

Rapport 2022/46 | Oljedirektoratet



## Havregnskap

Michael Hoel og Steinar Strøm

# Dokumentdetaljer

Tittel	Historisk lønnsomhet
Rapportnummer	2022/46
Forfattere	Michael Hoel og Steinar Strøm
ISBN	978-82-8126-604-9
Prosjektnummer	22-DMD-03 OD
Prosjektleder	Dag Morten Dalen
Kvalitetssikrer	Dag Morten Dalen
Oppdragsgiver	Oljedirektoratet
Dato for ferdigstilling	18.november 2022
Kilde forsidefoto	Pexels.com
Tilgjengelighet	Offentlig
Nøkkelord	Olje- og gassutvinning, havfiske, sjøfart, samfunnsøkonomisk analyse, havregnskap, bærekraft

## Om Vista Analyse

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk utredning, evaluering, rådgivning og forskning. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaområder er klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd. Vista Analyse er vinner av Evalueringsprisen 2018.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innenfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

# Forord

Vi har på oppdrag fra Oljedirektoratet redegjort for utvikling av havregnskap og bruken av disse. Prosjektet har vært gjennom i perioden mai-oktober 2022.

Terje Sørenes har vært oppdragsgivers kontaktperson. Vi takker for gode innspill og diskusjoner på fagseminar med oppdragsgiver har gitt verdifulle innspill til arbeidet.

Prosjektet har vært gjennomført av Steinar Strøm og Michael Hoel. Dag Morten Dalen har vært kvalitetssikrer.

1.november 2022

**Steinar Strøm**  
Partner  
Vista Analyse AS



# Innhold

Sammendrag og konklusjoner .....	6
1 Innledning .....	8
2 Havregnskap og nasjonalregnskap .....	9
3 Havregnskap .....	11
4 Økosystemtjenester og verdsetting.....	14
5 Styrke og svakheter ved havregnskap sett fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel .....	19
6 Kan slike regnskap brukes til å foreta standard nytte-kostnadsanalyser? .....	21
7 Konklusjon.....	23
Referanser .....	24
A Eksempel på nytte-kostnadsanalyse	25

# Sammendrag og konklusjoner

I dette prosjektet foretar vi en gjennomgang av utviklingen innenfor havregnskap og en vurdering av hvorvidt dette per nå er et godt verktøy i arbeidet med forvaltningsplaner. Vi viser først (avsnitt 2) hvordan vi kan bruke tall fra nasjonalregnskapet til å beregne brutto bearbeidingsverdi for hele havsektoren, dvs dekker all virksomhet med tilknytning til norsk hav, herunder petroleum, fiske, innenriks sjøfart og havvind. Nasjonalregnskapet har to velkjente svakheter:

Nasjonalregnskapet tar bare i begrenset grad hensyn til endringer i verdien på kapitalbeholdninger.

Det er bare goder med en markedspris som inngår i produksjonsverdiene og vare- og tjenesteinnsatsene i nasjonalregnskapet.

Et havregnskap kan være en måte å supplere nasjonalregnskapstall slik at en i større grad tar hensyn til de to kulepunktene over. Dette er drøftet nærmere i avsnitt 3.

Det internasjonale Høynivåpanelet for en bærekraftig havøkonomi (Havpanelet) foreslår at et helhetlig havregnskap kan bygge på de internasjonalt bestemte og anerkjente regnskapsrammeverkene: nasjonalregnskapet og FNs miljøøkonomiske regnskapsrammeverk. Fenichel m.fl. (2020) foreslår at et havregnskap bør videreutvikles til å inkludere andre mål på verdi som livskvalitet og menneskelig velferd, noe som ville gi et mer helhetlig havregnskap. En viktig problemstilling er i så fall hvordan endringer i økosystemer påvirker livskvalitet og menneskelig velferd og hvordan disse eventuelle endringer kan verdsettes. En god oversikt over dette er gitt i Colgan (2016):

"At the heart of this change, however, lies the mundane but critical question of measurement. How can the blue economy be distinguished from other types of economic activity? How are changes to be measured in order to know whether whatever the blue economy is expanding or contracting? How will it be known, whether the blue economy is moving towards or away from a balance of ecosystems and economic uses? How will new technologies and innovations affect changes in the composition of the blue economy? Without temporally and spatially consistent data systems to provide answers to these questions, the blue economy will be a destination forever lying just over the horizon, towards which no course can be charted. Fortunately, the movement towards the blue economy is occurring at the same time as significant efforts to develop the appropriate data systems. A number of countries are already developing means of measuring the oceans' contributions to national economies using the standard measurements of the national income".

Et havregnskap viser ideelt sett både tilstanden og utnyttingen av økosystemtjenester og ressurser som fisk, mineraler olje og gass. Tilstanden til økosystemene i havet, hvordan disse blir påvirket av kommersielle aktiviteter knyttet til fisk, olje, gass og mineraler og hvordan endringer i økosystemene slår tilbake og påvirker kommersielle aktiviteter, er klart det viktigste havregnskap kan bidra med.

Ulike metoder for å anslå verdier på økosystemer og andre ikke-markedsgoder er drøftet i avsnitt 4. Hver metode har styrker og svakheter, og innebærer at ethvert verdianslag er beheftet med en betydelig grad av usikkerhet.

Styrker og svakheter ved havregnskap sett fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel er drøftet nærmere i avsnitt 5 og 6. Den viktigste styrken er at et havregnskap kan gi en systematisk og løpende oppdatering av havets forventete fysiske ressurser som olje- og gass, fisk, mineraler og tilstanden til økosystemer.

Fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel bør et regnskap være basert på verdier, ikke bare fysiske størrelser. Dette gjelder både beholdningene av ressursene (kapitalregnskap) og utnyttingen av ressursene (inntekts/utgifts regnskap). For olje, gass, fisk og mineraler (og hav-vind) eksisterer det markeder som gjør det mulig å beregne verdier i dag og forventede verdier fremover av den løpende ressursutnyttingen og av beholdningene av ressursene. For økosystemer og utnyttingen av disse eksisterer det ikke slike markeder i dag. Et regnskap som ikke er basert på verdistørrelser gjør det vanskelig å vurdere utnyttingen av eksempelvis olje og gassressurser opp mot endringer i tilstanden til økosystemer. Den viktigste svakheten ved et havregnskap er usikkerheten knyttet til beregninger av verdier for denne typen ikke-markedsgoder.

