

Tore Steenberg Reyhe
Det Samfundsvidenskabelige Basisstudium, RUC
4. Semester, efterår 2009
Vejledning ved: Søren Jagd

Et forsøg på en tilgang til forskning i teknologi, der er i overensstemmelse med indholdet i begrebet bæredygtighed; eksemplificeret ved en undersøgelse af biogasfremstilling

Forord	1
1. Problemfelt	2
2. Problemstilling	8
2.1 Problemformulering	8
3. Bæredygtighed, betydning	10
3.1 Rødder	10
At sikre udnyttelsen af en ressource over tid	11
Befolkning og ressourceforbrug	11
Kapital og værdier	12
Politisk indhold af begrebet	14
Opsamling	15
3.2 Om at definere bæredygtighed	16
Et stort ord	17
Konfliktfyldt og værdiladet	17
3.3 Delkonklusion	18
4. Metodologiske implikationer af bæredygtighed	18
4.1 Bæredygtighed som målestok	18
4.2 Om at måle det/ evaluere det	19
Metoder i litteraturen	20
Kvantitative vurderinger af bæredygtighed	20
Bæredygtighed : 36	21
Multidimensionelle tilgange	21
Ecological footprint	22
Undersøgelser af enkelte case-anlæg	22
4.3 Delkonklusion	23
5. Metode	24
5.1 Metode for projektet	24
Design af rapporten	24
Afgrænsning og videnskabsteori	24
5.2 Metode til eksemplet biogas	25
Behandling af empirien	26
6. Biogas	30
6.1 Analyse af hvilke konsekvenser brugsmåder af biogasteknologien har	30
Biogas' potentiale	30
Vand	31
Mad	32
Forurening af luften	33
Andre former for forurening	35
Kuldioxid og andre klimagasser	35
Jordens frugtbarhed	38
Æstetiske værdier	39
Økonomi	40
Afledte effekter	40
Anlæggenes størrelse	41
6.2 Opsamling	41
6.3 Konklusion på biogas	43
7. Konklusion	44
8. Perspektivering	45

Forord

Da jeg startede på projektet, der er mundet ud i den rapport der foreligger her, havde jeg et ønske om at arbejde med en problemstilling indenfor miljøteknologi. Jeg valgte biogas fordi jeg mener at der er et stort potentiale i det. Da biogas ligesom de fleste andre teknologier ikke er en forbedring på alle områder ville jeg ikke foregribe konklusioner om hvorvidt denne teknologi er ønskværdig. Jeg valgte at bruge bæredygtighed som mål, fordi det efter min mening er et begreb der tager højde for en hel række forhold som de mere klassiske tilgange som for eksempel beregninger af eksternaliteter ikke formår at integrere i en vurdering. Det var også vigtigt for mig at betragte teknologi som dynamisk frem for statisk. Derfor ville jeg fokusere på hvorledes teknologien kan bruges, ikke hvordan den bliver brugt eller hvordan et konkret anlæg påvirker sin omverden.

Jeg kredsede om en problemstilling om hvorledes vores samfund bør omgås biogas teknologien. Jeg mener det er et vigtigt spørgsmål og at der burde tænkes over dette spørgsmål og lignende spørgsmål for alle andre teknologier vi gør brug af. Jeg mener det er meget i tråd med tanken om bæredygtighed. Det var ikke muligt for mig at finde undersøgelser der havde haft denne tilgang til biogas. En meget lovende titel "biogas og bæredygtighed, kan det bære eller er det bare gas" viste sig at være en rapport der handlede om hvilke barrierer der lå i vejen for at biogas blev en mere udbredt teknologi. Jeg ville helst ikke tage et udgangspunkt i at teknologien var eller ikke var bæredygtig, især fordi jeg mener at det afhænger af hvorledes vi bruger den. Jeg arbejdede videre med min problemstilling for at skabe noget viden der kunne være en hjælp til at guide vores samfund med henblik på bæredygtighed. Bæredygtighed er et buzzword i øjeblikket og det er et begreb der er svært at definere præcist.

Det at finde passende tilgang viste sig at være problematisk og derfor kom det meste af mit arbejde og dermed også af denne rapport til at handle om hvordan bæredygtighed kan bruges til forskning. De tilgange jeg kunne læse mig frem til fik mig til at tænke på historien om manden der kommer hjem om natten og ikke har sin husnøgle. Så begynder han at lede i lyskeglen ved indgangen, fordi det er lettest at finde nøglen der hvor man kan se den. Måderne at undersøge bæredygtighed på tager også udgangspunkt i hvad der kan måles og definerer så bæredygtighed efter hvad de kan måle. Jeg ønskede at gøre det omvendte, at lade bæredygtighed betyde det det nu engang betyder og så

prøve at skabe en tilgang der kunne bruges til at undersøge teknologier.

Selve delen hvor jeg evaluerer biogas teknologien er gledet noget i baggrunden og har fået status af et forsøg på at anvende de metodologiske implikationer jeg mener der er i begrebet bæredygtighed. Selvom arbejdsbyrden endte med at overstige det jeg kunne overkomme og delen om biogas kunne blive arbejdet længere ned i detaljen, vil jeg dog mene at både projektet og rapporten har sin berettigelse. Rapporten er et bidrag til diskussionen om hvorledes forskning kan og bør omgås konceptet bæredygtighed og kan samtidigt tjene som indgang til at identificere centrale emner indenfor biogasproduktionen fra et planlægningsperspektiv. Projektet har været meget lærerigt for mig personligt og jeg synes det har været en meget større success end rapporten. Jeg slutter forordet med et citat fra forordet til Simon Bell & Stephen Morse's bog "Sustainability Indicators - measuring the Immeasurable?"(2008 p xviii) som både er en indgang til rapporten og en konklusion på den: *"We both agree that there will be great need for fuller discussion before the issue is in any way resolved, and all we can hope to do is to contribute some personal insights"*

1. Problemfelt

Problemfeltet i denne rapport søger at give en forklaring på hvad bæredygtighed handler om ved at bruge Påskeøen som eksempel. Det påtales kort at vores samfund er begyndt at beskæftige sig meget med problematikker omkring dets påvirkning af sin omverden og at bæredygtighed er et begreb, der finder udbredt anvendelse. Det er meningen at give et perspektiv på hvad problematikken handler om og hvor vi kan se hen for at finde løsninger. Her er det primært teknologiens rolle der vil blive åbnet op for. Biogas, der er eksemplet i denne rapport vil kort blive introduceret.

Ånd lettet op og vær bekymret.

Vores samfund leder efter løsninger til problemer med dets ressource forbrug og dets påvirkning af det miljø det eksisterer i.

Hvis vi har ret i formodningen om at der er et problem med vores måde at omgås klodens ressourcer på, vil der komme til at ske forandringer. Det er op til os hvor

traumatiske disse forandringer bliver.

Ressource- og miljøproblemer vil blive løst og vi mennesker har indflydelse på hvordan denne løsning bliver.

Kan vi ikke af egen kraft finde en løsning, så vil en løsning blive trukket ned over hovedet på os af omstændighederne. Om ikke andet så vil vi ødelægge vores økosystem så meget at vi ikke længere vil formå at kunne leve i det. Vores exceptionelle succeshistorie de sidste par årtusinder ville så blive endnu en historie om „irruption and clash“ som det i biologien hedder når en population udbreder sig eksplosionsagtigt for til sidst at gå til grunde (eller opleve voldsom tilbagegang) fordi den har gnavet de ressourcer ned som populationen lever af (se evt. Krebs 2001 p165).

„Naturen“ eller „verden“ har efter alt at dømme været udsat for langt større og voldsommere påvirkninger af giftigt affald (Jørgensen 2003 p19), klimaforandringer (Svensmark & Calder 2007 p173f) og uddøen af arter (Weisman 2008 p260f) end vi mennesker kan tænkes at kunne tilvejebringe, og vil nok „være ligeglad“. Den historie jorden og livet på jorden har bag sig er så fantastisk at den langt overstiger vores forestillingsevne. Efter en hver radikal forandring har livet tilpasset sig påny og igen erobret hele kloden.

Vi mennesker vil dog næppe være ligeglade med hvordan vores lille historie på omtrent 200.000 år (den tid vi har været Homo sapiens; Jensen 2004; Diamond 1997 p31) fortsætter og ender [ja desværre, vi vil uddø på et eller andet tidspunkt, kun induktionsproblemet kan redde os fra den vished]. Opretholdelsen af arten selv er måske i fare hvis vi virkeligt går til yderligheder, men i hvert fald er den civilisation vi er del af i fare hvis vi ikke formår at omgås vores ressource- og affalds problemer.

Hvis vi virkeligt lever over evne, altså overskrider det forbrug og den forurening som kloden kan klare samtidig med at den er et levested for os mennesker og de dyr og planter vi har brug for, så kan vi enten rette op på det, eller naturen gør det for os. Der findes eksempler på begge.

Påskeøens historie er måske dét klassiske skrækeksempel. Denne historie vil kort

opridses her med det formål at etablere pointen om at selv menneskelige populationer kan blive ofre for omstændighederne ved deres egne forbrugsmønstre. Påskeøen er temmelig isoleret og kan derfor måske tjene som en model, der er funktionelt afgrænset fra den øvrige verden med henblik på umiddelbart ressourceforbrug og -forvaltning.

Påskeøen (et eksempel)

Påskeøen var før menneskernes ankomst hjemsted for flere store træ- og palmearter, heriblandt verdens største palmeart (Diamond 2005 p133f). Der var også landlevende fugle der ikke kunne flyve og havfugle og havskildpadder der rugede på øen (Diamond 2005 p134). De polynesiere der befolkede øen nød godt af disse ressourcer og øen frembragte da også et samfund, der er verdenskendt for sine til dels gigantiske statuer og hvis befolkning sandsynligvis har ligget over 15.000 (Diamond 2005 p117). Det interessante for vores historie er at det samfund der var på påskeøen i høj grad var afhængigt af træ (Diamond 2005 p137) og at afskovningen endte med at være total (Diamond 2005 p132) så at ikke en busk over 3m højde var at finde da de første europæer ankom (Diamond 2005 p106).

Træ blev brugt til kanoer, som dem polynesiernes oprindeligt var ankommet til øen med og som de i lang tid havde brugt til at jage delfiner på åbent hav med, en vigtig fødekilde gennem århundreder (Diamond 2005 p135). Påskeøen ligger også mindst 2 ugers sejlads fra de nærmeste polynesiske øer og fra Chiles kyst (Diamond 2005 p105). Derfor var kanoer også den eneste mulighed for at have kontakt med resten af verden, hvilket dog ikke lader til at have været praktiseret i nævneværdigt omfang (Diamond 2005 p115). Træ var også vigtigste byggemateriale, palmeblade brugtes til at dække tagene og træ blev brugt som brænde til madlavning og til at kremere de døde (Diamond 2005 p124). Statuerne af sten blev sandsynligvis transporteret ved hjælp af træstammer (Diamond 2005 p128ff).

Statuerne er en vigtig og spændende del af denne historie. Efter alt at dømme har de været statussymboler og måske haft en religiøs betydning (Diamond 2005 p127). Frem mod det der af Jared Diamond kaldes et Kollaps blev statuerne større (Diamond 2005 p126) og nogle sande giganter står ufuldendte i stenbruddet (Diamond 2005 p125). Det paradoksale i at et samfund, der var i færd med at tilintetgøre en af de ressourcer der var fundamentet for hele deres virke ikke udviste mådeholdenhed, men tværtimod byggede større og større er skræmmende og sigende. Sigende i og med at der ikke er nogen mekanisme der nødvendigvis sikrer at vi løser vores ressourceproblemer, selvom der

som på Påskeøen har eksisteret viden om biologiske processer, hvilket kan ses på det intensive landbrug med vandingsanlæg, erosionssikring, kompostering (Diamond 2005 p118). Landbrug er baseret på en viden om planter og dyrs overlevelse og forplantning samtidigt med at man spiser af dem.

Når man beskæftiger sig med denne historie kan man ikke andet end at prøve at forestille sig den situation der afspillede sig da det sidste træ blev fældet. Var der nogen der råbte: Skal vi da spise kold mad? Eller dekrerede en konge at det skulle fældes for at en statue kunne transporteres? Var der måske slet ingen der prøvede at forhindre fældningen? Eller blev de der gjorde fængslet eller dræbt?

Havde man måske bare ikke set sammenhængen mellem gamle træer med frugter og unge spirer (usandsynlig i lyset af at landbrug blev bedrevet)?

