

Gjenbruk av fiskeslam som gjødsel

En nytte-kostnadsanalyse

Larsen, Kristoffer Haugli
Byhrø, Klaus
Helgestad, André
Rosenberg, Johannes

Semesteroppgave ECN 271
Samfunnsøkonomisk prosjektanalyse og verdsetting av miljøgoder
Handelshøyskolen NMBU, Ås
11. mai 2018

Forord

Vi vil takke for god rådgiving fra vår veileder Ståle Navrud ved NMBU. I tillegg vil vi takke for gode råd og informasjon av Eva Brod og Ola Stedje Hanserud ved NIBIO. Veiledningen har vært uvurdelig for å forstå problemstillingen rundt fiskeslam, fosfor og gjødsel.

Innholdsfortegnelse

1. Prosjektdefinisjon	5
1.1 Introduksjon	5
1.2 Nullalternativ (status quo)	7
1.3 Identifisering av alternativer	7
1.3.1 Alternativ 1	9
1.3.2 Alternativ 2	9
1.4 Interessegrupper	9
1.5 Tidshorisont	11
2. Kvantifisering av effekter	12
3. Prissatte effekter	13
3.1 Introduksjon	13
3.2 Nytte	13
3.2.1 Unngå ubehagelig lukt	13
3.2.2 Redusert import av råfosfat	16
3.3 Kostnader	17
3.3.1 Behandlingskostnader	17
3.3.2 Transportkostnader	18
3.3.3 Lagringskostnader	18
4. Ikke-prissatte effekter	19
4.1 Metode	19
4.2 Nytte	19
4.2.1 Matsikkerhet og verdien av økt selvforsyningsgrad	19
4.2.2 Miljøskader eller endringer i havet	19
4.2.3 Fosfor som begrenset ressurs	20
4.2.4 Karbonlagring i jord	20
4.2.5 Eutrofiering: Endring i elver langs gårder på Vestlandet	20
4.3 Kostnader	21
4.3.1 Klimaeffekt av mer transport	21
4.3.2 Utslipp av tungmetaller og andre miljøgifter	21
4.3.3 Manglende markedspris	22
4.4 Totalvurdering av ikke-prissatte effekter	23
5. Netto nåverdi	24
6. Usikkerhetsanalyse	25
6.1 Unngå ubehagelig lukt	25
6.2 Redusert import av råfosfat	26
6.3 Behandlingskostnader	27

6.4 Transportkostnader	28
6.5 Vekst i settefisknæringen	29
6.6 Tidshorisont	30
6.7 Ikke-prissatte virkninger og usikkerhet	30
6.7.1 Redusert avhengighet av import av fosfor	30
6.7.2 Eutrofiering av elver	31
6.7.3 Andre ikke-prissatte effekter	31
7. Fordelingseffekter	32
8. Konklusjon	32
9. Litteraturliste	35
10. Vedlegg	38
10.1 Pluss-minusmetoden	38
10.2 Kjemisk sammensetning av ubehandlet og tørket slam	39
10.3 Prisprognose råfosfat	40
10.4 Beregning av netto nåverdi	41
10.5 Beregning: Nytte og kostnad av forflytning av luktplage	42

1. Prosjektdefinisjon

1.1 Introduksjon

Vi vil i denne nytte-kostnadsanalysen se på mulighetene for å benytte resirkulert fiskeslam som gjødsel. Fokuset vil ligge på gjenvinning av fosfor, da dette er en sentral faktor for plantevekst. Det ligger et enormt potensiale i gjenbruk og ressurseffektivisering av fosfor. Årlig gruveutvinning av fosfor er 17,5 millioner tonn (17,5 megatonn), bare 3 megatonn av dette blir til mat (Hanserud, 2018). Langs hele fosforkjeden, fra gruve til tallerken (matsystemet), tapes det fosfor. Kun 20pst. ender opp i maten vi spiser. Planter trenger fosfor som et næringsstoff, mens mennesker og dyr trenger det for dannelse av benstruktur og energitransport (Ulick, 1955). Fosfor er uerstattelig og må derfor forvaltes forsvarlig.

I følge Steinset (2017) produserer Norge over halvparten av all atlantisk oppdrettslaks i verden, og i 2016 stod eksporten av oppdrettslaks for 16 pst. av samla verdi av norsk fastlandseksport. Næringen er altså stor i omfang, og med dette følger det også store mengder fôr og dermed også avfall. Fôret brukt er i stor grad plantebasert, og via plantene brukt i fôret får vi dermed store mengder fosfor til landet. Mye av dette fosforet passerer gjennom fisken uten å bli tatt opp, dermed er det også store mengder fosfor i avfallet.

I dag importerer Norge rundt 8400 tonn fosfor årlig til bruk i mineralgjødsel (Farestveit, Møyland & Daae, 2015, s. 10). Dette kunne Norge i prinsippet gjenvunnet av avfall fra blant annet oppdrettsnæringen. Tabell 1 er hentet fra Miljødirektoratets rapport rundt bedre utnyttelse av fosfor, og viser en oversikt over mengden fosfor i ulike avfallsressurser i 2015, og hvorvidt fosforet nyttiggjøres i landbruket eller på grøntarealer.

Avfallsressurs	Tonn P/år	Spres på jorder
Husdyrgjødsel	11600	11600
Utslipp fra fiskeoppdrett	9000	0 ¹
Avløpsvann (inkl. spredt avløp)	3100	1000
Avfall fra sjømatproduksjon	1100	
Kjøttbeinmel	1000	2500
Annet slakteriavfall	1200	
Matavfall (sortert og usortert)	1100	
Sum avfallsressurser	28100	

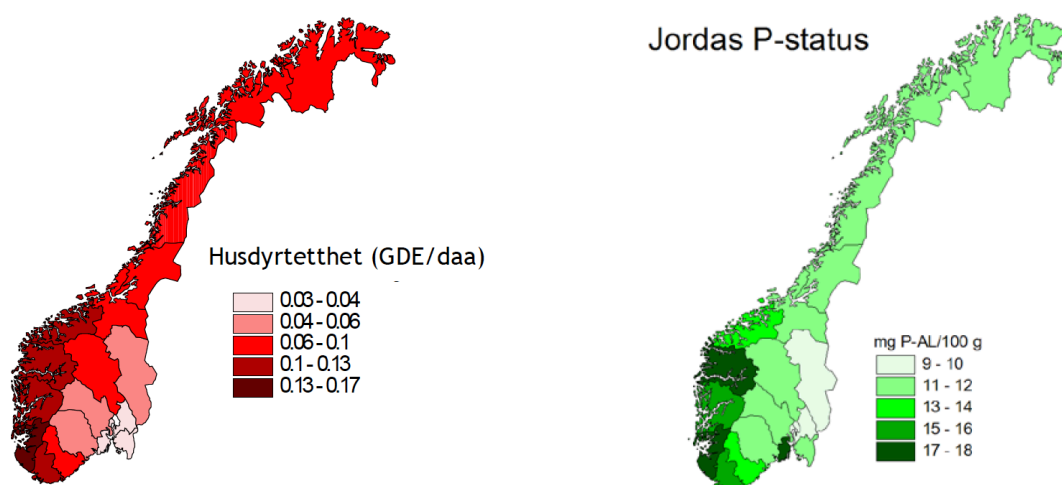
Tabell 1: Andelen fosfor i avfallsressurser, sammenholdt med mengden som tilbakeføres til landbruket eller grøntarealer. *Kilde: Farestveit, Møyland & Daae, 2015, s. 11.*

Som man kan se tilsvarer avfallet fra fiskeoppdrett 9000 tonn fosfor årlig, og ingenting av dette blir utnyttet som gjødsel. Om man dermed kunne utnyttet denne ressursen kunne man i teorien dekket behovet for import av fosfor til mineralgjødsel. De siste årene har det blitt innført krav om rensing av settefiskanlegg, som betyr at man faktisk har tilgang til fiskeslammet fra noe av oppdretten. Vi vil i denne oppgaven fokusere på avfall fra landbaserte oppdrettsanlegg, slik som settefiskanlegg, da man her som nevnt allerede fanger opp fiskeslammet. Vi ser bort ifra havbaserte anlegg blant annet på grunn av saltkonsentrasjonen i slammet og mulighetene for oppsamling. I følge personlig korrespondanse med Eva Brod, forsker ved NIBIO, 14. mars 2018 vil man måtte rense dette slammet for salt, da dette vil være skadelig for planteveksten om man ville bruke dette slammet til gjødsel. Dette alternativet vil dermed ikke være konkurransedyktig med tanke på produksjonskostnader, og det vil dermed være hensiktsmessig å se bort fra det.

Fisken lever sitt første leveår i land- og ferskvannsbaserte oppdrettsanlegg, kalt settefiskanlegg, som smolt, før den settes ut i merder i havet. Dette er for å simulere naturlige livsvilkår for laksen. Med bakgrunn i lakselusproblematikken har næringen derimot begynt å holde fisken i landbaserte anlegg lenger som såkalt postsmolt, slik at fisken skal være mer robust mot blant annet lakselus når den settes ut i de vanlige merdene i havet. Som følge av dette vil en større andel av fisken til enhver tid leve i landbaserte ferskvannsanlegg, som fører til at ytterligere fiskeslam vil samles opp fra anleggene, og man har dermed tilgang på mer fosfor for bruk som gjødsel.

Om man kunne utnyttet fosfor fra fiskeslam samlet opp fra settefiskanlegg kunne man altså redusert bruken av mineralgjødsel signifikant. Det er ikke gjort noen nytte-kostnadsanalyse på lønnsomheten ved å utnytte fiskeslam som gjødsel, og vi vil derfor gjennomføre analysen.

En viktig motivasjon for gjenbruk av fiskeslam er fordelingen av fosfor mellom Vest- og Østlandet. Som man kan se av Figur 1 under er innholdet av fosfor betydelig høyere på Vestlandet enn på Østlandet. Dette har sammenheng med husdyrtettheten i områdene, som vist til venstre i figuren. Husdyrtettheten er høyere på vestlandet enn på østlandet, og da husdyrgjødslet inneholder mye fosfor, vil området dermed være forsynt av fosfor.



Figur 1: Husdyrtetthet (til venstre) og fordeling av fosforinnhold i jordprøver (til Høyre).

Kilde: Øgaard, Kristoffersen & Bechmann, 2017, s. 13.

Av Figur 2 kan man se at de fleste settefiskanlegg ligger langs kysten, hvor fosforinnholdet i jorda allerede er tilstrekkelig. Det vil derfor være hensiktsmessig å transportere fosforet fra slammet til Østlandet, hvor nytten er større. Fordeling av fosforressursene fra Vestlandet til Østlandet vil dermed være grunnlaget for analysen.

For å forenkle analysen, ser vi på et tenkt settefiskanlegg. Så langt det er mulig vil dette anlegget representere et gjennomsnitt av alle anlegg i Norge. Av Figur 2 kan man se at det er høyest konsentrasjon av settefiskanlegg (markert av lilla sirkler) i blant annet Hordaland. Dermed antar vi at det tenkte settefiskanlegget ligger på Bømlo.¹ Siden fokuset på analysen er omfordeling av fosfor fra Vestlandet til Østlandet, hvor det er mye planteproduksjon, for eksempel korn, velger vi en lokasjon på Østlandet som mottaker av slammet. På Nes på Hedmark er det mye kornproduksjon, og vi velger dermed dette som mottaker. I følge karttjenesten Google Maps, er raskeste rute fra Bømlo til Nes på Hedmark rundt 550 kilometer, og det er dermed denne avstanden vi vil bruke for å beregne transportkostnader.

Denne analysen følger prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser fra Finansdepartementets rundskriv R-109/2014. I tillegg har Direktoratet for økonomistyring (DFØ) utarbeidet «Veileder i samfunnsøkonomiske analyser», med nyttige retningslinjer vi vil følge. I veiledningen har Direktoratet for økonomistyring (2014) nevnt noen gode grunner for å gjennomføre samfunnsøkonomiske analyser. Et av disse er som følger: «Få mest mulig velferd ut av samfunnets knappe ressurser ved å sørge for effektiv ressursbruk.» (Direktoratet for økonomistyring, 2014, s. 13). Dette vil være spesielt aktuelt i problemstillingen vi vil ta for oss. Ved å utnytte gjødseffekten fra tapt fosfor i fiskeslam vil man øke den samfunnsøkonomiske effektiviteten.

1.2 Nullalternativ (status quo)

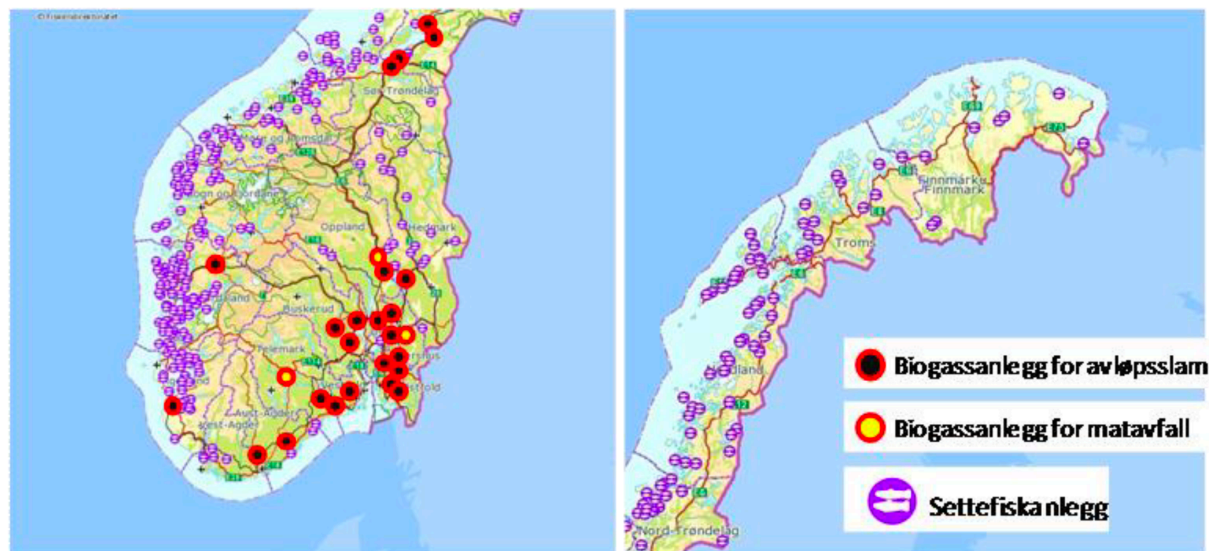
For å strukturere analysen vil det være viktig å definere de ulike alternativene man kan se for seg. Nullalternativet vil være en form for «business as usual», altså utviklingen om man ikke foretar seg noen endringer, og dette alternativet vil fungere som en slags «baseline» for sammenligning av de andre alternativene. Nullalternativet defineres som: «Nullalternativet er referansen som de øvrige tiltakene skal sammenlignes med. Nullalternativet representerer en forsvarlig videreføring av dagens situasjon.» (Finansdepartementet, 2014, s. 2). I denne analysen vil dermed nullalternativet tilsvare en situasjon hvor man ikke benytter fiskeslam som gjødsel, men benytter det på nærliggende gårder med dyrehold, slik situasjonen er i dag. Som man kunne se av Figur 1 på forrige side er det allerede tilstrekkelig fosforinnhold i jorda, slik at ytterligere tilførsel av fosfor til jordsmonnet vil være overflødig.