Bruk av havregnskap i nytte-kostnadsanalyser er drøftet i avsnitt 7 og appendiks 1. Selv om en har et godt havregnskap hvor verdien på alle strømmer og beholdninger inngår, er ikke dette tilstrekkelig til å utføre gode nytte-kostnadsanalyser. I en nytte-kostnadsanalyse må vi anslå hvordan endringer i for eksempel petroleumsaktivitet påvirker alle verdiene i havregnskapet. Det dynamiske samspillet mellom petroleumsvirksomhet og ulike verdier i et havregnskap er svært kompleks, og trolig påvirket av en rekke eksogene stokastiske forhold. I praksis vil det derfor være stor usikkerhet knyttet til hvordan dette samspillet skal tallfestes.

# 1 Innledning

I dette prosjektet foretar vi en gjennomgang av utviklingen innenfor Havregnskap og en vurdering av hvorvidt dette per nå er et godt verktøy i arbeidet med forvaltningsplaner. Sentrale spørsmål som oppdragsgiver ønsker drøftet, er:

- Hva er styrke og svakheter ved slike regnskap sett fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel?
- Hva kan slike regnskap brukes til?
- Hva kan slike regnskap ikke brukes til?
- Kan slike regnskap brukes til å foreta standard nytte-kostnadsanalyser?
- Hvor godt egnet er slike regnskap til bruk i forvaltningsplaner?

Hovedmålet er å bidra til størst mulige verdier for samfunnet fra olje- og gass-virksomheten på norsk kontinentalsokkel gjennom en effektiv og forsvarlig ressursforvaltning, der det tas hensyn til helse, miljø, sikkerhet og til andre brukere av havet.

Prosjektet vårt skal bidra med økt kunnskapsgrunnlag for god sameksistens mellom ulike brukere av havet slik at en oppnår en rasjonell totalutnyttelse av havarealene. Kunnskapsgrunnlaget kan også bidra til at næringsvirksomheten i norske havområder kan videreutvikles slik at størst mulige verdier skapes til fellesskapet.



## 2 Havregnskap og nasjonalregnskap

Før vi går nærmere inn på egenskapene til et havregnskap, er det nyttig å se på nasjonalregnskapet og hva det kan si om havøkonomi. Et sentralt begrep i nasjonalregnskapet er den årlige verdien på Norges bruttonasjonalprodukt (BNP). Grovt sagt er denne verdien lik samlet produksjonsverdi fra all norsk virksomhet fratrukket all vare- og tjenesteinnsats til de samme virksomhetene (vi ser for enkelthets skyld bort fra de spesielle reglene som gjelder for offentlig sektor). BNP kan brytes ned på enkeltsektorer, som gir brutto bearbeidingsverdi for hver sektor. For hver sektor er denne bearbeidingsverdien lik sektorens brutto produksjonsverdi minus verdien av all vare- og tjenesteinnsats knyttet til driften.

Sektorinndelingen kan velges på ulike måter. Spesielt kan en definere en «havsektor», som dekker all virksomhet med tilknytning til norsk hav, herunder petroleum, fiske, mineraler innenriks sjøfart og havvind. En kan dermed beregne brutto bearbeidingsverdi for hele havsektoren.

Et opplagt spørsmål er om vi trenger noe havregnskap utover en slik beregnet bearbeidingsverdi for havet. Svaret på dette spørsmålet er nært knyttet til velkjente svakheter knyttet til BNP som et mål på velferd. Blant de mest relevante svakhetene er

- BNP tar bare i begrenset grad hensyn til endringer i verdien på kapitalbeholdninger.
- Det er bare goder med en markedspris som inngår i produksjonsverdien og vare- og tjenesteinnsatsen som definerer BNP.

Når det gjelder kapitalbeholdninger, er endringer i produsert realkapital delvis inkludert i nasjonalregnskapet: Produksjon av realkapital, som gir økt beholdning av realkapital, inngår i BNP. I nasjonalregnskapet beregnes også depresiering (også kalt kapitalslit), som bidrar til å redusere beholdningen av produsert realkapital. Når depresiering trekkes fra BNP får vi verdien av nettonasjonalproduktet (NNP).

Produsert realkapital er imidlertid bare en del av Norges fysiske kapitalgoder. Alle beholdninger av naturressurser er kapitalbeholdninger. Endringer i det fysiske omfanget og verdien av slike kapitalgoder er ikke inkludert i nasjonalregnskapet. Noen eksempler på viktige endringer i kapitalgoder som ikke er inkludert i nasjonalregnskapet er reduserte petroleumsressurser som følge av utvinning, økte petroleumsressurser som følge av vellykket leteaktivitet, og redusert fiskebestand som følge av overfiske eller andre forhold.

Ikke-markedsgoder er alle goder som direkte eller indirekte betyr noe for folks velferd. Opplagte eksempler er ren luft, rent hav, uberørt natur. De samme forholdene som kan endre BNP kan også endre omfanget av slike goder. Et opplagt eksempel er vindkraft. Kraftproduksjonen fra vindkraft inngår i BNP, men de negative konsekvensene i form av naturinngrep (dvs redusert uberørt natur) er ikke med.

Noen typer ikke-markedsgoder er ikke av direkte betydning for folks velferd, men endringer i beholdningen av disse kan påvirke omfanget av både markedsgoder og ikke-markedsgoder i fremtiden. Vi gir et eksempel på dette i avsnitt 7: Oljevirkosomhet kan tenkes å påvirke utviklingen av kvaliteten på økosystemer. Kvaliteten på økosystemer kan i sin tur påvirke utviklingen av

fiskebestanden, og dermed av muligheten for fisk. I dette tilfellet har vi altså en virking fra et markedsgode (olje) via et ikke-markedsgode (økosystem-kvalitet) tilbake til et markedsgode (fisk).

Et havregnskap kan være en måte å supplere nasjonalregnskapstall slik at en i større grad tar hensyn til de to kulepunktene over.

## 3 Havregnskap

Det internasjonale Høynivåpanelet for en bærekraftig havøkonomi (heretter kalt Havpanelet) ble etablert i 2018 etter initiativ fra Statsminister Erna Solberg. Havpanelet består av 14 land representert av sine statsledere. Havpanel-landene har forpliktet seg til «en planmessig, bærekraftig forvaltning av 100 prosent av sine hav- og kystområder innen 2025» (Nærings- og fiskeridepartementet, 2020).

Et havregnskap vil kunne produsere en rekke indikatorer som ifølge SSB kan brukes for å oppnå en mer helhetlig havforvaltning. I dagens system foretas det gjerne separate analyser av økonomi, økosystemer og miljøtilstand. Tanken er at hvis vi bedrer kunnskapen om samspillet mellom økosystemer, miljøtilstand, økonomi og annen menneskelig aktivitet, vil dette bidra til en mer bærekraftig forvaltning. En viktig indikator for bærekraft som framheves er beholdningen av nasjonens havformue.