Vi kan blot fastslå at samfundet på påskeøen ikke formåede både at erkende problemet og handle sådan at en løsning blev gennemført.

Øen blev afskovet totalt og ingen landlevende dyr større end insekter, udover mennesker og høns, fandtes på øen da europæerne ankom (Diamond 2005 p106) og (efter nogle sygdomsepidemier) opgjorde den indfødte befolkning på øen til omtrent 2000 (Diamond 2005 p117). (sammenlign med 15.000 ovenfor)

Diamond (2005) beskriver også andre samfund der oplevede et Kollaps, for eksempel Pitcairn og Henderson.

...og ånd lettet op igen

Det er dog heldigvis ikke givet at det går så galt som det gjorde på Påskeøen eller de andre øer ovenfor.

Eksempler på dette ser Diamond (2005) i Island og Japan.

Og hvad med os..?

Det er som nævnt ovenfor ikke absolut nødvendigt at vi forsøger at undgå et kollaps eller at vi i det hele taget prøver at forhindre os selv i at overudnytte de ressourcer og det økosystem vi er afhængige af. Det kan meget vel tænkes at vi ville have det meget bedre nu, hvis vi bare lod tingene tage deres løb og så tog problemerne som de måtte komme. Så kan det godt være at der om nogle hundrede eller tusindvis af år kom en

regning for vore miljøsynder, men det kunne vi lade dem om der måtte leve til den tid. De fleste af os føler sig dog moralsk forpligtet overfor fremtidige generationer og/eller overfor vores økosystem og vores planet som helhed. Måske er det det der gør at vi forsøger at forstå miljø- og ressourceproblemer, deres omfang og deres grunde. Måske er det blot god økonomi. Måske er det en fiks idé. Det skal ikke behandles her. Her er det nok at observere at vi i stigende grad er begyndt at beskæftige os med hvordan vi påvirker vores miljø.

Bæredygtighed som udtryk for et formodet problem

Kært barn har mange navne og således også vores problematik omkring ressourceudnyttelse og miljøpåvirkning.

Bæredygtighed er et begreb i denne søgen. Det er ikke det eneste, men det er et begreb, der både finder anvendelse i overstatslige institutioner, i statslige organer og i dagligdags diskussioner samt videnskabelige udgivelser. Bell & Morse (2008) udtrykker det således:

„... if one listens to speeches by politicians or reads articles by economists, policy-makers or scientists, the word sustainable appears with remarkable regularity.“ og fortsætter senere:

„There is no doubt that sustainable development is now a very dominant theme.“ -(Bell & Morse 2008 p3)

Selvom det præcise indhold i „bæredygtighed“ for de fleste af os er ukendt eller mudret er ordet forståeligt. Det betyder noget med ikke at ødelægge den verden vi lever i og at ressourcerne ikke forbruges helt i bund. Det er 'grønt'.

På sin vis betyder bæredygtighed at vi ikke ender i den samme uheldige situation som beboerne på Påskeøen befandt sig i dagen efter de havde fældet det sidste træ.

Indholdet og beskaffenheden af begrebet vil blive gennemgået senere, da dette begreb vil blive brugt som et meget centralt begreb i denne rapport. Det skal dog kort nævnes at der trods mange forsøg ikke virkeligt er kommet nogen almen anerkendt og præcis definition af begrebet (Bell & Morse 2008 p10). Det er mudret, men forståeligt. Det bliver dog alligevel flittigt brugt. Baggrunden for rapporten her er at øve kritik imod brugen af ordet som om det var et klart defineret begreb.

Ved siden af brugen af begrebet bæredygtighed boomer også en lang række andre

indikatorer for at ressource- og miljøproblematikken er blevet vigtig for samfundet. Økologiske madvarer, miljølovgivning, produktmærkninger, miljørigtige teknologier og meget mere er i stærk fremgang.

Der er nok brug for lidt af det hele hvis vi skal opnå målet om bæredygtighed, men i dette projekt vil en teknologisk løsning stå i centrum. Den teknologiske løsning dette projekt og dermed denne rapport vil beskæftige sig med er biogas.

Teknologiske løsninger og brugsmåder

Teknologiske nyskabelser og forbedringer bliver af nogle fremført som løsninger i sig selv. Dette er imidlertid alt for forsimplet. Visse typer af problemer kan ikke løses teknologisk, se bl.a. Hardins (i Redclift 2005a;1968) udlægning af befolkningsvæksten, der hos ham er et spørgsmål om ressourcer. En teknologisk nyhed, en ny teknologi er ikke blot en variabel der kan indsættes i et ellers statisk system, selvom der er et element af stabilitet (Geels 2004, Geels 2006). Menneskers omgang med teknologier ændrer sig og dette er ofte en vigtigere faktor end selve teknologiens egenskaber (Geels 2006 p5). Geels (2006 p5) nævner eksempelvis ændringer i indstilling til og opfattelser af renlighed og hygiejne som den mest betydningsfulde faktor til at vandforbruget er staget drastisk i løbet af de sidste årtier. Et varmt bad er for mange en daglig hændelse og tøj vaskes efter at have været båret en enkelt dag (ibid).

Derfor er det vigtigt også at beskæftige sig med det Geels (2004) kalder „user practices“ i en analyse af en teknologi. (Geels 2004 p898 p900ff). User practices er den måde brugerne omgås en teknologi på og hænger igen sammen med deres værdier og deres forståelse af verden (ibid).

Biogasfremstilling er altså ikke i sig selv enten bæredygtigt eller ikke-bæredygtigt. Menneskers måder at omgås teknologien på er af stor betydning. Det giver altså ikke mening at forsøge at vurdere om biogasfremstilling per se er bæredygtigt, fordi det afhænger af hvordan teknologien bruges.

Teknologier er dog alt andet lige ofte en del af en løsning, og det er derfor vigtigt at vi beskæftiger os med teknologi. Det er især vigtigt at vi beskæftiger os med hvordan en teknologi kan være del af en løsning. Sådan kan vi finde frem til hvordan vi bedst gør brug af det potentiale en teknologi har eller vi kan finde frem til at teknologien alligevel ikke er mulig at indkorporere i en løsning af problemet.

Biogas

Biogas teknologien i sig selv er anaerob nedbrydning, altså at lade organisk materiale 'rådne op' uden at der kommer luft (ilt) til. Dette kan gøres på forskellige måder, i mere eller mindre tætte systemer og med forskelligt materiale som udgangspunkt.

Det teoretiske potentiale for teknologien er stort set kun begrænset af mængden af organisk materiale på jorden og solindstrålingen. Næsten ALT organisk kan bruges i processen. Afføring og organisk affald er oplagte at bruge. Afgrøder dyrket til formålet er ligeledes oplagte og bliver allerede anvendt, kan dog komme i konflikt med vores produktion af mad. Opdyrkning af nye områder på land eller til havs kan også komme i konflikt med det vi opfatter som naturskønheder eller med biodiversitet vi måtte synes er bevaringsværdig.

Alt efter hvordan processen foregår kan udledninger af forskellige stoffer påvirke klimaet og sundheden i befolkningen. Udledes der eksempelvis store mængder af metan, der er hovedbestanddelen af biogassen, i processen, vil biogasteknologien medvirke til global opvarmning, i stedet for at mindske den.

2. Problemstilling

Bæredygtighed betragtes som mål for samfundet i denne rapport. Bæredygtighed er dog et begreb, der ikke er præcist defineret, det er et begreb med mange facetter. At foretage en vurdering på baggrund af et begreb, der ikke er præcist defineret er problematisk.

Projektet her søger at finde ud af hvordan det er muligt at bruge begrebet bæredygtighed i forskning af hvorledes samfundet bør omgås en teknologi, uden at reducere begrebets betydningsindhold.

Biogasfremstilling bliver brugt som et eksempel, en 'case' for at afprøve om den måde at bruge bæredygtighed på, der nås frem til ved teoretisk diskussion producerer en viden der er anvendelig.

2.1 Problemformulering

Hvordan bør bæredygtighed bruges til forskning i teknologi (med biogas som eksempel)?

For at besvare spørgsmålet er det nødvendigt at vide hvad bæredygtighed egentligt betyder. Dette er nødvendigt for at kunne vurdere om noget er i overensstemmelse med principperne bag begrebet. En gennemgang af begrebets betydning findes nedenfor i kapitlet „Bæredygtighed“.

I kapitlet "metodologiske implikationer af bæredygtighed" behandles hvordan bør vi arbejde med begrebet for ikke at gøre vold imod dets indhold og i hvor vidt det giver mening at måle bæredygtighed i henhold til den ene eller anden definition.

Biogasfremstillingen bruges som eksempel for at afprøve om den måde at bruge bæredygtighed på som der lægges op til i denne rapport er frugtbar, altså om den kan producere konklusioner der er brugbare. For at analysere det konkrete eksempel er det nødvendigt at vide hvordan biogasanlæg fungerer og hvordan dele af fremstillingen påvirker omverdenen. Derudfra burde det være muligt at lave en konklusion på hvordan vores samfund bør omgås biogas som teknologi.

Problemformuleringen er normativ, da den spørger til hvordan begrebet bæredygtighed bør bruges. Som allerede nævnt i problemfeltet er det ikke nødvendigvis alle mennesker der er enige i at bæredygtighed er ønskværdigt, dog er det en meget udbredt mening og det vil ikke yderligere problematiseres i rapporten.

Problemformuleringen bærer præg af det som Olsen og Pedersen (2006 p31) kalder et planlægningsproblem i og med at den spørger til hvordan vi bør agere og fordi det er et vidensspørgsmål..

3. Bæredygtighed, betydning

I det følgende afsnit vil begrebet bæredygtighed blive nærmere belyst. Det vil blive fremhævet at bæredygtighed er et begreb med mange facetter, der har rødder i forskellige tankegange. De mest grundlæggende tankegange vil blive behandlet for at give læseren en forståelse af begrebets indhold. Vanskeligheder ved at definere ordet præcist vil blive eksemplificeret ved Brundtland kommissionens definition af bæredygtighed. Der vil ikke i denne rapport blive gjort forskel på 'bæredygtighed' og 'bæredygtig udvikling', som der til tider bliver gjort i litteraturen. Dette gøres fordi betydningsindholdet ofte ikke adskiller sig, og når det gør bliver bæredygtighed brugt som det der herunder vil blive beskrevet som "at sikre udnyttelsen af en ressource over tid" hvorimod 'bæredygtig udvikling' bliver brugt i et perspektiv der handler om udvikling af 'tredje verdens lande' eller 'landene i syd'. Det første er forsimpning af begrebet, der reducerer det til et teknisk naturvidenskabeligt begreb. Det andet blander en diskussion ind i det, som bestemt er vigtig, men ikke relevant i dette projekt. Her vil bæredygtighed blive brugt synonymt med bæredygtig udvikling. En central pointe for dette projekt vil blive fremhævet, at bæredygtighed er et 'stort' ord, på linie med demokrati og frihed. Deraf følger at det også er et konfliktfyldt og værdiladet ord og konfliktpotentialitet i begrebet vil blive behandlet kort.

3.1 Rødder

Bæredygtighed er ikke noget simpelt og ligefremt begreb. Det er nærmere et af disse store betydningsfulde begreber, der i deres grundlæggende mål er defineret og hvor der hersker en stadig kamp om retten til at definere hvad der konkret kan gøres for at være i overensstemmelse med disse mål. Som Bell og Morse (2008 p5) udtrykker det: *„Sustainable refers to much the same, although the detail can be quite different“*. En grund til at bæredygtighed er så uklart defineret er at det er et begreb der er opstået ved sammensmeltningen af flere forskellige begrebsapparater og teorier med udgangspunkt i forskellige discipliner. Herunder vil fire af disse forskellige tilgange blive opsummeret.

At sikre udnyttelsen af en ressource over tid

Bæredygtighed bygger for det første på en tanke om at noget skal kunne opretholdes over tid. At en ressource kun bør udnyttes i det omfang den dannes. Langhelle (Langhelle i Benjaminsen og Svarstad 2002 p228f) kalder dette for bæredygtighed som et fysisk koncept om enkelte ressourcer, altså at ressourcen skal kunne gendannes lige så hurtigt som den udnyttes. Sådan indenfor fiskeri, landbrug eller skovbrug. Tanken har sin oprindelse i 'maximum sustainable yield' som er et koncept for hvor meget der kan høstes af en ressource uden at skade ressource grundlaget. For en nærmere gennemgang af konceptet se evt. Carpenter, Brock & Ludwig i Gunderson & Holling (2002 p175f).

