

mindre er der ved at være en international accept af at bringe det bæredygtige forbrugsmønster op på den internationale agenda⁵³.

Der er dog flere fordele ved at anvende det evolutionær økonomiteori i formuleringen af politikker samt ønsket om at forstå de principper, der styrer udviklingen på dette område. For det første fordi analyser af teknologiske paradigmer og regimer kan være med til at afdække de underliggende økonomiske og sociale indlejring af et givent teknologisk udviklingsspor. For det andet bringer det beslutningstageren ud af teknologisk determinisme og ind i teknologisk valgsituation.

Som eksempel på en interessant miljørelateret innovation, der i betydeligt omfang er funderet på en organisatorisk innovation, det vil sige en ny måde at organisere industrielle aktiviteter på er industriel symbiose⁵⁴. Princippet stammer fra biologien, hvor symbiose betegner den situation, at to organismer eller systemer lever i et gensidigt fordelagtigt afhængighedsforhold til hinanden, - f.eks. symbiosen hvor den lille 'snylterædende' fugl lever på ryggen af næsehornet til begge dyrs fordel. Naturens økosystemer hviler således på princippet om symbiotiske relationssystemer.

Udvikling og afprøvning af industriel økologi er således et forsøg på at 'kopiere' naturens produktions- og reproduktionslogik, når der skal opbygges en velfungerende og bæredygtig erhvervsudvikling. Når symbiose-begrebet overføres til en erhvervsmæssig sammenhæng, betyder det, at en gruppe virksomheder "lever" sammen og udnytter strømme af energi, spildprodukter og affald på en måde, som er mere optimal, end hvis virksomhederne ikke samarbejdede eller bare tilfældigt var lokaliseret nær hinanden. For virksomhederne skaber det tættere samarbejde en økonomisk fordel, i form af besparelser i forbindelse med materialeindkøb og affaldsbortskaffelse og grønnere image, der kan forventes udmøntet i forbedrede relationer til virksomhedernes omverden. For lokalsamfundet vil der kunne opnås en miljømæssig fordel f.eks. i form af besparelser i forbindelse med faldende behov for indsamling, behandling og bortskaffelse af erhvervsaffald.

Den industrielle version af et økosystem er en industripark eller et industrielt område, der kan opfange og recirkulere alle fysiske materialestrømme inden for området og herigennem nedbringe tilførslen af energi og nyt materiale 'udefra'. Hver enkelt deltager i et sådan system kan siges at eksistere i et symbiotisk samarbejde, hvor helheden er afhængig af de enkelte deltagere og hvor den enkelte deltager opnår en gensidig fordel af samarbejdet. Et industrielt økosystem kan således være en gruppe af virksomheder lokaliseret omkring en primær råmaterialeforarbejder, en forædler, en eller flere fabrikker, forskellige leverandører, affaldsbehandlere, sekundære materialebeholdende virksomheder, osv. Det kunne også være virksomheder lokaliseret omkring et olieraffineri/kraftværk eller en central affaldsvirksomhed, etc.

Miljøsymbiotiske samarbejder mellem virksomheder eksisterer allerede. Det mest kendte eksempel er samarbejdet mellem en række virksomheder i Kalundborg, som de seneste år har afstedkommet en international

⁵³ OECD, 1997: Sustainable development: OECD policy approaches for the 21st century. Paris: OECD

⁵⁴ J.P. Uhløi., U.E. Gattiker & I Bojsen, 2000: A new perspective on organizing in industry. I Golembiewski, Ed., Handbook of Organizational Behaviour, 2nd ed.. New York: Marcel Dekker, Inc., pp. 725-736.

bevågenhed. Symbiosen omfatter flere forskellige virksomheder, der har fundet sammen, især på grund af muligheden for en bedre energiudnyttelse og dermed en omkostningsreduktion. Symbiosen er koncentreret omkring Asnæsværket, der leverer energi til virksomheder og husstande i og omkring Kalundborg. Men også materialestrømme indgår i form af spildprodukter til en fortsat produktion i symbiosen (f.eks. er affaldsproduktet fra afsøvlingen af røgen fra Asnæsværket gips, som bruges af Gyprocs A/S til fremstilling af gipsplader til byggerisektoren). Det særlige ved Kalundborg projektet er, at det industrielle økosystem ikke er resultatet af en målrettet indsats men henblik på udnyttelse af det fulde potentiale men derimod af tilfældige lokale erhvervsledere, der gennem tiden har set det fornuftige i at udnytte spild og affald fra nabovirksomheder. Ved en mere målrettet indsats forøges sandsynligheden for, at en langt større del af det fulde potentiale kan udnyttes.

Der er imidlertid ikke noget til hinder for, at princippet kun har gyldighed ift. 'rene' miljørelaterede forhold som f.eks. anvendelse af overskud af affaldsprodukter. Således er der også 'symbiose' lignende træk ved eksisterende viden- og kompetenceklynger. Her er det blot viden og kompetencer, der 'omsættes' og flyder i klyngen til alles fordel.