I et notat forut for et seminar om havregnskap viser Grimsrud og Ånestad (2021) til at Havpanel-landene har forpliktet seg til «en planmessig, bærekraftig forvaltning av 100 prosent av sine hav- og kystområder innen 2025» (Regjeringen, 2020). En av de fem hovedanbefalingene fra Havpanelet er å endre måten regnskap for hav føres på, slik at det kan ta hensyn til alle verdiene fra havet (Stuchtey m.fl. 2020).

Havpanelet foreslår at et helhetlig havregnskap kan bygge på de internasjonalt bestemte og anerkjente regnskapsrammeverkene: nasjonalregnskapet og FNs miljøøkonomiske regnskapsrammeverk. I nasjonalregnskapet er strømmen av varer og tjenester regnet i verdier. Havet inneholder ressurser hvor både beholdninger og strømmen av varer (tapping av beholdningene) kan måles i volum og verdier (mineraler, hav-vind, fisk, olje og gass). Andre ressurser som økosystemtjenester, eksempelvis fra taeskog og sandbunn, eksisterer det per dags dato ikke markeder for og det er derfor ikke mulig med verdianslag på disse tjenestene som på samme måte som for mineraler, fisk, olje og gass.

Fenichel m.fl. (2020) foreslår imidlertid at et havregnskap bør videreutvikles til å inkludere andre mål på verdi som livskvalitet og menneskelig velferd, noe som ville gi et mer helhetlig havregnskap. En viktig problemstilling er i så fall hvordan endringer i økosystemer påvirker livskvalitet og menneskelig velferd og hvordan disse eventuelle endringer kan verdsettes. Og beslektet, men noe mer avgrenset, hvordan skal en kunne gi en kvantitativ, helst verdimeslig, beskrivelse av endringer i økosystemtjenester som kan vurderes opp mot verdiene av utnytting av havressurser som mineraler, fisk, olje og gass. Det vil alltid måtte være en avveining av verdier knyttet til utvinning av ressurser i havet mot verdien av å ta vare på økosystemer.

I tillegg anbefaler Havpanelet at regnskapstall for hav blir lett tilgjengelig for brukere gjennom visning i interaktive data-dashboards (Stuchtey m.fl. 2020). Hvor nyttig slike dashboards vil være, avhenger av innholdet, omfanget og tilknytningen til de ulike aktivitetene i havet. Vil de kunne si noe om eventuelle skadevirkninger av olje- og gassutvinning?

Det en trenger er informasjon som kan vise hvordan tapping av ressurser som mineraler, olje, gass og fisk, samt utslipp fra land av forurensende stoffer, kan påvirke omfanget rent fysisk av veldefinerte økosystemtjenester i dag og tiden fremover, og i hvilken grad endringer i havets økosystemer påvirker utnyttingen av ressurser i havet som har en markedstilknytning som f.eks. ulike

fiskebestander. Om denne informasjonen best kan vises i mer eller mindre oppdaterte data-dashboards er langt fra opplagt.

Det er også blitt fremmet forslag om et Satellitt-regnskap for havet som skal gi informasjon om havrelatert økonomisk aktivitet som inngår i nasjonalregnskapet. Dette gjelder blant annet skipsfart, turisme, fiskerier, og offshore olje og gassutvinning og næringer knyttet til disse. Satellitt-regnskapet vil da kunne vise havets bidrag til bruttonasjonalproduktet, som forklart i avsnitt 2. Dette er opplagt gjennomførbart og allerede foretatt, se bl.a. Nickelsen og Ånestad (2022) og FAGLIG FORUM FOR NORSKE HAVOMRÅDER (2019).

I FAGLIG FORUM FOR NORSKE HAVOMRÅDER (2018) drøfter en sammenhenger mellom økosystemer og verdiskapingen i havbaserte økonomiske virksomheter. Vi siterer noen relevante avsnitt fra denne rapporten.

«Økosystemtjenestetilnærmingen tar utgangspunkt i at økosystemene inneholder biofysiske strukturer og prosesser samt økologiske funksjoner som yter et sett med tjenester som bidrar til menneskelig velferd.»

«Tilnærmingen kobler sammen naturfaglig og samfunnsøkonomisk kunnskap, og illustrerer hva vi som mennesker (og som samfunn) får igjen av velferd/verdi fra velfungerende økosystemer. Hensikten med å bruke økosystemtjenestetilnærmingen er å få synliggjort betydningen av velfungerende økosystemer og de tjenestene de leverer. Slik kan også bredden av verdier integreres i ulike beslutningsprosesser. For å konkretisere anvendelsen av økosystemtjenestetilnærmingen har vi i denne rapporten vurdert seks arter nærmere: Snøkrabbe, korallrev, torsk, polartorsk, spekkhogger og lunde».

«Artenes tilstand, funksjon i økosystemet, økosystemtjenester og nytte presenteres, og det gis vurderinger av hvordan nytten av økosystemtjenestene knyttet til arten kan vurderes og beregnes».

«Verdiene av økosystemtjenestene som de utvalgte artene bidrar med reflekterer videre en bredde av type verdier. Det er eksempler på både direkte og indirekte bruksverdier, opsjonsverdier og ulike former for ikke-bruksverdier. Eksempelene som er utarbeidet bidrar til å synliggjøre viktige verdier utover de markedsmessige som disse artene gir oss.»

En god oversikt over disse problemstillingene er gitt i Colgan (2016):

“At the heart of this change, however, lies the mundane but critical question of measurement. How can the blue economy be distinguished from other types of economic activity? How are changes to be measured in order to know whether whatever the blue economy is expanding or contracting? How will it be known, whether the blue economy is moving towards or away from a balance of ecosystems and economic uses? How will new technologies and innovations affect changes in the composition of the blue economy? Without temporally and spatially consistent data systems to provide answers to these questions, the blue economy will be a destination forever lying just over the horizon, towards which no course can be charted. Fortunately, the movement towards the blue economy is occurring at the same time as significant efforts to develop the appropriate data systems. A number of countries are already developing means of measuring

the oceans' contributions to national economies using the standard measurements of the national income".

Et havregnskap viser ideelt sett både tilstanden og utnyttingen av økosystemtjenester og ressurser som fisk, mineraler olje og gass. Tilstanden til økosystemene i havet, hvordan disse blir påvirket av kommersielle aktiviteter knyttet til fisk, olje, gass og mineraler og hvordan endringer i økosystemene slår tilbake og påvirker kommersielle aktiviteter, er klart det viktigste havregnskap kan bidra med.

En kan ikke utelukke at det eksisterer en betalingsvilje for bevaring av økosystemtjenester uten at disse tjenestene er koblet til virkninger på ressursutnyttning, eksempelvis fisk, som har en markedsverdi. Dette tas opp i neste avsnitt.