Langhelle ser også en udvidet form af denne tankegang repræsenteret, nemlig bæredygtighed som et fysisk koncept om en gruppe af ressourcer eller et økosystem, altså at et økosystem som helhed ikke bliver udnyttet hurtigere end det gendannes (Langhelle i Benjaminsen og Svarstad 2002 p228f), hvilket er svært at overskue. Blandt andet fordi mange økosystemer er svære at definere (ibid).

Et af problemerne ved denne tilgang er at den kun kan bruges om ressourcer der gendannes på en relevant tidsskala. Udnyttelse af grundstoffer eller olie vil i denne optik altid være ikke-bæredygtigt.

Skoven bør ikke fældes i et tempo, der betyder at der en dag ikke er mere skov tilbage, fiskene ikke fanges hurtigere end de kan formere sig og vokse og landbruget bør ikke bedrives så at jorden udpines eller på anden måde lider overlast, der gør den ubrugelig.

Befolkning og ressourceforbrug

En anden grundlæggende tanke i bæredygtighedsbegrebet er at der kun er grundlag for at opretholde en endelig befolkningsstørrelse.

Når begrebet bæredygtighed bliver introduceret, begynder mange tekster og tekst samlinger med Thomas Malthus.

Malthus hævdede (forsimplet) at en befolkning ville vokse eksponentielt hvorimod fødegrundlaget ville stige lineært, og derfor før eller senere blive overhalet af

befolkningstilvæksten (Malthus i Redclift 2005a p. 23). Derfor vil der opstå sult og mangel, som så regulerer befolkningens størrelse. Malthus hævder også at en hver befolkning vil øges når den kan og at vi derfor altid vil ramme grænsen for hvor mange mennesker der kan være, at vi instinktivt drages til at formere os voldsomt (Malthus i Redclift 2005a p.27). Denne deterministiske profeti er dog modbevist i befolkningsudviklingen i Europa og i Kina.

Idéen kendes især fra biologien og alle organismer vil også formere sig eksponentielt hvis de ikke holdes i skak af et eller andet. Dog kan dette et eller andet godt være noget andet end sult eller anden mangel på basale fornødenheder. Især blandt de pattedyr der har kompleks social adfærd (som vi i den grad må siges at tilhøre) findes mange former for regulering af adfærd, der kan være med til at forhindre at en population vokser ud over hvad økosystemet kan bære.

BÆREEVNEN

Den grundlæggende tanke hos Malthus (og mange andre), nemlig at der er en øvre grænse for hvor mange mennesker der kan være på jorden, er essentiel i diskussionen om bæredygtighed og betvivles næppe af nogen.

Dog er der god grund til at stille spørgsmålstegn ved om denne grænse er i nærheden af at blive nået og hvordan vi bør omgås den.

Planetens bæreevne (hvor mange mennesker der kan leve på den) er blevet regnet ud til at være fra under 1 mia. (langt overskredet) til over 1000 mia. (langt fra nået) (Krebs 2001 p 588).

Der er flere grunde til at spredningen er så uhyre stor. Hvad der skal til for at "leve" er et af spørgsmålene. Er det blot overlevelse eller er det en livskvalitet og en levevis i stil med vestlige industrilande? Et ressourceforbrug som US-amerikanernes i '60erne gav den ovennævnte milliard som øvre grænse ().

Kapital og værdier

hvad det er der skal bevares og passes på.

I tilgange der beskæftiger sig med kapital er bæredygtighed et udtryk for at den samlede kapital ikke mindskes. Her deles typisk op i **stærk** og **svag** bæredygtighed.

Svag bæredygtighed går ud fra at det er den samlede kapital (både menneskeskabt og

naturligt) der er bevaringsværdigt. Det betyder at en ressource kan udnyttes under forudsætning af at det menneskeskabte kapital øges tilsvarende (Langhelle s. 241 i Benjaminsen og Svarstad 2002).

Stærk bæredygtighed går ud fra at der er noget naturkapital, der ikke kan substitueres med menneskeskabt kapital (Hackett 2006 p403).

Den klassiske tilgang for økonomisk teori har været at naturligt kapital kan erstattes af menneskeskabt kapital (Hackett 2006 p324) altså svag bæredygtighed.

Hvad der betragtes som del af den samlede kapital varierer og er i følge Hackett (2006 p5) ofte blevet sat lig med den del af kapitalen vi mennesker forvalter gennem vores kommercielle aktiviteter. Hackett henviser til definitionen af økonomi som det at forvalte knappe ressourcer for at pointere at også ting der ikke har et marked hvor der kan tilskrives en vare eller ydelse en pris, kan der både være en værdi og kan det være del af genstandsfeltet for økonomien (Hackett 2006 p5ff).

Der er en hel række dynamikker, der gør at markedet sjældent kan fungere som eneste mekanisme for at finde en løsning på problemer omkring hvilken værdi naturkapital kan tilskrives, de såkaldte "market failures", som jeg ikke skal behandles her (Se bl.a. Barro, Hackett for en gennemgang). Den eneste der kort skal fremhæves er eksternaliteter, som er påvirkninger med økonomisk værdi, der ikke er inkluderet i prisen på en vare. Det er typisk for den økonomiske tilgang, at forsøge at internalisere eksternaliteter, altså inkludere værdier i den politiske økonomi, der ikke er del af prisfastsættelses dynamikkerne.

En videreførelse er tanken om at der er ecosystem services, en form for naturens tjenesteydelser, som vi profiterer af, men ikke betaler for og ikke inkluderer i vores prisfastsættelses mekanismer (Hackett 2006 p89, 114).

Der er dog en række problemer omkring omregningen af natur kapital og menneskeskabt kapital. Begrebet kapital betegner her en værdi. Ikke alle sætter samme værdi på tingene, hvilket kan være anledning til konflikt. Hackett (2006) giver til betænkning at mange konflikter (f.eks. om en skov skal benyttes til kommercielt skovbrug eller til naturområde) i bund og grund ses som en konflikt om hvilken værdi der kan tilskrives bestemte ressourcer eller arealtyper. (Hackett 2006 p7f; Rogers, Jalal & Boyd 2008 p106)

En person der ofte går i skoven og bruger den som et sted hvor vedkommende får ny energi opfatter (en anden type) skov som langt mere værdifuld end en person der ikke

kan forestille sig anden anvendelse af skov end papirfremstilling.

Det er en god grund til at bæredygtighed også kræver politisk medbestemmelse. At der er kanaler ad hvilken mennesker kan kæmpe for værdier, der ikke nødvendigvis kan måles på den klassiske økonomiske metode (i penge).

Politisk indhold af begrebet

De tidlige tilgange til bæredygtighed handlede om miljøet og ressourcer (Bell & Morse 2008 p17). Senere er der blevet lagt vægt på mange andre faktorer der var med til at bestemme livskvaliteten, som det er kommet til at handle om (Bell & Morse 2008 p17). I 1987 blev „Vores fælles fremtid“ udgivet. Det var en rapport, der var udfærdiget af den i 1983 dannede Brundtland-kommission. Den havde til formål at analysere miljø- og udviklingsproblematikken som en helhed og blev det første store skridt imod at sætte bæredygtighed på den internationale politiske dagsorden. (Langhelle s. 225 i Benjaminsen og Svarstad 2002)

Igennem opfølgninger i FN regi i form af Agenda 21 fra Rio-konferencen i 1992, Johannesburg-konferencen 2002 og FN's Millenium Goals har FN forsøgt at forpligte de enkelte lande til at rette op på nogle udviklingstendenser, som udgør en trussel mod naturen, ressourcerne og dermed menneskets eksistens. (Kjær 2007 ikke publ.) Bæredygtighed er dog et begreb, der bliver brugt på forskellige måder. Vi har allerede ovenfor mødt nogle af dem.

Bæredygtighed ses i Brundtland-kommissionens rapport som et socialt, fysisk og økonomisk koncept, der indeholder en masse mere end blot at kunne opretholde en udvikling over tid og i Brundtland-kommissionen omskrives som at kunne dække nutidige og fremtidige generationers behov (Langhelle s. 228f i Benjaminsen og Svarstad 2002). Et problem er dog hvad behov er. Er det hvad vi opfatter som behov eller er det noget universelt? Leve vi måske over vores behov og burde derfor skrue ned for forbruget?

Her indeholder konceptet bæredygtig udvikling, bortsat fra om det er muligt at opretholde over tid også et stærkt normativt element. Denne definition er den der har

fået størst anvendelse især i politiske institutioner.

Rådet for den europæiske union skriver om bæredygtig udvikling at *"Der er tale om at beskytte jordens evne til at opretholde liv i alle dets forskellige former, og den bygger på principperne om demokrati, ligestilling mellem kønnene, solidaritet, retsstatsforhold og overholdelsen af fundamentale rettigheder, herunder frihed og lige muligheder for alle."* - (rådet for den europæiske union 2006)

Her er altså en del politiske slagord som ligeledes er uklare i deres præcise betydning blevet inkluderet, og bæredygtig udvikling er blevet gjort til bærer af den Europæisk-Amerikanske statsforståelse. Videre står der: *"...[den] fremmer en dynamisk økonomi med fuld beskæftigelse og et højt uddannelsesniveau, sundhedsbeskyttelse, social og territorial samhørighed og miljøbeskyttelse i en fredelig og sikker verden med respekt for den kulturelle mangfoldighed."* - (rådet for den europæiske union 2006)

Bæredygtigheden er altså også bærer af drømmen om fuld beskæftigelse med mere.

En så bredt favnende og usikker definition er selvfølgelig svær at forstå og at omsætte til konkrete tiltag. Derfor udarbejdes der retningslinier og koncepter for enkelte områder.

Der er flere gode grunde til at bæredygtig udvikling skal indeholde normative elementer. For det første er det et begreb der er tænkt til at være et politisk begreb, et begreb der skal anvendes for at udvikle og forsvare politikker og som er fremkommet i en politisk institution. For det andet er det som nævnt ovenfor næppe artens eksistens der er truet, men samfundets. Et samfund der bygger på normative forestillinger. Det ville altså være at skyde sig selv i foden hvis man indførte et miljødiktatur.

Det er dog også problematisk at åbne op for normativiteten. Både fordi den kan sløre billedet og fordi den kan bruges til at legitimere indgreb der presser en uønsket samfundsorden ned over hovedet på mennesker.

Opsamling

Vi har nu set på nogle af de dimensioner der er i bæredygtighed og skal nu se på nogle kriterier, der kan hjælpe os med at evaluere om tiltag der er eller ikke er i gang opfylder vores krav til bæredygtighed. For at opnå overensstemmelse med bæredygtighedens principper må følgende være opfyldt: En ressource bør kun udnyttes i det omfang den (gen)dannes. Ressourcer der ikke gendannes har en særstatus, de bør kun udnyttes hvis

der kan skabes en tilsvarende værdi, eller de bør udnyttes i minimalt omfang. Det samlede kapital (naturligt og menneskeskabt) må ikke forringes. Befolkningen og dets forbrug af ressourcer bør ikke overstige klodens muligheder, altså jordens befolkningspres må ikke overstige bæreevnen. Bæredygtighed omfatter også livskvalitet. Samfundet skal dække nutidige generationers behov uden at forhindre fremtidige generationer i at kunne dække deres behov. Bæredygtighed er et politisk begreb, der er skal lægges til grund for politiske beslutninger. Frihedsrettigheder med mere er inkluderet. Bæredygtighed skal fremme demokrati, retsstatslighed, økonomisk vækst, grundlæggende rettigheder, fred og respekt for kulturel forskellighed. (lignende sammenfatning findes i Rogers, Jalal & Boyd 2008 p84-104)

3.2 Om at definere bæredygtighed

Som vi har set ovenfor er der en række aspekter, der er del af begrebet bæredygtighed. I en definition af begrebet forsøges der at lave en spagat, der muliggør at alle elementerne er del af ét og det samme. Herunder vil umuligheden af en sådan spagat blive opridset og det vil blive vist at bæredygtighed er et begreb, der er tæt knyttet til personlige værdier.

Der er masser af definitioner af bæredygtighed. Det er ikke her et mål at gennemgå dem alle eller blot en del af dem. Her vil blot en pointe blive gjort, nemlig at alle definitionerne lider af at ord der i forvejen er svære at definere indgår i dem. Det giver alle definitioner en generel og upræcis betydning.

Rogers, Jalal & Boyd (2008 p42) har fundet 57 definitioner på bæredygtighed.

