Rapport 2018/36 | For Oljedirektoratet

Avslutning av oljefelt

Michael Hoel

Dokumentdetaljer

Tittel	Avslutning av oljefelt
Rapportnummer	2018/36
ISBN	978-82-8126-389-5
Forfattere	Michael Hoel
Prosjektleder	Michael Hoel
Kvalitetssikrer	Steinar Strøm
Oppdragsgiver	Oljedirektoratet
Dato for ferdigstilling	10.10.2018
Tilgjengelighet	10.10.2018
Nøkkelord	Oljefelt, investeringer, lønnsomhet

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 omfatter klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd.

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

Når et oljefelt nærmer seg slutten av sin levetid, kan levetiden forlenges gjennom investeringer som kan gi tilleggsressurser. Oppdraget er å diskutere lønnsomheten av slike investeringer, både fra et oljeselskaps perspektiv og fra et samfunnsøkonomisk perspektiv.

10. oktober, 2018

Michael Hoel
Prosjektleder
Vista Analyse AS

Sammendrag

Når et oljefelt nærmer seg slutten av sin levetid, kan levetiden forlenges gjennom investeringer som kan gi tilleggsressurser. Lønnsomheten av slike investeringer er større jo større nedstengingskostnadene er.

Når størrelsen på nedstengingskostnadene er tilstrekkelig stor, er lønnsomheten av investeringer for å finne tilleggsressurser større jo større er kalkulasjonsrenten som blir brukt. Dersom oljeselskapet bruker en høyere kalkulasjonsrente enn den som brukes i en samfunnsøkonomisk analyse, innebærer dette at den samfunnsøkonomiske lønnsomheten er lavere enn den bedriftsøkonomiske lønnsomheten. Det kan derfor være investeringsprosjekter som oljeselskapet vurderer som lønnsomme men som likevel er samfunnsøkonomisk ulønnsomme.

Det kan også være andre grunner til avvik mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet av investeringer for å finne tilleggsressurser. En mulig årsak til et krav om nedstenging av felt ved avsluttet drift kan være at myndighetene legger til grunn at det er betydelig ikke-prissatte ulemper/kostnader knyttet til selve tilstedeværelsen av installasjoner. Dersom disse kostnadene ikke er internalisert, kan lønnsomheten av utsatt nedstenging være større for oljeselskapet enn for samfunnet. I så fall kan det finnes investeringsprosjekter som oljeselskapet vurderer som lønnsomme men som likevel er samfunnsøkonomisk ulønnsomme.

1 Innledning

I dette notatet drøftes optimal nedstenging av oljefelt med liten og fallende produksjon. Vi antar at det er store kostnader knyttet til nedstengingen, og at myndighetene krever nedstenging når feltet ikke lenger har positiv driftsinntekt. Oljeselskapet antas å ha mulighet for å påvirke datoen for nedstenging gjennom investeringer som kan gi tilleggsressurser og dermed lengre tid med produksjonsverdi større enn driftskostnader.

Problemstillingen blir presisert i avsnitt 2, og avsnitt 3 drøfter optimal investeringsstrategi sett fra selskapets side. Her gir vi også en numerisk illustrasjon. I avsnitt 4 diskuterer vi ulike forhold som kan føre til et avvik mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet av de aktuelle investeringene.