I den litteraturen som det refereres til i dette avsnittet sies det at havregnskap skal kunne vise «hva vi som mennesker (og som samfunn) får igjen av velferd/verdi fra velfungerende økosystemer», men hvordan en skal representere og måle velferd og verdi knyttet til økosystemer sies det mindre om.

## 4 Økosystemtjenester og verdsetting<sup>1</sup>

Et økosystem kan defineres som et dynamisk kompleks av planter, dyr og mikroorganismer som i samspill med det ikke-levende miljø utgjør en funksjonell enhet. Økosystemer er ikke lukkede systemer, og særlig gjelder dette økosystemene i havet der strømmene i stor grad bidrar til utveksling av organismer mellom forskjellige havområder og økosystemer. Likevel er de marine økosystemene kjennetegnet av at dynamikken innenfor systemet er viktigere enn import og eksport av organismer. Rammebetingelsene for økosystemet legges av det fysiske miljøet, som inkluderer bunndybde og -type samt havets egenskaper i form av temperatur, salt og strøm. Geografisk beliggenhet er dessuten avgjørende for grad av sesongvariasjon i for eksempel lys. (Informasjon fra Havforskningsinstituttet).

I en rapport initiert av FN beskrives og klassifiseres de tjenester som naturens økosystem kan gi oss, MEA (2003). Dette arbeidet er fulgt opp i europeiske rapporter hvor en også kommer inn på hvordan tjenestene fra økosystemer eventuelt kan verdsettes økonomisk, TEEB (2008). TEEB har fått stor betydning for både den vitenskapelige og politiske debatten, og er hovedgrunnen til at flere land, deriblant Norge, har initiert egne prosesser for å vurdere verdien av nasjonale økosystemtjenester.

Sammenhengen mellom biologisk mangfold, som det ofte er knyttet konkrete miljøpolitiske målsettinger til, og økosystemtjenester i rammeverket til MEA/TEEB, er noe uklar og mye diskutert. En kan se på biologisk mangfold som en komponent som (på komplekse måter) understøtter økosystemprosesser, som en endelig økosystemtjeneste og som et gode som kan verdsettes i seg selv (gjærne plassert som en del av de kulturelle økosystemtjenestene).

I TEBB (2008) presiseres det at de økonomiske verdsettinger som er aktuelle ikke er verdsettinger av de totale økosystemtjenester, men av endringene i disse tjenestene som følge av aktiviteter som påvirker økosystemene, for eksempel de virkninger olje- og gass virksomhet kan ha på marine økosystemer.

I Sweco (2010) er de økonomiske verdiene av marine økosystemtjenester definert som følger:

- Bruksverdi: Som igjen kan deles i henholdsvis direkte bruksverdi og indirekte bruksverdi
- Opsjonsverdi og eventuelt kvasiopsjonsverdi
- Ikke-bruksverdi som igjen kan deles i eksistensverdi og bevaringsverdi

Med bruksverdi menes verdier knyttet til bruk av godet. Direkte bruksverdier vi får fra marine økosystemer er for eksempel verdien av fiskeressurser og andre arter med kommersiell verdi, samt rekreasjonstjenester som bading, dykking, hvalsafari osv.

Indirekte bruksverdier referer seg til nytte som er relatert til tjenester vi får fra funksjonen av marine økosystemer og overlevelse av marine ressurser, selv om disse ikke har noen direkte kommersiell verdi. De kan også være knyttet til det å se hav, havmiljø, kystlandskap osv.

---

<sup>1</sup> Se Dag Morten Dalen, Michael Hoel og Steinar Strøm (2012) for en mer utførlig drøfting.

Opsjonsverdi betyr at personer som ikke bruker en ressurs i dag, kan verdsette muligheten /opsjonen til å bruke ressursen i fremtiden.

Kvasiopsjonsverdien kan ses på som en korreksjonsfaktor når man har med irreversible inngrep å gjøre, for eksempel utryddelse av arter, eller endring av økosystemer utover det nivået der de kan komme tilbake til tidligere tilstand. Kvasiopsjonsverdien er verdien av den økte informasjon man får av ikke å gjennomføre irreversible tiltak.

Ikke-bruksverdi er verdien av godet/økosystemtjenesten uten tanke på egen bruk, men knyttet til å ville bevare den for seg selv og andre i dag (Eksistensverdi) og for fremtidige generasjoner (Bevarings- eller arveverdi). Eksistensverdien referer til nytten som oppstår ut fra kunnskapen om at marine økosystemer er beskyttet uten å bli brukt.

Ser vi bort fra de direkte bruksverdiene der det finnes markedspriser, vil de andre verdiene være knyttet til tjenester som ikke omsettes i et marked. For å lage anslag på disse verdiene må en derfor få frem personers betalingsvillighet for endringer i de aktuelle økosystemtjenestene.

For å kunne gjøre dette må en ikke bare skaffe seg anslag på hva en person er villig til å betale for å unngå en endring i økosystemtjenestene, men en må også definere den populasjonen av personer som berøres av endringene. Denne populasjonen kan bestå av personer som ikke er bosatt i nærheten av de økosystemer som berøres. En kan for eksempel tenke seg at det er en betalingsvillighet for å hindre inngrep i et havområde i Norge blant folk som bor helt andre steder på kloten.

Det er to hovedtyper av metoder til å tallfeste betalingsvillighet for tjenester som ikke omsettes i markeder: direkte og indirekte metoder, Førsund og Strøm (2000). I internasjonal litteratur kalles disse metodene ofte avslørte (revealed preferences) og oppgitte preferanser (stated preferences).

Den direkte metoden er knyttet til oppgitte preferanser og betyr at en spør personer om de er villige til å betale for å unngå endringer i økosystemtjenestene, og gitt at de sier ja, hvor mye de er villige til å betale, typisk per år for husstanden. En kan enten intervju personer, eller avdekke villigheten til å betale for miljøgoder gjennom folkeavstemninger. Den direkte metoden er den eneste som kan fange opp ikke-bruksverdier.

Hovedmetoden som benytter personintervjuer, går under navnet "betinget verdsetting", eller – contingent valuation. Navnet henspiller på at målet er å konstruere et hypotetisk marked for miljøgodet som respondentens verdsetting er betinget av. I intervjuene stilles det hypotetiske spørsmål om betalingsvillighet for å unngå negative endringer i økosystemtjenester eller for å oppnå positive endringer. Intervjuobjektene blir stilt direkte spørsmål for å avdekke hva de er villige til å betale for et gitt gode (WTP=willingness to pay), eller vil kreve i kompensasjon for å gi det opp (WTA=willingness to accept), under visse gitte og spesifiserte forutsetninger.