En af de definitioner der ofte bliver givet er Brundtlandrapportens. Her defineres bæredygtighed som at kunne opfylde nuværende generationers behov uden at ødelægge fremtidige generationers mulighed for at kunne dække deres behov (IUCN, UNEP & WWF i Redclift 2005a p250). Det er ikke nogen særligt specifik definition. For hvad er i grunden behov? Vi må formode at ordet behov bevidst bruges i denne sammenhæng. Så behov er ikke ønsker, men noget mere fundamentalt. Det er svært at sætte fingeren på hvad der skal tælle med. Hvem afgør det? Hvem afgør hvad mennesker har behov for? Der er nogle ting, der klart skal med. Mad, vand , luft. Herfra bliver det dog mere problematisk. Ud over problemer med at definere vores behov nu, må vi også vide hvilke behov fremtidige generationer vil komme til at have. Ellers ved vi ikke hvilke

behov de skal kunne dække.

Problemer med afklaring af det præcise indhold af begreber er symptomatiske for definitioner af bæredygtighed.

Et stort ord

Bæredygtighed er som vi har set ovenfor et ord der nok er defineret i sine grove træk og som har en betydning der umiddelbart er forståeligt. Forsøg på at præcisere hvad der menes med det er dog ofte behæftet med store problemer. Bell & Morse (2008 p10) siger at det bliver fremhævet i nær ved alle artikler der udgives om bæredygtighed. De tilføjer "*..this is usually followed by the authors' own preferred definitions, which in turn adds to the lack of consensus*" -(Bell & Morse 2008 p10).

Bell og Morse (2008 p20f) sætter bæredygtighed på linie med retfærdighed og sandhed i ordets bredde.

Konfliktfyldt og værdiladet

Konflikt mellem nuværende behov og fremtidige - hvis vi har behov for noget der bliver forbrugt. Eksempelvis kunne man argumentere for at vi har behov for at forbruge de fossile råstoffer. Hvis det betyder at fremtidige generationer ikke kan få opfyldt deres behov for at bruge fossile brændsler eller hvis det påvirker klimaet så meget at det skader mennesker i fremtiden, ja så er der ingen mulighed for at opfylde begge krav. Hvis vi har behov for at fælde regnskoven fordi vi vil have papir eller møbler, eller økonomisk vækst eller arealer til landbrug, skal vi så opgive det hvis vi mener at der er et behov ude i fremtiden der ikke kan dækkes.

Der kan være konflikter mellem miljøhensyn og økonomiske hensyn. Sådanne konflikter kan til dels dække over konflikter af typen ovenfor hvor det egentligt handler om ressourcer. Faktisk er det ofte tilfældet hvilket påtales af IUCN, UNEP & WWF (i Redclift 2005a p247) i form af en anbefaling: "*We have to stop talking about conservation and development as if they were in opposition, and recognize that they are essential parts of one indispensable process.*" - (IUCN, UNEP & WWF i Redclift 2005a p247). Her er tilgangen at både det at udnytte ressourcer og at passe på dem er fornuftigt og økonomisk, "*To more and more people it ... appears as our only rational*

option." -(ibid). Hackett (2006) har en lignende tilgang han mener er forankret i økonomien.

Konflikten mellem kortsigtet profit og langsigtet forvaltning af ressourcegrundlaget kan blive udtrykt gennem nationale eller private aktører.

Konflikten kan dog også handle om i hvor høj grad noget overhovedet kan tilskrives en værdi. En truet frøart, en edderkoppeart, en bestemt biotop eller helt konkret en bestemt skov eller et stykke landskab.

3.3 Delkonklusion

Selvom det er svært at give en definition af bæredygtighed er der en række forhold der skal være opfyldt. Det konkrete indhold af kravene til bæredygtighed er dog ligesom den generelle definition et stridsspørgsmål. Det er umuligt at skabe en definition der tager højde for alle forhold (i det mindste er det ikke lykkedes endnu). En stor kilde til konflikt og til forskelle i definitioner er at mennesker tilskriver forskellige ting værdi og vægter dem forskelligt i forhold til hinanden.

4. Metodologiske implikationer af bæredygtighed

I dette kapitel tages diskussionen op om hvordan det er hensigtsmæssigt at bruge begrebet bæredygtighed i en analyse. Der argumenteres for at vi skal have en vurdering, der sker i overensstemmelse med bæredygtighedens betydning hvis vi vil vurdere om noget er bæredygtigt.

4.1 Bæredygtighed som målestok

Hvis vi (samfundet) vil opnå bæredygtighed, bør bæredygtighed være den målestok vi måler os med. Eftersom bæredygtighed er et begreb, der er svært at definere i detaljer er det også svært at finde ud af hvor præcist forskellen mellem bæredygtigt og ikke-

bæredygtigt ligger. Det er igen noget der må vurderes af den enkelte og i hvert tilfælde for sig. I det følgende vil nogle af mulighederne og nogle af problemerne ved at arbejde med begrebet bæredygtighed blive belyst.

Videnskaben i det handler om at kortlægge hvad der sker og hvilken påvirkning det har, ikke at vægte ting i forhold til hinanden.

En diskussion om vigtigheden af at måle eller på anden måde evaluere bæredygtighed for at kunne føre den ud i livet vil blive ført. Til sidst i kapitlet vil nogle generelle problemer ved at evaluere om noget er bæredygtigt blive ført, især i betragtning af teknologiens foranderlighed. I dette afsnit af projektet stilles det vigtige spørgsmål om hvorledes vi kan omgås begrebet bæredygtighed i forskningsøjemed. Hvordan kan vi arbejde med begrebet bæredygtighed uden at gøre vold imod selve indholdet af begrebet og dets beskaffenhed?

4.2 Om at måle det/ evaluere det

I hvor vidt giver det overhovedet mening at måle bæredygtighed i henhold til den ene eller anden definition? Hvis det overhovedet ikke bliver forsøgt at præcisere hvilket indhold ordet har, bliver det til et ord som ikke har noget indhold og som blot kan spændes for en hvilken som helst vogn. Defineres det på den anden side helt præcist og detaljeret, vil det ligeledes miste noget af sin betydning, da det så blot bliver et udtryk for den ene eller anden forestilling om vægtningen af de elementer der indgår i ordet. IUCN, UNEP & WWF foreslår med hensyn til at formulere strategier til opnåelse af bæredygtighed: "*Any strategy has to be a guide rather than a prescription*" -(IUCN, UNEP & WWF i Redclift 2005a p248)

At bæredygtighed er defineret i så brede termer og at der er så mange konkurrerende definitioner kan ses som en ulempe. Det er muligt for alle og enhver at tilegne sig begrebet ved at referere til den ene eller anden definition eller dele heraf (Bell & Morse 2008 p12)

Det kan dog også ses som en styrke fordi en hver 'one size fits all' definition ville forhindre en tilpasning af begrebet til specifikke sociale, økonomiske eller andre kår (Bell & Morse 2008 p12).

TEKNOLOGI

Et andet spørgsmål er hvordan vores teknologiske evner bør indgå i beregningerne. Vores evner til at høste ressourcer og få mere ud af dem vi har er øget stærkt i historisk tid. Vil den udvikling fortsætte, øges, stagnere eller endog gå tilbage? Hvad vores evner bliver (og er) er ikke til at sige og heri ligger en stærk usikkerhed når vi vil bedømme om grænsen for hvor mange vi kan være er nået. Blandt andet derfor er spredningen så stor på buddene på hvor mange mennesker kloden kan forsørge og hvad vores behov i fremtiden bliver. Måske finder vi jo en energikilde der kan erstatte olien.

VIDEN

Viden er også i evig forandring. Derfor er det også svært at sige hvordan mennesker i fremtiden tænker om de problematikker vi handler på nu. Måske viser det sig at vi gennem afbrænding af fossile energikilder forhindrede en istid i at dække store landmasser med gletschere. Måske finder vi ud af at nogle af de ting vi i øjeblikket tror er bæredygtige tilføjer store skader. Det er en faktor der øger usikkerheden, men som ikke på nogen måde kan undgås og derfor må vi gå ud fra den viden vi har nu. Det er dog vigtigt ikke at tro at vi lige nu sidder inde med den ophøjede sandhed, der ikke på nogen måde kan betvivles. Over tid vil de faktorer der bidrager til at gøre en teknologi bæredygtig eller ikke-bæredygtig ændre sig.

4. 1 Metoder i litteraturen

Herunder vil nogle af de metoder der anvendes til at evaluere bæredygtighed blive præsenteret og der vil blive påpeget styrker og svagheder i forhold til hvorvidt de er egnede til at analysere under hvilke forudsætninger en teknologi er bæredygtig. De vil bruges som afsæt til at uddybe diskussionen om hvordan begrebet bør bruges til forskning.

Kvantitative vurderinger af bæredygtighed

Et forsøg på at koge forholdene omkring bæredygtighed ned til et enkelt tal, er nok en umulighed.

„... can we determine the costs and benefits to society of changes in our environment?”

Probably not, but ... environmental economists keep trying.“ - (Rogers, Jalal & Boyd 2008 p106)

Denne pointe er velkendt. Både at det er en umulighed at udtrykke bæredygtighed i et enkelt tal, og at det trods alt er en gængs praksis (Bell & Morse 2008 p xvii f).

Bæredygtighed : 36

En tilgang til at skabe en indikator for bæredygtighed er blot at supplere klassiske økonomiske indikatorer som BNP med nogle indikatorer for sociale og miljø forhold, som for eksempel HDI (Human Development Indicator) (Rogers, Jalal & Boyd 2008 p121f).

En anden er at lave indekser indenfor forskellige områder, som for eksempel luftkvalitet, vand, og jordbund (se Rogers, Jalal & Boyd 2008 p119f), der derefter samles til en helhed. Disse indeks består ofte af underindeks (ibid).

Problemet ved den slags tilgange, der søger at koge kompleksiteten i en problemstilling om bæredygtighed ned til en enkelt variabel, er at der nødvendigvis sker en vægtning af værdier i forhold til hinanden. Dette er også tilfældet for økonomiske tilgange, der omregner alle værdier til én enhed, penge. Er et menneskeliv 3,110,000 Euro værd (se Schleisner og Nielsen 1997a p148) ? Hvad er omregningsfaktoren mellem at se en kornmark om sommeren og at en billeart uddør?

Derudover kan det sagtens være at noget overses eller fejlvurderes. Alt dette vil dog ligge godt og grundigt skjult bag et tal.

Multidimensionelle tilgange

For at afhjælpe på de åbenlyse problemer med en tilgang der konkluderer i ét tal er en række tilgange blevet anvendt, hvor den endelige præsentation af de behandlede data holdes adskilt i nogle få kategorier. I den simple udgave er der 4, der bliver præsenteret grafisk på et koordinatsystem, men modellen kan udvides til eksempelvis 8 eller hvor mange man nu mener det stadig er muligt at overskue (se Rogers, Jalal & Boyd 2008 p127ff). Det samme kan gøres ved andre grafiske former for præsentation.

Graden af detaljerethed er højere i disse tilgange, men de lider stadig af det samme

problem, at en vægtning må foregå indenfor hvert af områderne.

De ovennævnte indikatorer, der bruges til at vurdere bæredygtighed er alle tænkt til at blive brugt på regional eller national skala, og betjener sig af koncentration af forurening. Det gør dem uegnede til dette projekts formål, at evaluere en teknologi. Det er nemlig ikke muligt at spore hvilke kilder til forureningen der er og især ikke hvor store disse kilder er.

Ecological footprint

Tilgangen går ud på at udregne hvor stort et landareal der er nødvendigt for at opretholde et givent forbrug i en region (Rees & Wackernagel i Redclift 2005b p151ff). Tilgangen har sin styrke i at den kan anvendes i en række størrelsesordener. Den er dog afhængig af at både det teoretiske fundament den betjener sig af i enkelte aspekter og det empiriske grundlag er nøjagtigt. Den kan dog ikke bruges i denne rapport, dersom den udelukkende beskæftiger sig med det fysiske resourcegrundlag og ikke tager stilling til livskvalitet m.m.

Undersøgelser af enkelte case-anlæg

For at undersøge biogas teknologiens potentiale og evaluere forskellige brugsmåder med henblik på at vurdere hvilke der er bæredygtige/ mest bæredygtige kan en tilgang der bygger på undersøgelse af enkelte cases være frugtbar. Her ville nogle konkrete anlæg blive vurderet og derfra kunne det forsøges at erkende hvilken type er bedst egnet.

4.2 Delkonklusion

Hvordan bør begrebet bæredygtighed bruges?