Symbiosetankegangen bryder op med traditionelle grænser og inviterer til at tænke på tværs. Samtidigt indbyder princippet om fokus på helhed (både miljø samt en række andre samarbejds muligheder ifm. udvikling af teknologi, tiltrækning og fastholdelse af kvalifikationer og viden, brug af anden overskudskapacitet, m.v.) i stedet for delaspekt (som f.eks. miljø) og herigennem spiller konstruktivt op til bæredygtighedsfilosofiens principper om en bredere forståelse og hensynstagen end den rene miljømæssige samt om betydningen af den lokale indsats i løsningen af globale miljøproblemer.

Miljøbetydning

Da erfaringerne med udvikling af miljøeffektive teknologiske systemer endnu er begrænsede kan man kun indirekte pege på erfaringer.

Energi produktion har af forskellige grunde længe været kendetegnet af at forskellige teknologiske systemer har bidraget til den samlede produktion. Elektricitet produceres således ved hjælp af så forskellige teknologiske systemer som kraftværker baseret på fossilt brændsel (kul, olie og gas), atomkraftværker samt energiteknologier baseret på udnyttelse af fornybare energikilder som vand/hydro-, geotermi-, biogas og vindenergi. Produktet er i vid udstrækning det samme, men effekterne for miljø, sundhed og samfundsøkonomi er vidt forskellige. Hvilke energisystemer der fremover kommer til at dominere elektricitets produktionen, har derfor stor betydning for muligheden for at realisere en bæredygtig udvikling. P.t. dominerer elektricitetsproduktion baseret på fossile brændsler.

På energiområdet er der mulighed for at udfase fossile energikilder til fordel for fornybare energiressourcer derfor sat på dagsordenen. Der er i særligt omfang fokus på reproducerbare energikilder som sol, biomasse, vind og vandkraft.

Øget udnyttelse af vedvarende energi vil først rigtigt slå igennem, efterhånden som det lykkes at videreudvikle det samlede energisystem, så det bliver muligt at indpasse de nye energiformer i energisystemerne eller omvendt og i højere grad at lagre energien på nye miljøvenlige former. Brint er en af de

muligheder, der satses på i denne sammenhæng. Hermed vil den også give nye muligheder for anvendelse af mere miljøvenlige drivmidler inden for bl.a. trafik området.

Markedet

Udviklingen af fremtidens bæredygtige teknologier er endnu kun i sin vorden, hvorfor markedserfaringerne er små. Men hvis det lykkes at ændre udviklingen af en række basale teknologiske systemer i en bæredygtig retning, indeholder en sådan udvikling interessante potentialer, herunder ikke mindst markedspotentiale.

Den danske succes med produktion af vindmøller, hvor danske vindmøllefabrikanter i 2002 omsatte for mere end 20 milliarder kr. årligt, indikerer, at der er store erhvervsmæssige potentialer for teknologier, der kan bidrage til udvikling af bæredygtige teknologiske systemer.

Vindmølleindustriens omsætning har været præget af meget store vækstrater. Den samlede afsætning af dansk vindmølleteknologi på verdensmarkedet var i 2000 på ca. 2.875 MW. De danske vindmøllefabrikanter største markeder i 2000 var Tyskland (710 MW) og Danmark (566 MW), som tilsammen tegnede sig for 60 pct. af fabrikanternes salg af vindmøller. Derefter fulgte Italien (113 MW), Grækenland (111 MW) og USA (105 MW). Den samlede direkte og indirekte beskæftigelse ved vindmølleproduktion i Danmark var på ca. 16.000 beskæftigede

Virkemidler, barrierer og potentialer

Udbredelsen af miljøeffektive teknologiske systemer lider særligt stærkt under de generelle barrierer for miljøteknologisk udvikling. Fordi de krævede investeringer her er særligt store og tidshorizonten for forrentningen ekstra lang.

Der hvor det er lykkedes at igangsætte udvikling af miljøeffektive teknologiske systemer. På energiområdet, har forudsætningen været, at langsigtede miljømålsætninger har været med til at bestemme prioriteringerne og udviklingen inden for sektorer, hvor sektorpolitikken spiller en central rolle for udviklingen af det samlede teknologiske system.

Eksisterende teknologiske systemer repræsenterer ofte store investeringer – investeringer som ofte er ”afskrevet” for længst. At etablere nye teknologiske systemer som forudsætter nye store investeringer i infrastruktur vil der for være vanskelig at gøre rentabel på kort sigt.

Udvikling af nye teknologiske systemer har derfor også været lettest at starte, hvor de kan udnytte eksisterende infrastrukturer i en overgangsperiode.

Elområdet er et af de områder, hvor det har været muligt at udnytte fælles infrastrukturelle strukturer i form af elforsyningsnettet til udvikling af alternative teknologiske systemer. Samtidigt peger erfaringerne også på, at der vil være tale om en langstrakt transformation, hvor nye og gamle teknologiske systemer konkurrerer indbyrdes, samtidig med at de i en periode supplerer hinanden.