I valget mellom WTP og WTA er det sentralt hvordan en vurderer rettighetene til før- og etter situasjonen. Hvis folk mener de har rett til den miljøkvaliteten som eksisterer nå, vil de vanskelig kunne akseptere å måtte betale for å unngå en forverring. Hvis det derimot er en viss aksept for at de som driver aktiviteter som har negative konsekvenser for miljøet (så som oljeproduksjon) har en rett til å fortsette slike aktiviteter, vil det være mer akseptert at de som berøres bes om å betale for at deler av den skadelige aktiviteten skal opphøre. Arten av endringene i økosystemtjenestene vil ha betydning for hvordan disse rettighetene tolkes.

Dersom det er snakk om forbedringer av økosystemtjenestene vil WTP være mest hensiktsmessig. Ved forverring av økosystemtjenestene kan det være mer hensiktsmessig å spørre om WTA. I 1992 konkluderte National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Blue Ribbon Panel at WTA kan brukes til å verdsette passiv bruksverdi, se Arrow et al (1993).

I forbindelse med olje- og gassproduksjon vil det kunne være tale om en eventuell forverring av økosystemtjenestene. I så fall vil spørsmål om WTA være mest hensiktsmessig. Problemet med bruk av WTA er at en i mange undersøkelser har fått mange protestsvar fordi respondentene typisk ikke aksepterer betingelsene i det hypotetiske markedet som er konstruert og mange krever svært store beløp, siden respondentenes oppgitte WTA ikke er begrenset av deres budsjett-betingelse. Gjennomsnittet av WTA-svar har ofte vært klart høyere enn gjennomsnittet av WTP-svar. Dette kan skyldes gale svar, men en kan heller ikke utelukke at svarene er riktige. Uansett vil det kreve at data analyseres på en grundig og statistisk sett avansert måte.

Dersom en i intervjuene spør om et beløp, vil dette kunne dekke betalingsvilligheten ikke bare for direkte bruksverdier, men for alle de verdier som er omtalt ovenfor, dvs. for en "pakke" av tjenesteverdier. Det er som oftest vanskelig (og heller ikke nødvendigvis ønskelig) å forsøke å skille de ulike verdiene fra hverandre, for eksempel i bruks og ikke-bruksverdier. Forsøker man å verdsette ulike økosystemtjenester hver for seg, som et alternativ, kan en fort ved summering begå "dobbel-telling", siden tjenestene ofte kan være vanskelige å dele opp. Dette er et argument for å behandle endringer i et sett av økosystemtjenester fra for eksempel et miljøtiltak til havs under ett i verdsettingen.

Den betingete verdsettingen kan forankres i mikroøkonomisk teori. La  $U(g(p,Y),M)$  være nyttefunksjonen til en person som har et forhold til økosystemtjenester, hvor  $p$  er en vektor av priser på de konsumvarer som personen kjøper,  $Y$  er inntekten og  $M$  er en indikator for økosystemtjenestene. Funksjonen  $g(.)$  er en vektor-funksjon og representerer personens etterspørselsfunksjoner for alle varer som personen kjøper.

La  $V(p,Y,M) = U(g(p,Y),M)$  være den indirekte nyttefunksjonen. La  $M_1$  være opprinnelige økosystemtjenester og  $M_0$  være økosystemtjenester etter påvirkning av kommersielle aktiviteter i havet. Jo mer forverring, desto større er  $M_1$  i forhold til  $M_0$ .

Betalingsvilligheten for å hindre forverring av økosystemtjenestene, Willingness To Pay, WTP, kan da være gitt ved  $V(Y-WTP, M_1) = V(Y, M_0)$ . Denne betalingsvilligheten vil være stigende i inntekten  $Y$ . Og den vil være større jo større  $M_1$  er i forhold  $M_0$ . WTP er hva vi mikroteorien kaller Compensating Variation, CV, som er et mål på konsumentoverskudd.

Alternativt kan en spørre personen om hva han eller hun må ha i kompensasjon for å akseptere utbyggingen, Willingness TO Accept, WTA, som er gitt ved  $V(Y, M_1) = V(Y+WTA, M_0)$ . Denne kompensasjonen vil være stigende i inntekten  $Y$ . Og den vil være større jo større  $M_1$  er i forhold  $M_0$ .

Poenget med å forankre svar om betalingsvillighet, eventuelt kompensasjon, i en mikroøkonomisk ramme er at en kan sjekke om svarene personer gir på spørsmål om WTP eller WTA er i samsvar med deres egen økonomi ( $Y$ ) og de valg de gjør i markedene.

Diskusjonen om betinget verdsetting skjøt fart i forbindelse med at båten Valdez, eid av oljeselskapet EXXON, grunnstøtte i Prins William sundet i Alaska i mars 1989. Staten Alaska hyret økonomer og jurister for å gi anslag på verdien av tapte naturressurser som følge av oljesøl i Alaska, mens EXXON hyret andre økonomer og jurister til å så tvil om disse betingete verdsettingen av



tapt natur. Det førte til en bok, sponset av EXXON, med bidrag fra mange godt kjente økonomer, seks med Nobelpris: J.A.Hausman (ed): *Contingent Valuation-A Critical Assessment*, North-Holland, Amsterdam-London-new York-Tokyo, 1993.

I noen tidlige undersøkelser av betinget verdsetting og betalingsvillighet har en funnet at svarene kan være helt urealistiske, se Hausman (1993) for flere eksempler og Horowitz and McConnell (2003) som har individobservasjoner av WTA, WTP og inntekten Y. Fra disse observasjonene beregner de sammenhenger mellom WTP og inntekten Y som gjør at de kan beregne elastisiteten av WTP med hensyn på inntekt. Horowitz and McConnell(2003) finner inntektselastisiteter som varierer mellom 20 og 3000. Forfatterne konkluderer med at ikke bare er disse elastisitetene urealistiske men svarene kan ikke forankres innenfor en standard mikroøkonomisk ramme.

Sweco (2010) og TEEB (2000) sier på sin side at økonomisk verdsetting er en god tilnærming for å måle bidraget økosystemtjenestene gir til vår livskvalitet og velferd, og til å bedre vår forståelse av hva man vinner og taper ved ulik bruk av økosystemer. Selv om ikke alle verdier knyttet til biodiversitet, økosystemtjenester og bevaring av naturressurser kan måles i økonomiske termer, og vi bare greier å måle deler av totalverdiene, er denne typen verdsetting viktig for å vise de store verdiene som er forbundet med slike goder og tjenester – og de store tapene som oppstår når økosystemene forringes. Men en kommer ikke bort fra eventuelle problemer med tolkning av helt urimelige svar.