1.3 Identifisering av alternativer

Fiskeslammet man får ved rensing av anleggene har et høyt vannivå, rundt 90 %. Dersom man skulle transportere dette ville det føre til høye transportkostnader sammenlignet med om man hadde tørket slammet. Dette vil dermed tilsvare to alternativer. Alternativ 1 defineres dermed som å frakte slammet med høyt vanninnhold og bruke det flytende produktet som gjødsel direkte. Alternativ 2 defineres som at man behandler slammet, slik at andel tørrstoff i slammet øker. Man får dermed en avveining mellom de to alternativene som går på transportkostnader og produksjonskostnader. Alternativ 1 vil

¹ Her er det viktig å presisere at vår antakelse om at det tenkte settefiskanlegget ligger i Bømlo er basert utelukkende på konsentrasjonen av settefiskanlegg i området.

ha lave behandlingskostnader, men høye transportkostnader, mens alternativ 2 vil ha høye behandlingsskostnader og lave transportkostnader. Vi vil komme tilbake til dette i kapittel 1.3.1 og 1.3.2, hvor vi vil ta for oss disse to alternativene nærmere. Både alternativ 1 og 2 innebærer oppsamling av slam ved landbaserte settefiskanlegg.



Figur 2: Kart over settefiskanlegg i 2011. *Kilde: Blytt et. al., 2011, s. 25.*

Et annet alternativ vil være oppsamling av slam fra merder i havet. Store mengder slam slippes ut fra disse merdene, og medfører dermed høye utslipp av fosfor. Dette innebærer derimot flere ulemper som ikke gjør alternativet aktuelt. Kostnadene for oppsamling og rensing av dette slammet vil være høye. Slammet vil også inneholde en stor andel salt, som vil være kostbart å rense, og det vil kunne skade plantene dersom det brukes direkte som gjødsel. Vi vil dermed se bort i fra dette alternativet, og fokusere på settefiskanlegg, hvor det allerede er pålagt å samle opp slammet.

Et fjerde alternativ vil være IMTA (Integrert multitrofisk akvakultur), ofte bare kalt integrert havbruk. Handå (2018) beskriver IMTA slik: «Ved å produsere arter på ulike trofiske nivåer i næringskjeden slik at en art kan utnytte avfallet fra en annen, kan man øke forutnyttelsen, produsere mer biomasse og samtidig redusere avfallsmengden i akvakultursystemer på land og til havs.» (Handå, 2018). Man vil dermed benytte det uutnyttede avfallet fra oppdrett i havet til å produsere andre arter i nærheten av merdene.

Karlsson-Drangsholt & van Nes (2017) har utarbeidet en miljøkonsekvensanalyse rundt IMTA, hvor de forklarer konseptet slik: «Et balansert integrert system fungerer mer som et naturlig økosystem der overskuddsnæring fra for eksempel føret laks fungerer som naturlig gjødsel eller mat for artene lenger ned i næringskjeden (lavtrofiske arter), for eksempel blåskjell, tang og tare (makroalger), kråkeboller eller sjøpølser.» (Karlsson-Drangsholt & van Nes, 2017, s. 3). Avfallet fungerer dermed som næring til disse artene, og det vil ikke være nødvendig å behandle eller transportere avfallet. Dette kan dermed være en løsning for de havbaserte oppdrettsanleggene for å redusere miljøpåvirkningen av utslippene og utnytte ressursene. I følge Skjermo et al. (2012) kan tang og tare brukes til for eksempel mat, fôr,

kjemikalier, helsekostprodukter, medisin og som kilde for vitaminer og mineraler, og representerer dermed et stor ressurs for landet. Da det i denne analysen vil være hensiktsmessig å sammenligne de to alternative behandlingsmetodene ved bruk av slam fra settefiskanlegg, velger vi dermed å se bort fra dette alternativet. Det vil allikevel være interessant å se på dette alternativet ved en senere anledning.

1.3.1 Alternativ 1

Som nevnt vil alternativ 1 defineres som å bruke slammet uten å behandle det, i særlig grad, på gårder på Østlandet. Behandlingen er begrenset til rensingen av anleggene. Dette betyr at andel tørrstoff (TS) i slammet vil være lik 10 pst., som er andelen tørrstoff når slammet samles opp. Man vil da transportere dette fra vårt tenkte settefiskanlegget på Bømlo, på Vestlandet, til Østlandet, nærmere bestemt Nes på Hedmarken i vårt eksempel, og man vil spre slammet som man gjør med flytende husdyrgjødsel i dag. Dette vil naturlig nok innebære høyere transportkostnader enn ved tørking av slammet, i alternativ 2, men man sparer samtidig kostnader ved å slippe mer omfattende behandling av slammet før transport som man får i alternativ 2. Dette alternativet vil også ha en luktkostnad, slik som i nullalternativet, men forflyttet til den andre siden av landet.

1.3.2 Alternativ 2

Alternativ 2 vil, som nevnt, defineres som å tørke slammet, for å redusere vanninnholdet, og dermed redusere volumet og derav transportkostnadene involvert. Slammet vil dermed bestå av 95 pst. TS, og man vil kunne pelletere det for enklere spredning. Her ser vi også på det samme scenarioet, hvor slammet tørkes for deretter å transporteres fra settefiskanlegget på Bømlo på Vestlandet, til landbruksarealene på Nes i Ringsaker kommune på Østlandet. Kontra alternativ 1, vil vi her få reduserte kostnader som følge av redusert volum, men høyere kostnader vil påløpe av behandlingsprosessen og investeringer i tørkeanlegg er nødvendig for å produsere det tørkede gjødselproduktet.

1.4 Interessegrupper

Settefiskprodusenterer - en vesentlig interessegruppe i denne problemstillingen. For denne oppgaven er dette begrenset til anlegget på Bømlo, som vi tar utgangspunkt i. De har i dag et krav på seg, fra myndighetenes side, til å fange opp fiskeslammet og kvitte seg med det på en god måte. Dagens praksis er å bruke dette avfallet som unødvendig tilleggsgjødsel i jorda i nærområdene til anleggene. Det er sannsynlig at muligheten til å fortsette denne praksisen i fremtiden vil bli begrenset, dersom myndighetene setter strengere regler for avfallshåndtering. Landbruksdirektoratet, Mattilsynet og Miljødirektoratet har siden 2016 revidert gjødselvarereforskriften, og anbefalt å stramme inn i regelverket for både bruk og innhold i gjødselprodukter (Landbruksdirektoratet, 2018). For å kunne fortsette drift på sikt, er det dermed sannsynlig at anleggene må vurdere tiltak som alternativ 1 eller 2, og at dette er en total nødvendighet for dem. Her er det selvfølgelig mulighet for at andre ikke-vurderte alternativer kan bli relevante i virkeligheten. Settefiskprodusentene vil også kunne ha en potensiell mindre tilleggsinntekt ved salg av gjødselprodukter, ved både alternativ 1 og 2, noe de ikke har i nullalternativet. Problemene alternativ 1 og 2 medfører for produsentene, kontra nullalternativet, er at det medfører kostnader å transportere, behandle og eventuelt lagre gjødselproduktene, samt miljøkostnader som kan påløpe i nærmiljøet deres.

Myndighetene - og deres interesse i å ha en god og stort inntjenende næring i landet som oppdrettsnæringen, som gir store skatteinntekter og potensielt enda større inntekter i fremtiden, samt tar hensyn til miljøet, er vesentlig. Myndighetene vil være interessert i å sette føringer som sørger for god samfunnsøkonomisk nytte av og i næringen. Der settefiskanleggene ved dagens situasjon, eller i alternativene 1 og 2 påvirker miljøet negativt, vil myndighetene ha en interesse i å gjøre opp for eller forhindre dette. Dette er spesielt relevant når det kommer til mange av de ikke-prissatte virkningene. Der har vi hensynet til selvforsyningsgrad, bruk av miljøgifter i matjorda, klimautslippene ved de forskjellige alternativene, blant annet. Myndighetene interesser kan todeles; det er hensynet på økonomien og skatteinntekten, og det er hensynet på diverse miljøeffekter og lignende som følger av alternativene. For økonomien og skatteinntekten er det viktig at næringen holder et godt renommé internasjonalt, for å sikre eksportpotensialet i næringen. Den andre delen er hensynet til jorden vår, lokalmiljøene i Norge og helsen til Norges befolkning og andre som måtte berøres av alternativene, som derav også er myndighetenes uttalte interesse. Myndighetenes organer som er spesielt relevante for dette temaet er Miljødirektoratet, som legger føringer på aktuelle miljøhensyn, som måtte oppstå av alternativene i denne analysen, og Mattilsynet som er innblandet i oppdrettsnæringa, men som også setter føringer på landbrukspraksis, og dermed regler for gjødselbruk på norsk matjord. Landbruksdirektoratet er også en offentlig instans som naturlig nok vil ha interesser i et felt som omhandler drift av landbruket i Norge.

Mineralgjødselprodusenter - disse vil påvirkes til en grad av alternativene i denne analysen. Det kan tenkes at det for dem vil være en kostnad, der de får konkurranse og dermed ønsker å kjempe mot tiltakene. Alternativt vil disse samme produsentene, av andre gjødselprodukter, kunne ta imot gjødselproduktene som kommer ut av settefiskanleggene i alternativ 1 og 2, og få nyttiggjort disse. Det er sannsynlig at totalavling ved utelukkende bruk av fiskeslamgjødsel vil være noe redusert i forhold til avlingene ved bruk av vanlig mineralgjødsel, med høyere nitrogenmengde, slik at det kan være aktuelt å bruke en kombinasjon av disse produktene på jordene på Østlandet, og derav få en mer optimal næringssammensetning til matjorda.

Bønder på Østlandet er potensielle brukere av gjødselproduktene som blir produsert i alternativ 1 og 2. De vil dermed ha en interesse i dette temaet og vil være påvirket forskjellig av de forskjellige alternativene. Nullalternativet står som et "ingen interesse" for disse bøndene. Alternativ 1 og 2 vil være gunstig, men samtidig vil de få gjødselprodukter som ikke er likeverdige de som blir brukt i dag. Effekten av gjødselprodukter av fiskeslam vil sannsynligvis gi en avling på 80 til 90 pst. av avlingen de får ved bruk av vanlig mineralgjødsel, som i dag. Dette problemet kan løses ved å blande nitrogengjødsel i fiskeslamgjødslet, slik at man får mer tilnærmet likt næringsinnhold i gjødslet.

Lokalbefolkninger er interessenter som følge av de negative virkningene de kan oppleve som følge av både nullalternativet og alternativ 1. For alternativ 1 og nullalternativet er det en negativ luktpåvirkningen på lokalmiljøet rundt gårdene, der slammet eller den flytende gjødselen brukes. Forskjellen mellom alternativene her er essensielt en forflytning av den samme miljøpåvirkningen. I

alternativ 2 vil denne effekten elimineres. I tillegg kan det være relevant for lokalbefolkningen til den grad de er påvirket av at lokale elver ødelegges av eutrofiering som følge av avrenning når det brukes mer flytende gjødsel enn nødvendig.

1.5 Tidshorisont

En samfunnsøkonomisk analyse skal «så langt som mulig fange opp alle relevante virkninger av tiltaket i hele dets levetid.» (Finansdepartementet, 2014, s. 5). Å definere levetiden vil i denne problemstillingen være utfordrende. Oppdrettsnæringen er en næring i stor vekst, og i 2014 anslo SINTEF at lakseproduksjonen kunne femdobles fra daværende tidspunkt, til 2050 (Gytri, 2014). Det er stor teknologisk fremgang på feltet, og det finnes mange potensielle scenarioer for utviklingen av næringen i fremtiden (Personlig korrespondanse med Eva Brod, 23.04.18). Dette inkluderer løsninger som omhandler større bruk av landbaserte ferskvanns- eller saltvannsanlegg, der fisken lever lenger på land enn i dag eller at hele produksjonen gjøres på anlegg på land. I dag er det allerede noe bruk av post-smoltanlegg, men dette vil kunne bli mer utbredt med tiden. Andre usikre teknologiske momenter er muligheten for å kunne drive i lukkede anlegg langs kysten eller lenger ut på havet. Som en totalvurdering ettersom dette er et tema som omhandler en næring der det er vanskelig å presist forutse utviklingen i fremtiden, synes vi det er passende å bruke en kortere tidshorisont enn dersom vi lettere kunne antatt fremtiden (Ref. samtale Eva Brod 23.04.18). Det finnes tilfeller av nye settefiskanlegg som kun har vært driftet i omtrent seks år, før de har blitt skiftet ut som følge av teknologisk utvikling. Samtidig som vi ønsker å holde en kort tidshorisont for å ikke bomme grovt på antagelsene våre, er det nødvendig å ha en tilstrekkelig lang tidshorisont til å kunne vurdere de mest relevante virkningene av alternativene våre. Det er to avveininger som strider mot hverandre, og vi har prøvd å ta hensyn til begge til den grad det har latt seg gjøre. Vi vil dermed legge til grunn en 15-års horisont, med start i 2018. I kapittel 6.5 vil vi gjøre en usikkerhetsanalyse hvor vi vil løse opp denne antakelsen for å se på effektene dette fører til.

2. Kvantifisering av effekter

1. Prissatte virkninger

1.1 Nytte	
1.1.1 Unngå ubehagelig lukt <i>Les mer i kapittel 3.2.1</i>	Ved å benytte fiskeslammet ubehandlet (i våt form) innebærer det ubehagelig lukt i nærområdet. Dette vil være en negativ eksternalitet for befolkningen i området hvor slammet benyttes som gjødsel. Dette vil være situasjonen for nullalternativet, hvor slammet brukes på nærliggende gårder på Vestlandet. For alternativ 1, som også gjelder bruk av ubehandlet slam, vil vi få en kostnad for befolkningen på Østlandet hvor slammet benyttes, altså en forflytning av problemet. For alternativ 2 derimot, vil det være en nytte av å tørke slammet, da man reduserer lukten.
1.1.2 Redusert import av råfosfat <i>Les mer i kapittel 3.2.2</i>	For å produsere mineralgjødsel må produsentene importere råfosfat som er kilden til fosfor. Ved å benytte fosforressursen som finnes i fiskeslam, vil man kunne redusere importen av råfosfat, som dermed vil representere en nytte vi kan verdsette.
1.2 Kostnader	
1.2.1 Behandlingskostnader <i>Les mer i kapittel 3.3.1</i>	For alternativ 2, som er å tørke slammet, vil det påløpe kostnader i forbindelse med denne tørkeprosessen. Dette vil hovedsakelig bestå av investeringskostnader og driftskostnader, i tillegg til mulige vedlikeholdskostnader.
1.2.2 Transportkostnader <i>Les mer i kapittel 3.3.2</i>	Ved å transportere slammet fra Vestlandet til Østlandet vil det påløpe transportkostnader. For alternativ 1 vil disse være større på grunn av høyere volum å transportere (på grunn av lavere tørrstoffinnhold). For alternativ 2 vil man redusere disse kostnadene på grunn av et høyere tørrstoffinnhold.
1.2.3 Lagring av slammet <i>Les mer i kapittel 3.3.3</i>	Lagring av slammet medfører en kostnad for settefiskanleggene, spesielt for alternativ 1. Ved at slammet er i flytende form må det lagres på tanker, mot alternativ 2 hvor det tørkede slammet kan lagres i for eksempel sekker, som er mye billigere.

