# 1 Forord

Masteroppgåva ”Korleis nytte fleirmåls beslutningsanalyse og influensdiagram til vedlikehaldsplanlegging av sjøkabelanlegg” er skrive våren 2008 ved Institutt for Elkraftteknikk på NTNU i samarbeid med BKK Nett AS. Den er skrive med Eivind Solvang frå Sintef Energiforskning AS som veiledar, og han har vore til uvurderleg hjelp under denne oppgåva. Ved BKK Nett AS har min hovudkontakt vore Ingvar Andreassen, og han har vore veldig hjelpsam med informasjon under oppgåva.

Andre personar som har bidrege til oppgåva med enten informasjon eller kunnskap, og fortjener ros er Einar Dalland, BKK Nett AS, Agnes Nybø og Dag Eirik Nordgård, begge frå Sintef Energiforskning AS.

# 2 Samandrag

Vedlikehald av sjøkabelanlegg er eit tema som det er lite fokus på i mange nettselskap, og lite feil og statistikkar fører ofte til ein havaristyrt strategi. I denne oppgåva ser ein på korleis fleirmåls beslutningsanalyse og influensdiagram kan brukast til å vurdere tilstanden til sjøkabelanlegg. Dette for at ein på ein betre måte skal kunne sortere ut dei anlegga med dårligast tilstand.

FMBA-verktøyet som er brukt er ein prototyp frå Sintef som er basert på MS Excel og dette har ikkje vore brukt på ei slik problemstilling før. Verktøyet har stort sett vore brukt på få prosjekt med mykje informasjon og tilhøyrande økonomiske analyser, mens det i dette tilfellet er brukt på mange anlegg utan økonomiske analyser. Dette har ført til nokre justeringar for at verktøyet skal fungere best mogeleg for dette formålet.

For å gjennomføre ei slik analyse trengs mykje informasjon om anlegga, og ein del tid har gått med til å strukturere all informasjonen og presentere denne på ein god måte. Mesteparten av arbeidet som er gjort ligg i store tabellar, så det anbefalast å sjå godt på desse.

For å gjennomføre ei kvalitativ vurdering må ein definere dei kvalitative faktorane som skal vurderast. I denne analysa er desse faktorane økonomi, leveringspåliteilgheit, personsikkerheit, ytre miljø, omdømme og teknisk tilstand. Desse faktorane er vekta opp i mot kvarandre ved hjelp av AHP-metoden for å bestemme fraksjonen av kor mykje dei ulike faktorane bidreg til det totale resultatet. Dei ulike faktorane vert og delt opp i ei gradering slik at ein ved vurdering av anlegga velger kor stort utslag på skalaen anlegget gir.

Sjølv om mykje informasjon om anlegga er samla inn vart det vurdert til at datagrunnlaget var for tynt til å gjennomføre ei reell analyse. Vurderingane som er gjort på anlegga er difor fiktive, men graderinga er gjort på grunnlag av dei opplysningane som er kjent rundt anlegget.

Ved å legge inn alle vurderingar i FMBA-verktøyet og modifisere resultatvisninga noko får ein fram ei god oversikt over korleis tilstanden til dei ulike anlegga er. Utifrå desse resultata kan ein for eksempel bestemme kva slags anlegg ein bør sette i gang forebyggande tiltak ved, eller bestemme inspeksjonsintervall for anlegga i ein vedlikehaldsplan.

Influensdiagrammet som er laga i Netica er laga som et komplement til FMBA-verktøyet. I dette diagrammet kan ein legge inn vurderinga av eit anlegg for så å forandre på vurderinga og skaleringa av kriteria, og få ut den nye kvalitative verdien. På denne måten slepp ein å legge inn alle data på nytt i FMBA-verktøyet, men ser endringa i kvalitativ verdi umiddelbart.

For å bli kjend med Netica-verktøyet vart det laga ein modell der delar av prosjektoppgåva frå hausten 2007 vart teke i bruk. Den tar for seg korleis KILE vert påvirka av ei eventuell fjerning av ein kabel i nettet, og ein har muligheit til å forandre på parameterar som last og lengde på utetid.

Utifrå det som er erfart i denne oppgåva gir vurdering ved hjelp av FMBA-verktøy ei god framstilling av tilstanden til anlegga. Resultata kan brukast til å legge opp vedlikehaldsplanar, og vedlikehaldsstrategiar kan enkelt knyttast til analysen.

Sidan mykje av denne analysa er basert på antakelsar er det usikkert kor god den er i realiteten, og derfor bør det gjennomførast fleire prosjekt med fokus på dette temaet. Eit steg vidare vil for eksempel vere å teste analysemetoden på eit utvalg av kablar der ein skaffar seg mykje informasjon om kablane og foretek både mekaniske og elektriske undersøkelsar. På denne måten kan ein få ei reell analyse som vil gi betre grunnlag for å vurdere om denne metoden gir eit godt bilde av virkeligheita.

# 3 Innhaldsliste


**1 FORORD ..... II**

**2 SAMANDRAG ..... III**

**3 INNHALDSLISTE ..... V**

**4 INNLEIING ..... 1**

4.1 BAKGRUNN FOR OPPGÅVA ..... 1
4.2 MÅL MED OPPGÅVA ..... 1
4.3 GJENNOMFØRING AV OPPGÅVA ..... 1
4.4 OPPBYGGING AV RAPPORTEN ..... 2
4.5 BEGREPSAVKLARING ..... 2

**5 VERKTØY SOM VERT BRUKT I OPPGÅVA ..... 3**

5.1 PROTOTYP AV FMBA-VERKTØY FRÅ SINTEF ..... 3
*5.1.1 Bakgrunn for bruk av FMBA ..... 3*
*5.1.2 Risikofaktorar og KPI ..... 5*
*5.1.3 Analytic Hierarchy Prosess (AHP) og modelletablering ..... 6*
*5.1.4 Vurdering av sjøkabelanlegga ..... 8*
*5.1.5 Prosjektsamanlikning og resultatpresentasjon ..... 8*
5.2 NETICA ..... 8

**6 INFORMASJONSINNSAMLING ..... 10**

**7 FMBA ..... 14**

7.1 RISIKOFAKTORAR OG KPI ..... 14
7.2 GRUNNLAG FOR KVALITATIV GRADERING ..... 15
7.3 SKALERING AV KRITERIER ..... 16
7.4 MODELLETABLERING ..... 19
7.5 VURDERING AV ANLEGGA ..... 20
7.6 RESULTAT FRÅ FMBA ..... 27
7.7 STRATEGIAR KNYTTA TIL FMBA ..... 29

**8 NETICA ..... 31**

8.1 MODELL BASERT PÅ PROSJEKTOPPGÅVE FRÅ HAUST 2007 ..... 31
8.2 MODELL AV KVALITATIV VURDERING ..... 32

**9 DISKUSJON ..... 35**

**10 KONKLUSJON ..... 37**

**11 FORSLAG TIL VIDARE ARBEID ..... 38**

**12 FIGURLISTE ..... 39**

**13 TABELLISTE ..... 40**

**14 LITTERATURLISTE ..... 41**

**15 VEDLEGG ..... 42**

# 4 Innleiing

## 4.1 Bakgrunn for oppgåva

Denne oppgåva er skrive som avsluttande masteroppgåve for sivilingeniørstudiet Energi og Miljø med spesialisering innan Energiforsyning ved NTNU i Trondheim. Den er skrive i samarbeid med Sintef Energiforskning AS der eg har hatt veiledaren min Eivind Solvang, og BKK Nett AS.

## 4.2 Mål med oppgåva

Problemstillinga i oppgåva er å sjå på korleis fleirmåls beslutningsanalyse (FMBA) og influensdiagram kan brukast ved vedlikehaldsplanlegging av sjøkabel i distribusjonsnettet. For å verte kjend med Netica er delar av prosjektoppgåva "Vedlikehold og fornyelse i BKK Nett" frå hausten 2007 brukt til å lage ein modell. Denne vart basert på ein lastsituasjon med 4 sjøkablar som forsyning til eit område.

Oppgåva har omfatta følgande aktivitetar:

1. Etablere nytteverdimodell i Netica for sjøkablane som vart analysert i prosjektoppgåva.

2. Beskrive aktuelle risikofaktorar og KPIar for sjøkablar hos BKK Nett med hensyn til økonomi, leveringspåliteligheit, personsikkerheit, omdømme, ytre miljø og teknisk tilstand.

3. Gi ein kort oversikt over aktuelle vedlikehaldsstrategiar for sjøkablar i fordelingsnett.

4. Etablere ein risikomodell for sjøkablar med beskrivelse av datagrunnlag, analysemetodar-/verktøy og resultatpresentasjon.

5. Implementere risikomodellen for utvalgte sjøkablar hos BKK Nett, samt analysere/beskrive risikoen for sjøkablane ved hjelp av risikomodellen.

## 4.3 Gjennomføring av oppgåva

I begynnelsen gikk med ein del tid på å sette seg inn i dei ulike verktøya som er brukt i oppgåva. Delar av prosjektoppgåva "Vedlikehald og fornyelse av sjøkabel i BKK Nett" [4] er brukt for å lage eit influensdiagram i Netica, og på denne måten fikk ein god kjennskap til korleis dette verktøyet fungerar. Modellen som vart laga over ein liten del av distribusjonsnettet til BKK Nett er presentert seinare i kapittel 8.1.

Til den kvalitative analysen som er gjennomført er det brukt eit verktøy der Sintef Energiforskning AS har utvikla ein prototyp i MS Excel for FMBA. Dette verktøyet har ikkje tidlegare vore brukt på den måten som er presentert i denne oppgåva, og det har ført til at

ein måtte justere litt underveis. Dette har ikkje budd på nokon problem, men det gav litt ekstra arbeid og god innsikt i korleis verktøyet fungerar.

For å gjennomføre ein FMBA bør ein ha god kjennskap til det som vert analysert. Det er difor brukt mykje tid på å samle inn og strukturere informasjon om sjøkabelanlegga for å kunne vurdere desse på best mogeleg grunnlag. Det viste seg etterkvart at datagrunnlaget er for dårleg til å gjennomføre ei reell analyse, og difor er vurderingane av sjøkabelanlegga fiktive. Likevel er vurderingane basert på grunnlag av dei data som er kjent, og alle valg som er gjort har vorte begrunna. Dette er ikkje problematisk med tanke på denne oppgåva sidan den har fokus på korleis desse verktøya kan brukast på ei slik problemstilling, og ikkje på datagrunnlaget som vert brukt.

I Netica er det utarbeida eit influensdiagram som kan brukast til å sjå korleis resultatet av ei vurdering kan endre seg ved å justere på vurderingsskalaane og sjølve vurderinga. Denne gir umiddelbart svar på evt endringar, og er difor svært nyttig dersom ein er i tvil om vurdering eller vurderingsskala er riktig.

## 4.4 Oppbygging av rapporten

I denne rapporten er verktøya som er brukt i oppgåva presentert i eit eige kapittel tidleg i rapporten slik at ein får eit innblikk i korleis desse fungerar. Datainnsamlinga og informasjonen som er samla inn om anlegga er presenterte i eit eige kapittel om informasjonsinnsamling. Deretter er det eit kapittel om analysen som er gjort ved hjelp av FMBA-verktøyet. Modellane som er laga i Netica er presenterte i eit eige kapittel der ein får eit innblikk i korleis desse fungerar.

I kapittla diskusjon og konklusjon vert det vurdert og konkludert med om desse verktøya kan vere nyttige i ein slik setting.

## 4.5 Begrepsavklaring

Ein del av begrepa og forkortingane som vert som vert brukt i teksten kan vere vanskelege å forstå, så difor er dei samla i Tabell 1 for å gi ein kort beskrivelse.

Når Sintef er nevnt i teksten viser dette til Sintef Energiforskning AS, og BKK viser til BKK Nett AS.

***Tabell 1 Begrepsavklaring***

| Begrep/forkorting | Definisjon |
|---|---|
| AHP | Analytic Hierarchy Process |
| FMBA | Fleirmåls beslutningsanalyse |
| Pd-måling | Partial discharge-måling. Målemetode som registrerar partielle utladningar i isolasjonen, og kor på kabelen desse er å finne. |
| NNV | Netto Noverdi |

# 5 Verktøy som vert brukt i oppgåva

Dei ulike verktøya som er brukt i oppgåva vert her presentert kort.

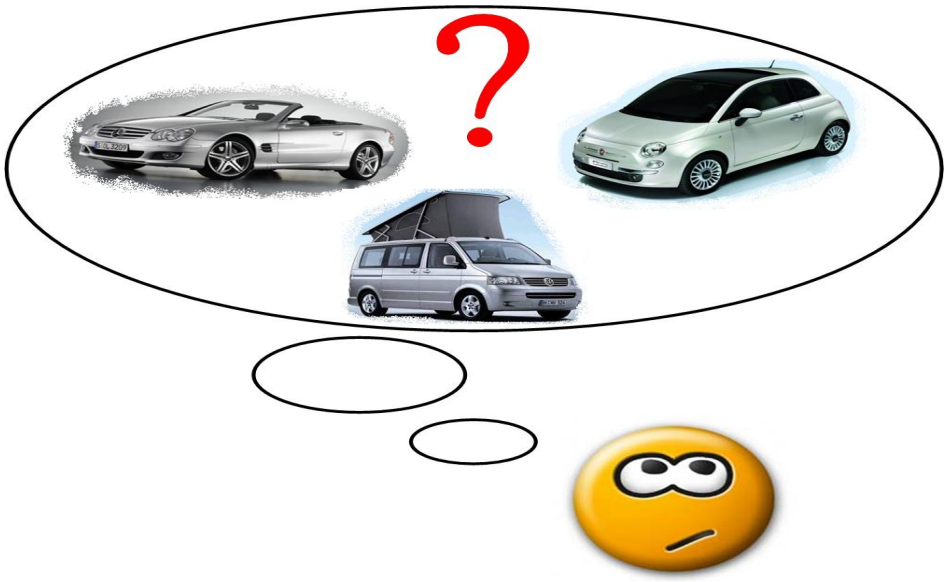
## 5.1 Prototyp av FMBA-verktøy frå Sintef

FMBA er ein analysemetode som er vorte teke i bruk i nokre selskap i kraftbransjen i Norge, men for veldig mange er dette eit ukjent verktøy. Ved Sintef er det utvikla eit verktøy som er basert på denne analysemetoden, og denne prototypen er basert på MS Excel. For å få betre innblikk i bruken av dette verktøyet vil det bli gitt ei lita innføring om FMBA og sjølve verktøyet i dette kapittelet.

### 5.1.1 Bakgrunn for bruk av FMBA

Når eit prosjekt skal gjennomførast er det ofte fleire ulike alternativ for korleis dette kan gjerast. Alternativa blir ofte framlagt med ei noverdiberekning og litt ”synsing” rundt andre faktorar som kan spele inn på totalresultatet. Dette gir beslutningstakarane litt innsikt i dei ulike alternativa, men det kan vere vanskelig for dei å samanlikne og komme fram til det alternativet som er best egna.

Metodikken som ligg til grunnlag for FMBA møter ein til stadigheit i det daglege livet og eit eksempel på dette kan vere ved feks bilkjøp. Dersom valget står mellom to-tre biltypar ein vurderar å kjøpe, så må ein vurdere faktorar som komfort, motorstyrke, lastekapasitet, driftsøkonomi etc for bilane opp mot kvarandre. Dette må ein samanlikne med kva ein vil oppnå med bilkjøpet, og i tillegg må ein ta hensyn til prisen ein må betale for bilen. Å vite kva som er det beste valget kan vere vanskeleg då det er mange faktorar å ta omsyn til, og det er her FMBA kjem inn. Ved å lage grunnlagsmodellen basert på det som vil oppnåast ved bilkjøpet, kan ein vurdere bilane på likt grunnlag og sjå kva slags bil som er best egna.



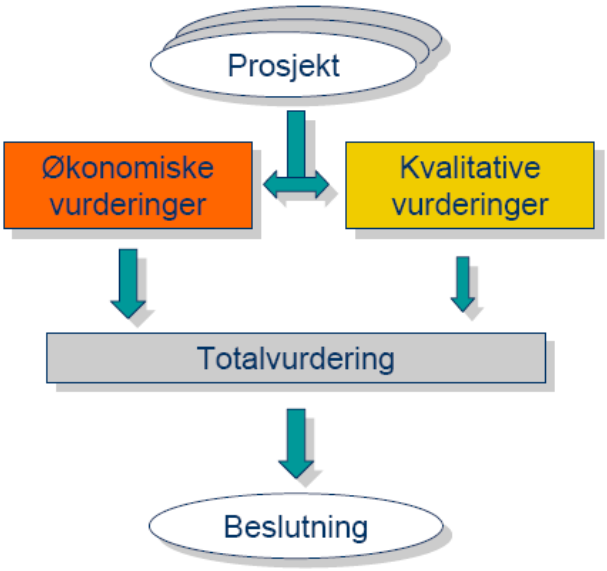
***Figur 1 Bilkjøper illustrasjon.***

FMBA er ein analysemetode som ser på dei kvalitative faktorane i eit prosjekt og gir dei ein konkret verdi. Felles for desse faktorane er at dei er vanskelige å kvantifisere tallmessig, og det er lettare å ty til kvantitative begrep som feks ”bidreg noko” eller ”bidreg svært mykje” for å beskrive situasjonen. Dette kan feks vere faktorar som leveringspåliteligheit, personsikkerheit og ytre miljø, og vil vere gradert utifrå korleis bedrifta vektlegg dei ulike begrepa.

FMBA-verktøyet som Sintef har utvikla har med hell vore brukt til å finne det mest føremålstenelege alternativet blant fleire mogelegheiter for å gjennomføre ulike prosjekt. I masteroppgåven til Solveig Hammershaug Ulseth frå 2004 [3], har feks verktøyet vore brukt for å finne det mest føremålstenelege alternativet for vedlikehald og rehabilitering av vannkraftverk. Andre eksempel på bruk av verktøyet er ved rangering av nokre vedlikehaldsprosjekt som skal gjennomførast, slik at ein velg å gjennomføre dei mest føremålstenelege prosjekta først.

Likheitstrekka med dei problemstillingane som verktøyet til no har vore brukt på er at det er samanlikning av forholdsvis få alternativ der ein har mykje informasjon knytta til dei ulike alternativa. I Sintef-verktøyet tar prosjektvurderinga hensyn til økonomien til prosjekta i form av Netto Noverdi, og brukar dette som ein faktor i den endelege vurderinga.

I Figur 2 er hovudtrekka rundt FMBA presentert




***Figur 2 Konseptet rundt FMBA.***

I denne oppgåva blir verktøyet brukt til å vurdere sjøkabelanlegg i distribusjonsnettet til BKK. Dette for å rangere anlegga utifrå kva slags av dei som bør vurderast nermare mws tanke på forebyggande vedlikehald eller evt reinvestering. Denne måten å bruke verktøyet på har ikkje vore gjort før, så det medførte at resultat frå verktøyet vart bearbeida i eigne rekneark for å få betre oversikt. Dette var mest fordi verktøyet er berekna for ferre og meir detaljerte prosjekt der økonomisk faktorar også er tekne med, og resultatpresentasjonen vart difor litt rotete til denne typen bruk.

### 5.1.2 Risikofaktorar og KPI

For å kunne gjennomføre ein FMBA må ein definere kva slags kvalitative faktorar ein skal ta med i analysen. Desse faktorane har innvirkning på resultatet av den kvalitative vurderinga, og for alle faktorane er det viktig å sette opp medhørande KPIar slik at brukaren av verktøyet forstår betydninga av faktoren. Feks kan ein faktor som ”Leveringspåliteligheit” ha ”fare for følgefeil i nettet”, ”historikk rundt antal avbrot og lengde på avbrot” som tilhøyrande KPI.

Sidan AHP-metoden(drøfta i neste kapittel) er brukt for å vekte kriteria innbyrdes bør ein avgrense antal faktorar til dei som er viktigast for analysen. Dette ser ein av formelen for antal parvise samanlikningar presentert i Formel 1 der *n* står for antal parvise samanlikningar for *N* antal faktorar.

$$n = \frac{(N^2 - N)}{2}$$

***Formel 1***

Følgeleg får ein 3 parvise samanlikningar ved 3 valgte faktorar, 15 samanlikningar ved 6 faktorar og 36 samanlikningar ved 9 faktorar.