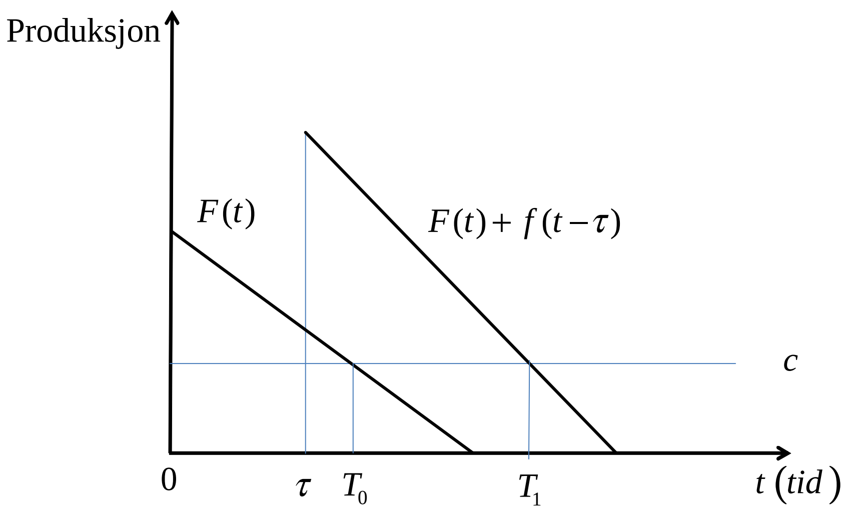
2 Problemstilling

Vi ser på et oljefelt hvor produksjonen er fallende og gitt ved en avtagende funksjonen $F(t)$, hvor t er tid regnet fra "i dag", dvs beslutningstidspunktet. Vi antar videre stabil realoljepris i hele perioden, og velger måleenheter slik at denne er lik 1. Dette betyr at $F(t)$ også er lik produksjonsverdi på tidspunkt t.

Driftskostnadene på feltet er antatt konstant og uavhengig av produksjonsvolum, og vi betegner dem med c. Uten tilleggsinvesteringer vil $F(t)$ etterhvert falle til et nivået c; tidspunket dette skjer kaller vi T_0, som altså er definert ved $F(T_0) = c$. På tidspunktet T_0 antar vi at feltet må stenges, og det påløper betydelige engangskostnader lik D (kan tolkes som nåverdi av samlede nedstengingskostnader, hvor neddiskonteringen er til tidspunktet T_0).

Anta nå at det finnes muligheter for tilleggsressurser. I første omgang antas bare én mulig tilleggsressurs. Denne krever en investering I, og gir en tilleggsressurs med sannsynlighet p. Tilleggsressursen innebærer et produksjonen øker med $f(0)$ rett etter investeringstidspunktet.[1] Investeringen antas gjennomført på et tidspunkt τ som ligger mellom 0 og T_0. Etter τ er samlet produksjon gitt ved $F(t) + f(t - \tau)$, og vi antar at også funksjonen $f(t - \tau)$ er avtagende.

Med tilleggsressursen vil nedstengingen utsettes fra T_0 til T_1, hvor tidspunktetet T_1 er definert ved $F(T_1) + f(T_1 - \tau) = c$, se Figur 1 for en illustrasjon. Med mindre τ er så liten at $f(T_0 - \tau) = 0$, vil T_1 være større jo større τ er. Eller sagt på en annen måte: Jo senere investeringen gjennomføres, jo mer utsettes nedstengingstidspunktet. Siden $f' < 0$ vil imidlertid T_1 ikke øke med så mye som τ. Vi har altså $0 < T_1'(\tau) < 1$.



Figur 1. *Avslutning av oljefelt*

Det er rett frem å utvide til flere mulige tilleggsressurser. Disse kan ha ulik investeringskostnad, ulik sannsynlighet for funn, og ulik størrelse på funn. Hvis første investering er mislykket (ingen tilleggsressurser som er

[1] Vi kunne i stedet antatt at det tok en betemt tidsperiode fra investering til produksjonsoppstart. Dette ville bare gitt litt mer notasjon uten å forandre på analysen.

verd å utvinne) kan en gå videre til en ny investering, og situasjonen er igjen som illustrert i figur 1. Selv om første investering er vellykket kan en ønske å gjennomføre en ny investering. Dersom denne er vellykket vil nedstengingstidspunktet utsettes til T_2, hvor T_2 er definert ved (i opplagt notasjon) $F(T_2) + f_1(T_2 - \tau_1) + f_2(T_2 - \tau_2) = c$.

3 Økonomisk analyse

Vi har følgende økonomiske problemstillinger:

- Bør en investere for å finne en eller flere tilleggsressurser?
- Hvis ja, når bør første investering gjennomføres?
- Hvis første investering er mislykket, skal en gå videre med en ny investering? I så fall når?
- Hvis første investering er vellykket, skal en gå videre med en ny investering? I så fall når?
- Hvordan avhenger svarene på spørsmålene over av størrelsen på kalkulasjonsrenten og andre viktige størrelser?