Fordi bæredygtighed er et så stort ord og er så værdiladet og normativt er det nødvendigt at diskussionen om hvad det er holdes åben. Selve begrebets betydning forhindrer at det er muligt at svare ja/nej på om noget er bæredygtigt. I det mindste vil et svar af denne karakter være et udtryk for personlig værditilskrivelse snarere end en objektiv vurdering. En afslutning af diskussionen vil være uhensigtsmæssig. Det er nødvendigt at reevaluere hvilke faktorer der skal med og hvordan de vægtes i forhold til hinanden. Kun ved at blive genformuleret konstant kan begrebet bevare sin betydning. Det er vigtigt at mennesker kan bringe deres holdning til bæredygtighed på bane. Derfor foreslås der i dette projekt at holde så mange dimensioner åbne som overhovedet muligt og at præsentere konklusioner på en sådan måde at den enkelte læser selv kan vurdere hvad der er bæredygtigt og hvad der ikke er. Intentionen er at skabe inddragelse frem for ekspertvælde, diskussion frem for færdigpakkede meninger. At vise hvordan delene hænger sammen, men tillade at den enkelte selv foretager en vurdering af hvilke værdier der er store eller små. Det betyder ikke blot at præsentere datagrundlaget og forvente at hver enkelt sætter sig ind i det. Det betyder snarere at samle den viden der er omkring en teknologi således at det bliver tydeligt hvordan forskellig brug af teknologien indebærer vægtning af nogle værdier.

5. Metode

Først vil metoden for projektet i sin helhed blive beskrevet. Derefter vil metoden i eksemplet biogasfremstilling blive beskrevet.

5.1 Metode for projektet

Projektet er lavet ved en afkodning af begrebet bæredygtighed med henblik på at finde en måde at omgås dette begreb således at det ikke reduceres i sin mening. Studier af litteraturen af betydningen af bæredygtighed er suppleret med studier af litteratur om hvordan bæredygtighed kan vurderes. Det er forsøgt herfra at udlede hvordan en vurdering af bæredygtighed kan stilles op således at den ikke fratager den enkelte læser muligheden for selv at tillægge områder værdi i forhold til hinanden. Om en sådan tilgang kan producere viden der stadigvæk er overskuelig nok til at den kan forventes at være brugbar er afprøvet ved at undersøge biogasfremstilling som eksempel- eller case hvis man vil. Grunden til at ordet case ikke bliver brugt er primært at der ikke er indgået nogen form for metode litteratur om case-studier.

Design af rapporten

For at svare på hvordan bæredygtighed kan bruges i forskning i teknologi er læseren i 1.Problemfelt blevet introduceret for kernebegrebet bæredygtighed. Koblingen mellem bæredygtighed og teknologi er ligeledes blevet opridset. Ydermere er den teknologi der vil tjene som eksempel i denne rapport blevet introduceret. Projektets formål er at give input til diskussionen om hvordan bæredygtighed kan bruges til (fremtidsorienteret) forskning i teknologi og der spørges til dette i 2.Problemstilling. Resten af rapporten er et forsøg på at finde et svar. Dette sker ved en teoretisk diskussion af begrebet bæredygtighed som er at finde herover i kapitlet 3.Bæredygtighed og en diskussion af hvordan begrebets indhold kan omsættes til metodologi i 4.Metodologiske implikationer af bæredygtighed.

Den teoretiske diskussion følges op af et forsøg på at anvende den måde hvorpå bæredygtighed menes at skulle bruges. I 5.Metode bliver projektets metode og rapportes design præsenteret. Anden del af 5.Metode (5.2) beskriver metoden for undersøgelsen af eksemplet og er samtidigt et forsøg på at omsætte de generelle retningslinier der er blevet diskuteret i 4.Metodologiske implikationer af bæredygtighed.

Eksemplet er biogasteknologien og er behandlet herunder i kapitlet 6.Biogas. Det er i

6.Biogas at empirien bliver behandlet.

Om det lykkedes, altså om dette projekt har funden en metodologi til at vurdere bæredygtighed vil blive vurderet i kapitel 7.Konklusion

afgrænsning og videnskabsteori

ANTROPOCENTRISME

Et antropocentrisk verdensbillede, altså et hvor mennesket eller samfundet er omdrejningspunktet, ligger til grund for denne rapport Det betyder at eksempelvis naturområder ikke får tilskrevet nogen værdi i sig selv, men kun gennem den værdi de har for mennesker. Det bliver egentligt kun virkeligt tydeligt i problemfeltet, men er dog vigtigt at pointere.

GEOGRAFISK AFGRÆNSNING

I denne rapport vil det være Danmark, (i Europa) og en europæisk forståelse af ressource og miljøproblematikkerne og løsninger der vil blive behandlet.

Bæredygtighed er et begreb, der har rødder i europæisk tankegang (heri også indbefatter koloni-europæerne især Nordamerikanere). Og den teknologi der vil blive behandlet, nemlig biogasfremstilling, vil blive behandlet i en europæisk kontekst.

Det skal dog forsøges ikke at lukke øjnene for resten af verden. Globale ressource og miljøproblematikker er netop det; globale, men optræder ofte lokalt. Derfor også Agenda21 sloganet: „Tænk globalt, handl lokalt“.

TID

Rapporten søger at give nogle idéer til og nogle bud på i hvilken retning vi bør stræbe for at opnå det vi håber at få ud af biogasfremstillingen; en bæredygtig energikilde. Det er ikke meningen at give en tilstandsrapport om biogassektoren i Danmark nu.

FORMÅL/ ANVENDELIGHED

Projektet er lavet på baggrund af en tro på at samfundsudviklingen er styret af deltagerne i samfundet og at det er muligt at omsætte viden til handling. Dermed også at kunne anvende de konklusioner eller den viden et projekt frembringer. Formålet er at

give noget input til en debat om hvorledes vi bør omgås bæredygtighed som begreb for at vurdere hvordan vi bør omgås teknologier, som for eksempel biogasteknologien.

5.2 Metode til eksemplet biogas

Mange af de vigtige områder der indgår i bæredygtighed kan komme i konflikt med hinanden. Derfor søger projektet her at give en tilgang, der nok benytter sig af kvantitative materialer, men som giver en differentieret og kvalitativ konklusion. Vurderingen af biogasteknologien vil ske på en kvalitativ basis for ikke at vægte klima, biologisk mangfoldighed eller noget tredje der er vigtigst at bevare i forhold til hinanden (se evt kapitel 3 og 4 for uddybende begrundelse).

I kapitlet 6. Biogas fokuseres på at undersøge hvilke brugsmåder der er bedst egnede til at opfylde målet om bæredygtighed. Der bliver diskuteret hvilke tiltag der er særligt positive og hvilke der udvirker sig negativt med henblik på bæredygtigheden. Målet er at kunne sige noget om på hvilken måde biogas teknologien bør bruges for at den er bæredygtig.

I stedet for at vurdere bæredygtighed på en skala eller at give et 'ja' eller et 'nej', søges det at udbrede diskussionen og identificere hvilke konsekvenser forskellige brugsmåder af teknologien har. Forsøget er at åbne diskussionen om biogas som bæredygtig energikilde i stedet for at lukke eller afslutte den og det bærer delkonklusionen præg af.

Behandling af empirien

Projektet betjener sig af en række rapporter som empiri. Nogle af dem beskæftiger sig ikke med begrebet bæredygtighed, men undersøger miljøpåvirkninger eller lignende. De vil herunder blive introduceret ordnet efter hvilken metodologisk tilgang de har. Det vil kort blive opsummeret hvilken metode de betjener sig af og hvilke styrker og svagheder disse har.

Der vil forekomme beregninger og talværdier, med det formål at kunne behandle den viden der er skabt indenfor den tilgang før dens resultater omsættes til kvalitative termer med henblik på at vurdere bæredygtighed. Det er meningen at tage skridtet videre fra de primært kvantitative rapporter, at samle op på den viden dem og ordne den viden der er i dem på en måde der vil være forståelig for at vurdere brugsmåder af teknologien i henhold til bæredygtighed.

Den umiddelbare metode er primært litteraturstudier. Mange undersøgelser er blevet lavet for at estimere værdier for emissioner, forbrændingseffektivitet, jordbundsforhold m.m. Disse undersøgelses resultater bliver brugt. Hvor intet materiale er tilgængeligt eller hvor materialets sikkerhed ikke er tilstrækkelig vil mere generelle, teoretiske forhold blive diskuteret.

Som nævnt ovenfor forsøges det at bruge bæredygtighed som målestokken i dette projekt. Af tids og pladmangel bliver der ikke decideret ført en diskussion af hvordan udvalget af de emner der bliver behandlet for biogas cyklussen, de bliver blot opremset. Fremgangsmåden har været at få et overblik over hvilke stationer der er for flowet af materialer, hvad der skar på de enkelte stationer og om det har nogen betydning for omgivelserne.

Rapporterne der bliver brugt

Potentiale og barrierer tilgangen: Her gør man sig skyldig i det Geels (2006 p3) kalder at se verden med øjnene af éns „pet technology“, hvor systemet ses som en barriere der skal overkommes for at den lille David kan overvinde den ikke-bæredygtige Goliat (Geels 2006 p3).

Böttcher og Storgaard 2006

Salomonsen 2000

Børgesen et al 1992

En styrke ved disse rapporter er at de behandler den politiske styring og til dels holdninger i befolkningen eller hos involverede parter.

Eksternaliteter: Tilgangen går ud på at vurdere omkostningen ved energiproduktion i økonomiske termer. Her bliver alle værdier omsat til penge og de værdier man ikke mener at kunne kvantificere udelades.

Schleisner og Nielsen 1997

Meget detaljeret empirisk undersøgelse, vægtninger gøres eksplicit.

Energi og CO₂ effektivitet for forskellige materialer til biogasfremstilling: tilgangen er teknisk/naturvidenskabelig og beskæftiger sig med energiafgrøder og gødning med henblik på at finde den mest energieffektive substans:

Møller et al 2008

VVM redegørelse: Beskæftiger sig med mange faktorer, dog primært ud fra et perspektiv om at være i overensstemmelse med lovgivningen.

JAİK & KATT for Rambøll Danmark 2008

Oversigt over vigtige forhold ved biogasfremstilling: En mere emneorienteret og teknisk gennemgang af biogas teknologien.

Jørgensen 2009

Bioforgasnings betydning for målsætningerne for økologisk landbrug.

Thomsen 2006

OMRÅDER DER VIL BLIVE NÆRMERE DISKUTERET

Vurderingen af hvilke emner der er af betydning for biogasproduktionen er blevet lavet på grundlag af læsning af diverse rapporter og ved i tankerne at følge materialets vej gennem anlægget. Her er megen inspiration lånt fra life-cycle analyse. Det er meningen at følge biogasanlæg fra konstruktion til afmontering og alle materialer der går ind og ud af anlægget så langt som muligt. Optimalt ville have været også at følge de materialer der går gennem anlægget helt frem til at de genfindes i den form de var i da de blev optaget i biogasanlægget. Det har dog ikke altid været muligt.

De områder denne rapport vil beskæftige sig med for biogasproduktionen er kort opsummeret nedenfor. Derefter vil nogle af dem blive gennemgået mere detaljeret.

Vand, en rigelig forsyning med rent drikkevand. Om vandmiljøet og grundvandet vil påvirkes, om biogas vil få betydning for praksisser i landbruget - ændre forbrug af pesticider, herbicider og gødningsforbrug.

Mad, en rigelig forsyning af mad. Om produktionen af energi betyder en sænkning i produktionen af mad, Er produktionen af biogas i konflikt med produktionen af mad? Konflikt kun mulig hvis forbrug af afgrøder.

Forurening, et rent og ikke sundhedsskadeligt miljø. om biogas vil få betydning for praksisser i landbruget - ændre artssammensætningen i det dyrkede areal, ændre forbrug af pesticider, herbicider og gødningsforbrug, Økosystemet. Monokulturer, pesticider, herunder jordbundsforhold der muliggør fortsat dyrkning af fødevarer

Et gunstigt klima (ingen bratte klimaskift). om biogas faktisk kan forventes at have en positiv indflydelse på CO₂ balancen (om braklægning falder væk, nye arealer opdyrkes, e.l.). Kuldioxid balancen. Er biogas neutralt? Andre klimagassers vej gennem og uden anlægget.

Tilgang til rigelige mængder energi. Er der noget at hente, hvor meget energi kan vi få ud af det?