For å få gode resultat er det viktig at ein er gjer ein nøysom jobb med dei kvalitative faktorane. I følge [2] er det ulike "køyrereglar" for kva desse bør oppfylle for at dei skal vere tenelege for sine føremål, og her blir 5 moment som bør vurderast lista opp:

Kriteria bør:

- vere **komplette**, dvs inneholde alle viktige moment ved vurderinga av prosjekta.
- vere **dekomponerbare**, dvs at det skal vere mogeleg å ta stilling til ein faktor utan at ein samtidig må ta stilling til eit anna.
- vere **operasjonelle**, dvs at det skal vere mogeleg å bruke faktorane i ei konkret vurdering, og at alle alternativa som vert vurdert kan verte beskrevne i henhold til faktorane.
- ikkje inneha **redundans**, dvs same faktor skal ikkje implisitt inngå i fleire faktorar slik at ein unngår "dobbeltelling". Ein måte å identifisere dette på er å fjerne ein faktor frå modellen, og sjå om modellen er representativ. Dersom faktoren kan fjernast utan at det spelar noko rolle , så bør den heller ikkje vere med i modellen.
- vere så **få** som mogeleg. Minimering av antalet faktorar som inngår i den endelege modellen er viktig med tanke på å gjere jobben handterbar, og for å holde fokus på dei viktigaste forholda.

Desse reglane vil vere vanskelige å overholde i praksis då dei ofte er motstridande, og difor må ein ofte gjere kompromiss med tanke på kva som skal vektleggast og kva som ikkje treng å vere med.

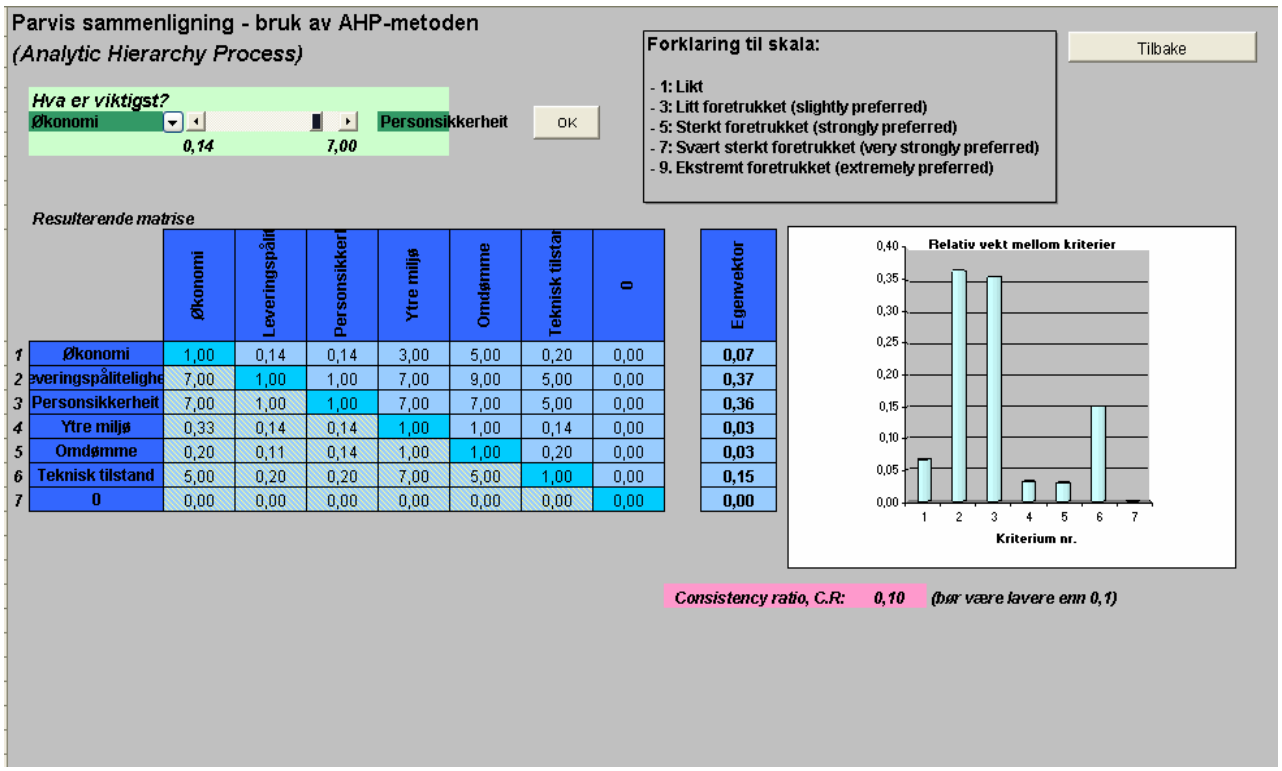
### 5.1.3 Analytic Hierarchy Prosess (AHP) og modelletablering

For å vekte faktorane opp mot kvarandre i den totale vurderinga er AHP-metoden brukt. Det er ein hierarkisk beslutningsstøttemetode som ved parvis samanlikning av faktorane dannar grunnlaget for den relative vektinga mellom dei. Faktorane blir samanlikna utifrå ein vurderingsskala som er presentert i Tabell 2.

***Tabell 2 Vurderingsskala utifrå AHP-metoden [3]***

| Verbal beskrivelse | Numerisk verdi |
|---|---|
| Likt (equal) | 1 |
| Litt føretrekte (slightly preferred) | 3 |
| Sterkt føretrekte (strongly preferred) | 5 |
| Svært sterkt føretrekte (very strongly preferred) | 7 |
| Ekstremt føretrekte (extremely preferred) | 9 |

Som ein del av prototypen Sintef har utvikla for FMBA-problematikk, inngår det eit verktøy som gjennomfører vektinga basert på AHP-metoden. Heile denne prototypen er basert på MS Excel, er lett å skjøne og sparar ein for ein del arbeid. I Figur 3 ser ein eit utdrag frå verktøyet i bruk og korleis samanlikninga av faktorane påvirkar kva slags faktorar som blir mest vektlagt i vurderinga.




***Figur 3 Grensesnitt for samanlikning ved hjelp av Sintef-verktøy.***

Denne delen av vurderinga er det viktig å gjennomføre i samarbeid med ledelsen i bedrifta fordi det er dei som er endelige beslutningstakarar for kva slags prosjekt som skal gjennomførast. Det er også dei som har best oversikt over korleis bedrifta prioriterar dei ulike faktorane. Dersom dei har vore delaktige i å legge grunnlaget for analyseverktøyet er det også lettare for at dei tek resultata frå analysen på alvor sjølv om det er mange usikkerheitsfaktorar knytta til analysene.

### 5.1.4 Vurdering av sjøkabelanlegga

Når ein har fått alle vurderingar og skaleringar på plass vert grunnlags-modellen for vurderinga etablert, og ein må ein vurdere dei ulike anlegga opp i mot kriteria som er vorte fastsett. Dette vert gjort for alle sjøkablane og på denne måten blir dei vurdert utifrå dei same kriteria slik at dei vert samanlikna på likt grunnlag. For kvart anlegg vert dei ulike faktorane vurdert utifrå kor mykje dei påverkar anlegga, og dette kan feks vere gradert utifrå skalaen som er presentert i Tabell 3.

***Tabell 3 Eksempel på vurderingsskala for faktorane i eit prosjekt.***

| Verbal beskrivelse |
|---|
| 1: Bidreg ikkje |
| 2: Bidreg noko |
| 3: Bidreg mykje |
| 4: Bidreg svært mykje |
| 5: Bidreg ekstremt mykje |

Den verbale beskrivelsen i Tabell 3 er knytta til numeriske verdiar, men desse verdiane kan variere frå faktor til faktor sidan skalaen blir tilpassa individuelt. Felles for alle er derimot ytterpunkta i skalaen som skal vere 0 og 1, dvs at ”Bidreg ikkje” vil ha verdien 0 og ”Bidreg ekstremt mykje” vil ha verdien 1 for alle faktorane.

### 5.1.5 Prosjektsamanlikning og resultatpresentasjon

Etter at alle anlegg er vorte vurdert blir dei så samla i prosjektsamanlikninga der ein får ei grafisk framstilling av korleis anlegga er rangert i høve til kvarandre. På denne måten kan ein sjå kva slags anlegg ein bør prioritere i planlegging av vedlikehald og fornying. Sidan verktøyet har blitt brukt til eit formål litt utanom det vanlige, er det lettare å få ein god oversikt over situasjonen ved å ta ut data frå verktøyet og behandle dei vidare i eit nytt rekneark.

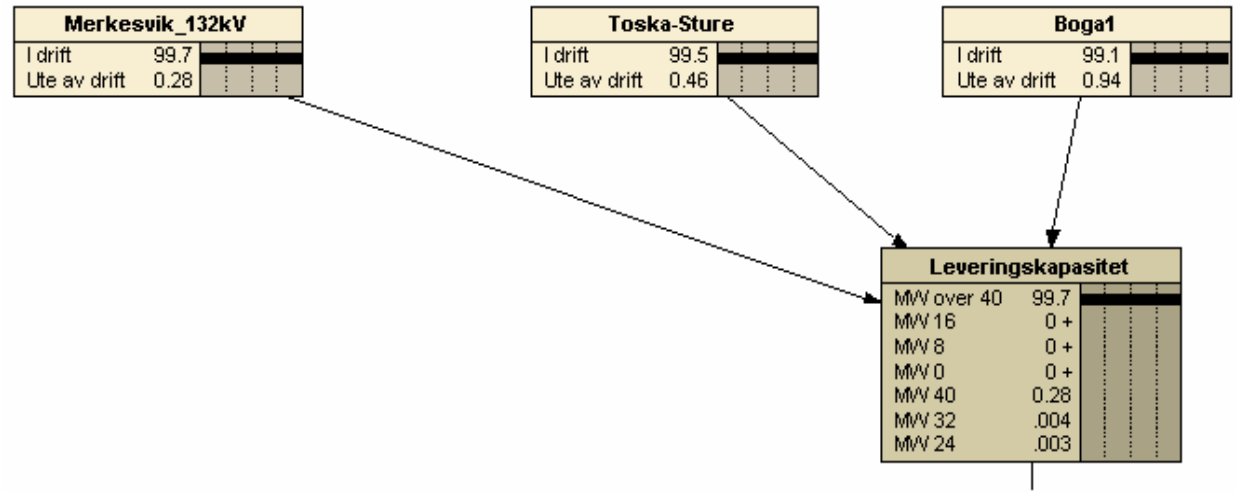
## 5.2 Netica

Netica er eit dataprogram som kan brukast til å lage influensdiagram og er utvikla av Norsys software corp. Influens vil seie å ha innvirkning på, og derav er eit influensdiagram eit diagram der ein samlar faktorar som har innvirkning på eit resultat og systematiserer desse. Dei ulike faktorane vert definert i nodar der ein kan legge inn ulike utfall av denne faktoren. Utfalla vert vekta med for eksempel prosentvis sjangse for at det skal skje, og dette vert etterkvart samla og strukturert for å avgjere korleis dette har innvirkning på resultatet. I programmet kan ein bygge opp store nettverk av nodar med dei ulike faktorane som har innvirkning på resultatet av problemstillinga. Dei ulike nodane består av viktige parameterar

som virkar inn på problemstillinga, og ved å forandre verdiane på dei ulike nodane kan ein sjå korleis det totale resultatet blir påvirka av desse valga.

Tabellane i nodane blir relativt store etterkvart som fleire nodar vert tilført, og det er difor sterkt å tilrå å gjere dei fleste utrekningane i Excel for så å kopiere dei over i Netica. Sjølv om dei to programma ikkje kommuniserar så veldig godt saman(punktum og komma som deleteikn etc.) er det veldig gunstig å bruke dei paralellt for å lette arbeidet og å få betre oversikt under oppbygginga av modellen.

Verktøyet er eit veldig illustrativt verktøy som med fordel kan brukast mot slutten av prosjekt ovanfor beslutningstakarar for å tydeliggjere konsekvensane av ulike alternativ. Grensesnittet til Netica er vist i Figur 4 med nokre nodar presentert. Her illustrerar dei tre nodane øverst tre sjøkabelanlegg, og tala som står i boksane står for kor stor prosentandel dei er i drift, og kor stor prosentandel dei ikkje er i drift. Utifrå dette kan ein i den nederste noden rekne ut kor stor sannsynligheit det er for ulike scenario av leveringskapasitet då det er begrensa kor stor kapasitet det er i dei ulike sjøkablane.




***Figur 4 Eksempel på bruk av Netica.***

For å bli kjent med dette verktøyet vart delar av prosjektoppgåva ”Vedlikehald og fornyelse i BKK Nett” brukt som bakgrunnsmateriale for å lage ein modell. Der var alle utrekningane gjennomført, så difor var dette godt materiale for å modellering med dette verktøyet.

# 6 Informasjonsinnsamling

For å kunne gjennomføre ei analyse med føremål å rangere sjøkabelanlegg for vedlikehald og evt reinvestering treng ein så mykje data om forbindelsane som mogeleg.

Etter at BKK har kjøpt opp mange av dei mindre energiselskapa i Hordaland har ikkje all informasjon rundt sjøkablane komt fram til rett plass.

Å samle informasjon om kablane har vore ein viktig del av oppgåva då det er dette som dannar grunnlaget for analysen. Dette har teke ein del tid då det har vore vanskeleg å få tak i informasjon, men alt som har vorte samla inn er presentert i Tabell 4 og Tabell 5.

I BKK er det 66 sjøkabelforbindelsar i distribusjonsnettet, og av desse er 23 av forbindelsane med spenningsnivå på 1 kV eller lavare. 1 kV-forbindelsane vert ikkje sjekka ved undersjøisk kontroll utanom dei som ligg i spesielt værutsette områder, men det vert gjennomført sjekk som er pålagt kvart halvår. Kablane som er på 0,23 kV vert ikkje sjekka i det heile.

For alle sjøkablane med spenningsnivå mellom 6 og 22 kV er det periodisk vedlikehald der ein sjekkar katodisk beskyttelse(for dei anlegga som har det), landtak og utfører undersjøisk kontroll. Desse tiltaka har ulike sjekkfrekvensar, då det er ulike anbefalingar og kostnadar knytta til desse. Landtakssjekk vert gjennomført årlig, mens det gjerne går 5-10 år mellom kvar gong det er undersjøisk sjekk.

Utifrå desse opplysningane er det valgt å kun vurdere dei anlegga som er mellom 6 og 22 kV. Alle anlegg på 1 kV og 0,23 kV er difor merka med grått i tabellane der det ikkje er informasjon som er nødvendig å ha med for desse.

***Tabell 4 Informasjon om sjøkabelanlegga side 1.***

**Sjøkabelanlegg i BKK sitt distribusjonsnett.**

| Anlegg | | Fakta | | | | | | | Info | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr | Kabelanlegg | ID-nr | Sjøkart nr | Utlagt år | Kabeltype | Sp.nivå[ kV] | Type beskyttelse | Lengde [m] | Forsynes av sek. st. | Radial-forbind. | Ring-forbind. | Ca KILE [Kr/time] | Ca gj.snitt effekt [kW] | Kommentar etter gjennomgang av mulige problem. Gjennomgått av BKK. |
| | **Indre Øst** | | | | | | | | | | | | | |
| | *Bergen - Sæmnanger:* | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Skolten - Tollboden | SH516 | 21 | 1965 | NKKA 5 Kab (1 defekt 185Cu og 4*150Cu) | 11 | | 390 | Koengen | | X | | | Ein kabel er defekt og den er av type 150Cu. Dei 4 som er OK er alle av type 185Cu. Feil på ytterligare ein kabel vil ikkje lage problem, i så fall vil kabel 482(defekt), og ny kabel sammenkoblast på Tollbodalmenningen. Ved feil på kabel 481må det i tillegg krysskjøytast 2 kablar på Tollbodalmenningen. |
| 2 | Dokken - Damsgård | SH134 | 21 | 1989 | PEX 3 Kab | 11 | Ingen | 159 | Dokken | | X | | | 2 stk 11 kV kablar som kryssar Puddefjorden nær bruene, sammen med 132 kV kabel Dokken-Simonsvik. Kabel 2101 er defekt, mens kabel 2102 er i orden. Begge av type 240Al. Kabel 1837 og 1838 kryssar i bro og ikkje i sjø. |
| 3 | Holmen - Seimskaien | SH090 | 119 | 1993(1 ny kabel i 2005) | PEX 6 Kablar(4*150Cu og 2*240Al) | 11 | ingen | 150 | Arnavågen | | X | | | Kabel 2644 er ikkje spenningssatt. Av kablane er det kabel 1344 som er viktigast, men også denne har alternativ forsyning. |
| 4 | Kyrkjetangen - Nordeide | SH170 | 21 | 1980 | PEX 3+1 Kab(Sign.kab) (1*150Cu og 2*240Al) | 11 | ingen | 767 | Dolvik | | X | | | Feil på en kabel vil handterast, men må reparerast. Kabel 752 er av type 150Cu mens dei to andre er 240Al. |
| 5 | Utskot - Rolvsvåg | SH427 | 22 | 1986 | TXRA 150Al | 22 | Offeranode | 2085 | Frøland | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. |
| 6 | Gåsdal - Frøland | Kabel i innsjø | | 1990 | 3*150 Al | 22 | ingen | 1285 | Frøland | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. |
| | *Osterøy:* | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Klubben - Ulfnesøy | SH530 | 119 | | 25Cu | 22 | Katodisk besky. | 463 | Lone | X | | | 117 | Ingen alternativ. 1 kunde. Aggregat mulighei? |
| | *Vaksdal:* | | | | | | | | | | | | | |
| 7b | N Trollkona - Mv/naust Tys. | | | 1996 | TSQE 3*50 Cu | 1 | | 1190 | 1Kv | X | | | | |
| 7c | N Furnestreet - Mv/N Furn. | | | 1996 | TPILP 3*95 Al | 1 | | 20 | 1Kv | X | | | | |
| 7c | Mv/N Furnestreet - Mv/naust | | | 1996 | 3*50 Cu | 1 | | 603 | 1Kv | X | | | | |
| | **Indre Vest** | | | | | | | | | | | | | |
| | *Sotra:* | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Litlebukken - Buarøy | SH187 | 21 | 1990 | DKAB 25 Cu | 22 | Katodisk besky. | 480 | Hammersland | X | | 1 000 | 100 | Ingen alternativ. Aggregat mulighei må sjekkast ut, transportmulighei via ferge. |
| 9 | Litlebukken - Buarøy | SH187 | 21 | 1986 | HKRA 25 Cu | 22 | Katodisk besky. | 1180 | Hammersland | X | | 1 000 | 100 | Ingen alternativ. Aggregat mulighei må sjekkast ut, transportmulighei via ferge. |
| 10 | Børnes - Visterøy | SH186 | 21 | 1997 | TXRA 50 Cu | 22 | Katodisk besky. | 2104 | Hammersland | X | | 1 300 | 120 | Ingen alternativ. Aggregat mulighei må sjekkast ut, transportmulighei via ferge. |
| 11 | Buvika, Knappskog - Geitang | SH139 | 21 | 1981 | HKRA 25 Cu | 22 | Katodisk besky. | 663 | Ågotnes | X | | 500 | 30 | Ingen alternativ. Aggregat mulighei? Ved feil bør det vurderast overgang til 1kV-anlegg som vil vere billigare. |
| 12 | Vollen - Tofterøy | SH033 | 21 | 1978 | HKRA 95Al | 22 | Katodisk besky. | 630 | Hammersland | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. |
| 12b | Døsjøneset - Bibelskulen | | | 1981 | TFSP | 22 | | 200 | Litle-Sotra | | X | | | |
| 13 | Gavlen - Steinsundholmen | SH184 | 21 | 1980 | TXRA 50 Cu | 22 | Katodisk besky. | 810 | Litle-Sotra | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast, via sjøkabel nr 14. |
| 14 | Bjorøy - Lie | SH384 | 21 | 1980 | TXRA 50 Cu | 22 | Katodisk besky. | 1730 | Litle-Sotra | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast, via sjøkabel nr 13. |
| 15 | Skoganeset - Haganes | SH153 | 21 | 1980 | TXRA 50 Cu | 22 | Katodisk besky. | 400 | Litle-Sotra | X | | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. |
| 16 | Viksøy - Upsøy | SH381 | 21 | 1990 | TSQE 25 Cu | 22 | Ingen | 1022 | Hammersland | X | | 240 | 30 | Ingen alternativ. Aggregat mulighei? Ved feil bør det vurderast overgang til 1kV-anlegg som vil vere billigare. |
| 17 | Litlebukken - Bjelkarøy | SH188 | 21 | 1990 | TSQE 25 Cu | 22 | Ingen | 488 | Hammersland | X | | 400 | 40 | Ingen alternativ. Aggregat mulighei må sjekkast ut, transportmulighei via ferge. |
| 18 | Arefjord - Langholmen | SH511 | 21 | 1988 | TXSP 25 Al | 22 | Ingen | 780 | Litle-Sotra | X | | 220 | 30 | Ingen alternativ. Aggregat mulighei? Ved feil bør det vurderast overgang til 1kV-anlegg som vil vere billigare. |
| 19 | Hellesøy - Jøgersholmen | SH388 | 23 | 2003 | TSRE 35Cu | 6 | Katodisk besky. | 1900 | Kollsnes | X | | 400 (mangelfulle tal) | 10 (mangelfulle tal) | Ingen alternativ. Aggregat mulighei, brukt ved kabelfeil i 2004. Ved feil bør det vurderast overgang til 1kV-anlegg som vil vere billigare. |
| 20 | Jøgersholmen - Rotøy | SH214 | 23 | 2002 | DKRA 35Cu | 6 | Katodisk besky. | 620 | Kollsnes | X | | 400 (mangelfulle tal) | 10 (mangelfulle tal) | Ingen alternativ. Aggregat mulighei, brukt ved kabelfeil i 2004. Ved feil bør det vurderast overgang til 1kV-anlegg som vil vere billigare. |
| 21 | Rotøy - Hernar | SH216 | 23 | | NKRA 35Cu | 6 | Katodisk besky. | 1263 | Kollsnes | X | | 250 (mangelfulle tal) | 5 (mangelfulle tal) | Ingen alternativ. Aggregat mulighei, brukt ved kabelfeil i 2004. Ved feil bør det vurderast overgang til 1kV-anlegg som vil vere billigare. |
| 22 | Hernar - Horsøy | SH217 | 23 | ca 1980 | PFRA 16Cu | 6 | Offeranode | 900 | Kollsnes | X | | 0 (mangelfulle tal) | 0 (mangelfulle tal) | Ingen alternativ. Aggregat mulighei, brukt ved kabelfeil i 2004. Ved feil bør det vurderast overgang til 1kV-anlegg som vil vere billigare. |
| | *Os:* | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Skorpo/Forstrøno vest - Forstrøno/Nordstrøno | SH161 | 21 | 1986 | 25Cu | 7.5 | | 1000 | Os trafo.st | X | | 250 | 31 | Ingen alternativ. Aggregat mulighei? Ved feil bør det vurderast overgang til 1kV-anlegg som vil vere billigare. |
| 24 | Sørstrøno - Sundøy | SH162 | 21 | 1985 | 150Cu | 22 | | 770 | Os trafo.st | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. |
| 24b | Brattholmen - Bjørnarøy | SH165 | 21 | | | 1 | | | Os trafo.st | | | | | |

