

MASTEROPPGAVE

Emnekode: EN301E Navn på kandidat: John-Fredrik Soleim

Fremtidig bruk av hydrogen
i norsk transportsektor

Hvilke verdier vil det ha?

Dato:22.05.2017

Totalt antall sider: 120

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Forord

Denne studien er en avsluttende masteroppgave for studieprogrammet Master of Science in Energy management fra Nord universitet i Bodø. Utførelsen av denne oppgaven har gjennom disse månedene vært både spennende og utfordrende. Flere kontaktpersoner har vist sin interesse rundt dette temaet, og har bidratt med motivasjon og betydelig hjelp for å ferdigstille denne oppgaven. Flere personer som har bidratt med informasjon til denne oppgaven skulle vært nevnt, men for å ta hensyn til personvern velges det derfor å rette en stor takk til selskapene NEL Hydrogen, Norsk hydrogenforum, Greenstat og Statoil for intervjuer, samtaler og invitasjon til Hydrogen 2020 EU-nettverk Brokerage Event. Videre må det rettes en stor takk til veileder Gisle Solvoll som har hjulpet med struktur, oppbygging og nyttige tips under hele arbeidsprosessen. Til slutt rettes det en takk til familie og venner som har vært forståelsesfulle for hvor mye tid en slik oppgave krever, og som har bidratt med motivasjon i vanskelige tider.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Sammendrag

Verden er i en omstillingsfase der grønn teknologi blir favorisert ovenfor tradisjonell teknologi, og nye metoder og løsninger blir utviklet for en bærekraftig fremtid. Norge er med på denne utviklingen, der en nasjonal strategi legger til rette for nullutslippsteknologi i transportsektoren. Hydrogen blir ofte omtalt som en løsning for å redusere klimagassutslippet, og veldig sjeldent blir potensiell verdiskaping av hydrogenproduksjon diskutert. Studien ser derfor på betingelsene for et voksende hydrogensamfunn, samt hvilke positive konsekvenser hydrogenproduksjon og utvikling vil ha for Norge. Alle beregninger som er foretatt i studien er tilknyttet produksjonsområder som blir utført i Norge, og dermed fører til en verdiskaping i nasjonen. Områder der Norge ikke er representert er ikke blitt tatt hensyn til. Studiens kalkulasjoner er satt til 2040, og tar utgangspunkt i en pre-kommersiell fase (2017-2025) og en kommersiell fase (2025--). For en voksende hydrogenutvikling er riktig virkemiddelbruk nødvendig for å stimulere av tilbudssiden og etterspørselsiden. I den pre-kommersielle fasen er det nødvendig at tilbudet av hydrogen er i forkant av etterspørselen. Det anbefales derfor at virkemidler som driftsstøtte og investeringsstøtte som vil ha en positiv effekt på tilbudet i denne fasen. Incentivene og målsettingene fra en nasjonal strategi vil i denne fasen være tilstrekkelig for å stimulere etterspørselen. I den kommersielle fasen er grønnskattveksling, feed-in tariffier og pumpepåbud sett på som de mest virkningsfulle midlene for å øke tilbudet av hydrogen. I den kommersielle fasen vil insentivene avvikles, og et samspill mellom nasjonale og lokale myndigheter, der reguleringer, innkjøpspolitikk og krav til nullutslippskjøretøy i kollektivtransporten er virkemidler som fremmer en videre innfasing av hydrogenkjøretøy. Aktiviteter knyttet til hydrogenproduksjon og bruk av hydrogen som drivstoff er i studien beregnet til å skape over 44 tusen arbeidsplasser og redusere klimagassutslippet med over 148 tusen tonn CO₂ i året.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Abstrakt

The world is in a transition where green technology is preferred over traditional technology, and new methods and solutions are constantly being developed towards a sustainable future. Norway has joined this development with a national strategy that facilitates zero-emission technology in the transport sector. Hydrogen is often mentioned as an environmental solution to reduce the CO₂ emissions, and seldom are the potential of value creation from hydrogen production discussed. This study looks at the conditions for a growing hydrogen community, as well as the positive consequences hydrogen production and development could bring. All calculations in this study are connected to activities which will increase the value creation in Norway. Other activities which are not done in this country are not taken into account. The calculations are meant to show the consequences in the year of 2040, with a pre-commercial (2017-2025) and a commercial (2025--) phase, to better describe the development. In order to develop a growing hydrogen market, it is important to use the correct tools in order to stimulate the supply and demand of hydrogen. In the pre-commercial phase it is important that the supply is bigger than the demand. It is recommended to use tools that increase the supply, such as operational support and investment support. The incentives and a national strategy is already enough to stimulate the demand for this phase. In the commercial phase, green tax exchange, feed-in tariffs and pumping requirements is seen as the most valuable tools to increase the supply. In this phase the incentives will stop and a cooperation between national and local authorities, where regulations, politics and a request of zero emissions vehicles in the city is instruments which will further increase the demand of hydrogen vehicles. Activities related to hydrogen production and use of hydrogen as fuel is calculated to create more than 44 thousand jobs and reduce the emission by over 148 thousand tons CO₂ per year

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Innholdsfortegnelse

Forord	1
Sammendrag	2
Abstrakt	3
Innholdsfortegnelse	4
Figurliste	7
Tabelliste	8
Vedleggsliste	9
1.0 Innledning	11
1.1 Bakgrunn	11
1.2 Problemstilling	13
1.3 Avgrensing	14
1.4 Oppgavens struktur	14
2.0 Teoretisk forankring	15
2.1 Ringvirkninger av næringsaktivitet	16
2.1.1 Cooper og Smith’s tilnærming av ringvirkninger	17
2.1.2 Oterhals og Herviks tilnærming til ringvirkninger	20
2.2 Bærekraft utvikling	23
2.2.1 Bærekraftig utvikling som begrep	24
2.2.2 Trippel bunnlinje	26
2.3 Markedsteori	28
2.3.1 Tilbud og etterspørsel	28
2.3.2 Endringsteori	30
2.3.3 Diffusjonsteori	32
2.4 Oppsummering	35
3.0 Metode	35
3.1 Analyseformål	36
3.2 Valg av design	36
3.2.1 Eksplorativt design	37
3.2.2 Deskriptivt design	38
3.2.3 Kausalt design	38
3.3 Datainnsamling	40
3.3.1 Primærdata	40

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

3.3.3 Sekundærdata	43
3.4 Fremtidsperspektiv	45
3.5 Validitet og reliabilitet	45
3.5.1 Validitet	46
3.5.2 Reliabilitet	47
3.6 Styrker og svakheter av studien	47
3.7 Oppsummering	48
4.0 Hydrogen som drivstoff i transportsektoren	49
4.1 Hydrogen som energibærer	49
4.2 Norge som en hydrogennasjon	52
4.3 Ambisjoner for hydrogenkjøretøy i verden	54
4.4 Forbruk av hydrogen i transportsektoren	54
4.4.1 Drivstofforbruk for ferger	55
4.4.2 Drivstofforbruk for personbiler	56
5.0 Betingelser for hydrogenutvikling i Norge	58
5.1 Utbygging av hydrogeninfrastrukturen	58
5.2 Virkemidler for hydrogenutvikling	60
5.2.1 Virkemidler for tilbud	61
5.2.2 Virkemidler for etterspørsel	64
5.2 Kraftproduksjon i Norge	67
6.4.3 Betingelser for bærekraftig hydrogenproduksjon	69
6.0 Konsekvenser av hydrogenproduksjon	70
6.1 Produksjon	71
6.2 Etterspørsel i Norge	72
6.3 Naturgass i Norge	72
6.3.1 Produksjon av naturgass i Norge	73
6.3.2 Forventet produksjon av naturgass	74
6.4 Vindkraft i Norge	76
6.4.1 Produksjon av vindkraft i Norge	76
6.4.2 Havvind	78
6.5 Hydrogenverdikjeden	79
6.6 Eksport av energi og teknologi	80
6.7 Reformering og produksjon av reformere	83
6.8 Elektrolyse og produksjon av elektrolysører	85
6.9 Hydrogentanker	88
7.0 Reduserte klimagassutslipp ved bruk av hydrogen som drivstoff	90

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

7.1 Sjøbasert transport	93
7.0.1 Hydrogenferge	95
7.1 Hydrogenstasjoner	97
7.1.1 Bærekraftige arbeidsplasser med et langsiktig perspektiv	100
8.0 Oppsummering og konklusjon	100
8.1 Videre forskning	103
Litteraturliste	105
Vedlegg	113

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Figurliste

Figur 2-1: Ringvirkninger for hydrogenproduksjon	17
Figur 2-2: Lokale ringvirkninger av hydrogenvirksomhet	20
Figur 2-3: Fusjonert ringvirkningsmodell	23
Figur 2-4: Trippel bunnlinje	26
Figur 2.5: Tilbud og etterspørselsmodell	29
Figur 2-6: Diffusjon og innovasjonsmodell	34
Figur 3-1: Undersøkellesdesign	37
Figur 3-2: Valg av design	39
Figur 3-3: Oversikt over primære datakilder	41
Figur 3-4: Oversikt over sekundærdata	44
Figur 4-1: Reformering av naturgass for hydrogenproduksjon	50
Figur 4-2: Forsyning og behovsmodell for hydrogen	51
Figur 5-1 Virkemidler for hydrogensatsing	61
Figur 5-2: Kraftbalanse i Norge fra 2015- 2017	67
Figur 6-1:Transportforløpet av hydrogenproduksjon med CO2 fangst	73
Figur 6-2: Historisk produksjon av oljeekvivalenter fra 1971-2017	74
Figur 6-3: Historisk og forventet produksjon av naturgass	75
Figur 6-4: Produksjonshistorikk og prognose fordelt på modenhet av ressursene	76
Figur 6-5: Vindkraftproduksjon sammenlignet med normal produksjon i 2016	77
Figur 6-6: Hydrogenverdikjede	79
Figur 6-7: Hydrogenproduksjon for eksport	81
Figur 6-8: Prosessforløpet ved reformering av naturgass	82
Figur 7-1: Utslipp av klimagasser fra transport fordelt på vei og sjøtrafikk	91
Figur 7-2: Samlet omsetning og driftsmargin for verftsindustrien(2004-2014)	94
Figur 7-3: Utsiktene for kommende kvartal for verftindustrien	95
Figur 7-4: Verdikjede for etablering av hydrogenstasjon	98

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Tabelliste

Tabell 4-1: Ambisjoner og virkelig utvikling for brenselcellekjøretøy	54
Tabell 4-2: Daglig og årlig hydrogenforbruk for ulike transportmidler	55
Tabell 4-3: Drivstofforbruk av hydrogenferger	56
Tabell 4-4: Drivstofforbruk av hydrogenbiler	57
Tabell 6-1: Produksjon av naturgass i 2040	76
Tabell 6-2: Vindkraftproduksjon i 2040	78
Tabell 6-3: Eksport av energi og teknologi	81
Tabell 6-4: Produksjonskostnad ved reformering	83
Tabell 6-5: Kostnad og sysselsetting ved produksjon av reformere	84
Tabell 6-6: Sammenligning av teknologi for hydrogenproduksjon ved elektrolyse	86
Tabell 6-7 : Produksjonskostnader ved elektrolyse	87
Tabell 6-8: Kostnad og sysselsetting for produksjon av alkaliske elektrolysører	87
Tabell 6-9: Markedspotensial og sysselsetting ved produksjon av hydrogentanker for hydrogenbiler/ferger	89
Tabell 7-1: CO2 reduksjons ved hydrogenbiler og ferger	92
Tabell 7-2: Produksjonskostnader og sysselsetting for nye og ombygde hydrogenferger	97
Tabell 7-3: Kostnad og sysselsettingseffekter av store hydrogenstasjoner	99
Tabell 7-4: Sysselsettingseffekt for hver prosess ved etablering av stasjoner	99
Tabell 8-1: Konsekvenser av hydrogenvirksomhet i Norge i 2040	103

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Vedleggsliste

Vedlegg 1: Total produksjon av elektrisk kraft desember 2016	104
Vedlegg 2: Energibehov	104
Vedlegg 3: Energibehov og GDP	105
Vedlegg 4: Diffusjonsindeks	105
Vedlegg 5: Naturgass forbruk i Norge 2012-2013	105
Vedlegg 6: Installert vindkraft i Norge	106
Vedlegg 7: Utregning av eksport	106
Vedlegg 8: Utregning av elektrolyse	106
Vedlegg 9: Utregningsmetode for CO2 utslipp fra bensin	107
Vedlegg 10: Hydrogentanker	107
Vedlegg 11: Bestanden av el-personbiler etter fylke 2016	107
Vedlegg 12: Produksjonskostnad av naturgass ved reformering	108
Vedlegg 13: Produksjonskostnad av reformere	108
Vedlegg 14: Produksjonskostnad av vindkraft ved elektrolyse	108
Vedlegg 15: CO2 reduksjon på bakgrunn av hydrogenbiler/ferger	108
Vedlegg 16: Produksjon og ombygging av Hydrogenferger	108
Vedlegg 17: Utregning av hydrogenforbruk per transportmiddel	117
Vedlegg 18: Drivstofforbruk for hydrogenferger	117
Vedlegg 19: Drivstofforbruk for personbiler	118
Vedlegg 20: Betydning av reserver og ressurser	118

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Ordlister

CO₂= karbondioksid

H₂= Hydrogen

Kg =kilo

KW= kilowatt

KWh= Kilowattimer

MW=Megawatt

MWh= Megawattimer

GW= Gigawatt

GWh= Gigawattimer

TW= Terrawatt

TWh= Terrawattimer

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn

Hydrogen blir omtalt som et alternativ som gjør transportsektoren miljøvennlig. Mange ser på det som fremtidens drivstoff ved at vi kan lage hydrogen ut av alle typer energikilder, samtidig som utslippet blir helt rent hvis energien kommer fra en fornybar energikilde.

Global oppvarming og økt forurensing er store temaer som i senere tid har fått økt oppmerksomhet og betydning for verden. Etter den betydelige nedgangen i oljeprisen i 2014 har alternative energikilder vært mer attraktive. Olje og gass vil fremdeles være ledende energikilder i mange år fremover, men veien har åpnet seg for bruken av andre energikilder. Oljekrisen har hatt en stor innvirkning på antall oljerelevante jobber i Norge. Ifølge SSB (2016) er bortfallet på rundt 50 000 med stor sannsynlighet for ytterligere nedjusteringer. Flere personer med relevant arbeidserfaring innenfor energibransjen står nå uten jobb. Denne erfaringen kan overføres til andre energiområder, om Norge legger til rette for det. Norge er nest størst i verden på elektriske biler som er et klart tegn på at flere støtter bruken av nullutslippsteknologi. Hydrogen kan bli stort og Norge kan tjene godt på å være i front av denne utviklingen. Ved en satsing på hydrogen vil det bli skapt flere arbeidsplasser samtidig som det finnes en rekke leverandører av teknologi og tjenester som vil nyte godt av en slik utvikling.

Store deler av energimeldingen som ble vedtatt i 2016 omhandler forslag for en tilretteleggelse av hydrogen som drivstoff i transportsektoren frem mot 2030

(Stortinget.no, 2016). De mest relevante punktene er:

- Sikre bidrag/støtte for utbyggingen av hydrogenstasjoner i Norges største byer med oppstart i 2017.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

- Stortinget ønsker at regjeringen skal se på bruken av utviklingskontrakter for hydrogenferger.
- Støtte bruken av lavutslippsteknologi og ren produksjonsteknologi innen industri, og jobbe mot en overgang fra fossil til fornybar energi.

I fremleggelsen av Nasjonal Transportplan 2018-2029, mld.st. 33(2016-2017) er det presentert mål som bygger på en omstilling av transportsektoren (Regjeringen.no,2017). De mest relevante målene for denne studien er:

- Nye ferger skal anvende lav eller nullutslippsdrivstoff.
- Nye personbiler, varebiler og busser skal være utslippsfri etter 2025.
- 40 % av all nærskipfart skal innen 2030 bruke lav eller nullutslippsdrivstoff.
- I 2050 skal all transport være utslippsfri.

Dette er ambisiøse mål som krever målrettet bruk av virkemidler. Virkemiddelbruken vi ha stor innvirkning på resultatet i introduksjonsfasen, og kan føre til store omveltninger i norsk transportsektor om målene blir en virkelighet. For å se virkningen av hydrogenproduksjon i Norge, er det nødvendig med analyser som omhandler verdiskapingen, som i denne oppgaven primært måles i arbeidsplasser. En analyse angående sysselsettingspotensialet av hydrogenvirksomhet er etterspurt fra selskaper som NEL hydrogen, Greenstat og Norsk Hydrogenforum. Disse er dermed en stor pådriver for utførelsen av denne studien.

Hydrogenutvikling er en fremtidsrettet løsning på dagens problemer. For å undersøke hvilke virkninger dette vil ha for Norge i fremtiden, er studien beregnet ut ifra antatt teknologiutviklingen i 2040. En omstilling av transportsektoren er ingen enkel prosess, og kan ta lenger tid enn vi tror. Med beregninger for 2040 er sannsynligheten for at hydrogen har blitt kommersielt anvendt i transportsektoren større, og vi kan dermed undersøke de innvirkningene det vil ha for Norge. For fremtidsanalyser er det svært vanlig å ha et

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

optimistisk syn på teknologiutviklingen. Dessverre viser det seg sjeldent å være realistiske antakelser, og studien mister dermed stor verdi over tid. Tidligere antakelser for utviklingen blir i studien derfor nedjustert for å skape et realistisk fremtidsbilde. Det er umulig å spå hva fremtiden bringer, men en kan ta lærdom fra tidligere fremtidsanalyser og den faktiske utviklingen.

1.2 Problemstilling

Studiens interesseområde er å se på betingelsene for og virkningene av hydrogen virksomhet i Norge. Hydrogen antas å ha et betydelig potensiale innenfor transportsektoren, og problemstillingens vinkling blir dermed:

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

For å finne svar på denne problemstillingen kan vi lage tre undersøkelsesspørsmål som studien vil besvare.

- Hvilke betingelser er nødvendig for en voksende hydrogeninfrastruktur?
- Hvor mange arbeidsplasser vil produksjon av nødvendige hydrogenkomponenter samt tilretteleggelse for bruk av hydrogen skape?
- Hvilke klimaeffekter vil en energiomstilling i transportsektoren skape?

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

1.3 Avgrensning

Problemstillingen er stor av omfang, og det er derfor behov for å begrense oppgaven uten å redusere studiens verdi for kommende hydrogenstudier. Hydrogen kan fremstilles fra flere energikilder, og for at oppgaven ikke skal bli for omfattende vil produksjon fra de mest lovende energikildene, naturgass og vindkraft bli beregnet. Transportsektoren omfatter både vei, bane, sjø og flytransport. Studien vil kun omfatte vei og sjøtransport. Landbasert transport vil omhandle personbiler, mens ferger vil representere sjøbasert transport. Dette er gjort ettersom at landbaserte kjøretøy har forskjellige bruksområder, som fører til ulikt forbruk og behov av hydrogen. Ferger derimot har kommet lenger i teknologien enn større skip, og er derfor bedre egnet for den tidsrammen som oppgaven går ut i fra. Konsekvensene av hydrogenproduksjon kan være mange, men studien avgrenses til å måle kun sysselsettingseffekter samt klimaeffekter. I tillegg er det ikke tatt høyde for negative konsekvenser av hydrogenproduksjon. I oppgaven blir det beregnet produksjonskostnader for komponenter i verdikjeden. Beregningene omhandler reformering, elektrolyse og hydrogentanker, men utelater brenselceller ettersom at disse ikke blir produsert i Norge.

