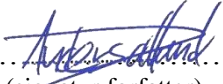




Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell økonomi	Vårsemesteret, 2013 Åpen / Konfidensiell
Forfatter: Anders Dalland	 (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Jostein Aleksandersen, Universitetet i Stavanger Veileder: Stian Magnussen, ProAnalysis	
Tittel på masteroppgaven: Avgjøre beste strategi for FoU-prosjekt ved å analysere risiko og økonomi av foreslåtte tekniske løsninger gjennom beslutnings- og sensitivitetsanalyse. Engelsk tittel: Determine best strategy for R&D project by analyzing risk and economics of suggested technical solutions through decision- and sensitivity analysis.	
Studiepoeng: 30	
Emneord:	Sidetall: 88 + vedlegg/annet: 30 Stavanger, 14. juni 2013

Avgjøre beste strategi for FoU-prosjekt ved å analysere risiko og økonomi av foreslåtte tekniske løsninger gjennom beslutnings- og sensitivitetsanalyse.



Sammendrag

En forretningsidé blir skapt, en gründerbedrift blir startet, den første prototypen blir lappet sammen. Det første salget blir gjennomført, produktet utvikler seg, det kommer flere salg. Noen år går forbi, man har kommet seg over den verste kneiken, men oppstartsmidlene er brukt opp og man må stå på egne økonomiske ben. Man har lært markedet og sitt eget produkt å kjenne – på godt og vondt. Man skulle ønske man fikk rettet opp i de mindre gode løsningene, men man når det ikke før neste leveringsfrist denne gangen heller. Men til neste salg, da skal man få alt på plass. Da skal man utvikle neste generasjon. Men, når kommer neste salg? Har man råd til lønninger til de ansatte om man igangsetter dette utviklingsprosjektet nå? Eller burde man vente? Ja, bare ett salg til nå, så igangsetter man utvikling av neste produktgenerasjon. Men hvilket utviklingsløp bør man da satse på? Hva kommer det til å koste og hva er gevinsten?

Å bli stadig påminnet om videreutvikling som burde vært igangsatt, men samtidig stadig ikke vite om man har finansiering til denne utviklingen er et typisk scenario for halvmodne gründerbedrifter. Før oppgavestart hadde jeg inngående kjennskap til nettopp en slik bedrift. Gjennom dette bekjentskapet, hadde jeg også hørt snakk om et forsknings- og utviklingsprosjekt for neste produktgenerasjon. Dette prosjektet skulle visstnok innebære en kostnadsbesparelse på 60 % i forhold til dagens innkjøpskostnad. Til tross for den potensielt store besparelsen, gjenstod det for prosjektet å overbevise bedriftsstyret og å få velsignelse for igangsetting.

Gjennom denne oppgaven ønsket jeg å ta i bruk beslutnings- og sensitivitetsanalyse som et verktøy for å gjennomføre en ny og denne gang mer helhetlig teknisk og økonomisk analyse av prosjektet. De beste alternative tekniske løsninger og deres reelle kostnader skulle utforskes gjennom et tett samarbeid med utviklingsavdelingen. Ved å analysere risiko og økonomi av de foreslåtte tekniske løsninger, skulle beste strategi for neste produktgenerasjon avdekkes gjennom beslutnings- og sensitivitetsanalyse. Resultatet skulle også på en grundigere måte belyse hvilke besparelser som er mulig å oppnå og hvilke resurser som kreves for å oppnå de.

Bruken av beslutningsverktøy har vist seg nyttig fordi den ikke bare ser på økonomien alene, men også den iboende risikoen i prosjektet. Det er tatt hensyn til feilestimering av utviklingskostnader og markedssvingninger. Ut fra dette er det mulig å gi grundigere estimat for kostnadene og å visualisere variasjoner ved verste og beste scenario.

Resultatet av oppgaven viser at det potensielt er mulig å produsere neste produktgenerasjon til 53 % av dagens instrumentkostnad. Det er anbefalt å diversifisere i to utviklingsløp, hvorav det første utviklingsløpet utgjør en potensiell besparelse på 36 % av dagens kostnad. Dette utviklingsløpet har et resursforbruk og en kostnadsramme som gjør det mulig å gjennomføre innen ett år. Det andre utviklingsløpet står for den resterende potensielle besparelsen på 11 %. Det anbefales at tallene for andre utviklingsløp oppdateres med erfaring fra første utviklingsløp før det eventuelt igangsettes.

Forord

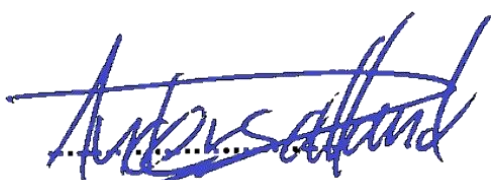
Målet med masterutdanningen i Industriell økonomi er å utdanne kandidater med tverrfaglig kunnskap i både teknologi og økonomi. Kandidatene skal kunne analysere tekniske og økonomiske problemer på en integrert måte, evaluere beslutnings- og investeringsalternativer og utforme beslutningsgrunnlag og løsningsalternativer som kan kommuniseres mot ledere med både teknologi- og økonomibakgrunn. Masteroppgaven er en avsluttende oppgave hvor kandidaten skal vise at han har tilegnet seg de kunnskaper som studiet legger opp til.

Bak meg har jeg to lærerike og interessante år, og arbeidet med denne avsluttende oppgaven synes jeg virkelig har grepet om kjerneområdet til utdanningen. Under arbeidet med oppgaven har jeg kunnet ikle meg rollen som bindeleddet mellom utviklings- og økonomiavdelingen. Her har jeg fått muligheten til å se teknologi og økonomi i et mer helhetlig perspektiv og jobbe for å få de til å smelte sammen i analysen.

Jeg ønsker å takke Universitetet i Stavanger, spesielt Institutt for industriell økonomi, risikostyring og planlegging, for den høye kvalitet på utdanningen instituttet tilstreber å tilby sine studenter. Videre ønsker jeg å takke min veileder gjennom masteroppgaven, Jostein Aleksandersen, for raske og gode tilbakemeldinger underveis i arbeidet.

Jeg ønsker også å takke ProAnalysis AS for sitt engasjement i å være en verdensledende leverandør av et høyteknologisk produkt. Dette engasjementet har smittet over på interessen for gjennomføringen av oppgaven. Spesielt ønsker jeg å takke R&D Manager, Stian Magnussen, og Finance and Purchasing Manager, Hanne Frøyshov, for den tid de har brukt til å bidra til oppgaven i en hektisk arbeidshverdag.

Studiet har ikke bare resultert i en mastergrad, det har også gjort at jeg har kommet i kontakt med en fantastisk fin gjeng i klassen som jeg, spesielt gjennom linjeforeningen INDØKS, har opplevd mye moro sammen med som blir minner for livet.



Anders Dalland

Stavanger, juni 2013

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	7
1.1	Formålet med oppgaven	7
1.2	Problemstilling.....	7
1.3	Rapportens oppbygging	7
1.4	Samarbeidsbedrift: ProAnalysis AS	8
1.5	Olje-i-Vann-måling i et miljøperspektiv.....	11
1.6	Risikoanalyse og beslutningsstøtte i Microsoft Excel.....	12
2	Teori.....	13
2.1	Diskonterte kontantstrømmer	13
2.2	Nåverdimetoden	13
2.3	Beslutningsanalyse	14
2.4	Sensitivitetsanalyse	14
2.5	Beslutningstre.....	15
2.6	Programtillegget "The PrecisionTree"	16
3	Metode	17
3.1	Hva er samfunnsvitenskaplig metode?	17
3.2	Metodebruk for oppgaven	18
3.3	Feilkilder	18
4	Analyse	19
4.1	Om analysen.....	19
4.1.1	Presentasjon av situasjonen.....	19
4.1.2	Utvikling av neste instrumentgenerasjon	19
4.1.3	Formålet med denne analysen.....	20
4.1.4	Oppdeling av instrumentet i analysen	20
4.1.5	Analysens oppsett	20
4.2	Grunnlag for tallene brukt i analysen.....	21
4.2.1	Konfidensielle tall	21
4.2.2	Kan vi stole på tallene?.....	21
4.2.3	Hvordan tallene har blitt hentet inn?.....	21
4.2.4	Intern spørreundersøkelse om innkjøpskostnader og teknologifokus	21
4.2.5	Hvordan har økonomiavdelingen analysert prosjektet?.....	23

4.2.6	Grunnlag for innkjøpskostnader	25
4.2.7	Grunnlag for utviklingskostnader	26
4.2.8	Hvordan har utviklingsteamet analysert prosjektet?	28
4.2.9	Tradisjonell nåverdiberegning	30
4.2.10	Variabler knyttet til usikkerhet	30
4.2.11	Beslutnings- og sensitivitetsanalyse	32
4.2.12	Referanseliste for de benyttede kostnadene	39
4.3	De foreslåtte tekniske løsningene	40
4.3.1	Introduksjon til de foreslåtte tekniske løsningene	40
4.3.2	Første element: Elektronikkenhet	40
4.3.3	Andre element: Laser	47
4.3.4	Tredje element: Renseteknologi; 3.1 Transducer	52
4.3.5	Tredje element: Renseteknologi; 3.2 Generator	57
4.3.6	Fjerde element: Kapsling	62
4.3.7	Femte element: Mekanikk	67
4.4	Resultat	72
4.4.1	Organisering av resultatene	72
4.4.2	Estimert innkjøpskostnad for prosjektet ved valg av beste alternativ	72
4.4.3	Ville en tradisjonell nåverdianalyse vært like nyttig som en beslutnings- og sensitivitetsanalyse?	72
4.4.4	Sensitivitetsanalyse av estimert innkjøpskostnad ved verste og beste scenario	73
4.4.5	I hvilke element ligger potensialet for den største besparelsen?	74
4.4.6	Stemmer teknologifokuset fra spørreundersøkelsen overens med resultatene?	75
4.4.7	Beste strategi for første utviklingsløp	76
4.4.8	Samlet vurdering av resursbruk for første utviklingsløp	78
4.4.9	Beslutnings- og sensitivitetsanalyse av strategier for første utviklingsløp	79
4.4.10	Beste strategi for andre utviklingsløp	80
4.4.11	Samlet vurdering av resursbruk for andre utviklingsløp	81
4.4.12	Beslutnings- og sensitivitetsanalyse av strategier for andre utviklingsløp	82
4.4.13	Den generelle anbefaling til bedriften	84
5	Konklusjon	85
6	Litteraturliste	87
6.1	Bøker	87
6.2	Internett	87

6.3	Interne dokument (ProAnalysis).....	87
7	Figurliste	87
8	Vedlegg	
	8.1 Vedlegg A: Spørreskjemaundersøkelse: Kostnader og forbedringspotensial for Argus-komponentene	
	8.2 Vedlegg B: Skjema til utviklingsavdelingen for å liste alternative produksjonsmetoder og innkjøps-, utviklings-, vedlikeholds- og monteringskostnader.	
	8.3 Vedlegg C: Regneark for de ulike foreslåtte alternative tekniske løsningene, inkludert beslutningstrær.	

1 Innledning

1.1 Formålet med oppgaven

Før oppgavestart hadde jeg inngående kjennskap til samarbeidsbedriften. Gjennom dette bekjentskapet, hadde jeg også hørt snakk om et forsknings- og utviklingsprosjekt som visstnok skulle innebære en betydelig kostnadsbesparelse på dagens instrument. I gangene ble det snakket om en besparelse på 60 %. Jeg stilte meg undrende til at dette prosjektet ikke var igangsatt dersom den potensielle besparelsen var så stor.

Derfor ønsket jeg gjennom denne oppgaven å børste støv av dette prosjektet og å gjennomføre en ny og denne gang mer helhetlig teknisk og økonomisk analyse av det. Resultatet skulle avdekke om det var mulig å avgjøre beste strategi for FoU-prosjektet ved å analysere risiko og økonomi av foreslåtte tekniske løsninger gjennom beslutnings- og sensitivitetsanalyse. Resultatet skulle også belyse hvilke besparelser som var mulig å oppnå og hvilke resurser som krevdes for å oppnå de.

1.2 Problemstilling

”Avgjøre beste strategi for FoU-prosjekt ved å analysere risiko og økonomi av foreslåtte tekniske løsninger gjennom beslutnings- og sensitivitetsanalyse”

1.3 Rapportens oppbygging

Kapittel 1 presenteres først samarbeidsbedriften og deres produkt. Videre blir produktet satt i et miljømessig perspektiv gjennom uttalelser fra Miljøverndepartementet. Leverandør av beslutningsanalyseverktøy blir også presentert.

I kapittel 2 presenteres teorigrunnlaget for oppgaven.

I kapittel 3 presenteres metodebruken i oppgaven.

Gjennomføring av analysen vil foregå i kapittel 4.

I kapittel 4.1 blir først analysen og analysens oppbygging og formål presentert.

I kapittel 4.2 blir grunnlaget for de tallene som er brukt i analysen drøftet sammen med hvordan beslutnings- og sensitivitetsanalysen er gjennomført.

I kapittel 4.3 gjennomføres selve analysen av de foreslåtte tekniske løsningene for neste produktgenerasjon.

I kapittel 4.4 drøftes analysen og de resultater som har fremkommet belyses.

I kapittel 5 gis en kort konklusjon på bakgrunn av resultatene fra kapittel 4.

1.4 Samarbeidsbedrift: ProAnalysis AS

Samarbeidsbedrift er ProAnalysis AS, leverandør av Argus Olje-i-Vann-måler. Informasjon om bedriften og produktet er hentet fra bedriftens interne dokument (ProAnalysis, 2012).

1.4.1 Selskapets historie

ProAnalysis AS ble stiftet i september 1996 av Jarle Skeidsvoll, Øyvind Smith-Jahnsen og Tom O. Kleppestø. De første fem årene var hovedfokus på utvikling av instrumenter til medisinsk bruk, deriblant en lampe (Aktilite / CureLight) for behandling av hudkreft som i dag selges og brukes verden over av bioteknologiselskapet PhotoCure, sammen med deres krem Metvix.

I 1999 ble ideen om å bruke noe av selskapets kjernekompetanse (laser-indusert fluorescens) til måling av Olje-i-Vann (OiV) født, da Skeidsvoll møtte Bjørn Atle Øverland. Øverland ble medeier i ProAnalysis, og fra 2001 startet for alvor utviklingsløpet mot det som i dag er selskapets kjerne; en teknologi for on-line måling av Olje-i-Vann. Norsk Hydro og Statoil var tidlig med som partnere, og bidro med betydelige utviklingsmidler. Sammen med aktører som University of California at Berkley, Norges Forskningsråd og Roxar Flow Measurement ble teknologien Argus® utviklet.

Etter 4 år med utvikling, og på trappene av en kommersialisering av teknologien, gikk Statoils heleide ventureselskap Statoil Innovation AS i 2004 inn på eiersiden med 40%. Dette markerte et girskifte i ProAnalysis. De nødvendige midler for industrialisering av teknologi, offshore testing, styrking av ledelse og økt fokus på markedsføring var tilstede, og høsten 2005 gjorde selskapet sin første kommersielle leveranse til den ConocoPhillips-opererte plattformen Eldfisk B: En Argus Environment for utslippsovervåking.

I 2007 ble det første systemet for multipunkts prosessovervåking levert til ConocoPhillips-opererte Ekofisk 2/4 J (totalt 7 målepunkt i ett integrert system). I tillegg ble ultralyd renseteknologien klar.

I 2008 etablerte ProAnalysis et internasjonalt salgsteam, i tillegg til agentnettverk i key areas. Første internasjonale kontrakt kom i 2008.

Fra 2009 har ProAnalysis vært en ledende leverandør av OiV-målere i det norske markedet i tillegg til økende anerkjennelse internasjonalt, med leveranser til alle kontinenter.

I begynnelsen av 2012 trakk Statoil Venture seg ut av selskapet og vi fikk nye hovedeiere ved Holta & Håland Industrier AS. Dette markerer et skifte fra Statoil Venture sitt fokus på teknologutvikling til de nye eierens fokus på lønnsom drift, samtidig som ProAnalysis fortsetter med utvikling parallelt.

1.4.2 Forretningsidé

ProAnalysis leverer innovative og kostnadseffektive løsninger basert på optisk sensorteknologi, til olje- og gassindustrien, ved å kombinere teknologisk innsikt med en forståelse av kundens behov.

1.4.3 Visjon

ProAnalysis skal være en foretrukket leverandør av optiske sensorløsninger for prosess- og miljøovervåkning.

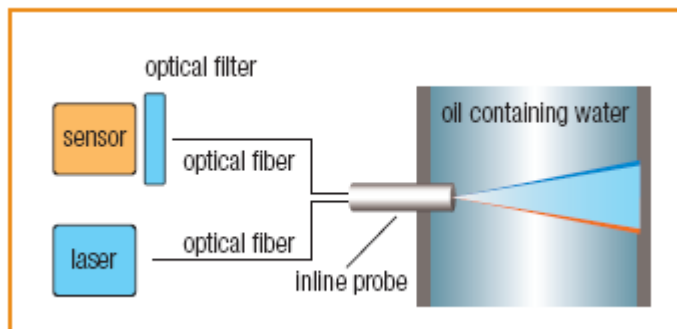
1.4.4 Teknologien

Det finnes en rekke ulike OiV-målere på markedet, som benytter ulike målemetoder. Argus Olje-i-Vann måler er en in-line, on-line måler og har konkurransefortrinn overfor sine konkurrenter da den ikke benytter bypass-linjer (on-line) som er dyrt å bygge og som for dette mediet erfaringsmessig tetter seg. I tillegg måler den midt i rørlinjen (in-line) hvor oljeinnholdet er mindre og mer representativt enn langs rørveggen.

1.4.4.1 Måleteknologien

ProAnalysis sin Argus-teknologi er basert på målingsprinsippet (laserindusert) fluorescens. I Argus er *lyskilden* en pulserende ultrafiolett laser (eksitasjonskilde), av dette følger systembetegnelsen *laserindusert fluorescens*. Laserlyset ledes til de fluorescerende stoffene i råoljen (produsert vann) gjennom en optisk fiber. Denne optiske fiberen avsluttes (termineres) i systemets inline probe. Fra endeflaten av den optiske fiberen stråler ultrafiolett lys ut i mediet.

Parallelt med eksitasjonsfiberen i proben er det montert en optisk fiber som samler fluorescenslys fra råoljen og transmitterer dette, via et *optisk filter* til *lyssensor* i Argus sin sentralenhet (Ex-kapsling). Det optiske filteret har som primærfunksjon å skille fluorescenslyset fra reflektert lys fra lyskilden eller annet bakgrunnssignal. Skisse av måleprinsipp:



Figur 1 Argus er basert på målingsprinsippet (laserindusert) fluorescens. En laser, unikt utviklet for sensoren, avgir ultrafiolett lys direkte inn i prosesslinjen ved hjelp av fiberoptikk. Laserlyset reagerer med råolje, og fluorescens avgis, samles, overføres av fiberoptikk, filtrert og endelig kvantifisert av en lyssensor (ProAnalysis, 2012).

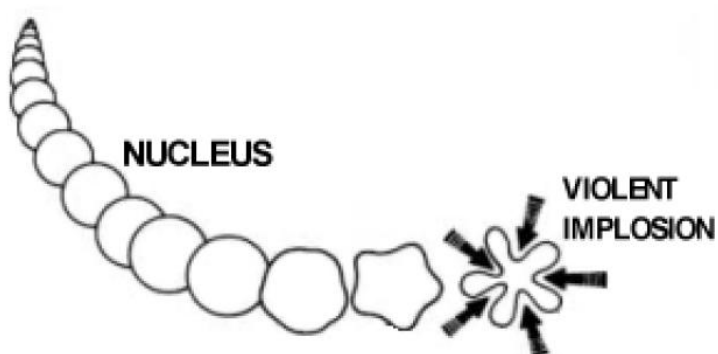
1.4.4.2 Renseteknologien

I produsert vann finnes det stoffer som ved ulike prosessendringer, så som trykk, temperatur eller strømningshastighet, felles ut som fast stoff. En fellesbetegnelse på slike stoffer er scale. Eksempler på scale er kalsiumkarbonat, jernsulfid, strontium/barium sulfat. Noen typer scale er svært harde og vanskelig å fjerne, mens andre er myke og relativt lett og fjerne. Felles for dem alle er at de forurensrer det optiske grensesnittet mellom instrumentet og prosessen, hvilket tilslutt vil medføre bortfall av målesignal.

For å unngå hyppig vedlikehold og rengjøring av probe er det utviklet et rensesystem basert på ultralyd som holder grensesnittet rent. Ultralyd kan defineres som lyd med en frekvens som er høyere enn menneskets øre kan oppfatte, vanligvis om lag 20 kilohertz.

Grensesnittet mot prosess for Argus Environment er et vindu i herdet safirglass, og ved periodisk rensing med ultralyd vil man kunne holde dette vinduet 100 % rent.

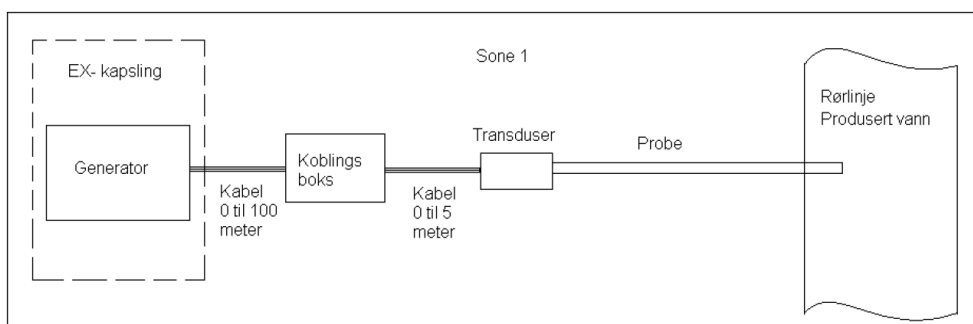
Rengjøring med ultralyd er avhengig av såkalt kavitasjon. Kavitasjon er dannelse og såkalt implosjon av små bobler i prosessmediet (se figur under). Alle disse implosjonene er meget effektiv for å fjerne forurensing. Boblene dannes ved at høyfrekvente lydbølger forplantes ut i mediet.



Figur 2 Illustrasjon på implosjon skapt av ultralyd (ProAnalysis, 2012).

For å danne slike bobler kreves det en ultralyd generator som produserer et høyfrekvent elektrisk signal og en såkalt transduser som konverterer dette signalet til mekanisk energi.

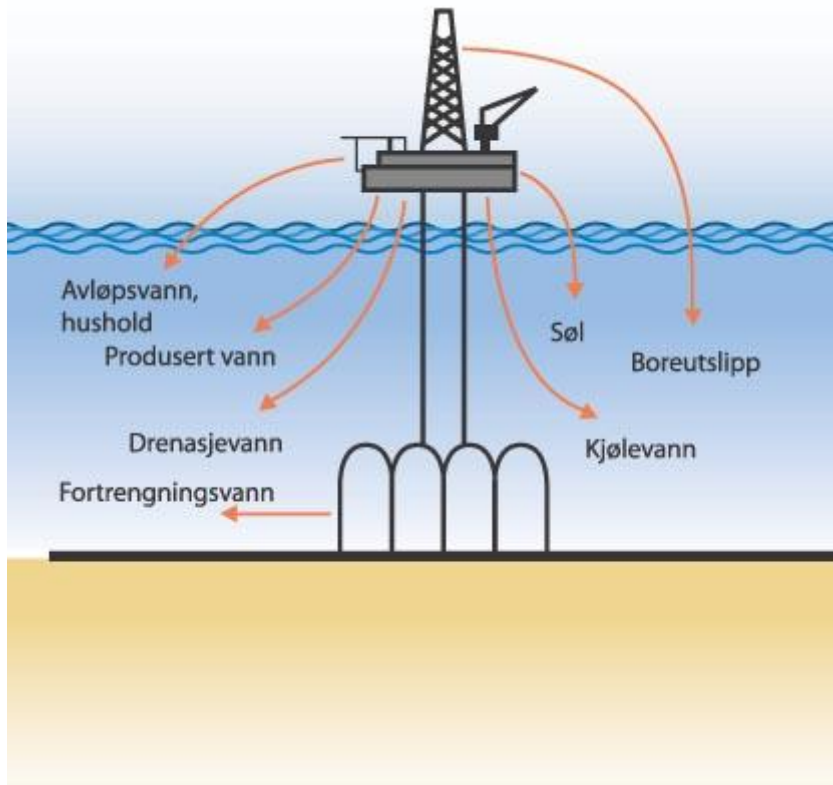
For Argus Environment er generator plassert i kontrollenhet og transduser er montert i bakkant av probe. Den mekaniske energien forplanter seg igjennom proben og setter til slutt vinduet i bevegelse slik at kavitasjonsbobler oppstår.



Figur 3: Oversikt over instrumentets komponenter og deres plassering (ProAnalysis, 2012).

1.5 Olje-i-Vann-måling i et miljøperspektiv

Olje-i-Vann-måling er viktig for en som utvinner og prosesserer olje av to hovedårsaker; Den ene årsaken er hensynet til miljøet. Den andre årsaken er av økonomiske hensyn, da man selvsagt vil selge olje i stedet for å la den forsvinne med produsert vann.



Figur 4 Figuren viser utslipp til sjø fra en petroleumsinstallasjon (Miljøverndepartementet, 2002).

Miljøverndepartementet (2002) beskriver utslipp fra petroleumsvirksomheten på følgende måte:

”De største oljeutslippene fra petroleumsvirksomheten kommer i dag fra utslippene av produsert vann. Oljefeltene inneholder både olje og vann, og etter hvert som oljemengden minker følger det med stadig mer vann. De fleste eldre felt produserer derfor betydelig mer vann enn olje. Dette vannet skilles fra oljen og slippes ut etter rensing. Med dagens renseteknikker er det hovedsakelig den dispergererte delen (oljedråper) av oljen som renses, ned til i gjennomsnitt 23 milligram olje per liter produsert vann. De renseteknikkene som benyttes, fjerner i liten grad de mest skadelige forbindelsene i oljen slik som fenoler og polyaromatiske hydrokarboner (PAH).”

Videre beskriver Miljøverndepartementet (2002) de regulativ petroleumsindustrien har å forholde seg til:

”Norge har de siste 15–20 årene regulert petroleumsindustrien stadig strengere mht. bl.a. utslipp av olje og kjemikalier. Det stilles nå svært strenge krav til dokumentasjon av innhold av miljøfarlige stoffer i kjemikalier som planlegges brukt. Det stilles videre krav til hvilke og hvor store mengder kjemikalier som kan brukes og slippes ut fra hver enkelt offshoreinstallasjon og for hvert bruksområde. Operatørene har plikt til å redusere utslippene iht. spesifikke myndighetskrav og iht.

deres egne dokumenterte planer. (...) OSPAR-kommisjonen har vedtatt en anbefaling (som ikke er juridisk bindende) om produsert vann som sier at oljeinnholdet i vannet ikke skal overstige 40 mg/l, og at det fra 2006 ikke skal overstige 30 mg/l. Det gjennomsnittlige innholdet av dispergert olje i det produserte vannet som slippes ut på norsk sokkel, er i dag under 25 mg/l. Videre har anbefalingen en målsetning om at de totale mengdene olje som slippes ut via produsert vann, skal reduseres med 15 % for det enkelte land innen 2006 (med 2000 som utgangspunkt). Ut i fra dagens teknologi vil det være en stor utfordring for Norge å nå denne målsetningen.”

Metoden for å måle og rapportere olje-i-vann-innholdet fra en plattforminstallasjon gjøres i dag manuelt av en laboratoriumstekniker. Teknikeren vil, noen steder tre ganger for dagen, ta en manuell produsert vann-prøve i flaske fra prosessen og kjøre analyser på prøven ved sitt laboratorium. Denne typen måling har i seg selv en stor feilmargin, og i tillegg vil ikke få prøver ved store prosessvariasjoner gi et reelt gjennomsnitt av olje-i-vann-nivået. En olje-i-vann-måler som måler konstant vil gi et faktisk gjennomsnitt av olje-i-vann-nivået. Men pr dags dato finnes det ikke en olje-i-vann-måler på markedet som er pålitelig nok til å kunne brukes til myndighetsrapportering. Det er derfor et behov og et ønske fra både myndigheter og oljeprodusenter å få godkjent den første helautomatiske olje-i-vann-måleren.

1.6 Risikoanalyse og beslutningsstøtte i Microsoft Excel

Palisade Corporation er, i følge Palisade (2013), produsent av markedets ledende risiko- og beslutningsanalyse-programvare; @RISK og DecisionTools®Suite. Nesten alle Palisade-programvarer er tillegg til Microsoft Excel, og sikrer dermed fleksibilitet, brukervennlighet, og bred appell på tvers av et bredt spekter av bransjer. Med programtillegget PrecisionTree, kan man takle komplekse, sekvensielle beslutninger og visuelt kartlegge, organisere og analysere beslutninger ved hjelp beslutningstrær i Microsoft Excel. Beslutningstrær er kvantitative diagrammer med noder og grener som representerer forskjellige mulige beslutningsveier og tilfeldigheter.

2 Teori

I dette kapitlet presenteres teori som er relevant for og benyttet i analysen.