**Tabell 5 Informasjon om sjøkabelanlegga side 2.**

| Sjøkabelanlegg i BKK sitt distribusjonsnett. | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anlegg | | Fakta | | | | | | | Info | | | | | |
| Nr | Kabelanlegg | ID-nr | Sjøkart nr | Utlagt år | Kabeltype | Sp.nivå[ kV] | Type beskyttelse | Lengde [m] | Forsynes av sek. st. | Radial-forbind. | Ring-forbind. | Ca KILE [Kr/time] | Ca gj.snitt effekt [kW] | Kommentar etter gjennomgang av mulige problem. Gjennomgått av BKK. |
| | **Nord** | | | | | | | | | | | | | |
| | *Gulen - Masfjorden:* | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Duesund - Masfjordnes | SH397 | 24 | 1980 | 25 Cu | 22 | Offeranode | 1270 | Frøyset | X | | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. Ved ein feil bør ein vurdere å bytte til større tverrsnitt. |
| 26 | Hopsvatn | Kabel i innsjø | | 1980 | 25 Al | 22 | | 650 | Matre | X | | 0 (tal mangelfulle) | 0 (tal mangelfulle) | Ingen alternativ. Aggregat mulighet? Ved feil bør ein vurdere overgang til 1kV-anlegg, som vil vere billigare. |
| 27 | Sløvåg - Skipavik | SH330 | 24 | 1982 | 50 Cu | 22 | Offeranode | 1500 | Frøyset | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. |
| 28 | Mjømna - Klauneset | SH356 | 24 | 1991 | 50 Cu | 22 | Offeranode | 1050 | Frøyset | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. |
| 29 | Tunsberg nord - Nappen | SH351 | 24 | 1990 | 50 Cu | 22 | Offeranode | 2x450 | Frøyset | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast, via sjøkabel nr 30. |
| 30 | Tunsberg sør - Nappen | SH352 | 24 | 1991 | 50 Cu | 22 | Offeranode | 500 | Frøyset | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast, via sjøkabel nr 29. |
| 31 | Grønevik - Hisarøy | SH385 | 24 | 1990 | 25 Cu | 22 | Offeranode | 750 | Frøyset | X | | 400 | 50 | Ingen alternativ. Aggregat mulighet? |
| 32 | Førsund - Hest | SH122 | 251 | 1957 | 25 Cu | 22 | Offeranode | 200 | Matre | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ er på linje som hurtig kan reparerast. Ved ein feil bør ein vurdere å bytte til større tverrsnitt pga mulige småkraftverk som kan komme til å forsyne over denne kabelen. |
| 33 | Søreide - Østerbø (vann) | Kabel i innsjø | | 1986 | 50 Cu | 22 | Offeranode | 1200 | Matre | X | | 0 (tal mangelfulle) | 0 (tal mangelfulle) | Ingen alternativ. Aggregat mulighet? Då trasèen kan bli framtidig inn-/utmating mot 22kV transformering i framtidig Østerbø kraftverk, bør det leggast betydelig større tverrsnitt ved feil. |
| 34 | Vilsvik - Vassøy | SH1157 | 24 | 1973 | 25 Cu | 1 | | 600 | 1Kv | X | | | | |
| 35 | Vassøy - Vatnøy | SH1158 | 24 | 1973 | 25 Cu | 1 | | 1300 | 1Kv | X | | | | |
| 36 | Rød - Glavær | SH1160 | 24 | 1973 | 25 Cu | 1 | | 2200 | 1Kv | X | | | | |
| 37 | Glavær - Hille | SH1161 | 24 | 1973 | 25 Cu | 1 | | | 1Kv | X | | | | |
| 38 | Store Kvernøy - Koksøy | SH1167 | 24 | 1999 | 25 Cu | 1 | | | 1Kv | X | | | | |
| 39 | Eivindvik - Fonna | SH1168 | 24 | 1980 | 25 Cu | 1 | | | 1Kv | X | | | | |
| 40 | Koksøy - Grima | SH1170 | 24 | 1992 | 25 Cu | 1 | | | 1Kv | X | | | | |
| 41 | Mjømna - Svinøy | SH1163 | 24 | 1960 | | 1 | | | 1Kv | X | | | | |
| 42 | Halsøy - Herøy | SH1164 | 24 | 2000 | 25 Cu | 0.23 | | | 1Kv | X | | | | |
| 43 | Heggelund - Westervik | SH1165 | 24 | 1993 | | 0.23 | | | 1Kv | X | | | | |
| 44 | Naustvågen | SH1161 | 24 | 1993 | | 0.23 | | | 1Kv | X | | | | |
| 45 | Halsøy - Raunøy | SH1166 | 24 | 2000 | 25 Cu | 0.23 | | 1000 | 1Kv | X | | | | |
| 46 | Matre - Matreøy | SH1162 | 24 | 1994 | PFSP 25 Cu | 0.23 | ingen armering | 340 | 1Kv | X | | | | |
| 47 | Fagervik - Kjeøy | SH1159 | 24 | 1992 | PFSP 50 Cu | 0.23 | ingen armering | 30 | 1Kv | X | | | | |
| 48 | Store Kvernøy - Lille Kvernøy | | | 1960 | 25 Cu | 1 | | 300 | 1Kv | X | | | | |
| 49 | Børholm - Stuholm | | | 1970 | 25 Cu | 0.23 | | 150 | 1Kv | X | | | | |
| 50 | Grima - Kversøy | | | 2003 | 240 Al | 0.23 | | 100 (i rør) | 1Kv | X | | | | |
| 51 | Kløvtveit - Hauge | | | 2003 | 35 Al (armert 22 kV) | 0.23 | | 500 | 1Kv | X | | | | |
| 52 | Klokkeidevågen - | | | 2003 | TFXP 4*150 Al | 0.23 | | 100 | 1Kv | X | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | *Nordhordland:* | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | Rossland - Skarvøy | SH223 | 23 | 1954 | HKRA 35 Cu | 22 | | 950 | Meland | X | | | | Ingen alternativ. Få kundar? Bør vurdere å forsyne som 1kV eller 400V dersom feil skadar kabel. Muligens kan eksisterande kabel leggast om til 400V og dermed auke levetida. (Ved havari av kabel vil denne strekninga bli overført til Askøy, og dermed ikkje lenger vere ein del av BKK sitt nett. Jmfr Ivar Eidsheim.) |
| 54 | Sætrevik - Blomøy | SH196 | 23 | 1979 | NKRA 95 Cu | 22 | Katodisk besky. | 8900 | Kartveit | | X | | | Kabel er ikkje kritisk. Alternativ forsyning på linje som hurtg kan reparerast. |
| 55 | Flatøyosen | SH307 | 23 | 1985 | TXRA 150 Cu | 22 | | 500 | Meland | | X | | | I normal drift ved Frank Mohn, vil ein i dei aller fleste situasjonar klare seg uten kabelen, men ved testkjøring på fullast, kan kabelhavari vere problematisk. Det er forøvrig enkelt å avhjelpe ein del med mobile aggregat. |
| 56 | Fedje - Store Langøy | SH529 | 23 | 1954/1987 | HKRA 25 Cu | 22 | Katodisk besky. | 5824 | Mongstad | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ forsyning på kabel nr 57. Ved feil bør ein vurdere å bytte til større tverrsnitt på kabel pga mulige nye vindkraftverk som kan komme til å levere over denne sjøkabelen. Omlegging til ringforbindelse på Fedje bør også vurderast. |
| 57 | Fedje - Lerøy | SH045 | 23 | 1982 | TXRA 35 Cu | 22 | Katodisk besky. | 8700 | Mongstad | | X | | | Kabel er ikkje kritisk, men evt feil må utbedrast. Alternativ forsyning på kabel nr 56. Ved feil bør ein vurdere å bytte til større tverrsnitt på kabel pga mulige nye vindkraftverk som kan komme til å levere over denne sjøkabelen. Omlegging til ringforbindelse på Fedje bør også vurderast. |
| 58 | Alverstraumen | SH304 | 23 | 1971 | TXRA 150 Cu | 22 | | 200 | Kartveit | | X | | | Kabel er ikkje kritisk. Alternativ forsyning på linje som hurtg kan reparerast. |
| 59 | Boga - Sture 1 | SH084 | 23 | 1985 | NKVA 240 Cu | 22 | | 15463 | Kartveit | | X | | | 1 av 2 kablar som er reserve for 132/22kV transformator på Sture. Ved feil må det foretakast ei nermare vurdering av nytteverdi opp mot reperasjonskostnadar. |
| 60 | Boga - Sture 2 m/fiberelement | SH083 | 23 | 1986 | TXVA 240/400 Cu | 22 | | 15000 | Kartveit | | X | | | 1 av 2 kablar som er reserve for 132/22kV transformator på Sture. Ved feil må det foretakast ei nermare vurdering av nytteverdi opp mot reperasjonskostnadar. Denne kabelen har også fiberforbindelse. |
| 61 | Toska - Sture | SH085 | 23 | 1985 | NKVA 240 Cu | 22 | | 7600 | Kartveit | | X | 42 090 | 950 | Kabel er ikkje kritisk. Alternativ forsyning på linje som hurtg kan reparerast. Ved feil på linje må det takast ei nermare vurdering av nytteverdi opp mot reperasjonskostnadar. |

Kontrollane som vert utført i BKK gir kun oversikt over mekanisk slitasje, og det er derfor vanskelig å seie noko om den elektriske tilstanden til sjøkablane i nettet. Sidan dei undersjøiske kontrollane dei siste åra har undersøkt tilstanden til alle sjøkablane mellom 6 og 22 kV, har ein nokså god oversikt over den mekaniske tilstanden. Ein oversikt over den elektriske tilstanden er også ein viktig faktor med tanke på å kunne anslå sviktsannsynligheit og restlevetid, og deretter kunne planlegge optimalt vedlikehald og eventuelle reinvesteringstidspunkt.

BKK har tilgjengelig pd-målingsutstyr som er montert i bil, så å skaffe seg ein oversikt over den elektriske tilstanden burde la seg gjennomføre. To sjøkabelanlegg er per dags dato(Mai 2008) bestilt for slik måling, og resultata frå desse målingane vil gi viktig informasjon knytta til vedlikehaldet av desse anlegga.

# 7 FMBA

I analysene som tidlegare er gjennomført ved hjelp av verktøyet frå Sintef, er det brukt på prosjekt med 3-4 alternativ for gjennomføring, eller for rangering av vedlikehaldsprosjekt utifrå kva slags prosjekt som er mest føremålstenelege å utføre først. Felles for denne bruken er at det er få alternativ med mykje kjent informasjon, og økonomiske berekningar er også foretekne.

I denne oppgåva blir verktøyet brukt på ein annan måte då det her er snakk om å lage ei gradering over alle sjøkablane. På denne måten får ein ei oversikt over kva slags kablar som ein bør ha høgast på prioriteringslista for vedlikehald. Dette har resultert i ei analyse med mange anlegg og lite informasjon per anlegg.

## 7.1 Risikofaktorar og KPI

Her er risikofaktorane og medfølgande KPIar som er utforma for sjøkabelanlegga presentert.

**Økonomi**

- KILE.
- Utbetring og reperasjon ved feil.

KPI: Utgifter/KILE registrert i reknskap og budsjett knytta til enkelte kablar.

**Leveringspåliteligheit**

- Antal avbrot.
- Avbrotstid.
- Fare for overbelastning i andre delar av nettet dersom ein kabel får utfall.
- Ankringsaktivitet i nærleiken av kabel.

KPI: Feilstatistikkar og historikk på utetider.

**Personsikkerheit**

Skadar knytta til:

- Utforming av landtak. Om det er åpent eller beskytta.
- Oljemuffer som kan bli sprengde ved overspenningar.
- Vedlikehaldsarbeid på anlegget.

KPI: Antal personskadar av ei viss alvorligheitsgrad som følge av dårlig tilstand.

**Ytre miljø**

- Forureining frå vedlikehaldsarbeid.
- Oljelekkasje frå oljefylte kablar.
- Visuell forureining ved landtak.

KPI: Antal hendelsar med forureining av ein viss størrelse. Oljepåfylling i muffer. - Kvar vert oljen av, og i kva slags mengder?

**Omdømme**

- Sure kundar.
- Kjendis kundar.
- Industri.
- Negativ omtale i media.
- Ringvirkningar av dårlig omtale over på andre divisjonar i same konsern.

KPI: Antal negative oppslag i media. Antal sure kundar som ringer inn til nettsentral/kundeservice.

**Teknisk tilstand**

- Mekanisk slitasje som følge av straum i vatnet.
- Slitasje på landtak.
- Degradering som følge av korrosjon.

KPI: Rapportar etter tilstandskontroll som blant anna indikerar grad av degradering iht 4-punkts-degraderingsgrafen(Vedlegg 1). Pd-målingar og geografisk plassering av kabel.

Erfaring i BKK viser at kablane utaskjærs er meir utsett for korrosjon enn dei som ligg innaskjærs.

## 7.2 Grunnlag for kvalitativ gradering

I analysa er det gjort ei vurdering på kablane slik dei er i dag, og korleis tilstanden er forventa å endre seg i løpet av dei neste 5 åra.

I denne oppgåva er 5 år valgt som analyseperiode då dette er eit vanlig intervall for undersjøisk sjekk for kablar som er verdt å følge ekstra nøye med på. Dette gjer at ein kan forutsette at det ikkje er andre større planlagte vedlikehaldsmessige aktivitetar på sjøkablane under denne perioden.

Vurderinga for kablane i dag er basert på tilstanden i dag, og historikken til kablane dei to siste åra med tanke på faktorane som vert vurdert i analysen. Dette er for å ha eit fastsett datagrunnlag å ta utgangspunkt i.

Utifrå denne analysa kan ein anslå kva slags kablar som har størst risiko for å måtte gjennomgå uforutsett vedlikehald i løpet av denne perioden utifrå kvalitative vurderingar.

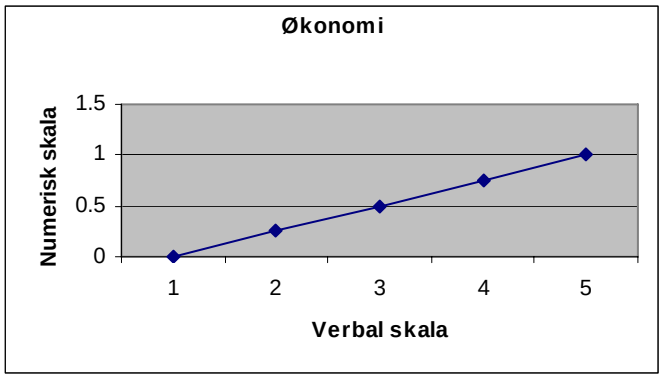
## 7.3 Skalering av kriterier

I denne oppgåva er det valgt å skalere kriteria utan innspel frå BKK. Dette fordi målet med oppgåva er å sjå på om eit slikt analyseverktøy egnar seg godt for å gradere ulike vedlikehaldsprosjekt. Om skaleringane og verdiane er reelle spelar ikkje noko rolle. I tillegg er det for lite data på sjøkabelanlegga til å gjennomføre ei god reell analyse.

For dei ulike kriteria er det brukt ein verbal skala med tilhøyrande numeriske verdiar, og i denne vurderinga er den skalaen delt opp i fem for å ha eit høveleg utvalg. Dei ulike graderingane er forskjellige for kvart kriterie og er presenterte i tabellane og grafane under.

***Tabell 6 Økonomisk vurderingsskala.***

| Økonomi | |
|---|---|
| Verbal skala | Numerisk skala |
| 1: Ingen utgifter | 0 |
| 2: Utgifter under 10 000 kr | 0,25 |
| 3: Utgifter frå 10 000 - 50 000 kr | 0,5 |
| 4: Utgifter frå 50 000 - 200 000 kr | 0,75 |
| 5: Utgifter over 200 000 kr | 1 |

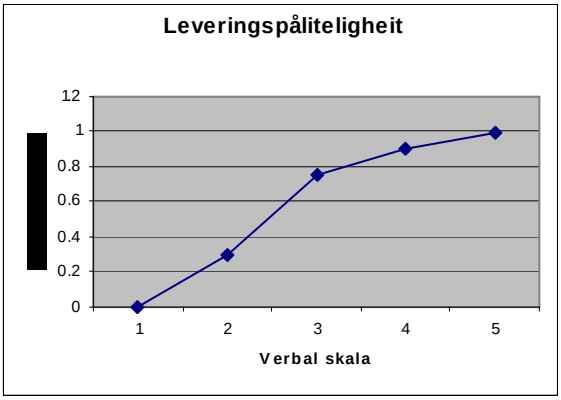



***Figur 5 Grafisk framstilling av økonomisk vurderingsskala.***

Det er valgt å gi økonomi ein lineær skala då det er eit godt utgangspunkt for skalering når ein har ein tilhøyrande verbal skala som passar til dette.

***Tabell 7 Vurderingsskala for leveringspåliteligheit.***

| Leveringspåliteligheit | |
|---|---|
| Verbal skala | Numerisk skala |
| 1: Ingen avbrot | 0 |
| 2: Under 5 avbrot, kort avbrotstid | 0,3 |
| 3: Under 5 avbrot, lang avbrotstid | 0,75 |
| 4: 5-10 avbrot, lang avbrotstid | 0,9 |
| 5: Over 10 avbrot, lang avbrotstid | 1 |

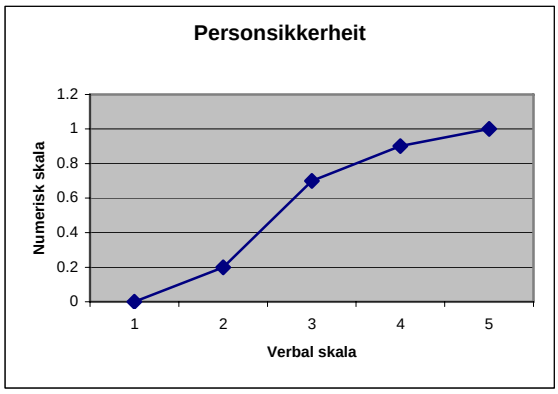



***Figur 6 Grafisk framstilling av vurderingsskala for leveringspåliteligheit.***

Leveringspåliteligheit er noko av det viktigaste i eit nettselskap, og dei alvorligaste hendelsane har difor fått oppjustert skalaen noko.