1.4 Oppgavens struktur

Som nevnt ovenfor er oppgavens formål å finne svar på hvordan Norge skal legge til rette for hydrogenutvikling, samt hvilke konsekvenser det vil ha for Norge i fremtiden. Innholdet som blir presentert vil dermed være relevant for utførelsen av studien. I kapittel 2 er det beskrevet relevante teorier som omhandler ringvirkninger, bærekraftig utvikling og markedsteorier. Ringvirkningsteoriene er relatert til konsekvensene for produksjon og bruk av hydrogen i Norge. Bærekraftig utvikling er en av de sentrale argumentene for at verdens energisystem burde omstilles til lav eller nullutslippsteknologi. Markedsteoriene som blir presentert er tilbud og etterspørsel som beskriver at hydrogenutviklingen avhenger av hvordan tilbudet for hydrogen er sammenlignet med etterspørselen. Endringsteori forklarer hvordan en ny innovasjon/teknologi kan skape positive virkninger om det er lagt tilrette for det, og tilslutt

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

forklarer diffusjonsteorien de ulike fasene av teknologiutviklingen . I oppgaven blir bare pre-kommersiell og kommersiell fase diskutert ettersom at det er disse fasene som er antatt å være nådd i 2040. I kapittel 3 blir det beskrevet hvilke undersøkelsesdesign og metoder som er anvendt for innsamling av relevant data for studien. Kapittel 4 gjør leseren oppmerksom på hydrogenets bruksområder og mulighetene for en hydrogensatsing i Norge for deretter å vise skillet mellom forventet utvikling og faktisk utvikling. Avslutningsvis blir hydrogenforbruk av ulike transportmidler beskrevet før en mer detaljert beregning av ferger og personbiler blir foretatt. Kapittel 5 omhandler første del av problemstillingen, der ulike virkemidler for hydrogenutviklingen blir diskutert for deretter å beskrive betingelser for ytterligere kraftproduksjon i Norge. I kapittel 6 og 7 diskuteres andre del av problemstillingen. I første omgang blir det diskutert potensiell hydrogenproduksjon fra naturgass og vindkraft, for deretter å undersøke konsekvensene av hydrogenproduksjon og tilretteleggelse for bruk av hydrogen i transportsektoren. I kapittel 8 blir resultatet av studien oppsummert og konkludert før anbefalinger for videre forskning blir diskutert.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

2.0 Teoretisk forankring

I dette kapitlet blir det presentert oppgavens teoretiske forankring. Teorien som blir presentert vil være relevant for oppgavens problemstilling, og som videre grunnlag for kommende kapitler. Kapitlet starter med å beskrive to relaterte tilnærminger for ringvirkninger, før en sammenslåing av teoriene blir vist i en modell. Videre blir bærekraftig utvikling beskrevet sammen med trippel bunnlinje. Her blir tre aspekter (sosial, miljø, økonomi) sett ut ifra økt hydrogenvirksomhet. Hydrogenutvikling blir deretter henvist til markedsteorier som tilbud og etterspørselsteori, endringsteori og diffusjonsteori. Teorikapitlet avsluttes med en oppsummering av studiens teoretiske forankring.

2.1 Ringvirkninger av næringsaktivitet

I dag er det normalt at bedrifter og næringer viser sin samfunnsnytte ved å presentere analyser eller regnskap som et bevis på hvordan de kan bidra med verdiskaping, ved økt aktivitet hos leverandører eller finansiering av offentlig velferd. Dette er en viktig prosess som blir gjort i håp om å validere bedriften eller næringens eksistens. Denne verdiskapingen omtales som ringvirkninger ved en såkalt aktivitet fra næringen eller bedriftens side. Sosialøkonomen Joseph A. Schumpeter introduserte ringvirkninger som et vitenskapelig begrep i 1911 (Henriksen, 2010). Schumpeter så på ringvirkninger i form av en ny aktivitet på regional basis. Han så at regional utvikling førte med ekstra sosiale og økonomiske effekter som ga utslag for en voksende økonomi. Disse effektene vil påvirke flere deler av samfunnet, men kan også deles inn i grupper og måles innad (Schumpeter, 1934).

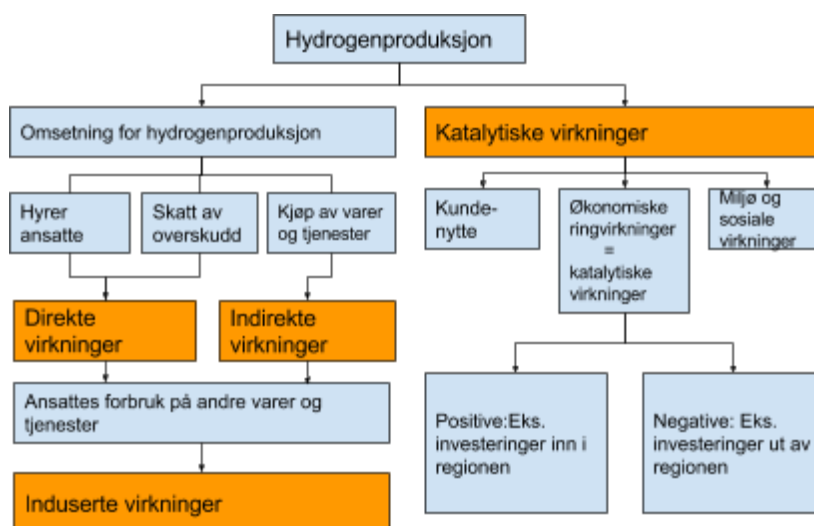
Ringvirkninger som et begrep kan tolkes på flere måter, og litteraturen gir ingen entydig definisjon påpeker Henriksen (2010). En mer detaljert beskrivelse kan derfor være hensiktsmessig. Som et vitenskapelig begrep kan ringvirkninger beskrives som en handling eller aktivitet som får ytterligere påvirkning på andre områder, og der forholdet mellom

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

faktorene ofte er kausale (Henriksen ,2010). Ringvirkninger måles ofte i fysiske egenskaper som høyde, frekvens eller bølgelengde. Begrepet fra et vitenskapelig perspektiv er bredt, men en vitenskapelig formening tilsier at aktiviteten resulterer i en endring for et område, som fører til en videre endring i et annet område (Henriksen ,2010). Disse endringene vil være direkte, forventede og målbare. Henriksen(2010) påpeker at ringvirkningene også vil skape endringer som ikke er direkte observerbare, som betyr at endringene skapes utover det opprinnelige målet. Ut ifra dette utsagnet kan vi si at næringsaktivitet skaper forutsette og uforutsette ringvirkninger.

2.1.1 Cooper og Smith's tilnærming av ringvirkninger

Kjærland, Mathiasen & Solvoll (2010) har skrevet flere rapporter om ringvirkningsanalyser i Statkraft. Ringvirkninger blir her omtalt som samfunnsnytte for en næring eller bedrift, men nevner også uttalelsen til Henriksen (2010) om at litteraturen ikke gir en klar definisjon på begrepet. Kjærland, Mathiasen & Solvoll (2010) beregner ringvirkningen ut i fra fire faktorer. Disse er direkte, indirekte, induserte og katalytiske virkninger som sammen har lokale eller regionale virkninger spredt utover forskjellige områder.



Figur 2-1: Ringvirkninger for hydrogenproduksjon (Utarbeidet fra SIB-rapport nr 6: Kjærland, Mathiasen & Solvoll, 2009:2)

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Direkte virkninger

Direkte virkninger blir omtalt som virkninger som er relatert til den daglige driften, og som i sin helhet knyttes til virksomheten. Disse virkningene kan være alt fra antall arbeidsplasser, lønn, skatter, avgifter eller omsetning som endres på grunnlag av økt aktivitet eller investering i en industri eller næring. Disse virkningene er målbare med relativ høy presisjon. Ved at disse virkningene trer i kraft vil det oppstå en økning i etterspørsel etter ressurser for drifting og produksjon på et regionalt nivå. Dette vil påvirke underleverandørene, og med det være såkalte indirekte virkninger (Kjærland, Mathiasen & Solvoll, 2012).

Indirekte virkninger

De indirekte virkningene skapes fra etterspørselen som de direkte virkningene produserer. For underleverandører sin del så har lokalisering ingenting å si for de indirekte virkningene. Underleverandørene kan befinne seg over hele landet, og samtidig fortsatt ha mulighet til å bidra samt tjene på utviklingen. Dette kan være problematisk om effekten skal beregnes på et regionalt nivå, men for denne studien vil det ikke ha noen påvirkning (Kjærland, Mathiasen & Solvoll, 2012).

Induserte virkninger

Induserte virkninger beskriver hvordan utviklingens pågang er en faktor for økende produksjon og sysselsetting i regionen, En økning i aktivitetsnivået vil både direkte og indirekte øke omsetningen for regionen, som vil virke positivt på privat og offentlig konsum (Kjærland, Mathiasen & Solvoll, 2012).

Direkte og sekundære (indirekte og induserte) virkninger oppstår alle på bakgrunn av en økt aktivitet i markedet som fører til større etterspørsel av ressurser. Dette er en konsekvens av utviklingen, samtidig som det er nødvendig for at utviklingen skal bevege seg i retning av en fremtidig næring (Kjærland, Mathiasen & Solvoll, 2012).

Det finnes flere måter å måle direkte, indirekte og induserte virkninger på. Hvis vi ser på sysselsettingseffektene som er relevant for denne oppgaven så måles det i antall

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

arbeidsplasser som er direkte tilknyttet til driften/utviklingen. For å finne de totale ringvirkningene kan dette antallet justeres opp med hjelp av en multiplikator. I en rapport utført av Lian, Bråthen, Johansen & Strand (2005) som ser på luftfartens samfunnsnytte, har beregnet at multiplikatorer for luftfarten bør være rundt 1,3 - 2,0 for indirekte og induserte, og 3,4 om de katalytiske virkningene blir regnet med. Disse multiplikatorene innebærer naturligvis en del usikkerhet, ettersom at de kan variere fra næring til næring.

Kjærland m.fl.(2010) har brukt en annen tilnærming i sin Statkraft rapport. Rapporten forteller at kraftbransjen ikke har den samme tilknytningen mellom antall ansatte og ringvirkninger på bakgrunn av at et ferdigstilt anlegg gir store inntekter, men mye er automatisert som betyr at det ikke er behov for like mange ansatte. I en slik situasjon er andre parametere foretrukket. Dette kan være å beregne sysselsettingen ut ifra antall kroner brukt for kjøp av tjenester eller varer (Kjærland, Mathiasen og Solvoll ,2010). Denne studien vil bygge på samme tilnærming som er antatt i Statkraft rapportene ettersom at hydrogenproduksjon og kraftproduksjon har visse fellestrekk.

Katalytiske virkninger

Katalytiske virkninger er påvirkningen som driften/utviklingen/satsingen har for posisjoneringen av andre bedrifter med tanke på lokalisering. Disse virkningene blir omtalt som de mest usikre og vanskelige effektene å beregne. Cooper og Smith (2005) deler de katalytiske virkningene inn i tre undergrupper som blir omtalt som brukernytte, økonomiske , miljø og sosiale ringvirkninger. De økonomiske virkningene er omtalt for å være hovedparameteren, og er mest benyttet i makroøkonomiske analyser. Vi kan beregne de økonomiske virkningene ved å se i hvor stor grad økt aktivitet påvirker lokaliseringssatferden til andre bedrifter. De to andre undergruppene er mer komplisert å måle.

Cooper og Smith (2005) beskriver kundens nytte (konsumentoverskuddet) som det punktet hvor kundene føler seg tilfreds med å betale for produktet. Ingen vil betale mye for en ting, men det finnes de som er villig til å betale mer for å kjøre med hydrogen enn vanlig drivstoff. Det er disse kundene som går under denne gruppen. Denne kundegruppen kan være alt fra

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

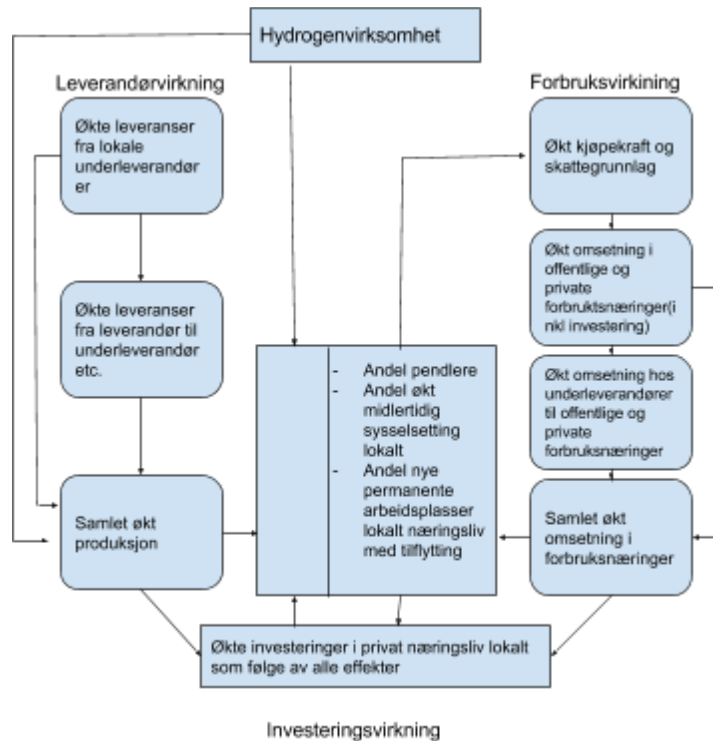
miljøaktivister til den vanlige mannen i gaten som finner interesse for hydrogen som drivstoff. Usikkerheten rundt kvantifiseringen for denne gruppen gjør at de som oftest ikke er med i beregningene.

Hydrogen som drivstoff vil naturligvis skape mindre utslipp enn tradisjonelt drivstoff, så lenge det kommer fra en fornybar kilde. Dette vil ha innvirkning på miljøet i den forstand, men omhandler også i hvor stor grad nærmiljøet blir påvirket av produksjonen ved bruken av naturlige ressurser. Den sosiale effekten kan bli omtalt som motivasjonen eller holdningen som mennesker har til produksjon og bruk av hydrogen som energibærer. Her kan det være flere forskjellige meninger og analysen blir dermed komplisert (Kjærland, Mathiasen & Solvoll, 2012).

2.1.2 Oterhals og Herviks tilnærming til ringvirkninger

Ringvirkninger er som tidligere sagt et bredt begrep med forskjellige meninger. For å øke forståelse for begrepet velges det å se på en annen tilnærming fra Oterhals og Hervik (2006) som nevner 3 sammenlignbare effekter for ringvirkninger.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 2-2: Lokale og regionale ringvirkninger av hydrogenvirksomhet, (Oterhals & Hervik ,2006)

Leverandøreffekt

I rapporten til Oterhals & Hervik (2006) “Ringvirkninger av petroleumsvirksomheten i Kristiansundregionen” blir ikke betydningen av leverandøreffekten detaljert beskrevet. Alikevel er det tydelige likhetstegn til Cooper og Smiths tilnærming, der indirekte virkninger fører til at leverandører/underleverandører av materialer, teknologi, tjenester og andre varer vil oppleve en økt etterspørsel som et resultat av økt aktivitet i hydrogennæringen. Oterhals og Hervik informerer om effekter der leverandører som ikke nødvendigvis har en naturlig tilknytning til virksomheten også kan bli påvirket på positiv måte. En satsing på hydrogen i Norge stiller ytterligere krav til utbyggingen av hydrogeninfrastrukturen. Dette kan påvirke hoteller, restauranter eller kollektivtransporten. Disse er ikke relatert til hydrogenproduksjonen, men kan oppleve effekter av den. Denne virkningen blir i Cooper og Smiths tilnærming omtalt som induserte virkninger.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Konsum effekt

Konsumvirkningene oppstår ved at lokalinnbyggere som er tilknyttet utviklingen får en høyere kjøpekraft på bakgrunn av økt aktivitet (Oterhals & Hervik, 2006). Den økte kjøpekraften skaper ringvirkninger i lokalsamfunnet ved at innbyggere bruker mer penger i lokale butikker. Effekten kan være en pådriver for nye arbeidsplasser i alt fra matvareforhandlere til andre lokale nødvendigheter. Oterhals & Hervik (2006) bemerker spesielt en viktig faktor for at utvikling skal oppnå de forventningene som lokalbefolkningen har til hydrogenproduksjon. De faktorene som blir omtalt, er avhengighet for at et flertall av arbeiderne er fastboende eller flytter til området hvor aktiviteten finner sted. Om en stor andel av arbeiderne pendler eller kommer i noen uker for så å dra hjem, vil en begrenset andel av inntekten bli brukt i lokalsamfunnet der produksjonen foregår, mens resterende vil bli brukt i andre områder som ikke er tilknyttet aktiviteten.

Oterhals & Hervik (2006) nevner enda en negativ faktor ved utviklingen eller aktivitet, spesielt for mindre regioner med lave innbyggertall. Her nevner de at flere deler i verdikjeden kan komme fra andre områder i form av import. Dette kan være et resultat av at infrastrukturen er svak eller har liten tilgang til ressurser. Områder som er mer industrialisert vil stå for produksjonen av utstyr og deler, som betyr at lokalsamfunnet der utviklingen foregår går glipp av store inntektskilder. I slike regioner viser det seg at andre tjenester og varer blir kjøpt i industrisentre på grunn av et dårlig tilbud i lokalsamfunnet. Disse negative faktorene bidrar til at ringvirkningene til tross for den økte aktiviteten ikke får de samfunnseffektene som er forventet (Oterhals & Hervik, 2006).

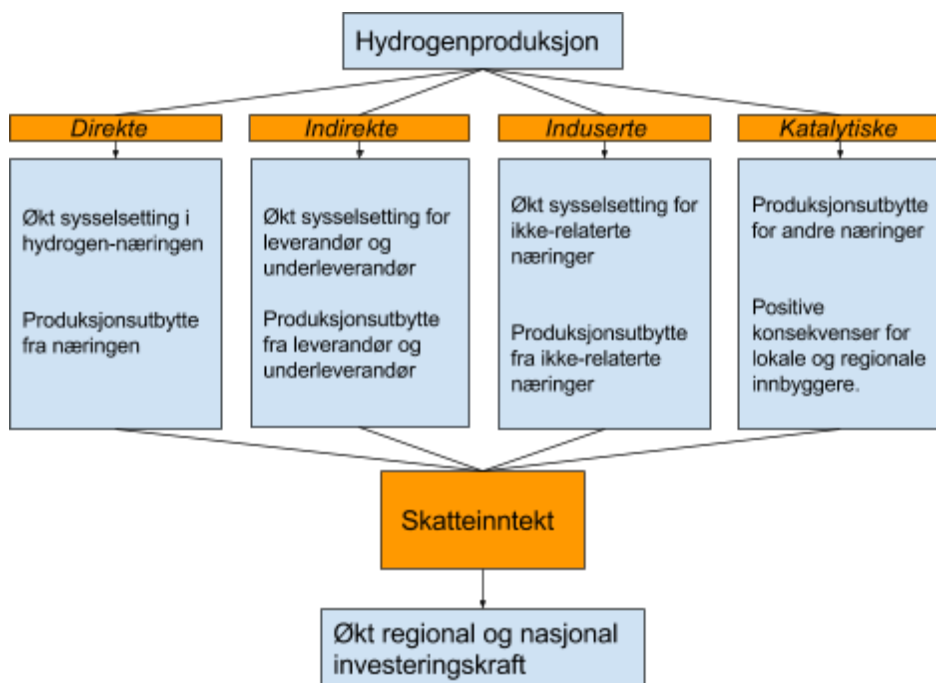
Siste punkt som blir nevnt i rapporten i form av konsumeffekt er hvordan nye tilflyttere øker aktiviteten i boligmarkedet. Konsumeffekten vil bli bedret ved at regionen opplever en økt migrering. Nye tilflyttere med eller uten familie velger å investere i ny boligbebyggelse i stedet for å flytte inn i allerede eksisterende hus. En økende befolkningsvekst i regionen vil også bidra til at en større andel av nasjonalbudsjettet blir tildelt regionen, ved at skatteinnbetalingene i samfunnet øker. Mer penger i omspill i lokalsamfunnet har store forutsetninger for å øke levestandarden, helsen, utdanningsmulighetene, infrastrukturen samt andre lokale og regionale goder.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Investerings effekt

Investerings effekten som Oterhals og Hervik(2006) snakker om er et resultat av faktorene som allerede er nevnt. Økt kjøpekraft hos befolkningen fører til at det er mer penger i omspill i samfunnet. Dette skaper ringvirkninger som høyere levestandard samt et økende boligmarkedet. Disse ringvirkningene flytter seg dermed nedover i verdikjeden som gjør det mulig for flere leverandører av varer og tjenester til å trenge seg inn i markedet. Disse effektene som er omtalt er vist i figuren over.