3. Prissatte effekter

3.1 Introduksjon

I kapittel 2 er de viktigste effektene av gjenbruk av fiskeslam nevnt. For å gjennomføre en nytte-kostnadsanalyse er det viktig at alternativene er sammenlignbare, og for å kunne gjøre dette bør effektene verdsettes i kroner så langt det er mulig og hensiktsmessig (Finansdepartementet, 2014, s. 3). Vi vil i dette kapitlet ta for oss effektene som kan verdsettes i pengeverdi, og vi vil i kapittel 4 ta for oss effektene som ikke kan eller det er hensiktsmessig å verdsette i kroner.

For å beregne et gjennomsnittlig anlegg bruker vi total produksjon av smolt og slam, og deler på antall anlegg i Norge. I følge en presentasjon av Martinsen (2016) på konferansen Tekset, produserte Norge 330 millioner smolt i 2016. Dette gir en total slammengde på 85.000 tonn, med 10 pst. tørrstoff (TS). Under presentasjonen blir det også oppgitt at det 150 settefiskanlegg med krav til rensing av avløpsslam (Martinsen, 2016). Dette betyr at et gjennomsnittlig anlegg produserer 2.200.000 smolt årlig, som gir rundt 565 tonn slam med 10 pst. TS. Vi vil dermed legge denne antakelsen til grunn for analysen videre. Når det gjelder andelen tørrstoff i slammet, varierer dette mellom anlegg og årstider (Blytt et. al., 2011, s. 9). Vi vil allikevel legge til grunn 10 pst. tørrstoff, da dette virker å være en middelvei, og brukes i flere rapporter. Dette er dermed andelen tørrstoff i nullalternativet og alternativ 1. Det vil være hensiktsmessig å beregne mengde tørrstoff produsert for videre analyse. Da andelen tørrstoff er lik 10 %, vil det gjennomsnittlige settefiskanlegget dermed produsere rundt 56,5 tonn tørrstoff. Dette gir total slammengde for alternativ 2 med 95 pst. TS lik 59,3 tonn. Det mest interessante er derimot mengde fosfor i den produserte mengden slam. For ubehandlet slam med 10 pst. TS er naturligvis andelen fosfor per tonn lavere enn for tørket slam med 95 pst. TS. I følge Brod & Haraldsen (2017) består ubehandlet fiskeslam (10 pst. TS) av 3,1 kg fosfor per tonn slam (0,31 pst. fosfor). For tørket slam (95 pst. TS) oppgis det å være 13,3 kg fosfor per tonn slam (Brod & Haraldsen, 2017, s. 29). Tørrking av slam skal ikke redusere fosforinnholdet i slammet, da fosfor ikke har noen gassfase. Forskjellen kan dermed skyldes for eksempel usikkerhet, fosforkonsentrasjon i fôret og forskjeller mellom anleggene (Personlig korrespondanse med Eva Brod, forsker ved NIBIO, 04.05.18). Vi vil dermed anta at fosforinnholdet i tørket slam er lik fosforinnholdet i ubehandlet slam. Dette betyr at den gjennomsnittlige mengde slam per anlegg (565 tonn) består av 1751,5 kg fosfor.

3.2 Nytte

3.2.1 Unngå ubehagelig lukt

Fiskeslam i ubehandlet form har en svært ubehagelig lukt, og regnes som litt verre enn fersk grisemøkk (Personlig korrespondanse med Ola Stedje Hanserud, forsker ved NIBIO, 13.04.18). Det har blitt gjennomført en studie ved Flandern i Belgia på grisemøkkluft, som kan regnes med å være kulturelt og geografisk tilsvarende landbruksområde slik der det produseres settefisk i dag på Bømlo (Eyckmans, De Jaeger & Rousseau, 2011). I studien er det benyttet hedonic pricing og willingness to pay (WTP) for å estimere velferdstapet av grisemøkkluften ved å se på reduserte boligpriser innen nær radius. Vi har valgt å bruke den prosentvise nedgangen i boligpris som utgangspunktet for analysen. Dette gjør overførbarheten til andre prosjekter andre steder i landet enklere. Graden av ubehagelig lukt har

2. Ikke-prissatte virkninger

2.1 Nytte	
2.1.1 Matsikkerhet og verdien av økt selvforsyningsgrad <i>Les mer i kapittel 4.2.1</i>	Gjenbruk av fosfor vil kunne føre til reduksjon i nødvendig mengde fosfor importert uten at produksjonsnivå av landbruksprodukter må ned. Dette vil hjelpe på veien mot et nasjonalt mål om større selvforsyningsgrad. Denne nytten vil kunne spille inn i både alternativ 1 og alternativ 2, og virkningen mellom de to alternativene er rimelig like.
2.1.2 Miljøskader og endringer i havet <i>Les mer i kapittel 4.2.2</i>	Tilgangen på fosfor vil påvirke både hvilke havarter som klarer seg best og antallet individer i enkeltarter. Utslipp av fosfor i havet fra settefiskanleggene, fra nullalternativet vil være en kostnad man kommer til å slippe i både alternativ 1 og alternativ 2, derav er dette en nyttevirkning i begge alternativene.
2.1.3 Fosfor som begrenset ressurs <i>Les mer i kapittel 4.2.3</i>	Fosfor er en begrenset ressurs. I et lengre perspektiv vil vi måtte gjenbruke fosforet eller finne et substitutt. Substitutter er svært lite sannsynlig å kunne finnes da fosfor er et grunnstoff og har derfor unike egenskaper. Til den grad fosfor samles i unødvendig store ansamlinger i matjorda på Vestlandet, eller renner ut i havet der, vil det samme fosforet benyttes mer nyttig i begge de to andre alternativene, slik at man vil ha en nytte av resirkulert fosfor.
2.1.4 Karbonlagring i jord <i>Les mer i kapittel 4.2.4</i>	Fiskeslam binder opp karbon. Om slammet brukes som gjødsel, vil en større andel av karbonet bindes til jorden og lagres, og dermed ikke omdannes til skadelige klimagasser. Det er uklart til hvilken grad dette vil skje i de forskjellige alternativene, så det er vanskelig å si om dette er noen stor nytte ved noen av de to alternativene sammenlignet med nullalternativet.
2.1.5 Eutrofiering: Endringer i elver langs gårder på Vestlandet <i>Les mer i kapittel 4.2.5</i>	Halvparten av fosforet som årlig spres på norske jorder blir ikke tatt opp av planter, men lagres i jorden eller renner ut i vassdrag, ifølge Farestveit, Møyland, & Daae(2015). Farestveit, Møyland, & Daae (2015) peker også på dette som en av de viktigste årsakene til at vannforskriften ikke nås. Dette er en kostnad ved nullalternativet, som man kan redusere ved å implementere tiltakene enten alternativ 1 eller alternativ 2.
2.2 Kostnader	
2.2.1 Klimaeffekt av mer transport <i>Les mer i kapittel 4.3.1</i>	Transportbehovet vil øke mest med alternativ 1 der slammet fraktes i våt form på tankbiler. Mer masse må transporteres fra oppdrettsanlegg til gårder på Østlandet for samme gjødslingseffekt. For å frakte ett års produksjon av slam i våt form vil man trenge rundt 19 turer. I alternativ 2 vil det også kreves transport, og derav klimagassutslipp, men det er svært begrenset når rundt 2 transportrunder i året er tilstrekkelig.
2.2.3 Utslipp av tungmetaller og andre miljøgifter <i>Les mer i kapittel 4.3.2</i>	Utslipp av tungmetaller og andre miljøgifter i matjorda vår er negativt, og kan være potensielt farlig for mennesker, om nivåene av stoffene blir for store. Ved alle alternativene vil tungmetallene sink og kadmiium tilføres i jorda, men i en mengde begrenset av myndighetene. Miljøgifter har ikke blitt funnet i målbare mengder i fiskeslamproduktene i noen av alternativene, og burde i dag ikke anses som noen kostnad, men kunnskapen er fortsatt begrenset. Denne kostnaden vil være et problem i både alternativ 1 og alternativ 2, til den grad det måtte være problematiske mengder giftstoffer i gjødselproduktene.
2.2.2 Manglende markedspris <i>Les mer i kapittel 4.3.3</i>	Gjødselproduktene av fiskeslammet har effekt på plantevekst, men det er ikke klart nøyaktig hva slags besparelser, i form av redusert kjøp av annen gjødning, som tilfaller jordbrukere som benytter seg av disse produktene.

utslag for hvilken prosentvis nedgang boligprisene i undersøkelsen får, og dette blir klassifisert i tre grupper: OD1 (lite luktplage), OD2 (moderat luktplage) og OD3 (sterk luktplage) (Eyckmans et al., 2011). Vi antar at husdyrgjødsel ligger innenfor OD2, med beregnet 4,8 pst. nedgang i boligpris, og at fiskeslam ligger innenfor OD3, med 11,5 pst. nedgang i boligpris. Nullalternativet og alternativ 1 (ubehandlet slam) faller dermed under OD3. Vi antar i tillegg at tørket fiskeslam (alternativ 2) ligger under OD1, da dette avgir lite lukt.

For å finne gjennomsnittlig boligpris i Bømlo og Nes på Hedmark har vi brukt Finn.no Eiendom (per. 05.08.18) sitt søkefelt på relevant nærområde for å beregne dette. Deretter er det funnet total befolkning for Bømlo og Nes, og estimert antall husstander basert på landsgjennomsnittet på 2,2 personer per husstand (SSB, 2017b; Nes og Helgøya historielag, 2018; SSB, 2017a). I studien til Eyckmans et. al. (2011) ble det regnet på et anlegg for håndtering av dyremøkk som antas å drives konstant 365 dager i året. Dette er ikke tilfellet med spredning av husdyrgjødsel, og vi antar i beregningene at hyppigheten av gjødsling er 10 dager med lukt i året. Dette korrejerer vi dermed for. Det antas at også at husdyrgjødsel- og fiskeslamspredning foregår over større områder og derfor i hele kommunen.

For alternativ 1 vil differansen mellom OD3 og OD2 bli brukt, da Bømlo går fra lukt fra fiskeslam til lukt fra husdyrgjødsel, altså en nytte av reduksjon av lukt. Dette fører til en økning i boligpriser på 6,6 pst. på Bømlo, og total nytte ved å fjerne fiskeslamlukt fra Bømlo er dermed beregnet til å være 19 124 721 kr. Samtidig vil man få en kostnad ved at det ubehandlede slammet transporteres fra Bømlo til Nes på Hedmark. Området vil dermed gå fra OD2 til OD3, altså en økning i luktplage, som gir en reduksjon i boligpriser på 6,6 pst. Dette gir en kostnad lik 9 960 239 kr og forenkles ved å anta ingen tapsaversjon i Nes for boligprisnedgangen. Om vi summerer nytten og kostnaden ved å flytte luktplagen, gir dette netto nytte på 10 164 481 kr. Beregningene kan sees i Vedlegg 10.5.

Når det gjelder alternativ 2, vil differansen mellom OD3 og OD2 bli brukt, da befolkningen på Bømlo går fra nullalternativet med bruk av ubehandlet fiskeslam i nærområdet til gjødsling med husdyrgjødsel. Dette fører som nevnt til en økning i boligpriser på 6,6 pst., som gir en total nytte for luktreduksjonen på 19 124 721 kr. Alternativ 2 er som kjent å tørke slammet og transportere det til Nes på Hedmark, og da vi har antatt at tørket slam faller under OD1 på grunn av lite lukt, vil dette ikke føre til boligprisreduksjon på Nes. Total netto nytte for alternativ 2 blir dermed lik verdien av luktreduksjon på Bømlo, lik 19 124 721 kr.

3.2.2 Redusert import av råfosfat

Motivasjonen for å gjenbruke fiskeslam som gjødsel er å utnytte (spesielt) fosforet i avfallet. Dette er en nytte vi kan prissette i analysen, ved å se på redusert import av fosfor som følge av bedre utnyttelse av fosforet i avfallet. I et nasjonalt nytte-kostnadsperspektiv vil det være importprisen på råfosfat som brukes til produksjon av mineralgjødsel som er interessant. Først er det viktig å anslå mengde fosfor i slammet produsert ved det tenkte settefiskanlegget på Bømlo. Som nevnt på side 15 består 565 tonn ubehandlet slam av 1751,5 kg fosfor. Vi kunne brukt pris på tilsvarende gjødselprodukter for å beregne nytten, men da slammet ikke inneholder tilstrekkelig nitrogen og dermed må tilsettes, ser vi bort fra dette. Årsaken er at vi antar at produksjonskostnadene for mineralgjødsel med nitrogen er lik for mineralgjødsel med både nitrogen og fosfor, og disse kostnadene kansellerer dermed nytten ved redusert gjødselproduksjon.

For å anslå importpris på råfosfat bruker vi «World Bank Commodities Price Forecast» fra 22. januar 2015, hvor World Bank (2015) estimerer framtidige priser på blant annet råvarer. Prognosen for råfosfat er der gitt til å være 103,6 USD/mt (dollar per metriske tonn) i 2018 (World Bank, 2015). Prognosen strekker seg fram til 2025, og etter hva som framgår antas prisen å reduseres med omlag 2 pst. årlig, i nominelle dollar. Vi vil dermed legge dette til grunn når vi ser på prisutviklingen i løpet av vår tidshorisont. Prisen på 103,6 USD/mt er en prognose, og den oppdaterte prisen av World Bank (2018) er gitt til å være 103 USD/mt i april 2018, slik at den faktiske prisen stemmer godt overens med prognosen fra 2015. Ved å benytte valutakurskalkulatoren til Norges Bank (2018)² finner vi at prisen tilsvarer 829,92 kr/mt i 2018. Vi vil dermed bruke dette som pris i periode 0 (2018), og vil benytte anslagene om en 2 pst. prisreduksjon årlig som prognose i tidshorisonten vi ser på. I 2033, som er enden av vår 15-års tidshorisont, er prisen dermed antatt å være 455,43 kr/mt. Prognosen for dette kan sees i Vedlegg 10.3, sammen med årlige verdier.

For å finne verdien av redusert råfosfatimport multipliserer vi prisene med antall tonn fosfor (1,7515 tonn), hvor vi antar at fosforutslippene i settefiskanleggene holder seg konstant gjennom tidshorisonten vi ser på.³ Verdien i 2018 av redusert import med denne antakelsen vil være lik 1453,61 kr/mt for alternativene. I 2033 vil disse verdiene synke til 797,69 kr/mt.

² Valutakursen NOK/USD er gitt til å være 8,0575 per 04.05.2018 (Norges Bank, 2018).

³ Vi antar her at forholdet mellom fosfor fra slam og råfosfat er 1:1, altså at de er like effektive. Det kunne vært aktuelt å korrigere for eventuelle forskjeller i gjødslingseffekt, men på grunn av usikkerhet rundt anslag om gjødslingseffekt på fiskeslam velger vi å se bort fra dette.

3.3 Kostnader

På kostnadssiden er det som nevnt en avveining mellom behandlingskostnader og transportkostnader mellom de to alternativene. For alternativ 1, bruk av ubehandlet slam, vil vi ikke ha behandlingskostnader for slammet, men man vil ha høyere transportkostnader på grunn av høyere volum. For alternativ 2, tørking av slammet, vil transportkostnadene reduseres på grunn av høyere konsentrasjon av tørrstoff, men man vil samtidig ha høyere kostnader for tørking av slammet.