***Tabell 8 Vurderingsskala for personsikkerheit.***

| Personsikkerheit | |
|---|---|
| Verbal skala | Numerisk skala |
| 1: Ingen skadar | 0 |
| 2: Få og små personskadar | 0,2 |
| 3: Få, men alvorlige personskadar | 0,7 |
| 4: 1 død, opptil 5 alvorlig skada | 0,9 |
| 5: Fleire enn 1 død. Over 5 alvorlig skada. | 1 |

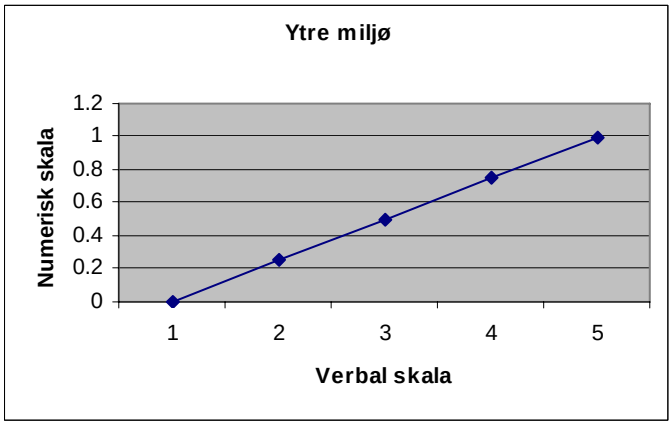



***Figur 7 Grafisk framstilling av vurderingsskala av personsikkerheit.***

Personsikkerheit står høgt i fokus hjå BKK og har difor fått oppjustert skalaen for dei alvorlige hendelsane.

***Tabell 9 Vurderingsskala for ytre miljø.***

| Ytre miljø | |
|---|---|
| Verbal skala | Numerisk skala |
| 1: Ingen miljøskade | 0 |
| 2: Få miljøskadar | 0,25 |
| 3: Omfattande skadar på miljøet | 0,5 |
| 4: Alvorlige og farlige skadar på miljøet | 0,75 |
| 5: Svært alvorlige og langvarige skadar på miljøet | 1 |

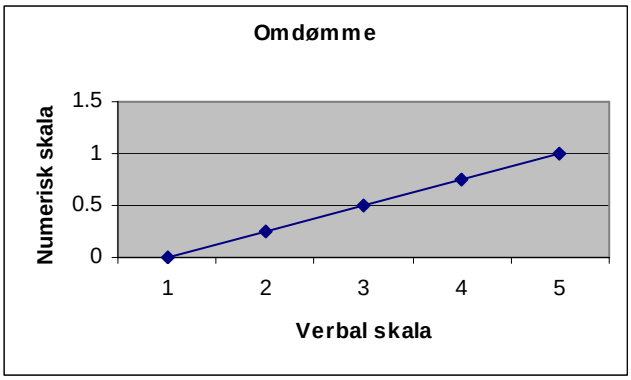



***Figur 8 Grafisk framstilling av vurderingsskala for ytre miljø.***

Ytre miljø har fått ein lineær skala då den tilhøyrande verbale skalaen er passande for ein standardskala.

***Tabell 10 Vurderingsskala for omdømme.***

| Omdømme | |
|---|---|
| Verbal skala | Numerisk skala |
| 1: Ingen dårlig omtale | 0 |
| 2: Noko dårlig omtale | 0,25 |
| 3: Noko dårlig omtale, mange sure kundar | 0,5 |
| 4: Mykje dårlig omtale | 0,75 |
| 5: Mykje dårlig omtale, mange sure kundar | 1 |

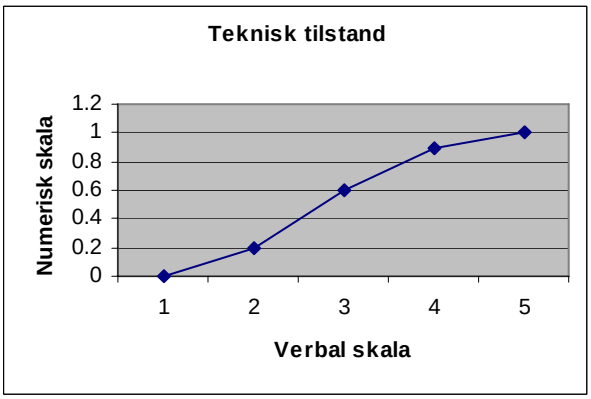



***Figur 9 Grafisk framstilling av vurderingsskala for omdømme.***

Omdømme har og fått standardutgaven av skaleringa då den verbale skalaen passar til den lineæra tilnærminga.

***Tabell 11 Vurderingsskala for teknisk tilstand.***

| Teknisk tilstand | |
|---|---|
| Verbal skala | Numerisk skala |
| 1: Veldig god tilstand på kabel (T1) | 0 |
| 2: Noko degradering av kabel (T2-T3) | 0,2 |
| 3: Dårlig tilstand (slutt T3 - tidleg T4) | 0,6 |
| 4: Svært dårlig tilstand (T4) | 0,9 |
| 5: Havari kan inntreffe når som helst | 1 |




***Figur 10 Grafisk framstilling av vurderingsskala for teknisk tilstand.***

Den tekniske tilstanden får oppjustert dei alvorlige utfalla då tilstanden til kablane er svært viktig med tanke på tilstandskontroll, vedlikehald og reinvestering. Graderinga av tilstanden kan gjerne knyttast opp mot 4-punkts-degraderingsgrafen presentert i Vedlegg 1, derav T1, T2, T3 og T4 i parantes i den verbale skalaen.

Dei tilhøyrande numeriske verdiane til denne skalaen kan enkelt forandrast på og tilpassast den enkelte bedrift si interne prioritering, eller så kan ein velge å skalere dei lineært. Det som er viktig er at det er ein god samanheng mellom den verbale skalaen og den numeriske skalaen.

Kriteria og medfølgande skaleringar vart lagt inn i FMBA-verktøyet som ein del av grunnlaget for prosjektvurderinga.

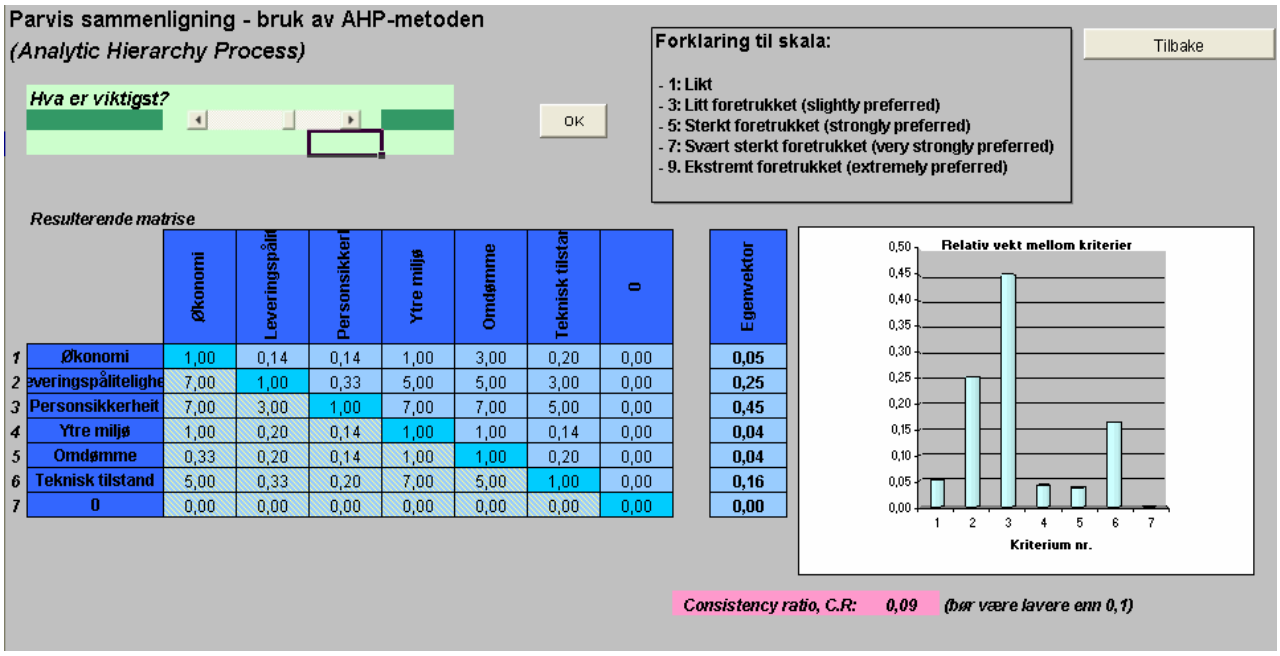
## 7.4 Modelletablering

For å vekte dei ulike kriteria opp mot kvarandre er AHP-metoden brukt, og i Tabell 12 er det vist korleis vektingane er gjort.

***Tabell 12 Tabell over AHP-vekting.***

| | | |
|---|---|---|
| Leveringssikkerheit | er svært sterkt foretrukke framfor | økonomi. |
| Personsikkerheit | er svært sterkt foretrukke framfor | økonomi. |
| Økonomi | er likt vekta med | ytre miljø. |
| Økonomi | er litt foretrukke framfor | omdømme. |
| Tekninsk tilstand | er sterkt foretrukke framfor | økonomi. |
| Personsikkerheit | er litt foretrukke framfor | leveringspåliteligheit. |
| Leveringspåliteligheit | er sterkt foretrukke framfor | ytre miljø. |
| Leveringspåliteligheit | er sterkt foretrukke framfor | omdømme. |
| Leveringspåliteligheit | er litt foretrukke framfor | teknisk tilstand. |
| Personsikkerheit | er svært sterkt foretrukke framfor | ytre miljø. |
| Personsikkerheit | er svært sterkt foretrukke framfor | omdømme. |
| Personsikkerheit | er sterkt foretrukke framfor | teknisk tilstand. |
| Ytre miljø | er likt vekta med | omdømme. |
| Teknisk tilstand | er svært sterkt foretrukke framfor | ytre miljø. |
| Teknisk tilstand | er sterkt foretrukke framfor | omdømme. |

Dette er lagt inn i FMBA-verktøyet som del av grunnlaget for prosjektvurderinga, og den relative vektinga mellom kriteria er presentert både grafisk og i tabell som vist i Figur 11. Relativ vekting er det same som eigenvektor og tabellen er vist ved sida av den grafiske framstillinga.




| | | Økonomi | Leveringspålit | Personsikkerh | Ytre miljø | Omdømme | Teknisk tilstan | 0 | Egenvektor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Økonomi | 1,00 | 0,14 | 0,14 | 1,00 | 3,00 | 0,20 | 0,00 | 0,05 |
| 2 | everingspålitelighe | 7,00 | 1,00 | 0,33 | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 0,00 | 0,25 |
| 3 | Personsikkerheit | 7,00 | 3,00 | 1,00 | 7,00 | 7,00 | 5,00 | 0,00 | 0,45 |
| 4 | Ytre miljø | 1,00 | 0,20 | 0,14 | 1,00 | 1,00 | 0,14 | 0,00 | 0,04 |
| 5 | Omdømme | 0,33 | 0,20 | 0,14 | 1,00 | 1,00 | 0,20 | 0,00 | 0,04 |
| 6 | Teknisk tilstand | 5,00 | 0,33 | 0,20 | 7,00 | 5,00 | 1,00 | 0,00 | 0,16 |
| 7 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

***Figur 11 Parvis samanlikning av kriterie og grafisk framstilling av relativ vekting.***

## 7.5 Vurdering av anlegga

Med modellen og grunnlaget i boks kan prosessen med å vurdere alle sjøkabelanlegga igangsettjast. Desse antakelsane er gjort på grunnlag av kjennskap til nokre av kablane, geografisk plassering og den informasjonen som er tilgjengelig. Alle vurderingane har blitt kommentert for å gi ein kort begrunnelse for valga som er gjort.

Vurderingane har blitt gjort utifrå skjemaet som er vist i Figur 12 der faktorane er presenterte med verbale vurderingsskalaar.

| Skjema for vurdering av sjøkabelanlegg. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Nr og navn på anlegg:* | | | *Dato:* | |
| | | | *Utført av:* | |
| Merk av for det alternativet som passar i dei grå boksane. | | | | |
| **Økonomi** | 1 | Ingen utgifter | | *Kommentar:* |
| | 2 | Utgifter under 10 000 kr | | |
| | 3 | Utgifter frå 10 000 - 50 000 kr | | |
| | 4 | Utgifter frå 50 000 - 200 000 kr | | |
| | 5 | Utgifter over 200 000 kr | | |
| **Leverings-pålitelighet** | 1 | Ingen avbrudd | | *Kommentar:* |
| | 2 | Under 5 avbrudd, kort avbruddstid | | |
| | 3 | Under 5 avbrudd, lang avbruddstid | | |
| | 4 | 5-10 avbrudd, lang avbruddstid | | |
| | 5 | Over 10 avbrudd, lang avbruddstid | | |
| **Person-sikkerheit** | 1 | Ingen skadar | | *Kommentar:* |
| | 2 | Få og små personskadar | | |
| | 3 | Få, men alvorlige personskadar | | |
| | 4 | 1 død, opptil 5 alvorlig skada | | |
| | 5 | Fleire enn 1 død. Over 5 alvorlig skada. | | |
| **Ytre miljø** | 1 | Ingen miljøskade | | *Kommentar:* |
| | 2 | Få miljøskadar | | |
| | 3 | Omfattande skadar på miljøet | | |
| | 4 | Alvorlige og farlige skadar på miljøet | | |
| | 5 | Svært alvorlige og langvarige skadar på miljøet | | |
| **Omdømme** | 1 | Ingen dårlig omtale | | *Kommentar:* |
| | 2 | Noko dårlig omtale | | |
| | 3 | Noko dårlig omtale, mange sure kundar | | |
| | 4 | Mykje dårlig omtale | | |
| | 5 | Mykje dårlig omtale, mange sure kundar | | |
| **Teknisk tilstand** | 1 | Veldig god tilstand på kabel (T1) | | *Kommentar:* |
| | 2 | Noko degradering av kabel (T2-T3) | | |
| | 3 | Dårlig tilstand (slutt T3 - tidleg T4) | | |
| | 4 | Svært dårlig tilstand (T4) | | |
| | 5 | Havari kan inntreffe når som helst | | |
| *Kommentar:* | | | | |

***Figur 12 Skjema for vurdering av sjøkabel.***

I tillegg til å vurdere tilstanden slik den er i dag er det også gjennomført ei vurdering av om tilstanden vil forverre seg i løpet av ein tidsperiode på 5 år. Dette er gjort for å få med faktorar som kan påvirke tilstanden til anlegga fram mot neste vedlikehaldsrunde, og for å vise kva slags anlegg som er mest utsett mtp tilstand. Det er difor gjennomført tre vurderingar av anlegga. Den første tek for seg kablane i den tilstand dei er i dag, den andre viser korleis tilstanden er forventa å utvikle seg på 5 år og den tredje summerar dei to første vurderingane slik at ein får forventa tilstand om 5 år. Dette er gjort for å vise at kablar som kjem dårlig ut i dagens vurdering kan om 5 år vere i bedre stand enn andre kablar som er meir utsette for ytre påkjenningar.

Resultata av vurderinga er presentert i Tabell 14, Tabell 15, Tabell 16 og Tabell 17 der det er laga kolonner for dei ulike kriteria. For oversikta si skyld henviser verdiane i boksane til den verbale skaleringa av kriteriet. Vurderingsboksane er og merka med fargekodar slik at ein lettare ser kablane som gir stort utslag. Fargekodane er inndelt som vist i Tabell 13.

***Tabell 13 Tabell over fargekode for vurderingstabellen.***

| Numerisk vurderingsutslag | Farge |
|---|---|
| 1-2 | Grøn |
| 3 | Gul |
| 4-5 | Raud |

Alle vurderingane er kommenterte i boksen ved sidan av for å begrunne kvifor vurderinga er gjort slik. Anlegga som er merka i grått er ikkje med i vurderinga då dei er enten på 1 kV eller 0,23 kV.

**Tabell 14 Vurdering av anlegga side 1.**

| Sjøkabelanlegg i BKK sitt distribusjonsnett. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anlegg | | Kvalitativ vurdering av kablane i dag. | | | | | | | Forverring i den kvalitative vurderinga i eit 5-årsperspektiv. | | | | | | | Kvalitativ vurdering av anlegga dersom ein ser på kablane i eit 5-årsperspektiv. | | | | | |
| Nr | Kabelanlegg | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand | Kommentar til valg av kvalitative vurderingar | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand | Kommentar til forverring av anlegg | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand |
| | | Tala i den kvalitative vurderinga er basert på skaleringa som er gjort for dei ulike kriteria der talverdiane står for graderinga der 1 gir den lavaste kvalitative verdien og 5 gir den høgste. | | | | | | | Endring i vurdering av anlegga dersom ein ser på kablane i eit 5-årsperspektiv. 0 tilsvarar ingen endring, 1 tilsvarar eit steg forverring på vurderingsskalaen, 2 tilsvarar to steg forverring på skalaen osv. | | | | | | | Tala i den kvalitative vurderinga er basert på skaleringa som er gjort for dei ulike kriteria der talverdiane står for graderinga der 1 gir den lavaste kvalitative verdien og 5 gir den høgste. | | | | | |
| | **Indre Øst** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | *Bergen - Samnanger:* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Skolten - Tollboden | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | Kablane som ligg der er frå 1965 og scorar derfor dårlig på teknisk tilstand sjølv om legginga er veldig forsegjort og kablane er gravd ned i botnen over heile strekninga. Økonomi og leveringspåliteligheit er også vurdert til å bidra noko då strekninga er ein del av forsyninga i Bergen sentrum. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Forventar ei forverring på økonomi, leveringspåliteligheit og teknisk tilstand pga alder. | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| 2 | Dokken - Damsgård | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | Leveringssikkerheit scorar bra sidan det er fleire parallelle kablar i same anlegg. Sidan det er i sentrumsnært område er nok personsikkerheit og ytre miljø godt ivareteke. Antar noko kostnadar knytta til økonomi, ingen oppslag i media eller sure kundar og dårlig tilstand av kabelen. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 3 | Holmen - Seimskaien | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | Valga vart gjort utifrå at kablane ligg nært Bergen sentrum. Ellers er det rein gjetting! | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i teknisk tilstand sjølv om alder er ukjent. | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 4 | Kyrkjetangen - Nordeide | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | Viktig forbindelse med høg KILE. Utslag på økonomi, leveringspåliteligheit og omdømme pga av antagelse om ein feil på kabel. Kabelen er 28 år gammal og dette gir utslag på den tekniske tilstanden. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i teknisk tilstand pga alder. | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 5 | Utskot - Rolvsvåg | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | Viktig forbindelse med høg KILE. Utslag på økonomi, leveringspåliteligheit og omdømme pga av antagelse om ein feil på kabel. Kabelen er 22 år gammal og dette gir utslag på den tekniske tilstanden. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 6 | Gåsdal - Frøland | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Kabel ligg i innsjø og har lav KILE, antar difor at kabelen gir lav uttelling på alle punkt. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Forventar ei forverring på økpnomi, leveringspåliteligheit og teknisk tilstand pga alder. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | *Osterøy:* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Klubben - Ulfnesøy | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | Høg KILE, men berre 1 kunde. Industri? Radialforbindelse med aggregat som einaste alternativ. Antar ein feil, og det slår ut på leveringspåliteligheit, økonomi og omdømme. Kjenner ikkje til alder av kabel, og antar rundt 1980 som gir utslag på tilstand. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i teknisk tilstand pga alder. | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| | *Voksdal:* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7b | N Trollkona - Mw/naust Tys. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7c | N Furnestreet - Mw/N Furn. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7c | Mw/N Furnestreet - Mw/naust | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Tabell 15 Vurdering av anlegga side 2.**