2.1 Diskonterte kontantstrømmer

I følge Ross, Westerfield, Jaffe og Jordan (2011: 118-132), er verdien av kontantstrømmer definert på følgende måter:

$$\text{Fremtidig verdi} = C_0 \times (1 + r)^T$$

hvor C_0 er investeringen i år 0 (altså i dag), r er diskonteringsrenten pr periode (som vanlig pr år) og T er antatt perioder over hvor investeringen løper.

Dette gir videre at nåverdien av en investering er lik:

$$\text{Nåverdi} = C_T / (1 + r)^T$$

hvor C_T er kontantstrømmen ved år T og r er den passende diskonteringsrenten.

I et typisk investeringsprosjekt hvor vi har en negativ kontantstrøm i år null og mottar positive kontantstrømmer i flere påfølgende år, må vi benytte følgende formel for nåverdi:

$$\text{Nåverdi} = -C_0 + C_1 / (1 + r) + C_2 / (1 + r)^2 + \dots + C_T / (1 + r)^T = -C_0 + \sum_{i=1}^T C_i / (1 + r)^i$$

Den første kontantstrømmen, C_0 , er antatt å være negativ fordi den representerer en investering. Summetegnet er en forkortelse for summen av seriene.

2.2 Nåverdimetoden

I Ross et. al. (2011: 234), definerer boken nåverdimetoden på følgende måte:

Nåverdien er differansen mellom summen av nåverdiene av prosjektets fremtidige kontantstrømmer og den første kostnaden av prosjektet.

Den generelle investeringsregelen til nåverdimetoden kan generaliseres slik:

1. Aksepter prosjektet dersom nåverdien er større enn null
2. Avvis prosjektet dersom nåverdien er mindre enn null

Nåverdier er videre definert på følgende måte:

3. Å akseptere prosjekter med positive Nåverdier, er til det beste for interessentene.
4. Verdien til et firma øker med Nåverdien av prosjektet.

2.3 Beslutningsanalyse

I beslutningsproblem som inneholder usikkerhet, er det nødvendig å utføre en beslutningsanalyse. I følge Albright & Winston (2012: 478) har alle beslutningsproblem tre felles elementer: (1) Sett av beslutninger (eller strategier) tilgjengelig for beslutningstaker, (2) mengden av mulige utfall og sannsynlighetene for disse utfallene, og (3) en verdmodell som foreskriver nåverdier for de ulike kombinasjoner av beslutningsutfall. Når disse elementene er kjent, kan beslutningstakeren finne en optimal avgjørelse, avhengig av optimaliseringskriteriet som er valgt.

Videre sier Albright & Winston (2012: 478) følgende om Resultatstabeller:

På det tidspunktet vedtaket må gjøres, vil ikke beslutningstaker vite hvilket utfall som vil oppstå. Men når beslutningen er tatt, vil resultatet fremkomme, og en tilsvarende avkastning vil bli mottatt. Denne avkastningen kan faktisk være en kostnad, og da er det angitt som en negativ verdi. Oppstillingen av alle resultater for alle par av beslutningsutfall kalles resultatstabell. Kort forklart: En resultatstabell lister resultatet for hvert par av beslutningsutfall. Positive verdier korresponderer til gevinst og negative verdier korresponderer til tap.

Albright & Winston (2012: 478) legger vekt på skillet mellom det å gjøre gode beslutninger og å få gode resultater. Uansett hvilken beslutning du velger, kan du få et resultat som, i ettertid, gjør at du ønsker du hadde gjort en annen beslutning. Poenget er at beslutningstakerne må foreta rasjonelle beslutninger, basert på den informasjonen de har når beslutninger må gjøres, og deretter leve med konsekvensene.

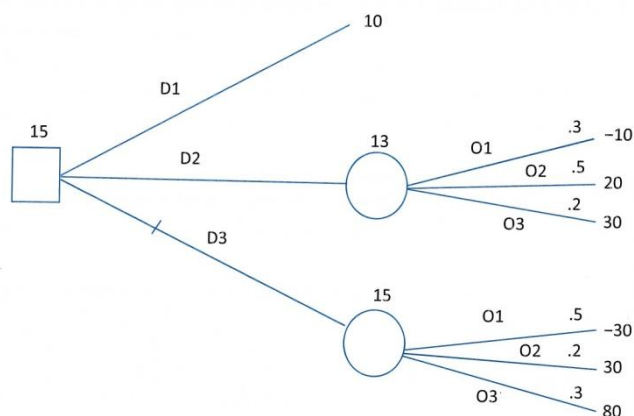
Det er et problem å avgjøre hvor sannsynligheter kommer fra. Albright & Winston (2012: 480) mener dette er et vanskelig spørsmål å besvare generelt, fordi det avhenger av hver enkelt situasjon. I noen tilfeller det aktuelle beslutningsproblemet lik de en beslutningstaker har møtt mange ganger i fortiden. Deretter kan sannsynlighetene beregnes fra kunnskap om tidligere resultater. Hvis en bestemt type utfall skjedde, si i ca 30 % av tidligere situasjoner, kan et estimat av sin nåværende sannsynlighet være 0,30. Men det er mange beslutningsproblemer som ikke har paralleller i fortiden. I slike tilfeller må en beslutningstaker bruke de opplysninger som er tilgjengelige, pluss noe intuisjon, for å vurdere sannsynligheter. For eksempel, hvis problemet innebærer beslutninger om et nytt produkt, og et mulig utfall er at en konkurrent vil innføre et tilsvarende produkt i de kommende år, vil beslutningstakeren måtte stole på kjennskap til markedet og konkurrentens situasjon for å vurdere sannsynligheten for dette utfallet. Det er viktig å merke seg at en slik vurdering kan være svært subjektiv. Det er viktig for beslutningstaker å konsultere alle relevante kilder (historiske data, ekspertuttalelser, offentlige prognoser, og så videre) i vurderingen disse sannsynlighetene.

2.4 Sensitivitetsanalyse

I følge Albright & Winston (2012, side 482) vil noen av verdiene i en beslutningsanalyse, spesielt sannsynlighetene, oftest i beste fall være kvalifiserte gjetninger. Derfor er det viktig, spesielt i den virkelige verdens problemer, å følge enhver beslutningsanalyse med en sensitivitetsanalyse. I en sensitivitetsanalyse varierer vi systematisk innvariabler til problemet for å se hvordan (eller hvis) utgangene - avkastningene og den beste beslutningen - endres.

2.5 Beslutningstre

Albright & Winston (2012, side 482) forklarer hvordan beslutningsproblemer i sin enkleste form er bygget opp på den helt grunnleggende formen: Du tar en avgjørelse, du kan observere et utfall og du får et resultat. Mange beslutningsproblemer er av denne grunnleggende enkle form, men mange er mer komplekse. I disse mer komplekse problemer, tar du en avgjørelse, du observerer et resultat, du gjør en andre avgjørelse, du observerer et andre utfall, og så videre. Et grafisk verktøy kalt et beslutningstre har blitt utviklet for å representere slike beslutningsproblemer. Beslutningstrær kan brukes for hvilke som helst beslutningsproblemer, men de er spesielt nyttige for de mer komplekse typer. De viser tydelig sekvensene av hendelser (beslutninger og resultater), samt sannsynligheter og avkastninger.



Figur 5 Figuren viser et eksempel på et beslutningstre (Albright & Winston, 2012).

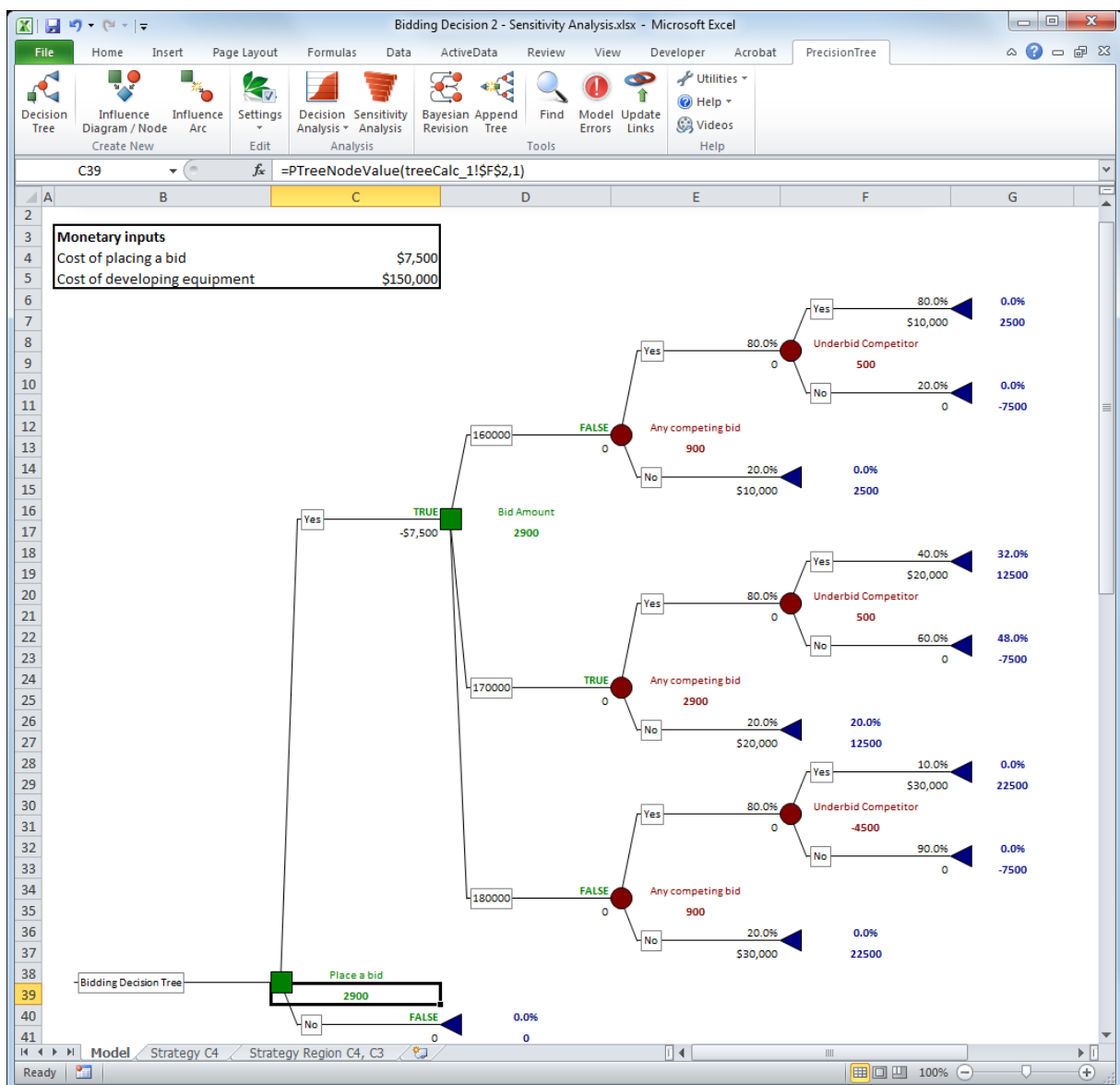
2.5.1 Beslutningstrekonvensjoner

1. Beslutningstrær er sammensatt av noder (sirkler, firkanter og trekkanter) og greiner (linjer).
2. Nodene representerer tidspunkter. En beslutningsnode (en firkant) representerer en tid da beslutningstakeren fatter vedtak. En sannsynlighetsnode (en sirkel) representerer en tid da resultatet av et usikkert utfall blir kjent. En sluttnode (en trekant) indikerer at problemet er ferdig - alle vedtak er gjort, all usikkerheten har blitt løst, og alle utbetalinger og kostnader er pådratt.
3. Tid fortsetter fra venstre til høyre. Dette betyr at noen grener som fører inn en node (fra venstre) allerede har oppstått. Noen grener som fører ut av en node (til høyre) har ennå ikke skjedd.
4. Grener som fører ut av en beslutningsnode representerer mulige beslutninger, beslutningstakeren kan velge foretrukket gren. Grener av sannsynlighetsnoder representerer mulige utfall av usikre hendelser, beslutningstakeren har ingen kontroll over hvilke av disse som vil skje.
5. Sannsynligheter er notert på sannsynlighetsgrener. Disse sannsynlighetene er betinget av at hendelser som allerede har blitt observert (de til venstre). I tillegg må sannsynlighetene på grenene som fører ut av en hvilken som helst sannsynlighetsnode summere til 1.
6. Nåverdier vises til høyre for endenodene.
7. Avkastninger beregnes gjennom en "folding-back"-prosess

Albright & Winston (2012, side 484) forteller hvordan beslutningstrær er svært nyttig i problemer virksomheter står overfor. Først gir de en grafisk visning av hele problemet. Dette kan være nyttig i sin egen rett for innsikten det gir, spesielt i mer komplekse problemer. Sekundært, gir beslutningstrær et rammeverk for å gjøre alle beregninger avkastninger. Spesielt tillater den å bruke fall-back fremgangsmåten for å finne avkastningen og den beste avgjørelsen.

2.6 Programtillegget "The PrecisionTree"

I følge Albright & Winston (2012, side 492) er beslutningstrær en utfordring for Excel. I samarbeid med The Palisade Corporation tilbyr boken tillegget "The Precision Tree". Dette er et kraftig tillegg som drar nytte av Excel sine beregningsevner og grafiske evner, og gjør prosessen med å generere et grafisk beslutningstre relativt enkel. I figuren under kan vi se et typisk anvendelsesområde for beslutningstre; Beslutningsanalyse for å by på anbud, om man skal by og hvor mye man skal by.



Figur 6 Programtillegget PrecisionTree slik det fremstår i Excel, eksemplifisert av Palisade Corporation (Palisade, 2013).

3 Metode

3.1 Hva er samfunnsvitenskaplig metode?

Holme og Solvang (1991) beskriver metode som et redskap, en fremgangsmåte for å løse problemer og for å komme frem til ny erkjennelse. Alle midler som kan være med å fremme dette målet, er en metode. Men for at en metode skal kunne brukes til samfunnsvitenskapelig forskning er det viktig at den er holdbar og tåler kritisk etterprøving. Slik kan vi da si at samfunnsvitenskapelige metoder består av de systematiske og planmessige fremgangsmåtene som er spesielt innrettet mot å etablere kunnskap og teori om ulike aspekter ved menneskers liv og virke. En skiller mellom to hovedformer for metodisk tilnærming i samfunnsvitenskapene. Dette gjør en med grunnlag i hvilken form de data en undersøker har. Ut fra dette taler man om kvalitative og kvantitative metoder. Hovedskillet mellom disse to metodene er bruken av tall.

3.1.1 *Empiri*

Empiri er opplysninger eller informasjon om faktiske forhold i samfunnet. Den empiriske informasjonen bygger på våre erfaringer om disse samfunnsforholdene og ikke på filosofiske resonnement. Erfaringene tilegner vi oss gjennom sansene våre, og slik kan vi si at den informasjonen om faktiske forhold som empirien består av er filtrert gjennom menneskelige sanseorgan. Talking av empiriske undersøkelser krever derfor at man er oppmerksom på, og vurderer, hvordan denne empirien kan være preget av de sanseintrykkene den er basert på.

3.1.2 *Kvalitative metoder*

Datainnsamling i kvalitativ metode foregår ved deltagende observasjon, semi- eller ustrukturerte intervjuer eller diskursanalyse/tekstanalyse. Bruk av kvalitative metoder innebærer liten grad av formalisering. En er her ikke opptatt av å prøve om data er generelt gyldige. Det sentrale blir at en gjennom ulike former for innsamling av data makter å skape en dypere forståelse for det problemkomplekset en studerer, og hvilken totalsammenheng dette står i. Metoden er kjennetegnet ved nærhet til datakilden.

3.1.3 *Kvantitative metoder*

Kvantitative metoder er forskningsmetoder som befatter seg med tall og det som er målbart (kvantifiserbart). De skiller seg således fra kvalitative metoder. I motsetning til kvalitative metoder er kvantitative metoder mer formaliserte og strukturerte. I kvantitative studier legges det særlig vekt på å strukturere datainnsamlingen med sikte på sammenliknbarhet mellom enhetene som undersøkes. Denne metoden er i større grad preget av kontroll fra forskerens side.

3.1.4 *Uformell intervjuing*

Uformell intervjuing er datainnsamling basert på respondenter som kilde. Intervjuet gjennomføres i form av samtaler med respondentene. For selve intervjuet velger forskeren ut tema som skal inngå i samtalen, men gjennomføringen av intervjuet skjer på en fleksibel måte. Innsamling og analyse av data foregår parallelt under gjennomføring. Uformell intervjuing kan gjennomføres med en enkelt person eller flere personer samtidig. Formålet med gruppeintervjuing er ofte å få frem et mangfold av synspunkter, vurderinger og kreative assosiasjoner om bestemte og forholdsvis avgrensede tema.

3.1.5 Spørreskjemaundersøkelse

Spørreskjemaundersøkelse ved enqueteer, svarer respondentene ved å selv fylle ut spørreskjemaet. I enqueteer er en avhengig av velvilje hos mottakeren for i det hele å få noe resultat. Det er derfor viktig at forskeren har utformet spørreskjemaet på en slik måte at det motiverer respondenten til gi seriøse svar. Dette oppnås ved å benytte et ryddig og enkelt oppsett. Spørreskjemaet må også utformes på den måten at det sikrer at dataene forskeren ønsker å samle inn og de spørsmål han ønsker besvart blir ivaretatt.

3.2 Metodebruk for oppgaven

I denne oppgaven har jeg benyttet både kvantitative og kvalitative metoder for datainnsamling. Den kvantitative delen av datainnsamlingen har foregått gjennom innhenting av historiske tall fra bedriften. Dette dreier seg om innkjøpskostnader fra gjennomførte prosjekt, timeføring på utviklingsprosjekt og tidligere beregninger fra dette FoU-prosjektet. De videre analysene som er gjort er gjort med utgangspunkt i disse tallene.

Den kvalitative delen av datainnsamlingen har blitt gjort gjennom analyser av diverse bøker, dokumenter og rapporter fra relevant litteratur. Store deler av informasjonsgrunnlaget har blitt tilegnet gjennom møter med økonomiavdelingen og utviklingsteamet ved bedriften. Gjennom diskusjoner under disse møtene har vi fått belyst eventuelle svakheter ved analysen for å korrigere dette underveis. Slik kan vi si at uformell intervjuing, som også er et kvalitativt analyseverktøy, har vært et redskap på veien til målet. Spørreskjemaundersøkelse har også vært benyttet for å kunne danne et bilde av den generelle oppfatning av innkjøpskostnader i bedriften og bedriftens generelle syn på teknologiutvikling.

3.3 Feilkilder

Det knytter seg mange feilkilder til intervju. Dette kan være at man feiltolker intervjuobjektene og dermed misforstår informasjon. Det kan også være at man får for mye informasjon, og ikke klarer å ta inn over seg essensen eller den viktigste informasjonen.

En annen feilkilde kan være at man påvirker intervjuobjektene til å svare det man ønsker, eller at intervjuobjektene påvirker intervjuer ved å gi uhildet informasjon. Dersom det gjennomføres gruppeintervju kan også intervjuobjektene påvirke hverandre. Et tett samarbeid med intervjuobjektene og å lære de å kjenne har vært med på redusere faren for disse feilkildene.

4 Analyse

4.1 Om analysen

4.1.1 Presentasjon av situasjonen

Da bedriften i 1999 bestemte seg for å bruke dets kjernekompetanse, hvilket var laser-indusert fluorescens, til å utvikle det som i dag er selskapets kjerne; en teknologi for on-line måling av Olje-i-Vann, stod de naturligvis ovenfor en rekke utfordringer. En av utfordringene var hvilken teknologi de selv skulle utvikle fra bunnen og hvilken teknologi de skulle kjøpe. I denne fasen hadde bedriften begrensede kunnskaper og resurser. Derfor valgte bedriften å kjøpe inn de hovedkomponentene hvor de manglet intern kompetanse til å utvikle dem selv. Nå, fjorten år senere, selges et høyteknologisk produkt, kontinuerlig utviklet gjennom år med læring, justeringer og tilpasninger. Det har blitt gjort endringer som var nødvendig for å tilpasse seg markedet, men disse endringene har kanskje vært uheldig i forhold til å lage et kostnadseffektivt og elegant produkt. Underveis i utviklingsarbeidet har det stadig blitt oppdaget potensielle substitutter til eksisterende teknologi og alternative produksjonsmetoder. Bedriften har dermed naturligvis visst om at det fantes potensial for kostnadsbesparelser, men resurser for innføring av ny teknologi har ikke vært tilgjengelig. Slik kan det være for denne type gründerbedrifter som må finansiere utvikling med inntekter fra salg. Bedriften er i dag økonomisk sett nærmere en posisjon hvor en revolusjonerende innføring av ny teknologi er mulig å gjennomføre.

4.1.2 Utvikling av neste instrumentgenerasjon

Et eget forsknings- og utviklingsprosjekt (FoU-prosjekt) ble igangsatt i april 2010, med den hensikt å utvikle neste generasjon av dagens instrument. I et dokument som omhandler prosjektet, ProAnalysis (2010), uttaler prosjektleder at man gjennom prosjektet skal:

”utvikle en teknologisk ledende og kommersielt mer konkurransedyktig generasjon enn første generasjon”.

Et typisk resultat av et slikt arbeid er å samle nok informasjon om fordeler og ulemper, kostnader og kostnadsbesparelser. Dette blir igjen presentert for ledelsen med den hensikt å overbevise dem til å bevilge midler til prosjektet og gi klarsignal for igangsetting. FoU-prosjektet var initiert av den tids teknisk sjef, støttet av den tids innkjøps sjef. Ingen av disse to er i dag lenger ansatt i bedriften. Videre i dokumentet som omhandler prosjektet, kan vi lese at det foreligger et ambisiøst mål om kostnadsbesparelser:

”Produktkostnad skal reduseres med 50-80%”

Hvordan denne kostnadsbesparelsen skulle oppnås var ikke grundig begrunnet. Den kan nok tolkes som en høytsvevende ambisjon fra prosjektleder sin side basert på vyer og visjoner han hadde. I dette dokumentet er det gjort noen tekniske fordypninger. Men den generelle strukturen og referering til budsjett og kalkyler er derimot mangelfull. Kanskje det er derfor prosjektet fremdeles ikke har fått styrets velsignelse for igangsetting. Selv om det drives kontinuerlig utvikling i bedriften, har dette FoU-prosjektet stagnert.

4.1.3 Formålet med denne analysen

Før oppgavestart hadde jeg inngående kjennskap til bedriften. Gjennom dette bekjentskapet, hadde jeg også hørt snakk om FoU-prosjektet nevnt i kapittelet over. I gangene ble det snakket om en kostnadsbesparelse på dagens instrument på 60 %. Jeg stilte meg undrende til at dette prosjektet ikke var igangsatt dersom den potensielle besparelsen var så stor.

Derfor ønsket jeg å børste støv av dette prosjektet og å gjennomføre en ny og denne gang mer helhetlig teknisk og økonomisk analyse av det. Resultatet skulle gjennom en grundigere analyse avdekke om det var mulig å avgjøre beste strategi for FoU-prosjektet ved å analysere risiko og økonomi av foreslåtte tekniske løsninger gjennom beslutnings- og sensitivitetsanalyse. Resultatet skulle også belyse hvilke besparelser som var mulig å oppnå og hvilke resurser som krevdes for å oppnå de.

4.1.4 Oppdeling av instrumentet i analysen

Som allerede beskrevet, har bedriften vært klar over eksisterende substitutter og alternative produksjonsmetoder. For å se på disse foreslåtte tekniske løsningene, er det naturlig å dele opp instrumentet i mindre elementer og se på foreslåtte tekniske løsninger for hvert element. Dagens instrument kan økonomisk sett deles inn i fem kostnadsbærende element;

1. Elektronikkenhet
2. Laser
3. Rensing
4. Kapsling
5. Mekanisk

For hvert element i analysen blir det foreslått alternative tekniske løsninger for dagens teknologi. Den beste strategien vil være den som minimerer produksjonskostnadene for det fremtidige instrumentet, gitt at ønsket kvalitet er ivaretatt. Hvert element og deres tilhørende foreslåtte tekniske løsninger er presentert i kapittel 4.3.

4.1.5 Analysens oppsett

I den følgende analysen vil jeg først gå gjennom hva som ligger til grunn for tallene som er brukt. Videre vil jeg presentere de ulike tekniske løsningene for hvert element. Til slutt vil jeg presentere et resultat av analysen, altså hva jeg konkluderer med på bakgrunn av den gjennomførte analysen.

4.2 Grunnlag for tallene brukt i analysen

4.2.1 Konfidensielle tall

Reelle innkjøpskostnader og salgspriser er for bedriften konfidensielle tall. De presenterte tallene i oppgaven er derfor konsekvent presentert som prosent av en annen størrelse som det er naturlig å sammenligne med.

4.2.2 Kan vi stole på tallene?

Det er kritisk for verdien av analysen at vi kan stole på at tallene som er brukt er korrekte. Da må eventuelle feilkilder lukes bort på et tidlig tidspunkt. Ved oppgavestart anså jeg en potensiell feilkilde i utviklingsavdelingen sin kunnskap om de faktiske innkjøpskostnadene. Videre også en potensiell feilkilde i hvordan teknisk personell har *ønsker* om å innføre spesielle tekniske løsninger, og hvor terminologien "kostnadsbesparelser" blir lagt til grunn for å innføre teknologien, selv om viten om eventuelle kostnadsbesparelser ikke er tilstede. I økonomiavdelingen så jeg en potensiell feilkilde i at det kunne finnes et overoptimistisk forhold til kostnadsbesparelser. I de følgende underkapitlene utdypes jeg dette og viser hvilke tall jeg har brukt videre i analysen og hvordan jeg har kommet frem til dem.

4.2.3 Hvordan tallene har blitt hentet inn?

Det var viktig for analysen som skal gjennomføres i denne oppgaven at tallene ble hentet inn på en slik måte at de ikke preget utviklingsavdelingen på noen negativ måte. Dette fordi ansatte i utviklingsavdelingen var de samme som skulle hente inn tall for nye alternative teknologier. Samtidig var det viktig for oppgaven at den kunne belyse eventuelle svakheter med den originale prosjektplanen og vise sin nytteverdi. Planleggingen av når de ulike kostnadene skulle hentes inn og hvem som fikk se de underveis ble derfor en essensiell del av gjennomføringen av oppgaven. I korte trekk kan dette arbeidet oppsummeres i følgende kronologiske rekkefølge:

1. Sette seg inn i original prosjektplan og definere svakheter ved den
2. Orienter seg om dagens situasjon i bedriften. En spørreundersøkelse ble gjennomført for å avgjøre de ansatte sin oppfatning av innkjøpskostnader og teknologifokus
3. I samarbeid med økonomiavdelingen fremskaffe grunnlaget for dagens faktiske innkjøpskostnader
4. I samarbeid med utviklingsavdelingen fremskaffe kostnader tilhørende nye alternative tekniske løsninger for dagens teknologi
5. Samle data fra punkt 3 og 4 og benytte dette til å gjennomføre analysen

I de følgende kapitlene er dette arbeidet beskrevet i detalj.

4.2.4 Intern spørreundersøkelse om innkjøpskostnader og teknologifokus

For å avdekke en eventuell missoppfatning av innkjøpskostnader blant bedriftens ansatte, gjennomførte jeg en spørreundersøkelse for bedriften og oppgaven sin del. Alle ansatte i bedriften deltok, og de måtte hake av i spørreundersøkelse om de var ansatt i teknisk eller administrativ avdeling. Spørreundersøkelsen ble gjennomført på et tidlig tidspunkt hvor jeg enda ikke hadde hatt dypere diskusjoner vedrørende tallene sammen med utviklingsavdelingen. Resultatet av undersøkelsen var også ment å være til hjelp for å indikere utviklingsavdelingen sin virkelighetsoppfatning av priser og kostnader. Dersom tallene den tekniske avdelingen oppga viste seg å avvike signifikant i forhold til reelle kostnader, måtte jeg gjort tiltak i forhold til det i det videre

arbeidet. Dette fordi jeg visste at teknisk personell skulle hente inn, beregne og vurdere kostnader på de nye foreslåtte tekniske løsningene, og at dette dermed kunne forsikre om at de var i stand til å gjøre gode estimat. I undersøkelsen ble deltakerne bedt om å oppgi hva de trodde innkjøpskostnadene på de forskjellige hovedkomponentene var, og resultatet er presentert under:

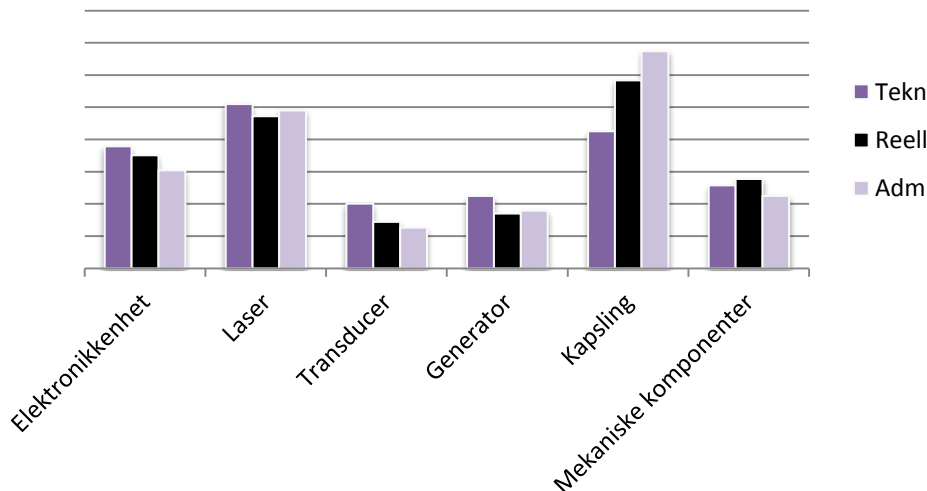


Diagram 1 Antatte innkjøpskostnader fra teknisk og administrativt personell, sammen med reelle innkjøpskostnader.