Vi starter med de to første kulepunktene.

3.1 Én mulig tilleggsressurs

Forventet nåverdi (dvs neddiskontert til $t = 0$) av en investering på tidspunkt τ for å finne tilleggsressurser er gitt ved

$$W(\tau) = e^{-r\tau} [-I + p(V + U)] \tag{1}$$

hvor I er investeringskostnaden, r er kalkulasjonsrenten, p er sannsynligheten for å finne tilleggsressurser[2], V er verdien av tilleggsressursene (neddiskontert

[2] Her antas at en enten finner ingenting økonomisk aktuelt eller at en finner en bestemt mengde av ressursen. Det er rett frem å utvide til flere mulige utfall for en positiv tilleggsressurs, hver med sin sannsynlighet.

til τ), og U er verdien (neddiskontert til τ) av at nedstengingstidspunktet blir utsatt fra T_0 til T_1. Vi ser nå nærmere på de to siste størrelsene.

Neddiskontert verdi (til τ) av tilleggsressursene er gitt ved (hvor z er tid gått fra investeringtidspunktet τ)

$$V(\tau) = \int_0^{T_1(\tau)-\tau} e^{-rz} f(z) dt \tag{2}$$

og er positiv. Merk også at siden $T_1'(\tau) < 1$ *vil V være mindre jo større τ er*, siden utvinningsperioden $T_1(\tau) - \tau$ blir kortere jo mer en utsetter investeringen.

Størrelsen U består av to ledd:

$$\begin{aligned} U(\tau) &= \left[e^{-r(T_0-\tau)} D - e^{-r(T_1(\tau)-\tau)} D\right] \\ &\quad + \int_{T_0}^{T_1(\tau)} e^{-r(t-\tau)} \left[F(t) - c\right] dt \end{aligned}$$

Det første leddet er reduksjonen i neddiskontert verdi av at nedstengingstidspunktet utsettes: Hvis nedstenging skjer på tidspunkt T_0 er neddiskontert verdi (til τ) lik $e^{-r(T_0-\tau)}D$; tilsvarende hvis nedstenging skjer på tidspunkt T_1. Siden $T_1 > T_0$ er dette leddet er positivt.

Det andre leddet er neddiskontert produksjonsverdi minus kostnader av den forlengede produksjonen fra opprinnelige ressurser. Dette leddet er negativt siden $F(t) < c$ etter T_0.

Flytter vi delen med c fra andre til første ledd kan uttrykket for U omskrives til[3]

$$U(\tau) = e^{r\tau} \left\{ [e^{-rT_0} - e^{-rT_1(\tau)}](D - \frac{c}{r}) + \int_{T_0}^{T_1(\tau)} e^{-rt} F(t) dt \right\} \tag{3}$$

Vi skal i det følgende anta at D er *stor,* eller mer presist at $D > c/r$ (i ODs prosjektbeskrivelse antas at D er i størrelsesorden $100c$). Merk at denne forutsetningen innebærer at det beste for selskapet er utsette nedstengingen

[3] Klammeparantesen gir verdier neddiskontert til 0; leddet foran klammeparantesen korrigerer dette til tidspunkt τ.

i det uendelige: Selv uten noen inntekter fra driften er det årlige tapet bare c, som har en nåverdi på c/r, dvs lavere enn engangskostnaden av nedstenging (for $r > 0,01$ når $D = 100c$). Vi antar imidlertid at myndighetene pålegger selskapet å legge ned driften på feltet dersom driftsinntekten faller under driftskostnaden.

Når $D > c/r$ er både hakeparantesen og integralet i (3) positive og større jo større τ er, slik at U *er større jo større* τ er.

Bør det investeres for å (kanskje) finne en tilleggsressurs? Svaret er ja hvis og bare hvis det finnes en verdi på τ mellom 0 og T_0 slik at $W(\tau)$ gitt ved (1) er positiv. Siden $p(V + U) > 0$ vil størrelsen på investeringskostnaden I avgjøre om $W(\tau) > 0$ eller ikke.