Tilnærmingene for Cooper & Smith (2005) og Oterhals & Hervik(2006) er begge tilknyttet til hverandre. Det er store fellestrekk i de respektive tilnærmingene. For videre anvendelse i studien blir det derfor produsert en modell som fusjonerer de mest sentrale punktene i hver av teoriene. En rask gjennomgang av modellen forklarer at hydrogenproduksjon kan resultere i å skape de fire omtalte virkningene: direkte, indirekte, induserte og katalytiske. Disse virkningene vil ha innvirkning på hvor mye skatt som blir betalt, som til slutt fører til økt investeringskraft på regionalt og nasjonalt nivå.



Figur 2-3 : Fusjonert ringvirkningsmodell

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

2.2 Bærekraft utvikling

Temaer rundt utvikling eller satsing på en energiløsning vil alltid på et tidspunkt diskutere om utvikling er bærekraftig eller ikke. Politikere, eksperter og representanter av lokalsamfunnet er ofte interessert i hvordan industriens tilstedeværelse vil påvirke landet, området eller regionen. Økt profitt, bedre levestandard og tilfredshet blant innbyggere, er resultater av en bærekraftig utvikling.

I Norge er vi så heldige å ha mengder av naturressurser til vår disposisjon. Det er dermed viktig at disse ressursene blir utnyttet på en måte som bygger og utvikler landet for fremtiden. Helt siden oljeeventyret startet på 1970 tallet har Norge levd godt på inntektene fra oljeutvinningen. Dette har ført til at Norge i dag er et av verdens rikeste og mest velutviklede land. Olje og gassutvinning er i teorien ikke bærekraftig forsvarlig, men Norge har utviklet en handlingsplan som bare lovliggjør bruken av renteinntekter fra petroleumsformuen (Regjeringen.no). Denne handlingsregelen er bygget på et prinsipp om bærekraftig forvaltning, som vil si at inntekter fra naturressurser skal ha like stor nytte for denne generasjonen som neste generasjon etter oss. Det norske oljeeventyret ser ut til å være i ferd med å ta slutt, og vi må begynne å se videre mot det som vil være bærekraftig for fremtiden. Dette tilsier ikke at oljeeventyret for Norsk petroleumsvirksomhet er over. Olje og gassindustrien vil være en stor del av den norske økonomien i mange år fremover, men vi kan se at den norske økonomien er i en omstillingsfase (SSB, 2016).

I en verden med stadig fremkommende utfordringer, kan det være vanskelig for bedrifter og selskaper å tilpasse seg alle kravene som blir stilt fra myndigheter på lokalt og nasjonalt nivå. Utviklingen kan variere og ofte skape konsekvenser utover den økonomiske biten av driften. Disse konsekvensene kan være et forhøyet nivå av miljøgasser fra driftens avfall samt økt bruk av lokale transportkanaler. Lokale samfunn kan møte konsekvenser ved en reduksjon eller nedleggelse av driften da flere innbyggere kan være tilknyttet driften eller aktiviteten. Myndighetenes godkjenning om produksjon i regionen kan på noen områder være i strid med

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

lokalsamfunnets tradisjoner og verdier selv om produksjonen er nyttig for nasjonen. Lokal kultur og gamle lokale bedrifter kan bli neglisjert og glemt ved industriens frammarsj. Dette tilsier at det er viktig at det blir tatt forbehold for alle konsekvenser, før utvikling av f.eks hydrogen blir godkjent for oppstart.

I Rio Earth Summit i 1992 fikk begrepet “bærekraft” stor oppmerksomhet som det nye konseptuelle rammeverket for næringsvirksomhet, industri og sosial utvikling (Unesco.org, 1992). Av det grunnlaget vil neste delkapittel diskutere bærekraft som begrep.

2.2.1 Bærekraftig utvikling som begrep

Bærekraftig utvikling har over de siste årene blitt et fremtredende begrep, som stadig blir brukt i nyhetssaker relatert til global oppvarming, økende CO₂ nivåer og sosiale konflikter. Begrepet er godt kjent innenfor forretnings etikk (business ethics), og blir ofte brukt av selskaper, myndigheter, konsulenter, pressgrupper såvel som akademikere (Crane & Matten, 2010:32). Til tross for den vidstrakte bruken så blir begrepet anvendt og tolket på mange forskjellige måter (Dobson, 1996). Uttrykket “bærekraftig” er til dels mest anvendt i temaet om utvikling med definisjonen: Bærekraftig utvikling er utvikling som tilfredsstiller behovet i dag uten å kompromittere mulighetene for fremtidige generasjoners behov (World Commission on Environment and Development 1987).

Som tidligere nevnt er det mange bruksområder og tolkninger rundt dette uttrykket, og man skal derfor være varsom med å akseptere enhver tolkning (Crane & Matten, 2010:33). På et basisnivå vil det i grove trekk omhandle vedlikehold som sikrer at våre handlinger ikke får konsekvenser for planeten eller atmosfæren slik at det langsiktige perspektivet blir truet. Ved å håndtere våre handlinger slik at fremtidige generasjoner får de samme mulighetene som nåværende generasjon, er en sak som omhandler intergenerasjonell likestilling (Crane & Matten, 2010:33).

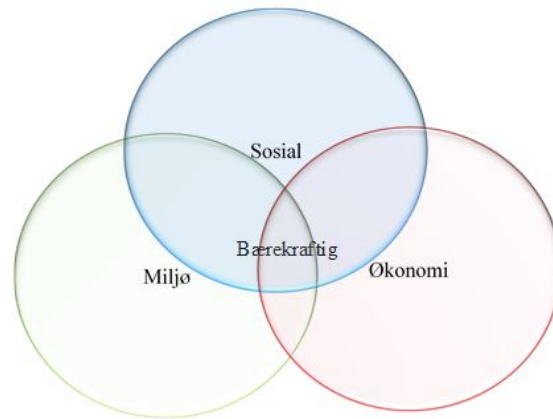
“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Bærekraftig utvikling finner sine røtter innenfor miljøforvaltning og analyse. Lenge har konseptet vært synonymt med et bærekraftig miljø, men i de senere årene har betydningen rundt bærekraftig ikke bare vært miljø-iakttagelse, men også økonomisk og sosial iakttagelse. Bakgrunnen for denne endringen, er at det ofte er umulig å adressere bærekraftigheten for miljøet uten å ta hensyn til de sosiale og økonomiske aspektene som er relatert til aktiviteten. Eksempler på dette vil være når miljøforkjempere ser at en aktivitet vil ha negativ påvirkning på nærmiljøet, men til tross skaper muligheter for lokalsamfunnet. I en slik situasjon må det bli bedømt fra flere ståsteder. En utbygging av veier kan for eksempel ha stor innvirkning på miljøet med bråk og trefelling. På den andre siden kan veier skape bindeledd mellom bygder og byer, jobbmuligheter og reduserte transportkostnader (Crane & Matten, 2010:33). I neste delkapittel blir de tre aspektene av bærekraft beskrevet i den triple bunnlinjen.

2.2.2 Trippel bunnlinje

Trippel bunnlinje (Trippel bottom line) er et begrep utviklet av John Elkington i 1994 som omhandler de tre dimensjonene sosial, miljø og økonomi som allerede er nevnt i partiet over. Trippel bunnlinje viser til ideen om at næringer ikke bare har ett bestemt mål om å øke økonomisk verdi, men at de har utviklet en større målramme som omhandler sosiale og miljøvennlige mål i tillegg (Elkington 1998). For å skape en bedre forståelse for disse dimensjonene så blir hvert perspektiv diskutert under.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 2-4: Trippel bunnlinje

Miljø perspektiv

Som nevnt tidligere i oppgaven har konseptet om bærekraftig utvikling sine røtter i miljøbevissthet. Prinsippet er forankret i viktigheten bak styringen av fysiske ressurser slik at vi kan benytte oss av disse ressursene i fremtiden. Biosystemer er av den oppfatningen at det ikke har evigvarende ressurser eller kapasitet. Det er derfor desto viktigere at aktivitet ikke truer eller ødelegger disse systemene. På basisnivå er det viktig at vi tar hånd om kritiske innvirkninger som industrien har på miljøet, bruken av ikke fornybare ressurser som olje, gass og kull og det utslippet som frigjøres i form av forurensende gasser ved produksjon (Crane & Matten, 2010:34). Befolkningsveksten øker hvert år og behovet for energi er økende. Dette skaper mistanke rundt økonomisk vekst og med det spørsmålet om fremtidige generasjoner virkelig vil ha den levestandarden som vi er kjent med i dag.

Sosialt perspektiv

Den sosiale dimensjonen er en relativ ny utvikling som har sitt opphav på bakgrunn av miljø og økonomiske dimensjoner (Scott, Park & Cocklin 2000). De sosiale bekymringene for

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

bedrifter med tanke på bærekraftighet blomstret opp rundt 1990 tallet. På den tiden var det et spesielt fokus på virkningene for utviklingsland eller samfunn med et stort antall urfolk. I følge Crane & Matten (2010) er hovedproblemet med det sosiale perspektivet i forhold til bærekraftighet, sosial rettferdighet. Det er ikke til å legge skjul på at det har vært betydelige endringer i levestandarden opp gjennom årene, men nylige UN rapporter tilsier at det er urovekkende store ulikheter på levestandard over hele kloden (Crane & Matten ,2010). I Norge så er ikke tallene like ille, men det er forskjell på enkelte kommuner og hvor mye penger de besitter. Det sosiale aspektet for Norge i den forstand vil være å utjevne disse forskjellen. Bidra til at befolkning har like muligheter for jobb, utdanning, helse og inntekt på de plassene de er bosatt, er sosiale aspekter for bærekraftig utvikling (Crane & Matten ,2010:36)

Økonomisk perspektiv

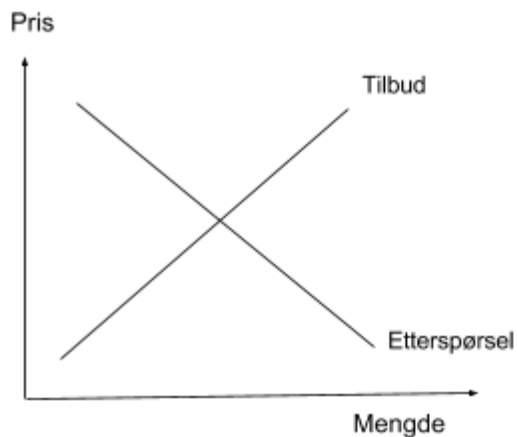
Det økonomiske aspektet på bærekraftighet har sitt opphav fra økonomiske vekstmodeller som ser på begrensninger av jordens holdbare kapasitet av ressurser. Stadig økende befolkningstall, industriell aktivitet, ressursbruk og forurensing er parametere som kan være årsaken for lavere levestandard i fremtiden. Økonomer som Kenneth Arrow, Herman Daly og David Pearce har forsket mye på den makroøkonomiske forståelsen av bærekraftig utvikling (Crane & Matten ,2010:35). En lite begrunnet betydning av bærekraftig økonomi er fokuset rundt økonomisk prestasjon for aktiviteten. For styringen av selskapet i den forstand er utvikling, produksjon og markedsføring av produktet essensielt for å oppnå en langsiktig økonomisk vekst. En strategi bygd på et langsiktig perspektiv er nødvendig for å øke aksjepris, omsetning og markedsandeler i motsetning til et kortsiktig perspektiv om rask fortjeneste (Crane & Matten ,2010:35). Derimot et bredere perspektiv av dimensjonen går ut på hvilket syn eller holdning næringen har på innvirkningene som det økonomiske rammeverket er bygd rundt. Dette betyr at å oppføre seg urettmessig ikke vil bli sett på som bærekraftig på lengre sikt. Dette kan innebære juksing av regnskapstall, unnasluntring av selskapsskatt eller liten interesse for sponing av politiske institusjoner i nærmiljøet. Dette er noen faktorer som undergraver den økonomiske utviklingen og hindrer selskapet i å oppnå langsiktig vekst.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

2.3 Markedsteori

2.3.1 Tilbud og etterspørsel

Tilbuds og etterspørsel teorien omtales som et grunnfundament i økonomiske analyser ,og det med god grunn ettersom at teorien kan brukes til å forklare flere ulike økonomiske fenomener. I denne studien kan teorien forklare økningen eller nedgangen i sysselsetting eller behovet for hydrogen som drivstoff til brenselceller. Modellen under er en typisk tilbuds-etterspørselsmodell som forklarer forholdet mellom pris og mengde.



Figur 5: Tilbud og etterspørselsmodell

En generell forklaring av modellen, er at høy pris tilsvarer en liten etterspørsel og motsatt. Dette kan relateres til hydrogen som drivstoff. Hydrogen vil konkurrere mot bensin og diesel, og ved en vesentlig høyere utsalgpris for hydrogen, vil mange fremdeles foretrekke konvensjonell drivstoff. Dette tilsvarer at mengden hydrogen som er etterspurt er liten. Punktet der tilbudskurven treffer etterspørselskurven omtales som der markedet blir tilfredsstillt, og kalles for markedslukevekt. Senere i oppgaven vil det bli diskutert ulike virkemidler som forbedrer tilbudet og etterspørselen av hydrogen, og på den måten legger til rette for en voksende hydrogenutvikling. Der blir utbygging av hydrogenstasjoner omtalt som tilbudssiden, og etterspørselen av drivstoff for kjøretøy omtalt som etterspørselssiden. Dette

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

vil ha utslag i modellen over. En utbygging av hydrogenstasjoner vil forbedre det totale tilbudet av hydrogen. Dette fører til et skift i tilbudskurven, som reduserer prisen for hydrogen og skaper en ny markedslukevekt. En årsak for denne hendelsen, er at flere fyllestasjoner skaper priskonkurranse. Etterspørselssiden avhenger av hvor mange hydrogenkjøretøy det er i Norge til en viss tid. Flere hydrogenkjøretøy tilsvarer en høyere etterspørsel etter hydrogen, og kurven får dermed et skift som øker prisen, og dermed bidrar til bedre fortjeneste for stasjonene. Tilbudet og etterspørsel av hydrogen er faktorer som avhenger av hverandre. Dette tilsier at arbeidet for utvikle disse sidene er vesentlig. Et positivt skift (høyre) for begge kurvene fører til økt lønnsomhet for stasjonene, samt økt behov for hydrogenproduksjon. Sammen vil dette bidra til en voksende hydrogenutvikling i Norge.

2.3.2 Endringsteori

Endringsteori er knyttet til bærekraftig utvikling, og med en verden som utvikler seg hele tiden er det nesten uunnværlig at vi ikke endrer nåværende systemer og funksjoner eller skaper nye. Problemer med en radikalt endring av systemet har fått oppmerksomhet blant forskere og offentlige diskusjoner. Endringer i systemer er ikke unikt for menneskets historie, der dette har skjedd tidligere her til lands ved for eksempel overgangen fra trevirke til vannkraft eller hvalolje til fossil olje. En mye omtalt studie innenfor energiendring er den Nederlandske overgangen fra fossil til fornybar energi, som er bygd rundt tanken om at bærekraftig utvikling krever fundamentale endringer i funksjonelle systemer, som igjen krever en endring på det politiske plan. Rootmans, Kemp og Van Asselt (2001) har skrevet rapporten “ More evolution than revolution: Transition management in public policy” der de beskriver “overgang“på følgende måte:

“En endring er en transformasjonsprosess der samfunnet endres på fundamentale måter over en generasjon eller mer. Selv om målet om endring er samfunnsbestemt, kan myndighetene spille en sentral rolle ved å gradvis frembringe strukturelle endringer i systemet. Ledelsen

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

innebærer sensitivitet for eksisterende dynamikker samt justering av mål for å overkomme konflikter mellom langtids ambisjoner og kortsiktige konsekvenser”(Rootmans,Kemp & Van Asselt ,2001).

De fleste eksempler omhandler energi, transport eller mobilitet ettersom de innblander teknologiske elementer (som utstyr og infrastruktur), sosialt mønster (som vaner og tanker) og kulturell faktorer (som normer, verdier, regler og tankemønster). Disse elementene vil måtte ha like stor vekt i en endringsteori.

Teknologisk utvikling og energiendring er et sentralt emne, ettersom at studiens fundament legger opp til en endring i energisystemet. Joseph Schumpeter er omtalt som en av verdens mest anerkjente økonomer. Kjente temaer som interesserte Schumpeter var betydningen av innovasjon og entreprenørskap for økonomisk vekst. I sin utgivelse “ The Theory of Economic Development” fra 1912 analyserte han hendelser av uregelmessige og revolusjonerende endringer som hovedfaktor for økonomisk utvikling, som han mente brøt den stillestående økonomiske veksten med en dynamisk retning som skapte økt aktivitet, sysselsetting og utvikling. Interessant nok har Schumpeters forklaringer større verdi i dag enn tidligere ved at det stadig forekommer økonomiske kriser (‘Sledzig, 2013).

Innovasjon er et uttrykk som har blitt rapportert siden 1880 årene, men ingen har hatt større betydning for uttrykket en Schumpeter. I sin utgivelse “The Theory of Economic Development” beskriver han utvikling som en historisk prosess av strukturelle endringer som er grunnet i innovasjon på fem måter (‘Sledzig, 2013):

- Lanseringen av et nytt produkt eller ny variant av eksisterende produkt.
- Bruk av nye metoder for produksjon og salg av et produkt som enda ikke er bevist i industrien.
- Åpningen av et nytt marked, der en leverandør i industrien ikke har vært representert.
- Anskaffelsen av nye ressurser som råmaterieell eller halvferdig gods.
- Ny industristruktur som skaper eller nedbryter en monopol posisjon.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

For å skape økonomisk vekst så må en innovere mente Schumpeter. Dette vil skape ulike arbeidsplasser i økonomiske systemer. Han så samtidig på innovasjon som en essensiell pådriver for konkurranse og økonomisk dynamikk (‘Sledzig, 2013).

Schumpeter mente at innovasjon kunne deles inn i fire dimensjoner: oppfinnelse, innovasjon, diffusjon og imitasjon. Han beskrev oppfinnelse som skapelsen av ny kunnskap som fører til ny teknologi eller produksjonsprosesser, innovasjon som en forbedring av den nye teknologien eller produksjonsprosessen, diffusjon som det stadiet der teknologien blir kommersielt, og imitasjon som det stadiet der andre selskaper og eller industrier investerer kraftig i teknologien (‘Sledzig, 2013). Hvordan endringsteorien blir fremstilt kan i stor grad sammenlignes med diffusjonsteorien.

I følge analyser gjort av Schumpeter så har oppfinnelsesfasen liten påvirkning, mens diffusjon og imitasjon har større påvirkningskraft på økonomien. Ringvirkningseffekter av en oppfinnelse er nesten ikke synelig før etter noen år (ofte kan det være lenger). Det som blir ansett som viktig for økonomisk vekst, investering og sysselsetting er ikke oppdagelsen av en innovasjon, men heller diffusjonen av innovasjonen som kan bli sett på som det stadiet der imitatører oppdager mulighetene og fortjenestene ved produktet eller produksjonsprosessen og investerer kraftig i teknologien (‘Sledzig, 2013).

Disse innovasjonsprosessene kan bli sett på som lineære, men slik er det ikke alltid. Flere oppfinnelser når ikke innovasjonsstadiet, og innovasjoner blir ikke alltid diffusjonert. Produkter eller teknologier som i likhet med hydrogen har åpenbare effekter og muligheter, blir ikke alltid prioritert eller har muligheter for å bli utviklet. Dette blir et springbrett for diffusjon av innovasjonsteorier som Everett Rogers (1962) har studert.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

2.3.3 Diffusjonsteori

Diffusjonsteori har som formål å forklare hvorfor, hvordan og i hvilket tempo nye ideer og teknologier forplanter seg i andre kulturer. Everett Roger omtaler diffusjon som en prosess der innovasjonen blir kommunisert over tid gjennom spesifikke kanaler (Rogers , 1983).