3.3.1 Behandlingskostnader

For å oppnå slam med 95 pst. TS innebærer dette behandlingskostnader. For alternativ 1, som er slam med 10 pst. TS, vil behandlingskostnadene være lik null, da vi antar at dette er tørrstoffinnholdet for ubehandlet slam. Slam med 10 pst. TS oppnår man ved å benytte gravitasjonssettler og trommelfilter. Dette er *«nødvendig teknologi uansett hvordan man velger å behandle slammet senere.»* (Oterhals & Oppen, 2016, s. 7). I likhet med Oterhals & Oppen (2016) holder vi derfor disse kostnadene utenfor våre beregninger, da det inngår i alle behandlingsformer for slammet. Behandlingskostnadene for slam med 95 pst. TS kan deles opp i investeringskostnader og driftskostnader.

Det finnes en rekke utstyr man kan benytte for å oppnå en høy tørrstoffandel. Vi vil ikke gå nærmere inn på de forskjellige formene for tørking, men vil ta utgangspunkt i kostnadsberegninger av Oterhals & Oppen (2016). For å oppnå 95 pst. TS må man først øke tørrstoffandelen til 30 %, for så å tørke slammet til 95 pst. TS. Om man vil oppnå slam med rundt 30 pst. TS må man i følge Oterhals & Oppen (2016) beregne en investeringskostnad på rundt 2 millioner kroner, som er beltefilter og/eller skrue. Når det gjelder driftskostnader for å oppnå denne tørrstoffandelen består disse av en økning i årsverk på 0,25 og økt energibruk tilsvarende rundt 50.000 kr per år. Deretter må man tørke slammet til 95 pst. TS, hvor det trengs ytterligere investeringskostnader på 1 million. Den totale investeringskostnaden for å oppnå 95 pst. tørrstoff er dermed lik 3 millioner kroner (Oterhals & Oppen, 2016, s. 7). I tillegg kommer ytterligere driftskostnader, som av Oterhals & Oppen (2016) blir oppgitt til å bestå av en ytterligere økning av årsverk lik 0,25 og ytterligere energikostnader lik 50.000 kroner. Dette må også legges sammen med driftskostnadene for å oppnå 30 pst. TS, som betyr at de totale kostnadene for å oppnå 95 pst. TS blir lik 550.000 kroner.⁴

Når man har oppnådd et produkt med 95 pst. tørrstoff kan man produsere gjødselpellets, som innebærer en ytterligere økning av kostnader. I følge Oterhals & Oppen (2016) trengs det investeringskostnader på 150.000 kr for pelletering til plantegjødsel av biorest eller tørket slam (råslam). Oterhals & Oppen (2016) oppgir også at man kan regne med en ytterligere kostnad på energi lik 20.000 kr årlig.

I tillegg til økningen i årsverk og energibruk trengs det også blant annet polymertilsetning. Kort fortalt er dette et tilsetningsstoff for å redusere vanninnholdet i slammet. I følge personlig korrespondanse med Tore Svanem ved Lerøy Midt, 20.03.18, er kostnadene deres rundt 20.000 kr årlig for polymertilsetningen. Vi antar dermed at dette er årlige kostnader for vårt tenkte settefiskanlegg.

⁴ Her har vi i likhet med Oterhals & Oppen (2016) antatt at kostnaden per årsverk er lik 900.000 kr.

3.3.2 Transportkostnader

Som nevnt i kapittel 2 er transportkostnader en viktig faktor når det gjelder gjenbruk av fiskeslam som gjødsel, og man vil få en avveining mellom behandlingskostnader og transportkostnader for de to alternativene: *«Det kan være aktuelt å redusere vanninnholdet i slammet for transport for å få ned både transportkostnader og avgift for levering, kostnader for avvanning og eventuelt tørking må da balanseres mot reduserte transport- og leveringskostnader.»* (Oterhals & Oppen, 2016, s. 7).

Det vil være ulike transportmidler for de to alternativene. I følge personlig korrespondanse med Lars Nordgård ved Ragn-Sells 16.04.18, som står for transport av slam, kan slam med 10-15 pst. TS transporteres med tankbil og kan pumpes. Slam med 95 pst. TS kan derimot fraktes i store sekker, såkalte bigbags, og man kan dermed benytte såkalt kapellbil eller walkingfloor. For vått slam kan man transportere maksimalt 30 tonn i Norge, til en kostnad rundt 27 kr/km. For tørket slam kan man transportere 30-35 tonn i Norge. Fraktratene for kapellbiler og walkingfloor fra Vestlandet til Østlandet er mye lavere, da man kan utnytte returtransport. Dette betyr at transportkostnadene er rundt halvparten av annen transport, tilsvarende 12-15 kr/km. Vi bruker middelveien, altså 13,5 kr/km, i våre beregninger.

Totalkostnadene for transport fra vårt tenkte settefiskanlegg på Bømlo til Nes på Hedmarken, blir dermed 14 850 kr for alternativ 1 (10 pst. TS) og 7 425 kr for alternativ 2 (95 pst. TS), per runde, gitt antakelsen gjort i innledningen om at avstanden er 550 km. Dette tilsvarer 0,9 kroner per tonn per kilometer for alternativ 1 (10 pst. TS) og 0,45 kr per tonn per kilometer for alternativ 2 (95 pst. TS). Når vi tar hensyn til mengde slam årlig, blir de totale kostnadene lik 279 674 kr årlig for alternativ 1 og 14 726 kr årlig for alternativ 2. Som vi kan se fører reduisering av vanninnhold til en kraftig reduksjon i transportkostnadene.

3.3.3 Lagringskostnader

Oppsamling av slam innebærer også lagringskostnader, som nevnt i punkt 1.2.3 i kapittel 2. Disse kostnadene vil variere stort mellom de to alternativene. I følge Oterhals & Oppen (2016) er kostnadene for en lagertank for utørket slam (alternativ 1) rundt 250.000 kr. Etter hva det kommer fram av rapporten vil denne ha en lagerkapasitet på minimum 665 tonn slam (Oterhals & Oppen, 2016, s. 9). Dette betyr at den mengde slam som blir produsert på det tenkte anlegget årlig får plass i tanken.

For alternativ 2 (95 pst. TS) reduserer man dermed lagringskostnadene betraktelig, da tørrstoffet kan lagres i for eksempel sekker (Oterhals & Oppen, 2016, s. 7). Da vi anser disse kostnadene for marginale sammenlignet med lagertank, antar vi dermed videre i analysen at disse kostnadene er tilnærmet lik null.

4. Ikke-prissatte effekter

4.1 Metode

Vi presenterer her de samfunnsøkonomiske effektene som ikke på noen god måte kan måles i penger. Noen av punktene vil kunne måles i penger, men vil være utenfor omfanget av oppgaven. Ikke-prissatte effekter vil likevel kunne være avgjørende eller viktige i vurderingen om gjenbruk av fiskeslam er verdt å gjennomføre. Siden virkningene ikke kan måles i penger velger vi å bruke pluss-minusmetoden for å poengtere viktigheten av de ulike effektene (Direktoratet for økonomistyring 2014, s. 82). De måles mot nullalternativet og beskrives med grad av betydning og størrelse på omfang i henhold til pluss-minusmetoden i Vedlegg 10.1.

4.2 Nytte

4.2.1 Matsikkerhet og verdien av økt selvforsyningsgrad

Gjenbruk av fosfor vil kunne føre til reduksjon i nødvendig mengde fosfor importert uten at produksjonsnivå av landbruksprodukter må ned. Norge gjør seg med dette mindre avhengig av en nødvendig komponent i moderne jordbruksproduksjon som i dag importeres i sin helhet. Importen kommer også i stor grad fra ett opprinnelsesland (Marokko) som ytterligere øker sårbarheten (Heckenmüller et al, 2014, s. 8). Regjeringen ønsker også å sikre norsk matproduksjon med tanke på selvforsyning (Regjeringen, 2017). Ifølge Budsjettnemnda for jordbruket (Budsjettnemnda for jordbruket, 2018, s. 59-61), var norsk selvforsyningsgrad i 2017 beregnet til 49 pst. Årsaken til at dette er et viktig hensyn er at landet har et behov for å være rustet til fremtidige situasjoner der matmangel kan bli et problem. Dette kan forekomme som følge av krig, eller som følge av at klimaendringer vil senke totalavlingene på verdensbasis over tid, samtidig som verdens befolkning fortsatt øker. FNs klimapanel anslo i delrapport 2 av sin femte hovedrapport, i 2014, at verdens avlinger vil synke med én pst. hvert tiår så lenge klimaendringer fortsetter å forekomme (IPCC, 2014, s. 505). I tillegg til disse hensynene, er det det bredere hensynet til geopolitikk, spesielt med tanke på at disse råfosfatreservene som egner seg i kommersiell sammenheng ligger i så få hender, og er så ujevnt fordelt som de er. Vi anser betydningen av en slik effekt som stor da matsikkerhet og landbruksproduksjon er et nasjonalt anliggende. Omfanget av tiltaket er derimot ikke egnet til å redusere nasjonal import av fosfor nevneverdig og vi anser det å være lite og positivt. Konsekvensen anslår vi til én pluss (+) i begge alternativer.

4.2.2 Miljøskader eller endringer i havet

Fosfor er nødvendig for plantevekst, men også potensielt miljøskadelig da for mye av det vil være skadelig for planter og dyr. Tilgangen på fosfor vil påvirke både hvilke havarter som klarer seg best og antallet individer i enkeltarter (Paytan et. al, 2007, s. 563). Havet er derimot stort og utslippene forårsaker per i dag kun lokale endringer i havmiljøet rundt utspillene. I sum blir et slikt spørsmål for stort for vår oppgave. Betydningen av effekten er middels da den omfatter alle som gjør bruk av havet, være seg direkte eller indirekte bruk. Men vi kan ikke definere noe omfang i noen av alternativene og vår vurdering er at dette ikke vil ha noen effekt. Samlet konsekvens blir da null (0) i begge alternativer.

4.2.3 Fosfor som begrenset ressurs

Fosfor er en begrenset ressurs. I et lengre perspektiv vil vi måtte gjenbruke fosforet eller finne et substitutt. Substitutter er svært lite sannsynlig å kunne finnes da fosfor er et grunnstoff og har derfor unike egenskaper. Produksjon av fosfor er heller ikke mulig i noen form for skala av samme grunn. EU har derfor ført opp fosfor på sin liste over kritiske råvarer for å fremme blant annet gjenbruk av fosfor (EU, 2017). Gjenbruk av fiskeslam er en måte å forlenge tilgangen på fosfor. I det tidsperspektiv oppgaven fokuserer på vil vi ikke gå tom for fosfor - heller ikke de neste 100 år (Heckenmüller et al, s. 3). Vi anser det likevel som viktig å forvalte denne ressursen på best mulig måte. Vi anser betydningen av slike tiltak som store da de omhandler nasjonal matproduksjon. Samlet vurdering må likevel settes til intet da slammet allerede i dag spres på jorder og således tas opp i planter, lagres i jorden eller forsvinner i avrenning. Vi kommer tilbake til avrenning i punktet om eutrofiering (kapittel 4.2.5). Vi vurderer konsekvensen til null (0) i begge alternativer.

4.2.4 Karbonlagring i jord

Fiskeslam binder opp karbon. Karbonet kan omdannes til klimagasser, som karbondioksid og metangass. Klimagassene bidrar til drivhuseffekten, som generelt omtales som en av de store truslene menneskeheten står overfor. Om slammet brukes som gjødsel, vil en større andel av karbonet bindes til jorden og lagres, og dermed ikke omdannes til skadelige gasser. Dette vil ha en positiv klimaeffekt. Det kunne vært mulig å tenke seg en pris på denne effekten innad i EUs kvotemarked om det ble godkjent som et «Joint implementation project» (UNFCCC, 2018). Per i dag finnes det derimot ingen forskning å vise til angående mengden karbon som ville blitt lagret eller hvor lenge karbonet vil bli værende i jorden. Vi kan derfor ikke prissette denne effekten. Av samme grunn kan vi ikke fullgodt vise til hvor stor ikke-prissatt virkning det vil ha. Betydningen av klimaendringer er stor da det kan ha konsekvenser for hele Norges befolkning. Men vi anslår, på grunn av tiltakets størrelse og usikkerheten rundt lagringstid, at omfanget i et klimaperspektiv er intet. Derfor setter vi konsekvens null (0) i begge alternativer.

4.2.5 Eutrofiering: Endring i elver langs gårder på Vestlandet

Eutrofiering vil si prosessen av økt plantevekst, i form av eksempelvis alger, som forekommer i innsjøer og annet ferskvann, som følge av økt tilførsel av næringsstoffer i vannet (Kjensmo & Hongve, 2018). Relatert til dette temaet vil avrenning av fosforoverskudd, fra gårder på Vestlandet som følge av overgjødning, være mest aktuelt. Vann kan «gro igjen» som konsekvens. Ved påtvungen eutrofiering, som vil si eutrofiering som følge av menneskelig aktivitet, kan man få negative konsekvenser i vann som endrer sammensetning av arter, endrer surhetsgraden i vannet og generelt forringer vannkvaliteten. For å prissette eutrofiering, kunne man sett på WTP for forbedring av vannkvalitetsgrad ved nærliggende områder; slike data hadde vi ikke ressurser til å se på. Lokale variasjoner gjør dette til et stort tema som vi ikke vil forsøke å kvantifisere de samlede virkningene av. Elvens utgangspunkt vil kunne gjøre økt eutrofiering til en fordel eller en ulempe i en gitt elv eller vassdrag da både for lite og for mye fosfor er problematisk. Nedbørsmengde, antall gårder og geologi gjør spørsmålet for stort for vår oppgave. Det er derimot slik at over halvparten av fosforet som årlig spres på norske jorder ikke blir tatt opp av planter, men lagres i jorden eller renner ut i vassdrag ifølge Farestveit, Møyland & Daae (2015). Farestveit, Møyland & Daae (2015) peker også på dette som en av de viktigste årsakene til at vannforskriften ikke nås og at risikoen for fosfortap er større, jo mer mettet jorden er med fosfor. Jordsmonnet på Bømlo, som vi ser på, er mer mettet med fosfor enn jorden på

Nes, der vi ser for oss at slammet skal flyttes (Øgaard, 2013, s. 2). Slik kan totale avrenninger bli mindre om slammet spres på Nes enn Bømlo. Vi anser dette som av middels betydning for samfunnet da vi kan oppnå mindre eutrofiering i et område som allerede har en meget høy metningsgrad av fosfor. Og med lite positiv effekt av både alternativ 1 og 2. I sum blir dette én (+) pluss.

4.3 Kostnader

4.3.1 Klimaeffekt av mer transport

I alternativ 1 og 2 vil det nødvendigvis forekomme transport av gjødselprodukter over avstanden fra settefiskanleggene til landarealene på Østlandet, der det skal brukes. Dette økte transportbehovet vil naturligvis føre til mer drivstofforbruk, som har en negativ klimaeffekt. I vårt tenkte eksempel mellom Bømlo og Nes i Ringsaker er det 550 km, tur-retur blir 1 100 km. Transportbehovet vil øke mest med alternativ 1 der slammet fraktes i våt form på tankbiler. Mer masse må transporteres fra Bømlo til Nes for samme gjødslingseffekt når slammet ikke er tørket. For å frakte ett års produksjon av slam i våt form (alternativ 1) vil man trenge omtrent 19 turer. Hvis man tørker slammet til 95 pst. tørrstoff (alternativ 2) vil et gitt anlegg trenge omtrent to turer per år. I alternativ 1 har vi da omtrent 20 900 km med tungtransport. I alternativ 2 vil man som nevnt i kapittel 3.3.2 kunne utnytte returtransport, som betyr at det kun er avstanden for én strekning som er utslippskostnadene i denne analysen. Dette er dermed snakk om rundt 550 km. Ved transport i våt form vil det også være vanskelig eller umulig å finne en alternativ bruk av tankene før vask - noe som kan øke kilometer kjørt uten last. Med alternativ 2 vil transportfirmaet lettere kunne finne transportoppdrag etter avlevering av slam da det kan fraktes i vanlige walkingfloor-biler. Selv om alternativ 2 har klare fordeler vil ingen av alternativene ha nevneverdig innvirkning på samlet utslipp fra transport i Norge. Vi anser konsekvensen å være null (0) i begge alternativer.