Sweco (2010) påpeker at den største mangelen når det gjelder verdsettingsstudier er for ikke-bruksverdier: «Faren ved å gjennomføre en betinget verdsettingsundersøkelse som har som mål å verdsette "hele ikke-bruksverdien" knyttet til marine økosystemtjenester, er at vi allikevel bare får fanget opp brokker av disse verdiene. Dette fordi presentasjon av alle de tjenestene som har ikke-bruksverdi-elementer i seg, vil være umulig å formidle til respondenter i en undersøkelse. Det kan derved også være vanskelig å fange opp hva som er verdsatt og hva som ikke er verdsatt, og dermed står man i fare for å verdsette en noe "udefinert" del av totale ikke-bruksverdier.»

I senere undersøkelser av betalingsvillighet har en kommet til mer rimelige svar enn i studiene referert til i Hausman (1993). Boyer, Hopkins og Moss (2017) foretok en spørreundersøkelse blant 486 innbyggere i Oklahoma, USA, om deres betalingsvillighet for «recycled water». Svarene var troverdige og godt innenfor en mikroøkonomisk ramme. I den samme boken som Boyer et al publiserte sin artikkel er det eksempler på liknende undersøkelser i flere land, også med rimelige svar.

Navrud og Strand (2018) intervjuet 49 eksperter på betalingsvillighetsundersøkelser hva en kunne vente av svar på betalingsvillighet for vern av regnskog. Svarene indikerte implisitte inntektselastisiteter på godt under 1. Olsen (2014) har i en godt gjennomført Masteroppgave estimert betalingsvillighet for bruk av nye fasiliteter og attraksjoner i og rundt nasjonalparkområder, og hvilke faktorer som påvirker betalingsvilligheten. Estimaten på betalingsvillighet virker rimelige.

Hoyos, D. & Mariel, P. (2010) gir en oppsummering av erfaringer med bruk av betingete verdsetting og viser at det har skjedd forbedringer i både gjennomføring av verdsettingsspørsmål og tolkingen av svarene.

I tillegg til den naturvitenskapelige utfordringen som ligger i å modellere endringer i de ulike typene økosystemtjenester (som er stor for marine økosystemtjenester), er det beskrivelsen og forklaringen av disse tjenestene til respondentene som er den største utfordringen. Når det godet folk bes verdsette blir komplekst nok, kan det være vanskelig å formidle informasjonen og regne

med troverdige svar gjennom klassiske spørreundersøkelser, for eksempel postalt eller over internett, se for eksempel Lindhjem og Navrud (2011). En løsning på dette problemet har vært å legge større vekt på læring og tid for å tenke, for eksempel i mer fokusgruppe-baserte verdsettingseksersiser. Andre tilnærminger legger opp til stegvis læring i spørreundersøkelsen eller legger mer vekt på nye måter å visualisere økosystemendringene på (for eksempel gjennom virtuelle virkelighetsbeskrivelser i undersøkelser som gjøres på datamaskiner).

# 5 Styrke og svakheter ved havregnskap sett fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel

Styrken ved et havregnskap kan være de følgende:

1. Et havregnskap kan gi en systematisk og løpende oppdatering av havets forventete fysiske ressurser som olje- og gass, fisk, mineraler og tilstanden til økosystemer.
2. En slik oppdatering er avhengig av at informasjonen kvalitetssikres av de aktører som deltar i eller overvåker høstingen av disse ressursene.
3. Havregnskapets rolle styrkes hvis interaksjonen mellom ressursutnyttningen og tilstanden til ressursene oppdateres løpende. Mer konkret: I hvilken grad blir økosystemer i havet påvirket av olje og gassutvinning og hvilke virkninger har endringer i økosystemene på andre ressurser som fisk og mineraler.
4. Styrken ved havregnskap blir bedre jo mer løpende en kan oppdatere ressursbeholdninger og tappingen av disse beholdningene over tid.
5. Når det gjelder utnyttningen av ressurser i havet som fisk, olje, gass og mineraler, så er denne utnyttningen allerede regnskapsført i dagens nasjonalregnskap. Det er dermed et spørsmål om hvor mye mer et havregnskap da bidrar med.

Svakheten ved et havregnskap kan være de følgende

1. Fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel er et regnskap basert på verdier, ikke bare fysiske størrelser. Dette gjelder både beholdningene av ressursene (kapitalregnskap) og utnyttningen av ressursene (inntekts/utgifts regnskap). For olje, gass, fisk og mineraler (og hav-vind) eksisterer det markeder som gjør det mulig å beregne verdier i dag og forventede verdier fremover av den løpende ressursutnyttningen og av beholdningene av ressursene. For økosystemer og utnyttningen av disse eksisterer det ikke slike markeder i dag.
2. Det kan i prinsippet beregnes direkte verdier for økosystemer og de tjenester de kan yte. Verdier vil i så fall være basert på hva folk er villige til å betale for at økosystemer ikke endres eller hva de må ha i kompensasjon, gitt endringer i økosystemer. Men her er det en veg å gå før en kan etablere slike verdier. Som vist i avsnitt 4 er det mange ulike verdier og mange ulike grupper av personer som kan være villige til å betale for bevaring av økosystemer
3. For det første, hvem skal en spørre, kun innbyggere i land med eierskapet til havressursene eller skal en inkludere folk i helt andre land?
4. For det andre, en slik betalingsvillighet må være basert på beskrivelser av tjenestene som individer kan forstå og forholde seg til. Å få til dette kan være svært krevende.
5. En kan overlate til myndigheten i et land å sette verdier på disse tjenestene. Men en kommer likevel ikke unna problemet om hva grunnlaget skal være for slike verdier.
6. Indirekte kan en sette verdier ved at en etablerer forbindelser mellom økosystemer og ressurser som det finnes markeder for. Et klart eksempel er forbindelser mellom tilstander til

økosystemer og fiskeressurser. Problemet er hvor lett det er å etablere slike målbare forbindelser.

7. Dersom det utvikles nye markeder for produkter fra dagens økosystemer, eksempler kan være markeder for tang og tare, vil det kunne bidra til verdianslag på tjenester og produkter fra økosystemer.

Regnskap basert på fysiske størrelser kan gi informasjon om «dagens» ressursmengder (fisk, olje, gass, mineraler) og økosystemer og hvordan ressursmengder og økosystemer utvikler seg over tid.

Dersom landets myndigheter setter krav til at tilstanden til vel definerte økosystemer ikke skal endres mer enn til en viss fastsatt grad, kan regnskapet spille en rolle i hvordan markedsrelaterte ressurser skal utnyttes. Problemet er på hvilket grunnlag myndighetene kan fastsette slike fysiske krav til endringer i økosystemer.