Den generelle interne kunnskapen om innkjøpskostnadene i bedriften kan på grunnlag av resultatet av spørreundersøkelsen sies å være god. Teknisk personell ligger jevnt over litt høyere i sine anslag enn administrativt personell. Dette kan skyldes at innkjøpskostnadene har gått noe ned i nyere tid. Årsaken til det er beskrevet under kapittel 4.2.5.

At teknisk avdeling anslår at dagens kostnader er høyere enn hva de faktisk er, kan også være en *bevisst* trend. Dette gjør de i så fall fordi de da lettere kan forsvare innføring av ny teknologi med det argumentet at det vil medføre en kostnadsreduksjon. Dette kommer jeg tilbake til i kapittel 4.2.8 hvor jeg beskriver det tekniske teamet.

Det største avviket i estimat er kostnaden på kapsling. Utypisk for det generelle resultatet har teknisk personell anslått for lavt og administrativt for høyt. Dette kan skyldes noe hyppig bytte av leverandører i den siste tid, og mye spesialtilpasninger som forstyrrer en gjennomsnitts innkjøpskostnad og oppfatningen av den. Men det kan også understreke trenden antydnet i avsnittet over: Avviket for kapsling kan skyldes at komponenten, fra det tekniske personell sitt ståsted, ikke oppfattes som en spennende teknisk komponent, og at dermed fokuset på teknologiutvikling har frafalt.

Videre i spørreundersøkelsen ble de ansatte bedt om å rangere hvilke 3 komponenter de ville fokusert teknologiutvikling på dersom målet deres var å redusere innkjøpskostnader maksimalt, med andre ord; hvordan produsere et så billig instrument som mulig. De ble bedt om å gi komponentene en score i fra 1 til 3, hvor 1 var den de ville fokusert mest på, 2 nest mest, 3 tredje mest. Resultatet fra den delen av undersøkelsen lot seg best illustrere som under hvor jeg har stablet samtlige svar oppå hverandre:

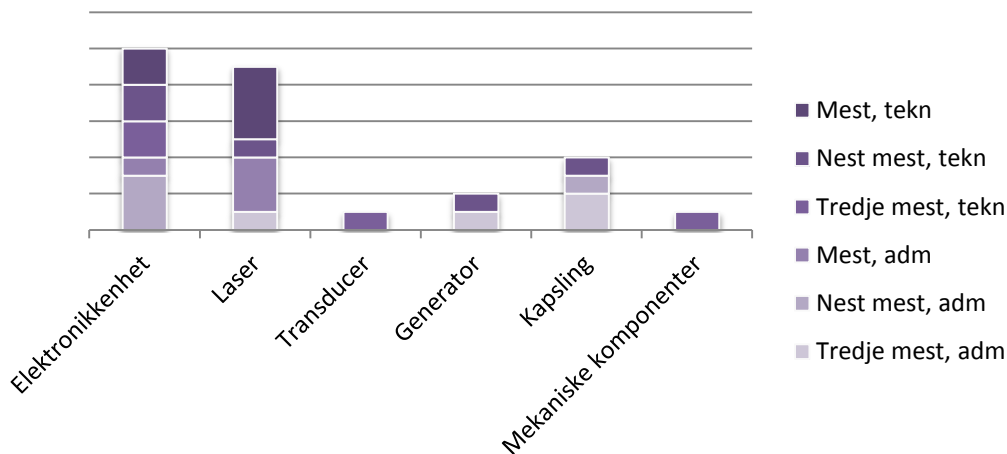


Diagram 2 Resultat av hva de ansatte ville fokusert teknologiutvikling på dersom målet var å redusere innkjøpskostnader.

Målet med denne delen av undersøkelsen var å se hvordan den generelle oppfatning i bedriften stemte overens med det endelige resultatet av denne oppgaven. Dette for å avdekke om fokuset på teknologiutviklingen kunne menes å avvike fra et alternativt fokus den burde hatt. Vi ser i diagrammet over en klar generell mening om å fokusere teknologiutvikling på å redusere kostnader på elektronikkenhet og laser. Som en kunne se av forrige diagram, representerte kapsling den største kostnaden, og den har også fått det tredje største fokuset med tanke på fokus på kostnadsreduksjon. Men det er viktig å merke seg at det bare er en person fra det tekniske personellet som har anbefalt teknologifokus på kapsling, og tre personer fra administrativ avdeling. Dette er en ytterligere understreking av at det er den mest spennende teknologien som får fokuset på kostnadsreduksjon fra teknisk avdeling, og de dyreste komponentene som får fokus på kostnadsreduksjon fra administrativ avdeling. Jeg kommer tilbake til utviklingsavdelingen i kapittel 4.2.8.

4.2.5 Hvordan har økonomiavdelingen analysert prosjektet?

Som skrevet i kapittel 4.2.2, anså jeg en potensiell feilkilde i at økonomiavdelingen kunne ha et overoptimistisk og urealistisk forhold til kostnadsbesparelser. I et dokument utarbeidet av tidligere Innkjøpsjef, var det skissert at den nye generasjonen skulle koste 39,4 % av den gamle generasjonen.

	old	new generation
Materialcost		
Enclosure		
Optical System		
Interface Module		
Electronics		
Ultrasound Cleaning System		
Mechanics		
Probe		
Retraction Tool		
Other		
Total		
% of old price		39,4 %

Tabell 1 Tidligere beregning av kostnadsbesparelse fra økonomiavdelingen.

Grunnlaget for denne besparelsen måtte jeg gjøre en grundigere undersøkelse på. Det presiseres at den nye generasjonen skulle leveres med samme egenskaper og kvalitet. Besparelsen er kun ren besparelse som et resultat av innføring av alternative teknologier. Til tabellen tilhører det ingen referanseliste over hva som måtte ligge bak verken de gamle kostnadene eller kostnadene for den nye generasjonen. Innkjøpssjefen som utarbeidet tabellen er ikke lenger ansatt i bedriften.

Den nevnte tabellen blir fremdeles benyttet av dagens innkjøpssjef. Dagens innkjøpssjef fyller inn hvordan arbeidet med kostnadsbesparelser har gått så langt, og oppdaterer dette kontinuerlig. Bedriften har ikke innført noen nye alternative tekniske løsninger så langt. Men det har blitt gjort et godt stykke arbeid med strategiske innkjøp. Dette dreier seg om å finne leverandører som leverer produkt som har en tilfredsstillende kvalitet til en lavere pris enn den gamle leverandøren. Det handler også om muligheten til å kjøpe inn større kvantum og på denne måten oppnå betydelige kvantumsrabatter. En lav eurokurs er ikke en del av strategien, men den har hatt en betydelig positiv innvirkning på innkjøpskostnadene.

Material cost	old	so far
Enclosure/monitor unit	100 %	63 %
Optical System	100 %	59 %
Interface Module	100 %	0 %
Electronics	100 %	93 %
Ultrasound Cleaning System	100 %	55 %
Mechanics	100 %	31 %
Probe	100 %	34 %
Retraction Tool (RT-L)	100 %	103 %
Other	100 %	59 %
1A. Total MC	100 %	57 %
% of old price		56,8 %

Tabell 2 Oppnådd så langt grunnet strategisk innkjøp fra økonomiavdelingen.

Tabellen over viser at dagens instrument koster 57 % av hva det gjorde i 2009. Denne besparelsen måtte også undersøkes grundig. Som allerede beskrevet, finnes det ingen referanser for de gamle oppgitte prisene. Dersom de gamle oppgitte prisene er feilaktig høye, er ikke den prosentvise besparelsen reell. Dette belyser et viktig element i en økonomisk analyse: Et dårlig referert budsjett er verdiløst dersom det ikke finnes referanser for hva som ligger til grunn for tallene. Måten jeg har laget kostnadsreferanser i denne oppgaven er beskrevet under kapittel 4.2.12. Kostnadene i kolonnen til høyre i tabellen over, er de faktiske innkjøpskostnadene økonomiavdelingen bruker i dag. Disse tallene ligger altså nærmere de kostnadene jeg benytter som utgangspunkt for den videre økonomiske analysen. Måten jeg har laget grunnlag for innkjøpskostnader er presentert under kapittel 4.2.6.

4.2.6 Grunnlag for innkjøpskostnader

I oppgaven har jeg gått gjennom produkttransaksjonene for hvert enkelt prosjekt solgt i perioden 2009-2012. Denne perioden anses som representativ for dagens generelle situasjon i bedriften og for anslaget for de kommende årene. Jeg har kategorisert og listet innkjøpskostnadene for hvert element og for hver leverandør. I sektordiagrammet under er den totale innkjøpskostnaden på instrumentet oppgitt til 100%, og prosentfordelingen av hvert element vist:

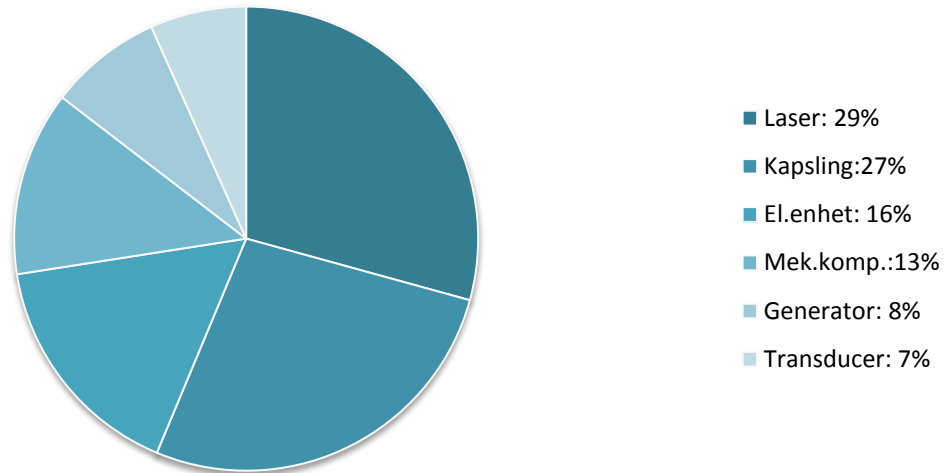


Diagram 3 Prosentfordeling av innkjøpskostnadene for hvert element.

Vi ser her hvordan laser utgjør den største kostnaden med sine 29% av instrumentet. Dette stemmer ikke overens med søylediagrammet fra spørreundersøkelsen i kapittel 4.2.2. Dette kan forklares med måten spørsmålet ble stilt i spørreundersøkelsen: Der spurte jeg spesifikt etter innkjøpskostnaden på bare laser. Det jeg ikke var oppmerksom på da, var at laseren blir nesten 1,3 ganger dyrere når den er ferdig montert og klar for bruk.

Til sammen utgjør laser, kapsling og elektronikkenhet nesten $\frac{3}{4}$ av den totale innkjøpskostnaden av instrumentet.

I stolpediagrammet under er de 10 største leverandørene presentert i synkende rekkefølge:

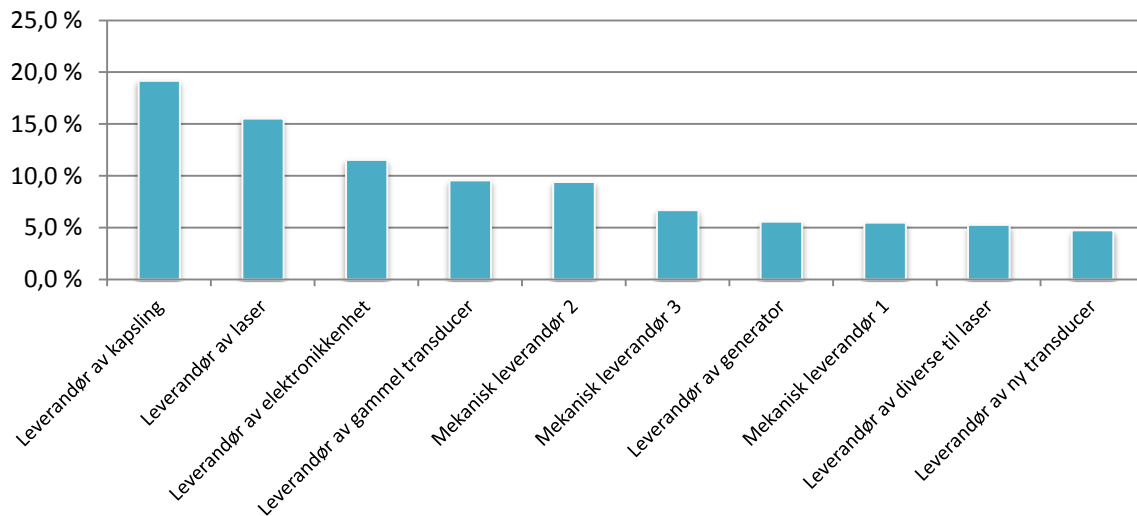


Diagram 4 De 10 største leverandørene rangert etter prosentvis innkjøpskostnad pr enhet

Vi ser her hvordan leverandøren av kapslingen er den største enkeltleverandøren til bedriften. Videre følger som ventet leverandør av laser og elektronikkenhet.

Innkjøpskostnadene jeg fant når jeg gikk gjennom produkttransaksjonene er hva som ligger til grunn for den økonomiske analysen jeg har gjennomført.

4.2.7 Grunnlag for utviklingskostnader

I oppgaven har jeg gått gjennom all timeføring på alle pågående utviklingsprosjekt i perioden 2009-2012. Denne perioden anses, i likhet med prosjektsalgene, som representativ for dagens generelle situasjon i bedriften. Jeg har summert timene ført på utviklingsprosjektene og kategorisert dem for hvert element.

I sektordiagrammet under er den totale summen av interne utviklingstimer oppgitt til 100%, og prosentfordelingen av utvikling relatert rensing, elektronikkenhet og annen utvikling vist:

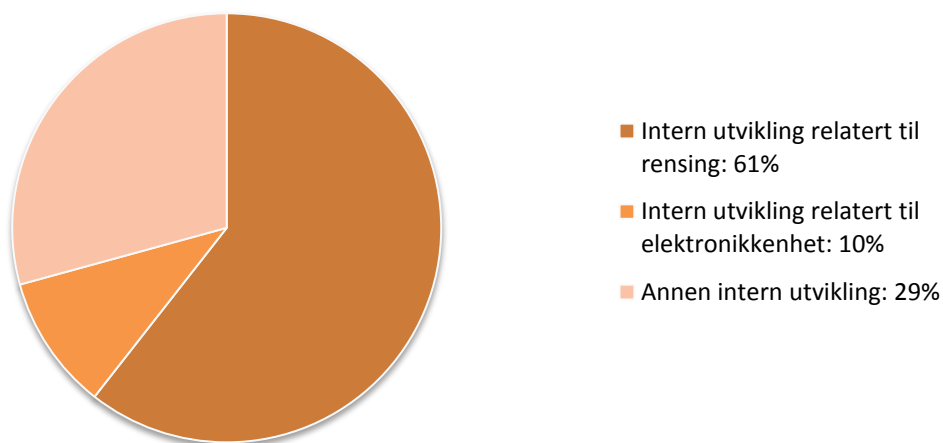


Diagram 5 Fordeling av totale interne utviklingstimer ført i perioden 2009-2012.

I diagrammet over ser en at intern utvikling relatert de to elementene rensing og elektronikkenhet utgjør 71 % for perioden. Annen utvikling som ikke er relevant for denne oppgaven utgjør 29 %.

Ser en bare på intern utvikling relatert rensing og elektronikkenhet, får en sektordiagrammet presentert under:

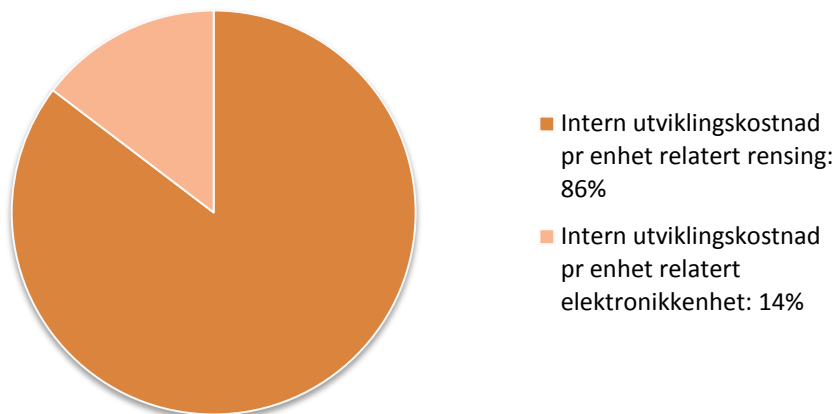


Diagram 6 Interne utviklingstimer ført på rensing og elektronikkenhet i perioden 2009-2012.

I diagrammet over ser en at rensing har stått for hele 86 % av utviklingstimene brukt på rensing og elektronikkenhet de siste 3 årene. Mesteparten av timene er ført på intern testing utført på eget laboratorium. Innholdet i dette arbeidet er bedriftshemmeligheter, men arbeidet har resultert i mye kompetanse på området og mye av arbeidet kan sees på som avsluttet, altså at det vil bli ført færre timer i fremtiden.

Det er også viktig å merke seg at *all* utvikling relatert til rensing blir gjennomført *internt*. Utvikling relatert til elektronikkenhet blir i all hovedsak gjennomført *eksternt*. Dette har selvsagt en innvirkning på hvordan kostnadene blir fordelt. En eksternt time koster i snitt 2,5 ganger en intern time. I den økonomiske analysen som følger i kapittel 4.3, vil disse kostnadene gjøre seg gjeldene når det er snakk om å utføre nyutvikling eksternt eller internt. Presentert under er *kostnadene* med både intern og eksternt utvikling av rensing og elektronikkenhet vist:

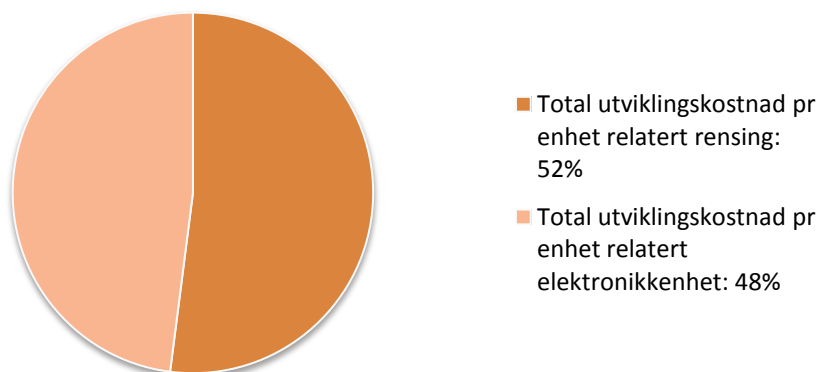


Diagram 7 Totale kostnader relater intern og eksternt utvikling av rensing og elektronikkenhet 2009-2012.

4.2.8 Hvordan har utviklingsteamet analysert prosjektet?

For å gi et bilde på hvordan utviklingsteamet har analysert prosjektet, må vi nesten først ta en kjapp analyse av selve utviklingsteamet.

4.2.8.1 Utviklingsteamet

Utviklingsteamet er sammensatt av personer med hver sin spisskompetanse på hvert sitt fagfelt. Utviklingsteamet skal samles til ukentlige møter hvor teknologiutvikling skal diskuteres. I en hektisk arbeidshverdag passer det sjeldent å avholde møtet på akkurat dette tidspunktet, og det blir som regel avlyst. Teknologiutvikling skapes uansett ikke bare under et timelangt møte en gang i uken. Teknologiutvikling er noe som pågår kontinuerlig; En ny løsning blir diskutert ved kaffemaskinen, en tanke blir skissert på en tavle, noen har funnet en interessant nettside og folk samles rundt en PC-skjerm, osv. Med tanke på kreative prosesser og å finne innovative løsninger er dette en flott måte å jobbe på. Men bakdelen er ofte at kreativiteten ikke skjer i strukturerte former og at lite eller ingenting blir dokumentert for ettertiden. En impulsiv beslutning kan bli tatt, noe som er positivt med tanke på å sette idéer ut i livet. Men det kan også være negativt, dersom beslutningen viser seg å være en dårlig beslutning tatt på grunnlag av en lite gjennomtenkt løsning fra en ustrukturert arbeidsprosess. I fare for å drepe kreative prosesser, beholdes gjerne denne type arbeidsmiljø fremfor å lage et rigid rammeverk for utviklingen. Om utviklingsteamet kan man gjerne si at evnen til å jobbe strukturert ligger latent, men at impulsiv kreativitet er typisk i arbeidshverdagen.

Visjonen for hva som skal utvikles og hvordan produktet skal se ut i fremtiden er uklar. Dette medfører at ikke alle drar lasset i samme retning. Årsaken til at det arbeides på denne måten kan trolig forklares med bedriften sin situasjon: Produktet er nytt og i konstant endring, likeledes dets marked. Positivt er det at alle ønsker å jobbe for det beste for produktets fremtid. Det er bare ikke en klar konsensus om hva visjonen for produktet sin fremtid faktisk er.

Begrensningen på produktutviklingen ligger i mangel på tilgjengelig finansiering. Man får daglige påminnelser om utbedringer som kunne vært gjort, men finansiering for revolusjonær produktutvikling er ikke tilstede. Selv om en totalrenovering er ønskelig, har det ikke fantes midler til mer enn litt småflikking.

Fra mitt ståsted, ser det ut til at det beste for bedriftens og produktets fremtid vil være å enes om en klar visjon for produktet og midler til utvikling.

4.2.8.2 Vil det tekniske teamet ha et uhildet syn på kostnadene med ny teknologi?

Jeg kunne allerede tidlig i arbeidet med oppgaven merke dersom en i utviklingsteamet hadde et sterkt ønske om å innføre en ny teknologi. Vedkommende hadde da en personlig favoritt, og argumenterte *for* denne og *mot* alternativ teknologi. Argumentasjonen var typisk at omtalt teknologi var "klart billigst", og alle alternativ "klart dyrere" eller "umulig å gjennomføre". Ofte hadde ikke vedkommende grunnlag for å uttale seg om kostnadsnivået – det var innføring av teknologien han var interessert i. Påståtte produksjonsbesparelser blir i disse tilfellene bare et våpen for å innføre sin favorittteknologi. At det tekniske teamet oppgir dagens teknologi til å være dyrere enn ny teknologi gjenspeiler seg i noen grad i spørreundersøkelsen i kapittel 4.2.4. At det tekniske teamet er mest interessert i den spennende teknologien gjenspeiler seg også i den samme spørreundersøkelsen.

Siden disse personene var de samme som skulle hjelpe med input til de kostnadene i analysen i denne oppgaven, måtte jeg i oppgaven ta hensyn til deres hildede syn på teknologi. Derfor utarbeidet jeg et skjema for kostnader på alternativ teknologi beskrevet i kapittel under.

4.2.8.3 Skjema for kostnader på alternativ teknologi

Som allerede beskrevet, består utviklingsteamet av personer med spisskompetanse på hver sitt fagfelt. Det var derfor naturlig at disse utarbeidet kostnader for alternative tekniske løsninger på sitt respektive fagfelt. Jeg utarbeidet et tabellverk for dem å fylle ut. Tabellverket er lagt ved i Vedlegg A. I kolonnene øverst i dette dokumentet var det listet alternative tekniske løsninger. Hva disse tekniske løsningene skulle være hadde vi kommet frem til i et tidligere møte. I radene i venstremargen var det listet hvilke kostnader som skulle fylles ut. Her hadde jeg splittet opp mye av kostnader til hovedleverandør, underleverandør, eksterne og interne utviklingstimer, vedlikeholdstimer og monteringsstimer. Dette var gjort både for å gi et grundigere bilde av situasjonen og for at ikke innspill til kostnader inkluderer for mye. I den opprinnelige prosjektplanen var nettopp hvert element gitt en kostnad, og denne ene kostnaden skulle inkludere veldig mange underelement. Faren med å gjøre det på denne måten er at nødvendig tilhørende teknologi og produktutvikling ikke blir belyst, og dermed faller bort med det resultat at kostnadene blir feil. Mangel på nedbrytning i den første prosjektplanen mente jeg var en av de store svakhetene med den.

I tabellverket utviklingsteamet fikk utdelt skulle det fylles inn innhentede kostnader på utvikling og produkter. I tabellverket var kostnadene for dagens teknologi tatt med for å gi en pekepinn for størrelsesorden på de kostnadene som ikke forligger på dette tidspunkt. Det var også en referanseliste til alle kostnadene, slik at grunnlaget for alle kostnader kunne diskuteres under møte.

Det ble gjennomført et møte der alle kostnader og grunnlag for kostnader for alternative teknologier ble diskutert. Kostnadene vi enest om, er de kostnadene som ligger til grunn for videre økonomiske analyser i denne oppgaven. Diskusjonen under dette møtet var såpass grundig og så tversgående at tallene ansees som uhildede, altså at faktiske reelle kostnader ligger til grunn for analysen og ikke enkeltpersoners manipulative ønsketall. Dette er ikke ensbetydende med at usikkerheten i utviklingskostnadene dermed er eliminert. Hvordan usikkerhet er regnet inn i oppgaven er forklart i kapittel 4.2.10.

4.2.9 Tradisjonell nåverdiberegning

Tradisjonell nåverdiberegning er benyttet først i de økonomiske analysene for hvert element. Dette er et ypperlig verktøy for å raskt belyse størrelser på utviklingskostnader og driftsinntekter for å kunne sammenligne disse på tvers av ulike tekniske løsninger. Men tradisjonell nåverdiberegning tar ikke hensyn til variabler og usikkerheter, noe jeg ønsket å trekke inn i denne analysen. Hvordan dette er gjort er omfattende beskrevet i de kommende kapitler.

4.2.10 Variabler knyttet til usikkerhet

Formålet med denne oppgaven er å gjøre en økonomisk analyse av et FoU-prosjekt ved å ikke bare se på økonomien alene, men også den risikoen som er iboende i prosjektet. Dette skal gjennomføres ved hjelp av beslutnings- og sensitivitetsanalyse. I dette kapitlet presenterer jeg grunnlaget for hvordan risiko, usikkerhetsmomenter og variabler er behandlet i oppgaven.

Utviklingsteamet ble bedt om å samle kostnader for hvert element og dets foreslåtte alternative tekniske løsninger. Hvordan de kom frem til kostnadene og hva som ligger til grunn for de er beskrevet under hvert element.

De to største usikkerhetsmomentene ved dette prosjektet anså jeg til:

- (1) Utviklingskostnadene var feilestimert
- (2) Markedet ble endret

For den første usikkerheten var jeg redd for at personene i det tekniske teamet hadde under- eller overestimert utviklingskostnadene for de alternative tekniske løsningene. En overestimering kunne utelukket en god teknisk løsning, og en underestimering kunne ledet bedriften til å gå i gang med en teknisk løsning som kunne vise seg å være kostbar og de budsjettoverskridelser dette ville medføre.

Markedet er også usikkert. Bedriften er fremdeles i startgroppen hvor de venter på det store internasjonale gjennombruddet. Dersom dette nå kommer, er bedriften klar over at et mye større marked åpner seg og at antall solgte enheter årlig vil stige dramatisk. Men det er også muligheter for at markedet snur, og at antall solgte enheter årlig vil synke.

I oppgaven har jeg brukt følgende tabellverk når jeg har regnet inn usikkerhet:

Variabler	Av antatt	Sannsynlighet
Utviklings(og vedlikeholds-)kostnader lavere enn antatt	50 %	25 %
Utviklings(og vedlikeholds-)kostnader som antatt	100 %	50 %
Utviklings(og vedlikeholds-)kostnader høyere enn antatt	200 %	25 %
Antall solgte enheter færre enn i dag	50 %	25 %
Antall solgte enheter som i dag	100 %	25 %
Antall solgte enheter flere enn i dag	300 %	50 %
Enhetskostnader ved færre solgte enheter enn i dag	120 %	
Enhetskostnader ved solgte enheter som i dag	100 %	
Enhetskostnader ved flere solgte enheter enn i dag	80 %	

Tabell 3 Tabellverk benyttet til usikkerhet i oppgaven.

Tabellen kan forklares med at variablene er listet i første kolonne, størrelsen på variasjonen (i forhold til antagelsene eller dagens situasjon) i andre kolonne, og sannsynligheten for at den variasjonen vil inntreffe i tredje kolonne. De tre første radene tar for seg variasjoner i utviklingskostnader, eventuelt også vedlikeholdskostnader dersom det er aktuelt. Jeg har lagt inn usikkerheten at disse kostnadene kan bli enten 50 % av antagelsen, som antagelsen eller 200 % av antagelsen. Antagelsen er altså den kostnaden som utviklingsteamet og jeg har kommet frem til sammen. Videre har jeg lagt inn sannsynligheten for at en variasjon skal inntreffe. Som man ser av tabellen, har jeg gitt at det er en 25 % sannsynlighet for at kostnadene blir 50 % av antatt, en 50 % sannsynlighet for antagelsene er korrekte og den siste 25 % sannsynlighet for at kostnadene blir 200 % av antatt. Jeg har altså gitt at det er en 50 % sannsynlighet for at utviklingsteamet har kommet frem til korrekte kostnader, og 50 % sannsynlighet for at de har over- eller underestimert.