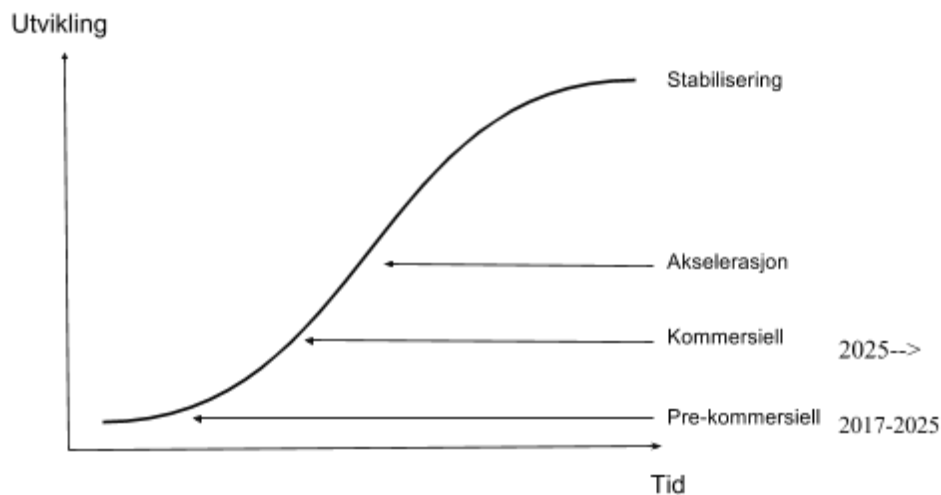
Opprinnelsen av diffusjonsteorien kan tilkobles Schumpeters (1934) arbeid som beskriver en lineær prosess fra oppfinnelse til innovasjon og videre til diffusjon/imitasjon. Tidlige analyser rundt teknologisk diffusjon fikk på den tiden relativt lite oppmerksomhet i forhold til prosesser for oppfinnelse og innovasjon. Bakgrunnen for dette var at oppfinnelsen og innovasjonen ble ansett som de kritiske faktorene for teknologisk utvikling. Det var ikke før i 1950 at diffusjon fikk et annet syn. Adopterere eller imiterere av teknologien fikk i denne perioden større oppmerksomhet, og ble deretter omtalt som en nødvendig del av diffusjonsprosessen (Sarkar,1998).

Det finnes flere teorier angående diffusjonsprosessen og hvilke faktorer som blir berørt. Den epidemiske modellen av teknologidiffusjon omtaler teknologi som noe smittsomt, som spres til mennesker den får kontakt med. Probit modellen ser på hvordan en stadig styrkende teknologi spres gjennom en heterogen befolkning av forbrukere (Sogo,2015). Legitimasjon og konkurranse modeller tar hensyn til strategiske handlinger der det er begrenset ressurser, og informasjonkaskade modellen forklarer hvordan teknologien setter sitt preg på markedet (Sogo, 2015). Hele denne teknologi diffusjonsprosessen har stor betydning, ettersom at denne studien bygger på antakelsen om at forbedret teknologi og prosesser som et resultat av forskning og utvikling, vil spres ut til markedet. Uten denne prosessen, vil ikke teknologisk innovasjon forbedre energisystemet i Norge (Rogers, 1983).

Empiriske data av teknologidiffusjon, viser til at tidsperspektivet for å ta i bruk den nye teknologien går raskt i starten, for så å stabilisere seg etter en viss tid. Dette former en s-formet kurve som baserer seg på fire prosessfaser av teknologiutviklingen, som er

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

pre-kommersiell, kommersiell, akselerasjon og stabilisering. Denne illustrasjonen kan sammenlignes med en annen modell fra diffusjon og innovasjonsteorien, som forklarer teknologiutviklingen ut ifra ulike adopsjonsfaser.



Figur 2-6 : Diffusjons og innovasjonsmodell

I den pre-kommersielle fasen (2017-2025) er det elementære analyser, løsninger, kostnader og muligheter som står i lyset for en utvikling. Ingen synlige endringer foregår i denne fasen. I den kommersielle fasen (2025-->) har teknologien fått oppmerksomhet, investeringer blir gjort og teknologien blir sluppet på markedet for kommersielt bruk. I akselerasjonsfasen er det synlige strukturelle endringer i det sosiale, økonomiske og økologiske aspektet samtidig som det foregår et skift i energisystemet. Store investeringer blir foretatt og ringvirkninger utløses på flere områder. I stabiliseringsfasen vil farten og påvirkningen av teknologien reduseres til et nivå der videre forskning og utvikling hindrer teknologien i å stagnere (Rootmans, Kemp & Van Asselt, 2001).

Det er viktig å oppklare at konseptet rundt fart og akselerasjon av en utvikling er relative. Alle endringer i energisystemer (som andre systemer) opplever perioder der utvikling går

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

både raskt og sakte. Det er heller ingen enkel og rask oppgave å endre et allerede velfungerende system. Dette er oljeindustrien i Norge et godt eksempel på. Denne industrien vil være viktig for Norge i mange tiår som kommer, men vi kan forvente en gradvis endring som ofte strekker seg over en generasjon (Rootmans, Kemp & Van Asselt, 2001).

2.4 Oppsummering

I teorikapittelet er det beskrevet teori som kan tilknyttes studiens problemstilling, og som vil bli anvendt i analysen. En oppsummering av dette kapittelet kan dermed være til stor hjelp for leseren.

Den første teorien som blir beskrevet er ringvirkningsteori. Copper & Smith såvel som Oterhals & Herviks tilnærming er oppsummert i en fusjonert modell som forklarer at hydrogenproduksjon kan ha direkte, indirekte, induerte og katalytiske virkninger. Disse virkningene skaper større skatteinntekter som gjør at regionale og lokale myndigheter har større investeringsmuligheter. Videre blir bærekraftig utvikling forklart, der hovedvekten blir lagt på den triple bunnlinjen som beskriver tre dimensjoner: Sosial, økonomisk, miljø. Til slutt er tre ulike markedsteorier diskutert: Tilbud og etterspørsel, endringsteori og Diffusjonsteori. Tilbud og etterspørsel forklarer at tilbudet av hydrogen må være lik etterspørselen for at innfasingen av hydrogen vil være parallelt med markedet. Endringsteori beskriver hvordan ny innovasjon eller teknologi fører til økonomisk vekst, og der myndigheter har en stor rolle som tilrettelegger for nye endringer og funksjoner. Diffusjonsteori forklarer hvordan, hvorfor og i hvilket tempo teknologien forplanter seg i markedet. Diffusjon av teknologien blir illustrert ut ifra fire faser: pre-kommersiell, kommersiell, akselerasjon og stagnasjon, og er dermed en sentral teori for teknologiutvikling analyser.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

3.0 Metode

I dette kapittelet er det beskrevet metodikk som er benyttet for å finne relevant og nødvendig informasjon som blir brukt til å analysere og skape troverdige antakelser for studien.

Kapittelet vil først diskutere analyseformålet og studiens duundersøkelsesdesign. Deretter vil innsamlingen av data, fremtidsperspektiv og validitet samt reliabilitet av studien bli beskrevet. Kapittelets innhold blir avslutningsvis oppsummert

Gripsrud,Olsson og Silkoset(2016) definerer det slik: “Metode er en planmessig fremgangsmåte”. Den metoden som er best i en situasjon, avhenger av både vårt mål, hvordan verden ser ut, og hvilke ressurser vi har til disposisjon (Gripsrud, Olsson og Silkoset 2016;15).

3.1 Analyseformål

Analyseformålet i studien er direkte koblet til problemstillingen

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av å produsere hydrogen som drivstoff, for land og sjøbasert transportsektor i Norge”.

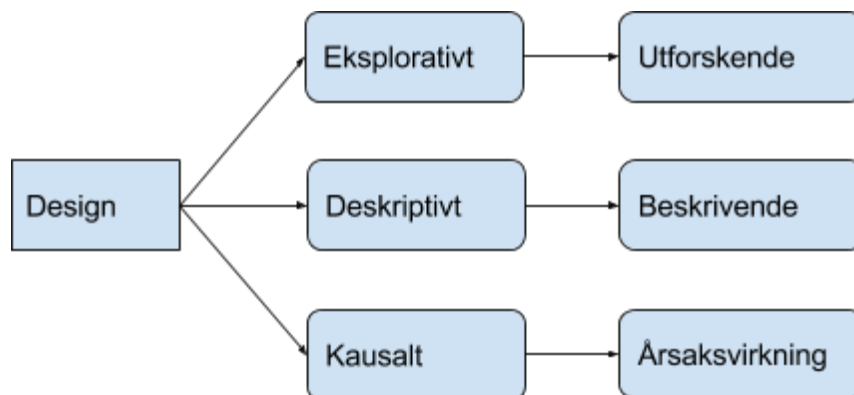
Hensikten med studien er todelt, første del av analysen vil undersøke hvilke forutsetninger og virkemidler som best fremmer en raskt voksende hydrogeninfrastruktur, mens andre del vil undersøke konsekvensene av å produsere hydrogen for bruk i land og sjøbasert transportsektor. Konsekvensene som vil bli beregnet i oppgaven er antall nye arbeidsplasser samt lavere klimagassutslipp. Dette er informasjon som er ukjent i dag, men som kan bidra til å legge lys over de positive effektene hydrogenproduksjon kan skape for Norge. Studiens beregninger av konsekvenser, er på bakgrunn av antatt teknologiutviklingen i året 2040. Flere tidligere hydrogenstudier er beregnet for 2030. Dette tidsperspektivet er ikke lenger langt fra virkeligheten, og det er derfor valgt et mer fjerntliggende tidsperspektiv som bedre kan presentere verdiskapingen av en mer moden teknologi. For å finne svar på disse spørsmålene er det nødvendig med relevant og troverdig informasjon. Denne informasjonen blir tilegnet

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

gjennom informasjonsintervjuer hos NEL hydrogen og Norsk hydrogenforum, telefonsamtaler, tidligere hydrogenstudier og nyhetsartikler.

3.2 Valg av design

Valg av design beskriver hvordan analyseprosessen skal utføres for å løse den aktuelle oppgaven. Valget består av tre ulike typer for design . Det er eksplorativ som er utforskende, deskriptivt som er beskrivende og kausalt som er årsaksvirkende (Gripsrud, Olsson og Silkoset,2016;49)



Figur 3-1: Undersøkellesdesign (Gripsrud,Olsson og Silkoset ,2016:47)

3.2.1 Eksplorativt design

Hvis problemstillingen eller undersøkelsesspørsmålet er uklare, bruker vi som oftest eksplorativt design metode. Denne metoden kalles også for en pilotundersøkelse, der vi tilegner oss tilstrekkelig med informasjon slik at vi kan gjennomføre studien, og dermed svare på problemstillingen. Noen ganger kan man verken kjenne til de teoretiske begrepene eller ha teoretiske modeller som utgangspunkt. Da kan innsikt rundt problemområdet være ytterst nødvendig. I en slik undersøkelse vil det i første omgang være viktig å forstå eller

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

tolke fenomenet. I denne design metoden er ofte sekundærinformasjon som er skrevet for andre formål viktig, for å skaffe kjennskap til temaet. Som oftest er ikke sekundærinformasjonen tilstrekkelig, så bruk av dybdeintervjuer og informasjonsintervjuer er som regel nødvendig (Gripsrud,Olsson og Silkoset , 2016:47).

3.2.2 Deskriptivt design

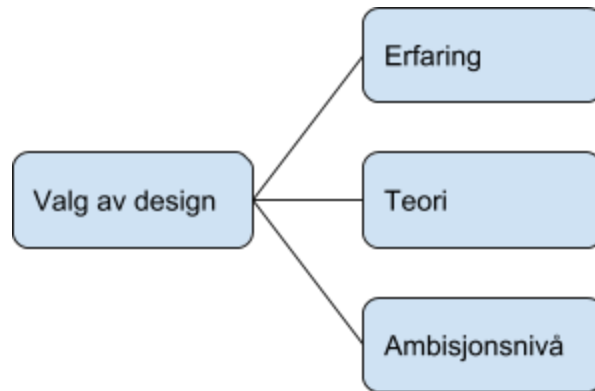
Når denne metoden brukes så har analytikeren en bakgrunnsforståelse på problemet. Målet med deskriptivt design er å beskrive situasjonen for et spesifikt område. Dette kan være alt fra en enkel variabel til sammenhengen mellom flere variabler som skal kartlegges. Strukturerte spørreskjemaer med et tilstrekkelig utvalg av respondenter er typiske kjennetegn på en deskriptiv analyse. Innhenting av data kan også gjøres gjennom ulike typer for observasjoner, og det er ikke alltid nødvendig med primærdata (Gripsrud,Olsson og Silkoset, 2016:50)

3.2.3 Kausalt design

Denne metoden undersøker årsaksforklaringer. Et kausalt design kan bli sett på som en form for eksperiment. Denne metoden kan beskrive hvordan en hendelse kan være årsaken til en annen hendelse under visse betingelser. I eksperimentet vil en manipulere uavhengige variabler for å analysere hvorvidt det har en innvirkende effekt på den avhengige variabelen (Gripsrud,Olsson og Silkoset , 2016:54). Eksperimenter som betegnes som kausalt design er laboratorieeksperimenter, felteksperimenter og kvasieksperimenter.

Det er tre faktorer som forklarer hvilken designmetode en skal bruke for å svare på problemstillingen. Disse er: erfaringer fra undersøkelsesområdet, om en kjenner til teoretiske studier rundt emnet og ambisjonsnivået for å finne sammenhengende variabler (Gripsrud,Olsson og Silkoset , 2016:59).

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 3-2: Valg av design (Gripsrud,Olsson og Silkoset , 2016:59)

For studiens forskningsområde finnes det i dag ingen tidligere analyser. Hydrogen har eksistert siden tidenes morgen, men som en potensiell energibærer som kan hjelpe oss i å redusere karbonutslippet, er det relativt nytt. Vi har liten kunnskap relatert til verdiskapingen som et hydrogensamfunn kan ha. Dette trekker i retning av at den designmetoden som må bli anvendt i oppgaven vil være eksplorativ. Ved bruken av eksplorativt design vil det bli tilegnet informasjon som ikke er lett tilgjengelig. Dette betyr at informasjonsintervjuer, dybdeintervjuer og telefonsamtaler er særdeles viktig for denne oppgaven. I andre del av oppgaven vil det bli sett på teorier som har relevans til forskningsspørsmålet. Det vil også bli brukt litteratur for å sammenligne samt finne variabler som er viktige for oppgaven ,og som dermed bygger videre på kriteriene for eksplorativt design. Spørreundersøkelser er ikke nødvendig i denne studien, ettersom ingen har forsket på eller har kunnskap om hva effektene for produksjon og bruk av hydrogen vil være i Norge. Observasjoner har heller ikke blitt utført i studien, og kriteriene for deskriptivt design blir dermed ikke oppfylt. Ulike type eksperimenter er ikke blitt utført som tilsier at studien heller ikke er av kausalt design. Studiens problemstilling og forskningsområde krever store mengder av primærdata ettersom at tidligere studier ikke er utført for dette formålet. Oppgaven vil være utforskende, og av den årsak være av eksplorativt design.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

3.3 Datainnsamling

Innsamling av data kan skilles mellom primærdata og sekundærdata. Primærdata er data som samles inn spesielt for finne svar på den aktuelle problemstillingen. Dette blir også kalt feltdata ettersom at vi går ut i felten og spør brukerne etter informasjon. Primærdata i denne masteroppgaven vil komme frem gjennom bruken av kvalitative undersøkelser. Det finnes ingen tidligere analyser rundt dette feltet i Norge per dags dato, og data vil derfor komme fra informasjonsmøter, dybdeintervjuer, skype-intervjuer o.l. Dataen som blir anskaffet vil bli brukt for besvarelsen av problemstillingen, og vil derfor i stor grad være tilknyttet studiens formål.

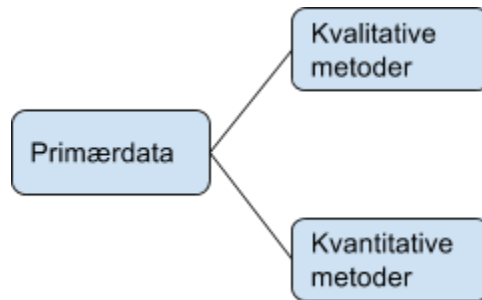
Sekundærdata er informasjon som er samlet inn tidligere med et annet formål. Dette er data som allerede eksisterer og som kan finnes i tidsskrifter, offentlige registre eller markedsundersøkelser gjort for eget eller andres firma/organisasjon. Sekundær informasjon er tidsbesparende ved at du ikke må ut i felten for å hente informasjon. Mye sekundærdata reduserer behovet for å utføre egne undersøkelser. For å bruke sekundærdata så forventes det at relevant informasjon allerede foreligger. I denne oppgaven vil sekundærdata være analyser/dokumenter rundt hydrogen, vind og naturgass samt seminar presentasjoner om satsingen på hydrogen. Informasjon rundt hydrogen blir i studien anvendt med et norsk perspektiv, for lettere å bedømme virkningen det vil ha for Norge. Ettersom at det er begrenset med sekundærdata rundt dette temaet, vil behovet for primærdata være større i henhold til å skape et korrekt syn på situasjonen.

3.3.1 Primærdata

Gripsrud, Olsson og Silkoset(2016) informerer om at primærdata kan innhentes ved bruk av kvalitative og kvantitative metoder. Med kvalitativ metode ønsker en å grave etter informasjonen og går i dybden for å forstå situasjonen. Med kvantitativ metode ønsker en å beskrive eller forklare situasjonen. Det er forskningsspørsmålet som bestemmer i hvilken

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

retning oppgaven går, men ofte kan en ha stort utbytte av å ta i bruk både kvalitativ og kvantitativ metode.



Figur 3-3: Oversikt over primære datakilder (Gripsrud,Olsson og Silkoset , 2016:70)

Primærdata er det mulighet å tilegne seg på flere forskjellige måter, dette kan være gjennom:

- Kommunikasjon med interessenter
- Observasjon
- Dokumentanalyse

Disse metodene kan gi oss både kvalitative og kvantitative data (Gripsrud,Olsson og Silkoset ,2016:103).

Kommunikasjon med interessenter har vist seg å være ekstremt viktig for denne oppgaven. Kvalitativ metode er derfor i stor grad essensielt for at riktig og troverdig informasjon skal bli funnet. Som tidligere nevnt er det ikke mulig å finne svar på det oppgaven spør om, ved et enkelt søk på internettet. Det har også vist seg umulig å finne tilstrekkelig informasjon fra bare en kilde. Flere telefonsamtaler har derfor vært nødvendig for å skape et mer korrekt helhetsbilde rundt situasjonen. Denne oppgaven er i stor grad en datainnsamling analyse, der det er lagt ned mye tid i informasjonssamtaler og leting etter nøkkelpersoner. Med hver telefonsamtale var det indirekte tre ulike mål :

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

- Anskaffelse av relevant informasjon for bruk i oppgaven
- Mulige antakelser eller analyser rundt kostnader relatert til hydrogenproduksjon
- Mulige nye kontaktpersoner med relevant kunnskap

Strukturen for telefonsamtalene har vært svært åpen, som er et bevisst valg i håp om å tilegne seg nyttig informasjon eller tips som ikke tidligere hadde vært medtenkt. En samtale ville gjerne involvere et spesifikt spørsmål, som er grunnlaget for samtalen. Resterende deler av samtalene er åpne ,og kan bli sammenlignet som en tankeprosess der det blir diskutert høyt som lavt om hydrogenproduksjon i Norge, og hva som skal til for en kraftig utvikling. Etersom at datainnsamlingsprosessen viste tydelig tegn på utilgjengelig eller ikke eksisterende informasjon, har nøkkelkontakter spilt en stor rolle for videre arbeid.

Telefonsamtalene var av varierende resultat, der noen hadde relevant informasjon og andre hadde liten eller ingen kunnskap rundt emnet, og dermed anbefalte kontaktpersoner med mer kunnskap. Noe som gikk igjen i hver samtale var at oppgavens problemstillingen var av stor interesse ,og tydet på at det var etterspurt. Det store problemet som ble funnet var at det ikke hadde blitt gjort noen analyser rundt sysselsettingseffekten samtidig som at valide antakelser også var svært vanskelig å forutse ,ettersom at området er foreløpig ungt.