Biologisk mangfoldighed og naturområder. om biogas vil få betydning for praksisser i landbruget - ændre artssammensætningen i det dyrkede areal, ændre forbrug af pesticider, herbicider og gødningsforbrug, Økosystemet. Monokulturer, pesticider,

Æstetiske værdier

Lugtgener, larm og andre forstyrrelser. om biogas vil påvirke livskvaliteten i landbrugsområder (lugt, larm). Er produktionen af biogas problematisk for andre ting (lugtgener, landskabsbilledet, prisforvrængninger i landbruget)?

Økonomi, vækst og arbejdspladser. om prisudviklingen på jord ændrer vilkårene i landlige områder,

Biogas som nyt perspektiv for landbruget?

6. Biogas

6.1 Analyse af hvilke konsekvenser brugs måder af biogasteknologien har

Biogas' potentiale:

I princippet kan alt organisk materiale anvendes til fremstillingen af biogas. Nogle er dog mere velegnede end andre (Jørgensen 2009 p25). Deublein og Steinhauser oplister over 80 forskellige substrater der er blevet testet for hvor meget biogas der kan udvindes per kg tørmasse (Deublein & Steinhauser 2008 p60ff).

Der vil dog ikke blive berettet detaljeret om forskellige substraters energipotentiale her. Vi vil i det følgende beskæftige os lidt med gylle fra landbrug, organisk affald fra industri og husholdninger, slam fra rensningsanlæg og energiafgrøder.

For alle typer gælder det at forgasningsprocessen forløber eksponentielt aftagende. Udbyttet af gas pr dag er faldende (Jørgensen 2009 p 21), mens det samlede udbytte af gas er stigende. Jo længere tid materialet opholder sig i anlægget, jo mere gas vil der udvindes og det er derfor fra et energimæssigt synspunkt fornuftigt at have relativt lang opholdstid for materialet i biogasanlægget.

Svinegylle 0,37 m³ biogas pr kg tørstof, kvæggylle 0,24; husholdningsaffald 0,43; slam fra rensningsanlæg 0,41- 0,86. (Jørgensen 2009 p23)

GYLLE FRA HUSDYR

Salomonsen (Salomonsen 2000) regner med et udbytte på ca 28 m³ biogas pr ton kvæg- og svinegylle. Det svarer til 640 MJ pr ton (Salomonsen 2000 p 24). For hele Danmark udregnes det maksimale biogaspotentiale til at være mellem 20,3 og 22,4 PJ pr år, alt efter hvor mange dyrehold der er økologiske (Salomonsen 2000 p25). Økologiske landbrug har lavere biogaspotentiale, men også lavere energikrav. Salomonsen konkluderer at det er en energimæssig gevinst pr dyreenhed at omstille til økologisk landbrug (Salomonsen 2000 p57). Hertil kan energipotentialet for organisk affald lægges, maksimalt 4,2 PJ pr år (Salomonsen 2000 p25). Altså 24,5 – 26,6 PJ pr år i Danmark.

Jørgensen udregner det samlede potentiale for energiproduktion af biogas til at være 53 PJ pr år (Jørgensen 2009 p25). En stor post er energiafgrøder 15,9 PJ.

Til sammenligning havde Danmark i 2006 et energiforbrug på 876,4PJ (World development indicators online; convertunits.com), hvilket betyder at omkring 3 procent af energiforbruget kan dækkes i følge Salomonsens vurdering og ca. 6 % ifølge Jørgensen inklusive energiafgrøder.

ENERGIAFGRØDER

Deublein & Steinhauser når frem til at det teoretiske maximum for energi der kan frembringes ved biogasfremstilling er 144.200 kWh per ha og år af energiafgrøder. (Deublein & Steinhauser 2008 p14). Dette forudsætter at der høstes 2 gange pr. år og at planterne gives optimale betingelser for vækst, aldrig mangel på vand eller næringsstoffer.

Det teknisk mulige maksimale udbytte sætter de dog til at være halvdelen (Deublein & Steinhauser 2008 p22). Det bergundes med at udbyttet fra planter der dyrkes ikke over tid vil kunne holdes så højt som teoretisk muligt og at energi går tabt i processen. Her sættes det årlige udbytte til 15 tons pr ha (Deublein & Steinhauser 2008 p21).

Møller et al p? Regner med 10t/ha

AFFALD OG ANDRE RESTPRODUKTER

(Deublein & Steinhauser 2008, 24 -fig2.11)

Selvom landbrug vurderes til at være de største potentielle kilde til biogas er der især ved at udnytte afføring fra dyr og mennesker og spild- og restprodukter fra fødevareindustrien meget at hente.

Vand

Påvirkning af grundvandet diskuteres, ser ud til ikke at blive påvirket. Vandforbrug til biogasfremstilling, ikke overvældende.

Det organiske materiale der anvendes til biogasanlægget kan have meget høj næringsværdi, som det for eksempel er tilfældet for dyregødning. Der er en risiko for at

der ved håndteringen eller oplagring af dette materiale kan forekomme spild eller at næringssalte skylles ud af regnen. Ved høje koncentrationer eller ved hyppige gentagelser må der formodes at være fare for en belastning af grundvandet og/eller åer og søer i nærheden.

I en VVM redegørelse for et projekteret biogasanlæg konkluderes det at påvirkning af grundvandet direkte fra anlægget er usandsynlig (KAIT & JAKK 2008 p62). Det begrundes her primært med at anlægget er bygget således at al håndtering af biologisk materiale sker i arealer der er overdækkede og at der er fast belægning på alle køreveje (ibid).

Påvirkningen af grundvandet ved udbringelsen af det afgassede materiale til marker vil heller ikke føre til nogen negativ påvirkning af grundvandet sammenlignet med almindelig gødningspraksis (Schleisner & Nielsen 1997 p80). Konkrete jordbundsforhold er dog vigtig for hvor høj risiko der er for udvaskning af næringssalte generelt (Schleisner & Nielsen 1997 p80).

Jørgensen (2009 p30) argumenterer for en ringere udvaskning af næringssalte til grundvandet, da det meste kvælstof er i en form der direkte kan optages af planterne.

Mad

Hvis biogas fremstilles af afgrøder, må man formode at landbrugsjord, der ellers er blevet anvendt til dyrkning af mad vil blive brugt til dyrkning af energiafgrøder. Det kan være at det vil påvirke ernæringssituationen på verdensplan. Herunder vil problematikken kort blive omtalt, men eftersom det er en meget kompleks problemstilling er denne gennemgang langt fra fyldestgørende. Hvis biogasfremstilling sker uden energiafgrøder, altså på basis af gylle og organisk affald, vil der ikke være nogen negativ påvirkning af verdens ernæringssituation. Recirkulationen af næringsstoffer ved spredning af det afgassede materiale kunne måske ved at øge jordens frugtbarhed indirekte medvirke til en forbedring.

ENERGIAFGRØDER

Et af de store spørgsmål er om sult er følge af mangel på eller dårlig fordeling af ressourcer.

Der er nok mad i verden (Rogers, Jalal & Boyd 2008 p87), men mange mennesker har ikke nok penge til at købe den (Rogers, Jalal & Boyd 2008 p91). Det kan tolkes som at problemet primært er et fordelingsspørgsmål, og at det derfor ikke er noget problem at

noget af landbrugsjorden anvendes til energiafgrøder frem for overskydende madproduktion. Altså at det ikke tager maden af bordet hos nogen at bruge noget af jorden til energiafgrøder.

På den anden side kan det også forventes at en ny økonomisk fordelagtig afgrøde vil betyde en prisstigning for andre afgrøder. Hvis dette er tilfældet vil mange flere mennesker nok komme til at sulte, fordi madpriserne stiger. Omvendt vil jordbrugere overalt i verden profitere af højere priser.

Jørgensen (2009 p25) giver til betænkning, om ikke det at spise mange animalske produkter er langt vigtigere for verdens ernærings situation. Det kræver meget mere jord at skaffe sig sine kalorier fra kød end fra grøntsager.

Jørgensen (ibid) hævder også at for 70 år siden brugtes op mod 20% af landbrugsarealet til hestefoder, altså transportsystemet og arbejdsmaskinerne. Det er en interessant tanke, men om det nødvendigvis er bevis for at vi kan gøre det samme nu er uvist. Det har desværre ikke været muligt at gå dybere ned i problemstillingen i dette projekt. Det er en problematik der både kan fylde og fylder tykke bøger.

Forurening af luften

Her vil forurening af luften blive behandlet. Luftforurening kan forekomme flere steder i processen. Som konsekvens af udstødning fra de lastbiler der transporterer biomassen frem og tilbage, under lagring og ved forbrænding af gassen samt ved den videre anvendelse af den afgassede biomasse.

Det er vigtigt her at holde fast ved at bioforgasning kommer til at øge trafikken.

Ved transport af biomasse frem og tilbage med køretøjer der anvender diesel til motoren har Schleisner og Nielsen (1997) vurderet udstødningen af skadelige stoffer til at være som følger: SO₂; 0,064g/kwh el og 0,064g/kwh varme. NO_x; 0,672g/kwh el og 0,190 varme. PM₁₀ [particular matter] 0,036g/kwh el og 0,01g/kwh varme (Schleisner & Nielsen 1997 p76). Det er de almindelige værdier for kørsel med tunge fartøjer.

Som konsekvens heraf er opført skader på materiale og især på menneskers sundhed (Schleisner & Nielsen 1997 p77). JAKK & KAIT (2008 p63) vurderer påvirkning fra

den øgede trafik til at være den største kilde til emissioner der skader sundheden hos mennesker.

Under opmagasinering af biomasse på biogasanlæggets område kan udledning af skadestoffer forekomme, men oftest bliver biomasse som gylle lagret i tanke under låg. Fra tanke under låg forventes at der ikke undviger nogen skadestoffer af betydning (Schleisner & Nielsen 1997 p77).

Dog vil en øget fordampning af ammonia (NH_3) forekomme under lagring, hvis ikke man sikrer sig med en form for afdækning af tankene (Jørgensen 2009 p30).

Udstødningen fra forbrændingen af biogassen i en egnet motor eller turbine vil indeholde de stoffer der er typiske for forbrændinger; SO_2 ; 0,075 g/kwh el, 0,021 varme; NO_x 1,35g/kwh el, 0,35 varme; PM_{10} 1,5e-5g/kwh el og 4.1e-6 g/kwh varme (Schleisner & Nielsen 1997 p78).

Sammenlignet med naturgas er biogas en mere forurenende energikilde (Schleisner & Nielsen 1997 p57). Især hvad angår NO_x . Den forbrændingsproces der er blevet anvendt i det biogasanlæg der har dannet grundlag for Schleisner & Nielsens studie er dog af en relativt forurenende type. De anbefaler brug af en gasturbine i stedet, hvilket skulle sænke udledningen af NO_x betydeligt (Schleisner & Nielsen 1997 p121). Selvom der ikke sættes tal på, vil det ikke grundlæggende kunne ændre at biogas er en mere 'uren' energikilde end naturgas. Sammenlignes biogas dog med kul er biogas en langt mindre forurenende energikilde (Schleisner & Nielsen 1997 p118). Bemærk dog at disse tal er fra 1997 og som nævnt ovenfor har de teknologiske muligheder ændret sig. Dette vil dog ikke her blive diskuteret yderligere, da der gås ud fra at teknologier til rensning af udstødning vil være tilgængelige for både biogas-, kul- og andre kraftværker.

Det afgassede organiske materiale udbringes på marker som gødning. Her opstår der også udledning til atmosfæren.

Fordampningen af N_2O fra marker ses som ensblivende i forhold til almindelig handling af gylle (Schleisner & Nielsen 1997 p78f).

Forholdene omkring fordampning af NH_3 er vanskelige og Schleisner og Nielsen har valgt at undlade at forsøge at kvantificere dem i deres studie. NH_3 frisættes ved kontakt med luft, ved lagring og ved udbringelse på marker (Schleisner & Nielsen 1997 p79).

20-22% tabes ved almindelig lagring på gårdanlæg alt efter PH-værdi (Schleisner & Nielsen 1997 p79). 3-5% tabes ved lagring på biogasanlægget (Schleisner & Nielsen 1997 p79).

Jørgensen regner med at der vil udbringningen vil ske en højere fordampning af afgasset gylle, da det indeholder færre større partikler (Jørgensen 2009 p30). Dette vil dog modsvares af at den afgassede gylle har en bedre evne til at blive optaget af jorden (Jørgensen 2009 p30).

Andre former for forurening

Selve forgasnings proceduren forgår i et lufttæt system og der vil ikke ved almindelig brug forekomme udslip herfra. Der sker dog i processen en reduktion af bakterier, ukrudtsfrø og sæber.