Anta nå at det finnes en τ som gir $W(\tau) > 0$. Da bør det investeres for å finne tilleggsressurser. Når bør investeringen finne sted? Dvs for hvilken verdi av τ er $W(\tau)$ størst? Selv om en indre løsning for optimal τ (dvs $0 < \tau < T_0$) generelt ikke kan utelukkes, vil trolig de mest aktuelle verdiene være $\tau = 0$ og $\tau = T_0$. Verdien $\tau = 0$ betyr at investeringen gjennomføres snarest mulig etter at det er blitt klart at det er en mulighet for en tilleggsressurs. Verdien $\tau = T_0$ betyr at investeringen utsettes så lenge som mulig uten at driftsinntektene faller under driftskostnadene.

Når $W(\tau) > 0$ er også hakeparantesen i (1) positiv. Hvis denne hakeparantesen hadde vært uavhengig av τ (eller mindre jo større τ) ville $W(\tau)$ vært større jo lavere τ, slik at investeringen burde gjennomføres tidligst mulig. Fra drøftingen over vet vi at V er mindre jo større τ er. Vi vet imidlertid også at U er større jo større τ er. Vi kan derfor ikke på generelt grunnlag vite hvilken av verdiene $W(0)$ og $W(T_0)$ som er størst; svaret på dette vil avhenge av egenskapene til funksjonene F og f samt størrelsen på I, r, c og D. Vi har uansett følgende resultat: *For D tilstrekkelig stor er helt sikkert* $W(T_0) > W(0)$. Grunnen til dette er at jo større D er, jo mer teller den positive effekten av at U vokser med τ.

3.2 Numerisk illustrasjon

Vi antar nå at produksjonen (både eksisterende og ny) faller eksponentielt over tid, dvs

$$\begin{aligned} F(t) &= Fe^{-gt} \\ f(t-\tau) &= fe^{-g(t-\tau)} \end{aligned}$$

Videre antas følgende (til dels basert på prosjektbeskrivelsen fra OD):

$$\begin{aligned} c &= 1 \\ D &= 100 \\ p &= 0,3 \\ r &= 0,07 \\ F &= 2 \\ f &= 3 \\ g &= 0,2 \end{aligned}$$

Initial produksjonsverdi er altså det dobbelte av driftskostnaden og faller med 20% i året. Dersom en tilleggsressurs finnes, gir den ved oppstart en produksjonsverdi lik 3 ganger driftskostnadene.

Med disse forutsetningene er T_0 bestemt av $Fe^{-gT_0} = c$, som gir

$$T_0 = \frac{LnF - Lnc}{g} = 3.47 \tag{4}$$

med tallene over. Uten noen investering vil altså feltet bli stengt etter 3,5 år (regnet fra beslutningstidspunktet).

Med en vellykket tilleggsinvestering vil nedstengingen i stedet skje på tidspunkt T_1 bestemt av $Fe^{-gT_1} + fe^{-g(T_1-\tau)} = c$, som gir

$$T_1 = \frac{Ln(F + fe^{g\tau}) - Lnc}{g}$$

Dersom $\tau = 0$ gir dette $T_1 = 8,05$, mens $\tau = T_0$ gir $T_1 = 10,40$.

Med de forutsatte funksjonene F og f følger det fra (2) og (3) at

$$V(\tau) = \frac{f}{r+g}\left[1 - e^{-(r+g)(T_1(\tau)-\tau)}\right] \tag{5}$$

og

$$U(\tau) = e^{r\tau}\left\{[e^{-rT_0} - e^{-rT_1(\tau)}](D - \frac{c}{r}) + \frac{F}{r+g}\left[e^{-(r+g)T_0} - e^{-(r+g)T_1(\tau)}\right]\right\} \tag{6}$$

Med våre tall finner får vi følgende resultater:

- For alle verdier av I (> 0) er $W(T_0) > W(0)$. Med en tilstrekkelig høy verdi på f (størrelsen på tilleggsressursen) vil $W(T_0) < W(0)$ hvis I er tilstrekkelig lav (f eks gir $I < 1$ og $f > 10$ dette resultatet).
- Investeringen er lønnsom ($W(T_0) > 0$) for alle $I < 13,7$.
- Investeringsprosjektet er isolert sett lønnsomt, dvs lønnsomt uten å se på virkningen av endret nedstengingstidspunkt ($-I + pV > 0$), for alle $I < 2.8$.