| Sjøkabelanlegg i BKK sitt distribusjonsnett. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anlegg | | Kvalitativ vurdering av kablane i dag. | | | | | | | Forverring i den kvalitative vurderinga i eit 5-årsperspektiv. | | | | | | | Kvalitativ vurdering av anlegga dersom ein ser på kablane i eit 5-årsperspektiv. | | | | | |
| Nr | Kabelanlegg | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand | Kommentar til valg av kvalitative vurderingar | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand | Kommentar til forverring av anlegg | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand |
| | | Tala i den kvalitative vurderinga er basert på skaleringa som er gjort for dei ulike kriteria der talverdiane står for graderinga der 1 gir den lavaste kvalitative verdien og 5 gir den høgste. | | | | | | | Endring i vurdering av anlegga dersom ein ser på kablane i eit 5-årsperspektiv. 0 tilsvarar ingen endring, 1 tilsvarar eit steg forverring på vurderingsskalaen, 2 tilsvarar to steg forverring på skalaen osv. | | | | | | | Tala i den kvalitative vurderinga er basert på skaleringa som er gjort for dei ulike kriteria der talverdiane står for graderinga der 1 gir den lavaste kvalitative verdien og 5 gir den høgste. | | | | | |
| | **Indre Vest** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | *Sotra:* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Litlebukken - Buarøy | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 9 | Litlebukken - Buarøy | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 10 | Børnes - Visterøy | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 år gammal kabel. Rekna som strøken. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | Buvika, Knappskog - Geitang | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | Antar endring på grunnlag av alder. Personsikkerheit får utslag då det er ein gammal kabel og antar at landtaka ikkje er veldig forsegjort. | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 12 | Vollen - Tofterøy | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg utaskjers. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i tilstand, økonomi og leveringspåliteligheit på grunnlag av alder og at den ligg utaskjers. | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 12b | Døsjøneset - Bibelskulen | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg utaskjers. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i tilstand, økonomi og leveringspåliteligheit på grunnlag av alder og at den ligg utaskjers. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 13 | Gavlen - Steinsundholmen | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 14 | Bjorøy - Lie | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 15 | Skoganeset - Haganes | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar endring i leveringspåliteligheit pga alder. | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 16 | Viksøy - Upsøy | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg utaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i teknisk tilstand pga at den ligg utaskjers. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 17 | Litlebukken - Bjelkarøy | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar endring i økonomi og leveringspåliteligheit pga alder. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 18 | Arefjord - Langholmen | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 19 | Hellesøy - Jøgersholmen | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | Vekta etter antakelsar på grunnlag av at det er radialforbindelse, ein antatt alder på ca 30 år og at den ligg utaskjers. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar endring i leveringspåliteligheit pga alder og at den ligg utaskjers. | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| 20 | Jøgersholmen - Rotøy | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 år gammal kabel. Rekna som strøken. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 21 | Rotøy - Hernar | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | Vekta etter antakelsar på grunnlag av at det er radialforbindelse, ein antatt alder på ca 30 år og at den ligg utaskjers. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar endring i økonomi og leveringspåliteligheit pga alder og at den ligg utaskjers. | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 22 | Hernar - Horsøy | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | Vekta etter antakelsar på grunnlag av at det er radialforbindelse, ein antatt alder på ca 30 år og at den ligg utaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| | *Os:* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Skorpo/Forstrøno vest - Forstrøno/Nordstrøno | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | Vekta etter antakelsar på grunnlag av at det er radialforbindelse, alder og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 |

**Tabell 16 Vurdering av anlegga side 3.**

**Sjøkabelanlegg i BKK sitt distribusjonsnett.**

| Anlegg | | Kvalitativ vurdering av kablane i dag. | | | | | | | Forverring i den kvalitative vurderinga i eit 5-årsperspektiv. | | | | | | | Kvalitativ vurdering av anlegga dersom ein ser på kablane i eit 5-årsperspektiv. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr | Kabelanlegg | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand | Kommentar til valg av kvalitative vurderingar | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand | Kommentar til forverring av anlegg | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand |
| | | Tala i den kvalitative vurderinga er basert på skaleringa som er gjort for dei ulike kriteria der talverdiane står for graderinga der 1 gir den lavaste kvalitative verdien og 5 gir den høgste. | | | | | | | Endring i vurdering av anlegga dersom ein ser på kablane i eit 5-årsperspektiv. 0 tilsvarar ingen endring, 1 tilsvarar eit steg forverring på vurderingsskalaen, 2 tilsvarar to steg forverring på skalaen osv. | | | | | | | Tala i den kvalitative vurderinga er basert på skaleringa som er gjort for dei ulike kriteria der talverdiane står for graderinga der 1 gir den lavaste kvalitative verdien og 5 gir den høgste. | | | | | |
| 24 | Sørstrøno - Sundøy | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | Vekta etter antakelsar på grunnlag av at det er ringforbindelse, alder og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i teknisk tilstand pga alder. | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| 24b | Brattholmen - Bjørnarøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | **Nord** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | *Gulen - Masfjorden:* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Duesund - Masfjordnes | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | Vekta etter antakelsar på grunnlag av at det er radialforbindelse, alder og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i teknisk tilstand pga alder. | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 4 |
| 26 | Hopsvatn | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | Vekta etter antakelsar på grunnlag av at det er radialforbindelse, alder, at den ligg i vatn og har få kundar. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 27 | Sløvåg - Skipavik | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 28 | Mjømna - Klauneset | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar endring i økonomi og leveringspåliteligheit pga alder. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 29 | Tunsberg nord - Nappen | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar endring i økonomi og leveringspåliteligheit pga alder. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 30 | Tunsberg sør - Nappen | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar endring i leveringspåliteligheit pga alder. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 31 | Grønevik - Hisarøy | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 32 | Førsund - Hest | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i økonomi, leveringspåliteligheit og tilstand pga alder. | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 33 | Søreide - Østerbø (vann) | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | Vekta etter antakelsar på grunnlag av at det er radialforbindelse, alder, at den ligg i vatn og har få kundar. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 34 | Vilsvik - Vassøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | Vassøy - Vatnøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Rød - Glavær | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | Glavær - Hille | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | Store Kvernøy - Koksøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | Eivindvik - Fonna | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | Koksøy - Grima | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Tabell 17 Vurdering av anlegga side 4.**

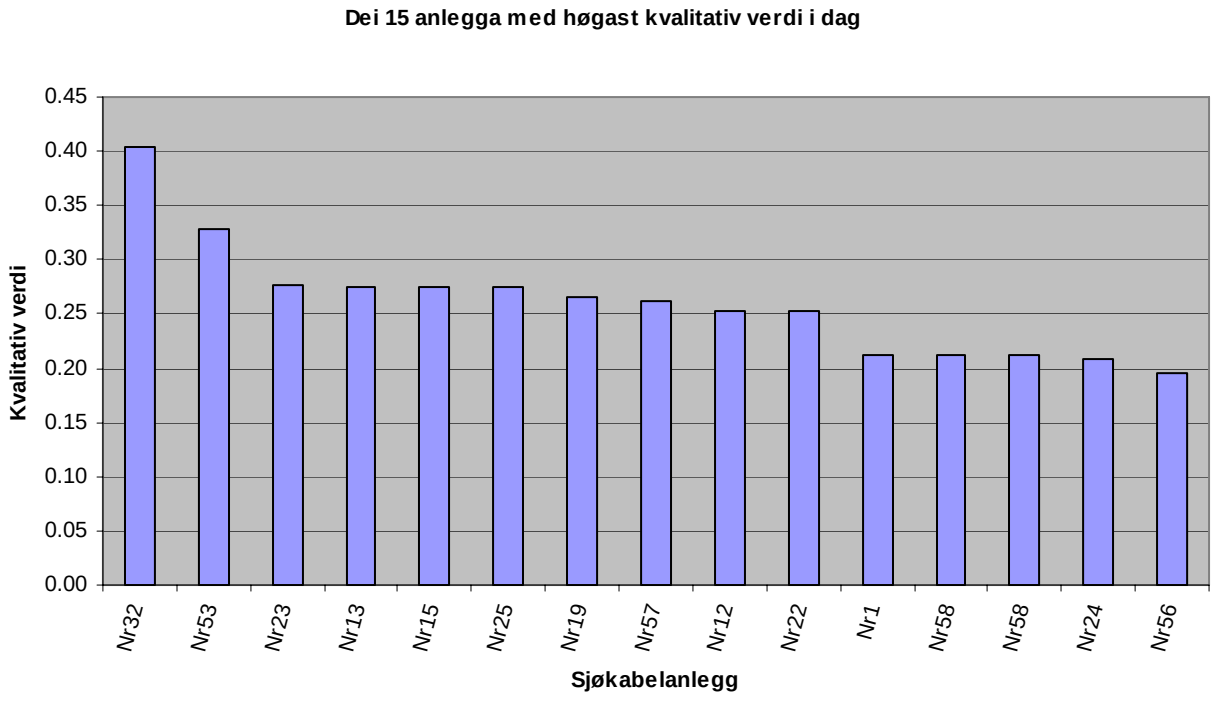
| Sjøkabelanlegg i BKK sitt distribusjonsnett. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anlegg | | Kvalitativ vurdering av kablane i dag. | | | | | | | Forverring i den kvalitative vurderinga i eit 5-årsperspektiv. | | | | | | | Kvalitativ vurdering av anlegga dersom ein ser på kablane i eit 5-årsperspektiv. | | | | | |
| Nr | Kabelanlegg | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand | Kommentar til valg av kvalitative vurderingar | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand | Kommentar til forverring av anlegg | Økonomi | Leverings-pålitelighet | Person-sikkerheit | Ytre Miljø | Omdømme | Teknisk tilstand |
| | | Tala i den kvalitative vurderinga er basert på skaleringa som er gjort for dei ulike kriteria der talverdiane står for graderinga der 1 gir den lavaste kvalitative verdien og 5 gir den høgste. | | | | | | | Endring i vurdering av anlegga dersom ein ser på kablane i eit 5-årsperspektiv. 0 tilsvarar ingen endring, 1 tilsvarar eit steg forverring på vurderingsskalaen, 2 tilsvarar to steg forverring på skalaen osv. | | | | | | | Tala i den kvalitative vurderinga er basert på skaleringa som er gjort for dei ulike kriteria der talverdiane står for graderinga der 1 gir den lavaste kvalitative verdien og 5 gir den høgste. | | | | | |
| 41 | Mjømna - Svinøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | Halsøy - Herøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | Heggelund - Westervik | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | Naustvågen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | Halsøy - Raunøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | Matre - Matreøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | Fagervik - Kjeøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | Store Kvernøy - Lille Kvernøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | Børholm - Stuholm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | Grima - Kversøy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | Kløvtveit - Hauge | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | Klokkeidevågen - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | *Nordhordland:* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | Rossland - Skarvøy | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 5 | Tilstanden til denne kabelen er meget dårlig og den kan havarere når som helst. Det eine landtaket er åpent med kabel som manglar jute og armering slika at det er åpent inn til blykappa. Får utslag på ytre miljø for visuell forureining. Kabelen forsyner ei øy med ein kunde og liten last. Ved havari er det ein avtale om at energiselskapet på Askøy skal ta over anlegget. | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | Denne kabelen er nok havarert innen 5 år og er ei potensiell fare for uvedkommande. | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 5 |
| 54 | Sætrevik - Blomøy | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | Kabelen er 29 år og får derfor utslag på teknisk tilstand. Ellers er kabelen lite viktig når det gjeld leveringspåliteligheit og økonomi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| 55 | Flatøyosen | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 56 | Fedje - Store Langøy | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg over ei strekning med eign del skipstrafikk. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Antar endring i teknisk tilstand pga alder. | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 57 | Fedje - Lerøy | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg over ei strekning med eign del skipstrafikk. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 58 | Alverstraumen | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | Antakelsar gjort på grunnlag av alder, type forbindelse og at den ligg innaskjers. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 59 | Boga - Sture 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | Ligg kun som reserveforsyning og virkar derfor ikkje inn på eign del av faktorane. Antakelsar basert på alder. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 60 | Boga - Sture 2 m/fiberelement | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | Ligg kun som reserveforsyning og virkar derfor ikkje inn på eign del av faktorane. Antakelsar basert på alder. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 61 | Toska - Sture | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | Inngår i reserveforsyning, men er i daglig drift. Kabel er 23 år og evt feil berører mange kundar, så det er grunnlaget for antakelsane. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Antar ingen endring for denne forbindelsen. | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 |

## 7.6 Resultat frå FMBA

Når alle anlegga er vurdert utifrå modellgrunnlaget gjenstår det kun å sammenfatte resultata og presentere dei på ein god måte. Ved importering av resultata til verktøyet som sammenfattar og presenterar resultata i Sintef-verktøyet viste det seg at det er best å vidareforedle resultata i eit nytt rekneark for å presentere resultatet på best mogeleg måte. I det nye reknearket er resultata sorterte etter den kvalitative verdien med synkande verdi slik at kablane det står dårligast til med kjem høgast opp på lista.

Resultata etter analysa er presentert i tabell og grafisk, men sidan det er mange anlegg i distribusjonsnettet er det kun dei 15 mest utsette anlegga som blir grafisk presenterte her. Fullstendige grafar og tabellar er presentert i Vedlegg 2.

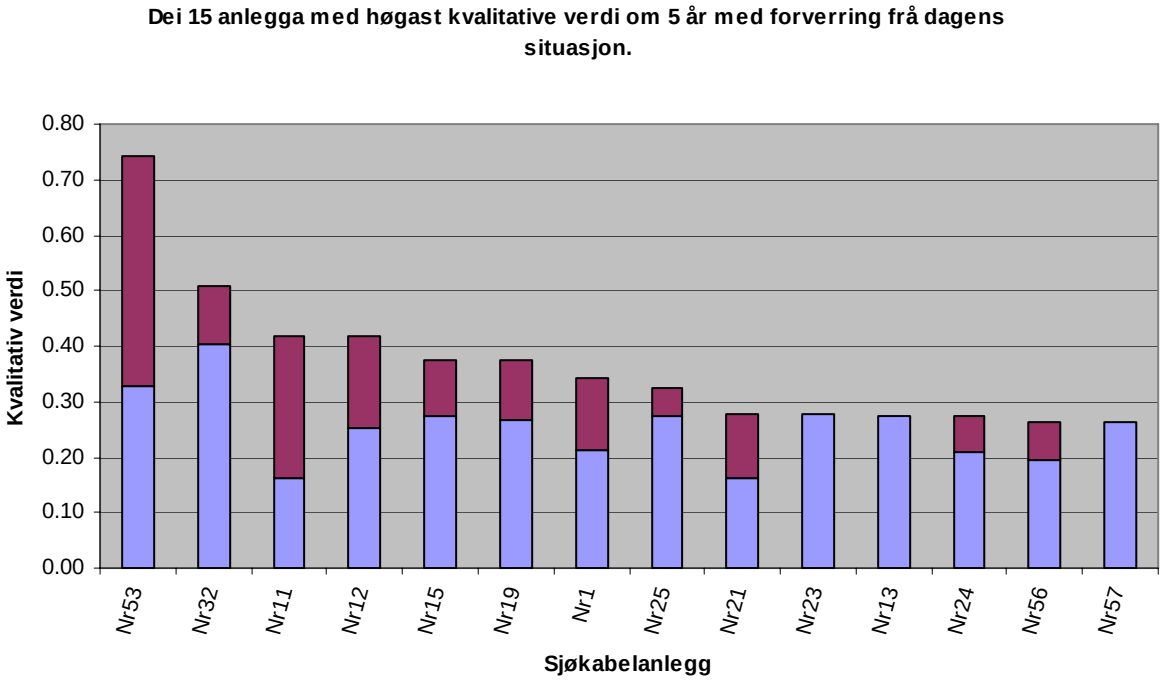
I Figur 13 er resultatet for vurderinga av anlegga på noverande tidspunkt vist.




***Figur 13 Grafisk framvisning av dagens vurdering av anlegga.***

For å få med korleis den kvalitative vurderinga av anlegga er forventa å utvikle seg er forventa kvalitativ verdi om 5 år presentert i Figur 14. Dagens tilstand er også vist i grafen slik at ein ser endringa som har skjedd på 5 år. Den delen som er farga lilla er dagens tilstand, mens det som er farga vinrødt er den forventa endringa i kvalitativ verdi i løpet av perioden.

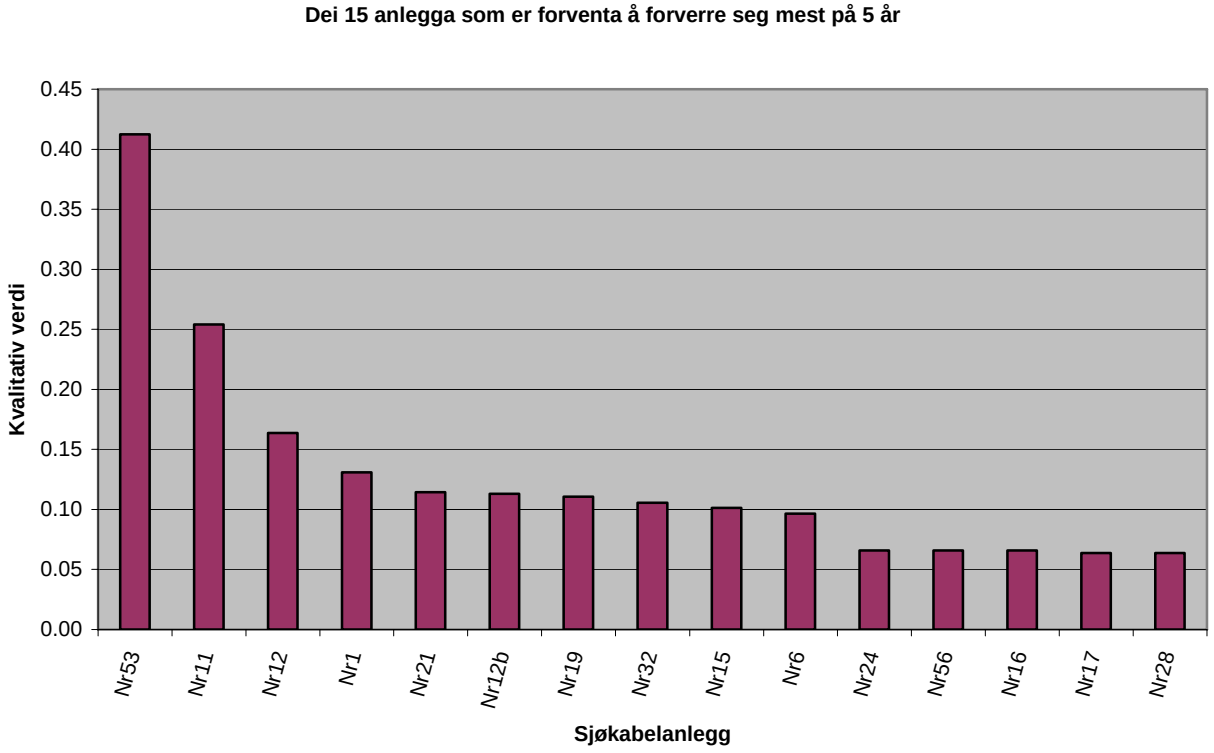
Ved å samanlikne grafane ser ein at fleire anlegg går igjen blant dei 15 med høgast verdi, og desse anlegga bør ein ha høgt på prioriteringslista for vedlikehald.




***Figur 14 Graf med forventa kvalitativ verdi om 5 år***

Ved å sjå på endringa i den kvalitative verdien i dag og om 5 år, ser ein kva slags anlegg som er forventa å tape seg mest i løpet av denne perioden.

Endringa i kvalitativ verdi er sortert synkande og vist i Figur 15. Det er også her kun dei 15 med høgast utslag som er presentert, mens heile tabellen er vist i Vedlegg 2.




***Figur 15 Graf av dei 15 anlegga som har størst auke i kvalitativ verdi på 5 år.***

Av grafane ser ein at det er nokre kabelanlegg som skiller seg ut med høge kvalitative verdiar og det er spesielt kabel nr 53 og 32. Etter desse er det ein del som ligg på eit ganske likt nivå, og dei må ein også vere obs på. Desse kablane er dei som det står dårligast til ved utifrå vurderingane som er gjort, og det bør igangsettjast tiltak for å få ned den kvalitative verdien.

## 7.7 Strategiar knytta til FMBA

I nettselskap som har sjøkabel i nettet er det nok mange ulike strategiar knytta til vedlikehald. Resultata frå ei slik analyse kan nok implementerast i dei fleste då grunnlaget til modellen bygger på eigne prioriteringar.