Et regnskap som ikke er basert på verdistørrelser gjør det vanskelig å vurdere utnyttingen av eksempelvis olje og gassressurser opp mot endringer i tilstanden til økosystemer.

## 6 Kan slike regnskap brukes til å foreta standard nytte-kostnadsanalyser?

Havregnskap kan ikke uten videre benyttes til å foreta nytte-kostnadsanalyser for olje- og gassnæringen. For at havregnskapet skal kunne gjøre det, kan myndighetene sette et krav til leting og eventuelt produksjon av olje og gass slik at endringer i observerte økosystemtjenester ikke forverres mer enn hva myndighetene har bestemt. Dette krever god og oppdatert informasjon om økosystemer i de områder hvor leting og eventuell produksjon av petroleum kan foregå, samt informasjon om hvordan leting og produksjon endrer økosystemet. Slike krav kan enten føre til at leting og produksjon blir ulønnsom, eller at lønnsomheten svekkes, men ikke mer enn at det er aktuelt med leting og produksjon.

Hvis havregnskapet skal gi en tilstrekkelig god informasjon slik at en kan beslutte på et samfunnsøkonomisk godt grunnlag, må krav til leting og produksjon gis ut fra en detaljert observasjon av sammenhenger mellom olje- og gassvirksomhet og økosystemer. Samtidig må et eventuelt krav til produksjon og leting begrunnes ut fra en vurdering av tjenester fra et ikke endret økosystem opp mot forventede verdier knyttet til leting og produksjon av olje og gass. Implisitt kommer en derfor ikke utenom å verdsette verdien av økosystemtjenester. Så lenge havregnskapet ikke er verdibasert har dette havregnskapet en begrenset betydning i forhold til standard nytte-kostnadsanalyser.

Hvis endringer i økosystemer, som følge av olje- og gassproduksjon, har en virkning på muligheter for å høste av havets ressurser, og hvor denne høstingen enten har en markedsverdi (f.eks. fisk, tare og tang) eller hvor det er et etablert marked for betalingsvillighet for bevaring av økosystemer, så er det et grunnlag for å foreta standard nytte-kostnadsanalyser. Som eksempel på en slik høsting kan vi ta fisk (i Appendix 1 gir vi en mer formell gjennomgang av dette eksempelet). Anta at endringen (positiv eller negativ) av fiskebestanden fra ett år til neste blant annet avhenger av tilstanden på et økosystem i det gitte året. Anta videre at sistnevnte tilstand kan måles, og at endringen i denne (positiv eller negativ) fra ett år til neste blant annet avhenger av omfanget av petroleumsutvinning i dette året. Vi antar at petroleumsvirksomheten har en negativ innvirkning på denne endringen.

Med disse antagelsene vil fiskebestanden på ethvert fremtidig tidspunkt avhenge av petroleumsproduksjonen fra «i dag» til dette fremtidige tidspunktet. Hvis vi kjenner eller kan beregne markedsverdien av fiskebestanden på ethvert fremtidig tidspunkt, kan vi dermed i prinsippet beregne den eksterne kostnaden for hvert år knyttet til petroleumsvirksomheten.

Hvis petroleumsproduksjonen har en negativ virkning på økosystemer og dermed på fiskebestander, så vil den samfunnsøkonomiske produksjonskostnaden av petroleumsproduksjonen øke og gjøre at det over tid blir produsert mindre petroleum. I noen tilfeller, avhengig av olje- og gasspriser, produksjonskostnader og fisketap, kan det også føre til at leting og produksjon ikke blir foretatt i det hele tatt.

I fremstillingen her har vi sett bort fra en rekke faktorer som kan være nødvendig å trekke inn i en mer fullstendig analyse av samspillet mellom økosystemer i havet, fiskebestander, fiskepriser og betalingsvillighet for bevaring av økosystemer.

For det første er det dynamiske samspillet mellom petroleumsvirksomhet og fiskebestand via utviklingen av økosystemets tilstand svært komplekst, og trolig påvirket av en rekke eksogene stokastiske forhold. I praksis vil det derfor være stor usikkerhet knyttet til hvordan dette samspillet skal tallfestes.

For det andre kan en ikke utelukke at katastrofale uhell knyttet til petroleumproduksjon og leting kan føre til at store deler av et økosystem forsvinner.

For det tredje er det lange tidsperspektiv. Det betyr at fremtidige gevinster og kostnader må nediskonteres. Eksempelvis er både TEEB (2008) og MEA (2003) bekymret for at diskontering kan kvele betalingsvillighet for bevaring av økosystemer og viser til at ved 4% rente vil en verdi av økosystemtjenester om 50 år være verdt 14% av verdien i dag.

Som vist i Dalen, Hoel og Strøm (2008) kan imidlertid usikkerhet om fremtidige kalkulasjonsrenter føre til at kalkulasjonsrenten faller over tid.

En annen mulighet for at fremtidige verdier av miljøtjenester ikke kveles, er at betalingsvilligheten for miljøtjenester kan stige over tid: La  $W$  være nåverdien i dag av fremtidige betalingsvilje for miljøtjenester og la  $g_t$  og  $r_t$  være henholdsvis veksten i betalingsvilligheten og kalkulasjonsrenten.  $w_0$  er verdien av betalingsvilligheten det første året.  $T$  er tidshorizonten. Da er  $W$  gitt ved

$$W = w_0 \sum_{t=1}^T (1 + g_t)^t (1 + r_t)^{-t}$$

Vi ser at dersom veksten i betalingsvillighet er lik eller større enn kalkulasjonsrenten, så er nåverdien av betalingsvilligheten lik dagens betalingsvillighet eller høyere. Dette kan lettere inntreffe hvis  $g_t$  stiger over tid og  $r_t$  faller over tid.

## 7 Konklusjon

Havregnskap slik de nå fremstår, kan ikke uten videre benyttes til å lage forvaltningsplaner. Disse regnskapene kan i beste fall vise hvordan petroleumsproduksjon og leting, med mer eller mindre kjente sannsynligheter, virker inn på tilstanden til økosystemer, fiskebestander mm.

For at havregnskapene skal spille en konkret rolle i utarbeiding av forvaltningsplaner for petroleumsproduksjon og leting ville verdsetting av konkurrerende ressurser vært til stor hjelp.