Videre følger antall solgte enheter. Oppsettet for variasjoner og sannsynligheter er likt som for kostnadene. Men bedriften mener at fremtidsutsiktene er såpass lyse at det er en 50 % sannsynlighet for at man selger 3 ganger så mange instrument i fremtiden som i dag. De siste tre radene i tabellen omhandler kvantumsrabatt når bedriften kan gjøre store innkjøp, også kjent som stordriftsfordeler. Basert på tall fra økonomiavdelingen kan man legge inn at kostnaden på instrumentet vil stige eller synke med 20 % avhengig av om man kjøper flere eller færre enheter enn i dag. Denne tabellen dukker opp igjen under beslutnings- og sensitivitetsanalysen.

4.2.11 Beslutnings- og sensitivitetsanalyse

I oppgaven er det mange kostnader knyttet til ulike løsninger og mange variabler knyttet til usikkerhetene rundt disse kostnadene. Slike variasjoner kan være forvirrende når man skal ta beslutninger. Beslutningsprosessen blir kompleks og den beste løsningen blir skjult. I slike komplekse problemer har man behov for et mer rigid verktøy som kan hjelpe med å ta den beste beslutningen. Verktøyet vi trenger for å gjøre dette på en oversiktlig måte er et grafisk verktøy kalt et beslutningstre. Beslutningstrær kan brukes for alle typer beslutningsproblemer, men de er spesielt nyttige for de mer komplekse. De viser tydelig sekvensene av hendelser (beslutninger og resultater), samt sannsynligheter og kostnader.

Jeg har laget et eksempel på et fiktivt prosjekt som ligger nært opptil det aktuelle FoU-prosjektet for oppgaven, for å vise hvordan jeg har benyttet beslutningstre i denne oppgaven:

Beslutnings- og sensitivitetsanalyse		Eksempel	
<i>Variabler</i>		<i>Av antatt</i>	<i>Sannsynlighet</i>
Utviklings(og vedlikeholds-)kostnader lavere enn antatt		50 %	25 %
Utviklings(og vedlikeholds-)kostnader som antatt		100 %	50 %
Utviklings(og vedlikeholds-)kostnader høyere enn antatt		200 %	25 %
Antall solgte enheter færre enn i dag		50 %	25 %
Antall solgte enheter som i dag		100 %	25 %
Antall solgte flere enn i dag		300 %	50 %
Enhetskostnader ved færre solgte enheter enn i dag		120 %	
Enhetskostnader ved solgte enheter som i dag		100 %	
Enhetskostnader ved flere solgte enheter enn i dag		80 %	
Antall solgte enheter		50	
Forventet antall solgte enheter		94	
Salgspris = 1.5x dagens enhetskostnader		75 000	
Driftsår		10	
Diskonteringsrente		3 %	
<i>Kostnader</i>		<i>Utvikling</i>	<i>Drift</i>
Teknisk løsning 1		-	50 000
Teknisk løsning 2		4 500 000	35 000

Tabell 4 Inndata for eksempel med beslutnings- og sensitivitetsanalyse

Den øverste delen av tabellen kjenner vi igjen fra kapittelet over. I radene under er det lagt inn forslag på 50 solgte enheter i året. Salgsprisen er foreslått til å ligge 1,5 ganger over enhetskostnaden, det er beregnet 10 driftsår og en 3 % diskonteringsrente. Et tradisjonelt nåverdioppsett for dataene over vil se slik ut:

År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teknisk løsning 1		1 287 500	1 326 125	1 365 909	1 406 886	1 449 093	1 492 565	1 537 342	1 583 463	1 630 966	1 679 895
Akkumulert		1 287 500	2 613 625	3 979 534	5 386 420	6 835 512	8 328 078	9 865 420	11 448 883	13 079 849	14 759 745
Teknisk løsning 2	-4 500 000	2 060 000	2 121 800	2 185 454	2 251 018	2 318 548	2 388 105	2 459 748	2 533 540	2 609 546	2 687 833
Akkumulert	-4 500 000	-2 440 000	-318 200	1 867 254	4 118 272	6 436 820	8 824 924	11 284 672	13 818 212	16 427 759	19 115 591

Tabell 5 Tradisjonelt nåverdioppsett for prosjektet.

I tabellen på forrige side ser vi Teknisk løsning 1 ha en nåverdi over 10 år på 14,8 millioner og Teknisk løsning 2 ha en nåverdi på 19,1 millioner.

Men den tradisjonelle nåverdimetoden tar ikke hensyn til usikkerhetsvariablene i prosjektet. Ved å inkludere kostnader og sannsynligheter i beslutningsanalyse, og mate disse dataene inn i programvare for beslutningstre, får vi et beslutningstre presentert på denne formen:

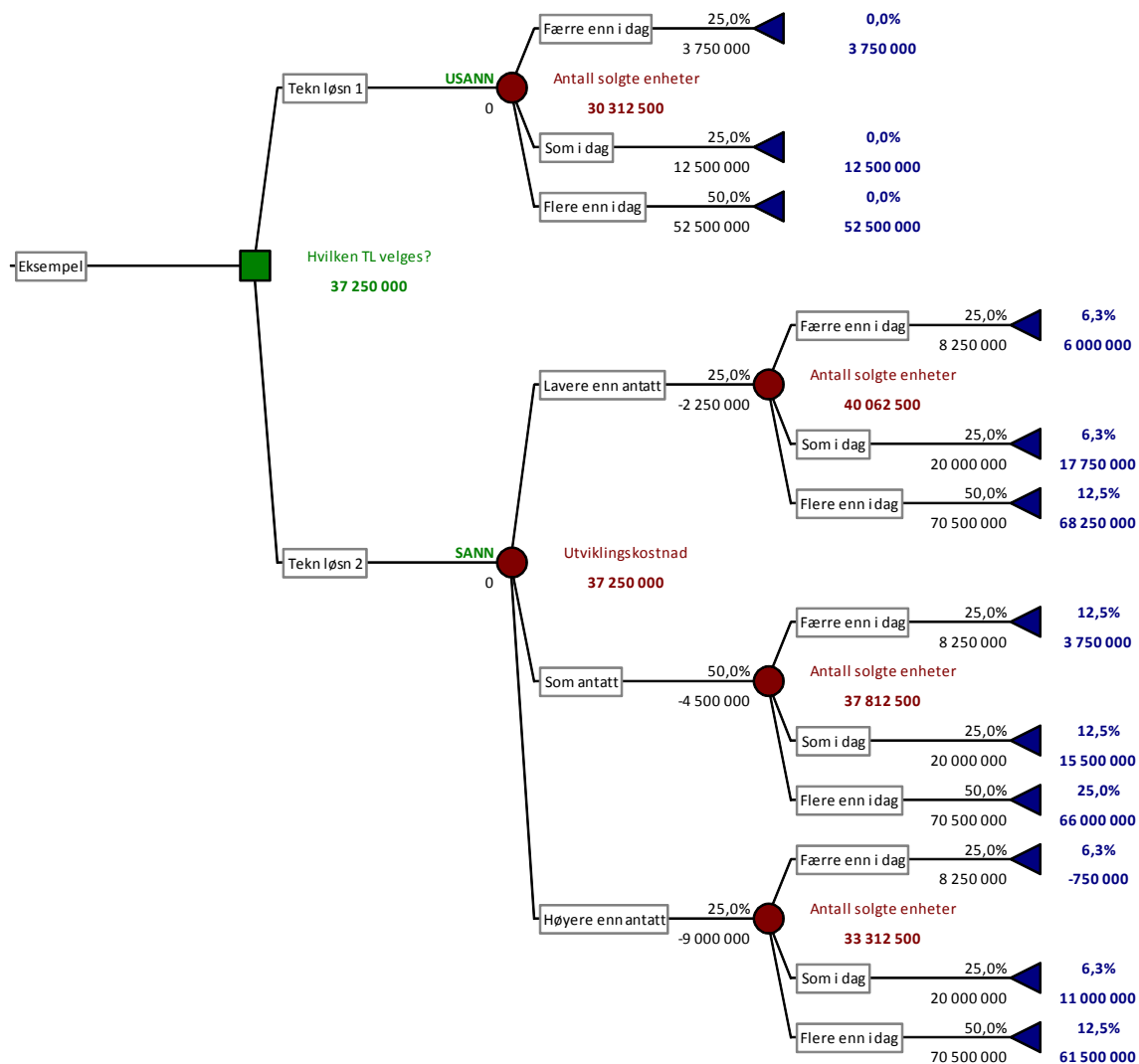


Diagram 8 Beslutningstre for eksempel

Måten å følge treet over kan enkelt beskrives slik:

- Prosjektet starter lengst til venstre og heter "Eksempel".
- Man følger første gren fra venstre mot høyre frem til første node. Første node er den grønne firkanten, og dette er en beslutningsnode som representerer en tid da det blir fattet et vedtak. I dette tilfellet er vedtaket hvilke av de to tekniske løsningene man velger. Greinen ned mot høyre er greinen for Teknisk løsning 2. Her står det skrevet "SANN", og dette er altså den beste løsningen i dette eksempelet hvor man ønsker å maksimere avkastning.

- Greinen ned mot høyre ender i en rød sirkel som er en sannsynlighetsnode som representerer en tid da resultatet av et usikkert utfall blir kjent. Det første usikre utfallet er om utviklingskostnadene blir lavere enn antatt, som antatt eller høyere enn antatt.
- Neste røde sannsynlighetsnode er det usikre utfallet av om antall solgte enheter blir færre enn i dag, som i dag eller flere enn i dag.
- Den blå trekanten er en sluttnode som indikerer at problemet er ferdig - alle vedtak er gjort, all usikkerheten har blitt løst, og alle utbetalinger og kostnader er pådratt. Vi ser her de ulike mulige avkastningene vi kan oppnå, og sannsynligheten for å oppnå de.

I beslutningstreet ser vi hvordan utfallet av hver teknisk løsning har blitt estimert. Teknisk løsning 1 har en estimert nåverdi på 30,3 millioner og Teknisk løsning 2 har en nåverdi på 37,3 millioner. Mens nåverdiberegningen vi utførte før beslutningstreet viste at prosjektet hadde en nåverdi på 19,1 millioner, viser beslutningstreet at nåverdien er 37,3 millioner. Beslutningstreet estimerer altså at prosjektet vil gi en avkastning som er dobbelt så stor som den tradisjonelle nåverdiberegningen gjorde. Dette fordi beslutningstreet tar hensyn til mulige endringer i utviklingskostnader, stordriftsfordeler og markedssvingninger. Det verste scenario som kan inntreffe for prosjektet er dersom utviklingskostnadene blir dobbelt av antatt og antall solgte enheter halvparten av i dag. I det tilfellet er også enhetskostnadene 20 % over antatt. Vi kan finne kostnaden av det scenarioet ved å følge greinene gjennom treet og leite oss frem til det scenarioet: Vi leser at dersom verste scenario skulle inntreffe, vil det være en 6,3 % sannsynlighet for at Teknisk løsning 2 går i underskudd med 750.000. På samme måte kan vi finne beste scenario for prosjektet, altså hvor utviklingskostnadene er halvert og salget tre ganger av i dag. Der leser vi at det er en 12,5 % sannsynlighet for at Teknisk løsning 2 ender med et overskudd på 68,25 millioner.

Å tolke beste og verste utfall er essensen i en sensitivitetsanalyse. Men allerede for dette lille eksempelet er metoden hvor man leter opp og ned etter høye og lave verdier en rotete måte å fremstille resultatene på. Vi trenger et mer systematisk oppsett for sensitivitetsanalysen. Før vi gjør det må vi reflektere over følgende: Denne oppgaven fokuserer ikke på nåverdiberegninger og avkastningskrav. Den ønsker å sammenligne dagens innkjøpskostnader med innkjøpskostnader på alternative tekniske løsninger. Dette er gjort slik fordi innkjøpskostnader pr enhet ligger til grunn for hvordan bedriften historisk sett har gjort økonomiske beregninger. Under hvert element senere i oppgaven blir derfor nåverdiene delt på antall driftsår multiplisert med faktisk antall solgte enheter til korrekt enhetspris og til slutt inntekter trukket fra slik at bare innkjøpskostnader pr enhet viser. Dette er gjort i tabellen under:

		Teknisk løsning 1	Teknisk løsning 2
	Estimert nåverdi	30 312 500	37 250 000
	Estimert innkjøpskostnad	42 667	35 267
	Antatt innkjøpskostnad	50 000	44 000
Utv.kost høy/lav, salg som i dag	Verste scenario	12 500 000	11 000 000
	Beste scenario	12 500 000	17 750 000
	Innkj.kost, høy	50 000	53 000
	Innkj.kost, lav	50 000	39 500
Utv.kost som antatt, salg høy/lav	Verste scenario	3 750 000	3 750 000
	Beste scenario	52 500 000	66 000 000
	Innkj.kost, høy	60 000	60 000
	Innkj.kost, lav	40 000	31 000
Utv.kost høy/lav, salg høy/lav	Verste scenario	3 750 000	-750 000
	Beste scenario	52 500 000	68 250 000
	Innkj.kost, høy	60 000	78 000
	Innkj.kost, lav	40 000	29 500

Tabell 6 Sensitivitetstabell som viser verste og beste scenario, i nåverdi og i reell innkjøpskostnad.

Estimert nåverdi i øverste rad kjenner vi igjen fra beslutningstreet. Estimert innkjøpskostnad i raden under er regnet ut ved å ta salgsprisen som er benyttet trukket fra nåverdien av prosjektet (altså overskuddet) og dele den nåverdien på antall solgte enheter multiplisert med antall solgte år. Siden overskuddet (nåverdi av prosjektet) er lik salgspris trukket fra innkjøpskostnader, gir formelen over oss den estimerte innkjøpskostnaden. I raden under viser den antatte innkjøpskostnaden, altså den innkjøpskostnaden som lå til grunn for analysen. Disse tallene tilsvarer i den virkelige analysen som følger den innkjøpskostnaden utviklingsteamet kom frem til. For Teknisk løsning 1 kjenner vi igjen 50.000, for Teknisk løsning 2 har jeg summert innkjøpskostnaden på 35.000 og investeringen på 4,5 millioner delt på antall solgte enheter på ti år. I radene som følger er det høye og lave verdier som man kan finne igjen i beslutningstreet og høye og lave innkjøpskostnader utregnet ved hjelp av formelverket over.

I den reelle analysen som skal gjennomføres kan jeg ikke presentere de reelle kostnadene slik jeg har gjort i tabellen over. Der kommer jeg til å presentere kostnadene som prosent av dagens kostnad. Jeg synes likevel det er viktig å presentere hva som ligger til grunn for de kostnadene som fremkommer der. Derfor er dette eksempelet gjennomført på denne måten her. Målet er å gjøre oppsettet i dette eksempelet tilsvarende oppsettet man kommer til å finne igjen under hver sensitivitetsanalyse under hvert element. Da kan man benytte dette eksempelet som referanse dersom man stusser over noe i analysen. En liten forskjell er at jeg i dette eksempelet presenterer resultatene som prosent av *antatt innkjøpskostnad på Teknisk løsning 1* i stedet for at den er kalt *Dagens kostnad*. Resultatene blir seende slik ut:

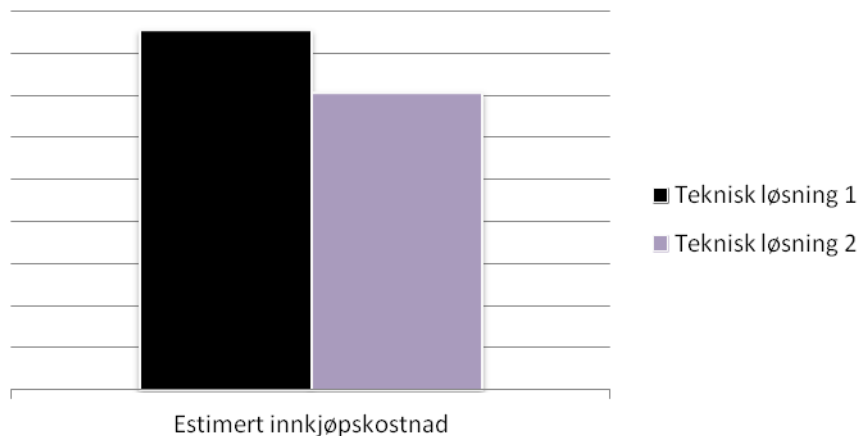


Diagram 9 Estimerte innkjøpskostnader på Eksempel

Vi ser Teknisk løsning 2 ha en estimert innkjøpskostnad til 83 % sammenlignet med den estimerte innkjøpskostnaden til Teknisk løsning 1 (henholdsvis 35.267 og 42.667). Begge disse kostnadene er altså resultater av estimater gjort i beslutningsanalysen. I den virkelige analysen som følger vil den estimerte innkjøpskostnad for dagens teknologi for hvert element være presentert som en slik sort søyle. De alternative tekniske løsningene være presentert slik som slike lilla søyler som en prosent av estimatet av dagens innkjøpskostnad.

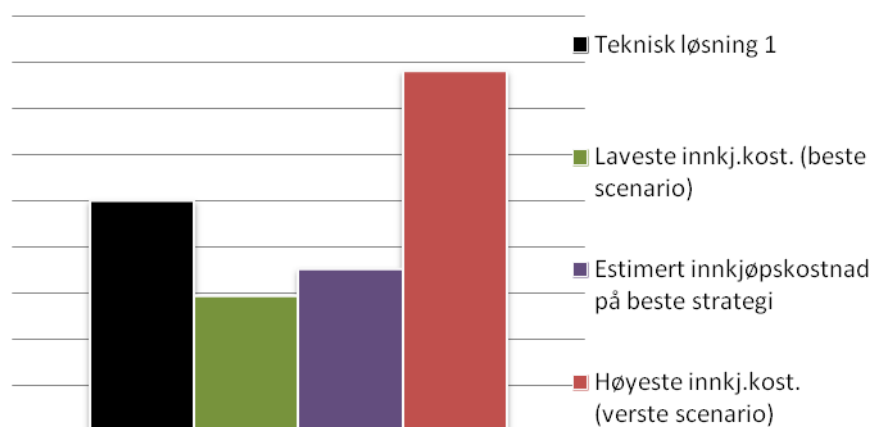


Diagram 10 Innkjøpskostnad Teknisk løsning 1, Estimert innkjøpskostnad og laveste og høyeste innkjøpskostnad.

I diagrammet over ser vi innkjøpskostnad av teknisk løsning 1 som en sort søyle. Denne innkjøpskostnaden er den faktiske innkjøpskostnaden i dag (i eksempelet lik 50.000). Den lilla søylen er den estimerte innkjøpskostnaden, og den er den samme som over (lik 35.267). Den er kalt estimert innkjøpskostnad av *beste strategi* fordi i analysen som følger vil jeg kun vise det beste estimatet dersom det er flere alternative tekniske løsninger. Den grønne søylen er det absolutt beste scenario, og det inntreffer dersom utviklingskostnadene blir lave og salget høyt. Dette gir den absolutt laveste innkjøpskostnad (lik 29.500). Den røde søylen er det absolutt verste scenario for prosjektet, altså dersom utviklingskostnadene blir høye og salget lavt. Dette gir den absolutt høyeste innkjøpskostnad (lik 78.000).

Søylene gir kjappe og gode grafiske bilder av prosjektet, men presenter og variabler kommer ikke tydelig frem. Derfor presenterer jeg tabeller som de som følger under her for hvert element i den virkelige analysen.

Den første tabellen under viser søylene vi allerede har sett på i presenter. Dagens kostnad av Teknisk løsning 1 er brukt som base (100 % tilsvarende 50.000).

	Eksempel	
	Teknisk løsning 1	Teknisk løsning 2
Estimert innkjøpskostnad	85 %	71 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	88 %

Tabell 7 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av Teknisk løsning 1.

I tabellen over ser vi estimerte innkjøpskostnader i første rad. Dette er altså innkjøpskostnadene vi har regnet oss frem til ved hjelp av formelen beskrevet på forrige side med utgangspunkt i tallene funnet ved hjelp av beslutningsanalysen utført. Teknisk løsning 1 er fargelagt rød fordi den representerer den høyeste kostnaden. Teknisk løsning 2 er fargelagt lilla fordi den representerer den beste strategien og dens respektive estimerte kostnad i prosent. I radene under ser vi den antatte innkjøpskostnaden. Dette er altså innkjøpskostnadene som ble antatt for prosjektet og som er utgangspunkt for beslutningsanalysen utført. Grunnen til at disse er høyere enn de estimerte kostnadene er at det for disse kostnadene ikke er tatt hensynt til at utviklingskostnadene kan bli høye eller lave eller at markedet kan svinge.

I tabellene under ser vi resultatet av sensitivitetsanalyse kjørt på eksempelprosjektet med verste og beste scenario ved ulike kombinasjoner av hendelser. I tabellen under ser vi hvordan kostnadene varierer når utviklings- og vedlikeholdskostnaden går høy eller lav og salget forblir som i dag. Vi ser da innkjøpskostnadene for Teknisk løsning 2 variere mellom 79 % til 106 % av Teknisk løsning 1:

	Eksempel	
	Teknisk løsning 1	Teknisk løsning 2
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, salg som i dag	100 %	106 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, salg som i dag	100 %	79 %

Tabell 8 Estimerte innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg som i dag som prosent av Teknisk løsning 1.

I tabellen under ser vi hvordan kostnadene varierer når utviklings- og vedlikeholdskostnaden forblir som antatt men salget går høyt eller lavt. Vi ser da de estimerte innkjøpskostnadene for Teknisk løsning 2 variere mellom 62 % til 120 % av anslaget av Teknisk løsning 1:

	Eksempel	
	Teknisk løsning 1	Teknisk løsning 2
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, færre solgt	120 %	120 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, flere solgt	80 %	62 %

Tabell 9 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader som antatt og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

I tabellen under ser vi hvordan kostnadene varierer når både utviklings- og vedlikeholdskostnaden og salget går høyt eller lavt. Vi ser da de estimerte innkjøpskostnadene for Teknisk løsning 2 variere mellom 59 % til 156 % av anslaget av Teknisk løsning 1:

	Eksempel	
	Teknisk løsning 1	Teknisk løsning 2
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, færre solgt	120 %	156 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, flere solgt	80 %	59 %

Tabell 10 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

Ved å se på resultatene i et tornadodiagram, kan vi se hvilke variabler som gir størst utslag for resultatet:

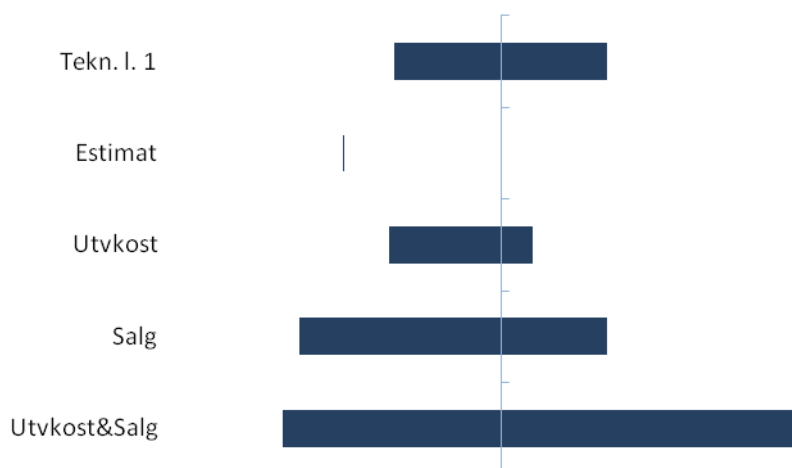


Diagram 11 Tornadodiagram for Eksempel.

I tornadodiagrammet ser vi hvordan innkjøpskostnad for Teknisk løsning 1 varierer rundt sin senterinnkjøpskostnad. Denne variasjonen skyldes ulike forventninger til salget. De fire stolpene under er variasjoner for Teknisk løsning 2. Vi ser at variasjon i salget har en større innvirkning enn variasjon i innkjøpskostnad. Nederste søyle viser samlet beste og verste scenario av utviklingskostnad og salg.

Det er viktig å merke seg at i dette diagrammet er det mest positivt å befinne seg til venstre hvor innkjøpskostnadene er lave.

Vi så at Teknisk Løsning 2 hadde en estimert kostnad på 71 % av antatt kostnad på Teknisk Løsning 1. Dette er altså den forventede kostnaden til Teknisk Løsning 2, og den er altså den anbefalte strategien for prosjektet.

Det er også viktig å ta inn over seg den iboende risikoen i prosjektet. Den iboende risikoen er vist i beslutningstreet i eksempelet. Vi ser at det er en 12,5 % sannsynlighet for å oppnå den største avkastningen (61,5 millioner), og en 6,3 % sannsynlighet for den minste avkastningen (-0,75 millioner). På grunn av det grafiske brukergrensesnittet til beslutningstreet og hensynet til å holde de reelle tallene i analysen konfidensiell, blir ikke disse sannsynlighetene kommentert i analysen. Beslutningstrærne som er benyttet i analysen ligger vedlagt i Vedlegg B. I vedlegget er de økonomiske størrelsene sensurert, men sannsynlighetene er vist. I vedleggene bedriften mottar er både økonomiske størrelser og de tilhørende sannsynligheter for å oppnå de synlig.

Under hvert element presenteres altså beslutnings- og sensitivetsanalyse på den formen den er gjort her. Drøftingen av resultatet blir først utført under kapittel 4.4

4.2.12 Referanseliste for de benyttede kostnadene

Til hvert tall som er ført inn i analysen, følger en referanse. Tilhørende referanseliste vil vise hva som ligger til grunn for det valgte tallet. Dette har vist seg svært hensiktsmessig når man skal gå tilbake og se på en slik analyse. På grunn av hensynet til å holde de reelle tallene i analysen og navn på underleverandører konfidensielt, blir ikke disse referansene lagt ved analysen. Men, det er disse referansene som ligger til grunn når det listes fordeler og ulemper med de foreslåtte tekniske løsningene i analysen. Fordeler og ulemper er synlig i analysen. De direkte referansene til kostnadene vil være fullt synlig for bedriften i de usensurerte vedleggene de mottar.

4.3 De foreslåtte tekniske løsningene

4.3.1 Introduksjon til de foreslåtte tekniske løsningene.

Som allerede beskrevet, har bedriften vært klar over eksisterende substitutter og alternative produksjonsmetoder. Det er mangelen på midler til utvikling og en klar visjon for produktet som har hindret dem å igangsette nye tekniske løsninger. I denne delen av analysen tar vi for oss og ser på alternativer tekniske løsninger for hvert element. Her deles dagens instrument inn i de fem kostnadsbærende element, og presenteres suksessivt; (1) Elektronikkenhet, (2) Laser, (3) Rensing, (4) Kapsling og (5) Mekanisk.

4.3.2 Første element: Elektronikkenhet

4.3.2.1 Dagens produkt

Elektronikkenheten er selve hjernen i instrumentet, altså en data inkludert hardware og software som styrer instrumentet. I tillegg inkluderes det grafiske brukergrensesnittet, Graphical User Interface (GUI). Dagens elektronikkenhet er utviklet i samarbeid med en lokal datautvikler. Elektronikkenheten er utviklet med utgangspunkt i den opprinnelige kravspesifikasjonen fra instrumentets spede begynnelse. Noen av komponentene som inngår i elektronikkenheten har nådd sin "end of life", og vil dermed snart ikke bli produsert lenger. Det valgte programmeringsspråket har gjennom årenes løp vist seg å være lite hensiktsmessig og er nå også blitt utdatert. I tillegg har utallige mindre endringer medført at programmeringskoden i dag kompleks og kostnadskrevenende å vedlikeholde sammenlignet med den opprinnelige koden. Krevende kunder og en verden i utvikling vil også medføre at videreutvikling av elektronikkenheten er høyst nødvendig.

4.3.2.2 Forslag til ny teknisk løsning: Erstatte dagens enhet med nyutviklet enhet

Hvordan man velger å bygge opp en ny slik elektronikkenhet, har mange innfallsvinkler, og hva man til slutt velger å gå for er et resultat av hva man har spesifisert. Bedriften må utarbeide en grundig kravspesifikasjon til en ny leverandør for at de skal kunne gi et så eksakt som mulig prisestimat på utvikling av ny elektronikkenhet. Med utgangspunkt i hva bedriften har i dag og hvordan de ser for seg fremtidens produkt, har det vært mulig for underleverandører å grovskissere en pris. Det har også vært mulig for internt personell å gi en vurdering av hva det vil koste å utvikle en ny elektronikkenhet internt. De ulike veiene å gå for å utvikle en ny enhet er presentert under, og fordeler og ulemper med de er vurdert.