Kontakten med ressurspersoner innenfor hydrogennæringen har vært en nødvendighet, der deres erfaring og kunnskap innenfor feltet har kastet et lys over oppgavens struktur ,oppbygging og fremdrift. Telefonsamtaler har vært flittig anvendt i denne oppgaven, men informasjonsmøter med nøkkelpersoner har også funnet sted. Intervjuer som har blitt foretatt for besvarelsen av denne studien har vært med NEL hydrogen og Norsk Hydrogenforum. Dette utvalget av intervjuobjekter var en naturlig prosess ettersom at studien var et ønske fra disse partene. De er også svært interessert i temaet ,og har bidratt med mye informasjon langs veien. Intervjuene som ble foretatt har vært fleksible og åpne uten en spesifikk intervjuplan med spørsmål. Dette er fordi tall og informasjon som er knyttet til denne oppgaven enda ikke eksisterer, og er derfor kunnskap som ingen besitter per i dag. Spørsmål for intervjuene ble i

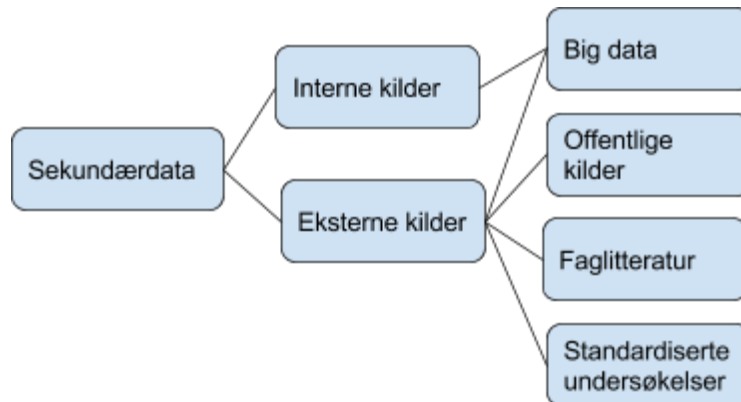
“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

større grad til etter hvert som samtalen utartet seg. Dette betyr dermed ikke at det ikke var produsert intervju spørsmål å falle tilbake på. Framgangsmåten, oppgavens struktur, viktige faktorer som burde nevnes, samt vinklinger på oppgaven, var store diskusjonstemaer. Dette var til stor hjelp da det la grunnlag for en bredere forståelse av hva som må gjøres samt hva oppgaven i bunn og grunn handler om. Deltakelse av “Hydrogen2020 EU-nettverk, brokerage event” på Lysaker den 24. januar var svært lærerikt. Her ble den nyeste informasjonen om hydrogen fremstilt samtidig som en fikk innblikk i de problemene som hydrogen står ovenfor i dag. Konferansen åpnet også veier for bekjentskap mellom flere hydrogeninteressenter, der sjansen for å benytte seg av noen små samtaler ble foretatt. Under intervjuene ble det anvendt mobil-opptak med samtykke fra intervjuobjektet. Dette ble anvendt for å ikke miste noe verdifull informasjon. Slik informasjon er ikke lett tilgjengelig ettersom at dette er erfarne og kunnskapsrike personer som innehar forskjellige meninger og tolkninger. Å hive seg ut i et felt som ikke kan lene seg på mangfoldige analyser uten å ha et sikkerhetsnett i form av mobilopptak, var derfor ikke ønsket.

3.3.3 Sekundærdata

Sekundærdata er en enklere og raskere innsamlingsmetode enn primærdata, ved at informasjonen allerede er innhentet for et annet formål. Ekstern litteratur, eldre masteroppgaver, tidsskrifter, internettkilder, statistikker samt rapporter/analyser er data av sekundær anvendelse for denne oppgaven. Hvis det er vanskelig å innhente primærdata, kan sekundærdata være en hensiktsmessig metode å bruke. Sekundærdata har sine negative sider ved at dataen som blir anvendt ikke er spesielt egnet for den spesifikke oppgaven. Dette bidrar til at sekundærdata har varierende reliabilitet og validitet. All data har vært primærdata en gang i tiden, og troverdigheten bedømmes derfor etter hvor godt den passer til oppgaven som utføres. Som vist i figuren under, kan sekundærdata innhentes gjennom interne eller eksterne kilder.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 3-4; Oversikt over sekundærdata (Gripsrud,Olsson & Silkoset , 2016:70)

Interne kilder er informasjon som er konstruert internt i selskapet. Dette kan være salgstall, omsetning, kostnader, kunder osv. Disse tallene kan ofte ha stor betydning for undersøkelsen, men de kan også være konfidensielle.

Big data er data som kan være både interne og eksterne. Dette begrepet er foreløpig nytt og definisjonen er dermed ikke bestemt, men begrepet blir beskrevet som “store datamengder”. Disse dataene er store og komplekse i forhold til vanlig “smådata”. Dette gjør at vanlig analysemetoder ikke er tilstrekkelig for slik data (Gripsrud,Olsson & Silkoset , 2016:73)

Offentlige kilder er kilder som har blitt gjort offentlige. Eksempler på slike databaser er Brønnøysundregistrene og Statistisk sentralbyrå. Statistisk sentralbyrå oppbevarer data på nasjonaløkonomisk nivå, indekser, sosiale indikatorer, folketall og arbeidsplasser for å nevne noen. Statistisk sentralbyrå har vært mye anvendt i denne oppgaven på områder som blant annet arbeidsledighet, sysselsetting, kraftproduksjon, kraftforbruk samt vind og naturgass prognoser.

Faglitteratur er bøker, forskningsrapporter, tidsskriftartikler samt tidligere arbeidsoppgaver gjort av studenter. Dette er mye anvendt materiale i sammenheng med oppgaven. Tidligere

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

utførte hydrogenrapporter har hatt stor nytteverdi for oppgaven i form av valide antakelser. Litteratur rundt andre energiområder som kan sammenlignes med hydrogen har også ytterligere økt validiteten for antakelsene. I oppgaven har det spesielt blitt sett på rapporter angående utviklingen av elektriske kjøretøy, for å trekke paralleller til hydrogen.

Standardiserte undersøkelser er undersøkelser som ofte er utført av profesjonelle analysebyråer. Disse analysene vurderer bransjen i dag og som oftest noen år i fremtiden for å se potensialet, nytten og verdien av bransjen på et regionalt, nasjonalt eller globalt nivå.(Gripsrud, Olsson & Silkoset , 2016:77). For denne oppgaven er det blitt brukt analyser rundt naturgass, vindkraft og fornybarnæringen.

3.4 Fremtidsperspektiv

Hydrogenproduksjon er per dags dato i en fase som enda ikke har slått helt igjennom som et fullverdig miljøvennlig alternativ til fossile energikilder. Derfor vil det være essensielt for videre investering og utvikling å se på tall som er fremstilt i en fremtid. Det blir dermed lagt vekt på tanker og meninger fra eksperter, samt tidligere analyser. For å kunne bedømme utviklingen av hydrogenproduksjon i Norge, er forventningene fra en hydrogensatsing, interesse, planlagt utvikling og avtaler medtatt i betraktningen. For å skape et bilde for fremtiden, er det antatt at hydrogenteknologi for energi og drivstoff vil ha behov for videre utvikling. Fremtidsperspektivet blir derfor satt til 2040, der det er sannsynlig at utviklingen av hydrogenteknologi har kommet lenger enn i dag.

3.5 Validitet og reliabilitet

Validitet og reliabilitet forteller oss om hvor stor gyldighet og pålitelighet våre funn har. Dette er et interessant tema for denne oppgaven ettersom at en analyse om sysselsettingseffekten av en satsing på hydrogen ikke eksisterer per dags dato. Under vil det argumenteres for oppgavens validitet og reliabilitet

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

3.5.1 Validitet

Validitet forteller oss hvor gyldig og pålitelig resultatene som fremkommer i studien er, eller om svarene faktisk angir et troverdig resultat for virkeligheten. For validitet i undersøkelser kan vi snakke om intern validitet og ekstern validitet.

Intern validitet

Intern validitet kan omtales som resultatets gyldigheten ovenfor det fenomenet som er undersøkt (Gripsrud, Olsson & Silkoset, 2016). I studien er bruk av hydrogen beregnet for personbiler og hydrogenferger som representanter for land og sjøbasert transport. Antakelser av antall hydrogenbiler og hydrogenferger i 2040 er beregnet ut ifra utviklingen av elektriske biler samt ambisjonsmål for nærskipstrafikk som omtalt i nasjonal transportplan.

Avgrensingen bidrar til at fokuset og resultatene er knyttet til disse to transportmidlene.

Videre er beregninger for produksjons av komponenter tilknyttet hydrogenproduksjon og utvikling aktiviteter som vil foregå i Norge. Aktiviteter tilknyttet hydrogenproduksjon eller tilrettelegging for bruk av hydrogen som ikke foregår i Norge, blir derfor i studien utelatt.

Dette er gjort ettersom at formålet med oppgaven er å finne ringvirkninger for hydrogenproduksjon i Norge.

Ekstern validitet

Ekstern validitet kan omtales som hvor overførbart resultatene er til andre utvalg og situasjoner (Gripsrud, Olsson & Silkoset, 2016). Undersøkelsen er en del av et større arbeid, og har som formål å være en liten brikke av hydrogen-puslespillet. Dette betyr at det er en overførbarhet til kommende hydrogenstudier som undersøker hydrogen i transportsektoren eller konsekvensene av å satse på hydrogen. Det er viktig å nevne at dette avhenger av når en bredere undersøkelse blir utført. Teknologiutvikling vil være en stor faktor for hvor stor verdi denne studien kan ha for kommende studier. Dette blir dermed et springbrett for reliabilitet.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

3.5.2 Reliabilitet

Reliabilitet er en beskrivelse på hvor pålitelig funnene i undersøkelsen er, og om resultatene ville vært de samme om de gjentas flere ganger. Data i denne oppgaven er utarbeidet på bakgrunn av hva fagpersoner innen hydrogen tror om markedets utvikling, samt nyhetsartikler rundt hydrogen. Eksakte tall er ikke publisert fra denne næringen, så informasjonen som er anvendt, er ikke ment å beskrive virkeligheten 100%, men heller gi et anslag av virkningene og kostnadene av hydrogenproduksjon. Dette betyr derimot ikke at tallene er urealistiske. Teknologiutvikling som nevnt ovenfor vil ha stor innvirkning på om resultatene kan gjentas. Ved en vesentlig modning av teknologien kan kostnader og produksjonsprosesser bli endret. Billigere komponenter, automatisering og mer effektive løsninger er faktorer som endrer effektene som blir diskutert i denne oppgaven. Graden av reliabilitet for denne studien er dermed avhengig av hvordan teknologiutviklingen utspiller seg.

3.6 Styrker og svakheter av studien

Denne studien har som mange andre analyser både sterke og svake sider. Hydrogen som energibærer og drivstoff er foreløpig en umoden teknologi med et relativt beskjedent utvalg av analyser eller forskningsstudier. I Norge er det ikke blitt presentert noen studier angående verdiskapingen av hydrogenvirksomhet i Norge med et primært fokus på skapelsen av antall arbeidsplasser, slik som det blir i denne studien. Dette kan anses som både en sterk og en svak side av studien ettersom at den ikke kan lene seg på tidligere funn og antakelser. De sterke sidene derimot overgår de svake ved at informasjonen er nyskapende og utarbeidet med et spesifikt formål. Data som er anvendt i studien kan dermed være relevant for videre studier angående hydrogen i den norske transportsektoren. I studien er det tatt forbehold om at det er lett å være optimistisk for en antatt fremtid. Antakelser om fremtidig utvikling har blitt nedjustert, og utviklingen av elektriske biler har blitt sammenlignet for å skape et realistisk bilde av fremtiden.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

I studien er personbiler og ferger brukt i beregningene. Disse transportmidlene utgjør ikke hele transportsektoren, og skaper derfor ikke et fullverdig bilde for bruken av hydrogen i den norske transportsektoren. Allikevel er det sannsynlig at disse transportmidlene sammen med busser og lastebiler vil være de første som anvender hydrogen som drivstoff.

3.7 Oppsummering

I dette metodekapitlet er det beskrevet hvilken metodikk som er anvendt for å finne svar på studiens problemstilling. Det velges i likhet med teorikapitlet å oppsummere de viktigste punktene som er beskrevet i dette kapitlet.

Kapitlet starter med å beskrive analyseformålet som i denne studien er todelt. Første delen består i å beskrive betingelsene for hydrogenutvikling, mens andre del omhandler konsekvensene av hydrogenproduksjon for bruk i land og sjøbasert transportsektor. Undersøkelsens design er en beskrivelse på hvordan studien blir lagt opp for å løse problemstillingen. Dette innebærer hvilke data som er nødvendig samt hvordan data blir tilegnet og analysert. Studien er avhengig av å tilegne seg informasjon gjennom informasjonsintervjuer, telefonsamtaler samt litteraturstudier. Av denne årsak er studiens design eksplorativt. Datainnsamling for studien vil bestå av både primær og sekundærdata. Intervjuobjektene har vært forutbestemt, ettersom at deres interesse for temaet er bakgrunnen for denne oppgaven. Telefonkontakter har vært mer tilfeldig ettersom at flere kontakter er anbefalt fra andre. Sekundærdata er i store trekk tidligere hydrogenstudier som er utført for et annet formål, men som inneholder relevant informasjon for studien. Nyhetsartikler er også sekundær materiell som har vært nyttig for realistiske antakelser av fremtiden. Til slutt blir validitet og reliabilitet av oppgaven beskrevet. Det blir argumentert for at studiens resultater er tilknyttet undersøkelsesspørsmålene, samtidig som det er overførbart til kommende studier innen transportsektoren. Reliabiliteten av resultatene blir argumentert for å være avhengig av teknologiutviklingen. Nye løsninger, effektiv produksjon og økt automatisering er faktorer som kan redusere reliabiliteten for resultatene.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

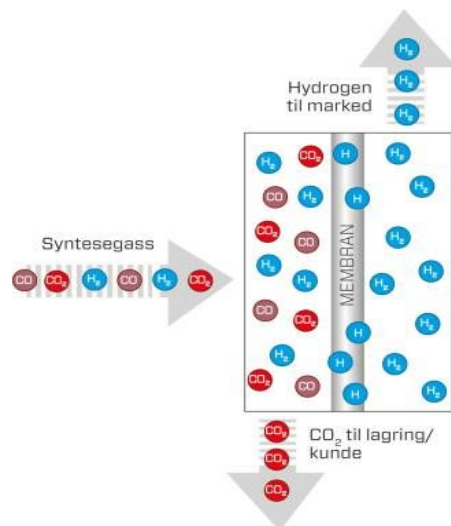
4.0 Hydrogen som drivstoff i transportsektoren

I dette kapitlet blir hydrogen som fremtidig drivstoff og energibærer diskutert. Før leseren begir seg ut på analysedelen er det nødvendig med grunnleggende kunnskap rundt grunnstoffet. I første delkapittel er det derfor beskrevet om hydrogen som energibærer. Videre blir det diskutert om Norge er egnet som en fremtidig hydrogen-nasjon, og avslutningsvis ser vi på ambisjoner og registrerte hydrogenkjøretøy i ulike land, samt hydrogenforbruket av ferger og personbiler.

4.1 Hydrogen som energibærer

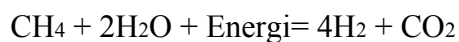
Hydrogen er det letteste grunnstoffet som vi har kjennskap til i dag. En frigjørelse av energi oppstår når grunnstoffet reagerer med oksygen, og utslippet er i form av vann. Hydrogen er ikke en energikilde, men en energibærer. Dette betyr at vi kan bruke det etter ønske og behov, slik som elektrisitet, bensin og diesel som er andre energibærere. Hydrogen er imidlertid ikke i fri form i naturen, og må derfor produseres ut av hydrogenrike råstoffer (Hydrogen.no, u.å). Hydrogen blir i dag primært fremstilt på to forskjellige måter, som er en damp-metan reformering av naturgass til hydrogen og vann elektrolyse (Hydrogen.no, u.å). En dampreforming av naturgass er den mest brukte metoden for å produsere hydrogen i mellomstor til stor skala i dag. En reformering oppstår når metan og vann varmes opp. Metanet i gassen reagerer ved kontakt med vann under høy temperatur og trykk, som skiller gassen fra vannet og skaper ren hydrogen og karbondioksid (Lekva, H., et al, 2004:32). Figuren under viser prosessen billedlig.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 4-1 : Reformering av naturgass for hydrogenproduksjon,(TU.no , 2017).

Reaksjonen kan uttrykkes på følgende måte:

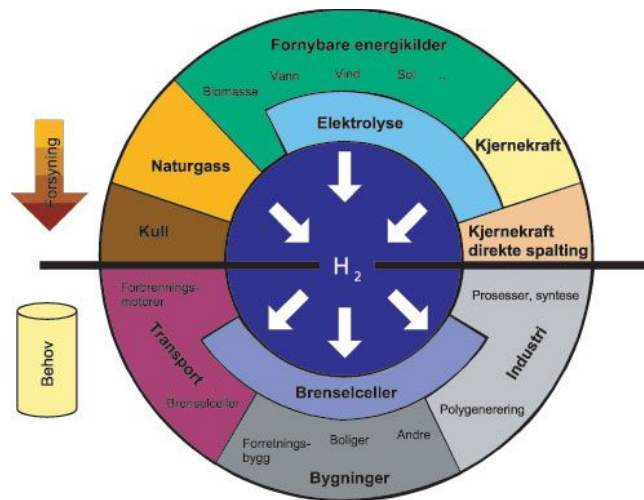


Ved vannelektrolyse ledes strømmen gjennom vannet som splitter opp bestanddelene hydrogen og oksygen. Reaksjonen kan uttrykkes slik:



Ved fremstillingen av hydrogen vil noe av input-energien som er brukt i produksjonen forsvinne, som tilsier at energimengden lagret som hydrogen er mindre enn energimengden anvendt i produksjonen. Energien som vi mister i produksjonen blir ikke borte, men går over til en lavere energiform som for eksempel varme (Hydrogen.no, u. å). Et eksempel kan forenkle denne forklaringen. For å lage en kilo hydrogen så trenger vi en input energi på ca 50 kWh. 1 kilo hydrogen inneholder derimot bare rundt 33 kWh energi som vil si at vi har et tap av energi på om lag 17 kWh. Hydrogen er nærmest uslåelig målt i vekt per kWh, og selv med vekten til trykktanker blir dagens batteriteknologi slått med mer enn ti til en (Kirkengen, M., et al, 2017).

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 4-2: Forsyning og behovsmodell for hydrogen (Aam, S., et al,2004:31)

Hydrogen kan bli produsert fra en rekke energikilder. Det kan bli anvendt som et utslippsfritt drivstoff for transport, varme og kraftproduksjon, som vil bidra til et energiforbruk uten CO₂ utslipp. Hydrogen vil bidra med bedre utnyttelse av fornybare energikilder med varierende intensitet som sol, vind eller småkraft, samt ikke fornybare energikilder ved bruk av karbonfangst og lagring (Holst, S.M., et al, 2016). Hydrogenforbruket per dags dato er knyttet til industriell bruk, men det er transportsektoren som vil være drivkraften for hydrogenproduksjon i Norge. Transportsektoren står i dag for den største andelen av klimagassutslipp, og mulighetene for å redusere utslippet blir derfor stilt til denne sektoren. Hydrogen som drivstoff har derfor fått størst oppmerksomhet av alle bruksområdene i første omgang. I en overgangsfase vil det være nærliggende å anse hydrogenproduksjon fra fossile kilder, men med et fremtidsrettet syn der vi har en nullutslippsvisjon, vil elektrolyse av fornybare kilder være det optimale.