# Referanser

- Arrow, K., R. Solow, P.R. Portney, E.E. Leamer, R. Radner and H. Schuman (1993): "Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation", *Federal Register* **58**: 4601-4614
- Colgan, C. S. Measurement of the ocean economy from national income accounts to the sustainable blue economy. *J. Ocean Coast. Econ.* **2**, 12 (2016):"
- Dalen, D.M., M. Hoel og S. Strøm(2008): "Kalkulasjonsrenten i en usikker verden, *Samfunnsøkonomen* nr 8.
- Dalen, D.M., M. Hoel og S. Strøm (2012): *Verdsetting av økosystemtjenester*, Vista rapport 2012/08
- FAGLIG FORUM FOR NORSKE HAVOMRÅDER (2018), Økosystemtjenester - grunnlaget for verdiskaping. Faggrunnlag for revisjon av forvaltningsplanen for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten. M-1178
- FAGLIG FORUM FOR NORSKE HAVOMRÅDER (2019), Verdiskaping i næringene. Faggrunnlag for oppdatering av forvaltningsplan for Norskehavet og for Nordsjøen-Skagerrak. M-1408.
- Fenichel, E.P., B. Milligan, I. Porras et al. (2020). "National Accounting for the Ocean and Ocean Economy." *Washington, DC: World Resources Institute.*
- Førsund, F.R. og S. Strøm (2000): "Miljøøkonomi", 4.utgave, Gyldendal.
- Grimsrud, K. og T. K. Ånestad (2021): *Havregnskap – et bakgrunnsnotat*, SSB
- Lindhjem H and Navrud S (2011) Using Internet in Stated Preference Surveys: A review and comparison of survey modes. *International Review of Environmental and Resource Economics* **5**(4): 309-351
- MEA (2003): "Ecosystems and Human Well-being", Millenium Ecosystem Assessment, United Nation, Island Press.
- Nickelsen, E. og T.K. Ånestad (2022): «Satellittregnskap for hav», Notat 2022/12, SSB.
- Nærings-og fiskeridepartementet (2020): *Blått hav, grønn fremtid*, Regjeringens havrapport
- Stuchtey, M., A. Vincent, A. Merkl, M. Bucher et al. (2020). "Ocean Solutions That Benefit People, Nature and the Economy." *Washington, DC: World Resources Institute.* [www.oceanpanel.org/ocean-solutions](http://www.oceanpanel.org/ocean-solutions).
- Sweco (2010): "Verdsetting av marine økosystemtjenester. Metoder og eksempler", Staten forurensningstilsyn, TA 2528.
- TEEB (2008), "The Economics of Ecosystems and Biodiversity", European Communities



# A Eksempel på nytte-kostnadsanalyse

Eksempellet i avsnitt 7 kan formaliseres som følger:

La

$$C(R_t, x_t) = a_0 - a_1 R_t + a_2 x_t; (a_0, a_1) > 0; a_2 \geq 0, R_t \geq 0, R_0 \text{ er gitt og kjent}$$

være kostnadsfunksjonen for produksjon av petroleum.  $C(.)$  er produksjonskostnaden på tidspunkt  $t$ ,  $R_t$  er ressursmengden og  $x_t$  er produksjonen. Vi har da sett bort fra at produksjonen av petroleum har en negativ virkning på økosystemer og fiskebestand.

Men anta nå at en fiskebestand  $Z_t$  er avhengig av tilstanden til økosystemet  $S_t$ . Anta videre at tilstanden dette økosystemet kan måles og slik at

$$Z_t = b_0 Z_{t-1} + b S_t; (b_0, b) \geq 0$$

Her er  $b_0$  den naturlige bestandsvekstraten for fisk. Det betyr at

$$Z_t = b_0^t Z_0 + b \sum_{\tau=1}^t b_0^{t-\tau} S_\tau$$

Anta videre at denne målbare tilstanden til økosystemet endrer seg som følge av petroleumsproduksjon ved

$$S_t = g_0 S_{t-1} - g x_t, \text{ hvor } (g_0, g) \geq 0.$$

Her er  $g_0$  den naturlig vekstraten for tilstanden til økosystemet.

Det vil si at tilstanden til økosystemet kan vokse med en rate lik  $g_0$  i fravær av petroleumsproduksjon. Vi får da at

$$S_t = g_0^t S_0 - g \sum_{\tau=1}^t g_0^{t-\tau} x_\tau$$

Vi ser at tilstanden til økosystemet på tidspunkt  $t$ , avhenger av petroleumsproduksjonen fra starten av produksjonen på tidspunkt 0 til tidspunkt  $t$ .

Fiskebestanden vil da være påvirket av banen for petroleumsproduksjonen ved

$$Z_t = b_0^t Z_0 + \left( b \sum_{\tau=1}^t b_0^{t-\tau} g_0^\tau \right) S_0 - b g \sum_{\tau=1}^t b_0^{t-\tau} \sum_{\tau=1}^t g_0^{t-\tau} x_\tau$$

Som forenkling av hensyn til fremstillingen her, antar vi at produksjonen  $x_t$  er konstant over tid, dvs at

$$Z_t = b_0^t Z_0 + \left( b \sum_{\tau=1}^t b_0^{t-\tau} g_0^\tau \right) S_0 - \left[ b g \sum_{\tau=1}^t b_0^{t-\tau} \sum_{\tau=1}^t g_0^{t-\tau} \right] x$$

Vi ser at fordi  $(b_0, g_0, b, g) \geq 0$  er fiskebestanden synkende over tid som følge av petroleumsproduksjonen.

La

$$A_t = xbg \sum_{\tau=1}^t b_0^{t-\tau} \sum_{\tau=1}^t g_0^{t-\tau},$$

og la  $q_t$  være prisen på fisk på tidspunkt  $t$ .

Tapet av fiskebestand på tidspunkt  $t$  som følge av petroleumsproduksjon på dette tidspunktet er da

$$q_t A_t x$$

Tapet er større, jo

Høyere fiskeprisen er

Høyere petroleumsproduksjonen er

Høyere de naturlige vekstratene for fisk og økosystemer er

Mer petroleumsproduksjonen reduserer økosystemene

Legger vi inn verdien av en lavere fiskebestand, verdsatt til fiskeprisen på tidspunkt  $t$ , til produktjonskostnadene, får vi

$$C(R_t, x_t) = a_0 - a_1 R_t + a_2 x + \underbrace{q_t A_t x}_{\text{ekstern effekt}}; \quad (a_0, a_1, a_2 A_t) > 0; 0, R_t \geq 0, R_0 \text{ er gitt og kjent}$$

Marginalkostnaden på tidspunkt  $t$  øker da fra

$$a_2 \text{ til } a_2 + q_t A_t.$$



Vista Analyse AS  
Meltzers gate 4  
0257 Oslo

[post@vista-analyse.no](mailto:post@vista-analyse.no)  
[vista-analyse.no](http://vista-analyse.no)