4.3.2 Utslipp av tungmetaller og andre miljøgifter

Tungmetaller og andre miljøgifter kan være farlig for mennesker om vi får de i oss i for store mengder. Av den grunn er det et mål for myndighetene å regulere tilførsel av disse stoffene i maten og matproduksjonen vår. For at fiskeslam skal kunne benyttes som et gjødselprodukt i en eller annen form til matproduksjon, er det av vesentlig viktighet at det gjødselproduktet ikke inneholder for store mengder av disse farlige tungmetallene og andre miljøgiftene.

Fiskeslam inneholder flere tungmetaller som potensielt er skadelige for oss mennesker (Brod & Haraldsen, 2017). Blant disse er sink, kadmium, bly, kvikksølv, nikkel, kobber og krom. I den kjemiske sammensetningen av tørket fiskeslam med 95 pst. tørrstoff, tørket med Sterner Aquatech-metoden, og av ubehandlet fiskeslam 13 pst. tørrstoff, finnes det for høye verdier av sink og kadmium, mens andre tungmetaller er innenfor akseptable grenser. Dette i henhold til Gjødselvarereforskriften (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav, 2003, § 10). Her klassifiseres bestemte nivåintervaller av tungmetaller i gjødsel fra 0, som er best, I, II, og III, som er verst.

Sinkinnholdet i både tørket og ubehandlet fiskeslam havner i klasse II, med en liten mengdeforskjell per kg tørrstoff mellom de to typene.

Kadmiuminnholdet er mer sprikende mellom de to slamtypene. Her havner ubehandlet slam i klasse I, svært nære klasse II-nivå. Samtidig havner behandlet fiskeslam godt innenfor klasse 0.

Man kan kun bruke to tonn tørrstoff som gjødsel per dekar per tiår av klasse II-gjødselprodukter, med andre ord 200 kg per år og dekar. I ubehandlet slam er det 13 pst. tørrstoff, og 11 kg nitrogen per tonn gjødsel. Med en begrensning på 200 kg tørrstoff per mål per år, vil man få tilført 16,9 kg nitrogen per år per dekar ved bruk av ubehandlet slam. Ved bruk av tørket slam, som har 95 pst. tørrstoff, og 68 kg nitrogen per tonn gjødsel, og samme begrensning på brukt mengde, vil man få tilført 14,3 kg nitrogen per år per dekar. Dette skal, ifølge Brod & Haraldsen (2017), være tilstrekkelig med nitrogen. Brod & Haraldsen (2017) mener at for å kunne øke den potensielle bruken av fiskeslam som gjødsel må man utelukkende bruke høykvalitetsfôr, med lite tungmetaller, i lakseindustrien.

Det finnes i dag begrenset kunnskap om hvorvidt det finnes organiske miljøgifter i fiskeslam. På oppdrag fra Miljødirektoratet, har Bioforsk i 2015 gitt ut en rapport (Joner, Dibdiakova, Ytrestøyl & Haraldsen, 2015, s. 15) fra deres analyser av blant annet fiskeslam for å finne forekomster av organiske miljøgifter, og hvordan disse påvirkes av forskjellige behandlingsmetoder. De fant ikke målbare mengder giftige stoffer, og konkluderte med at det i dag ikke finnes noen grunn til å ha en reservert holdning til fiskeslam til bruk som gjødsel. Dette funnet er til tross for at det finnes organiske miljøgifter i fôret til laksen.

Når det poengteres at kunnskapen om organiske miljøgifter i fiskeslam i dag er begrenset, tolker vi det som at man trenger et bedre grunnlag for å konkludere mer definitivt om det er et problem med miljøgifter der eller ikke.

Betydningen av giftstoffer i gjødselproduktene i alternativ 1 og 2 er til den grad de er omfattende, regulert av myndighetene. Vi antar at myndighetene har satt begrensninger på bruk av miljøgifter i gjødselprodukter på en slik måte at om de overholdes, har de ikke lenger noen skadeeffekt av noe slag. Grunnet usikkerheten knyttet til de organiske miljøgiftene vurderer vi et lite negativt omfang. Vi anser begge alternativene som liten i betydning og lite negativt i omfang. Det gir en total konsekvens for denne effekten på begge alternativer som intet (0), etter vårt skjønn.

4.3.3 Manglende markedspris

Fiskeslammet har effekt på plantevekst, men det er ikke klart nøyaktig hva slags besparelser, i form av redusert kjøp av annen gjødning, som tilfaller jordbrukere som benytter seg av fiskeslam. Fiskeslammet er ikke et perfekt substitutt til gjødsel som kjøpes i markedet i dag i seg selv, da det ikke inneholder tilsvarende mengder nitrogen (Brod et al., 2017, s. 29-32). Nitrogen ville derfor måttet kjøpes i tillegg om vi skulle anslå verdien av slammet mot mineralgjødsel. Vi har heller ikke data om betalingsvillighet for slammet blant bønder der det spres i dag, da dette foregår vederlagsfritt. Av disse grunnene setter vi en eventuell markedspris på fiskeslammet under ikke-verdsatte effekter. Betydningen av dette slammet i dag er liten da det omfatter relativt få gårder. Omfanget vil være lite og positivt da det tilfaller bøndene en potensiell kostnadsreduksjon i fremtiden om de har et fosforlager i jorden. Konsekvensen vurderer vi derfor til null (0) i begge alternativer.

4.4 Totalvurdering av ikke-prissatte effekter

Gitt alle antagelser som er gjort, og vår skjønnsmessige vurdering av omfang, betydning, og derav konsekvens av samtlige ikke-prissatte effekter vi har valgt å vurdere i denne analysen, kommer vi frem til at både alternativ 1 og alternativ 2 får en pluss 2 (++) positiv totalvurdering av konsekvenser. Her har vi at flertallet av ikke-prissatte virkninger har blitt vurdert til å ikke ha noen nevneverdig konsekvens, så lenge man tar hensyn på et enkelt eksempel, som vi har gjort, med et settefiskanlegg på Bømlo og landbruksarealer på Nes, Ringsaker. Disse har fått intet (0) i konsekvensvurdering. De eneste effektene som har blitt vurdert av oss til å være av stor nok betydning og omfang til å være verdig en konsekvensvurdering er «Redusert avhengighet av fosforimport» og «Eutrofiering i elver». Begge disse har vi vurdert til en liten positiv konsekvens (+), for begge alternativer, sett i forhold til nullalternativet.

	Betydning	Alternativ 1		Betydning	Alternativ 2	
		Omfang	Konsekvens		Omfang	Konsekvens
Redusert avhengighet av fosforimport	Stor	Lite positivt	+	Stor	Lite positivt	+
Redusert konsum av begrenset ressurs	Stor	Intet	0	Stor	Intet	0
Eutrofiering av havet	Middels	Intet	0	Middels	Intet	0
Eutrofiering av elver	Middels	Lite positivt	+	Middels	Lite positivt	+
Karbonlagring i jord	Stor	Intet	0	Stor	Intet	0
Klimaeffekt av mer transport	Stor	Intet	0	Stor	Intet	0
Manglende markedspris	Liten	Lite positivt	0	Liten	Lite positivt	0
Utslipp av tungmetaller og miljøgifter	Liten	Lite negativt	0	Liten	Lite negativt	0
Samlet konsekvens-utredning			++			++

Tabell 2: Utredning av konsekvenser i en konsekvensmatrise.

5. Netto nåverdi

Både nyttene og kostnadene gjennomgått over strekker seg over flere år, og for å sammenligne de to alternativene må vi korrigere for tidsforskjellen. Årsaken er at mennesker er nåtidsskjeve, som betyr at vi verdsetter nytte og kostnad i dag mer enn i framtiden. Dette gjøres ved å beregne netto nåverdi, og formelen for dette er gitt under. Metoden er å summere nytte og kostnader for hvert år, og deretter diskontere verdien. I tråd med anbefalingene fra Finansdepartementet (2014) bruker vi en diskonteringsrate (δ) på 4,0 pst. for å beregne netto nåverdi. Nåverdien beregnes over alle årene i tidshorisonten, altså fra $t = 0$ (2018) til $T = 15$ (2033). Nytte er i formelen representert ved B_t , mens kostnadene er representert ved C_t .

$$NNV = \sum_{t=0}^{T=15} \frac{B_t - C_t}{(1 + \delta)^t}$$

En betingelse for å velge alternativ når man ser på netto nåverdi er å forkaste prosjektet dersom netto nåverdien er negativ. Dette antyder at alternativet ikke er å foretrekke sammenlignet med en videreføring av dagens situasjon (nullalternativet). Dersom begge alternativer er positive bør man velge det alternativet med høyest netto nåverdi. Det er viktig å påpeke at dette kun gjelder nyttene og kostnadene som kan verdsettes i pengeverdi. Ikke-prissatte effekter som gjennomgått i kapittel 4 er dermed ikke inkludert, og disse kan, på tross av anbefalingene fra netto nåverdi, være avgjørende for hvilket alternativ man bør gå for.

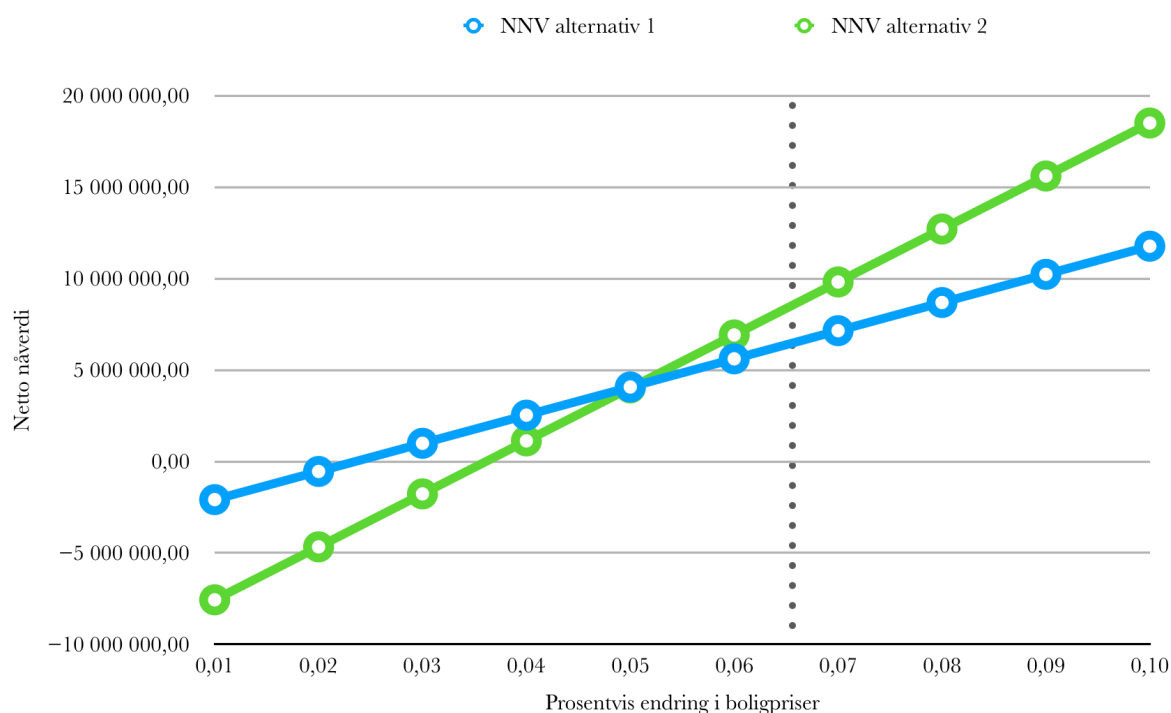
Vi kommer fram til en netto nåverdi for alternativ 1 lik **6 538 995** kroner, og **8 660 129** kroner for alternativ 2. Beregningene gjort kan sees i Vedlegg 10.4. Da begge alternativer gir positiv netto nåverdi antyder dette at begge alternativer er å foretrekke framfor nullalternativet. Man kan også se at alternativ 2 gir en høyere netto nåverdi, slik at dette er å foretrekke foran alternativ 1. Vi vil i neste kapittel gå gjennom usikkerheter i analysen, og se på hvordan disse påvirker netto nåverdi for de to alternativene.

Verdien av redusert import av fosfor er lik mellom de to alternativene, slik at dette har ikke betydning for differansen mellom alternativene. Det er hovedsakelig verdien av redusert lukt, behandlingskostnader og transportkostnader som er årsaken til differansene. Når det gjelder nytten ved redusert lukt er det hensiktsmessig å påpeke at denne nytten kun kommer i periode 0, da boligprisene representerer nåverdien av alle «tjenester» en bolig gir i løpet av sin levetid, og dermed ikke skal diskonteres.

6. Usikkerhetsanalyse

6.1 Unngå ubehagelig lukt

Som det framgår av kapittel 3.2.1 og Vedlegg 10.4 står nytten ved å unngå ubehagelig lukt fra ubehandlet fiskeslam for en stor andel av de prissatte effektene ved gjenbruk av fiskeslam. Det er også usikkerhet rundt anslagene, da vi har overført anslag fra en studie i Flandern til Norge. Man kan dermed tenke seg at det er forskjeller mellom faktorer i de to områdene som kan endre effektene av redusert lukt. Det vil dermed være hensiktsmessig å se på dette i en usikkerhetsanalyse.



Figur 3: Endring i netto nåverdi for prosentvise endringer i boligpriser av lukt.

I Figur 3 over er endringene i netto nåverdi for forskjellige prosentvise endringer i boligprisene på lukt vist. Som nevnt i kapittel 3.2.1 viser studien fra Eyckmans, De Jaeger & Rousseau (2011) at en økning fra luktklasse OD2 til OD3 fører til en prisreduksjon på boliger på 6,6 pst. Det kan derimot være forhold i Norge som gjør at resultatene på studien ikke er direkte overførbare til denne analysen. Vi ønsker dermed å se på hvordan forskjellige prosentvise endringer i boligpris påvirker netto nåverdi for de to alternativene. Endring i boligpris på 6,6 pst. som vi legger til grunn er i figuren markert av stiplet linje, og som man kan se er netto nåverdi for alternativ 2 høyere enn for alternativ 1 i dette tilfellet, i tråd med tidligere funn. Det interessante med denne figuren er hvor de to alternativene gir lik netto nåverdi. Som det kommer fram av diagrammet er dette for 5 pst. endring i boligprisene. Da netto nåverdi for alternativ 2 har en brattere helning enn for alternativ 1, fører dette til at for prosentvis nedgang i boligpriser på under 5 pst. vil det være alternativ 1 som gir høyest netto nåverdi, gitt alle andre faktorer konstant. Ved prosentvis nedgang i boligpriser på over 5 pst. er det derimot alternativ 2

som gir høyest netto nåverdi. Årsaken til at kurven for alternativ 2 har en brattere helning enn for alternativ 1, kommer av at for alternativ 2 har vi kun nytte i form av redusert lukt på Bømlo, da det tørkede slammet ikke avgir lukt av betydning. For alternativ 1 har vi derimot en forflytning av lukt fra Bømlo til Nes på Hedmark. På grunn av flere husstander på Bømlo enn på Nes på Hedmark vil nytten av redusert lukt der være større enn kostnaden av mer lukt på Nes på Hedmark. Allikevel vil kostnaden av å flytte lukten av det ubehandlede slammet dempe den totale netto nytten slik at alternativ 1 ikke har like stor positiv effekt som for alternativ 2. På grunn av lavere gjennomsnittlige boligpriser på Bømlo vil allikevel alternativ 1 gi høyest netto nåverdi for endringer lavere enn 5 pst.