Eksempel på strategiar som tar utgangspunkt i dette verktøyet kan vere at:

- når anlegg overskrid ein viss kvalitativ verdi kvalifiserar dei til hyppigare tilstandskontroll.
- Eit gitt antal av anlegga(for eksempel 5) som er øverst på lista over dårlig tilstand for kablane i dag vert sjekka det første året.

Dersom ein slik strategi er fastsett kan ein skreddersy FMBA-verktøyet slik at ein får presentert dei anlegga som det skal gjennomførast vedlikehald på.

Ein kan og sjekke kva slags kablar som har mest potensiale for å senke den kvalitative verdien. Ved å samanlikne ulike vedlikeholdsprosjekt opp mot kvarandre kan ein finne ut kva

slags prosjekt som gir mest kvalitativ nedgang pr investerte krone, og slik rangere ulike vedlikeholdstiltak.

# 8 Netica

Modellane som er laga i Netica er gode som verktøy for å vise korleis forandring i forutsetningane til ei vurdering slår ut på resultatet. Desse modellane er best å vise på datamaskin, men det er prøvd å gi ei forklaring på modellane i dette kapittelet.

## 8.1 Modell basert på prosjektoppgåve frå haust 2007

For å bli kjent med dette verktøyet vart deler av prosjektoppgåva ”Vedlikehald og fornyelse av sjøkabel i BKK Nett” [4] frå 2007 brukt som case.

Modellen er bygd opp for å sjå korleis forventa KILE i eit lastpunkt forandrar seg utifrå korleis forsyningssituasjonen er. Lasta er dekt av ein 132 kV sjøkabel som hovudforsyning som i tillegg har tre 22 kV sjøkablar i reserveforsyning. Ein del av problemstillinga i prosjektoppgåva var å sjå på om den eine av sjøkablane i reserveforsyninga kunne fjernast eller om den burde beholdast.

I modellen som er presentert i Figur 16 ser ein dei fire sjøkabelforbindelsane presenterte som nodane Merkesvik 132kV, Toska-Sture, Boga1 og Boga2. Kabelen som er vurdert fjerna er Toska-Sture, og difor er denne tilknytta ein ”Kabelstatus”-node der ein kan velge om kabelen er i nettet eller ikkje.

Det er også ein node der ein bestemmer kor lang utetid som er berekna for ein eventuell feil. Denne utetida påvirkar og prosentandelen som kablane er i drift då desse nodane er basert på sannsynligheit for feil per år. Denne faktoren er multiplisert med antal utetimar per feil(”Utetid”) og delt på antal timar per år .

”Leveringskapasitet”-noden viser sannsynligheita for samla kapasitet i forsyninga utifrå kva slags kablar som er i drift. ”Last”-noden er basert på loggføring av last ved lastpunktet over ein toårsperiode. Lasta er oppdelt i intervall utifrå kva som er føremålsteneleg for samkøyringa med leveringskapasiteten i ”Differanse mellom last og leveringskapasitet”-noden. Dersom det er mindre leveringskapasitet enn last vert denne differansen multiplisert med tariff for KILE og utetid for å få total KILE.

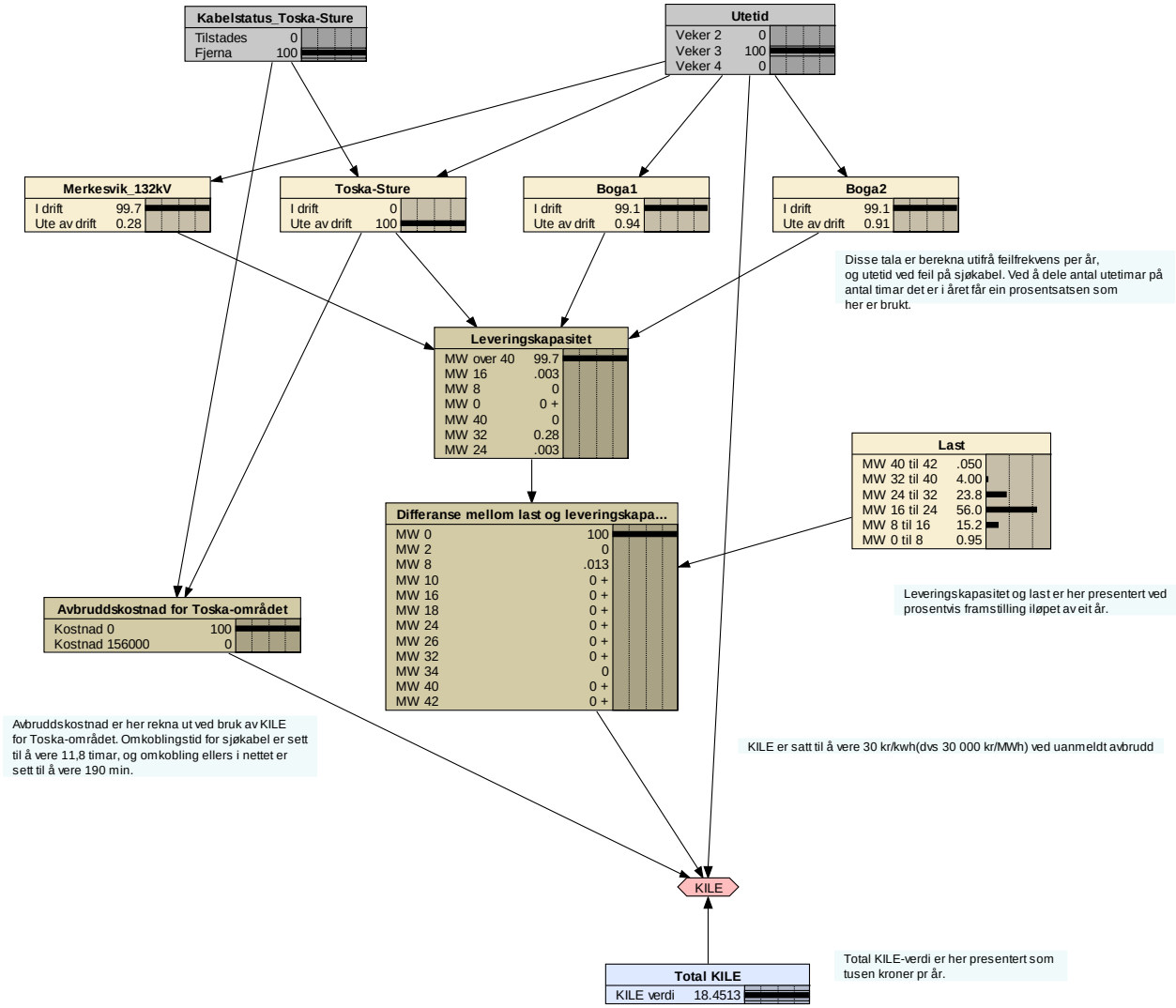
I tillegg er det ein node som angir avbruddskostnad for Toska-Sture-kabelen dersom denne fell ut, då denne er tilknytta fleire lastpunkt.

Alt dette vert samla i KILE noden som framstiller den totale KILE for systemet med dei gitte forutsetningane.

Denne modellen vart etablert på ein litt annan måte enn prosjektoppgåva på grunn av begrensingar i Netica. Difor kan ikkje resultata ein får ut av modellen samanliknast direkte med resultata frå prosjektoppgåva.

Modellen er god for å sjå korleis ulike lastsituasjonar påvirkar den forventa totale KILE, og forskjellen dersom sjøkabelen mellom Toska og Sture er vert fjerna. KILE stig veldig ved

fjerning dersom ein får feil på nettet, og det bygger opp under konklusjonen frå prosjektoppgåva om at kabelen ikkje bør fjernast.



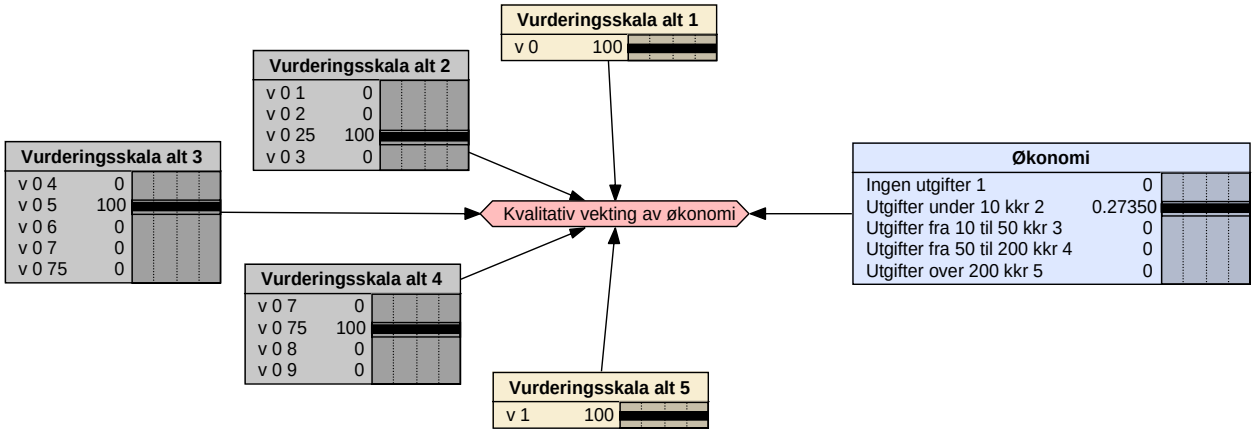

***Figur 16 Influensdiagram over del av prosjektoppgave.***

I nodane på influensdiagrammet er det tabellar som kombinerar dei ulike mogelegheitene og desse kan ofte verte store og lite handterlige. Difor er ein del av utrekningane gjennomført i rekneark i MS Excel. Desse tabellane er presenterte i vedlegg 3.

## 8.2 Modell av kvalitativ vurdering

For å kunne sjå korleis endringane i forutsetningar påvirkar den resulterande kvalitative verdien i FMBA-verktøyet er det laga ein modell i Netica der ein kan forandre på skalaen for vektingane av kriteria i analysa. Ein kan også forandre på sjølve vurderinga og sjå korleis dette påvirkar totalresultatet. Dette er svært nyttig med tanke på at ein ser kor mykje ei endring har å seie for totalresultatet, og kan vere gunstig ved usikkerheit rundt skaleringa av kriteria.

Eit utdrag av modellen som er laga i sammenheng med FMBA-verktøyet er presentert i Figur 17, og her ser ein korleis ein kan forandre på vurderinga og vektinga av kriteria. Dei ulike alernativa for vurderingsskalaane refererar til tala som står bak graderinga av kriteriet(den blå boksen).




***Figur 17 Utdrag frå Netica-modell for kvalitativ vurdering.***

Vurderingsskalaane er nermare forklart i kap 7.3 og dei er begrensa til 4-5 valgmogelegheiter for å holde det oversiktlig. Ytterpunkta, altså alt 1 og 5, skal uansett vere henholdsvis 0 og 1, så dei har kun eit valg i modellen.

Samanlikninga av risikofaktorane vert gjort i FMBA-verktøyet, og så vert eigenvektorane henta ut og lagt inn i eit MS Excel-ark der tabellar til Netica-modellen vert generert. Denne tabellen er vist saman med influensdiagrammet i Vedlegg 4. Desse tabellane vert så lagt inn i samlingsnodane for kvar av faktorane i influensdiagrammet og deretter kan ein legge inn skaleringane og vurderingane.

Ein får då fram den kvalitative verdien med ein gong og ser korleis denne forandrar seg dersom ein forandrar på vurderingsskalaane eller sjølve vurderinga.

Grunnen til at eigenvektorane vert henta ut av FMBA-verktøyet og vidare behandla i MS Excel før dei vert implementert i modellen er pga at AHP metoden er lite egna for Netica.

For å sjekke at modellen fungerar er resultat frå FMBA-verktøyet for 7 tilfeldige kablar samanlikna med verdiar som er framkomne i influensdiagrammet. Desse resultata er presentert i Tabell 18.

***Tabell 18 Samanlikning av verdiar frå FMBA-verktøy og influensdiagram.***

| Sjøkabelanlegg nr | Verdi frå FMBA-verktøy | Verdi frå influensdiagram |
|---|---|---|
| 1 | 0,21 | 0,23 |
| 7 | 0,18 | 0,20 |
| 15 | 0,28 | 0,30 |
| 19 | 0,27 | 0,29 |
| 32 | 0,40 | 0,43 |
| 53 | 0,33 | 0,35 |
| 58 | 0,21 | 0,23 |

Utifrå denne samanlikninga ser ein at verdiane frå influensdiagrammet ligg ca 0,02-0,03 høgare enn verdiane frå FMBA-verktøyet. Dette kan skyldast at parameterar vert utveksla, og at avrundingane i verktøya er ulike.

Sidan differansen mellom verdiane er ganske stabil rundt 0,02 går ein ut ifrå at forandringa ein får ved endring av vurdering eller kriterie, vil vere omtrent like stor i begge verktøya.

Influensdiagrammet vert sett på som eit godt verktøy for dette formålet, sjølv om det er noko avvik i resultata.

# 9 Diskusjon

Ved bruk av eit slikt verktøy er det viktig at ein legg grundig arbeid i modelletableringa slik at ein har eit godt grunnlag å vurdere utifrå. Det er også viktig at ein har mykje informasjon om forholda rundt kabelen slik at vurderinga vert så riktig som mogeleg. Periodisk kontroll av mekanisk og elektrisk tilstand, ved henholdsvis undersjøisk sjekk og pd-måling, er for eksempel gode målemetodar for teknisk tilstand.

Sidan denne måten å vurdere vedlikehald av sjøkabel på ikkje har vore utprøvd før, kan det stillast spørsmål ved om risikofaktorane, vurderingsskalaane og vurderingane som er brukt er representative. Det er vanskelig å svare på sidan det er mange usikkerheitsmoment i analysa, men det er etterstreba å begrunne alle antakelsar og valg som er gjort.

I ettertid kan ein sjå på om alle risikofaktorane var riktige å ha med, og evt kutte litt ned på antalet. Ein stad må ein uansett starte for å komme igang med bruken av verktøyet sidan det ikkje er utprøvd på denne typen problematikk før.

Resultata frå analysen viser godt kva slags anlegg som er i dårlig stand. Dersom vurderingane og antakelsane som er gjort gir eit tilnerma bilde av virkeligheita er resultata nyttige for oppsett av vedlikehaldsplanar. Om dette er tilfelle finn ein nok ikkje ut før verktøyet vert prøvd ut på eit utvalg av reelle kablar, men etter å ha prøvd det ut i dette prosjektet virkar det som eit godt analyseverktøy.

Eit element som også bør vere med i analysen er sannsynligheit for svikt på anlegga. Det var i utgangspunktet tenkt å ta med i denne oppgåva, men etterkvart som data vart henta inn såg ein at dette ville verte svekkande for truverdigheita til analysa pga for dårlig datagrunnlag. Dersom dette verktøyet skal brukast i ein reell risikoanalyse er det derimot svært viktig å ha med ei analyse av sviktsannsynligheita. Dette vil vidare kreve at ein har betre oversikt over tilstanden til forbindelsane enn det som er tilfelle i dag.

Modellen som er basert på prosjektoppgåva gir ei god framstilling av korleis influensdiagram kan benyttast for å oversikt over ein forsyningssituasjon. Det som er så bra med dette verktøyet er at ein umiddelbart ser konsekvensen av valga ein gjer. I dette tilfellet er det justeringar i last, utetid og antal forbindelsar som vert forandra på for å sjå forandringa i total KILE.

Influensdiagrammet som er utvikla i Netica er eit godt verktøy for å sjå korleis den kvalitative verdien endrar seg ved forandring i vurderinga eller skaleringa. Denne modellen er mest aktuell å ta i bruk etter ein har gjennomført analysene i FMBA-verktøyet dersom ein vil sjå utfallet av justeringar i vurdering. For eksempel om ein vil foreta vedlikehaldstiltak som vil redusere utslaga i vurderinga ser ein direkte kva slags kvalitativ gevinst anlegget vil få.

Det vart gjort eit forsøk på å lage eit influensdiagram med heile FMBA-modellen, men det viste seg å vere vanskeleg. Netica baserar seg på tabellar og godtek ikkje funksjonar som kan multiplisere saman resultata frå dei ulike nodane, og difor ville tabellen frå AHP-modellen

ha fått fleire millionar linjer. Difor vart det valgt å ta ut eigenvektorane frå verktøyet i MS Excel og bruke desse.

Nytteverdien til influensdiagrammet er vanskelig å vise i ein rapport då det krev litt kjennskap til programmet. Programmet kjem først til sin fulle rett etter ei analyse der ein vil foreta justeringar og ikkje er interessert i å opprette eit nytt prosjekt i FMBA-verktøyet.

Det som er mindre bra med Netica er at det kommuniserar dårlig med MS Excel. Mange av tabellane som vert brukt er laga i MS Excel så det hadde vore lettare om dei to programma kommuniserte betre.

# 10 Konklusjon

Å bruke FMBA på vedlikehaldsproblematikk for sjøkabel har fungert veldig bra i denne oppgåva, og resultata har gitt god oversikt over kva slags anlegg som har dårligast tilstand.

Fleire analyser som vidaregfører analysemetoden til vurderingar basert på fakta bør igangsettast for å lære meir rundt denne problemstillinga. Dagens auka fokus på kostnadar, aldrande nett-park og bedre måleutstyr burde gi grobunn for at denne type analyser vert meir etterspurte.

Modellen som er laga med utgangspunkt i prosjektoppgåva hausten 2007 gir ei god framstilling på korleis ein kan bruke influensdiagram. I dette tilfellet er det endring i KILE som forandrar seg utifrå endringar i forsyningssituasjon, last og utetid per feil.

Netica-modellen som er laga for å sjå korleis den kvalitative vurderinga forandrar seg ved å justere på forutsetningane er fin som supplement for FMBA-verktøyet. Det gir mogelegheita til å få verdien frå ei vurdering med ein gong utan å måtte gå gjennom heile prosessen i FMBA verktøyet. Ved gjennomføring av vedlikeholdstiltak der ein reduserar utslaga på vurderinga av anlegget ser ein og kor mykje kvalitativ nytte ein ”tjener” på å gjennomføre tiltaket.

# 11 Forslag til vidare arbeid

Ved å skaffe seg god oversikt over den tekniske tilstanden til anlegga ved undersjøiske kontrollar, pd-måling og ekspertvurderingar, vil dette verktøyet vere veldig godt egna for å legge opp vedlikehaldsplanar og fastsetting av intervall for tilstandskontroll.

I veldig mange selskap er vedlikehaldsstrategien til sjøkabelanlegga havaristyrt og det er lite feilstatistikk knytta til sjøkabel. Det er også veldig mange kablar i nettet som begynner å bli veldig gamle, og ved å sette fokus på vedlikehald og tilstandskontroll av desse kablane kan ein bidra til betre statistikkar og bedre oversikt over tilstanden på kablane.

For å anslå tilstand på kablar kan det anbefalast å ta i bruk 4-punkts-degraderingsgrafen som utgangspunkt for gradering.

FMBA-verktøyet som Sintef har utvikla kan også vidareutviklast noko når det kjem til resultatframstilling slik at det passar betre til denne type bruk.

For å få igang aktivitet rundt dette temaet hadde sannsynligvis det beste vore å starta et prosjekt ved Sintef der mange av nettselskapa i Norge deltok. På denne måten får ein eit breidt utvalg av anlegg og selskapa vert nødde til å sette fokus på å skaffe informasjon om sjøkablane. Dette vil gi mykje nyttige data som også sannsynligvis kan benyttast i Fasit-statistikkar.

Fordelen ved at Sintef står bak prosjektet er at dei har mykje kompetanse på FMBA og analyseverktøy som kan vere nyttige.

Ei anna mogelegheit er å lage ei masteroppgåve om temaet der ein tidlig får sett i gang med informasjonsinnhenting og diverse målingar av eit utvalg sjøkabelanlegg. Dette bør gjerast i samarbeid med eit nettselskap som tenner på idèen og er villige til å bruke ressursar på oppgåva slik at ein får ei mest mogeleg reell analyse. Denne oppgåva bør også vere tett knytta til fagmiljøet ved Sintef der det er mange ressurspersonar innan feltet.