4.3.2.3 Mulige veier å gå for å oppnå foreslått teknisk løsning

Dagens leverandør utvikler en ny elektronikkhet

Fordeler	Ulemper
Leverandøren har 12 års erfaring med dagens elektronikkhet og har allerede dannet seg et godt bilde av bedriftens behov	Leverandøren er erfaringsmessig dyr, har skissert den høyeste utviklingskostnaden, og samarbeidet mellom bedriftene har ikke alltid gått knirkefritt. Videreutvikling må også gjennomføres eksternt.

Alternativ leverandør programmerer ny kode

Fordeler	Ulemper
Bedriften har hatt et positivt samarbeid med leverandøren den senere tid, leverandøren kan vise til suksess med tilsvarende arbeid for andre bedrifter og leverandøren har gitt en lavere skissert utviklingskostnad	Det er usikkert om denne leverandøren kan klare å utvikle ny enhet til prisen de har skissert, og det er usikkerhet rundt hvem som tar kostnaden for overskridelser. Videreutvikling må også gjennomføres eksternt.

Bedriften kjøper hylleware Hardware og programmerer Software selv

Fordeler	Ulemper
Kommunikasjon vil gå lettere, spesifikasjonskrav blir lettere å formidle, unngår kontraktsforhandlinger, intern timespris er 40 % av eksternt timespris, får utnyttet intern kompetanse og videreutvikling kan pågå internt.	Usikkerhet om systemets kompatibilitet, om internt personell kan dedikeres til denne type arbeid og om resultatet blir som forventet

Bedriften setter sammen Hardware og programmerer Software selv

Fordeler	Ulemper
Kommunikasjon vil gå lettere, spesifikasjonskrav blir lettere å formidle, unngår kontraktsforhandlinger, intern timespris er 40 % av eksternt timespris, får utnyttet intern kompetanse og videreutvikling kan pågå internt.	Usikkerhet om internt personell kan dedikeres til denne type arbeid, usikkerhet om resultatet blir som forventet

4.3.2.4 *Alternative produksjonsmetoder og innkjøps-, utviklings-, monterings- og driftskostnader*

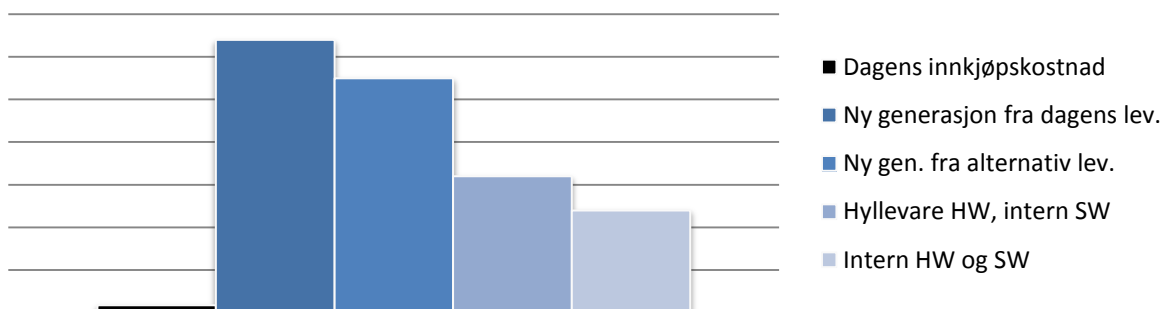


Diagram 12 Nåverdi av de ulike utviklingsprosjektene sammenlignet med dagens innkjøpskostnad.

Utviklingskostnadene for ny elektronikkenhet er store. Det kommer tydelig frem i diagrammet over hvor søylen for dagens innkjøpskostnad av elektronikkenhet er satt sammen med søylene for kostnaden av utvikling av en ny. Dersom enten dagens eller en ny leverandør skal utvikle en ny generasjon, vil dette representere de største investeringsbehovene. Alternativt kan en ny elektronikkenhet utvikles internt. Siden den interne timekosten i bedriften blir regnet som 40 % av den eksterne timekostnaden blir utslagene fort store. Det er også tatt hensyn til at intern kommunikasjon er enklere enn på tvers av bedrifter, og at dette representerer en besparelse i spesifikasjoner, møtevirksomhet, kommunikasjon, etc.

I diagrammet under er utviklingskostnadene vist for år 0, og påfølgende driftskostnadene for de 10 kommende årene.

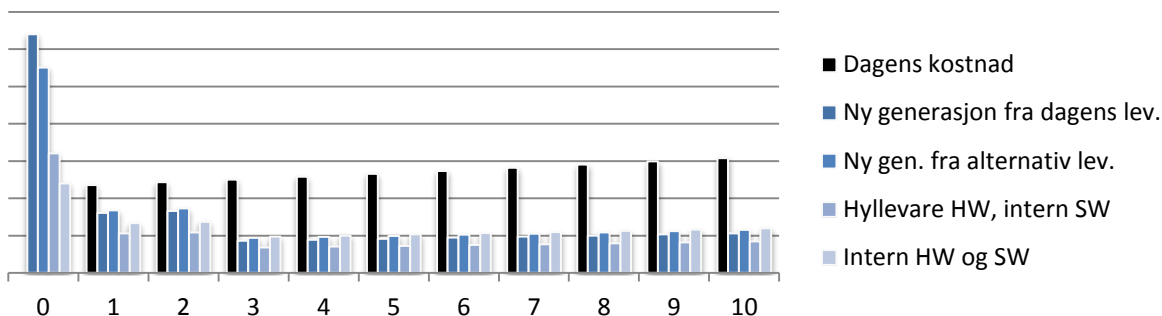


Diagram 13 Nåverdier av de alternative tekniske løsningene med utviklingskostnadene og driftsårene vist

De to første årene blir kallet oppstartsfasen, og her er vedlikeholdskostnadene holdt høye. Dette er fordi utviklingsteamet har erfart og akseptert at barnesykdommer er unngåelig. Driftskostnadene er beregnet på årlige vedlikeholds- og monterings timer pr enhet summert med innkjøpskostnad. De to eksterne vedlikeholdskostnadene er basert på dagens system hvor leverandør har en akonto-ordning for føring av vedlikehold. De interne vedlikeholdskostnadene er basert på at man kan kutte ut tid brukt på kommunikasjon, og at interne ressurser jobber like effektivt som eksterne, men altså med en intern kostnad på 40 % av den eksterne. Dette fyller ikke et helt årsverk, og det forutsettes at

internt personell kan gjøre andre arbeidsoppgaver i den tiden de ikke jobber med vedlikehold av elektronikkenhet. I diagrammet ser vi at å benytte hylleware HW og intern SW representerer den laveste driftskostnaden. Alle driftskostnadene er, sammenlignet med driftskostnadene på dagens elektronikkenhet, betydelig redusert. Dette er som ventet i forhold til at grepene som blir gjort er for å rydde opp i dagens utdaterte software og dens utgående hardware.

Diagrammet under viser de totale kostnadene av utviklingsprosjektet, altså nåverdiene av utvikling, vedlikehold og 10 første driftsår akkumulert.

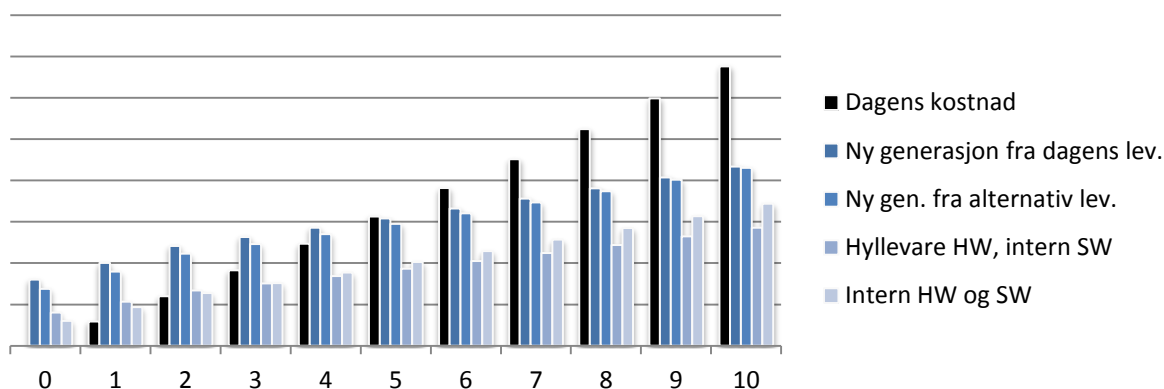


Diagram 14 Nåverdier akkumulert for utviklingsåret og de ti første driftsårene

Driftskostnadene er som vi har sett omtrent tilsvarende for alle løsningene. Så det er utelukkende utviklingskostnadene som gjør de store utslagene i diagrammet over. De to internt utviklede elektronikkenhetene, ser vi tilbakebetalt innen tredje driftsår sammenlignet med dagens elektronikkenhet. De to eksternt utviklede enhetene ser vi tilbakebetalt innen femte driftsår sammenlignet med dagens elektronikkenhet.

4.3.2.5 Beslutnings- og sensitivitetsanalyse

Det er utført beslutnings- og sensitivitetsanalyse på de alternative tekniske løsningene for elektronikkenheten. Det henvises til eksempelet for beslutnings- og sensitivitetsanalyse i kapittel 4.2.11 for hvordan denne er gjennomført og hvor tallene kommer fra.

I diagrammet under ser vi resultatet av beslutningsanalysen utført på elektronikkenheten.

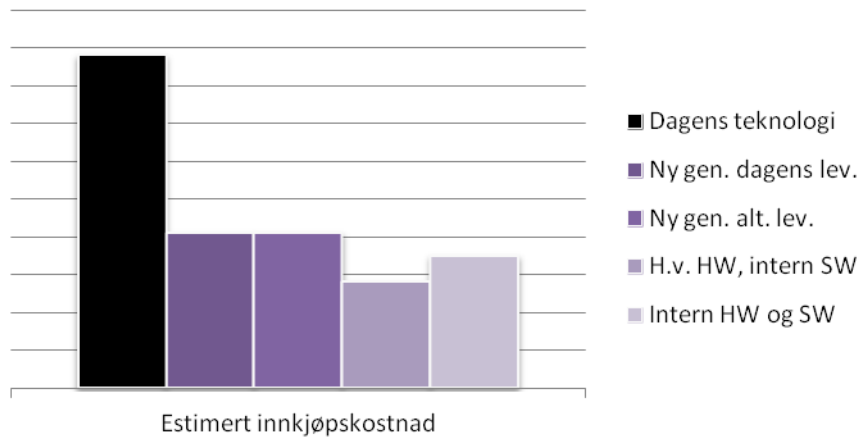


Diagram 15 Beslutningsanalyse på innkjøpskostnadene på elektronikkenhet.

Vi ser at de estimerte innkjøpskostnaden for de alternative tekniske løsningene ligger langt under den estimerte innkjøpskostnaden av dagens teknologi.

I diagrammet under ser vi dagens innkjøpskostnad sammenlignet med estimert innkjøpskostnad på beste strategi, og høyeste og laveste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

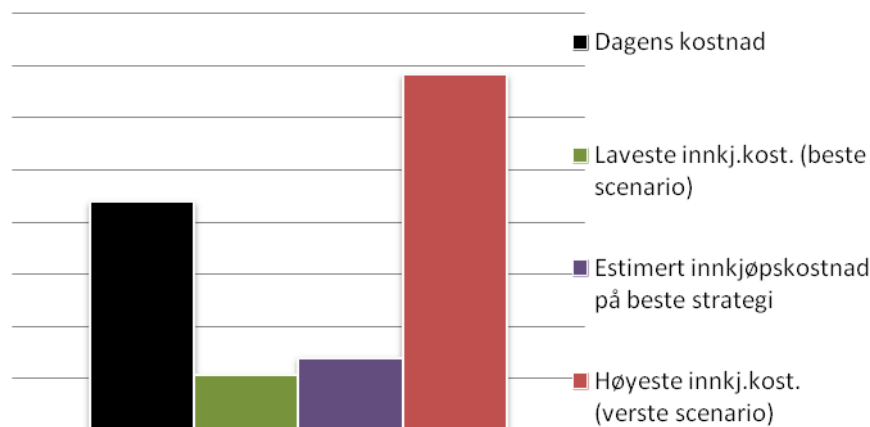


Diagram 16 Dagens innkjøpskostnad, estimert innkjøpskostnad på beste strategi og laveste og høyeste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

Det henvises til tabellene på de kommende sidene for hva som skaper utslagene.

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	1. element: Elektronikkenhet				
	Dagens	Ny gen. dg. lev.	Ny gen. ny. lev.	Hyllevare HW, intern SW	Intern HW og SW
Estimert innkjøpskostnad	86 %	47 %	47 %	32 %	40 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	67 %	66 %	43 %	52 %

Tabell 11 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellen over ser vi den estimerte innkjøpskostnaden for alle enhetene ligger rundt 32-47 % av dagens innkjøpskostnad, avhenging av hvilken strategi man velger. De estimerte innkjøpskostnadene er altså resultatet av gjennomført beslutningsanalyse, mens de antatte innkjøpskostnadene er resultatet av de innkjøpskostnadene utviklingsteamet oppgav.

I tabellene under ser vi resultatet av sensitivitetsanalyse kjørt på enheten med verste og beste scenario ved ulike kombinasjoner av hendelser. Vi ser innkjøpskostnadene variere mellom 24 % til 155 % av dagens innkjøpskostnader. Disse resultatene blir drøftet i resultatene under kapittel 4.4. Det kommenteres at "dagens innkjøpskostnader" fremdeles er brukt som referansepunkt, men at det for den summen er antatt at det selges antall enheter som antatt. Derfor varierer "dagens" i tabellene for å gi et reelt sammenligningsgrunnlag når antall solgte enheter varierer.

	1. element: Elektronikkenhet				
	Dagens	Ny gen. dg. lev.	Ny gen. ny. lev.	Hyllevare HW, intern SW	Intern HW og SW
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, salg som i dag	100 %	92 %	87 %	56 %	61 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, salg som i dag	100 %	49 %	50 %	34 %	44 %

Tabell 12 Estimerte innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg som i dag som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	1. element: Elektronikkenhet				
	Dagens	Ny gen. dg. lev.	Ny gen. ny. lev.	Hyllevare HW, intern SW	Intern HW og SW
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, færre solgt	122 %	98 %	94 %	61 %	69 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, flere solgt	80 %	37 %	38 %	27 %	35 %

Tabell 13 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader som antatt og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

	1. element: Elektronikkenhet				
	Dagens	Ny gen. dg. lev.	Ny gen. ny. lev.	Hyllevare HW, intern SW	Intern HW og SW
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, færre solgt	124 %	155 %	143 %	90 %	90 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, flere solgt	80 %	32 %	34 %	24 %	33 %

Tabell 14 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

Under er det utført tornadodiagram på elektronikkenhet for å se hvilke variabler som har den største betydningen for innkjøpskostnadene:

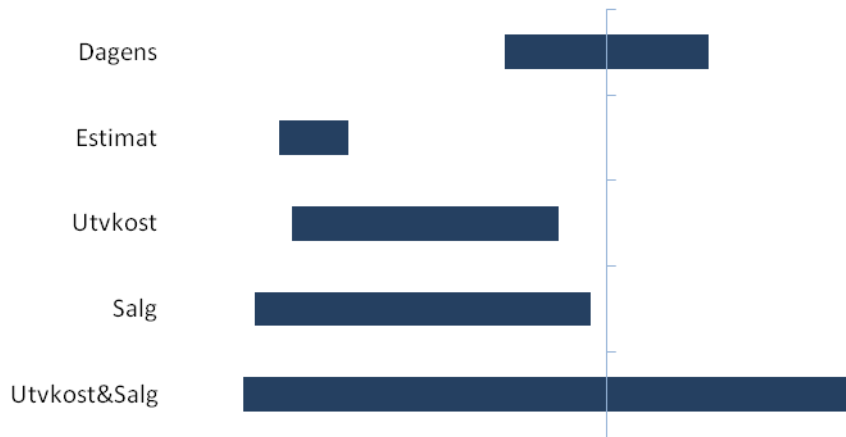


Diagram 17 Tornadodiagram utført på elektronikkenhet.

I tornadodiagrammet ser vi hvordan innkjøpskostnad for dagens elektronikkenhet varierer rundt sin senterinnkjøpskostnad, forårsaket av markedssvinginger. Estimater for alle de fire alternative tekniske løsningene er vist i søylen under. Variasjoner i de ulike variablene vises i de tre nederste søylene. Vi ser at utviklingskostnad og salg har omtrent tilsvarende like store utslag. Kombinasjonen av de kan i verste fall gjøre en ny elektronikkenhet dyrere enn dagens løsning. Det gjentas at det i dette tornadodiagrammet er positivt å ligge lengst mot venstre hvor kostnadene er lavest. Det henvises til tabellene over for hva som skaper utslagene.

4.3.3 Andre element: Laser

4.3.3.1 Dagens produkt

Dagens laser er spesialutviklet til bedriften og kjøpes fra en tysk leverandør. Laser blir levert med bedriftens spesifikasjoner. Når laseren kommer til Norge påmonteres ytterligere komponenter. Disse komponentene gjør den ferdige laseren cirka 1,3 ganger dyrere enn hva innkjøpskostnaden er. Det kjøres en omfattende testprosedyre på laseren for å sikre at den opererer i henhold til kravspesifikasjon. Det er prisen på ferdig laser som blir benyttet i analysen. Laseren regnes som hovedkomponenten i instrumentet og er den dyreste komponenten så vel som den skjøreste.

4.3.3.2 Forslag til teknisk løsning: Erstatte dagens innkjøpte laser med egenprodusert laser

For å redusere den store kostnaden laseren representerer, stilte bedriften seg spørsmålet "Hva trenger vi egentlig?". Det bedriften hadde behov for, var en stabil, pulserende lyskilde som sender ut en laserstråle med en gitt bølgelengde. Dersom dette er det eneste kravet, så er dagens laser overkvalifisert. En laserlyskilde kan kjøpes rimelig, og teknologi for å styre den er ikke teknisk sett en stor utfordring. Etter noe kvalifiserende testing, anses arbeidet med å lage en egenprodusert laser som så enkelt, at det kan gjøres med de tilgjengelige resurser en har i dag.

4.3.3.3 Mulige veier å gå for å oppnå foreslått teknisk løsning

Man kan velge en enkel og rimelig løsning, eller en mer avansert og mer kostbar løsning. Hvilken av de to man velger, vil ha innvirkning på utforming av resten av instrumentet. Bedriften må ta en avgjørelse for hva produktet skal være i fremtiden for å kunne bestemme seg for hvilke av de to laserne de velger. Løsningene og deres fordeler og ulemper er presentert i tabellene under.

Enkel løsning

Fordeler	Ulemper
Lavere innkjøpspris, garantert lang levetid	Krever mer avansert styringsteknologi, sender ut lys med lavere energi og er dermed avstandspåvirket, ny og udokumentert teknologi

Avansert løsning

Fordeler	Ulemper
Krever ikke ytterligere tilhørende teknologi (plug-and-play), så enkelt bygd opp at kunde kan gjøre vedlikehold på enheten, ikke avhengig av avstander, mer robust og stabil i forhold til omgivelser (som temperatursvingninger), dokumentert teknologi	Høyere innkjøpspris, ikke garanti på levetid

4.3.3.4 *Alternative produksjonsmetoder og innkjøps-, utviklings-, monterings- og driftskostnader*

Man står ved et veiskille hvorvidt man skal velge en avansert teknologi kontra en forenklet teknologi. Ser en utviklingskostnaden for de to, ser man at den for en forenklet teknologi vil være cirka 2 ganger innkjøpskostnaden for dagens laser. For den avanserte teknologien vil utviklingskostnaden være cirka 6 ganger innkjøpskostnaden for dagens laser. Utviklingskostnadene for begge nye teknologier kan derfor sies å være ganske beskjedne.

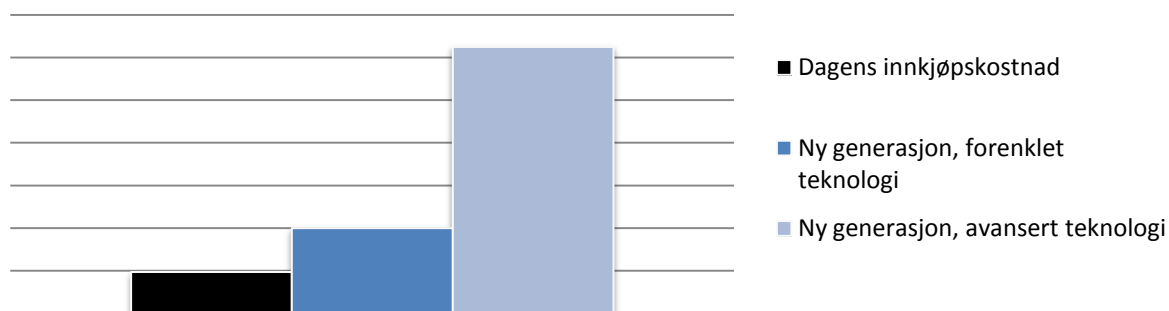


Diagram 18 Utviklingskostnader av nye teknologier sammenlignet med innkjøpskostnad av dagens laser

Ser en så på driftskostnader av de to, ser vi at begge de nye teknologiene koster cirka 3/5 av dagens laser. Forenklet teknologi har en driftskostnad like over avansert teknologi.

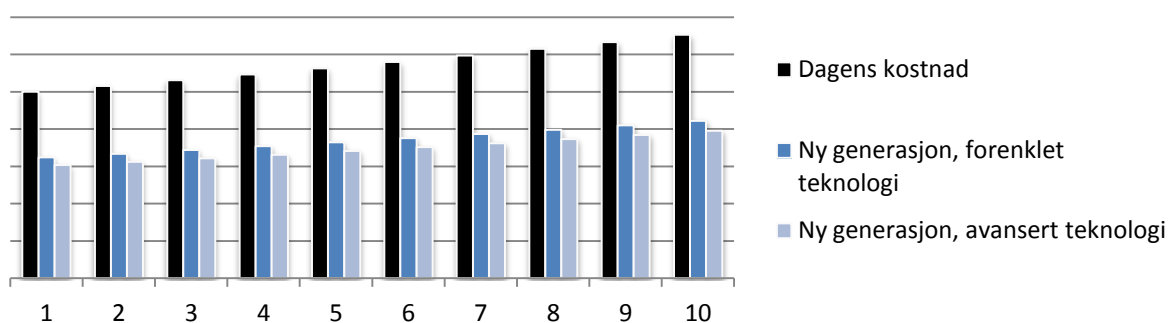


Diagram 19 Driftskostnader av dagens og de nye teknologiene

I diagrammet under ser vi utviklingskostnader for de foreslåtte tekniske løsningene sammen med driftskostnadene for de og dagens løsning akkumulert.

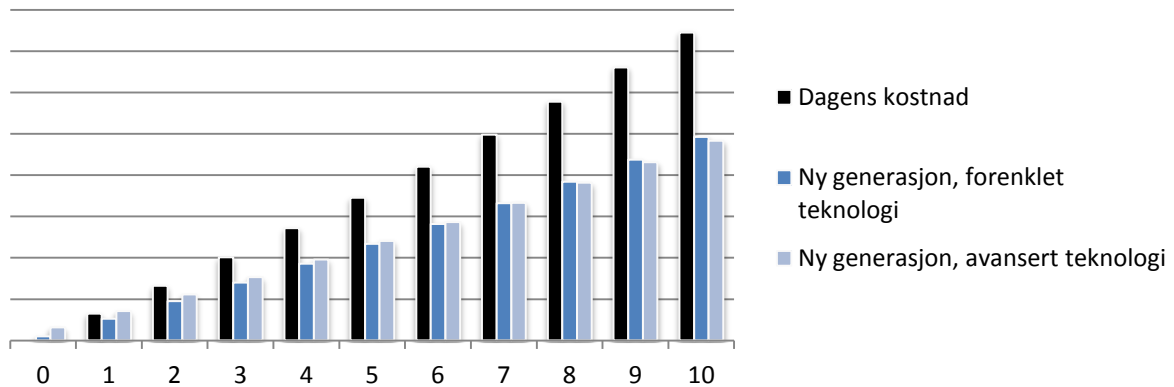


Diagram 20 Nåverdier for laser akkumulert

Her er investeringskostnadene såpass små, og driftskostnadene såpass redusert, at en ny generasjon med forenklet teknologi er spart inn igjen allerede første driftsåret. Den nye generasjonen med avansert teknologi er spart inn igjen allerede andre året. Den forenklete teknologien er så vidt billigere frem til sjuende driftsår hvor den avanserte teknologien blir billigst.

4.3.3.5 Beslutnings- og sensitivitetsanalyse

Det er utført beslutnings- og sensitivitetsanalyse på laser. Resultatet av denne er presentert i diagrammet under:

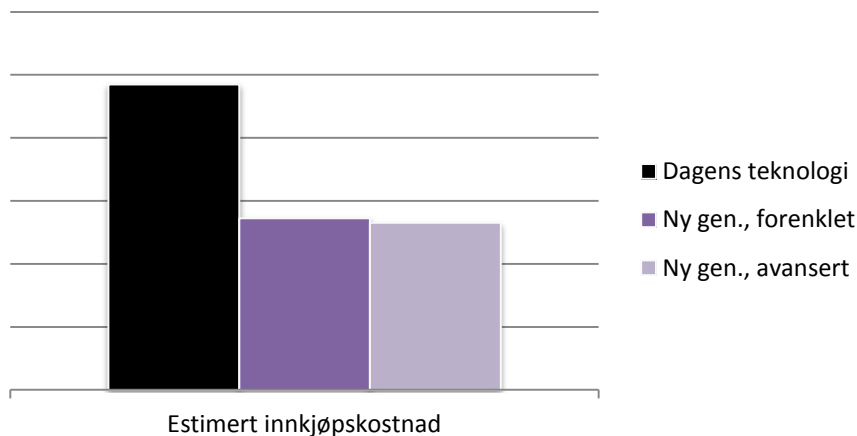


Diagram 21 Estimert innkjøpskostnad for laser.

Vi ser at de estimerte innkjøpskostnadene på de to alternative tekniske løsningene ligger til omtrent 2/3 av den estimerte innkjøpskostnad på dagens laser.

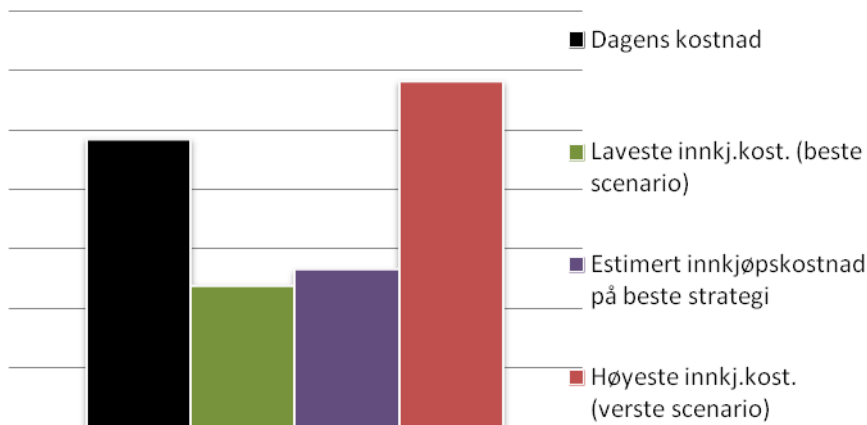


Diagram 22 Dagens innkjøpskostnad, estimert innkjøpskostnad på beste strategi og laveste og høyeste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I diagrammet over ser vi dagens innkjøpskostnad sammenlignet med estimert innkjøpskostnad på beste strategi, og høyeste og laveste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	2. element: Laser		
	Dagens	Ny gen. forenklet tekn.	Ny gen. avansert tekn.
Estimert innkjøpskostnad	85 %	56 %	55 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	66 %	66 %

Tabell 15 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellene under ser vi resultatet av sensitivitetsanalyse kjørt på enheten med verste og beste scenario ved ulike kombinasjoner av hendelser. Vi ser innkjøpskostnadene variere mellom 49 % til 120 % av dagens innkjøpskostnader. Disse resultatene er drøftet i resultatene under kapittel 4.4.

	2. element: Laser		
	Dagens	Ny gen. forenklet tekn.	Ny gen. avansert tekn.
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, salg som i dag	100 %	68 %	71 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, salg som i dag	100 %	66 %	63 %

Tabell 16 Estimerte innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg som i dag som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	2. element: Laser		
	Dagens	Ny gen. forenklet tekn.	Ny gen. avansert tekn.
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, færre solgt	120 %	81 %	83 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, flere solgt	80 %	52 %	50 %

Tabell 17 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader som antatt og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

	2. element: Laser		
	Dagens	Ny gen. forenklet tekn.	Ny gen. avansert tekn.
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, færre solgt	120 %	84 %	93 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, flere solgt	80 %	52 %	49 %

Tabell 18 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

Variasjonene i tabellene over er plottet i tornadodiagram presentert under.



Diagram 23 Tornadodiagram for laser.

I tornadodiagrammet ser vi hvordan innkjøpskostnad for dagens laser varierer rundt sin senterinnkjøpskostnad. Estimater for alle de tre alternative tekniske løsningene er vist i søylen under. Variasjoner i de ulike variablene vises i de tre nederste søylene. Det henvises til tabellene over for hva som skaper utslagene.