Nedbrydning af forurening fra bl.a. sæbe/reensemiddel [detergents] er kun blevet undersøgt få steder og det ser ud til at de organiske dele af dem nedbrydes i processen, da der ikke blev fundet nogen af dem i signifikante mængder (Jørgensen 2009 p30).

Biomassen, der især fra dyregødning har mange bakterier og vira samt kan have parasitter får reduceret indholdet af disse dramatisk; „*The decontamination is thus very efficient and nearly absolute*“ (Jørgensen 2009 p31).

Ukrudtsfrø mister deres spireevne (Jørgensen 2009 p31). Jørgensen hævder at det kan føre til lavere forbrug af plantebekæmpelsesmidler (herbicider) (Jørgensen 2009 p31).

Kuldioxid og andre klimagasser

GROFT SAGT

Principielt kan biogas betragtes som en CO₂ neutral energikilde, da biologisk materiale er grundlaget. Det kulstof der findes i det biologiske materiale stammer fra fotosyntese, den process planter binder solens lys med og oplagrer den i kemiske forbindelser som sukker. Plantenes egentlige kilde til kulstof er atmosfærisk kulstof i form af CO₂. Derfor kan der ikke frigives mere CO₂ fra biogas end der er blevet bundet fra

atmosfæren.

Forsimpelt ser det således ud: Planter-> gas -> forbrænding -> atmosfæren -> planter
Der kan være flere led mellem planter og gas, hvis svinegylle eller slam fra rensningsanlæg anvendes til udvinding af biogas.

Det er denne grundlæggende tanke der sandsynligvis foranlediger mange, blandt andet Bøttcher og Storgaard 2006 til at betegne biogasfremstilling som CO₂ neutral.

TAB

I alle leddene tabes nogle materialer hvilket kan have konsekvenser.

CO₂ er ikke den eneste gas der medvirker til global opvarmning og nogle af de andre gasser er mere klima aktive.

Kuldioxid (CO₂): 1 (CO₂ equivalenter)

metan (CH₄): 21

lattergas(N₂O): 310 (på de næste 100år (Salomonsen 2000 p10))

Da biogas hovedsageligt er metan og anlæggene netop er tænkt til at maksimere metanproduktionen ud fra det kulstof der er i udgangsmaterialet kan et vist udslip af netop metan ikke forhindres. Der er dog god grund til at begrænse udslippet så meget som muligt. Møller et al 2008 har foretaget beregninger for forskellige substrater for hvormeget spild der kan tolereres hvis biogasproduktionen skal være CO₂ neutral i forhold til nuværende gængs behandling af disse materialer (Møller et al 2008 p46). For energiafgrøderne majs, roer og jerusalem artichoke ligger værdien mellem ca 6 og ca 7,5 % af den producerede mængde biogas (Møller et al 2008 p46). For svinegylle er værdien langt højere, ca 27%, hvilket hænger sammen med at gyllen under gængs behandling i øjeblikket bliver lagret i tanke uden opsamling af den metan der opstår(Møller et al 2008 p45f). Det skal dog tilføjes at beregningerne er noget pessimistiske da planternes optag af CO₂ ikke ser ud til at figurere i beregningerne selvom udstødningen fra forbrændingen af biogassen gør, og at gødning er en stor post for CO₂ udslip fordi der forventes anvendt kunstgødning. Heller ikke jordbundet kulstof er med i beregningerne.

Ved afgangning af svine- og kvæggylle reduceres den udledning af metan og lattergas der normalt finder sted fra lagertanke til gyllen (Jørgensen 2008 p28). I en udregning hvor

energi afgrøder ikke medregnes er reduktionen 1,2 kg CO₂ eq./m³ biogas. Til sammenligning er reduktionen der opnås ved erstatning af naturgas 2 kg CO₂ eq./ m³ biogas. (Jørgensen 2008 p28)

Salomonsen (Salomonsen 2000) finder at bioforgasning af gylle giver en direkte forbedring af CO₂ budgettet på 91g/KWh elektricitet (Salomonsen 2000 p12) i forhold til hvis gyllen blev opbevaret i lagertanke uden gasopsamling fordi mindre klimagas tabes til atmosfæren (Salomonsen 2000 p11).

Hvis fortrængningen af naturgas som kilde til energi kommer med i beregningerne bliver besparelsen på 570g/KWh elektricitet (Salomonsen 2000 p12). Dog forudsat at efterlagringen sker i tanke med gasopsamling. Hvis efterlagring sker uden opsamling af gas bliver reduktionen 270g/KWh elektricitet.

KULSTOFBALANCEN

En videre kilde til at gøre regnestykket om biogassens klimapåvirkning kompliceret er hvorvidt biomasse i naturen reduceres. Fældes for eksempel en skov (indeholder meget biomasse) for istedet at dyrke majs e.l (relativt set lidt biomasse), vil store mængder CO₂ frisættes. For de fleste andre typer 'vild' natur er det på samme vis. Altså burde der i ideal fald ikke opdyrkes nye arealer og i særdeleshed ikke fældes skov for at biogasfremstillingen er CO₂ neutral. Disse udledninger forekommer dog kun én gang og det er derfor afhængigt af hvor langt et tidsperspektiv man anvender i hvor høj grad de burde belaste CO₂ regnskabet. (Thomsen 2006) skriver at reduktionen af kulstofoplagring i jorden på kort sigt kan betyde mere end den reduktion der opnås ved biogas (Thomsen 2006 p29, p10ff). På langt sigt vil det dog ikke have nogen synderlig betydning (Thomsen 2006 p29, p10ff).

INFRASTRUKTUREN

I biogasfremstillingen bliver der også brugt fossile brændstoffer, eksempelvis til transport af det biologiske materiale ved lastvogne eller traktorer, til fremstilling af materialer til konstruktion af selve anlægget og i landbruget såfremt der dyrkes energiafgrøder.

Dermed er biogasfremstilling kun CO₂ neutral såfremt der af gassen udvindes så meget energi som der er brug for i alle leddene og for at være en CO₂ neutral energikilde skal

der altså være et overskud. Det er størrelsen på dette overskud, der viser hvor meget CO₂ neutral energi der udvindes fra biogas.

I sidste ende burde den energi der udvindes ved biogasfremstilling også kunne bruges netop i de områder der er nødvendige for fremstillingen af biogas. Altså transport, fremstilling af byggematerialer m.m., men det burde dog ikke være et umiddelbart krav, da vi må gå ud fra at befinde os i en omstillingsprocess.

Thomsen har udført beregning for en gård med 200 malkekøer og når frem til en CO₂ eq reduktion på 19-24% for hele bedriften ved forgasning af gyllen.

Schleisner & Nielsen når med ExterE frem til at en stor CO₂ reduktion finder sted.
(p121)

Forsyningssikkerhed. Hvor store udsving kan forventes i forsyningen af energi m.m.?
Fungerer bedst ved konstant drift. Lagertanke.

Jordens frugtbarhed

Det tyder ikke på at jordens frugtbarhed bliver reduceret ved brug af afgasset gylle. Der er dog en række forhold i det komplicerede samspil mellem planter, mikroorganismer, regnorme og jordens humusindhold, der ikke er helt afklarede (se Salomonsen 2000 p47 p39-62). Hovedsageligt er det et spørgsmål om det er mere fordelagtigt at bruge komposteret materiale. Dette gælder ikke for konventionelt landbrug, hvor den afgassede gylle er et gødningsprodukt, der er mindst ligeså godt som både rå gylle og kunstgødning.

Æstetiske værdier

Lugtgener er en af de ting man må finde sig i på landet. Det kommer heller ikke til at ændre sig hvis gyllen fra dyreholdene forgasses til biogasfremstilling. Lugten kommer dog til at være en anden selvom antallet af odour units er nogenlunde lige høj (Jørgensen 2009 p30f). Lugten kommer dog ofte til at være ved i kortere tid, da afgasset gylle hurtigere optages i jorden på grund af en mindre tørstofandel (Jørgensen 2009 p31). Jørgensen hævder at mindskningen af lugtgener er en betydelig faktor for mange landmænd til at gå over til at bruge afgasset gylle (Jørgensen 2009 p31). Omkring selve biogasanlægget vil der være lugtgener fra den biomasse der leveres (Jørgensen 2009 p31).

Også Schleisner & Nielsen (Schleisner & Nielsen 1997 p79) går ud fra at lugtgenerne om noget er mindre ved spredning af afgasset gylle. Ser det som neglible (Schleisner & Nielsen 1997 p80).

Ved intensiv brug af energiafgrøder vil landskabsbilledet ændres, da visse planter er mere egnede til energifremstilling end andre. Det er især majs der vil blive plantet i langt højere grad end tidligere. Jeg har selv kunnet observere at majsdyrkning nu dominerer områder der tidligere har været domineret af raps, kartofler, roer og græsningsarealer til kvæg omkring Brodersby i Schleswig-Holstein.

Både for lugtens og landskabsbilledets vedkommende er det svært at sige om det er en forværring eller en forbedring af levevilkårene. Det er dog en forandring.

Leveringen af biomassen til - og afhentningen af den afgassede biomasse fra biogasanlægget kommer til at foregå med store motoriserede køretøjer som lastbiler og traktorer. Dette vil betyde mere tung trafik i området og dermed mere larm. Schleisner & Nielsen anmærker dette, men tilskriver det en for lille værdi til at indgå i deres kvantitativt-økonomiske analyse af biogasfremstillingens påvirkning (Schleisner & Nielsen 1997 p73).

Økonomi

Arbejdspladser og fremtidsperspektiv. Omstilling til biogas ikke så dyr fordi den ligner naturgas meget og dermed forbrændingsdelen allerede veludbygget. Danmark har mange kraft-varme værker, også god forudsætning.

For samfundsøkonomien vil der være en gevinst i at biomasse der af industri eller husholdning betragtes som affald kan tjene som råstof for bioforgasningen og derefter som gødning for landmænd (Schleisner & Nielsen 1997 p70).

[desværre følges der ikke op på denne positive sidegevinst, selvom den kunne betragtes som positiv externalitet]

Afledte effekter

Trafik:

Mere tung trafik i lokalområdet. Derfor også flere trafikulykker. (Schleisner & Nielsen 1997 p73 p75). Schleisner & Nielsen går ud fra 0.009 døde pr mio transportkilometer og 0.15 „accidents“ pr mio transportkilometer. „Accidents“ indeholder 40% „minor damages“, 55% „major damages“ og 5% „killed“ (Schleisner & Nielsen 1997 p84). For deres konkrete case (Ribe biogas anlæg) vurderer de at der i løbet af 15 år (levetiden for anlægget) vil blive kørt 246.000 km, hvilket svarer til 0,028 dødsfald og 0.56 accidents (Schleisner & Nielsen 1997 p83f).

Mere tung trafik betyder også flere skader på veje og dermed behov for reparationer (Schleisner & Nielsen 1997 p82f).

Ulykker på arbejdspladsen:

Under forudsætning af at biogasanlæggets materialer vejer 2.500 ton, 50 arbejdstimer pr ton og 50 ulykker pr mio arbejdstimer kommer (Schleisner & Nielsen 1997 p83) frem til at der skar 6.25 ulykker under byggeriet af biogasanlægget. Deraf 0,01 dødsulykker, 0,81 alvorlige kvæstelser og 5,44 lette kvæstelser (Schleisner & Nielsen 1997 p83).

Biogasanlægget i sig selv er ikke nogen farlig arbejdsplads (Schleisner & Nielsen 1997 p73).

Anlæggenes størrelse

Det er svært at fastsætte en bestemt størrelse, men det burde i hvert fald foregå i en størrelsesorden der tager hensyn til at holde transportveje relativt korte. Samtidigt vil der især for termofile anlæg være god økonomi i at have relativt store anlæg, for at mindske varmetab.

6.2 Opsamling

Biogas kan være et vigtigt supplement til fremtidens miks af energikilder. Ved brug af energiafgrøder vil det være muligt at opnå en meget større forsyning med energi.

Uden bug af energiafgrøder vil biogas dog stadig kunne være en vigtig energikilde.

Biogas kan være en hjælp til at sikre energi, der belaster atmosfæren med klimagasser mindre, især hvis dyregødning bruges.

Samtidigt vil energiforbruget i landbruget kunne sænkes ved at mindske behovet for kunstgødning og herbicider. Behovet for N-holdig gødning vil blive sænket, da megen af den N der tabes i affald vil kunne blive recirkuleret. Behovet for herbicider sænkes som følge af at ukrudtsfrø mister deres spireevne under forgasningen

Bakterier, vira og organiske sæber nedbrydes også i processen, der er dog ikke her foretaget en vurdering af konsekvenserne af dette.