# 12 Figurliste

Figur 1 Bilkjøper illustrasjon. ..... 4
Figur 2 Konseptet rundt FMBA. ..... 5
Figur 3 Grensesnitt for samanlikning ved hjelp av Sintef-verktøy. ..... 7
Figur 4 Eksempel på bruk av Netica. ..... 9
Figur 5 Grafisk framstilling av økonomisk vurderingsskala. ..... 16
Figur 6 Grafisk framstilling av vurderingsskala for leveringspåliteligheit. ..... 16
Figur 7 Grafisk framstilling av vurderingsskala av personsikkerheit. ..... 17
Figur 8 Grafisk framstilling av vurderingsskala for ytre miljø. ..... 17
Figur 9 Grafisk framstilling av vurderingsskala for omdømme. ..... 18
Figur 10 Grafisk framstilling av vurderingsskala for teknisk tilstand. ..... 18
Figur 11 Parvis samanlikning av kriterie og grafisk framstilling av relativ vekting. ..... 20
Figur 12 Skjema for vurdering av sjøkabel. ..... 21
Figur 13 Grafisk framvisning av dagens vurdering av anlegga. ..... 27
Figur 14 Graf med forventa kvalitativ verdi om 5 år ..... 28
Figur 15 Graf av dei 15 anlegga som har størst auke i kvalitativ verdi på 5 år. ..... 29
Figur 16 Influensdiagram over del av prosjektoppgave. ..... 32
Figur 17 Utdrag frå Netica-modell for kvalitativ vurdering. ..... 33

# 13 Tabelliste

Tabell 1 Begrepsavklaring ..... 2
Tabell 2 Vurderingsskala utifrå AHP-metoden [3] ..... 7
Tabell 3 Eksempel på vurderingsskala for faktorane i eit prosjekt. ..... 8
Tabell 4 Informasjon om sjøkabelanlegga side 1. ..... 11
Tabell 5 Informasjon om sjøkabelanlegga side 2. ..... 12
Tabell 6 Økonomisk vurderingsskala. ..... 16
Tabell 7 Vurderingsskala for leveringspåliteligheit. ..... 16
Tabell 8 Vurderingsskala for personsikkerheit. ..... 17
Tabell 9 Vurderingsskala for ytre miljø. ..... 17
Tabell 10 Vurderingsskala for omdømme. ..... 18
Tabell 11 Vurderingsskala for teknisk tilstand. ..... 18
Tabell 12 Tabell over AHP-vekting. ..... 19
Tabell 13 Tabell over fargekode for vurderingstabellen. ..... 22
Tabell 14 Vurdering av anlegga side 1. ..... 23
Tabell 15 Vurdering av anlegga side 2. ..... 24
Tabell 16 Vurdering av anlegga side 3. ..... 25
Tabell 17 Vurdering av anlegga side 4. ..... 26
Tabell 18 Samanlikning av verdiar frå FMBA-verktøy og influensdiagram. ..... 34

# 14 Litteraturliste

[1] **http://www.norsys.com/:** Heimeside til Norsys som har utvikla programmet Netica.

[2] **Nordgård, Dag E. (2008)**: Notat om flermåls beslutningsanalyse opparbeidet for EBL-Kompetanse og NTNUs kurs "Optimalt vedlikehald av vannkraftverk". Sintef Energiforskning AS/NTNU Institutt for Elkraftteknikk.

[3] **Solveig Hammershaug Ulseth (2004):** Hovudoppgåve, Beslutningsstøtte for vedlikehald og rehabilitering av vannkraftverk.

[4] **Vedlikehald og fornyelse av sjøkabel i BKK Nett (2007):** Prosjektoppgåve, Hans Ørjasæter.

# 15 Vedlegg

Vedlegg 1: 4-punkts-degraderingsgraf.

Vedlegg 2: Resultata etter FMBA presentert i tabellar og grafar.

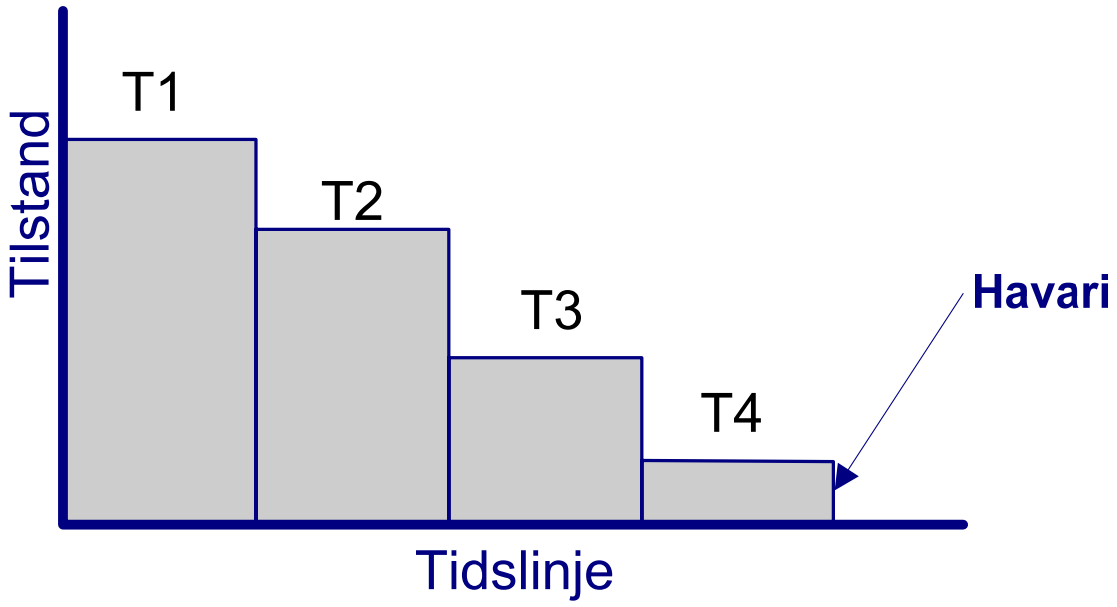
Vedlegg 3: Tabellar til Netica-modell av prosjektoppgave.

Vedlegg 4: Netica-modell og tabellar til kvalitativ vurdering.

## VEDLEGG 1:

## 4-punkts-degraderingsgraf.

# 4-punkts-degraderingsgrafen




4-punkts-degraderingsgrafen kan brukast som målestokk for gradering av tilstand til ulike komponentar som for eksempel sjøkablar. Det kan vere vanskelig å vite kor hen på skalaen ein skal plassere komponenten som vert vurdert, men med erfaring, gode data på tilstanden og ekspertvurderingar er dette ein god modell å ta utgangspunkt i.

Tidslinja begynner på år 0 og endar når komponenten er havarert. I år 0 er tilstanden på sitt maksimale og så synk den nedover til den komponenten til slutt havarerar. Lengda på tidslinja vil vere påvirka av mange eksterne faktorar så den vil variere frå komponent til komponent.

T1, T2, T3 og T4 er dei 4 tilstandane som er verbalt utvikla for denne grafen, og dei er forklart i tabellen nedanfor.

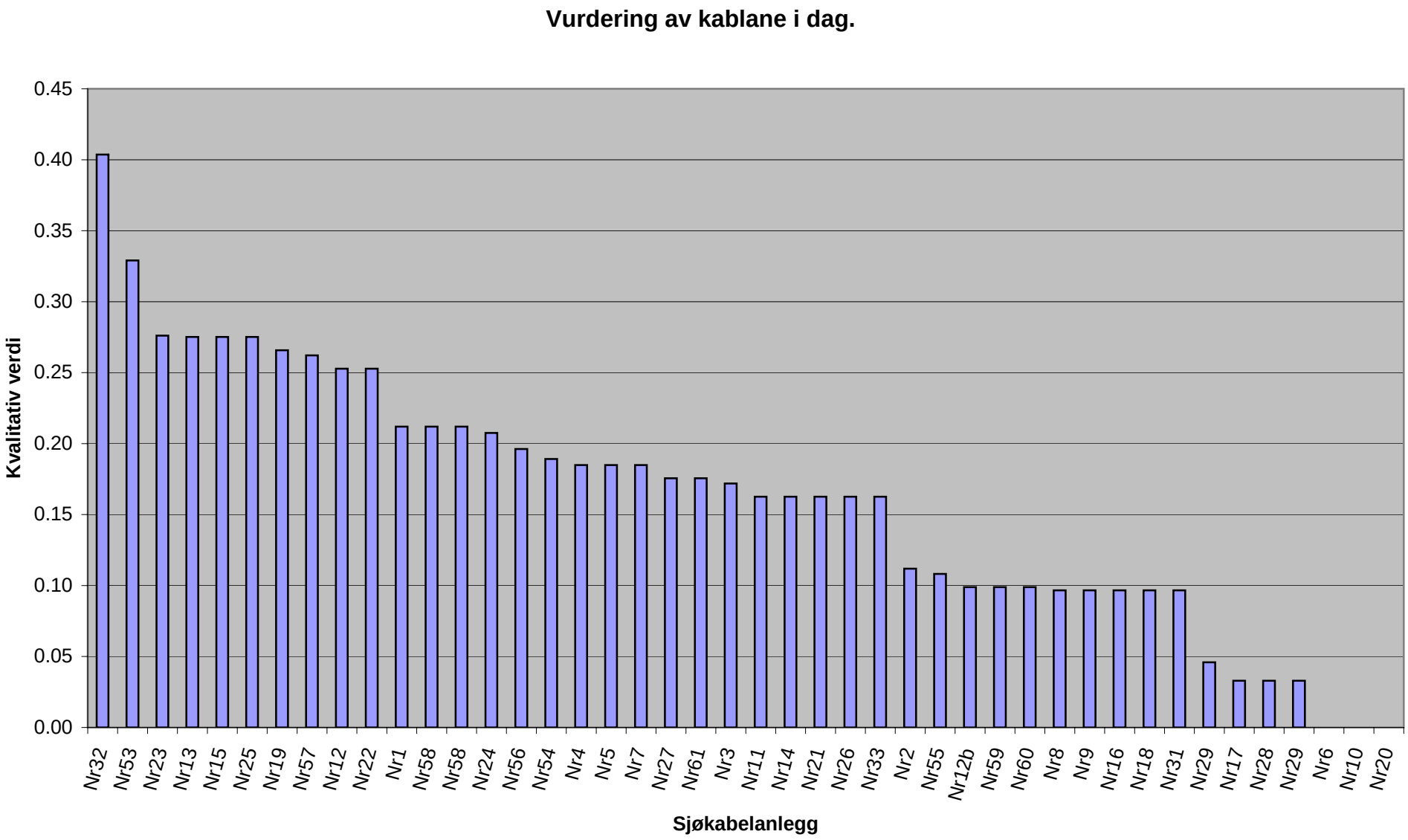
| Tilstand | Beskrivelse |
|---|---|
| T1 | Tilstanden er så god som på eit nytt objekt |
| T2 | Objektet er noko degradert, men tilstand er fortsatt god. |
| T3 | Objektet er tydelig degradert og tilstanden begynner å bli dårlig. |
| T4 | Objektet er på randen til havari, tilstand er meget dårlig |

***Tabell med forklaring av dei ulike tilstandane.***

## VEDLEGG 2:

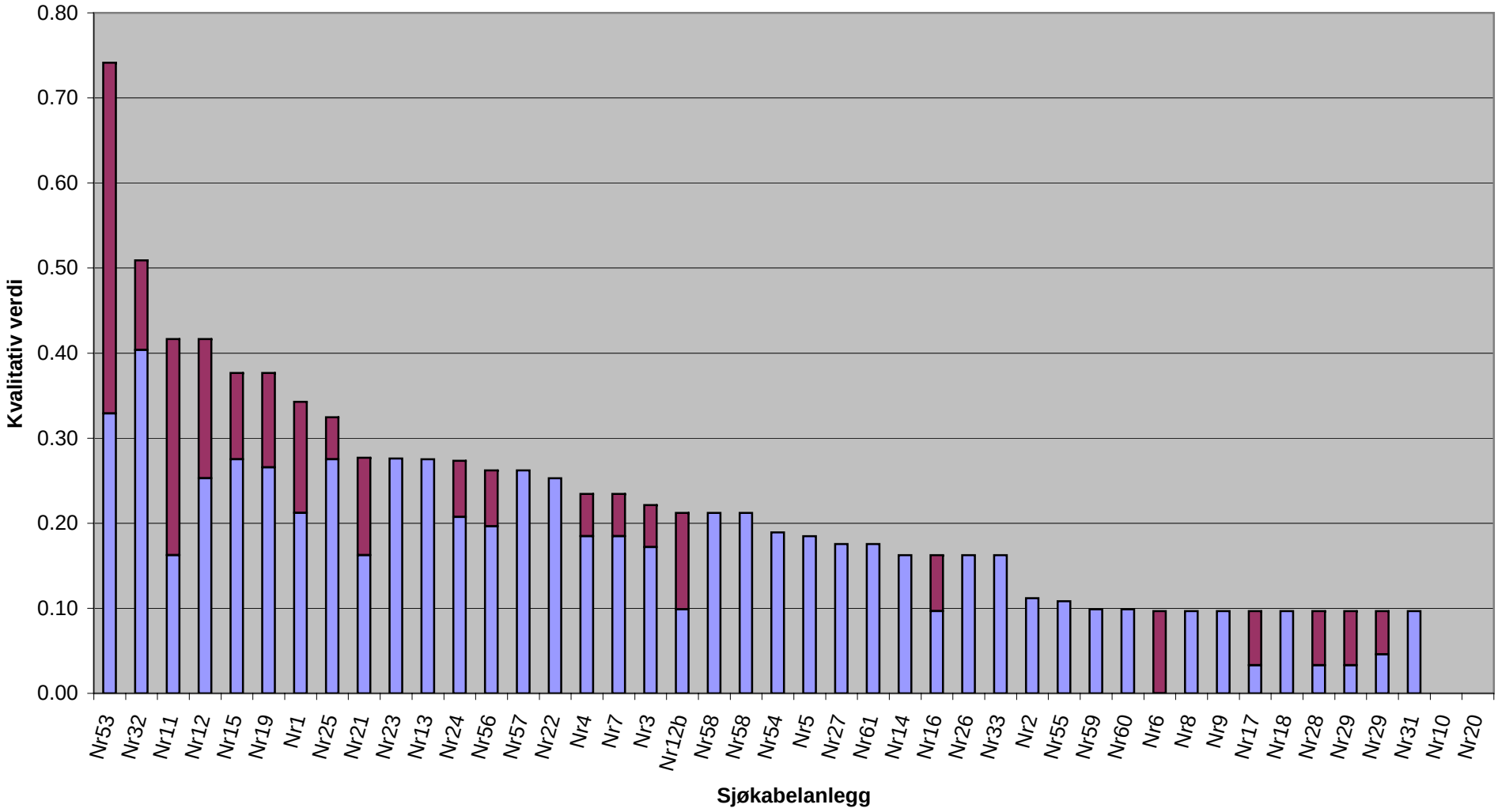
## Resultata etter FMBA presenterte i tabellar og grafar.

| Sortert utifrå situasjonen i dag | | | |
|---|---|---|---|
| ***Prosjektnavn*** | ***Kvalitativ nytte i dag*** | ***Kvalitativ nytte om 5 år*** | ***Differanse*** |
| Nr32 | 0.40 | 0.51 | 0.11 |
| Nr53 | 0.33 | 0.74 | 0.41 |
| Nr23 | 0.28 | 0.28 | 0.00 |
| Nr13 | 0.28 | 0.28 | 0.00 |
| Nr15 | 0.28 | 0.38 | 0.10 |
| Nr25 | 0.28 | 0.32 | 0.05 |
| Nr19 | 0.27 | 0.38 | 0.11 |
| Nr57 | 0.26 | 0.26 | 0.00 |
| Nr12 | 0.25 | 0.42 | 0.16 |
| Nr22 | 0.25 | 0.25 | 0.00 |
| Nr1 | 0.21 | 0.34 | 0.13 |
| Nr58 | 0.21 | 0.21 | 0.00 |
| Nr58 | 0.21 | 0.21 | 0.00 |
| Nr24 | 0.21 | 0.27 | 0.07 |
| Nr56 | 0.20 | 0.26 | 0.07 |
| Nr54 | 0.19 | 0.19 | 0.00 |
| Nr4 | 0.18 | 0.23 | 0.05 |
| Nr5 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr7 | 0.18 | 0.23 | 0.05 |
| Nr27 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr61 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr3 | 0.17 | 0.22 | 0.05 |
| Nr11 | 0.16 | 0.42 | 0.25 |
| Nr14 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr21 | 0.16 | 0.28 | 0.11 |
| Nr26 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr33 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr2 | 0.11 | 0.11 | 0.00 |
| Nr55 | 0.11 | 0.11 | 0.00 |
| Nr12b | 0.10 | 0.21 | 0.11 |
| Nr59 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr60 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr8 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr9 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr16 | 0.10 | 0.16 | 0.07 |
| Nr18 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr31 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr29 | 0.05 | 0.10 | 0.05 |
| Nr17 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr28 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr29 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr6 | 0.00 | 0.10 | 0.10 |
| Nr10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nr20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |


Vurdering av kablane i dag.
Kvalitativ verdi
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
Nr32
Nr53
Nr23
Nr13
Nr15
Nr25
Nr19
Nr57
Nr12
Nr22
Nr1
Nr58
Nr58
Nr24
Nr56
Nr54
Nr4
Nr5
Nr7
Nr27
Nr61
Nr3
Nr11
Nr14
Nr21
Nr26
Nr33
Nr2
Nr55
Nr12b
Nr59
Nr60
Nr8
Nr9
Nr16
Nr18
Nr31
Nr29
Nr17
Nr28
Nr29
Nr6
Nr10
Nr20
Sjøkabelanlegg

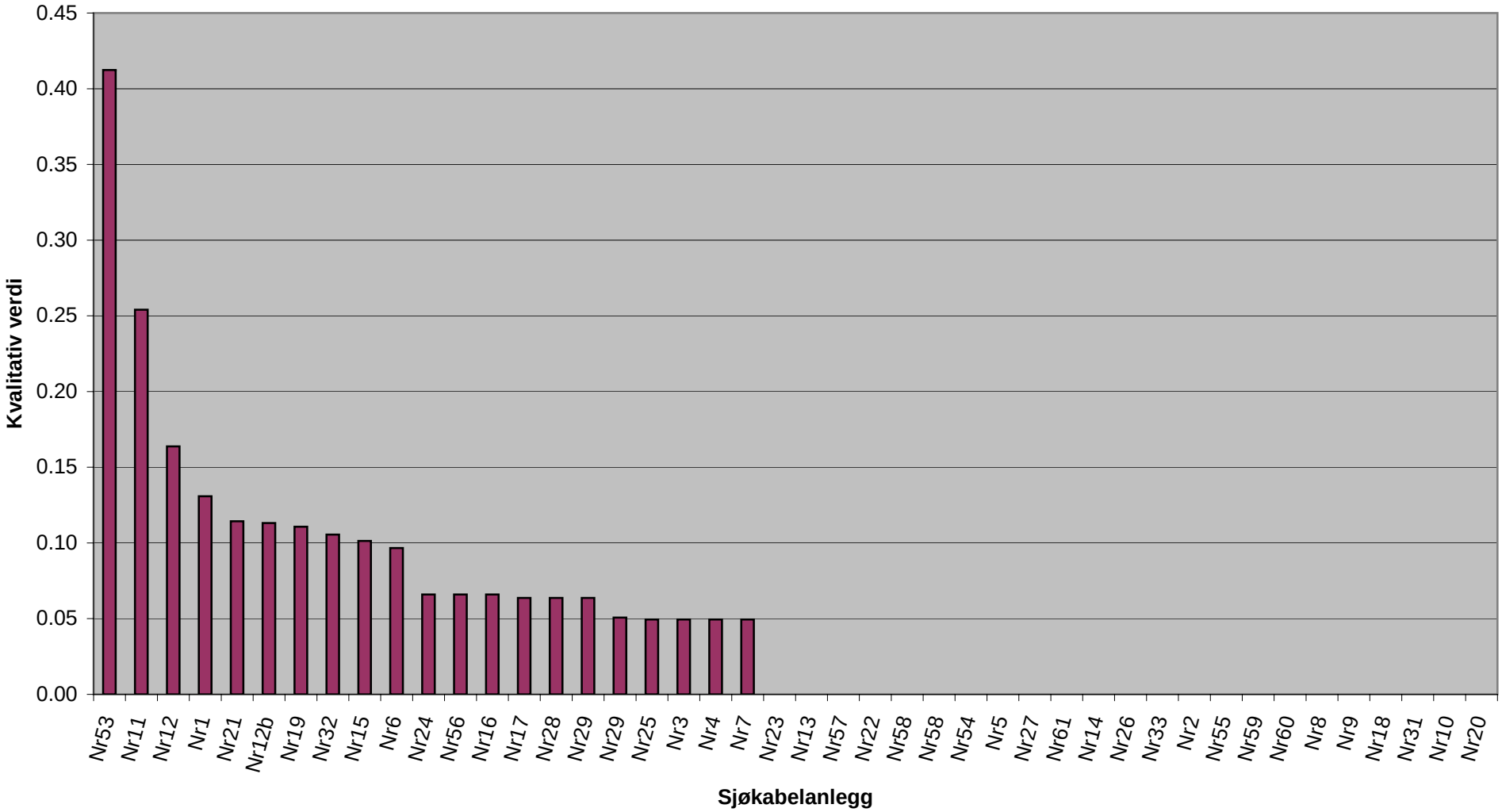
| Sortert utifrå situasjonen om 5 år | | | |
|---|---|---|---|
| ***Prosjektnavn*** | ***Kvalitativ nytte i dag*** | ***Kvalitativ nytte om 5 år*** | ***Differanse*** |
| Nr53 | 0.33 | 0.74 | 0.41 |
| Nr32 | 0.40 | 0.51 | 0.11 |
| Nr11 | 0.16 | 0.42 | 0.25 |
| Nr12 | 0.25 | 0.42 | 0.16 |
| Nr15 | 0.28 | 0.38 | 0.10 |
| Nr19 | 0.27 | 0.38 | 0.11 |
| Nr1 | 0.21 | 0.34 | 0.13 |
| Nr25 | 0.28 | 0.32 | 0.05 |
| Nr21 | 0.16 | 0.28 | 0.11 |
| Nr23 | 0.28 | 0.28 | 0.00 |
| Nr13 | 0.28 | 0.28 | 0.00 |
| Nr24 | 0.21 | 0.27 | 0.07 |
| Nr56 | 0.20 | 0.26 | 0.07 |
| Nr57 | 0.26 | 0.26 | 0.00 |
| Nr22 | 0.25 | 0.25 | 0.00 |
| Nr4 | 0.18 | 0.23 | 0.05 |
| Nr7 | 0.18 | 0.23 | 0.05 |
| Nr3 | 0.17 | 0.22 | 0.05 |
| Nr12b | 0.10 | 0.21 | 0.11 |
| Nr58 | 0.21 | 0.21 | 0.00 |
| Nr58 | 0.21 | 0.21 | 0.00 |
| Nr54 | 0.19 | 0.19 | 0.00 |
| Nr5 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr27 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr61 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr14 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr16 | 0.10 | 0.16 | 0.07 |
| Nr26 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr33 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr2 | 0.11 | 0.11 | 0.00 |
| Nr55 | 0.11 | 0.11 | 0.00 |
| Nr59 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr60 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr6 | 0.00 | 0.10 | 0.10 |
| Nr8 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr9 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr17 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr18 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr28 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr29 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr29 | 0.05 | 0.10 | 0.05 |
| Nr31 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nr20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