3.3 Flere mulige tilleggsressurser

Anta at det er flere mulige tilleggsressurser. Anta først at alle mulige investeringsprosjekter i utgangspunktet er like (dvs like funksjoner f, like sannsynligheter p, og like investeringskostnader I).

Bør en umiddelbart gå videre med ny investering hvis første investering er mislykket (ikke noe funn)? Svaret er ja hvis sannsynligheten for funn ikke blir endret som følge av det første mislykkede forsøket. Dersom den mislykkede første investeringen fører til at sannsynligheten for funn nedjusteres tilstrekkelig, vil det ikke lønne seg å gå videre med nye investeringer. Anta f eks at $I = 5$ i vårt talleksempel (som gir $W(T_0) = 6,8$), og at en mislykket investering innebærer at sannsynligheten for funn ved ny investering nedjusteres fra $0,3$ til $0,1$. Da vil det ikke lønne seg å gjennomføre en ny investering (med $p = 0,1$ finner vi $W(T_0) = -0,4$).

Hva hvis første investering er vellykket? Da står en i samme situasjon som før, men med avtagende produksjonsprofil før investering nr. 2 gitt ved $F(t) + f(t - \tau)$. Analysen blir som før, og for tallene gitt i forrige avsnitt vel det lønne seg å vente med ny investering så lenge som mulig (dvs til T_1).

Resonnementene over blir ikke endret om de ulike investeringsprosjektene er ulike med hensyn til F, f, p og I. Nå vil imidlertid prosjektene rangeres etter lønnsomhet, og investeringene foregår i rekkefølgen med de med høyest forventet lønnsomhet først.

4 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Til nå har analysen dreid seg om lønnsomheten for selskapet av mulige investeringer for å finne tilleggsressurser. Lønnsomheten for samfunnet kan være den samme, men det kan også være grunner til at det kan være avvik mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet. Følgende tre grunner er særlig relevante:

- Samfunnets kalkulasjonsrente kan være en annen – typisk lavere – enn oljeselskapets.
- Det er en viss risiko for personskade og negativ miljøvirkning av virksomheten. I den grad slike ulemper ikke er fullt ut internalisert vil det bli en forskjell mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet.
- Selve nedstengingen kan også innebære risiko for personskade og negativ miljøvirkning. Som for forrige kulepunkt kan dette gi avvik mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

Hvert av disse momentene diskuteres i resten av dette kapittelet.

4.1 Ulik kalkulasjonsrente

Anta at kalkulasjonsrenten i en samfunnsøkonomisk analyse er lavere enn den selskapet bruker. For "vanlige" typer investeringer vil lavere kalkulasjonsrente øke lønnsomheten av et investeringsprosjekt. Mer presist: Hvis et prosjekt er marginalt lønnsomt (null nåverdi) ved en rente r^H, vil nåverdien være positiv med en rente $r^L < r^H$. For å se om dette er tilfelle også for investeringstypen diskutert i dette notatet må vi se nærmere på ligningene som gir prosjektets nåverdi. Vi skal altså se på hvordan $W(\tau)$ avhenger av r. Vi antar at $\tau = T_0$, siden dettte var den mest lønnsomme verdien på τ i den numeriske analysen i forrige avsnitt.

Når $\tau = T_0$ kan (3) omskrives til

$$U = [1 - e^{-r(T_1 - T_0)}](D - \frac{c}{r}) + \int_{T_0}^{T_1} e^{-r(t-T_0)} F(t) dt \tag{7}$$

Her er det første leddet stigende i r, mens det andre leddet (integralet) er avtagende i r. Alt i alt er det derfor uklart om U vil gå opp eller ned som følge av en lavere r. Er D tilstrekkelig stor vil det først leddet dominere, og U vil i dette tilfellet være lavere jo lavere r er. Motsatt hvis D er tilstrekkelig liten.