Når det gjelder usikkerheten knyttet til anslaget vi har gjort på nytte av redusert lukt er det viktig å påpeke at nedgangen på 6,6 pst. er nærmere 5 pst. som gir lik netto nåverdi. Det vil dermed ikke være store endringer i antakelser og faktorer som skal til før det er alternativ 1 som er å foretrekke i henhold til netto nåverdi. Vi anser dermed anslagene på nytten av redusert lukt som usikre.

Det vil også være nyttig å studere effekten på netto nåverdi dersom lukten ikke har betydning for noen av stedene vi ser på. Uten noen effekt av lukt vil i følge våre beregninger netto nåverdi for alternativ 1 reduseres til – 3 625 486 kr, som tilsvarer en reduksjon på 10 164 481 kr fra opprinnelig netto nåverdi. For alternativ 2 vil ny netto nåverdi være lik – 10 464 592 kr, som tilsvarer en reduksjon i netto nåverdi på 19 124 721 kr fra opprinnelig netto nåverdi. Ved ingen nytte av redusert lukt vil dermed netto nåverdien endres betraktelig for de to alternativene, og de vil ikke lenger være å foretrekke framfor en videreføring av dagens situasjon (nullalternativet).

6.2 Redusert import av råfosfat

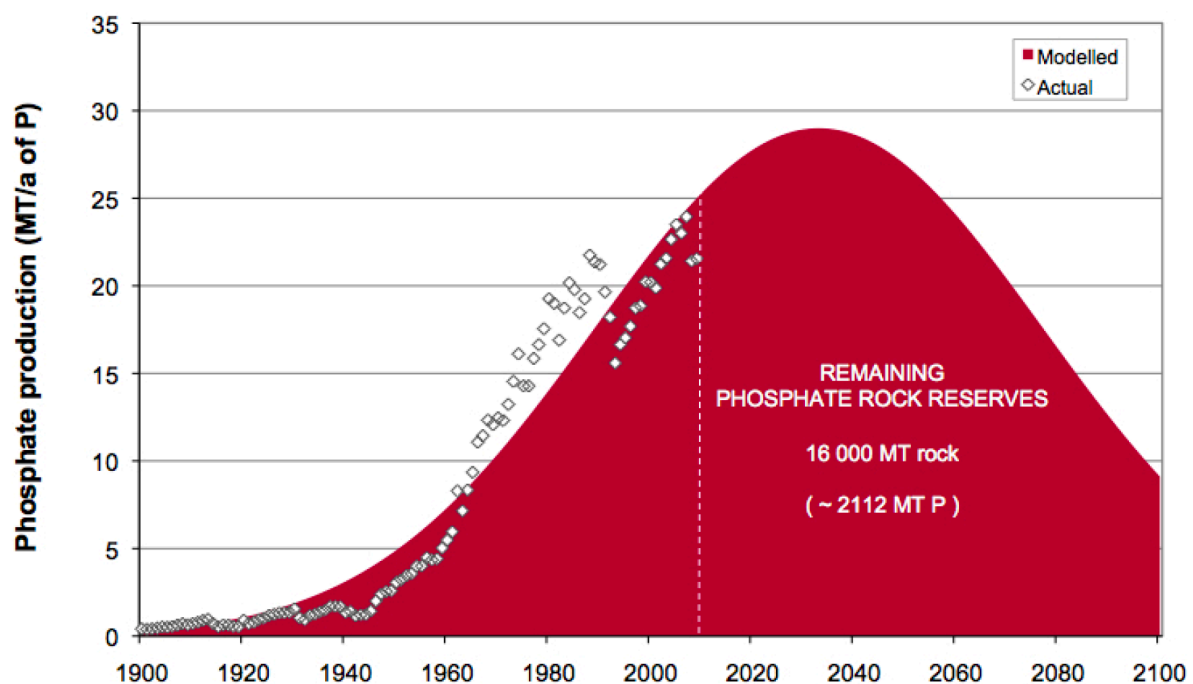
Etter hva som kommer fram fra prognosene til World Bank (2015) vil prisen på råfosfat reduseres med rundt 2 pst. årlig. Som alle råvarer kan derimot råfosfat svinge i takt med markedet, og kan påvirkes av eksogene faktorer. Dette illustreres i Figur 4, hvor prisutviklingen på råfosfat er vist.



Figur 4: Prisutvikling på råfosfat mellom 2003 og 2018. *Kilde: Index Mundi (2018).*

Som man kan se har prisen på råfosfat variert i stor grad de siste 15 årene. Mellom april 2007 og oktober 2008 steg prisen fra 273,18 kr/mt til 2 680 kr/mt, som tilsvarer en økning på 981,04 pst. i perioden. I oktober 2009 var prisen redusert til 507,69 kr/mt. Slike prissvingninger kan selvsagt ha stor betydning for verdien av redusert import. Vi vil allikevel se bort fra dette, da det antas at prissjokket var forårsaket av finanskrisen i 2007-2008. En ny økonomisk krise i samme størrelsesorden vil kunne forårsake andre prissjokk i økonomien, som igjen vil påvirke de andre faktorene i modellen. Å ta høyde for dette virker dermed lite hensiktsmessig i denne analysen.

Det mer interessante er derimot prisutviklingen på lang sikt, utover vår tidshorisont. Cordell & White (2011) har estimert en «peak» for råfosfat, som vist i Figur 5, og i følge regresjonsanalysen gjennomført tyder det på at råfosfat når «peak» rundt 2033. Etter dette kan dermed prisen øke signifikant, slik at gjenbruk av fosfor fra ressursene vi har tilgjengelig innad i landet vil være svært relevant på lang sikt.



Figur 5: Peak for råfosfat. Kilde: Cordell & White, 2011, s. 12.

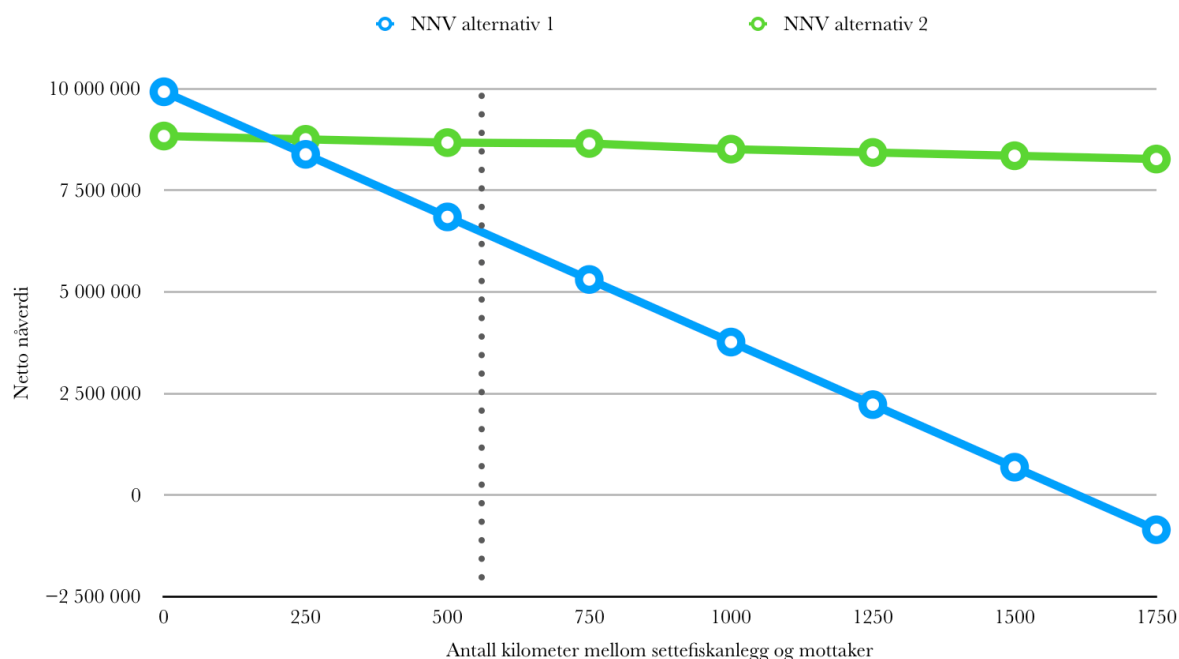
6.3 Behandlingskostnader

Behandlingskostnadene som påløper for alternativ 2 kan endres av for eksempel lønnsutvikling, kraftpris og investeringskostnader. Disse antas allikevel ikke til å være tilstrekkelige til å endre lønnsomheten av prosjektene. En mer interessant utvikling vil derimot være dersom flere settefiskanlegg leverer slam til et felles behandlingsanlegg, og på den måten sparer kostnader for drift og investering. Vi kan for eksempel anta at ti anlegg går sammen om behandling, og gjennomsnittlige kostnader per anlegg vil dermed være 10 pst. av de opprinnelige kostnadene. Vi kan dermed multiplisere de opprinnelige kostnadene for det tenkte settefiskanlegget med 10 pst., og se hvordan dette påvirker netto nåverdi. For alternativ 1, ubehandlet slam, er det som kjent ikke behandlingskostnader, slik at dette vil kunne gjelde for alternativ 2. Med 10 pst. av de opprinnelige

kostnadene vil netto nåverdi for alternativ 2 øke fra 8 660 129 kr til 17 929 992 kr, altså en økning på 9 269 863 kr. Sentralisering av behandlingsanlegg vil dermed kunne øke lønnsomheten for alternativ 2 betraktelig.

6.4 Transportkostnader

Som nevnt tidligere er det en avveining mellom behandlingskostnader og transportkostnader mellom de to alternativene. Det vil være interessant å vite hvor langt unna den tenkte mottakeren (Nes på Hedmark) settefiskanlegget kan ligge før transportkostnadene overstiger behandlingskostnadene.



Figur 6: Endring i netto nåverdi for antall kilometer mellom settefiskanlegg og mottaker.

Som nevnt ser vi i denne analysen på et tenkt settefiskanlegg på Bømlo og en tenkt mottaker på Nes på Hedmark, som tilsvarer en avstand for transport på 550 kilometer. Det vil dermed være hensiktsmessig å gjøre en følsomhetsanalyse på hvordan antall kilometer mellom settefiskanlegg og mottaker påvirker netto nåverdi for de to alternativene. Figur 6 viser sammenhengen mellom antall kilometer og netto nåverdi, gitt at alle andre faktorer holdes konstant. Vår antakelse om en avstand på 550 kilometer er illustrert i diagrammet av den stiplede linjen, og gir som kjent høyest netto nåverdi for alternativ 2. Som nevnt er det en avveining mellom de to alternativene for behandlingskostnader og transportkostnader. Alternativ 1, ubehandlet slam, gir som kjent høyere transportkostnader på grunn av høyere volum, som er årsaken til at den blå kurven (alternativ 1) er brattere enn den grønne (alternativ 2). Som det kommer fram av figuren er netto nåverdi for de to alternativene lik når avstanden er rundt 200 kilometer. Med en avstand under 200 kilometer vil netto nåverdi for alternativ 1 være høyere enn for alternativ 2. Gitt motivasjonen for oppgaven, nevnt i kapittel 1.1, om omfordeling av fosfor fra Vestlandet til Østlandet anser vi estimatene gjort for dette punktet som sikre, da avstanden mellom de to landsdelene vil overgå 200 kilometer.

6.5 Vekst i settefisknæringen

Oppdrettsnæringen er som kjent i stor vekst, og dette vil naturlig nok føre til en lik vekst i settefisknæringen. Vi legger opp til to hovedalternativer for vekst i næringen, og vil se på hvordan dette påvirker netto nåverdi for alternativ 1 og alternativ 2. Som nevnt i prosjektbeskrivelsen legges det i dag mer opp til at smolten holdes på land lenger som såkalt post-smolt, for å være mer motstandsdyktig mot blant annet lakselus. Om vi antar at smolten i det tenkte anlegget holdes på land, vil dette doble slamproduksjonen fra anlegget. Dette er dermed definert som Alternativ 6.5.1. I det andre alternativet legger vi opp til en prosentvis økning i smoltproduksjonen, og vi deler alternativet inn i tre delalternativer. Disse er:

Alternativ 6.5.2.1	Lavt anslag	(1 %)
Alternativ 6.5.2.2	Middelanslag	(2 %)
Alternativ 6.5.2.3	Høyt anslag	(5 %)

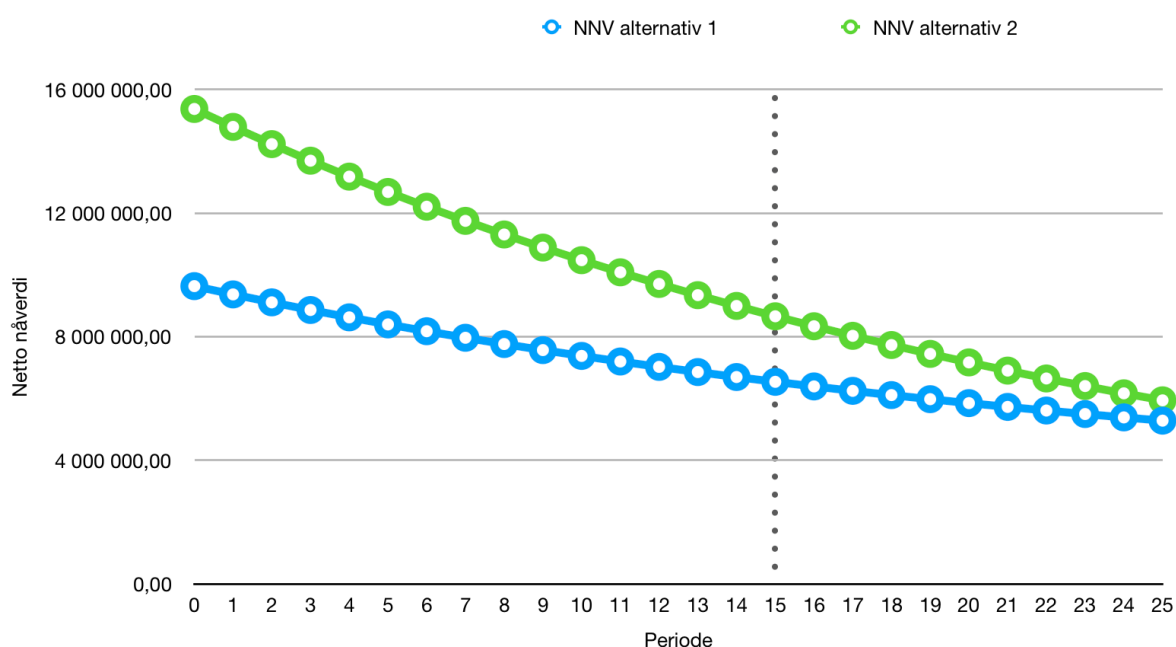
	Alternativ 1		Alternativ 2	
	Netto nåverdi	Differanse fra tidligere netto nåverdi	Netto nåverdi	Differanse fra tidligere netto nåverdi
Opprinnelig netto nåverdi	6 538 995	–	8 660 129	–
Alternativ 6.5.1 (dobling)	3 163 589	–3 375 406	8 495 466	– 164 663
Alternativ 6.5.2.1 (1 %)	6 045 191	– 493 804	8 648 525	– 11 604
Alternativ 6.5.2.2 (2 %)	6 046 106	– 492 889	8 635 842	– 24 287
Alternativ 6.5.2.3 (5 %)	5 120 776	– 1 418 219	8 590 201	– 69 928

Tabell 3: Endring i netto nåverdi for prosentvise økninger i smoltproduksjon.