4.3.4 Tredje element: Renseteknologi; 3.1 Transducer

4.3.4.1 Dagens renseteknologi

Instrumentets måleprobe er montert inn i produsert vann som består av olje, avleiringer, scale og annen forurensing. Det kreves en kraftig form for renseteknologi for å holde målevinduet rent i slike omgivelser, og dette er hvorfor det blir benyttet ultralyd. Virkemåten til ultralyd renseteknologi er beskrevet under kapittel 1.4.4.2. Renseteknologi skiller videre i dette kapitlet mellom de to hovedkomponentene (element 3.1) Transducer og (element 3.2) Generator. De presenteres i hvert sitt kapittel, Transducer først under dette kapitlet.

4.3.4.2 Dagens Transducer

I korte ord er transducere den komponenten som står i bakkant av måleproben og omformer elektrisk spenning til akustiske bølger. De akustiske bølgene blir fra transducer sendt gjennom måleproben og frem til målevinduet hvor forurensing skytes av.

4.3.4.3 Forslag til teknisk løsning: Utvikle transducer lokalt

Oppbyggingen av en transducer er enkel, og den inneholder få deler. Bedriften mener derfor at de enten kan bygge opp en transducer selv eller få en lokal utvikler til å gjøre det arbeidet.

Lokal leverandør utvikler ny transducer

Fordeler	Ulemper
Leverandøren har kompetanse på utvikling av lignende komponenter. Med den riktige kontrakten kan leverandøren måtte være ansvarlig for kvaliteten og måtte dekke eventuelle tidsoverskridelser.	Den eksterne utviklingskostnaden kan bli kostbar. Det kan bli uenigheter om kostnadsfordelinger og rettigheter.

Bedriften utvikler egen transducer

Fordeler	Ulemper
Timespris på utvikling er lav, bedriften vet hvilken kvalitet de vil ha, kommunikasjon blir enklere	Fare for resursoverskridelser, vanskelig å skylde på noen dersom resultater fra utviklingen uteblir.

4.3.4.4 *Alternative produksjonsmetoder og innkjøps-, utviklings-, monterings- og driftskostnader*

Presentert under er kostnader for dagens produkt og kostnader for de to foreslåtte tekniske løsningene over. Prisene for at lokal leverandør utvikler transducere er basert på uforpliktende anslag de har gjort på jobben og på erfaring med samarbeid med denne leverandøren. Prisene for å utvikle transducere selv er basert på timeføring på tilsvarende interne utviklingsprosjekt og erfaring med disse prosjektene.

I diagrammet under ser vi hvordan utviklingskostnadene fortøner seg sammenliknet med innkjøpskostnad på dagens enhet. At en lokal leverandør utvikler transducere svarer til cirka 4 ganger innkjøpskostnad av dagens enhet. At bedriften utvikler transducere selv svarer til cirka 9 ganger innkjøpskostnad av dagens enhet.

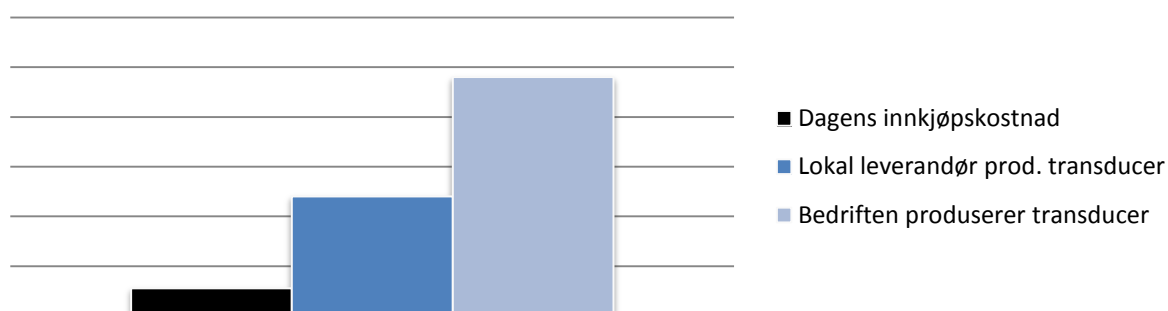


Diagram 24 Innkjøpskostnad på dagens enhet sammenliknet med de to utviklingskostnadene

I diagrammet under ser man driftskostnadene hvor driftskostnaden av ekstern utviklet transducer svarer til cirka 2/3-part av dagens kostnad, og den internt utviklede transducere cirka 1/2-part av dagens kostnad.

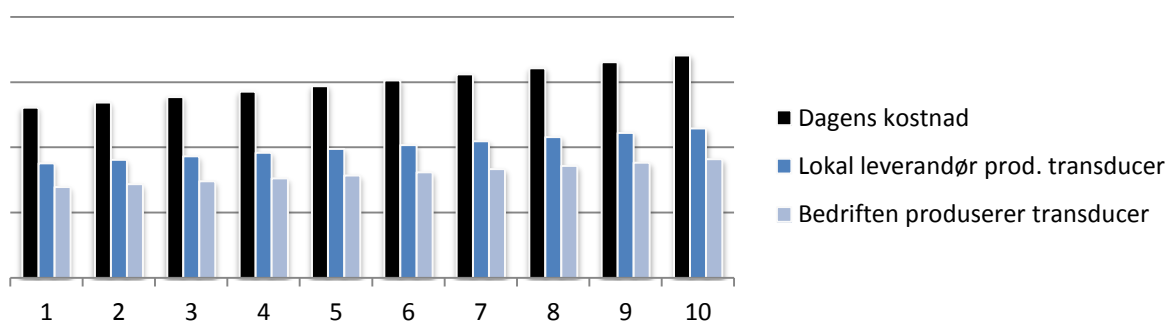


Diagram 25 Driftskostnader på de ulike løsningene

Det siste diagrammet viser kostnadene av utvikling og drift akkumulert for utviklingsåret og ti påfølgende driftsår. Vi ser at utviklingskostnaden er omtrentlig inntjent etter første driftsår og at den internt utviklede transducere på lenger sikt representerer den laveste kostnaden.

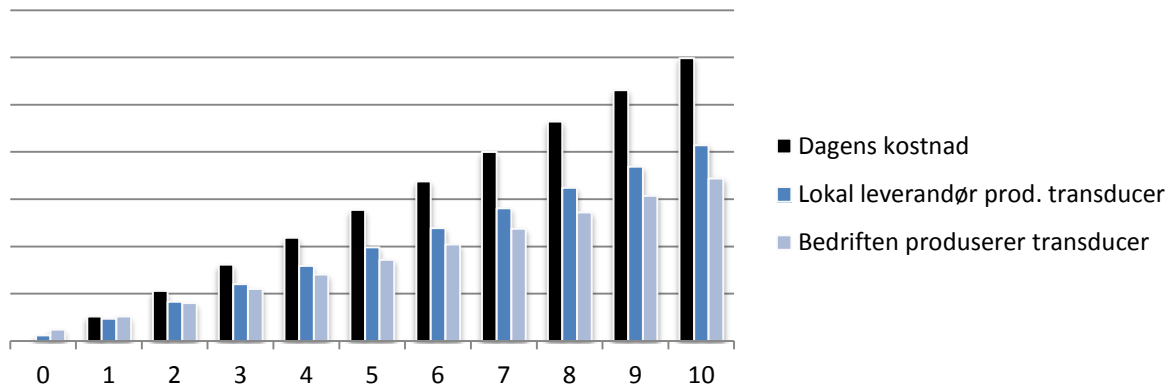


Diagram 26 Utviklings- og driftskostnader akkumulert for de ulike løsningene

4.3.4.5 Beslutnings- og sensitivetsanalyse

Det er utført beslutnings- og sensitivetsanalyse på transducer. Resultatet av denne er presentert i diagrammet under:

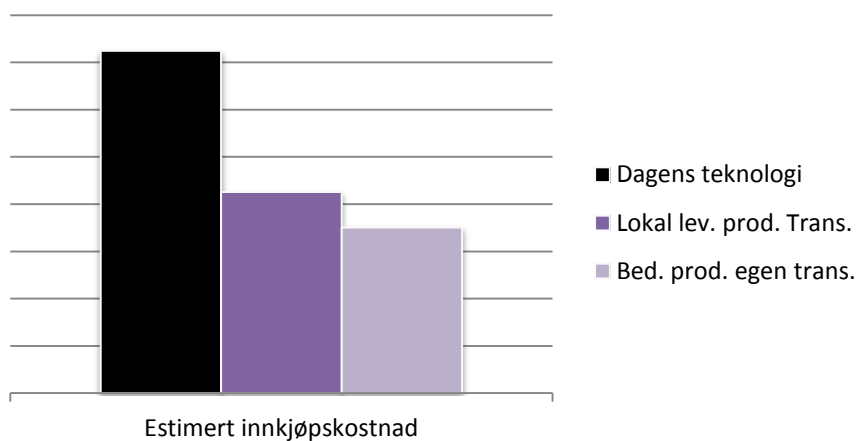


Diagram 27 Resultat av beslutnings- og sensitivetsanalyse utført på transducer

Vi ser at de estimerte innkjøpskostnaden for de alternative tekniske løsningene ligger under den estimerte innkjøpskostnaden av dagens teknologi.

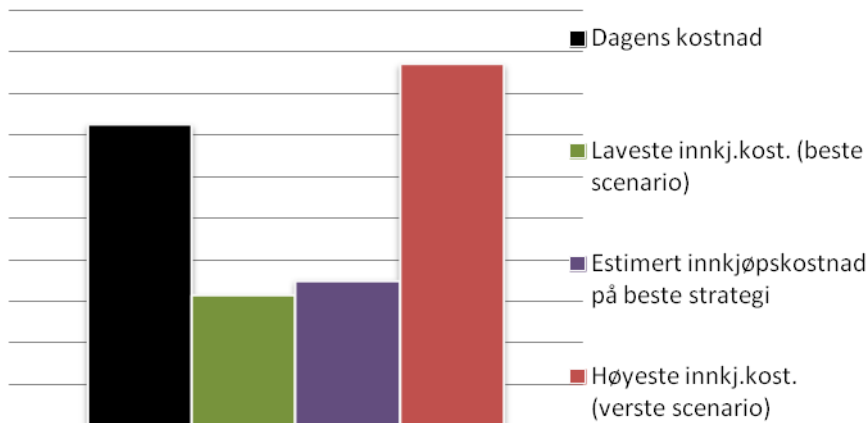


Diagram 28 Dagens innkjøpskostnad, estimert innkjøpskostnad på beste strategi og laveste og høyeste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I diagrammet over ser vi dagens innkjøpskostnad sammenlignet med estimert innkjøpskostnad på beste strategi, og høyeste og laveste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	3.1 element: Transducer		
	Dagens transducer	Lokal lev. prod trans.	Bedriften prod trans.
Estimert innkjøpskostnad	85 %	59 %	48 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	70 %	58 %

Tabell 19 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellene under ser vi resultatet av sensitivitetsanalyse kjørt på enheten med verste og beste scenario ved ulike kombinasjoner av hendelser. Vi ser innkjøpskostnadene variere mellom 44 % til 120 % av dagens innkjøpskostnader. Disse resultatene er drøftet i resultatene under kapittel 4.4.

	3.1 element: Transducer		
	Dagens transducer	Lokal lev. prod trans.	Bedriften prod trans.
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, salg som i dag	100 %	72 %	63 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, salg som i dag	100 %	68 %	56 %

Tabell 20 Estimerte innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg som i dag som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	3.1 element: Transducer		
	Dagens transducer	Lokal lev. prod trans.	Bedriften prod trans.
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, færre solgt	120 %	85 %	74 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, flere solgt	80 %	55 %	44 %

Tabell 21 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader som antatt og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

	3.1 element: Transducer		
	Dagens transducer	Lokal lev. prod trans.	Bedriften prod trans.
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, færre solgt	120 %	90 %	83 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, flere solgt	80 %	54 %	44 %

Tabell 22 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

Variasjonene i tabellene over er plottet i tornadodiagram presentert under.



Diagram 29 Tornadodiagram utført på transducer.

I tornadodiagrammet ser vi hvordan innkjøpskostnad for dagens transducer varierer rundt sin senterinnkjøpskostnad. Estimater for de to alternative tekniske løsningene er vist i søylen under. Variasjoner i de ulike variablene vises i de tre nederste søylene. Det henvises til tabellene over for hva som skaper utslagene.

4.3.5 Tredje element: Renseteknologi; 3.2 Generator

4.3.5.1 Oppdeling av renseteknologi

Renseteknologi skiller altså mellom de to hovedkomponentene (element 3.1) Transducer og (element 3.2) Generator. De presenteres i hvert sitt kapittel, Generator under dette kapitlet.

4.3.5.2 Dagens generator

Transducere som skrevet om i forrige kapittel blir drevet av en generator. Generatoren generer den spenningen som transducere krever for å rense målevinduet. Jo kraftigere rensing det er behov for, jo høyere er spenningen som må genereres. Det finnes utallige leverandører av ulike generatore, men generatoren bedriften krever er spesiell fordi det er mange justeringsmuligheter på den. Generatoren kan derfor, i noe likhet med laseren, sees på som et spesialprodukt utviklet i tett samarbeid mellom leverandør og bedriften. I likhet med transducere er generatoren enkel bygget opp. Men siden denne blir som et kundetilpasset produkt å regne er prisen høy.

4.3.5.3 Forslag til teknisk løsning: Utvikle generator lokalt

Oppbyggingen av en generator er altså også enkel, og den inneholder få deler. I likhet med transducere, mener bedriften derfor at de enten kan bygge opp en generator selv eller få en lokal utvikler til å gjøre det arbeidet. Fordelene og ulempene med de to løpene for generator blir identiske med løpene for generator

Lokal leverandør utvikler ny generator

Fordeler	Ulemper
Leverandøren har kompetanse på utvikling av lignende komponenter. Med den riktige kontrakten kan leverandøren måtte være ansvarlig for kvaliteten og måtte dekke eventuelle tidsoverskridelser.	Den eksterne utviklingskostnaden kan bli kostbar. Det kan bli uenigheter om kostnadsfordelinger og rettigheter.

Bedriften utvikler egen generator

Fordeler	Ulemper
Timespris på utvikling er lav, bedriften vet hvilken kvalitet de vil ha, kommunikasjon blir enklere	Fare for resursoverskridelser, vanskelig å skyld på noen dersom resultater fra utviklingen uteblir.

4.3.5.4 *Alternative produksjonsmetoder og innkjøps-, utviklings-, monterings- og driftskostnader*

Presentert under er kostnader for dagens produkt og kostnader for de to foreslåtte tekniske løsningene over. I likhet med transducer, er prisene for at lokal leverandør utvikler generatoren basert på uforpliktende anslag de har gjort på jobben og på erfaring med samarbeid med denne leverandøren. Prisene for å utvikle generatoren selv er basert på timeføring på tilsvarende interne utviklingsprosjekt og erfaring med disse prosjektene.

I tabellen under ser vi utviklingskostnadene for generator sammenliknet med innkjøpskostnad på dagens enhet. At en lokal leverandør utvikler generatoren svarer til cirka 10 ganger innkjøpskostnad av dagens enhet. At en bedriften utvikler generatoren selv svarer til cirka 30 ganger innkjøpskostnad av dagens enhet.

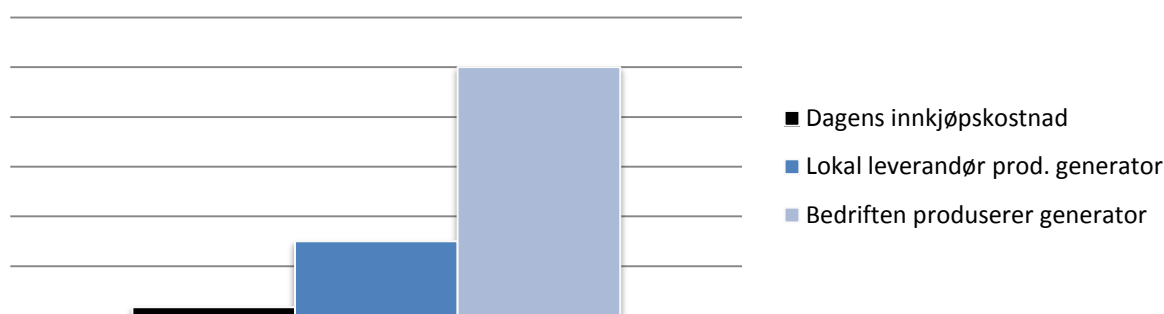


Diagram 30 Innkjøpskostnad på dagens enhet sammenliknet med de to utviklingskostnadene

I diagrammet under ser man driftskostnadene, hvor driftskostnaden av eksternt utviklet generator anslås til cirka 75% av dagens kostnad, og driftskostnadene på den internt utviklede generatoren anslås til å ligge 10-20% over dagens innkjøpskostnad.

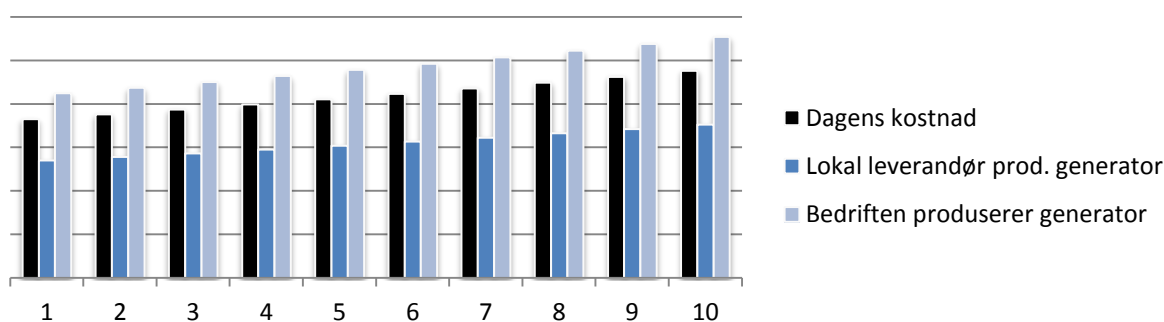


Diagram 31 Driftskostnader på de ulike løsningene

I diagrammet under ser vi kostnadene av utvikling og drift akkumulert for utviklingsåret og ti påfølgende driftsår. Vi ser at etter tredje driftsår er den eksternt utviklede generatoren inntjent i forhold til utviklingskostnader sammenliknet med dagens generator. Den internt utviklede generatoren tjenes ikke inn igjen i løpet av 10 driftsår.

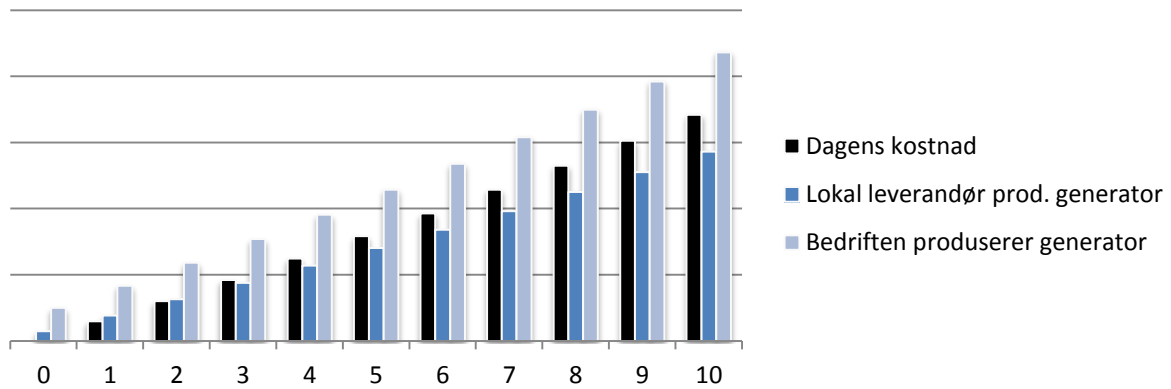


Diagram 32 Utviklings- og driftskostnader akkumulert for de ulike løsningene

4.3.5.5 Beslutnings- og sensitivitetsanalyse

Det er utført beslutnings- og sensitivitetsanalyse på generator. Resultatet av denne er presentert i diagrammet under:

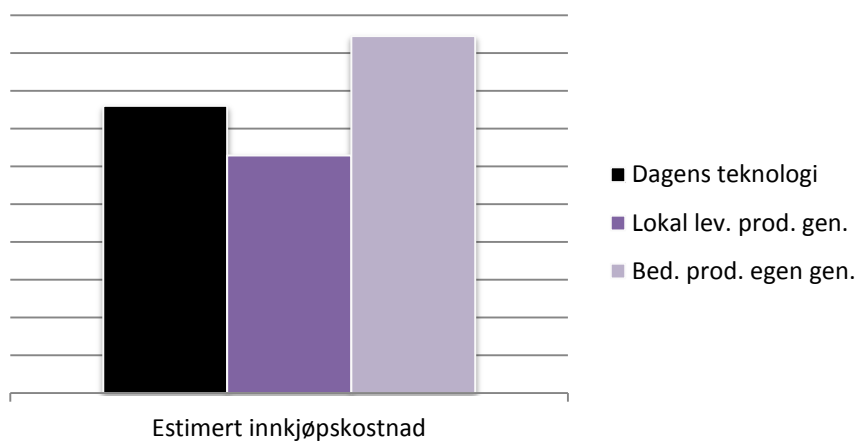


Diagram 33 Beslutnings- og sensitivitetsanalyse utført på generator

Vi ser at den estimerte innkjøpskostnaden for den første alternative tekniske løsningene ligger noe under estimerte innkjøpskostnaden av dagens teknologi, mens det andre alternativet har en estimert innkjøpskostnad godt over estimatet av dagens innkjøpskostnad. Dette er grunnet den høye utviklingskostnaden og den minimale forskjellen i innkjøpskostnad for denne enheten.

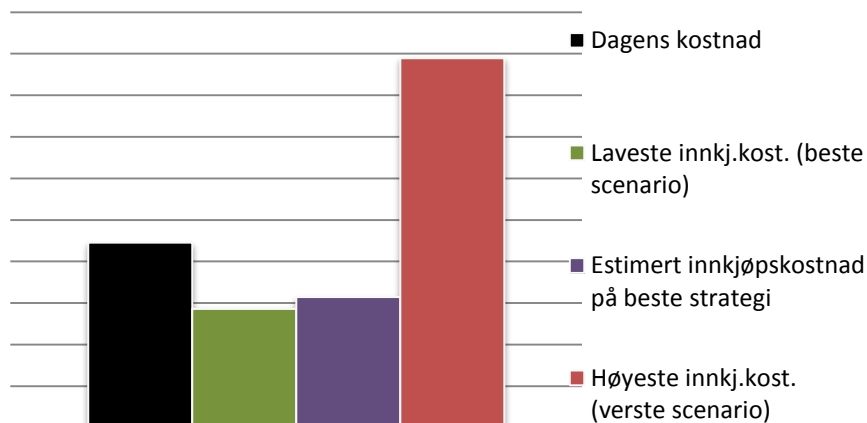


Diagram 34 Dagens innkjøpskostnad, estimert innkjøpskostnad på beste strategi og laveste og høyeste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I diagrammet over ser vi dagens innkjøpskostnad sammenlignet med estimert innkjøpskostnad på beste strategi, og høyeste og laveste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	3.1 element: Generator		
	Dagens generator	Lokal lev. prod generator	Bedriften prod generator
Estimert innkjøpskostnad	85 %	71 %	106 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	85 %	130 %

Tabell 23 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellene under ser vi resultatet av sensitivitetsanalyse kjørt på enheten med verste og beste scenario ved ulike kombinasjoner av hendelser. Vi ser innkjøpskostnadene variere mellom 64 % til 200 % av dagens innkjøpskostnader. Disse resultatene er drøftet i resultatene under kapittel 4.4.

	3.1 element: Generator		
	Dagens generator	Lokal lev. prod generator	Bedriften prod generator
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, salg som i dag	100 %	89 %	145 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, salg som i dag	100 %	82 %	121 %

Tabell 24 Estimerte innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg som i dag som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	3.1 element: Generator		
	Dagens generator	Lokal lev. prod generator	Bedriften prod generator
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, færre solgt	120 %	105 %	168 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, flere solgt	80 %	65 %	96 %

Tabell 25 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader som antatt og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

	3.1 element: Generator		
	Dagens generator	Lokal lev. prod generator	Bedriften prod generator
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, færre solgt	120 %	114 %	200 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, flere solgt	80 %	64 %	93 %

Tabell 26 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

Variasjonene i tabellene over er plottet i tornadodiagram presentert under.



Diagram 35 Tornadodiagram utført på generator.

I tornadodiagrammet ser vi hvordan innkjøpskostnad for dagens generator varierer rundt sin senterinnkjøpskostnad. Estimater for de to alternative tekniske løsningene er vist i søylen under. Variasjoner i de ulike variablene vises i de tre nederste søylene. Vi ser her den overhengende faren for at den alternative innkjøpskostnaden kan bli langt høyere enn dagens innkjøpskostnad. Det henvises til tabellene over for hva som skaper utslagene.

4.3.6 Fjerde element: Kapsling

4.3.6.1 Dagens produkt

For å kunne plassere elektronikk i et område hvor det finnes antennelige gasser, kreves det at elektronikken plasseres i en eksplosjonssikker kapsling. Dette gjelder generelt for alle olje- og gassfelt i hele verden. I Europa må kapslingene være såkalt EEx-godkjent i henhold til ATEX-regelverket. Dagens kapsling består av en såkalt EEx-d- og en EEx-e-kapsling. I EEx-d-kapslingen kan komponenter som er godkjent innen en viss klasse plasseres, i EEx-e-kapslingen komponenter godkjent under en annen klasse plasseres. EEx-d-kapslingen er produsert i tykkvegget rustfritt stål, og vekt, utvendige mål og kostnad er høy. EEx-e-kapslingen har en mye enklere konstruksjon og kostnaden er en helt annen. Kabler som skal gå mellom de to kapslingene må spesialstøpes og fordyrer kapslingen ytterligere. En har behov for stort volum for å plassere komponentene, og derfor har en behov for en stor kapsling. En stor kapsling er følgelig en dyr kapsling.

4.3.6.2 Forslag til teknisk løsning: Skreddersy kapsling

Et instrument med en lavere vekt og med mindre dimensjoner vil være et konkurransefortrinn. Det er derfor ønskelig å finne løsninger for å redusere disse betydelig. I tillegg vil som nevnt kostnaden bli redusert. Nyutvikling av de tre allerede nevnte elementene kan innebære reduksjon av fysiske mål og reduksjon av effektforbruk. Når man likevel driver nyutvikling av disse elementene, er det mulig å skreddersy elementene for å gjøre de fysisk minst mulig og tilpasset en liten kapsling. Den aktuelle løsningen for dette elementet er å skreddersy en kapsling.

Utvikling av skreddersydd kapsling

Fordeler	Ulemper
Konkurransefortrinn i forhold til at instrumentets fysiske mål reduseres.	Usikkerhet rundt kostnadene av ATEX-sertifisering.

4.3.6.3 Alternative produksjonsmetoder og innkjøps-, utviklings-, monterings- og driftskostnader

I tabellen under ser vi at utviklingskostnaden er estimert til cirka 25 ganger innkjøpskostnaden av dagens kapsling. I utviklingskostnad er både utvikling og sertifiseringskostnader inkludert.

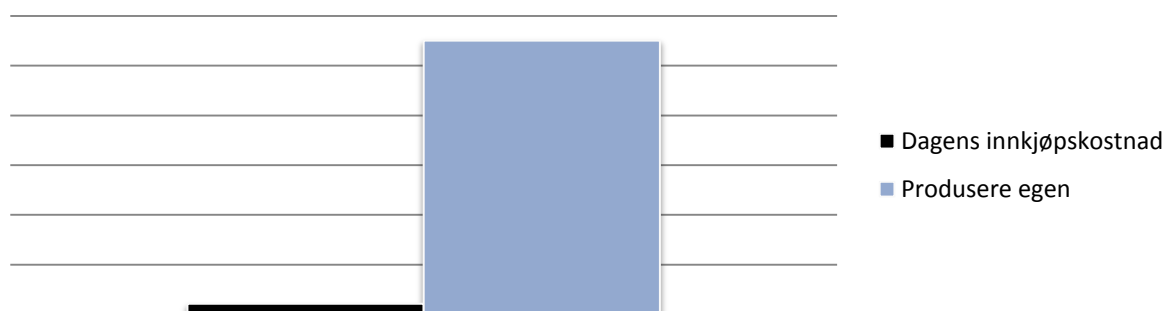


Diagram 36 Utviklingskostnad av ny kapsling sammenlignet med innkjøpskostnad av dagens

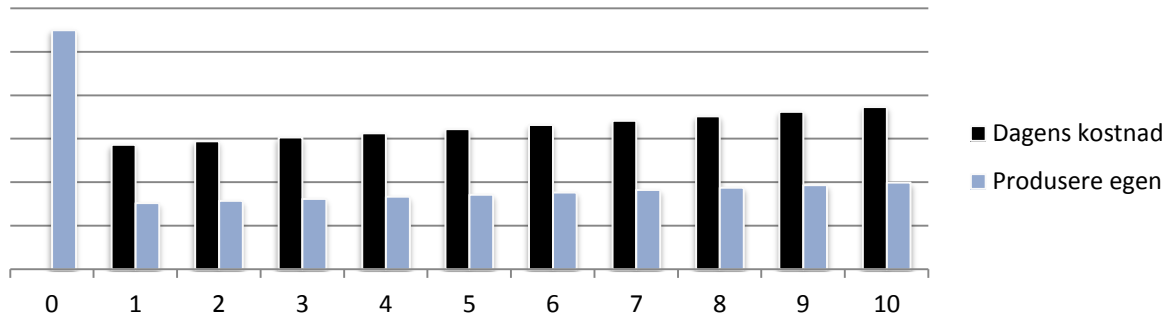


Diagram 37 Utviklingskostnad av ny kapsling sammen med driftskostnad av dagens og ny.