For utrulling av hydrogenøkonomien vil det i første fase være basert på en kombinasjon av alkaliske elektrolysører, kompresjon av hydrogen fra 200-700 bar i tanker og Proton Exchange Membrane (PEM)-brenselcelle. Disse er per i dag den eneste teknologien som er kommersialisert, og kan i utgangspunktet være godt nok for en hydrogenøkonomi. Andre

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

teknologier som Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)-brenselceller, PEM-elektrolyse eller metallhydridlagring er potensielle teknologier for fremtiden, men per i dag er et stykke unna et kommersielt gjennombrudd (Kirkengen, M., et al, 2017).

4.2 Norge som en hydrogennasjon

Som tidligere nevnt i oppgaven, er Norge et ressursrikt land med store mengder av både fossile og fornybare ressurser. Vi er verdens tredje største gassseksportør, åttende største oljeeksportør, sjettede største vannkraftprodusent samtidig som vi sitter på noe av Europas beste vindressurser både på land og til havs. Dette bidrar til at Norge kan ta en ledende rolle når det kommer til hydrogenproduksjon og eksport av grønn energi. I dag er rundt 97% av strømproduksjonen i Norge fra fornybare energikilder (SSB, 2017). En økning i energiproduksjonen vil si at store eller hele deler av produksjonen kan eksporteres til blant annet Europa, USA, Korea eller Japan. Hydrogen blir som oftest sett på som et lovende alternativ for å redusere vårt økende klimagassutslipp. Dette er en hoveddriver for veldig mange institusjoner som jobber for eller er interessert i hydrogenproduksjon. Andre positive virkninger som er et direkte resultat av hydrogenproduksjon, blir derfor satt i skyggen av klimaeffektene. Fra SINTEF sin rapport, hydrogen verdikjeder og potensial (2016) blir noen av målene for hydrogenproduksjon i Norge belyst.

- Redusere utslippene i transportsektoren
- Bruke hydrogen i produksjon av materialer i industrien, og på den måten redusere CO2 utslipp
- Salg av foredlet norsk naturgass, verdiskaping og sikre inntekter fra nasjonale ressurser
- Utnytte inntestengte ressurser som vindkraft, vannkraft og fossile kilder
- Verdiskaping i form av produkter, tjenester og kunnskap ved å adoptere teknologien i hjemmemarkedet

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

- Næringsutvikling som et resultat av produksjon og eksport av komponenter(komposittanker), prosesser (separasjon av hydrogen), komplette systemløsninger (hydrogenstasjoner) og maritime hydrogen fartøy.
(Holst, S.M., et al, 2016:3)

Mulighetene for en hydrogensatsing i Norge kan sammenlignes med elbil markedet. Norge er det landet i verden med flest elbiler per innbygger. Dette skyldes hovedsakelig insentivene som har blitt gitt til elbilmarkedet. Noen av de viktigste insentivene er fritak fra kjøpsavgift og merverdiavgift, redusert årsavgift, tilgang til kollektivfelt og gratis parkering på offentlige parkeringsplasser. Hydrogenbiler har fått bevilget de samme rettighetene til 2025 eller til det er 50000 hydrogenbiler på veiene (Hyop.no ,u.å). Med disse insentivene på plass bidrar dette med å redusere inngangsbarrierene for hydrogenbiler i Norge. Markedet for hydrogenproduksjon har økt betraktelig de siste årene. Norge på sin side har en betydelig mulighet for å være med på denne utviklingen. Om hydrogen blir anvendt i stor skala i Europa, vil dette skape et behov for hydrogenimport. Norge har med sine ressurser mulighet til å møte denne etterspørselen, ved å produsere hydrogen fra både naturgass og fornybare ressurser.

For å illustrere effekten av en mulig hydrogeneksport fra naturgass i Norge, kan vi se på et regneeksempel fra SINTEF sin rapport “Hydrogen verdikjeder og potensial”(2016). Norge eksporterer rundt 110 mrd SM³ gass årlig til utlandet. Dette tilsvarer i energi rundt 1200 Terawattimer (TWh). Ved en omgjøring til hydrogen med karbonfangst vil utnyttbar energi ligge på omlag 600-800 TWh (Holst, S.M., et al, 2016:3). På den andre siden så ligger vannkrafteksporten på rundt 15-20 TWh i et såkalt normalår. Med det svensk-norske elsertifikatet er det også tenkelig at kraftproduksjonen fra fornybare kilder øker betraktelig, noe som tilsier at hydrogen fra varierende energikilder som vind, bølge og småkraft vil ha et eksportpotensiale. Sett fra et økonomisk perspektiv, vil ikke de fornybare ressursene kunne sammenlignes med gassressursene, men de kan være med å utvikle infrastrukturen ved at både gass og fornybar stiller samme krav for distribusjon og sluttbruk (Holst, S.M., et al, 2016:3).

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

4.3 Ambisjoner for hydrogenkjøretøy i verden

Industriell bruk av hydrogen er bare en liten del av potensialet til hydrogen. Som drivstoff eller bærer av energi er det et lovende alternativ for reduserte globale utslipp. Flere land har gått i front av denne utviklingen med diverse mål for hvor mange hydrogenkjøretøy det skal være på veiene innen en viss periode. Målene som er presentert under kan skape et stort behov for hydrogen, med et estimat på 64 000 tonn/h₂ i 2020 beregnet ut ifra tabell 4-2. Dessverre er ambisjonene som oftest høyere enn det som blir realiteten. Dette skyldes at utviklingen av teknologi, infrastruktur og utrulling av hydrogenbiler har vært mindre enn antatt, og må derfor bli medregnet i ambisjonsmålene. Denne studien tar høyde for at teknologiutvikling og innfasingen av hydrogen vil ta lenger tid enn antatt, og nedjusterer derfor ambisjonsmålene som er antatt av selskaper, organisasjoner og myndigheter.

Land/region	Registrerte kjøretøy tidlig i 2015	Ambisjon 2015	Ambisjon 2020
Europa	192	5000	350 000
Japan	102	1000	100 000
Korea	100	5000	50 000
USA	146	300	20 000

Tabell 4-1 :Ambisjoner og virkelig utvikling for brenselcellekjøretøy (Erdal, E., 2016:6).

4.4 Forbruk av hydrogen i transportsektoren

Under er det illustrert et generelt forbruk av hydrogen for ulike transportmidler. Tabellen baseres på kjørelengdestatistikk fra SSB (2016) og anslagsvis forbruk per kilometer. Taxier, busser og tungtransport har et større forbruk enn personbiler. Store deler av dette skyldes at disse kjøretøyene som regel har et større kilometerantall per dag enn personbiler. Tog og ferger har derimot et mye større forbruk enn de andre transportmidlene, som skyldes behovet for større kraft (Erdal, E., 2016:8). Se vedlegg 17 for utregning.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Transportmiddel	Daglig forbruk/ kg	Årlig forbruk/ kg
Bil	0,4	123
Taxi	1,60	580
Buss	11	3 900
Tungtransport	27	8 640
Tog	450	164 000
Ferge	1000	370 000

Tabell 4-2: Daglig og årlig hydrogenforbruk for ulike transportmidler (Erdal, E., 2016:8).

4.4.1 Drivstofforbruk for ferger

Drivstofforbruket til en standard ferge vil ligge på alt fra 0,5 til 7 tonn hydrogen i døgnet. Riktignok har de fleste ferger korte avstander og bruker dermed under 1 tonn i døgnet. I tabell 4-2 er det beregnet at en ferge bruker 1 tonn daglig, men for å oppnå en balanse mellom store og små ferger, antas det at den typiske fergen er mer energikrevende og bruker dermed 2 tonn i døgnet. I følge sambandsregisteret fra fergedatabanken(fdb.no.,u.å), finnes det 232 operative samband i Norge. Et samband har ofte 2-4 ferger som betyr at en kan anta omlag 700 ferger om vi går utifra at hvert samband har 3 ferger. Om alle disse fergene er hydrogendrevne, vil det tilsi et forbruk på omlag 1400 tonn i døgnet eller 511 000 tonn i året. De største sambandene kan bruke så mye som 20 tonn i døgnet, så forbruket kan øke og reduseres avhengig av utviklingen. Det er derimot ikke sannsynlig at alle fergene går på hydrogen i 2040. Norsk Transportplan antar at 40 % av alle ferger vil være hydrogendrevne i 2030. Dette er svært ambisiøst, og det tas heller utgangspunkt i at 20% av fergene er hydrogendrevne i 2040. Dette betyr at antallet hydrogendrevne ferger reduseres til 140. Drivstofforbruket vil med denne utviklingen ligge på 102 200 tonn/h² i året. Se vedlegg 18 for utregning.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Hydrogenferger	Antall	Drivstofforbruk per år (tonn/h ₂)
Ordinære ferger i 2016	700	511 000
Antatt h ₂ ferger i 2040	140	102 200

Tabell 4-3: Drivstofforbruk av hydrogenferger

4.4.2 Drivstofforbruk for personbiler

Det blir stadig flere biler på de norske veiene for hvert år som går. Totalt var det i 2016 registrert 2 662 910 personbiler. Siden 2011 har andelen personbiler steget med over 12 %, men den store økningen har vært for elektriske biler. Fra 2015-2016 økte antallet el-biler med over 40 %, og i februar 2016 ble elbil nummer 100 000 registrert (SSB, 2017).

For å skape en realistisk antakelse av et fremtidig antall hydrogenbiler, kan vi sammenligne salget av elektriske biler i Norge. Salget startet i 2009 og har nå 100 000 registrerte elbiler 8 år senere. Hydrogenteknologien er ikke like moden som teknologien for elektriske biler, men det er et tydelig tegn på at utviklingen kan skyte fart om det er lagt til rette for det. Det er viktig å nevne at når hydrogenteknologien blir omtalt som ikke moden eller ikke kommersiell, betyr dette at markedet ikke er klargjort for bruk av hydrogen i stor grad. Teknologi for hydrogenproduksjon som reformering og elektrolyse har lenge vært kommersielt anvendt, og er derfor ikke betydningen når dette uttrykket blir brukt i studien.

Intensivene som har blitt bevilget hydrogenkjøretøy, har tatt utgangspunkt i beregninger fra SINTEF som konstaterer at 50 000 biler vil være nådd i 2025 (Valle, M., 2016). NEL varslet i desember sammen med Uno-X en planlagt utbygging av minst 20 stasjoner innen 2020 (Ramsdal, R., 2015). Antall hydrogenkjøretøy som kjører rundt på norske veier avhenger i stor grad av hvor lang teknologiutviklingen har kommet i 2040. Det antas at infrastrukturen og utviklingen vil få en kraftig vekst etter at teknologien har nådd den kommersielle fasen som i diffusjonsmodellen er antatt å være 2025. Derfor antas det et antall på 100 000 hydrogen-drevne personbiler i 2040. Et slikt antall hydrogenbiler vil som vist i tabell 4-4 tilsvare et drivstofforbruk på 12 300 tonn/h₂ i året. Til sammenligning ville forbruket vært på

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

327 538 tonn/h₂ i året om alle personbilene i Norge gikk på hydrogen. Se vedlegg 19 for utregning.

Hydrogenbiler	Antall	Drivstofforbruk per år tonn/h ₂
Ordinære biler i 2016	2662910	327538
Antatt h ₂ biler i 2040	100000	12300

Tabell 4-4: Drivstofforbruk av hydrogenbiler

Av de to transportmidlene som er nevnt over er det tydelig at fergene har et mye større forbruk av drivstoff enn personbilene. Totalt sett er behovet for drivstoff 114 500 tonn/h₂ i året, som i denne studien vil bli dekket fra naturgass og/eller vindkraft.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

5.0 Betingelser for hydrogenutvikling i Norge

I dette kapitlet blir første del av analyseformålet beskrevet og diskutert. Kapitlet starter med å beskrive Norges hydrogeninfrastruktur før riktig virkemiddelbruk for videre utbygging blir diskutert som en tilretteleggelse av tilbud og etterspørsel for hydrogen. Avslutningsvis ser vi på Norges kraftproduksjon og diskuterer betingelsene for en bærekraftig hydrogenproduksjon av naturressursene.

5.1 Utbygging av hydrogeninfrastrukturen

En utbygging av infrastrukturen for transport og anvendelse av hydrogen har samme nytteverdi uavhengig av om det blir produsert fra naturgass eller fornybare kilder. Hydrogen kan brukes til alt fra drivstoff til transportsektoren, kraft for varme og kjøling samt diverse industriformål (Holst, S.M., et al, 2016).

Fra en rapport utført av McKinsey har det blitt rapportert at distribusjon av hydrogen ikke vil være dyrere enn ladestasjoner for elbiler eller plugg-inn hybridbiler. Ifølge rapporten vil kostnaden for hydrogen ligge rundt 1000-2000 euro per bil for stor skala, mens ladestasjoner og plugg-inn hybrider vil ligge på rundt 1500-2500 euro per bil, uten kostnader for oppgradering av elnettet. Rapportens funn er beregnet for året 2050, og er dermed lenger frem i tid enn hva denne studien beregner. Undersøkelser fra rapporten viser at hydrogenbiler, elektriske biler og plug-in hybridbiler vil være konkurransedyktige mot tradisjonelle biler med forbrenningsmotorer i 2025 uten insentiver (McKinsey & Company, 2010). I dag er hydrogeninfrastrukturen i Norge på bare noen få prosent, men det er sannsynlig at den vil være rundt 80-100% utbygd i 2040 (Nel hydrogen).

Hydrogeninfrastruktur og hydrogenbiler blir ofte referert som en “høne eller egg” situasjon. Spørsmålet er hva som burde komme først av hydrogenstasjoner og hydrogenbiler. Begge parter er avhengig av hverandre og kan derfor ikke eksistere om den ene uteblir, men for en tidlig forbruker, vil tilgjengeligheten av drivstoff være den største faktoren. Et minimumskrav

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

som omtalt fra SINTEF, vil være et nettverk av fyllestasjoner i hver byregion for å sikre tilgjengeligheten av drivstoff om en beveger seg mellom byer (Tomasgard, A., et al, 2016). I en tidlig introduksjonsfase kan problemer fort oppstå på stasjoner. Et bedre nettverk av tilgjengelige stasjoner kan bidra til å redusere disse følgene for bilistene. Målet er å gi forbrukerne en sikker og stabil kilde for drivstoff. Tilbudet og etterspørselen vil bli større etterhvert som antall stasjoner og hydrogenbiler vokser, men for å introdusere hydrogen som drivstoff for kommersielt bruk, må infrastrukturen bli utviklet til et punkt som kan tilfredsstillende et voksende hydrogenmarked.

En rask voksende hydrogen utvikling avhenger av infrastrukturen. Antall elektriske biler i Norge er et godt eksempel på hvor fort det kan gå om forholdene er lagt til rette. Innfasingen av hydrogenbiler vil være begrenset til områder som har en infrastruktur med flere fyllestasjoner innenfor rekkevidde. Så langt så har Norge en begrenset infrastruktur i oslo området. Akershus fylkeskommune og Oslo kommune har i startfasen tatt på seg et lederansvar for utbyggingen fram til andre aktører kan overta (ZERO.no, 2015).

I ZEROs rapport kommer det frem at rundt 15-25 store hydrogenstasjoner vil være tilstrekkelig for 10 000 hydrogendrevne biler i en startfase for hydrogenintroduksjonen. Dette vil i følge analysen ha en prislapp på omlag 300-500 millioner kroner. Dette antallet av hydrogendrevne biler vil være tilstrekkelig for kommersielt salg av hydrogen som drivstoff i Norge. ZERO har i rapporten analysert virkemidler for hydrogenstasjoner i Norge og konkludert med at investeringsbeløpet for 23 stasjoner for 2015-2022 ligger på omlag 700 millioner kroner (ZERO.no, 2015). Målet med virkemidler er å redusere eller fjerne barrierer som hindrer innfasingen av hydrogen for kommersielt bruk. Virkemidler for innfasing av hydrogen kan knyttes til tilbud og etterspørselsteorien som er forklart i kapittel 2.

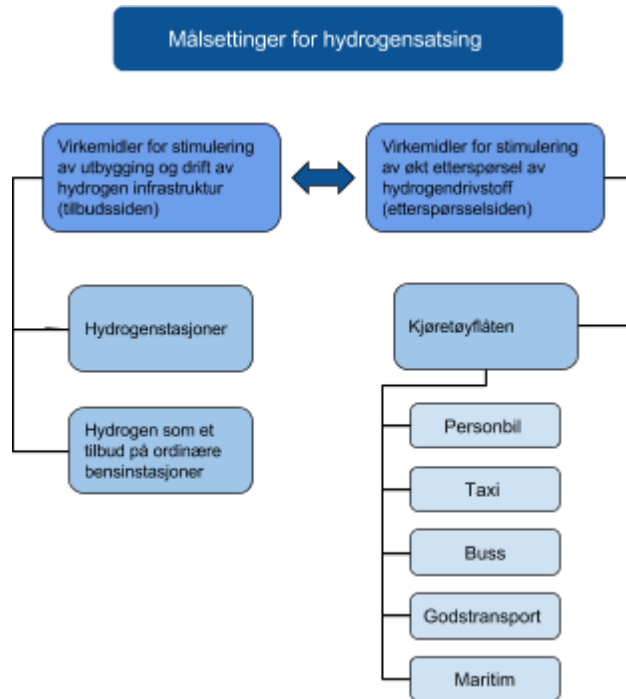
“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

5.2 Virkemidler for hydrogenutvikling

Riktig virkemiddelbruk er nødvendig for at Norge skal ha en raskt voksende hydrogenøkonomi. Noen virkemidler som har vist seg å være svært effektive for en omstilling mot en utslippsfri transportsektor, er insentivene som har blitt bevilget for elektriske kjøretøy. Hydrogen har fått bevilget de samme fordelene som elbilene fikk i introduksjonsfasen. Dette er blant annet avgiftsfritak, tilgang til kollektivfelt og gratis parkering, og vil gjelde fram til 2025 eller til 50000 hydrogenbiler er nådd. Intensivene er aktive og stimulerer allerede i stor grad etterspørselen av hydrogendrevne biler.

I endringsteorien forklarer Rootman, Kemp og Van Asselt (2001) at selv om målet for endring er samfunnsbestemt, er det myndighetenes oppgave å legge til rette for strukturelle endringer i systemet som fremmer utviklingen av en ny teknologi. I kommende delkapitler blir det beskrevet ulike virkemidler som myndighetene kan bruke for å øke tilbudet og etterspørselen av hydrogen. Virkemidlene blir tilknyttet tilbud og etterspørselsteorien, ved at noen virkemidler har en positiv effekt på tilbudssiden, mens andre er rettet mot etterspørselssiden.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 5-1: Virkemidler for hydrogensatsing (Tomasgard, A., et al, 2016:47)

5.2.1 Virkemidler for tilbud

Driftsstøtte/investeringsstøtte

På et tidlig punkt for innfasingen av hydrogen som drivstoff, er driftsstøtte og investeringsstøtte til stor hjelp for å opprettholde et tilbud av hydrogen i markedet. Etterspørselen i startfasen er liten og behovet for driftsstøtte er derfor stor. Støtten burde redusere kostnadene for å drive og opprettholde tilbudet av hydrogen, samt kostnader relatert til produksjon av energi og komponenter for stasjonene. Driftsstøtte/investeringsstøtte vil ikke redusere prisen og risikoen relatert til volum, men det vil dekke noe av ulempen ved å være en tidlig tilbyder av hydroge (Tomasgard, A., et al 2016:48). Uten støtte vil ikke hydrogenutviklingen være betydelig. Kostnadene vil overskride verdien av hydrogen og det vil være vanskelig å kunne tilby tilstrekkelig mengde hydrogen. Etter at etterspørselen etter hydrogen har blitt større mister virkemiddelet mye av sin hensikt, og vil derfor ha størst verdi

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

i oppstartsfasen. I SINTEF sin rapport ”Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsing i Norge” er det gjort beregninger på en hydrogenstasjon på 250 kg/døgn med en utnyttelse på 75%. Ifølge rapporten som tar utgangspunkt i 2020, vil nedbetalingstiden for en slik hydrogenstasjon ligge på rundt 10 år med forbehold om at prisen på en stasjon er 11 millioner. Dette viser ytterligere behovet for støtte i en tidlig fase.