Nåverdien til investeringen er gitt ved (1). Sammen med (2) og (7) kan vi slå fast at

- Lavere r gir en høyere verdi på leddet $e^{-r\tau} = e^{-rT_0}$ i (1).
- Lavere r gir en høyere verdi på leddet V i (1)
- Lavere r gir en høyere verdi på den andre delen av (7) i leddet U i (1).
- Lavere r gir en *lavere* verdi på den første delen av (7) i leddet U i (1).

Alt i alt er det uklart hvordan W endres som følge av endret r. Er D tilstrekkelig liten vil W gå opp som følge av lavere r. Er derimot D tilstrekkelig stor, vil W gå ned som følge av lavere r.

Med tallene fra avsnitt 3.2 bortsett fra $r = 0,04$ i stedet for $r = 0,07$ finner vi følgende:

- For alle verdier av I (> 0) er $W(T_0) > W(0)$, dvs samme resultat som vi hadde for $r = 0,07$.
- Investeringen er lønnsom $(W(T_0) > 0)$ for alle $I < 9,5$.
- Investeringsprosjektet er isolert sett lønnsomt, dvs lønnsomt uten å se på virkningen av endret nedstengingstidspunkt $(-I + pV > 0)$, for alle $I < 3,1$.

Hvis selskapets kalkulasjonsrente er 7% men samfunnets bare er 4% har vi dermed følgende resultat: *For alle verdier av I mellom 9,5 og 13,7 er investeringer i tilleggsressurser lønnsomt for selskapet men likevel samfunnsøkonomisk ulønnsomt.*

4.2 Risiko for personskade og negativ miljøvirkning av virksomheten

I prinsippet kan denne typen ulempe ved drift verdsettes som et påslag til driftskostnadene c. Dersom dette påslaget er internalisert gjennom f eks en avgift som selskapet må betale ved driften, blir det ingen forskjell mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet. Dersom disse tilleggskostnadene ikke er internalisert betyr det at samfunnet i sin velferdsvurdering må bruke en driftskostnad c^+ som er større enn c. Det eneste stedet dette vil påvirke nåverdien er gjennom det første leddet i (3), som blir lavere jo høyere c er. Miljø- og skadekostnader knyttet til driften og som ikke er internalisert vil altså redusere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av investeringer i tilleggsressurser i forhold til den bedriftsøkonomiske lønnsomheten. Vi kommer tilbake til dette i underavsnitt 4.4.

4.3 Risiko for personskade og negativ miljøvirkning knyttet til nedstenging

På samme måte som for drift, kan denne typen ulempe ved nedstenging verdsettes som et påslag til nedstengingskostnadene D. Dersom dette påslaget er internalisert gjennom f eks en avgift som selskapet må betale ved nedstenging, blir det ingen forskjell mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet. Dersom disse tilleggskostnadene ikke er internalisert betyr det at samfunnet i sin velferdsvurdering må bruke en nedstengingskostnad D^+ som er større enn D. Det eneste stedet dette vil påvirke nåverdien er gjennom det første leddet i (3), som blir høyere jo høyere D er. Miljø- og skadekostnader knyttet til nedstenging og som ikke er internalisert vil altså øke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av investeringer i tilleggsressurser i forhold til den bedriftsøkonomiske lønnsomheten.

4.4 Hvorfor kreves nedstenging?

Dersom $D > c/r$, som vi har antatt, er det lønnsomt å utsette nedstenging i det uendelige. Dersom ulikheten gjelder også innenfor en samfunnsøkonomisk analyse (dvs for verdiene for D, c og r i denne analysen) er det også samfunnsøkonomisk lønnsomt å utsette nedstenging i det uendelige, selv om dette innebærer at en får driftskostnader c i uendelig tid. Hvorfor er det da et krav fra myndighetene at installasjonen skal stenges når det ikke lenger er lønnsomt med fortsatt utvinning? Vi skal gi to mulige svar på dette, og se på implikasjonene for den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av investeringer.