Som vi ser i diagrammet over representerer driftskostnadene for den nye kapslingen cirka ½-part av dagens driftskostnad.

I diagrammet under ser vi utviklingskostnaden og driftskostnadene for de kommende 10 årene akkumulert.

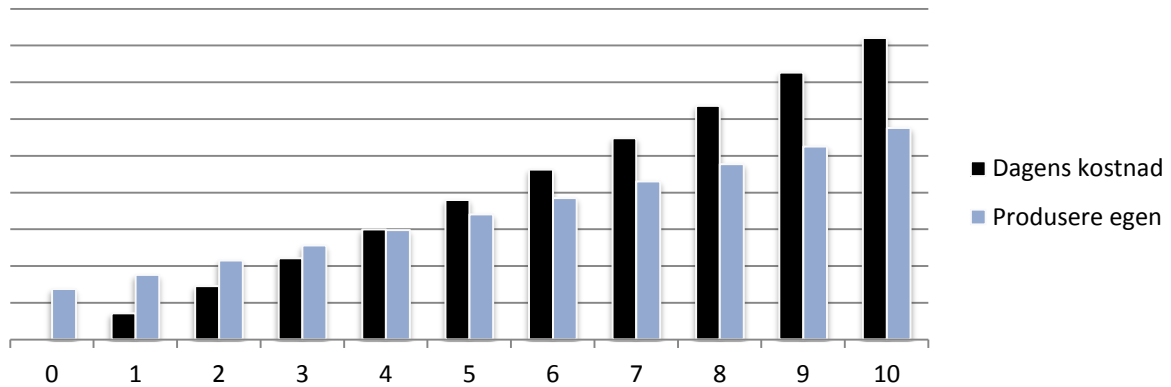


Diagram 38 Nåverdi av elementet akkumulert.

I diagrammet over ser en at investeringen er inntjent etter femte driftsår.

4.3.6.4 Beslutnings- og sensitivetsanalyse

Det er utført beslutnings- og sensitivetsanalyse på kapsling. Resultatet av denne er presentert i diagrammet under:

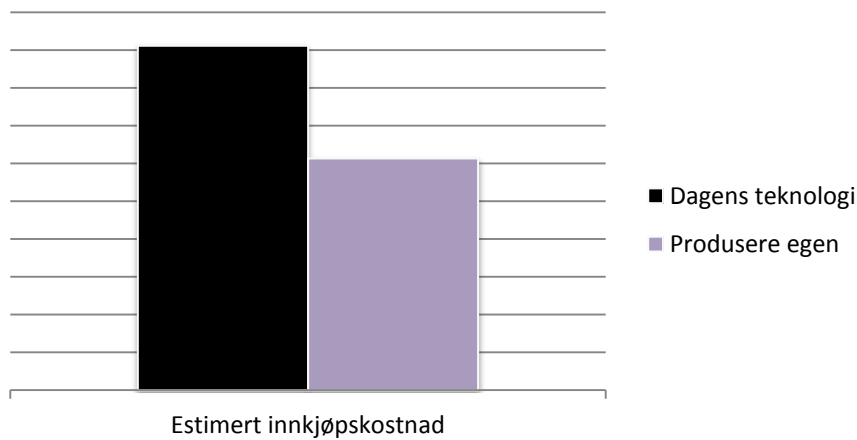


Diagram 39 Innkjøpskostnader på kapsling som et resultat av utført sensitivetsanalyse.

Vi ser her en estimert besparelse på den egenproduserte kapslingen sammenlignet med dagens kapsling.

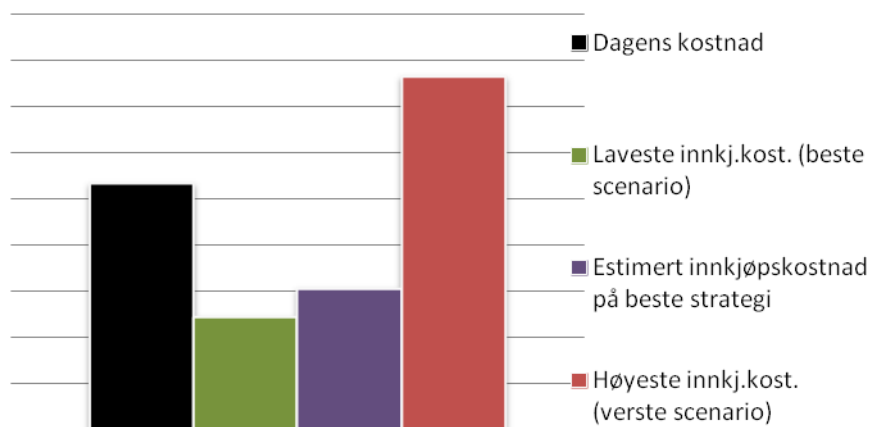


Diagram 40 Dagens innkjøpskostnad, estimert innkjøpskostnad på beste strategi og laveste og høyeste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I diagrammet over ser vi dagens innkjøpskostnad sammenlignet med estimert innkjøpskostnad på beste strategi, og høyeste og laveste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	4. element: Kapsling	
	Dagens	Produsere egen
Estimert innkjøpskostnad	85 %	57 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	73 %

Tabell 27 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellene under ser vi resultatet av sensitivitetsanalyse kjørt på enheten med verste og beste scenario ved ulike kombinasjoner av hendelser. Vi ser innkjøpskostnadene variere mellom 46 % til 143 % av dagens innkjøpskostnader. Disse resultatene er drøftet i resultatene under kapittel 4.4.

	4. element: Kapsling	
	Dagens	Produsere egen
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, salg som i dag	100 %	93 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, salg som i dag	100 %	63 %

Tabell 28 Estimerte innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg som i dag som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	4. element: Kapsling	
	Dagens	Produsere egen
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, færre solgt	120 %	104 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, flere solgt	80 %	49 %

Tabell 29 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader som antatt og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

	4. element: Kapsling	
	Dagens	Produsere egen
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, færre solgt	120 %	143 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, flere solgt	80 %	46 %

Tabell 30 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

Variasjonene i tabellene over er plottet i tornadodiagram presentert under.

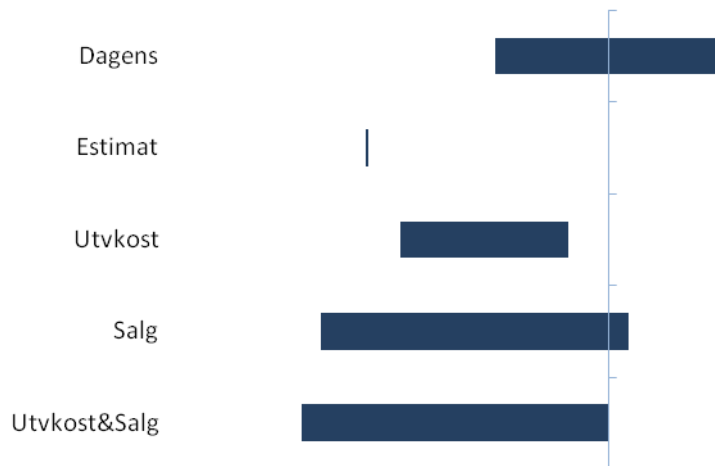


Diagram 41 Tornadodiagram utført på kapsling.

I tornadodiagrammet ser vi hvordan innkjøpskostnad for dagens kapsling varierer rundt sin senterinnkjøpskostnad. Estimatet for den alternative tekniske løsningen er vist i søylen under. Variasjoner i de ulike variablene vises i de tre nederste søylene. Det henvises til tabellene over for hva som skaper utslagene.

4.3.7 Femte element: Mekanikk

4.3.7.1 Dagens produkt

Den mekaniske måleproben ble første gang utviklet av den tyske leverandøren av den første transduceren i samarbeid med en lokal utvikler av prototyper. Gjennom årenes løp har bedriften opparbeidet seg erfaring med at designet på denne proben ikke er optimalt, verken med tanke på måling, rensing, tetning fra produksjonsprosessen, robusthet og sist men ikke minst; Kostnadseffektivitet.

4.3.7.2 Forslag til ny teknisk løsning: Mekaniske forenklinger

Det har blitt jobbet med et nytt design i bedriften hvor problemene nevnt er tatt hensyn til. I dette designet er komponenter som ikke gir merverdi fjernet og komponenter som kan forenkles blitt forenklet. Det er produsert en prototype som har vist gode resultat. Den nye proben har ikke bare som mål å bli billigere, den skal også ha en høyere kvalitet enn den originale proben. Den nye proben vil være bedre med tanke på ultralydsrensing, være mer robust og ha høyere grad av brukervennlighet. Alle disse faktorene kan generere mersalg.

4.3.7.3 Alternative produksjonsmetoder og innkjøp-, utvikling, montering- og driftskostnader

I diagrammet under ser vi utviklingskostnadene i år 0 tilsvare cirka 4 ganger innkjøpskostnaden av dagens mekaniske måleprobe.

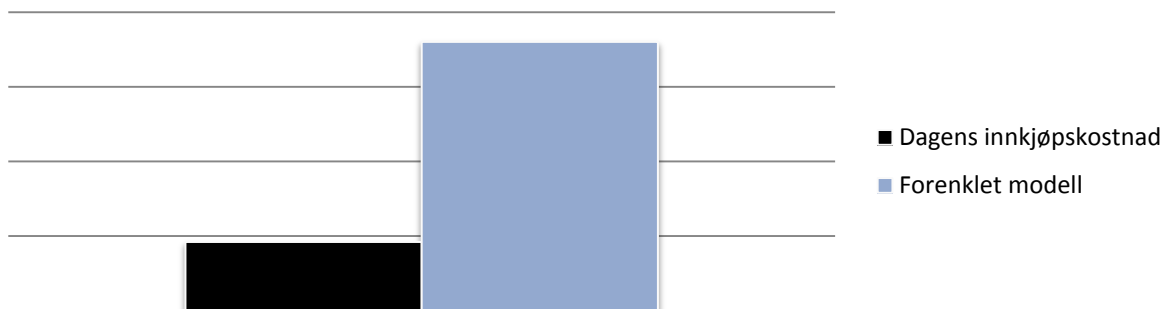


Diagram 42 Dagens innkjøpskostnad sammenlignet med utviklingskostnad av ny enhet

I diagrammet under ser en at prisen på en serieproduksjon av den nye proben er beregnet til å bli rundt 76 % av den originale proben. Sammen med en reduksjon i sammenstillingstid, vil det nye forenklete designet koste omtrent 70 % av det originale produktet.

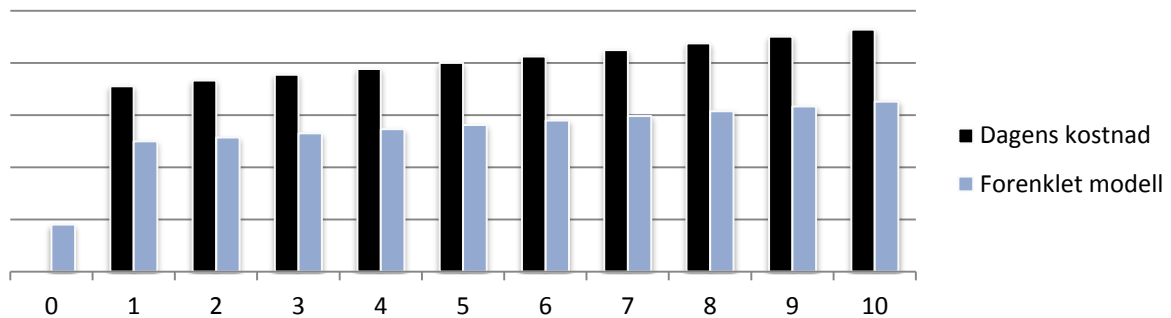


Diagram 43 Utviklingskostnaden i år 0 og driftskostnadene for de to ulike forslagene for de påfølgende 10 driftsår.

I diagrammet under ser man at den forenklete måleproben representere en så liten utviklingskostnad i forhold til den store besparelsen per innkjøpte enhet, at investeringen i prosjektet er tjent inn igjen allerede etter første driftsår.

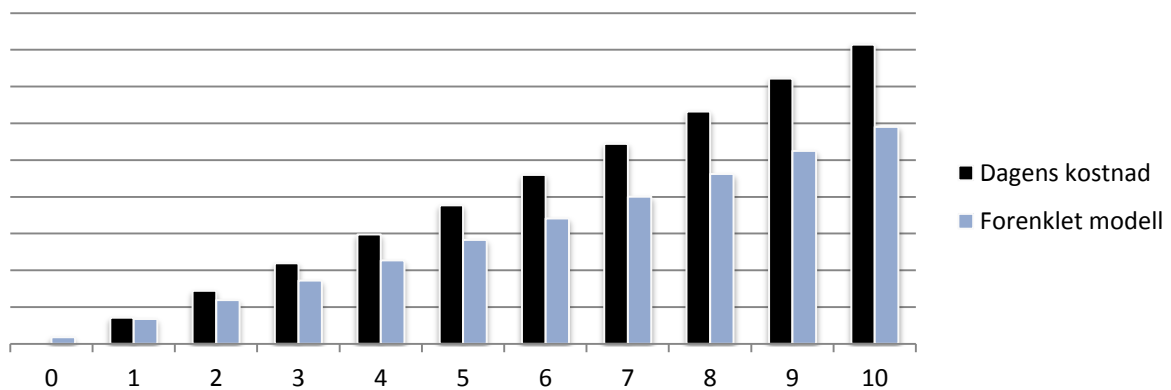


Diagram 44 Nåverdiene akkumulert.

4.3.7.4 Beslutnings- og sensitivitetsanalyse

Det er utført sensitivitetsanalyse på den mekaniske løsningen. Resultatet av den er presentert i diagrammet under:

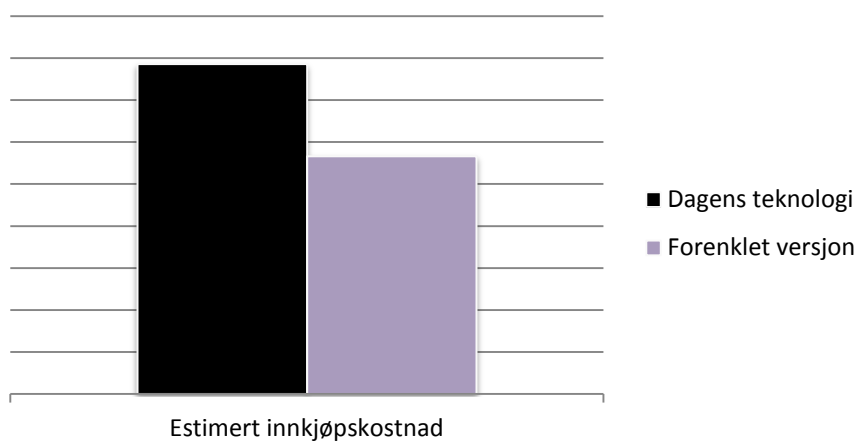


Diagram 45 Sensitivitetsanalyse utført på mekanisk

Vi ser her en estimert besparelse på den forenklete versjonen sammenlignet med dagens teknologi.

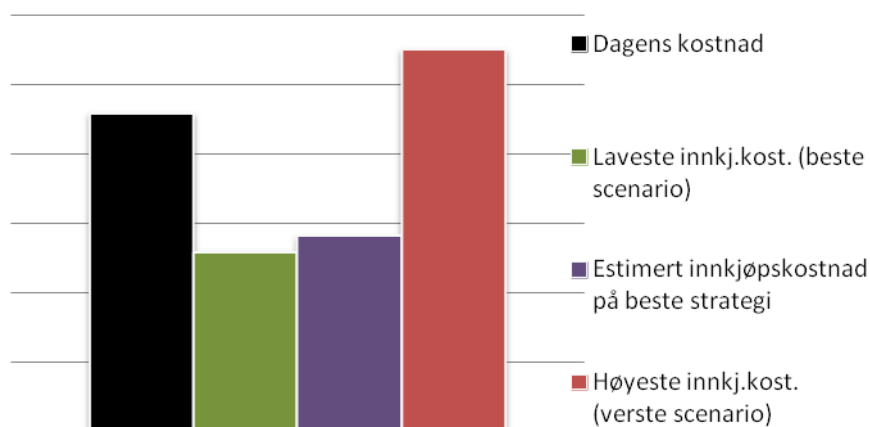


Diagram 46 Dagens innkjøpskostnad, estimert innkjøpskostnad på beste strategi og laveste og høyeste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I diagrammet over ser vi dagens innkjøpskostnad sammenlignet med estimert innkjøpskostnad på beste strategi, og høyeste og laveste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	5. element: Mekanisk	
	Dagens	Forenklet modell
Estimert innkjøpskostnad	85 %	62 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	73 %

Tabell 31 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellene under ser vi resultatet av sensitivitetsanalyse kjørt på enheten med verste og beste scenario ved ulike kombinasjoner av hendelser. Vi ser innkjøpskostnadene variere mellom 57 % til 120 % av dagens innkjøpskostnader. Disse resultatene er drøftet i resultatene under kapittel 4.4.

	5. element: Mekanisk	
	Dagens	Forenklet modell
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, salg som i dag	100 %	75 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, salg som i dag	100 %	72 %

Tabell 32 Estimerte innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg som i dag som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	5. element: Mekanisk	
	Dagens	Forenklet modell
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, færre solgt	120 %	90 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. som antatt, flere solgt	80 %	57 %

Tabell 33 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader som antatt og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

	5. element: Mekanisk	
	Dagens	Forenklet modell
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. høy, færre solgt	120 %	95 %
Innkjøpskostnad, utv.-vlh.kostn. lav, flere solgt	80 %	57 %

Tabell 34 Estimert innkjøpskostnader ved utviklings- og vedlikeholdskostnader høy/lav og salg høy/lav som prosent av dagens innkjøpskostnader.

Variasjonene i tabellene over er plottet i tornadodiagram presentert under.



Diagram 47 Tornadodiagram utført på mekanisk.

I tornadodiagrammet ser vi hvordan innkjøpskostnad for dagens mekanisk varierer rundt sin senterinnkjøpskostnad. Estimater for den alternative tekniske løsningen er vist i søylen under. Variasjoner i de ulike variablene vises i de tre søylene under der igjen. Det henvises til tabellene over for hva som skaper utslagene.

4.4 Resultat

4.4.1 Organisering av resultatene

I dette kapittelet presenteres resultatene som jeg har kommet frem til på bakgrunn av den gjennomførte analysen over.

4.4.2 Estimert innkjøpskostnad for prosjektet ved valg av beste alternativ

Den nye estimerte innkjøpskostnaden for instrumentet er kanskje for bedriften det mest spennende resultatet:

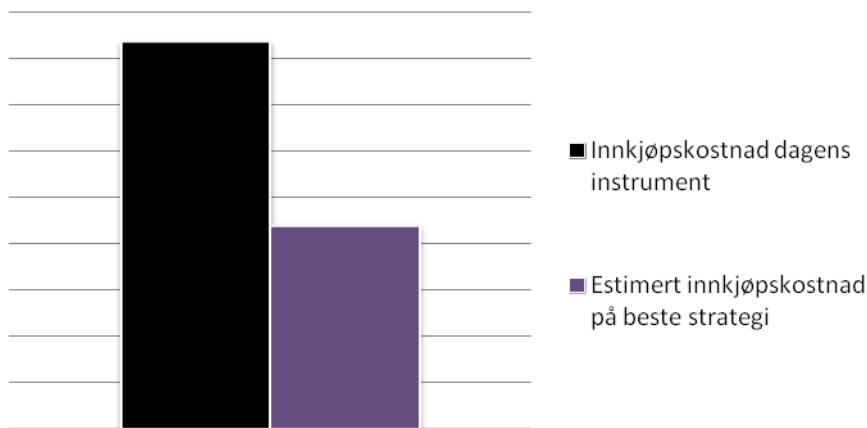


Diagram 48 Estimert innkjøpskostnad for hele instrumentet sammenlignet med dagens innkjøpskostnad

I diagrammet over har jeg summert estimatene for de beste alternativene for hvert element og sammenlignet de med innkjøpskostnaden for dagens instrument. Vi ser at den estimerte innkjøpskostnaden blir 53 % av dagens innkjøpskostnad. I de kommende kapitlene utdyper jeg grunnlaget for dette resultatet, og foreslår strategi for bedriften.

4.4.3 Ville en tradisjonell nåverdianalyse vært like nyttig som en beslutnings- og sensitivitetsanalyse?

Gjennom hele oppgaven har behovet for en beslutnings- og sensitivitetsanalyse fremfor en tradisjonell nåverdianalyse blitt understreket. I diagrammet under har jeg summert de laveste antatte innkjøpskostnadene for hvert element og sammenlignet de med dagens innkjøpskostnad.

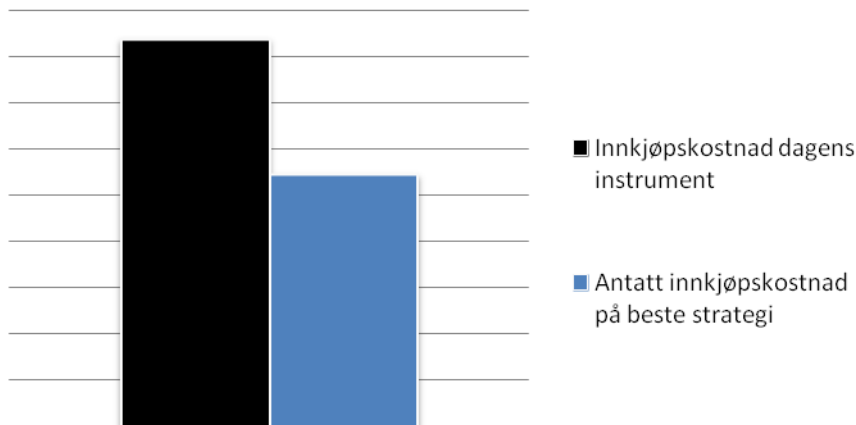


Diagram 49 Antatt innkjøpskostnad for hele instrumentet sammenlignet med dagens innkjøpskostnad

I diagrammet over ser vi at den antatt laveste innkjøpskostnad er 62 % av dagens innkjøpskostnad. En tradisjonell nåverdianalyse vurderer altså prosjektet som dårligere enn når vi tar hensyn til variasjoner i utviklingskostnader og markedssvingninger. Men den største svakheten ligger i at vi her er blind på hvordan svingninger påvirker resultatene. Estimert fra beslutnings- og sensitivitetsanalyse og svingninger på beste og verste scenario er eksplisitt gitt i kapitlene som kommer.

4.4.4 Sensitivitetsanalyse av estimert innkjøpskostnad ved verste og beste scenario

I diagrammet under er verste og beste scenario for instrumentet presentert:

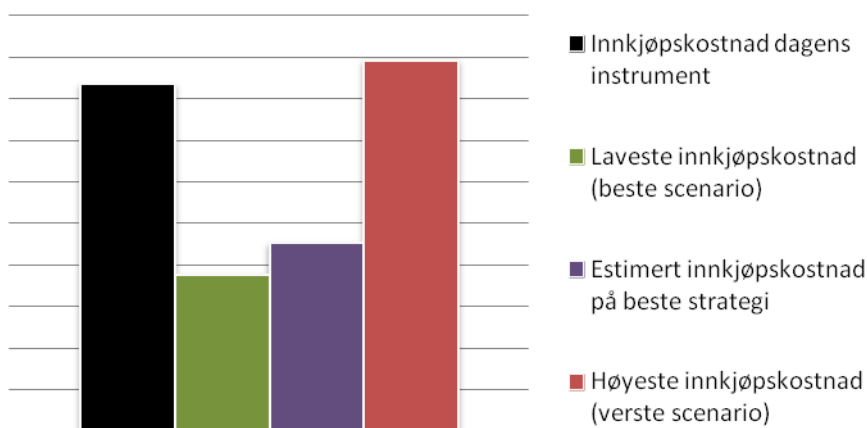


Diagram 50 Innkjøpskostnader for hele instrumentet ved verste og beste scenario

Den lille stolpen er den samme stolpen som vi så i forrige diagram og svarer altså til 53 % av dagens innkjøpskostnad. Den grønne søylen er den lavest oppnåelige innkjøpskostnad, gitt at man har valgt den samme strategien. Denne innkjøpskostnaden svarer til 45 % av dagens innkjøpskostnad, sagt med andre ord; en besparelse på 55 %. Denne innkjøpskostnaden inntreffer dersom alle utviklingskostnadene blir halvparten av antatt og salget blir tre ganger dagens salg. Den røde søylen er den høyest oppnåelige innkjøpskostnad gitt at man har valgt den samme strategien. Denne innkjøpskostnaden svarer til 107 % av dagens innkjøpskostnad. Altså kan instrumentet ende opp med

å bli *dyrere* enn dagens instrument. Men dette forutsetter at alle utviklingskostnader blir dobbelt av hva som er antatt og at markedet stuper slik at det bare selges halvparten av dagens instrument.

I opprinnelig prosjektplan fra april 2010 for dette prosjektet, var det antatt en besparelse på 50-80 %. I denne oppgaven er det estimert at neste produktgenerasjon vil koste 53 % av dagens instrument, eller med andre ord; En estimert besparelse på 47 %. Estimaten ligger altså utenfor området for den oppgitte besparelsen i opprinnelig prosjektplan. Den absolutt maksimale besparelsen er i denne oppgaven 55 %. Ved verste scenario kan også instrumentet ende opp med å koste 107 % av dagens instrument.

4.4.5 I hvilke element ligger potensialet for den største besparelsen?

Bedriften har ikke kapasitet til å igangsette utviklingsprosjekt på alle de alternative tekniske løsningene på en gang. Så; For hvilke element skal de igangsette arbeidet med de alternative tekniske løsningene for å oppnå den største besparelsen? Dette kan vi avgjøre ved å se på hvor stor del besparelsen utgjør i forhold til den totale instrumentkostnaden. Dette har jeg gjort i tabellen under:

Besparelse i forhold til dagens som prosent av total innkjøpskostnad	Elektronikkenhet				Laser	
	Ny gen. dg. lev.	Ny gen. ny. lev.	Hylleware HW, intern SW	Intern HW og SW	Ny gen. forenklet tekn.	Ny gen. avansert tekn.
Innkjøpskostnad, beregnet	11 %	11 %	14 %	13 %	10 %	11 %
Innkjøpskostnad, verste	-12 %	-9 %	2 %	2 %	4 %	2 %
Innkjøpskostnad, beste	14 %	14 %	16 %	14 %	11 %	12 %

Besparelse i forhold til dagens som prosent av total innkjøpskostnad	Transducer		Generator		Kapsling	Mekanisk
	Lokal lev. prod trans.	Bedriften prod trans.	Lokal lev. prod generator	Bedriften prod generator	Produsere egen	Forenklet modell
Innkjøpskostnad, beregnet	4 %	4 %	3 %	-1 %	11 %	4 %
Innkjøpskostnad, verste	1 %	1 %	-2 %	-11 %	-11 %	1 %
Innkjøpskostnad, beste	4 %	5 %	4 %	1 %	14 %	5 %

Tabell 35 Besparelse i forhold til dagens instrument som prosent av total innkjøpskostnad

Som vi ser utmerker Elektronikkenhet, Laser og Kapsling seg med beste estimerte besparelser på henholdsvis 14 %, 11 % og 11 %. Dette betyr at disse tre elementene har en estimert samlet besparelse på 36 %. Til sammenligning utgjør de resterende elementene transducer, generator og mekanisk bare 11 % til sammen. Negative verdier i tabellen over tilsier at kostnaden blir *høyere* enn dagens kostnad.

Det er rimelig å anta at med dagens personell, så kan tre-og-tre utviklingsprosjekt igangsettes samtidig. Min anbefaling basert på den gjennomførte analysen er derfor å diversifisere i to utviklingsløp:

Første utviklingsløp inkluderer:

- Elektronikkenhet
- Laser
- Kapsling

Andre utviklingsløp inkluderer:

- Transducer
- Generator
- Mekaniske forenklinger

I de kommende kapitlene reflekterer jeg grundig over elementene inkludert i utviklingsløpene.

4.4.6 Stemmer teknologifokuset fra spørreundersøkelsen overens med resultatene?

Hvordan resultatene i denne oppgaven konkluderer med at teknologifokuset bør være, stemmer godt overens med hvordan de ansatte i bedriften mente det burde være. Med referanse til spørreundersøkelsen i kapittel 4.2.4, var den klare generelle oppfatning i bedriften at for å redusere kostnader måtte det fokuseres på reduksjon i elektronikkenhet og laser. Reduksjon i kostnad på kapsling hadde det tredje største fokuset, men det ble avdekket at det bare var en person fra teknisk avdeling som hadde dette fokuset og tre personer fra administrativ avdeling. Avdekkingen av den store besparelsen på kapsling synes jeg er med på å understreke nytteverdien av spørreundersøkelsen som ble gjennomført. Den er også med på å understreke et viktig poeng om teknologiavdelingen: Det er den spennende teknologien som får et favorisert fokus, ikke nødvendigvis den teknologien som reduserer innkjøpskostnader. Dette kan være nyttig lærdom for bedriften for fremtiden.