Feed-in tariff

I stedet for driftsstøtte kan det brukes feed-in-tariffer. Dette virkemiddelet egner seg bedre etter at utviklingen har kommet til det stadiet der hydrogenstasjoner har et tilstrekkelig utnyttelsesnivå, men fremdeles ikke er lønnsomme. Forhåndsbestemte priser per kg hydrogen fjerner prisrisikoen og bidrar til økt effektivisering av driften. Konsumentprisen dekker utgiftene til produsenten samtidig som en liten andel bidrar til driftsoverskuddet. På denne måten er inntjeningen sikker samtidig som at kostnadene splittes mellom stasjonseier og forbruker. Dette virkemiddelet vil kunne bidra til en eventuelt volumøkning eller en reduksjon i driftskostnadene som igjen kan gjøre hydrogen mer konkurransedyktig som drivstoff. Det er verdt å merke seg at det kan brukes til å redusere hindringene for en tidlig investering. På den andre siden bidrar ikke virkemiddelet til økt mengdesalg, og burde derfor kombineres med virkemidler for etterspørsel. Feed-in tariff er et nyttig virkemiddel som kan gjøre innfasingen av hydrogen raskere og enklere ved at vi får en høyere avkastning. Dette bidrar til at prosjekter med umodne teknologier vil være mer attraktive fra et finansielt standpunkt (Tomasgard, A., et al 2016:49).

Sertifikater for hydrogen

Hydrogensertifikater er et virkemiddel som tildeles hydrogenprodusenter som selger hydrogen. De som selger annet drivstoff må dermed kjøpe disse sertifikatene for å kunne selge hydrogen. Dette gjør sertifikatene mer ettertraktet, og har en positiv effekt på konkurranse, etterspørsel og pris. Sertifikatene kan i den form potensielt bidra til å gjøre hydrogenproduksjon lønnsom for produsentene. Virkemiddelet bidrar til en lavere volumrisiko ettersom at mengden som produseres allerede er bestemt. En fordel med denne løsningen er at behovet for støtte blir redusert. På den andre siden kan det være

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

konkurranseshemmende ved at det skaper et skille mellom de stasjonene som har sertifikatene og de som ikke har det (Tomasgard, A., et al 2016:50).

Grønn skatteveksling

En grønn skatteveksling betyr at avgiftene for fossilt brennstoff eller andre forurensende energikilder blir høyere, mens avgiftene for lav-utslipp eller nullutslipps alternativer blir lavere. Fyllestasjoner har i dag flere avgifter som elavgift, tomteleie og arbeidsgiveravgift for å nevne noen. Ved reduserte avgifter for hydrogenstasjonene vil lønnsomheten for stasjonen bli bedre. Dette kan resultere i en kraftigere utbygging av hydrogenstasjoner i en senere kommersiell fase. Avgiftsendringer for strøm og drivstoff vil ikke ha like stor effekt i en såkalt pre-kommersiell fase, ettersom at etterspørselen er begrenset i denne perioden. En positiv side med en grønn skatteveksling er at det er lett å gjennomføre, men om det ikke introduseres på et nasjonalt nivå, vil det være konkurranseshemmende. Reduserte avgifter vil hjelpe hydrogenstasjoner i oppstartsfasen, men vil trolig ikke være en utløsende faktor alene. Det anbefales derfor å bruke det sammen med andre virkemidler i en kommersiell fase (Gjerset, M. & Asheim, K., 2014:23).

Pumpepåbud for hydrogen

Pumpepåbud for drivstofftilbydere vil si at det stilles krav om at alle stasjoner vil kunne tilby hydrogen som i det minste dekker en minimumskapasitet. Dette er gjennomført for biodrivstoff i Sverige, og har resultert i en forbedret infrastruktur for biodrivstoff.

Pumpepåbud for hydrogen vil derimot være mye mer kostbart enn biodrivstoff. Dette er på bakgrunn av at det trolig må installeres anlegg for hydrogenproduksjon på stasjonen, og ettersom at kostnadene blir pålagt stasjonene vil det trolig møte motstand. Dette er et kraftig virkemiddel som vil bidra til en større og raskere infrastrukturbygging, men ettersom at lønnsomheten for dette vil ta flere år legger det et stort press på stasjonene. En løsning som trolig er mer hensiktsmessig er å legge disse påbudene på de største stasjonene i første omgang. Virkemiddelet vil ha stor effekt på hydrogeninfrastrukturen i pre-kommersiell fase, men vil trolig være mer politisk akseptert i en kommersiell fase. Sammen med andre virkemidler som for eksempel grønn skatteveksling eller feed-in tariffer som øker

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

lønnsomheten av driften, vil det ha en stor effekt på infrastrukturen og hydrogentilbudet (Gjerset, M. & Asheim, K., 2014:24).

Bransjesamarbeid/bransjeavtale

En avtale mellom produsenter av hydrogenbiler og myndigheter kan være et godt virkemiddel for å opprettholde en voksende hydrogenutvikling i landet. En slik avtale er en forpliktelse om at utviklingen skal være i takt med hverandre. Forskjellige sanksjoner kan være implementert i avtalen. Dette kan for eksempel være at om bilprodusentene ikke tilfredsstillt kravet om levering/produsering av hydrogenbiler for norske veier, vil en liten andel av kostnadene for infrastrukturen pålegges bilprodusentene. At store utenlandske bilprodusenter som Toyota og Hyundai er villig til å utvikle infrastrukturen i Norge er derimot tvilsomt. En annen form for avtale er et samarbeid mellom staten og drivstoffleverandører. Akershus fylkeskommune og Oslo kommune har vurdert muligheten for en forpliktende avtale med drivstoffleverandører i den pre-kommersielle perioden. Avtalen går ut på at myndighetene står for de pre-kommersielle utbyggingskostnadene til selskapene kan overta driften med større lønnsomhet. Dette blir ansett som et mer realistisk alternativ for videre utvikling. En løsning som kan bygge på dette virkemiddelet, er mindre forpliktende avtaler som i senere anledning kan bli mer forpliktende, da utviklingen er mer tydelig (Gjerset, M. & Asheim, K., 2014:27).

5.2.2 Virkemidler for etterspørsel

Lokale/regionale tiltak

For å stimulere økt etterspørsel kan lokale og regionale tiltak ha en positiv virkning på resultatet. Krav til nullutslippskjøretøy for kollektivtransport kan være et effektivt tiltak, ettersom at forbruket samt utskiftingen av disse kjøretøyene er høyt. Hyppig utskifting av kjøretøy vil øke etterspørselen, og dermed føre til en raskere innfasing av hydrogenkjøretøy på norske veier. Om dette blir brukt sammen med virkemidler som stimulerer utbyggelsen av hydrogenstasjoner samt reduserer priser pr kg hydrogen, vil dette redusere eller fjerne

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

volumrisikoen ved at etterspørselen er kjent og forutsigbar. Dette vil igjen føre til at innfasingen av hydrogen som drivstoff i det norske markedet kan implementeres på en mer effektiv måte (Tomasgard, A., et al 2016:59).

Teknologinøytralitet

En barriere for hydrogenutvikling kan være at den umodne teknologien blir stilt de samme kravene om oppnåelse og fortjeneste som modne teknologier. Betingelser som spesifikt er rettet mot denne umodne teknologien vil være effektivt for utviklingen i motsetning til teknologinøytrale virkemidler, som vil favorisere de teknologiene som har bedre kostnad og lønnsomhetsforhold. Det vil derfor være hensiktsmessig i en oppstartsfasen og ikke ta hensyn til kravene om teknologinøytralitet for å stimulere innfasingen av hydrogen-drevne kjøretøy (Tomasgard, A., et al 2016:60).

Begrenset bilproduksjon

Store bilselskaper som Toyota, Audi og Hyundai har tydelig vist sin interesse for hydrogen i transportsektoren. Investeringer på flere milliarder har selskapene brukt på forskning og utvikling av nullutslippskjøretøy. En usikkerhetsfaktor er at antall hydrogenbiler i kommende år er begrenset. Gjennomgående avtaler med bilprodusenter kan redusere denne usikkerhetsfaktoren. Norge blir i dag ikke antatt til å være et stort marked for hydrogen. En langsiktig politikk som stimulerer både tilbudssiden og etterspørselssiden kan bidra til at Norge blir ansett som et attraktivt marked for bilprodusentene. Dette vil i stor grad øke innfasingen av hydrogenkjøretøy (Tomasgard, A., et al 2016:60).

Samarbeid mellom nasjonale og lokale myndigheter

Storbyene i landet vil som tidligere nevnt spille en stor rolle for en nasjonal satsing. Ved en utarbeidet infrastruktur i storbyene vil de første brikkene være på plass, og legger dermed til rette for en videre nasjonal utvikling. Eksosavgift og krav til nullutslippskjøretøy for kollektivtransporten vil ha stor innvirkning på utslippsmengden i byene. Videre kan myndighetene gjøre konvensjonell drivstoff mindre konkurransedyktig ved å dekke noe av kostnadene for hydrogenproduksjon. Til slutt vil ny innkjøpspolitikk i byene redusere

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

volumrisikoen, som tidligere nevnt. Virkemidler for etablering av hydrogenstasjoner vil raskt kunne stimulere en volumøkning av hydrogenkjøretøy (Tomasgard, A., et al 2016:60).

Nasjonal strategi

Norge var tidlig ute i bruken av hydrogen for industrielt formål, men manglende strategi, politiske planer og mål for implementering av hydrogen, har ført til at Norge ikke blir sett på som et marked for hydrogenkjøretøy. En nasjonal strategi er viktig for at Norge skal ha en effektiv innfasing av hydrogenkjøretøy, samtidig som at det er avgjørende for å nå nasjonale klimamålsetninger. Et samspill mellom offentlige og private organisasjoner er dermed essensielt for å skape en strategi som legger vekt på en innfasing av hydrogen for transportsektoren. (Tomasgard, A., et al 2016:50). En nasjonal strategi har blitt lansert som en del av Energimeldingen (2016) og Nasjonal Transportplan (2017). I meldingene blir det lagt opp til en gradvis omstilling til lav eller nullutslippsteknologi i transportsektoren. I oppgaven blir målene sett på som svært ambisiøse, og riktig virkemiddelbruk er derfor svært viktig for å nærme seg disse ambisjonsmålene.

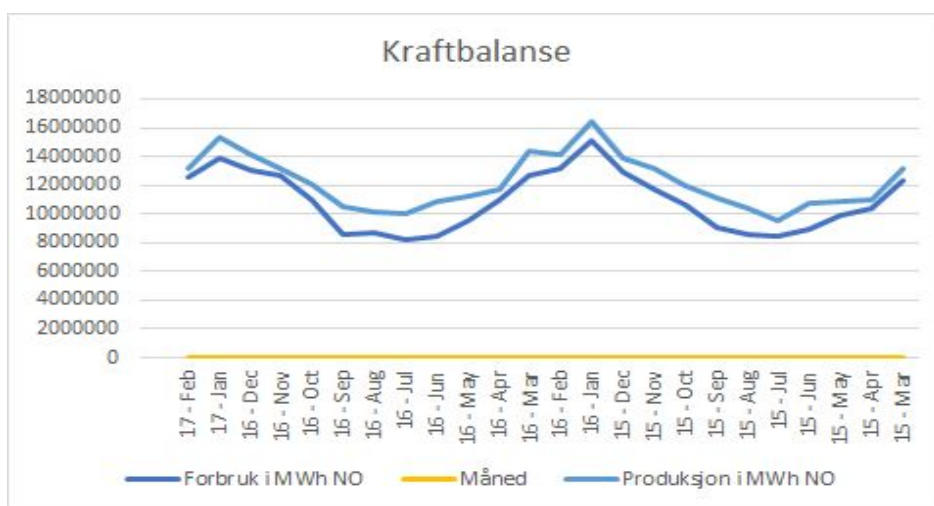
Som tidligere beskrevet er tilbudssiden og etterspørselssiden for hydrogen dynamisk tilknyttet. Dette betyr at antall hydrogenstasjoner må gjenspeile antall hydrogenkjøretøy i transportsektoren til en viss grad. Tidligere i studien ble det argumentert for at utbyggingen av infrastrukturen var avgjørende faktor for innfasingen av hydrogenkjøretøy, og måtte derfor være i forkant av etterspørselen. For å utvikle tilbudssiden anbefales det derfor bruk av driftsstøtte og investeringsstøtte i en pre-kommersiell fase som i studien er antatt å vare til 2025. Utbyggingen av hydrogeninfrastrukturen må starte før den er økonomisk lønnsom, og hjelp fra nasjonale myndigheter bidrar til å redusere eller fjerne barrierene for utviklingen av et hydrogensamfunn. På etterspørselssiden bidrar allerede insentivene til en voksende innfasing av hydrogenkjøretøy i transportsektoren. I den kommersielle fasen som er antatt å være i perioden etter 2025, er grønnskatteveksling, feed-in tariff og pumpepåbud virkemidler som bidrar til økt lønnsomhet, og anses til å ha stor innvirkning på tilbudet av hydrogen. Insentivene har planlagt avvikling i 2025. Stimulering av etterspørselssiden vil

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

derfor komme fra et samspill mellom nasjonale og lokale myndigheter, der reguleringer, innkjøpspolitikk og krav til nullutslippskjøretøy i kollektivtransporten er virkemidler som fremmer en videre innfasing av hydrogenkjøretøy.

5.2 Kraftproduksjon i Norge

I Norge er vi så heldige å ha mengder med naturressurser som kan dekke behovet vi har for strøm av diverse apparater og operasjoner. Kraftproduksjonen i Norge nådde i 2016 en ny rekordstor produksjon på 149,5 TWh, som er en økning på rundt 3% fra året før. Dette kommer fra historisk store vannlagre i 2016 samtidig som investering av ny kraftproduksjon samt vedlikehold og oppgradering av eksisterende anlegg forbedrer produksjonsmengden. Et siste punkt som drar i retning av høyere produksjon er investeringen i fornybar energi, der elsertifikatene mellom Norge og Sverige stimulerer til utvikling innenfor denne næringen. I desember 2016 stod vannkraften for 95,8% av den totale kraftproduksjonen i Norge. Vind og varmekraft stod begge for beskjedne 2,1%(Vedlegg 1).



Figur 5-2 : Kraftbalanse i Norge fra 2015- 2017 (Nordpoolgroup.com. (u.å.))

Som figuren viser er det norske produksjonsnivået i samsvar med forbruket den norske befolkningen har. Dette er fordi Norge er velsignet med store vannmengder som brukes til å

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

regulere kraftproduksjonen etter behov. Flere land i Europa har ikke like store naturressurser som Norge, og er derfor vitne til overproduksjon av energi i perioder med lav etterspørsel og underproduksjon i perioder med høy etterspørsel. Scenarier konstruert av Statoil viser til at energibehovet i verden vil øke med 5-10% hvert tiår fra 2020-2040. På den andre siden vil den økende befolkningsveksten i verden ha minimal effekt på energibehovet grunnet effektivisering(vedlegg 2-3).

Et økende energibehov i fremtiden er ikke til å se bort ifra, men problemet ligger ikke i behovet av energi. Det er mer enn nok energi til å dekke behovet både i dag og i fremtiden. Energiproblemet kan omtales som et effektproblem, og fornybare energikilder kan være med på å øke dette problemet om det ikke blir tatt til etterretning. Fornybare energikilder som har varierende produksjonsintensitet slik som sol, vind og bølgekraft kan skape store svingninger i strømmettet. Disse energikildene vil føre til at strømmettet i Norge vil bli overbelastet av energi. For at strømmettet skal kunne tåle disse belastningene, må en vesentlig investering til. En investering i strømmettet vil ikke være økonomisk forsvarlig ettersom at strømmettets forbedrede kapasitet bare blir utnyttet i de periodene der vind, sol eller bølgekraft produserer mest energi. Det disse energikildene har til felles er at energien som blir produsert må bli brukt i samme øyeblikk. Energien som ikke blir utnyttet, må dermed kunne bli lagres for senere bruk. Hydrogen kan i denne sammenheng være en “effektbalanserer” samtidig som et lager for overproduksjon. Hydrogen vil i dette tilfellet være en løsning for langtidslagring av energi. Energisystemer som baserer seg på strøm fra varierende intensitetskilder vil bli mer fleksible ved en hydrogenlagring, samtidig som at det vil fremme økt utbygging av fornybar energi. Økt utbygging av fornybare energikilder er i teorien positivt for klimaet og er sosialt akseptert i samfunnet. Store mengder fornybar energi åpner mulighetene for hydrogenproduksjon i stor skala. Dette fører til et økt energiforbruk, og det kan derfor diskuteres hvorvidt dette er bærekraftig eller ikke. I neste underkapittel blir betingelser for en bærekraftig hydrogenproduksjon diskutert.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

5.2.1 Betingelser for bærekraftig hydrogenproduksjon

I hvor stor grad økt bruk av hydrogen i energisystemet i Norge er bærekraftig eller ikke er på mange måter et viktig tema, ettersom at studien bygger på de antakelsene om at hydrogenproduksjon styrer Norge mot en bærekraftig fremtid. Som tidligere nevnt i oppgaven er det et energitap relatert til produksjon av hydrogen. Dette tilsier at energiforbruket av å produsere hydrogen er mye større enn energien som er brukbart etter produksjonen. I en rapport fra naturvernforbundet i Hordaland (2003) blir dette temaet diskutert. Her blir det beskrevet at hvis hydrogenet fører til et høyere energiforbruk i stasjonære formål og samferdselssektoren, vil det ikke være bærekraftig. Her er de imidlertid rask til å konkludere med at dersom bruken av hydrogen fører til høyere energiforbruk, men på den andre siden reduserer forurensingen, kan det på mange måter være nødvendig for å stabilisere klimagassutslippet. I rapporten er det delte meninger om hvor bærekraftig hydrogenproduksjon i Norge vil være om det kommer fra fossile kilder. Bruk av fossile kilder uten CO₂ - håndtering er ansett som uakseptabelt, men med ved bruk av metoder for CO₂ - håndtering, lagring og transportering vil en kunne se positive virkninger. Kjernen for denne problemstillingen er om reduksjonen av klimagassutslippet haster eller ikke. Spørsmålet blir da om hensyn til miljøet er viktigere enn bærekraftprinsippet (Natvig, E. & Jacobsen, J.M., 2003:43). Videre blir det henvist til at hvis hydrogen skal være bærekraftig, må effektive energiløsninger samt teknologi utvikles for å kompensere for det høye forbruket som påfaller av produksjon, transport og lagring. Naturvernforbundet avviser imidlertid ikke at hydrogenproduksjon vil ha positive effekter innenfor den triple bunnlinjen, og omtaler hydrogen som miljømessig forsvarlig i for transportsektoren og småskala stasjonær bruk (Natvig, E. & Jacobsen, J.M., 2003:43).

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

6.0 Konsekvenser av hydrogenproduksjon

I dette kapittelet blir konsekvenser av hydrogenproduksjon beskrevet. Kapittelet starter med å beregne fremtidig potensiell hydrogenproduksjon fra naturgass og vindkraft. Verdikjeden for hydrogenkomponenter beskrevet og brukt som utgangspunkt for beregninger av eksport, reformering, elektrolyse og hydrogentanker. Videre blir det undersøkt konsekvensene av å anvende hydrogen i transportsektoren, bygging og ombygging av hydrogenferger samt etablering av et tilstrekkelig antall hydrogenstasjoner. Under blir teorien som er anvendt i oppgaven tilknyttet analysen, for å vise dens verdi og tilhørighet i oppgaven.