De mest opplagte grunnen til å kreve nedstenging er at de samlede samfunnsøkonomiske kostnadene av drift og tilstedeværelse av installasjon er høyere enn den bedriftsøkonomiske kostnaden c. Anta at disse tilleggskostnadene er b, slik at samlet samfunnsøkonomisk årlig kostnad er $c + b$ inntil nedstenging. Hvis $b/r > D$ (med samfunnsøkonomisk verdi på D og r) vil det det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å stenge feltet så snart det ikke lenger er bedriftsøkonomisk lønnsomt (produksjonsinntekt mindre enn c). I den samfunnsøkonomiske analysen av lønnsomheten til investeringer skal i så fall leddet $(D - \frac{c}{r})$ i (6) byttes ut med $(D - \frac{c+b}{r})$. Når $b/r > D$ er dette leddet negativt med en tallverdi minst lik c/r. Leddet er nøyaktig $-c/r$ hvis $b/r = D$. Med tallene i avsnitt 3.2 (inkludert $r = 0,07$) finner vi følgende når $(D - \frac{c}{r})$ i (6) byttes ut med $-c/r$:

- For alle verdier av I (> 0) er $W(0) > W(T_0)$, dvs motsatt resultat av hva vi fant i avsnit 3.2.

- Investeringen er lønnsom ($W(0) > 0$) for alle $I < 2,7$.

Med forutsetningen om samfunnsøkonomiske merkostnader ved driften $b \geq rD$ blir altså den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av investeringer for å finne tilleggsressurser vesentlig svekket. Og hvis slike investeringer først skal gjennomføres, bør de gjennomføres så tidlig som mulig.

En alternativ begrunnelse for nedstenging kan være at dette er et *prinsipp* uten noen økonomisk begrunnelse. En har altså som prinsipp at oljefelt skal stenges når driften er avsluttet, men er ikke spesielt opptatt av nøyaktig når nedstenging finner sted. I så fall burde myndighetene muligens ikke kreve stenging med en gang produksjonsinntekten blir mindre enn driftskostnaden. Som vi har sett kan et slikt krav gi store investeringer som ikke ville vært lønnsomme hvis nedstengingen var fastsatt til en bestemt dato uavhengig av investeringene. Et mulig alternativt krav til nedstenging kunne være følgende: Sett at uten tilleggsinvesteringer blir et felt ulønnsomt ($F < c$) i 2020. Anta at selv med alle aktuelle investeringer er den lengste horisonten med produksjonsinntekter større enn c år 2030. Da kunne en kreve nedstenging senest 2030, men overlate til selskapet om de vil gjennomføre noen eller alle de aktuelle tilleggsinvesteringene eller i stedet drive noe av tiden mellom 2020 og 2030 med negativt driftsresultat.

5 Oppsummering

Lønnsomheten av investeringer for å finne tilleggsressurser avhenger sterkt av størrelsen på nedstengingskostnadene. Jo større disse kostnadene, jo høyere forventet lønnsomhet har slike investeringer. Når størrelsen på nedstengingskostnadene er tilstrekkelig stor, er lønnsomheten av investeringer for å finne tilleggsressurser større jo større er kalkulasjonsrenten som blir brukt. Dersom oljeselskapet bruker en høyere kalkulasjonsrente enn den som brukes i en samfunnsøkonomisk analyse, innebærer dette at den samfunnsøkonomiske lønnsomheten er lavere enn den bedriftsøkonomiske lønnsomheten. Det kan derfor være investeringsprosjekter som oljeselskapet vurderer som lønnsomme men som likevel er samfunnsøkonomisk ulønnsomme.

Det kan også være andre grunner til avvik mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet av investeringer for å finne tilleggsressurser. En mulig årsak til et krav om nedstenging av felt ved avluttet drift kan være at myndighetene legger til grunn at det er betydelig ikke-prissatte ulemper/kostnader knyttet til selve tilstedeværelsen av installasjoner. Dersom disse kostnadene ikke er internalisert, kan lønnsomheten av utsatt nedstenging være større for oljeselskapet enn for samfunnet. I så fall kan det finnes investeringsprosjekter som oljeselskapet vurderer som lønnsomme men som likevel er samfunnsøkonomisk ulønnsomme.