Å fokusere på de tre elementene elektronikkenhet, laser og kapsling, stemmer godt overens med innkjøpskostnadene presentert i kapittel 4.2.6. Der så vi at disse tre elementene representerer $\frac{3}{4}$ av den totale innkjøpskostnaden. Det er ikke dermed gitt i alle situasjoner at den største kostnaden har potensialet for den største besparelsen, men i dette tilfellet ser vi at det er slik.

4.4.7 Beste strategi for første utviklingsløp

I dette kapittelet går jeg gjennom de ulike elementene og kommenterer på hvilken strategi som skal velges.

4.4.7.1 Elektronikkenhet

I tabellen under ser vi resultatet av utført beslutnings- og sensitivitetsanalyse på elektronikkenhet som prosent av dagens innkjøpskostnad:

	1. element: Elektronikkenhet				
	Dagens	Ny gen. dg. lev.	Ny gen. ny. lev.	Hyllevare HW, intern SW	Intern HW og SW
Estimert innkjøpskostnad	86 %	47 %	47 %	32 %	40 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	67 %	66 %	43 %	52 %

Tabell 36 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellen over ser vi at samtlige alternativ er estimert til å koste mellom 32-47 % av dagens innkjøpskostnad. Alternativet Hyllevare Hardware, intern Software utpeker som favoritt med sitt estimat på 32 % av dagens innkjøpskostnad. Det andre interne forslaget er det nest billigste forslaget, med sine 40 %. De to eksterne forslagene har begge et estimat på 47 % av dagens kostnad.

Basert på erfaringen min med utviklingsavdelingen, tror jeg internt personell kan utvikle en intern elektronikkenhet innenfor de rammene som er fastsatt i antagelsene. Innkjøpskostnaden på denne enheten tilsvarer 32 % av dagens innkjøpskostnad, variasjoner i utviklingskostnad og marked tatt i betraktning. Dette har den absolutte forutsetning at internt personell i så fall blir dedikert til å jobbe med kun programmering. Elektronikkenheten kan ikke utvikles på siden av andre arbeidsoppgaver internt personell allerede har i dag. Bedriften må vurdere om dette er gjennomførbart. Gevinsten er i så fall stor. Alternativt kan den nye generasjonen utvikles eksternt. Dette vil trolig spare bedriften for mye hodebry og bekymringer på siden av bedriftens kjerneområde. Men, da er ikke gevinsten heller så stor.

Anbefalt strategi: Hyllevare Hardware og intern Software.

4.4.7.2 Laser

I tabellen under ser vi resultatet av utført beslutnings- og sensitivitetsanalyse på laser som prosent av dagens innkjøpskostnad:

	2. element: Laser		
	Dagens	Ny gen. forenklet tekn.	Ny gen. avansert tekn.
Estimert innkjøpskostnad	85 %	56 %	55 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	66 %	66 %

Tabell 37 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

Bedriften har valget mellom en avansert teknologi og en forenklet teknologi. Kostnaden for de to synes å være tilnærmet identiske. Siden den avanserte teknologien medfører større fleksibilitet, anbefaler jeg å velge denne strategien.

Anbefalt strategi: Ny generasjon, avansert teknologi.

4.4.7.3 Kapsling

I tabellen under ser vi resultatet av utført beslutnings- og sensitivitetsanalyse på kapsling som prosent av dagens innkjøpskostnad:

	4. element: Kapsling	
	Dagens	Produsere egen
Estimert innkjøpskostnad	85 %	57 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	73 %

Tabell 38 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

Med kapsling står valgene mellom å fortsette med dagens løsning, eller å igangsette et utviklingsprosjekt for å utvikle sin egenproduserte kapsling. Basert på analysen som er gjennomført, er det en absolutt anbefaling å igangsette denne utviklingen. Estimert av gevinsten er stort.

Anbefalt strategi: Produsere egen kapsling.

4.4.8 Samlet vurdering av resursbruk for første utviklingsløp

I denne delen presenteres en oversikt over de resurser som kreves for å igangsette de foreslåtte utviklingsstrategiene over. I diagrammet under er utviklingskostnadene for disse strategiene vist:

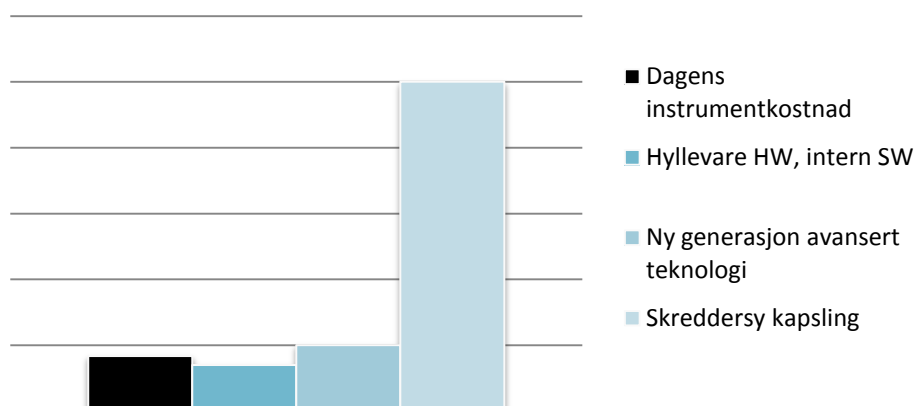


Diagram 51 Utviklingskostnad for de ulike strategiene over sammenlignet med dagens instrumentkostnad.

Vi ser i diagrammet over at utviklingskostnadene for elektronikkenhet og laser ligger i størrelsesordenen tilsvarende dagens instrumentkostnad. Utviklingskostnad til en skreddersydd kapsling ligger anslått til fem ganger dagens instrumentkostnad. Bedriften må vurdere hvor store midler de kan bevilge til utvikling. Gevinsten er eksplisitt gitt i kapitlene over.

I diagrammet under ser vi interne utviklingstimer som er krevd for strategiene:

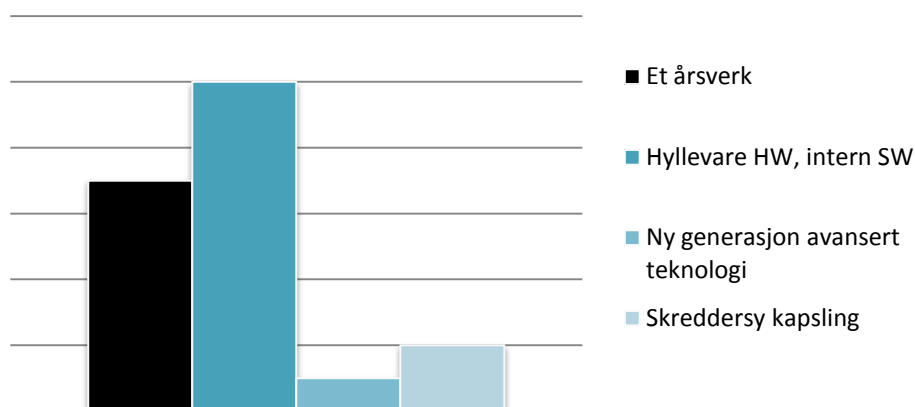


Diagram 52 Interne utviklingstimer for strategiene sammenlignet med et årsverk.

I diagrammet over ser vi at elektronikkenhet alene krever over et årsverk for å bli ferdig utviklet. Det er absolutt kritisk at bedriften tar innover seg dette. Dersom dagens personell skal utvikle elektronikkenheten, må de frigjøres fra de arbeidsoppgaver de har i dag. Alternativt må det ansettes flere personer. Utvikling av laser og kapsling krever såpass lite resurser at de kan gå parallelt med dagens drift.

4.4.9 Beslutnings- og sensitivitetsanalyse av strategier for første utviklingsløp

I dette kapitlet vises beslutnings- og sensitivitetsanalyse for de tre elementene i første utviklingsløp:

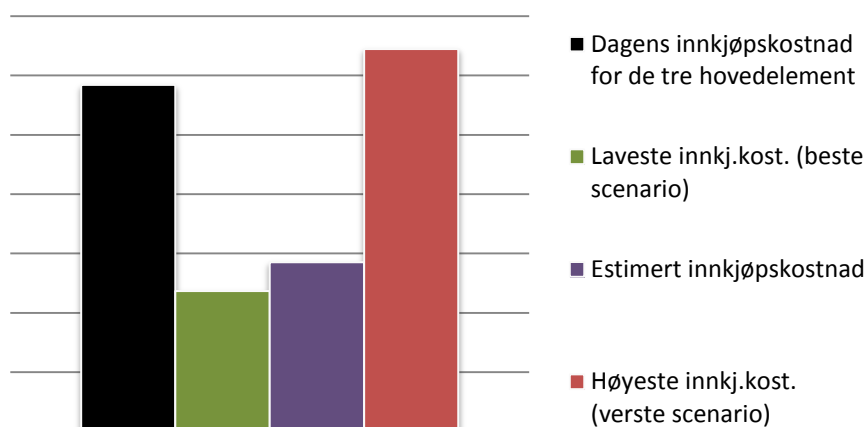


Diagram 53 Dagens innkjøpskostnad for de tre element i første utviklingsløp sammen med estimert innkjøpskostnad for de nye alternative teknologiene og laveste og høyeste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

Vi ser at den estimerte innkjøpskostnaden utgjør 49 % av dagens innkjøpskostnad *for de tre* elementene. Dette tilsvarer, som vi så i kapittel 4.4.4, 36 % av den *totale* innkjøpskostnaden for *hele* instrumentet, med andre ord en total instrumentbesparelse på 64 %. Ved beste scenario kan innkjøpskostnaden gå ned mot 41 %. Ved verste scenario kan de tre elementene ende opp med å koste 110 % av dagens innkjøpskostnad.

I diagrammet under ser vi tornadodiagram utført på de tre elementene i første utviklingsløp:



Diagram 54 Tornadodiagram utført på de tre elementene i første utviklingsløp

I diagrammet over ser vi hvordan dagens innkjøpskostnad beveger seg rundt sitt senter forårsaket av oppgang eller nedgang i salg. I søylen under ser vi hvor estimatet er sentrert. I de tre nederste søylene ser vi variasjonen i utviklingskostnad og salg, og kombinasjonen av variasjoner i disse. Vi ser at salget har noe større påvirkning på innkjøpskostnaden enn utviklingskostnaden har. Det henvises til analysen utført i kapittel 4.3 for mer utfyllende detaljer rundt disse utslagene.

4.4.10 Beste strategi for andre utviklingsløp

Mens elementene i første utviklingsløp over stod for en 36 % besparelse i forhold til dagens innkjøpskostnad, utgjør elementene i dette andre utviklingsløp en 11 % besparelse. De presenteres her på samme måte som elementene i første utviklingsløp over ble.

4.4.10.1 Transducer

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	3.1 element: Transducer		
	Dagens transducer	Lokal lev. prod trans.	Bedriften prod trans.
Estimert innkjøpskostnad	85 %	59 %	48 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	70 %	58 %

Tabell 39 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellen over ser vi at det er estimert at bedriften kan produsere en transducer til 48 % av dagens innkjøpskostnad. Siden denne teknologien ikke er særlig avansert, er dette et gjennomførbart prosjekt.

Anbefalt strategi: Produsere egen transducer

4.4.10.2 Generator

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	3.1 element: Generator		
	Dagens generator	Lokal lev. prod generator	Bedriften prod generator
Estimert innkjøpskostnad	85 %	71 %	106 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	85 %	130 %

Tabell 40 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellen over ser vi at det er estimert at en lokal leverandør kan produsere en generator til 71 % av dagens innkjøpskostnad. Dersom det er mulig å få skreddersydd et produkt av en lokal leverandør med bedre kvalitet og lavere pris enn dagens produkt, er dette absolutt en anbefalt strategi. Det anbefales å gå i nærmere dialog med denne leverandøren.

Anbefalt strategi: Lokal leverandør produserer generator

4.4.10.3 Mekanisk

I tabellen under ser vi de estimerte og de antatte innkjøpskostnadene som prosent av dagens innkjøpskostnad.

	5. element: Mekanisk	
	Dagens	Forenklet modell
Estimert innkjøpskostnad	85 %	62 %
Dagens og antatt innkjøpskostnad	100 %	73 %

Tabell 41 Estimert innkjøpskostnad og antatt innkjøpskostnad som prosent av dagens innkjøpskostnad.

I tabellen over ser vi at det er estimert at en ny forenklet modell vil koste 62 % i forhold til dagens innkjøpskostnad. Det anbefales å igangsette dette prosjektet.

Anbefalt strategi: Utvikle en forenklet mekanisk modell

4.4.11 Samlet vurdering av resursbruk for andre utviklingsløp

I denne delen presenteres en oversikt over de resurser som kreves for å igangsette de foreslåtte utviklingsstrategiene over. I diagrammet under er utviklingskostnadene for disse strategiene vist:

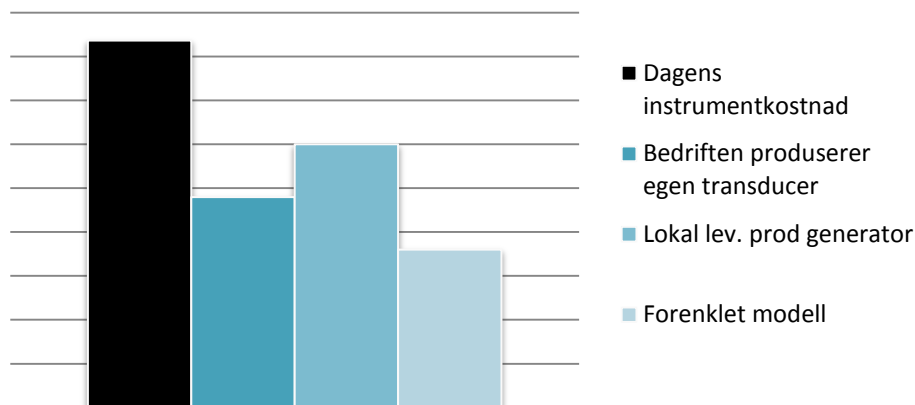


Diagram 55 Utviklingskostnad for de ulike strategiene over sammenlignet med dagens instrumentkostnad.

Vi ser i diagrammet over at utviklingskostnadene for alle elementene ligge rundt halvparten av dagens instrumentkostnad.

I diagrammet under ser vi interne utviklingstimer som er krevd for strategiene:

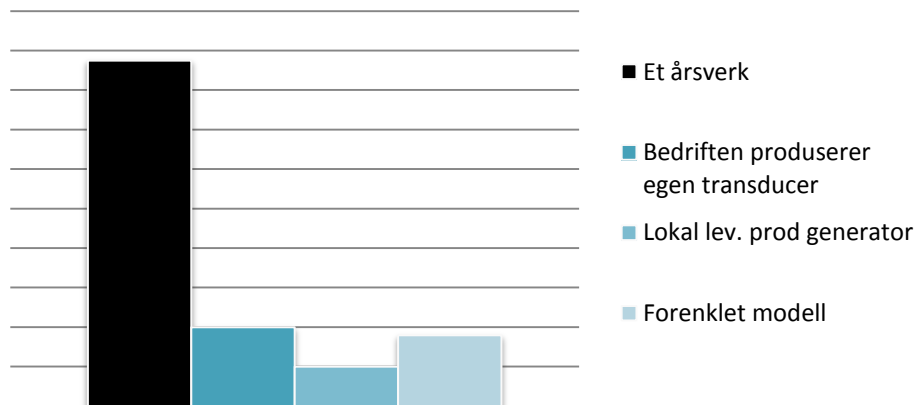


Diagram 56 Interne utviklingstimer for strategiene sammenlignet med et årsverk.

I diagrammet over ser vi at krevde resurser for utvikling er små i forhold til et årsverk. Dette betyr at denne utviklingen kan gå parallelt med dagens arbeidsoppgaver.

4.4.12 Beslutnings- og sensitivitetsanalyse av strategier for andre utviklingsløp

I dette kapittelet vises beslutnings- og sensitivitetsanalyse for de tre elementene i andre utviklingsløp:

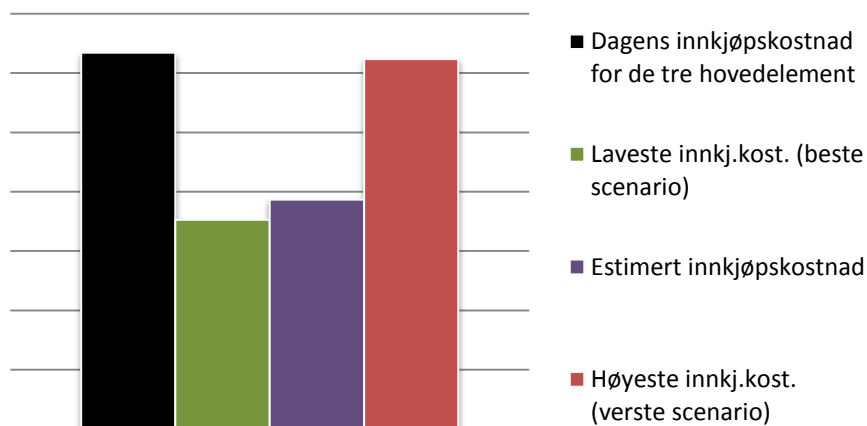


Diagram 57 Dagens innkjøpskostnad for de tre element i andre utviklingsløp sammen med estimert innkjøpskostnad for de nye alternative teknologiene og laveste og høyeste innkjøpskostnad ved beste og verste scenario.

Vi ser at den estimerte innkjøpskostnaden utgjør 61 % av dagens innkjøpskostnad for de tre elementene. Dette tilsvarer, som vi så i kapittel 4.4.4, 11 % av den totale innkjøpskostnaden for hele instrumentet. Ved beste scenario kan innkjøpskostnaden gå ned mot 56 %. Ved verste scenario kan de tre elementene ende opp med å koste 98 % av dagens innkjøpskostnad.

I diagrammet under ser vi tornadodiagram utført på de tre elementene i andre utviklingsløp:

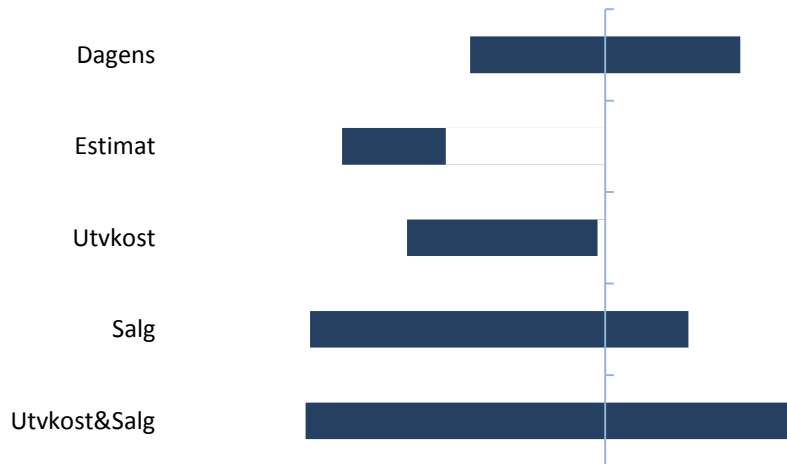


Diagram 58 Tornadodiagram utført på de tre elementene i andre utviklingsløp

I diagrammet over ser vi hvordan dagens innkjøpskostnad beveger seg rundt sitt senter forårsaket av oppgang eller nedgang i salg. I søylen under ser vi hvor estimatet er sentrert. I de tre nederste søylene ser vi variasjonen i utviklingskostnad og salg, og kombinasjonen av variasjoner i disse. Vi ser at salget har større påvirkning på innkjøpskostnaden enn utviklingskostnaden har.

4.4.13 Den generelle anbefaling til bedriften

Det anbefales å gå i gang med utvikling av nye alternative tekniske løsninger for dagens teknologi.

Det anbefales å dele dette opp i to utviklingsløp:

Det første utviklingsløpet omfatter elementene og strategiene:

- **Elektronikkenhet**
 - **Strategi: Ekstern Hardware og intern Software**
- **Laser**
 - **Strategi: Ny, avansert teknologi**
- **Kapsling**
 - **Strategi: Skreddersy kapsling**

Det andre utviklingsløpet omfatter elementene og strategiene:

- **Transducer**
 - **Utvikle en egen transducer**
- **Generator**
 - **Lokal leverandør utvikler ny generator**
- **Mekaniske forenklinger**
 - **Forenklet modell**

Det første utviklingsløpet vil ha den største økonomiske innvirkningen. Det anbefales at dette gjennomføres, og at tallene for andre utviklingsløp oppdateres på bakgrunn av dette før den andre eventuelt igangsettes etter at utviklingen av de første tre elementene er gjennomført.

Det kommer klart frem at antall solgte enheter er den variabelen som har størst innvirkning på innkjøpskostnaden pr enhet. Det er derfor viktig å oppdatere salgstallene dersom disse blir vesentlig endret.

5 Konklusjon

For å besvare problemstillingen for denne oppgaven, må det her fremkomme at beste strategi for FoU-prosjektet har blitt avgjort ved hjelp av beslutnings- og sensitivitetsanalyse. Resultatene fra den gjennomførte analysen er grundig drøftet i kapittel 4.4 på de foregående sidene. Det begrenser seg derfor en kort konklusjon i dette kapitlet.

Resultatet av oppgaven viser at det potensielt er mulig å produsere neste produktgenerasjon til 53 % av dagens instrumentkostnad. Det er anbefalt å diversifisere i to utviklingsløp, hvorav det første utviklingsløpet utgjør en potensiell besparelse på 36 % av dagens kostnad. Det andre utviklingsløpet står for den resterende potensielle besparelsen på 11 %.

Det første utviklingsløpet omfatter elementene og strategiene:

- **Elektronikkenhet**
 - **Strategi: Ekstern Hardware og intern Software**
- **Laser**
 - **Strategi: Ny, avansert teknologi**
- **Kapsling**
 - **Strategi: Skreddersy kapsling**

Det andre utviklingsløpet omfatter elementene og strategiene:

- **Transducer**
 - **Utvikle en egen transducer**
- **Generator**
 - **Lokal leverandør utvikler ny generator**
- **Mekaniske forenklinger**
 - **Forenklet modell**

Det første utviklingsløpet vil ha den største økonomiske innvirkningen og det anbefales at dette gjennomføres først. Det anbefales at tallene for andre utviklingsløp oppdateres med erfaring fra første utviklingsløp. Dersom andre utviklingsløp da fremdeles er økonomisk forsvarlig, anbefales det at dette igangsettes etter første utviklingsløp.

Det kommer frem at antall solgte enheter er den variabelen som har størst innvirkning på innkjøpskostnaden pr enhet. Det er derfor viktig å oppdatere salgstallene dersom disse blir vesentlig endret.

De resurser og kostnader som kreves for å gjennomføre de ulike utviklingsløpene er oppsummert i kapittel 4.4. Det viser der at begge utviklingsløpene kan gjennomføres innen ett år, men det gjentas at elektronikkenheten alene krever over et årsverk for å bli ferdig utviklet. Dersom dagens personell skal utvikle elektronikkenheten, må de frigjøres fra de arbeidsoppgaver de har i dag. Alternativt må det ansettes flere personer. Utvikling av de andre elementene krever såpass lite resurser at de kan gå parallelt med dagens drift. Det må settes av midler til utvikling jmført de oppsummerte utviklingskostnadene i kapittel 4.4.

Bruken av beslutningsverktøy har vist seg nyttig fordi den ikke bare ser på økonomien alene, men også den iboende risikoen i prosjektet. Det er tatt hensyn til feilestimering av utviklingskostnader og markedssvingninger. Ut fra dette er det mulig å gi grundigere estimat for kostnadene og å visualisere variasjoner ved verste og beste scenario. Variasjonene er ikke kommentert enkeltvis, men er visualisert i tabeller og grafer gjennom hele oppgaven. Sannsynligheter for å oppnå de ulike scenarioene er ikke kommentert i oppgaven fordi det hadde blitt for omfattende å kommentere på hver enkelt sannsynlighet. Sannsynlighetene er synlig i beslutningstrærne i Vedlegg C.

Original prosjektplan hadde et mål om at kostnader for neste generasjon instrument skulle reduseres med 50 - 80 %. Den gjennomførte analysen i *denne* oppgaven konkluderer med at kostnader kan reduseres med 47 %. Oppgaven konkluderer altså med at det er et stort potensial for besparelser, men ikke like positivt som original prosjektplan. Dette kommer ikke bare av bruken av beslutnings- og sensitivitetsanalyse. Dette kommer av at innsamling av kostnader har blitt gjort på en grundigere måte. Det har vært fokusert på å bryte ned kostnader i mer omfattende budsjett for å forsikre seg om at alle tilhørende kostnader ble inkludert. Nytteverdien av det arbeidet er tydelig.

Oppgaven har sett teknologi og økonomi i et mer helhetlig perspektiv, ulikt hvordan bedriften tradisjonelt har arbeidet. Dette har vært lærerikt for alle involverte parter. Utvikling av neste generasjons produkt vil uansett bli gjennomført før eller siden. Da har bedriften allerede dette rigide rammeverket for utviklingsprosjektet tilgjengelig. I så måte er nytteverdien av oppgaven for bedriften stor. Jeg anser det som sannsynlig at det blir gjennomført en ny revisjon av tallgrunnlaget før utviklingsprosjektene igangsettes.

Faktorer som har vanskeliggjort arbeidet er bedriftens mangel på strategi og visjon for produktet. Jeg mener det er kritisk at denne blir fastsatt, slik at hele utviklingsavdelingen jobber i samme retning om neste produktgenerasjon. Definerings av alternative tekniske løsninger og deres tilhørende kostnader har vært omfattende, og nødvendiggjorde en analyse ikke bare av tall og grafer, men av personer, grupper, avdelinger og kommunikasjon internt i bedriften. Slike analyser belyser ofte personer og avdelinger sine sterke og svake sider, og det tror jeg har vært en nyttig tankevekker for bedriften og vært med å forenkle videre arbeid. Spesielt var spørreundersøkelsen med å belyse at det er den spennende teknologien som får utviklingsavdelingen sin største oppmerksomhet, ikke nødvendigvis den teknologien som representerer det største potensialet for kostnadsbesparelser. Hvor fokuset faktisk bør være, må bedriften definere i sin strategi og visjon for neste produktgenerasjon.

6 Litteraturliste

6.1 Bøker

Albright, S.C. & Winston, W.L. (2012), *Management Science Modeling*. 4. utg. Canada, South-Western, Cengage Learning.

Holme, I.M. & Solvang, B.K. (1991), *Metodevalg og metodebruk*, 2. utg. Otta, Tano.

Ross, S.A., Westerfield, R.W., Jaffe, J.F. & Jordan, B.D. (2011) *Core Principles and Applications of Corporate Finance*. 3. utg. New York, McGrawHill.

6.2 Internett

About Palisade Corporation [online]. Tilgjengelig fra: <<http://www.palisade.com/about/about.asp>>. [Lest 9/5-13].

Precision Tree 6 [online]. Tilgjengelig fra: <<http://www.palisade.com/precisiontree/>>. [Lest 9/5-13].

St.meld. nr. 12, Rent og Rikt hav, Tilråding fra Miljøverndepartementet av 15. mars 2002 [online]. Tilgjengelig fra: <<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/20012002/stmeld-nr-12-2001-2002-.html?id=195387>>. [Lest 7/5-13].

6.3 Interne dokument (ProAnalysis)

ProAnalysis, *Personalhåndbok for ProAnalysis* (2012), 4. rev. Internt dokument.

ProAnalysis, *Drifts- og vedlikeholds manual for Argus Environment OiW Måler* (2011), 5. rev. Internt dokument.

ProAnalysis, *Wow - or No! Studie av Argus Future* (2010), Internt dokument.

7 Figurliste

Fremside: *Decision making*. Tilgjengelig fra: <<http://thinklink.in/decision-making/>>

Figur 1 *Argus måleprinsipp*. Tilgjengelig fra: Drifts- og vedlikeholds manual for Argus Environment OiW Måler (2011) 8

Figur 2 *Implosjon skapt av ultralyd*. Tilgjengelig fra: Drifts- og vedlikeholds manual for Argus Environment OiW Måler (2011) 9

Figur 3: *Instrumentets komponenter og deres plassering*. Tilgjengelig fra: Drifts- og vedlikeholds manual for Argus Environment OiW Måler (2011) 9

Figur 4 *Utslipp til sjø fra en petroleumsinstallasjon*. Tilgjengelig fra: <<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/regpubl/stmeld/20012002/stmeld-nr-12-2001-2002-.html?id=195387>>. 10

Figur 5 *Beslutnignstre*. Tilgjengelig fra: Albright, S.C. & Winston, W.L. (2012), *Management Science Modeling*. 4. utg. Canada, South-Western, Cengage Learning) 14

Figur 6 *PrecisionTree*. Tilgjengelig fra: <<http://www.palisade.com/precisiontree/>> 15