Siden starten af 1990'erne har en central målsætning for energipolitikken været bestemt af ønsket om at opfylde aftalte forpligtigelser og målsætninger

for CO₂-emissionen og dermed ønsket om at udvikle og anvende teknologier, der i højere grad udnytter miljøvenlige energiressourcer. Regeringens mål er, at de internationale miljøforpligtelser skal opfyldes på den meste effektive måde, og miljøforbedringerne bør gennemføres der, hvor der er størst mulighed for et positivt afkast af miljøinvesteringen. Enerkipolitikken har skabt grundlag for, at udviklingen og anvendelse af vedvarende energi i højere grad end tidligere kan ske på kommercielle vilkår.

Det har været af stor betydning for udviklingen på bl.a. vindmølleområdet, at der har været en ført en aktiv energipolitik, der har støttet til såvel forskning og udvikling som markedsfremmende aktiviteter som godkendelsesordninger, anlægstilskud samt gunstige afregningspriser. Tilstedeværelsen af et relativt konstant hjemmemarked over en længere årrække har givet den danske vindmølleindustri en basis for at afprøve nye produkter, inden de blev solgt på eksportmarkedet. Resultatet er, at der nu findes en stærk industri, der igennem flere år har produceret ca. 50% af alle de møller, der er opstillet i verden, og som er godt rustet til at konkurrere på et verdensmarked, der forventes mangedoblet over de næste 10-20 år.

I en periode mens nye teknologiske systemer introduceres og gøres kommercielt optimale, peger erfaringerne altså på, at der er behov for at sikre mere lige konkurrence ved, at de miljømæssige omkostninger i højere grad inkorporeres i prisen på varerne. Markedsmekanismen afstikker naturligvis snævre rammer for sådanne prisstigninger. Storskala forsøg og demonstrationsprojekter kan være en mulighed for at afprøve og videre udvikle potentialet for nye bæredygtige teknologiske systemer.

Prioriteringerne af forskning og udvikling spiller en vigtig rolle for at skabe potentialer for udvikling af bæredygtige teknologiske systemer. EU's forsknings- og udviklingspolitik har allerede taget vigtige skridt i denne retning.

EU kommissionens forslag til nyt rammeprogram for forskning, teknologisk udvikling og demonstration 2002-2006 indeholder et selvstændigt forskningstema om bæredygtig udvikling og globale ændringer. En væsentlig del af dette forskningstema er orienteret mod at etablere det videnskabs- og teknologiske grundlag for udvikling af fremtidens bæredygtige teknologiske systemer:

"De strategiske mål vedrører reduktion af drivhusgasser og forurenende emissioner, sikker energiforsyning og en afbalanceret anvendelse af forskellige transportformer og sigter ligeledes mod at nå frem til en forbedring af den europæiske industris konkurrenceevne. Realiseringen af disse mål på kort sigt kræver en omfattende forskningsindsats for at tilskynde til anvendelse af de teknologier, der allerede er ved at blive udviklet, og for at bidrage til at fremme ændringer i energiforbrugsadfærd og transportefterspørgselsmønstrene. Den langsigtede indførelse af bæredygtig udvikling kræver ligeledes en stor forsknings og udviklingsindsats for at sikre, at vedvarende energikilder, brint og brændselsceller, som i alt væsentligt er rene, er økonomisk attraktive, og for at overvinde de potentielle hindringer for anvendelsen heraf."

Der er afsat 1,7 milliarder euro. til dette forskningstema i EU-kommissionens forslag til rammeprogram. Hertil kommer at bæredygtig teknologisk udvikling også indgår som væsentlige emner i tilknytning til forskningsprogrammets øvrige forskningstemaer, bl.a. temaet "Nanoteknologi, intelligente materialer og nye produktionsprocesser.

Teknologiske fremtidsstudier peger på, at en række nye teknologier vil ændre det samlede teknologiske grundlag for produktion og forbrug i de kommende årtier. Væsentlige generiske teknologier med potentiale for at medføre betydelige teknologiske fornyelser er bioteknologi, IKT samt udvikling af nye materialer inkl. nanoteknologi. Hvis disse teknologiske udviklingstendenser slår igennem som beskrevet i de teknologiske fremsyn, vil det betyde, at dele af det eksisterende kapitalapparat bliver forældet og derfor skal udskiftes – en fornyelsesproces der rummer muligheder for at introducere og udbrede nye bæredygtige teknologiske systemer på en relativ omkostningseffektiv måde. Den generelle modernisering af samfundet skaber således nye muligheder for at ændre de teknologiske systemer der danner grundlag for produktion og forbrug i en bæredygtig retning.

⁵⁵ Rådet for den Europæiske Union, RÅDETS BESLUTNING af 30. september 2002 om vedtagelse af et særprogram for forskning, teknologisk udvikling og demonstration: »Integration og styrkelse af det europæiske forskningsrum« (2002-2006) (2002/834/EF)