## Graf med dagens situasjon og forventa auke i kvalitativ verdi på 5 år



| Sortert utifrå forventa forverring på 5 år. | | | |
|---|---|---|---|
| ***Prosjektnavn*** | ***Kvalitativ nytte i dag*** | ***Kvalitativ nytte om 5 år*** | ***Differanse*** |
| Nr53 | 0.33 | 0.74 | 0.41 |
| Nr11 | 0.16 | 0.42 | 0.25 |
| Nr12 | 0.25 | 0.42 | 0.16 |
| Nr1 | 0.21 | 0.34 | 0.13 |
| Nr21 | 0.16 | 0.28 | 0.11 |
| Nr12b | 0.10 | 0.21 | 0.11 |
| Nr19 | 0.27 | 0.38 | 0.11 |
| Nr32 | 0.40 | 0.51 | 0.11 |
| Nr15 | 0.28 | 0.38 | 0.10 |
| Nr6 | 0.00 | 0.10 | 0.10 |
| Nr24 | 0.21 | 0.27 | 0.07 |
| Nr56 | 0.20 | 0.26 | 0.07 |
| Nr16 | 0.10 | 0.16 | 0.07 |
| Nr17 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr28 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr29 | 0.03 | 0.10 | 0.06 |
| Nr29 | 0.05 | 0.10 | 0.05 |
| Nr25 | 0.28 | 0.32 | 0.05 |
| Nr3 | 0.17 | 0.22 | 0.05 |
| Nr4 | 0.18 | 0.23 | 0.05 |
| Nr7 | 0.18 | 0.23 | 0.05 |
| Nr23 | 0.28 | 0.28 | 0.00 |
| Nr13 | 0.28 | 0.28 | 0.00 |
| Nr57 | 0.26 | 0.26 | 0.00 |
| Nr22 | 0.25 | 0.25 | 0.00 |
| Nr58 | 0.21 | 0.21 | 0.00 |
| Nr58 | 0.21 | 0.21 | 0.00 |
| Nr54 | 0.19 | 0.19 | 0.00 |
| Nr5 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr27 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr61 | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Nr14 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr26 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr33 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| Nr2 | 0.11 | 0.11 | 0.00 |
| Nr55 | 0.11 | 0.11 | 0.00 |
| Nr59 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr60 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr8 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr9 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr18 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr31 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| Nr10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nr20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

**Forventa forverring i den kvalitative verdien dei neste 5 åra.**



# VEDLEGG 3:

## Tabellar til Netica-modell av prosjektoppgave

| Utetid per feil | [Veker] | [Timar] |
|---|---|---|
| | 2 veker | 336 |
| | 3 veker | 504 |
| | 4 veker | 672 |
| KILE på timesbasis ved Stureterminalen [kr/MWh] | 30000 | |

**Tabellane under viser korleis prosentandelen av utetid vert berekna for 2, 3 og 4 veker**

## 2 veker

| Utfall av: | Sannsynligheit for utfall [feil/år] | Utetid per feil [timar] | Sannsynligheit for utetid pr år [timar] | Timar i året | Utetid pr år i prosent |
|---|---|---|---|---|---|
| 132 kV- kabel | 0.04945 | 336 | 16.6152 | 8760 | 0.189671233 |
| Toska-Sture | 0.080564671 | 336 | 27.06972953 | 8760 | 0.309015177 |
| Boga 1 | 0.163895739 | 336 | 55.06896826 | 8760 | 0.62864119 |
| Boga 2 | 0.1589883 | 336 | 53.4200688 | 8760 | 0.609818137 |

## 3 veker

| Utfall av: | Sannsynligheit for utfall [feil/år] | Utetid per feil [timar] | Sannsynligheit for utetid pr år [timar] | Timar i året | Utetid pr år i prosent |
|---|---|---|---|---|---|
| 132 kV- kabel | 0.04945 | 504 | 24.9228 | 8760 | 0.284506849 |
| Toska-Sture | 0.080564671 | 504 | 40.60459429 | 8760 | 0.463522766 |
| Boga 1 | 0.163895739 | 504 | 82.60345239 | 8760 | 0.942961785 |
| Boga 2 | 0.1589883 | 504 | 80.1301032 | 8760 | 0.914727205 |

## 4 veker

| Utfall av: | Sannsynligheit for utfall [feil/år] | Utetid per feil [timar] | Sannsynligheit for utetid pr år [timar] | Timar i året | Utetid pr år i prosent |
|---|---|---|---|---|---|
| 132 kV- kabel | 0.04945 | 672 | 33.2304 | 8760 | 0.379342466 |
| Toska-Sture | 0.080564671 | 672 | 54.13945906 | 8760 | 0.618030355 |
| Boga 1 | 0.163895739 | 672 | 110.1379365 | 8760 | 1.25728238 |
| Boga 2 | 0.1589883 | 672 | 106.8401376 | 8760 | 1.219636274 |

**Tabellane under dannar grunnlaget for KILE-berekninga for 2,3 og4 veker utetid.**

## 2 veker

| Differanse mellom last og leveringskapasitet [MW] | Utetid [h] | KILE [kr/MWh] | Total KILE [kr] | Total KILE [tusen kr] | Total KILE med avbruddskostnadar [tusen kr] |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 336 | 30 000 | 0 | 0 | 156 |
| 2 | 336 | 30 000 | 20 160 000 | 20160 | 20316 |
| 8 | 336 | 30 000 | 80 640 000 | 80640 | 80796 |
| 10 | 336 | 30 000 | 100 800 000 | 100800 | 100956 |
| 16 | 336 | 30 000 | 161 280 000 | 161280 | 161436 |
| 18 | 336 | 30 000 | 181 440 000 | 181440 | 181596 |
| 24 | 336 | 30 000 | 241 920 000 | 241920 | 242076 |
| 26 | 336 | 30 000 | 262 080 000 | 262080 | 262236 |
| 32 | 336 | 30 000 | 322 560 000 | 322560 | 322716 |
| 34 | 336 | 30 000 | 342 720 000 | 342720 | 342876 |
| 40 | 336 | 30 000 | 403 200 000 | 403200 | 403356 |
| 42 | 336 | 30 000 | 423 360 000 | 423360 | 423516 |

## 3 veker

| Differanse mellom last og leveringskapasitet [MW] | Utetid [h] | KILE [kr/MWh] | Total KILE [kr] | Total KILE [tusen kr] | Total KILE med avbruddskostnadar [tusen kr] |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 504 | 30 000 | 0 | 0 | 156 |
| 2 | 504 | 30 000 | 30 240 000 | 30240 | 30396 |
| 8 | 504 | 30 000 | 120 960 000 | 120960 | 121116 |
| 10 | 504 | 30 000 | 151 200 000 | 151200 | 151356 |
| 16 | 504 | 30 000 | 241 920 000 | 241920 | 242076 |
| 18 | 504 | 30 000 | 272 160 000 | 272160 | 272316 |
| 24 | 504 | 30 000 | 362 880 000 | 362880 | 363036 |
| 26 | 504 | 30 000 | 393 120 000 | 393120 | 393276 |
| 32 | 504 | 30 000 | 483 840 000 | 483840 | 483996 |
| 34 | 504 | 30 000 | 514 080 000 | 514080 | 514236 |
| 40 | 504 | 30 000 | 604 800 000 | 604800 | 604956 |
| 42 | 504 | 30 000 | 635 040 000 | 635040 | 635196 |

## 4 veker

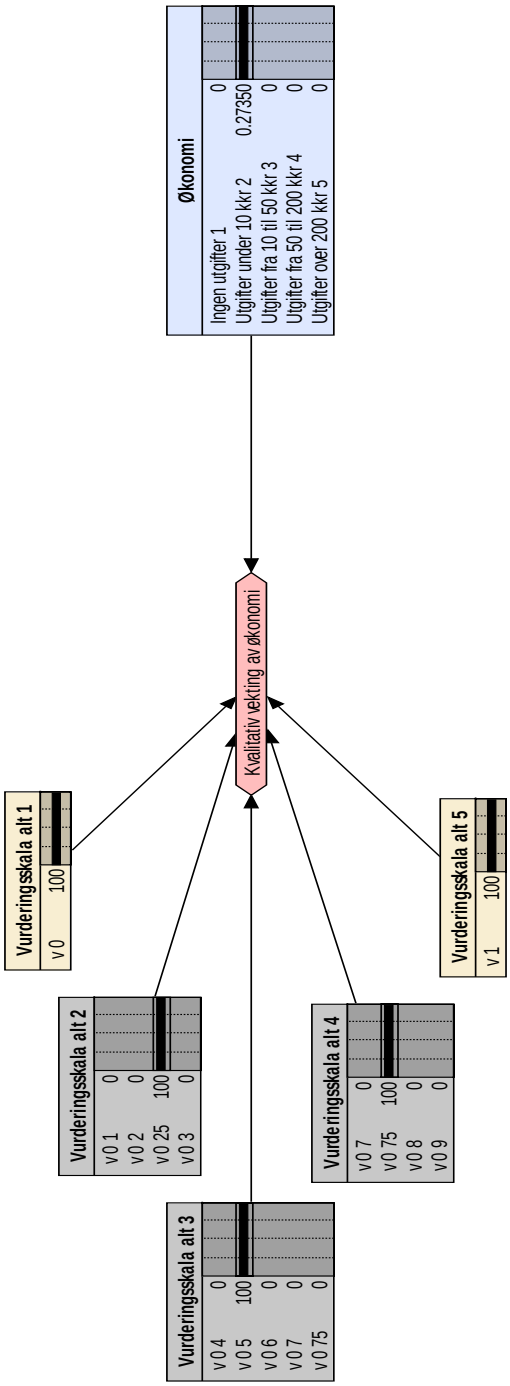
| Differanse mellom last og leveringskapasitet [MW] | Utetid [h] | KILE [kr/MWh] | Total KILE [kr] | Total KILE [tusen kr] | Total KILE med avbruddskostnadar [tusen kr] |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 672 | 30 000 | 0 | 0 | 156 |
| 2 | 672 | 30 000 | 40 320 000 | 40320 | 40476 |
| 8 | 672 | 30 000 | 161 280 000 | 161280 | 161436 |
| 10 | 672 | 30 000 | 201 600 000 | 201600 | 201756 |
| 16 | 672 | 30 000 | 322 560 000 | 322560 | 322716 |
| 18 | 672 | 30 000 | 362 880 000 | 362880 | 363036 |
| 24 | 672 | 30 000 | 483 840 000 | 483840 | 483996 |
| 26 | 672 | 30 000 | 524 160 000 | 524160 | 524316 |
| 32 | 672 | 30 000 | 645 120 000 | 645120 | 645276 |
| 34 | 672 | 30 000 | 685 440 000 | 685440 | 685596 |
| 40 | 672 | 30 000 | 806 400 000 | 806400 | 806556 |
| 42 | 672 | 30 000 | 846 720 000 | 846720 | 846876 |

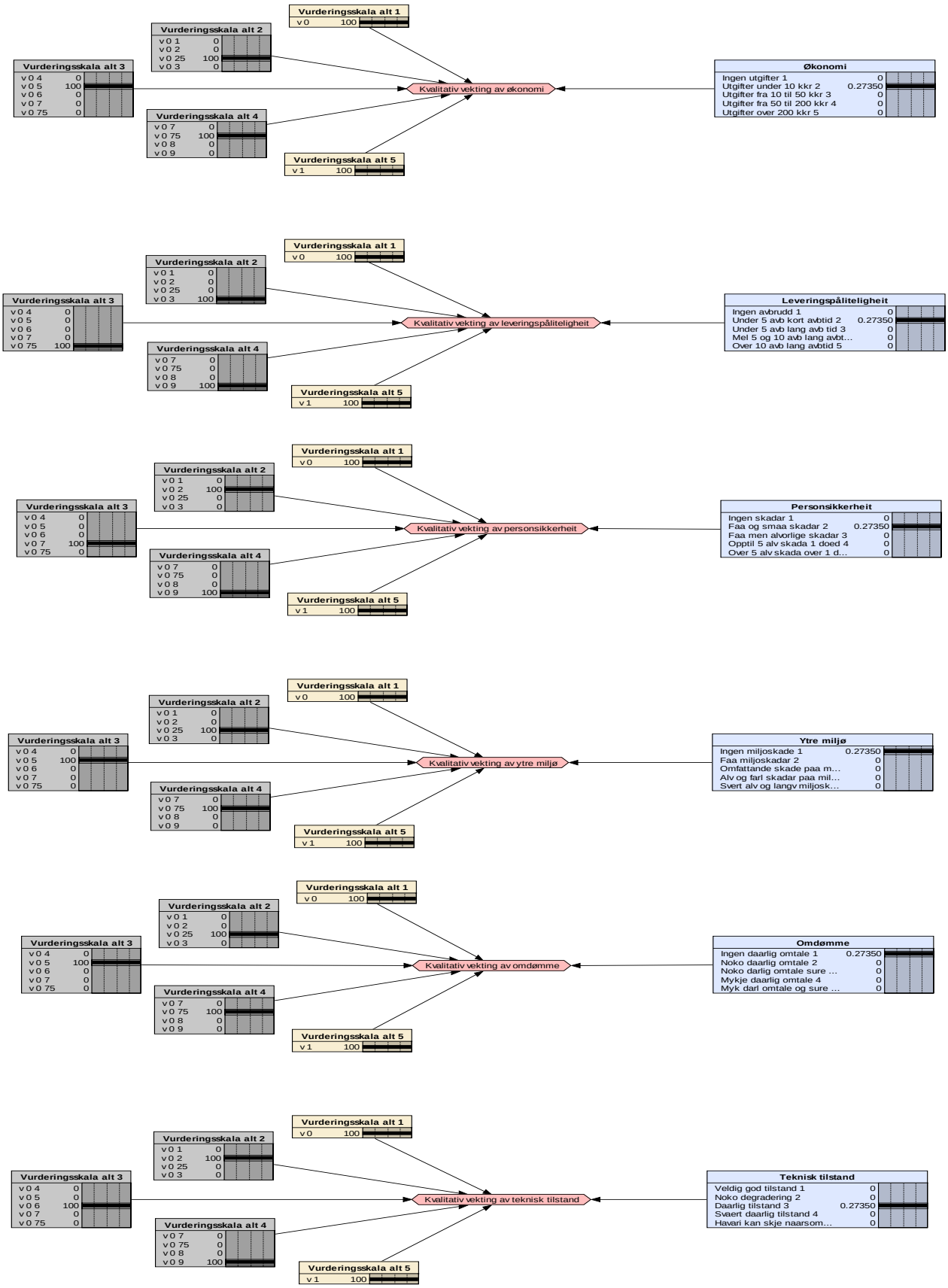
# VEDLEGG 4:

## Netica-modell og tabellar til kvalitativ vurdering

# Modell av kvalitativ vurdering.

Sidan det var vanskelig å presentere heile diagrammet på ein god måte, er det valgt å først vise ein av dei seks faktorane med vurderingsalternativ for så å vise heile tabellen på neste side. Dette er tilstrekkelig då delen med vurdering er lik for alle faktorane i modellen. Den medfølgande tabellen er presentert etter modellen.






| Samla kvalitativ verdi | |
|---|---|
| Total kvalitativ verdi | 0.27350 |

| Resultat frå AHP-vurdering | | | |
|---|---|---|---|
| *Faktor* | *Eigenvektor* | | |
| Økonomi | 0.05 | ← | Hent inn eigenvektorverdiane frå AHP-vektinga i modelletableringa og skriv dei inn i dei rosa felta. |
| Leveringspåliteligheit | 0.25 | ← | |
| Personsikkerheit | 0.45 | ← | |
| Ytre miljø | 0.04 | ← | |
| Omdømme | 0.04 | ← | |
| Teknisk tilstand | 0.16 | ← | |

| | Til utfylling i tabellane i Netica | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref, tabell | **Økonomi** | **Leveringspåliteligheit** | **Personsikkerheit** | **Ytre miljø** | **Omdømme** | **Teknisk tilstand** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.1 | 0.005 | 0.025 | 0.045 | 0.004 | 0.004 | 0.016 |
| 0.1 | 0.005 | 0.025 | 0.045 | 0.004 | 0.004 | 0.016 |
| 0.1 | 0.005 | 0.025 | 0.045 | 0.004 | 0.004 | 0.016 |
| 0.1 | 0.005 | 0.025 | 0.045 | 0.004 | 0.004 | 0.016 |
| 0.1 | 0.005 | 0.025 | 0.045 | 0.004 | 0.004 | 0.016 |
| 0.1 | 0.005 | 0.025 | 0.045 | 0.004 | 0.004 | 0.016 |
| 0.1 | 0.005 | 0.025 | 0.045 | 0.004 | 0.004 | 0.016 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.2 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.008 | 0.008 | 0.032 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.25 | 0.0125 | 0.0625 | 0.1125 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.3 | 0.015 | 0.075 | 0.135 | 0.012 | 0.012 | 0.048 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.4 | 0.02 | 0.1 | 0.18 | 0.016 | 0.016 | 0.064 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.5 | 0.025 | 0.125 | 0.225 | 0.02 | 0.02 | 0.08 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.6 | 0.03 | 0.15 | 0.27 | 0.024 | 0.024 | 0.096 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.9 | 0.045 | 0.225 | 0.405 | 0.036 | 0.036 | 0.144 |
| 0.7 | 0.035 | 0.175 | 0.315 | 0.028 | 0.028 | 0.112 |
| 0.75 | 0.0375 | 0.1875 | 0.3375 | 0.03 | 0.03 | 0.12 |
| 0.8 | 0.04 | 0.2 | 0.36 | 0.032 | 0.032 | 0.128 |