Biogasm fremstilling medfører en del luftforurening. Forurening fra de dieselfartøjer der transporterer materialet den største kilde til forurening.

Tildækning af tankene til lagring af materialet er vigtige for at forhindre fordampning af forurenende stoffer.

Biogasanlæggenes udstødning fra forbrænding af gassen er mindre rene end fra naturgas, men renere end fra kul.

Det er muligt at opnå en betydelig reduktion i klimabelastningen. For at opnå den CO₂eq reduktion der er mulig med biogas, er det vigtigt at minimere tabet af metan i processen. Lukkede tanke og en muligst komplet forbrænding samt en muligst lang opholdstid for materialet i forgasningstanken giver en tydelig positiv udvirkning.

CO₂eq reduktionen er lettest at opnå uden brug af energiafgrøder. Ved brug af energiafgrøder skal tabene af metan være meget lave. Ved brug af gylle fra landbruget kan der ikke blot opnås en forbedring, men en kvalitativ ændring der gør biogascykklussen til et 'sink'. Altså at der frigives mindre CO₂eq end hvis biogassen ikke blev udvundet og forbrændt. Jordens kulstofindhold vil sandsynligvis blive sænket ved gødning med afgasset gylle.

Gødning med afgasset gylle vil ikke forurene grundvand eller vandløb i højere grad end ubehandlet gylle snarere tværtimod. Det er vigtigt at sikre selve anlægget og opmagasinering af det biologiske materiale, for at undgå belastning af vandmiljøet. Vandforbruget er højere ved brug af energiafgrøder end ved brug af gylle og slam.

Lugtgener vil forekomme ved biogasteknologien, de vil dog (alt efter smag) ikke være større end de lugtgener der i forvejen er på landet.

Brug af energiafgrøder vil medføre en forandring af landskabsbilledet.

Ved etableringen af biogasanlæg vil der sandsynligvis forekomme ulykker og personskader af det omfang der er normalt ved opførelse af større bygningsværker. Anlægget er i sig selv ikke nogen farlig arbejdsplads.

Der vil også blive mere tung trafik i lokalområdet, med de problemer dette som bekendt medfører.

6.3 Konklusion på biogas

Om biogasanlæg overhovedet skal bedrives er en afvejning mellem klimapåvirkning og gener som øget trafik og anderledes lugt, samt alt efter hvilke energikilder der sammenlignes med en belastning af luften med forurenende stoffer. Der kan også ligge nogle vægtninger af økonomisk udvikling af landbrugsområder alt efter hvordan påvirkningen formodes, det er dog ikke blevet behandlet uddybende i denne rapport.

Det er vigtigt at undgå udslip af både væsker og gasser, fra opsamlingen af gyllen hos landmanden hele vejen gennem processen til det afgassede materiale udbringes på marker. Da dette sandsynligvis er forbundet med flere omkostninger end at acceptere spild af materialet i et vist omfang, er der her en afvejning mellem økonomiske hensyn og hensyn til menneskers sundhed, klimaet og vandmiljøet.

Det vigtigste spørgsmål omkring brugen af biogas er nok om og i hvor høj grad brugen af energiafgrøder skal foregå. Brugen af energiafgrøder øger potentialet for energi betydeligt. Der følger dog en række konsekvenser med brugen af energiafgrøder, der udvirker sig negativt på CO₂eq budgettet (altså imod mere CO₂eq) og vandforbruget øges. Derudover kommer påvirkning af landskabets fremtoning.

7. Konklusion

Den tilgang der er blevet brugt har kunnet skabe et vist overblik over hvordan biogas under forskellige brugsmåder påvirker omverdenen. Det har været muligt at identificere nogle af de hensyn der skal prioriteres imellem.

Bredden i tilgangen har den svaghed at det er nødvendigt at have viden om en hel række af sammenhænge for at kunne vurdere konsekvenserne. Det er ikke nødvendigvis lykkedes tilfredsstillende i denne rapport, men tilgangen virker dog stadig frugtbar.

Det giver god mening at nogle forskningsprojekter beskæftiger sig med nogle dele af problematikken dybdegående. Der skal dog samles op på alle delene og et projekt som dette kan gøre det. Der har dog været for lidt ressourcer i form af arbejdskraft i dette konkrete projekt til at det har kunnet lade sig gøre fuldt ud.

Det kan også sagtens være at der er mange flere faktorer der har betydning i andre sammenhænge og at en tilgang som denne som konsekvens af sin bredde bliver uforståelig. Allerede med den begrænsede mængde faktorer der er med i dette projekt er det svært at overskue. Det lykkedes ikke at tildele vægtningen af faktorerne, på bekostning af overskueligheden. Dette var dog at forvente og for en tilgang med så få faktorer er det mere i overensstemmelse med indholdet af bæredygtighed, da der nu engang er en bredde i begrebet. Konklusionen er måske lidt mere kringlet end konklusioner i undersøgelser der er lavet ud fra en metode læseren forventes at kende.

Til gengæld bliver den læser der ikke måtte have de metodiske forudsætninger informeret mere grundigt. Et statement som "biogas er bæredygtigt ved brug af gylle" er fristende at gøre, men selvom det kan være rigtigt hvis der er defineret en ramme for hvordan bæredygtighed evalueres hvor den globale opvarmning er en vigtig faktor, vil en sådan konklusion let kunne fejltolkes. Som nævnt i gennemgangen af bæredygtighed er en del af begrebets indhold inddragelse i beslutningsprocesser. Dette kan kun ske ved at gøre den viden der er tilgængelig frem for en konklusion der er utroligt svær at afkode, men som virker simpel.

Den viden en tilgang som denne har skabt gør det lettere tilgængeligt at se kompleksiteten i problemstillingen. Komplexitet er en ubehagelighed og meningen med teoretisering er jo også at koge kompleksiteten ned til et omfang der er nogenlunde til at overskue. Komplexiteten er også blevet kogt noget ned i den tilgang der blev afprøvet på biogas teknologien. Dog er kerneelementer forsøgt bevaret.

8. Perspektivering

Det centrale spørgsmål omkring biogas er om vi bør bruge energiafgrøder eller ej. Et godt supplement kunne være en rapport der spørger ind til det på en direkte måde og samler op på nogle teorier og på litteratur og erfaringer fra USAs bioethanol fremstød for nogle år siden . Det ville være spændende at se hvor mange af de dynamikker der har været i spil som også ville være relevante for biogasproduktion på grundlag af energiafgrøder.

Litteraturliste

Opslag i litteraturlisten sker efter forfatteren eller i bøger med mange artikler efter hvem der har redigeret bogen. Står der eksempelvis en henvisning som (Langhelle i Benjaminsen & Svarstad 2002) er den at finde under B.

-Adger, W. Niel & Jordan, Andrew 2009 *Governing Sustainability*, Cambridge University Press, Cambridge

-Bell, Simon & Morse, Stephen 2008 *Sustainability Indicators – Measuring the Immeasurable?*, Earthscan, London

-Benjaminsen & Svarstad (eds) 2002 *Samfunnsperspektiver på miljø og utvikling*, Universitetsforlaget, Oslo

-Børgesen, Christen; Christensen, Finn; Damgaard, Trine; Dreyer, Rikke; Grenzlikowski, Johnny; Hæjer, Morten & Jacobsen, Niels 1992 *Bæredygtighed og biogas – kan det bære eller er det bare gas?*, Læreanstalternes Fælles Miljøkursus 1991-1992

-convertunits.com 15.12.2009

<http://www.convertunits.com/from/joule/to/tonne+of+oil+equivalent>

-Deublein, Dieter & Steinhauser, Angelika 2008 *Biogas from Waste and Renewable Resources*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim

-Diamond, Jared 2005 *Kollaps*, Fischer Verlag, Frankfurt a.M. (oversat fra engelsk)

-Diamond, Jared 1997 *Den tredje chimpanse – storhed og fald*, Akademisk Forlag & Nepenthes Forlag, København & Århus

-Geels, Frank W. 2004 *From sectoral systems of innovation to sociotechnical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory*, Research Policy 33, Elsevier, Amsterdam

-Geels, Frank W. 2006 *System innovations and transition to sustainability: Challenges for innovation theory*, bidrag til conference i anledning af SPRU 40. Anniversary Conference 11.-13. September 2006, Eindhoven University of technology, Eindhoven

-Gunderson, Lance H. & Holling, C.S. 2002 *Panarchy, understanding transformations in human and natural systems*, Island Press, Washington

-Hackett, Steven C. 2006 *Environmental and Natural Resources Economics – Theory, Policy and the Sustainable Society*, M.E.Sharpe, Armonk (New York)

-Jensen, K.A. 2004 *Da mennesket blev menneske*, Gyldendal, København

-Jørgensen, Bent 2003 *Dyret i dit spejl*, Gyldendal, København

- Jørgensen, Peter Jacob 2009 *Biogas – green energy*, PlanEnergi & Århus Universitet, Tjele
- Kaspersen, Mia 2007 *Bæredygtighedsrapportering*, Forlaget Thomson og REVIFORA, København
- Kjær, Tyge „Introduktion til kursusgang 2“ 2007, ikke publiceret introduktion til en kursusgang i kurset „Det bæredygtige samfund“ Roskilde Universitet efteråret 2007.
- Krebs, Charles J. 2001 *Ecology*, Benjamin Cummings, San Francisco
- KAIT & JAKK 2008 *Nyt biogasanlæg i Nakskov – VVM redegørelse*, Lolland Kommune, Maribo
- Merchant, Carolyn 2003 *Reinventing Eden*, Routledge, New York
- Minter, Michael (Ed) 2005 *Kan dansk landbrug betale sig? Antologi om landbrugets samfundsøkonomiske betydning i miljøperspektiv*, Danmarks Naturfredningsforening, København
- Møller, Henrik B;Nielsen, Andreas M; Murto, Marika; Christensson, Kjell; Rintala, Jukka; Svensson, Mattias; Seppälä, Mari; Paavola, Teija; Angelidaki, Irini & Kaparaju, Prasad L 2008 *Manure and Energy Crops for Biogas Production (TemaNord 2008:544)*, Nordic Council of Ministers, København
- OECD 2001 *Sustainable Development – critical issues*, OECD Publications, Paris
- Redclift, Michael & Benton, Ted (Eds.) 1994 *Social Theory and the global environment*, Routledge, London
- Redclift, Michael (Ed.) 2005a Vol 1 *Sustainability – Critical concepts in the Social Sciences*, Routledge, London
- Redclift, Michael (Ed.) 2005b Vol 3 *Sustainability – Critical concepts in the Social Sciences*, Routledge, London
- Redclift, Michael (Ed.) 2005c Vol 4 *Sustainability – Critical concepts in the Social Sciences*, Routledge, London
- Rogers, Peter P; Jalal, Kazi F; Boyd, John A 2008 *An Introduction to Sustainable Development*, Earthscan, London
- Rådet for Den europæiske Union 2006:
Ny EU-strategi for bæredygtig udvikling; Rådet for Den europæiske Union Bruxelles, den 28. juni 2006, http://ec.europa.eu/sustainable/docs/renewed_eu_sds_da.pdf
- Salomonsen, Kristian Buch 2000 *Potentiale og barrierer for biogasproduktion i Danmark ved omfattende økologisk jordbrug med fokus på jordens kulstofforhold*, Institut for bygninger og energi, Danmarks Tekniske Universitet

- Schleisner, Lotte & Nielsen, Per Sieverts 1997 *External Costs Related to Power Production Technologies*, Risø, Roskilde
- Schleisner, Lotte & Nielsen, Per Sieverts 1997a *External Costs Related to Power Production Technologies – Appendix samling*, Risø, Roskilde
- Storgaard, Svend & Bøttcher, Jesper 2006 *Biogasproduktion i Danmark*, Geografisk Institut, Københavns Universitet, København
- Svensmark, Henrik & Calder, Nigel 2007 *Klima og kosmos*, Gad, København
- Thomsen, Carina Nymand 2006 *Bioforgasning af husdyrgødning fra økologiske mælkebedrifter, Betydning for opnåelse af økologisk jordbrugs målsætninger*, Institut for Jordbrugsvidenskab, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg
- Weisman, Alan 2008 *Verden uden os*, Borgen, København
- World Development Indicators Online: Energy use, Denmark 15.12.2009 10:41 <http://ddp-ext.worldbank.org.molly.ruc.dk/ext/DDPQQ/report.do?method=showReport>