Som Tabell 3 viser vil vekst i settefisknæringen redusere netto nåverdi for begge alternativer. Dette kommer av at nytten av redusert lukt antas å ikke endres som følge av vekst og at investerings- og driftskostnader holdes konstant, og det er dermed transportkostnader og nytte av redusert import av råfosfat som står for endringene. Vi kan se at desto mer produksjonen av smolt øker, desto mer reduseres lønnsomheten av de to alternativene.

6.6 Tidshorisont

Som nevnt i kapittel 1.5 vil vi på grunn av usikkerhet rundt levetiden for prosjektet løse opp antakelsene for tidshorisonten og se på hvordan dette påvirker lønnsomheten for de to alternativene. I Figur 7 under har vi gjort dette, og ser på effektene av en tidshorisont utover 15 år, gitt alle andre faktorer konstant. På grunn av at nytten ved redusert lukt er estimert ved å bruke boligpriser, og boligpriser er i nåverdi, vil den største nytten påløpe i periode 0 (2018). Deretter vil kostnadene, i form av blant annet transport- og behandlingskostnader, overgå nytten av redusert import, som illustreres i figuren av fallende kurver for de to alternativene. Kurvene har allikevel en konveks form, på grunn av neddiskontering av framtidige nytter og kostnader, altså at disse verdsettes mindre enn nytter og kostnader i dag. Vi øker tidshoristonten til 25 år, og vi kan se at alternativ 2 over hele perioden har høyere netto nåverdi enn alternativ 1. Tidshoristonten vi har brukt gjennom analysen, 15 år, er illustrert av stiplet linje i diagrammet.



Figur 7: Endring i netto nåverdi for et utvalg tidshorisonter.

6.7 Ikke-prissatte virkninger og usikkerhet

6.7.1 Redusert avhengighet av import av fosfor

Vi har ansett det som fordelaktig å redusere avhengigheten av fosforimport til norsk landbruk både i et sikkerhetsperspektiv og et næringspolitisk perspektiv. Dette vil dog være avhengige av politiske prioriteringer så vi ønsker å kommentere de uttalte politiske målene til de to største partiene i Norge, Høyre og Arbeiderpartiet. Vi begrenser oss til disse partiene da de er de største (Stortinget, 2018). Der Arbeiderpartiet har som mål å øke selvforsyningsgraden og matproduksjonen (Arbeiderpartiet, 2018) vil Høyre øke matproduksjon i Norge, men nevner ikke selvforsyning i sitt partiprogram for inneværende stortingsperiode (Høyre, 2017). Regjeringsskifter kan derfor gjøre at viktigheten av selvforsyning oppjusteres. Det er derimot ikke sikkert at stortingsflertallet til enhver tid reflekterer hva

som er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Vi kan ikke si med sikkerhet at regjeringens prioriteringer er i tråd med befolkningens betalingsvillighet. Potensielt kan den både være høyere og lavere. Da vi har basert oss på en slik antagelse om samsvar, og tillå redusert avhengighet av import betydningen én pluss i begge alternativer i vår ikke-prissatte analyse, ønsker vi å påpeke denne usikkerheten her. Prisen på fosfor er lav i verdensmarkedet og vi er ikke i fare for å gå tom for fosfor i perioden vi i vår oppgave ser på (Heckenmüller et al., 2014, s. 8). Vi kan ikke se bort fra at det, på det nåværende tidspunkt, ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt med gjenbruk på det nivået vi har i oppgaven. Med fokus på denne usikkerheten vil vi poengtere at redusert avhengighet av import av fosfor kan, etter vårt skjønn, eksistere i spennet mellom null og to plusser for begge alternativer (0,+,++)

6.7.2 Eutrofiering av elver

Vi har vurdert effekten av redusert eutrofiering av elver til én pluss i begge alternativer. Som nevnt er nivået av fosfor i jorden av betydning for hvor mye mer fosfor som kan lagres og hvor mye som renner av jorder til nærliggende elver og vassdrag (Farestveit, Møyland & Daae, 2015). Den positive effekten på elver og vassdrag som følge av å flytte fiskeslammet fra Bømlo til Nes, med hensyn på redusert avrenning som følge av lavere nivå av fosfor i jorden på Nes enn på Bømlo (Øgaard, 2013, s. 2), knyttes det usikkerhet til. Da det ikke spres mindre fiskeslam i alternativ én og to enn det gjøres i nullalternativet, vil reduksjonen av fosforavrenninger være en følge av økt evne i jorden til å lagre fosfor på Nes målt mot Bømlo. Omfanget av denne reduksjonen er ikke sikkert og det er derfor ikke sikkert at det vil gi målbar positiv effekt på vannkvaliteten samlet i Norge eller på Bømlo. Vi vurderer derfor det som mulig at konsekvensen av å flytte slammet ligger i spennet null til én pluss (0,+).

6.7.3 Andre ikke-prissatte effekter

De øvrige punktene vi har vurdert i vår analyse av ikke-prissatte effekter anser vi ikke som formålstjenlig å ta med i usikkerhetsanalysen, enten fordi vi vurderer sannsynligheten for avvik som lav, fordi vi i utgangspunktet ikke kan skaffe nødvendig informasjon eller fordi det i vår pluss-minusmetode ikke er forskjell på liten betydning med enten intet, lite negativt eller lite positivt omfang. Vi har satt konsekvensen av karbonlagring i jord, konsekvens av miljøgifter, som tungmetaller og organiske miljøgifter, manglende markedspris på fiskeslammet og eutrofiering av havet til konsekvens lik null. Som tidligere nevnt har vi ikke forskning å vise til angående disse punktene og det ville bli lite meningsfullt å vurdere usikkerheten rundt dette. Effekten av den reduserte konsumpsjonen av fosfor og de økte transportutslippene ble satt til null. Vi anser tallene vi har på mengde fosfor transportert (se punkt 3.2.2) og avstanden enten slammet eller pellets skal transporteres (se punkt 3.3.2) som svært sikre og ikke egnet for usikkerhetsanalyse. Det totale spennet vi vurderer de ikke-prissatte effektene til blir da mellom null og tre plusser (0,+++).

7. Fordelingseffekter

Ved å flytte fiskeslam fra Bømlo på Vestlandet til Nes på Hedmark på Østlandet vil målet være slammet har omfordeles innad i Norge. Vi ønsker å si noe om hva slags påvirkning dette vil ha på ulike interessenter jamfør Finansdepartementets rundskriv R-109/2014. Dette er ikke å anse som innvirkende på konklusjonen i analysen, men er tilleggsopplysninger til eventuelle beslutningstagere.

Bønder på Vestlandet og Østlandet er de fremste interessehavere. Disse blir berørt både i alternativ 1 og 2. Jordens evne til å oppta vann, eutrofiering av nærliggende vassdrag og potensiell opphopning av tungmetaller og miljøgifter påvirker bonden både som privatperson og som næringsdrivende. Eutrofiering vil kunne ha enten en negativ eller en positiv effekt, men de blir like fullt fordelt og nevnes således her. Spredning av slammet i alternativ 1 vil ha negativ innvirkning med tanke på lukt i områder der slammet ikke har vært spredt før og det vil hjelpe på lukten i området der det allerede spres. I tillegg til det åpenbare ubehaget ved denne lukten er det som beskrevet mulig å påvise sammenheng mellom luktproblematikk og boligpriser. Dette er en omfordelende effekt mellom Bømlo og Nes i alternativ 1. Vi kan derimot ikke si med sikkerhet at boligprisene tar seg opp, når lukten reduseres, like mye som de falt da lukten ble innført da forskningen vi ser på omhandler negativ effekt av lukt (Eyckmans et al., 2011). I alternativ 2 har vi ikke dette skiftet av virkninger med tanke på luktproblematikken. Der eliminerer man et problem et sted, altså lukt på Vestlandet, uten å tilføre et tilsvarende problem på Østlandet, siden det tørkede gjødselalternativet ikke har noe lukt. Som nevnt er opphopningen av fosfor i jorden så stor på Vestlandet at ytterligere spredning av fosfor ikke vil ha annen effekt enn at det er et lager man vil kunne tære på i fremtiden (Øgaard, 2013, s. 4). Denne lagringen av fosfor blir med begge alternativer jevnere fordelt mellom gårdsbruk på Vest- og Østlandet i den grad det kan sies å være noe fosforlager av betydning i jorden på gårder på Østlandet. Å inneha et slikt fosforlager må sies å være en fordel for en gård i alle tilfeller. Utover dette er det ingen omfordelende effekter å nevne.

8. Konklusjon

I denne nytte-kostnadsanalysen har vi gått gjennom de sentrale effektene ved å utnytte slamavfall fra et tenkt, gjennomsnittlig settefiskanlegg, på Bømlo. Her prosesseres fosforrik fiskeslam til et gjødselprodukt, som så transporteres til Nes på Hedmarken og benyttes i landbruket. Dette er kontra et nullalternativ, hvor dagens situasjon er at fiskeslam spres utover lokale vestlandsgårder som allerede bruker husdyrgjødsel og har mettet jordsmonnet med fosfor. Vi har analysert to alternativer, der hovedforskjellen har vært at alternativ 1 har omhandlet transport, bruk og lukt av våt gjødsel, og alternativ 2 har omhandlet behandling, transport og bruk av tørr gjødsel.

De primære effektene ved alternativ 1 er transport av et relativt stort volum av gjødsel, sammenlignet med alternativ 2, og en forflytning av luktkostnad som følge av forflytning av bruken av det illeluktende gjødselet, fra Bømlo til Nes. Tilsvarende for alternativ 2 er det mest vesentlige av kostnader behandlingskostnader, for tørking, mens luktproblematikken blir utelukkende en nytte fordi man flytter luktkostnaden på Bømlo og tilfører et tørt gjødsel på Nes, som ikke her noen nevneverdig sjenerende lukt. I tillegg til disse effektene vil alternativene ha mindre effekter forbundet med lagring av slammet, ikke-prissatte effekter som hensynet til matsikkerhet og selvforsyningsgrad, og nytten ved å potensielt forhindre eutrofiering av elver og ferskvann på Vestlandet, som følge av fosforavrenning når gjødselmengden på jorda blir for stor. Flere virkninger har også blitt vurdert, men disse har blitt vurdert til å være små i betydning og omfang.

Etter en vurdering av alle konsekvenser vi har tatt med i denne analysen har de prissatte effektene blitt oppsummert som en netto nåverdi for begge alternativene og de ikke-prissatte effektene har blitt vurdert etter pluss-minus-metoden. Deretter har vi foretatt en usikkerhetsanalyse for å lempe på betingelsene for vurderingen av noen av de mest kritiske effektene, etter vår vurdering, slik at vi kan analysere hvorvidt resultatene våre ville blitt like eller ikke dersom antagelsene våre viser seg å være upresise eller feil. Vi har også kort drøftet fordelingseffekter av de forskjellige alternativene i analysen. Dette blir ikke tatt hensyn til i konklusjonen, men kan være interessant av andre grunner.

Netto nåverdi av de to alternativene blir vurdert i forhold til nullalternativet, slik at en positiv nettoverdi tilsier at det er et bedre alternativ enn status quo. Vi bruker også netto nåverdiene til å vurdere de to alternativene mot hverandre, og da vil en høyere netto nåverdi tilsi et bedre alternativ. I analysen har alternativ 1 en netto nåverdi på 6 538 995 kr og alternativ 2 har en netto nåverdi på 8 660 129 kr. Dette tilsier at begge alternativene er å foretrekke framfor nullalternativet, og at alternativ 2 er å foretrekke framfor alternativ 1. I pluss-minus-metoden har alle de ikke-prissatte effektene, vi har identifisert, fått en konsekvenskarakter. Siden vi har sett på et nedskalert tilfelle av problemstillingen, har de fleste av disse effektene måttet bli vurdert til å ikke ha noen nevneverdig konsekvens. To av effektene har fått én pluss, i begge alternativene, slik at begge blir vurdert positive (+ +). Dette tilsier at begge alternativene er bedre enn nullalternativet, men at det ikke er mulig å skille mellom hvilken som er det bedre alternativet av de to. En totalvurdering av resultatene av både netto-nåverdien og pluss-minus-metoden tilsier at alternativ 1 er bedre enn nullalternativet, og at alternativ 2 er det beste alternativet å gå for, og det vi vil anbefale å implementere.

Vi har vurdert kritiske momenter i sensitivitetsanalysen som: Variasjon av effekten til luktproblemet, fosfatpriser, behandlingskostnader, transportkostnader og vekst i settefisknæringen. I tillegg til har vi sett på oppskalering av alternativene, slik at de får et nasjonalt perspektiv; der alle settefiskanlegg implementerer enten alternativ 1 eller 2. Ved oppskalering kan flere av de tidligere ubetydelige ikke-prissatte effektene få høyere betydning.

Ved sensitivitetsanalyse på effekten av luktproblematikken, vurderete vi varierende prosentvis boligprisnedgang. Her fant vi at alternativ 2 forble mest lønnsomt ved en høyere proSENTSATS. Dette var gjeldende til alternativenes netto nåverdier som nådde break-even ved 5 pst. Deretter var alternativ 1 mer lønnsomt enn alternativ 2. Ved et scenario uten prisendringer på boliger som følge av lukt, fant vi

at begge alternativene var ulønnsomme. Fra omtrent 3,5 pst. og 2,5 pst. ble henholdsvis alternativ 2 og alternativ 1 ulønnsomme sammenlignet med nullalternativet.

Vi drøftet konsekvensen av endringer i fremtidige råfosfatpriser, der de ville utviklet seg annerledes enn vi har antatt. Fra tidligere erfaringer, under finanskrisen, vet man at prisene kan variere voldsomt. Etterspørsel endres raskere enn produksjonen kan ta høyde for. Et annet aspekt er prisutviklingen på lengre sikt, når en «peak» nås, og tilbudet blir sterkt redusert sammenlignet med økende etterspørsel. Under dette scenarioet kan man få store prisøkninger, som vil kunne ha en positiv innvirkning på nytteeffekten av å resirkulere fosfor.

Ved en oppskalering av alternativet, som vi kommer tilbake til, vil potensielt settefiskanlegg sentralisere behandlingsanlegg fremfor å ha komplett tørkingsanlegg ved hvert anlegg. Vi så for oss at når ti settefiskanlegg har sentralisert behandling av slam vil kostnadene bli en tidel for hvert anlegg. Under et slikt tilfelle ville netto nåverdi for alternativ 2 mer enn doblet seg.

Endringer i transportkostnader påvirker resultatet i netto nåverdien av alternativene. Her vil en økning i antall kilometer gi relativt større nedgang i netto-nåverdi for alternativ 1. Alternativ 1 var kun mer lønnsomt dersom transportavstanden ble redusert til 200 km eller lavere. Begge alternativer forble lønnsomme frem til en avstand på omtrent 1600 km, som ville tilsvare å transportere fra Bømlo til Narvik. Dette er en urealistisk lang transportvei, så vi anser alternativene for trygge for variasjoner i transportkostnader.

Settefisknæringen er i vekst, så vi vurderte alternativene for forskjellige scenarioer med større produksjon på anleggene. Da fant vi at begge alternativer fikk lavere netto nåverdi når produksjonen ble større, og den negative effekten økte for hvert scenario med større produksjon. Samtidig ble ikke alternativene ulønnsomme, selv ved dobling av produksjon. Alternativ 1 var mest følsomt for disse endringene.

Av ikke-prissatte usikre momenter har vi drøftet og kommet frem til at regjeringsskifter og endringer i folkets oppfatning av viktigheten av å ta vare på en ikke-fornybar ressurs som fosfor, kan gjøre det nødvendig å verdsette effekten av resirkuleringen av fosfor som mer positivt, alt fra null (0) til to pluss (++). Hensynet til eutrofiering av elver er veldig usikkert, og derfor setter vi at denne effekten kan være fra null (0) til én pluss (+).

Ved oppskalering av prosjektet til nasjonalt nivå, ville man fått en svært omfattende analyse der flere av effektene vi har sett på vil kunne få helt andre konsekvenser. Ved oppskalering vil en kunne nyte av kostnadsbesparelser ved stordriftsfordeler på sentraliserte anlegg for tørking av fiskeslam. Man kunne også fått akkumulerte ikke-prissatte virkninger som kan bli konsekvensvurdert og prissatt av fagfolk. Diverse tenkelige effektiviseringer ville bedret lønnsomheten i våre tenkte alternativer. Samtidig kunne enkelte negative effekter også økt i omfang. Det er ikke mulig for oss å konkludere hvordan en slik oppskalering totalt sett ville påvirket nytten, men tørket slam som i alternativ 2 virker å være det mest lovende.

9. Litteraturliste

- Arbeiderpartiet. (2018). *Opptrappingsplan for trygg matproduksjon på norske ressurser*. Hentet 09.05.18 fra <https://www.arbeiderpartiet.no/politikken/jordbruk/>.
- Blytt, L. D., Haraldsen, T. K., H. Helness, H., Paulsrud, B. & Ulgenes Y. (2011). *Håndtering av slam fra rensing av avløp i settefiskanlegg* (Rapport nr. SBF2011A0081). Trondheim: SINTEF Byggforsk.
- Brod, E. & Haraldsen, T. K. (2017). Oppdrettsnæringen kan bli en viktig gjødselprodusent. *Nfexpert*, nr. 2 - 2017, s. 28-32.
- Budsjettnemnda for jordbruket (2018, 12. april). *Resultatkontrollen for gjennomføring av landbrukspolitikken* (Utdredning nr. 3), s. 59-61. Hentet fra https://www.nibio.no/tema/landbruksokonomi/budsjettnemnda-for-jordbruket/grunnlagsmateriale-til-jordbruksforhandlingene/_/attachment/inline/af4e716f-bcc8-4ee5-93f1-a1d6431f2160:6aaa325e87984227c262d534fbff16a90efcfa8b/UT-3-2018%20Resultatkontrollen.pdf.
- Cordell, D. & White, S. B. (2011). *Peak phosphorus: Clarifying the Key Issues of a Vigorous Debate around Long-Term Phosphorus Security*. Sidney: University of Technology. doi: 10.3390/su3102027.
- Direktoratet for økonomistyring. (2014). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- European commission. (2017, juni). *Study on the review of the list of Critical Raw Materials*. Hentet fra http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en.
- Eyckmans, J., Jaeger, S. & Rousseau, S. (2011). *Hedonic valuation of odor nuisance using field measurements, a case study of an animal waste processing facility in Flanders*. Hentet fra <https://www.evri.ca/en/study/hedonic-valuation-odor-nuisance-using-field-measurements-case-study-animal-waste-processing>.
- Farestveit, T., Møyland, E. & Daae, I. A. (2015). *Bedre utnyttelse av fosfor i Norge* (Rapport nr. M-351). Oslo: Miljødirektoratet.
- Finansdepartementet. (2014). *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.* (Rapport nr. R-109/14). Oslo: Statsministerens kontor.
- Gjødselvarselsforskrifta. (2003). *Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav. av 4. juli 2003*. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>.
- Gytri, A. (2014, 10. februar). Trur på femdobling innan 2050. *Norsk Rikskringkasting*. Hentet fra <https://www.nrk.no/sognogfjordane/trur-pa-femdobling-innan-2050-1.11531638>.
- Handå, A. (Nedlastningsdato 21. mars 2018). *Integrert akvakultur (IMTA)*. Hentet fra <https://www.sintef.no/integrert-akvakultur-imta/>.
- Hanserud, S. O. (2018). *Fosforregnskapet: De skumle utsiktene for global matsikkerhet* [Rapport, april 2018]. Støttekomiteen for Vest-Sahara, Norsk Bonde- og Småbrukarlag & Framtiden i våre hender.
- Heckenmüller, M., Narita, D. & Klepper, G. (2014). *Global Availability of Phosphorus and Its Implications for Global Food Supply: An Economic Overview*. Kiel Institute.
- Høyre. (2017). *Høyres program for 2017-2021*. Hentet 09.05.18 fra <https://hoyre.no/politikk/program/>.
- Index Mundi. (2018). *Rock Phosphate Monthly Price*. Hentet 01.05.18 fra <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rock-phosphate&months=180¤cy=nok>.

- IPCC. (2014). *IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2014: Impacts, Adaptations and Vulnerability*. New York: Cambridge University Press.
- Joner, E., Dibdiakova, J., Ytrestøyl, T. & Haraldsen, T. K. (2015). Vurderinger omkring organiske miljøgifter i aske og fiskeslam. *Bioforsk Rapport. Vol. 10/Nr. 70/2015, M-362 | 2015*, s. 15.
- Karlsson-Drangsholt, A. & van Nes, S. (2017). *Miljøkonsekvensanalyse: Integrert havbruk i Norge*. Oslo: Bellona.
- Kjensmo, J. & Hongve, D. (2018). *Eutrofiering*. Hentet fra <https://snl.no/eutrofiering>.
- Landbruksdirektoratet. (2018). *Forslag til nye forskrifter levert: Gjødse – større ressurs, mindre ulempe*. Hentet fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/jordbruk-og-miljo/gjodsling/regelverk/forslag-til-nye-forskrifter-levert-gj%C3%B8dse-st%C3%B8rre-ressurs-mindre-ulempe>.
- Martinsen, S. (2016). *Fra fiskeslam til biogass – vinneroppskriften?* Paper presentert på Tekset. Trondheim.
- Nes og Helgøya Historielag. (2018). *Lokalhistorie*. Hentet fra <https://nesoghelgoyahistorielag.no/lokal-historie/>.
- Norges Bank. (2018). *Valutakurs for amerikanske dollar*. Hentet fra <https://www.norges-bank.no/Statistikk/Valutakurser/valuta/USD>.
- Oterhals, O. & Oppen, J. (2016). *Logistikk og forretningsmodeller for behandling av fiskeslam* (Rapport nr. M 1602). Molde: Møreforskning Molde AS.
- Paytan, A. & McLaughlin, K. (2007). The Oceanic Phosphorus Cycle. *Chemical Reviews*, 2007, 563–576. Hentet fra https://websites.pmc.ucsc.edu/~apaytan/publications/2007_Articles/PaytanMcLaughlin_ChemRev_2007_107_563TheOceanicPCycle.pdf
- Regjeringen. (2017, 13. september). *Matsikkerhet*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/mat/innsikt/matsikkerhet/id2357158/>.
- Skjermo, J., Handå, A., S. Forbord, S., Broch, O. J. & Reitan K. I. (2012). Dyrking av tare i IMTA. *Fiskehelse, årgang 2012*, s. 19-20.
- Statistisk sentralbyrå. (2017a, 26. september). *Familier og husholdninger*. Hentet fra <https://www.ssb.no/familie/>.
- Statistisk sentralbyrå. (2017b, 4. kvartal). *Kommunefakta: Bømlo*. Hentet fra <https://www.ssb.no/kommunefakta/bomlo>.
- Steinset, T. A. (2017, 13. februar). *Frå attåtnering til milliardindustri*. Hentet fra www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/fracattatnaering-til-milliardindustri.
- Stortinget. (2018). *Partioversikt*. Hentet 09.05.18 fra <https://www.stortinget.no/no/Representanter-og-komiteer/Partiene/Partioversikt/>.
- Ulick, A. (1955). Phosphorus as a factor in the origin of life. *American Scientist*, 43(3), 479-489. Hentet fra <http://www.jstor.org/stable/27826652>.
- UNFCCC. (2018). *Eligibility Requirements*. Hentet 09.05.2018 fra <http://ji.unfccc.int/Eligibility/index.html>.
- World Bank. (2015). *World Bank Commodities Price Forecast*. Hentet fra http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/GEP/GEP2015a/Price_Forecast.pdf.
- World Bank. (2018). *World Bank Commodities Price Data*. Hentet fra <http://pubdocs.worldbank.org/en/536761525295567334/CMO-Pink-Sheet-May-2018.pdf>.
- Øgaard, A. F. (2013). Fosforgjødsling og vannkvalitet. *Bioforsk TEMA vol 8 nr 3*.

Øgaard, A. F., Kristoffersen, A. Ø. & Bechmann, M. (2017). *Utredning av forslag til forskriftskrav om tillatt spredemengde av fosfor i jordbruket* (Rapport nr. 2/131/2016). Ås: NIBIO.

10. Vedlegg

10.1 Pluss-minusmetoden

++++	Meget stor positiv konsekvens
+++	Stor positiv konsekvens
++	Middels positiv konsekvens
+	Liten positiv konsekvens
0	Ubetydelig/ingen konsekvens
–	Liten negativ konsekvens
--	Middels negativ konsekvens
---	Stor negativ konsekvens
----	Meget stor negativ konsekvens

Omfang	Betydning		
	Liten	Middels	Stor
Stort positivt	+ / ++	++ / +++	+++ / ++++
Middels positivt	0 / –	++	++ / +++
Lite positivt	0	0 / +	+ / ++
Intet	0	0	0
Lite negativt	0	0 / –	– / – –
Middels negativt	0 / –	--	-- / ----
Stort negativt	– / – –	-- / ----	---- / -----

Tabell 4: Konsekvensmatrisen for pluss-minusmetoden. *Kilde: Direktoratet for økonomistyring, 2014, s. 84.*

10.2 Kjemisk sammensetning av ubehandlet og tørket slam

		Ubehandlet fiskeslam	Tørket fiskeslam (Sternor Aquatech)
Tørrstoff	%	13	95
Organisk materiale	% av tørrstoff	79	88
Nitrogen	kg/tonn	11	68
Mineralsk nitrogen	% av total N	8,4	0,7
Fosfor	kg/tonn	3,1	13,3
Kalium	kg/tonn	1,1	0,3
Kadmium	mg/kg tørrstoff	0,77 ^I	0,26 ⁰
Bly	mg/kg tørrstoff	0,59 ⁰	0,17 ⁰
Kvikksølv	mg/kg tørrstoff	0,038 ⁰	0,038 ⁰
Nikkel	mg/kg tørrstoff	1,2 ⁰	0,6 ⁰
Sink	mg/kg tørrstoff	410 ^{II}	430 ^{II}
Kobber	mg/kg tørrstoff	22 ⁰	17 ⁰
Krom	mg/kg tørrstoff	4,8 ⁰	4,2 ⁰

Tabell 5: Kjemisk sammensetning av ubehandlet og tørket slam. Metoden brukt på det tørkede slammet er Sternor Aquatech. 0, I og II refererer til gjødselklasser i gjødselvereforskriften.

Kilde: Brod & Haraldsen, 2017, s. 29.

10.3 Prisprognose råfosfat

Prognose: Pris på råfosfat, inflasjonsjustert (2 % inflasjon) - 2018-kroner

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Pris	829,92	797,38	766,11	736,06	707,20	679,46	652,82	627,22	602,62	578,99	556,28	534,47	513,51	493,37	474,02	455,43
Årlig importverdi	1453,61	1396,60	1341,84	1289,22	1238,66	1190,08	1143,41	1098,57	1055,49	1014,10	974,33	936,12	899,41	864,14	830,25	797,69

10.4 Beregning av netto nåverdi

Alternativ 1

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ungå ubehagelig lukt	10 164 481,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Investeringskostnader tørkeanlegg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Driftskostnader tørkeanlegg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Investeringskostnad lagertank	-250 000,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Redusert import av fosfor	1453,61	1396,6	1341,84	1289,22	1238,66	1190,08	1143,41	1098,57	1055,49	1014,1	974,33	936,12	899,41	864,14	830,25	797,69
Transportkostnader årlig	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00	-279 674,00
B-C ₀	9 636 260,61	-278 277,40	-278 332,16	-278 384,78	-278 435,34	-278 483,92	-278 530,59	-278 575,43	-278 618,51	-278 659,90	-278 699,67	-278 737,88	-278 774,59	-278 809,86	-278 843,75	-278 876,31
Nåverdi	9 636 260,61	-267 574,42	-257 333,73	-247 483,06	-238 007,70	-228 893,48	-220 126,77	-211 694,43	-203 583,82	-195 782,75	-188 279,51	-181 062,81	-174 121,79	-167 445,98	-161 025,32	-154 850,12
Netto nåverdi	6 538 994,94															

Alternativ 2

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ungå ubehagelig lukt	19 124 721,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Investeringskostnader tørkeanlegg	-3 150 000,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Driftskostnader tørkeanlegg	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00	-590 000,00
Investeringskostnad lagertank	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Redusert import av fosfor	1453,61	1396,6	1341,84	1289,22	1238,66	1190,08	1143,41	1098,57	1055,49	1014,1	974,33	936,12	899,41	864,14	830,25	797,69
Transportkostnader årlig	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00	-14 726,00
B-C ₀	15 371 448,61	-603 329,40	-603 384,16	-603 436,78	-603 487,34	-603 535,92	-603 582,59	-603 627,43	-603 670,51	-603 711,90	-603 751,67	-603 789,88	-603 826,59	-603 861,86	-603 895,75	-603 928,31
Nåverdi	15 371 448,61	-580 124,42	-557 862,57	-536 453,10	-515 863,51	-496 062,53	-477 020,09	-458 707,24	-441 096,13	-424 159,97	-407 873,00	-392 210,39	-377 148,31	-362 663,78	-348 734,75	-335 339,95
Netto nåverdi	8 660 128,87															

10.5 Beregning: Nytte og kostnad av forflytning av luktplage

Bømlo

Befolkning (SSB, 2017)	Økning i boligpris OD3-OD2 (Eyckmans, Jaeger & Rousseau, 2011)	Gjennomsnittlig boligpris
11 902	6,6 %	1 955 000

Nes på Hedmark

Befolkning (Nes og Helgøya Historielag, 2018)	Reduksjon i boligpris OD2-OD3 (Eyckmans, Jaeger & Rousseau, 2011)	Gjennomsnittlig boligpris
3 500	-6,6 %	3 114 750

Nytte på Bømlo	$\frac{11.902}{2,2} \cdot 0,066 \cdot 1.955.000 \cdot \frac{10}{365} = 19.124.721$
-----------------------	--

Kostnad på Nes på Hedmark	$\frac{3.500}{2,2} \cdot (-0,066) \cdot 3.114.750 \cdot \frac{10}{365} = 8.960.239$
----------------------------------	---

Netto nytte

(Nytte på Bømlo – kostnad på Nes på Hedmark)

$$19.124.721 - 8.960.239 = 10.164.481$$