Ringvirkninger av produksjon og bruk av hydrogen

Virkninger som det blir redegjort for i denne studien er klimaeffekter og antall sysselsatte som hydrogenproduksjon og tilretteleggelse for bruk skaper. Dermed blir direkte, indirekte og katalytiske ringvirkninger synlige resultater i denne studien. De direkte virkningene er arbeidsplasser som er direkte relatert til hydrogen næringen, mens de indirekte arbeidsplassene er produsenter av utstyr som er nødvendig for hydrogenproduksjonen. De katalytiske virkningene er i studien beregnet som klimaeffekter ved bruk av hydrogen som drivstoff. Hydrogenproduksjon i Norge vil i store trekk foregå nærme energikilden eller der det er lagt opp for transport av energi. Dette betyr at sentrale store byer i Norge som er godt utviklet og som har et høyt inntektsnivå ikke vil være produsentene av hydrogenet. Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge vil være store områder når det kommer til produksjon av hydrogen, og vil oppleve både sosiale og økonomiske virkninger ved denne produksjonen. Kommunene vil få økt aktivitet som fører med seg arbeidsplasser, høyere inntektsnivå og mulige tilflyttere om områdene blir store innenfor fornybarnæringen. De induserte virkningene er et resultat av økt regional/lokal hydrogenaktivitet. Den økte aktiviteten skaper muligheter og arbeidsplasser for andre ikke-relaterte næringer som befinner seg i samme område. I studien er det ikke lagt vekt på disse virkningene, men det er absolutt verdt å merke seg at hydrogenproduksjon vil utløse slike virkninger i samfunnet. Disse

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

virkningene vil som vist i figur 3 i teoridelen sammen ha innvirkning på skatteinntektene som igjen bidrar til regionale/lokale investeringsmuligheter.

Markedsteori for hydrogenutvikling

Markedsteoriene er ofte nevnt i studien for å redegjøre for hydrogenutviklingen. En raskt voksende hydrogeinfrastruktur avhenger av tilbudet og etterspørselen etter hydrogen og hydrogenkjøretøy. Riktig virkemiddelbruk er særdeles viktig for å legge til rette for tilbud og etterspørselen av hydrogen som drivstoff. Teorien er derfor en sentral del av delkapittelet om virkemiddelbruk. Diffusjonsteorien forklarer teknologiutviklingen som er antatt i studien. Beregninger i oppgaven er på bakgrunn av hvilken fase hydrogenteknologien er antatt å være i. Studiens tidsperspektiv er fra i dag og til 2040, og fasene som blir beregnet er dermed pre-kommersiell og kommersiell fase. Det antas at den pre-kommersielle fasen varer til 2025, mens den kommersielle fasen starter i 2025. Endringsteori er en gjennomgående teori i oppgaven som forklarer fasene fra teknologien blir oppfunnet til at andre imiterer teknologien etter å ha sett potensialet. Teorien er relevant ettersom at studien bygger på en antakelse om en fremtid endring i det norske energisystemet. Flere teknologier som er åpenbare lønnsomme blir ikke alltid realisert, og betingelser som riktig virkemiddelbruk er ofte nødvendig for at teknologien skal bli kommersiell. Schumpeter beskriver innovasjon av teknologi som nødvendig for økonomisk vekst som bidrar med arbeidsplasser og økt aktivitet på landsbasis. Utvikling og satsing på hydrogen for å skape verdier i Norge er fundamentet for denne studien, og kan dermed relateres til teorien om energiendring.

6.1 Produksjon

Teknologien som blir brukt for produksjon av hydrogen bestemmer energikilden, produksjonskostnadene og utslippene. I dag blir omkring 50% av hydrogen lagd globalt ved en reformering av naturgass, 30% fra raffinering av petroleum, 18 % fra kull og 4% fra elektrolyse. Norge var tidlig ute med å produsere hydrogen, men som et resultat av fallende gasspriser så ble hydrogenproduksjonen lagt på is. I dag blir det produsert rundt 2300 tonn

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

hydrogen årlig ,der store deler kommer fra reformering av naturgass på Tjeldbergodden og som et biprodukt fra raffinering på Slagentangen og Mongstad (Erdal, E.A.,2016:10).

6.2 Etterspørsel i Norge

Etterspørselen av hydrogen i Norge er i likhet med resten av verden svært liten.

Naturvernforbundet har funnet transportsektoren til å ha det største potensialet for bærekraftig utvikling, men i dag blir det meste av produsert hydrogen brukt i industrien.

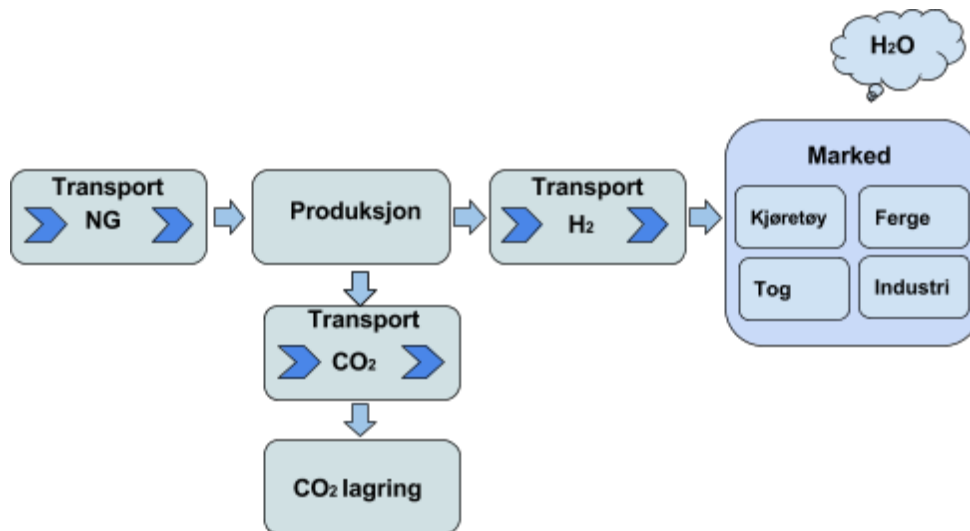
Det er sannsynlig at den nasjonale etterspørselen på kort sikt drives av et ønske om reduserte klimagassutslipp og et mer miljøvennlig alternativ for energi. Over lenger tid vil trolig eksport av hydrogen bli mer aktuelt, og dermed skaper et større ønske om økt hydrogenproduksjon.

6.3 Naturgass i Norge

Reformering av naturgass er en moden teknologi som blir brukt i raffinering og kjemiske industrier for storskala hydrogenproduksjon. Småskala reformere blir foreløpig brukt i demonstrasjonsstasjoner for hydrogen. Når hydrogen blir produsert fra naturgass så vil hydrogenpartiklene og karbondioksidpartiklene bli splittet, som tidligere beskrevet. Om det ikke blir anvendt karbonfangst i denne produksjonen, vil produksjonen av hydrogen gi minimale miljøgevinster til fordel fra dagens produksjon. Produksjonen vil dermed ikke være bærekraftig forsvarlig, og satsingen på dette område vil sannsynligvis reduseres.

På bakgrunn av dette er det nødvendig med strenge krav om renhet og utslipp ved produksjon av hydrogen. I 2016 startet Reinertsen et demonstrasjonsprosjekt med karbonfangst på Tjeldbergodden. Karbonfangstteknologien var i starten ment som en renseteknologi i gasskraftverk, men det har like stor nytte i produksjonen av hydrogen fra naturgass (Stensvold, T.,2016). For at produksjonen skal være bærekraftig så må CO₂ fanges og kontrolleres. En mulig løsning er å injisere karbondioksidet ned i gassfelt som også vil øke utvinningsgraden for feltet.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



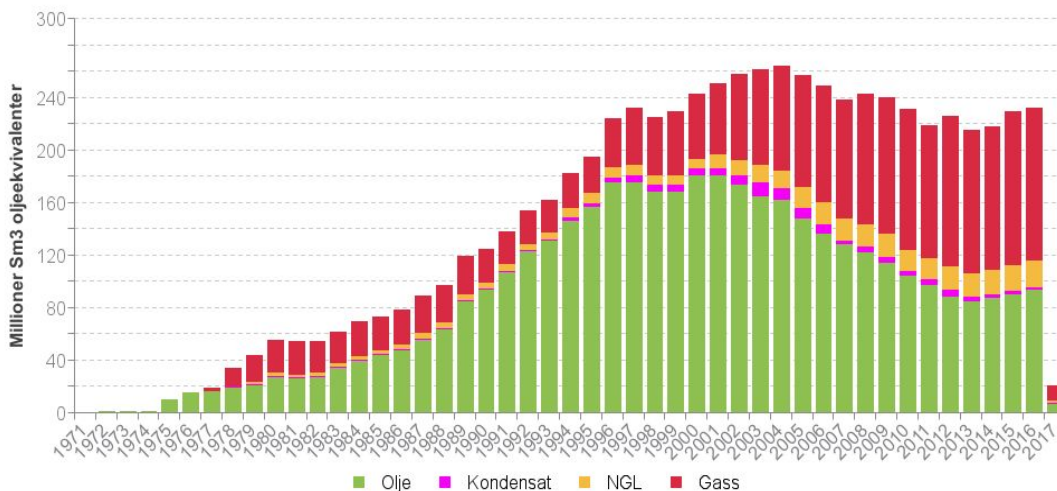
Figur 6-1: Transportforløpet av hydrogenproduksjon med CO₂ fangst

Figuren over illustrerer prosessen av en hydrogenproduksjon fra naturgass med CO₂ fangst. I Norge blir naturgassen transportert gjennom rør til produksjonsanlegg. Der blir naturgassen splittet gjennom reformering. I prosessen blir karbonet fanget og transportert til en lagringsenhet eller en plattform som injiserer gassen ned i feltet. Fra produksjonsanlegget blir det produserte hydrogen transportert til markedet enten som form av drivstoff eller kraft/varme.

6.3.1 Produksjon av naturgass i Norge

I 2016 var produksjonen av naturgass på 117 millioner Sm³ oljeekvivalenter som er nesten det samme som året før. Salget i 2016 var på totalt 115 milliarder Sm³ gass. Grunnen for at det har vært en økning de siste årene er på bakgrunn av at Europa har etterspurt et større behov av gass. Produksjonen av naturgass stod for i underkant av 50% av den totale produksjonen i 2016 (Norskpetroleum.no, u.å).

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



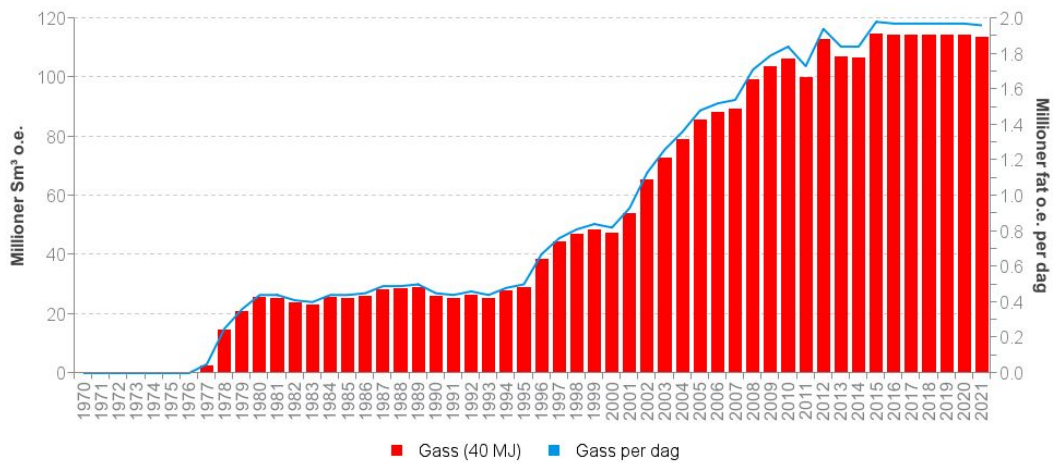
Figur 6-2 : Historisk produksjon av oljeekvivalenter fra 1971-2017 (Norskpetroleum.no, u.å)

I 2013 hadde Norge et forbruk av naturgass på 5688 millioner Sm³, dette tilsvarer 55991 GWh(vedlegg 5). Største forbruker er olje og gassutvinning med 4 176 millioner Sm³ som er 73 % av forbruket innenlands. Det er sannsynlig at dette forbruket vil reduseres i fremtiden ved en redusert etterspørsel etter oljeekvivalenter.

6.3..2 Forventet produksjon av naturgass

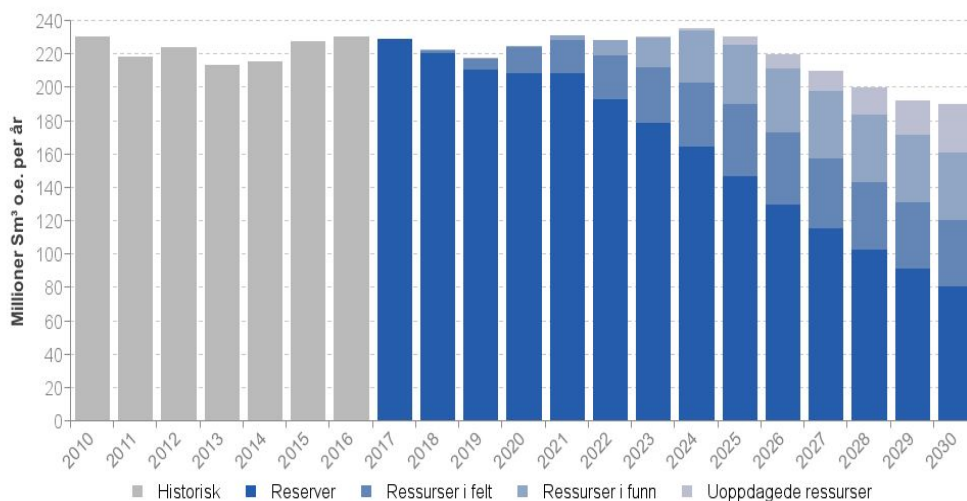
For ikke mange år siden ble ordet “peak oil” betegnet som evnen til å produsere olje og gass. I 2016 kom Statoil ut med sin første prediksjon på at verden har nådd en ny “peak oil” som i denne forstand betyr at etterspørselen etter olje og gass har nådd taket (Teknisk Ukeblad, 2017). Med utgangspunkt i diffusjonsteorien som er forklart i kapittel 2, har produksjonen av gass nådd platånivået, som tilsier at produksjonen flater ut. Figuren under som omhandler historisk og forventet produksjon av naturgass frem til 2021 viser tydelig tegn på dette stemmer.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 6-3 : Historisk og forventet produksjon av naturgass (Norskpetroleum.no, u.å.).

Ifølge diffusjonsteorien vil produksjonen etter en viss periode på platånivå reduseres. Det er vanskelig å forutsi hvor mye produksjonen av naturgass vil reduseres i de kommende årene, men det kan tas utgangspunkt i figuren under som viser produksjonshistorikk og modenhet av gassreservene fra 2010-2030.



Figur 6-4: Produksjonshistorikk og prognose fordelt på modenhet av ressursene (Norskpetroleum.no, u.å)

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Figur 6-4 viser tydelige tegn på at produksjonskapasiteten av olje og gass er synkende. Dette kommer av at reservene blir mer moden med en større andel av ressurser i felt, ressurser i funn og uoppdagede ressurser. Se vedlegg 20 for en forklaring av begrepene reserver og ressurser.

Studiens tidsperspektiv er lagt til 2040, og ut i fra figurene over antas det at produksjonsnivået av naturgass vil ligge på 100 millioner Sm³ oljeekvivalenter i denne perioden. Dette tilsvarer 987 Twh eller 19 740 000 tonn hydrogen(se vedlegg 21 for utregning) . Ifølge tabell 4-2 er dette nok hydrogen til å dekke rundt 160 500 000 personbiler eller rundt 53 000 ferger.

Produksjon av naturgass	
Produksjon i 2016 (mill Sm ³ o.e.)	117
Produksjon i 2040 (mill Sm ³ o.e.)	100
Produksjon i 2040 (TWh)	987
Produksjon i 2040 (Tonn/hydrogen)	19 740 000

Tabell 6-1 : Produksjon av naturgass i 2040

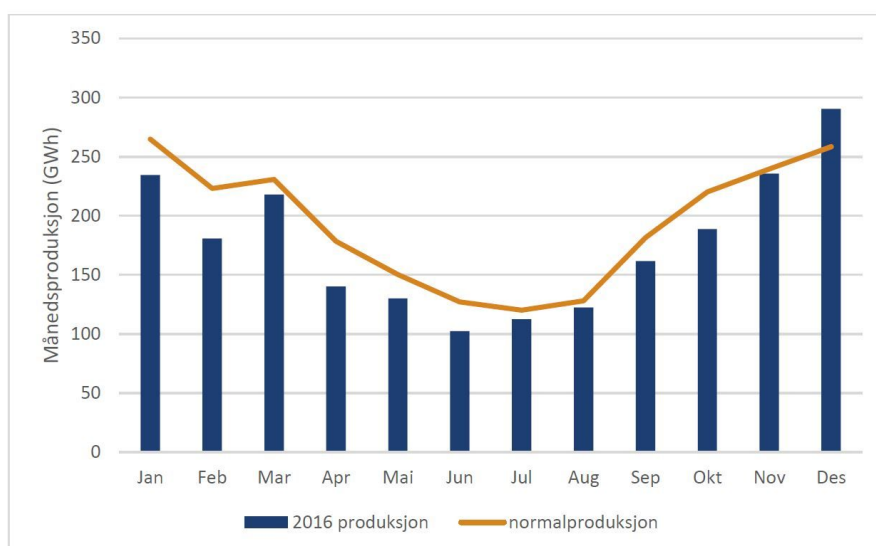
6.4 Vindkraft i Norge

I Norge har vindkraftproduksjonen økt betraktelig de siste årene og 2017 ligger ann til å bli nok et rekordår for vindkraftutbyggingen. Hydrogenproduksjon av vindkraft er omtalt som svært lovende, og vil trolig være en sentral kilde for hydrogenproduksjon i fremtiden.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

6.4.1 Produksjon av vindkraft i Norge

I 2016 produserte norsk vindkraft 2,1 TWh elektrisitet. Dette står for rundt 1,4 prosent av Norges elektrisitetsproduksjon i 2016 (Weir, D.E., 2017). Forholdene i 2016 var generelt dårlige med tanke på vindproduksjon. Produksjonsindeksen var på 92% som betyr at produksjonen var 8% dårligere enn normalt forventet.



Figur 6-5: Vindkraftproduksjon i 2016 i forhold til normalproduksjon (Weir, D.E., 2017).

I 2016 er det ikke installert noe ekstra vindkraft som gjør at samlet installert ytelse fortsatt er på 873 MW (Vedlegg 6). Derimot året 2017 ser det ut til å bli et rekordår for vindkraftindustrien. I løpet av 2016 ble det tatt investeringbeslutninger for ytterligere 1460MW. Dette betyr at samlet installert ytelse ender på rundt 2300 MW når prosjektene er ferdigstilt (Norwea.no, u.å). I denne investeringsbeslutningen er Fosen den store bidragsyteren. Fosen vil bli Europas største vindkraftprosjekt på til sammen 1000 MW. Hamnefjellet vindpark i Finnmark og Tellenes vindkraftverk i Rogaland skal også ferdigstilles i løpet av 2017. Nye vindparker vil ha høyere brukstid enn tidligere og turbinene vil også ikke være mindre enn 3 MW. De nye vindparkene vil dermed oppnå et høyere produksjonstall per turbin enn hva som er registrert tidligere. Et normalår inneholder 8760

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

fullasttimer, og norske vindparker hadde i snitt 2512 timer i 2015 (Aadland, C., 2017). En fullasttime forteller produsert mengde målt opp mot installert ytelse (Norwea.no, u.å). Raggovidda vindpark som ble åpnet i 2015 i Finnmark hadde opptil 4000 fullasttimer. Dette er veldig høyt for innenlands vind, og gir oss et bilde av hva teknologisk utvikling kan bidra med i form av produksjonsvolum og ytelse.

I 2011 inngikk Norge og Sverige en avtale om grønne elsertifikater som skulle øke produksjonen av fornybare energikilder. Denne avtalen varer til året 2020 og regjeringen er negativ til en potensiell forlenging. Dette vil legge en demper for utbyggingen av flere vindparker ettersom at vindkraft fremdeles er avhengig av subsidier for videre utvikling.

Grenselandet AS har planer om å bygge vindparkene Borealis og Davvi i Finnmark. Disse skal i følge utbygger produsere 3,6 TWh strøm i året med en kapasitet på 900 MW, og blir dermed nest størst etter Fosen (Hovland, K. M., 2017). Disse vindparkene skal bygges uten subsidier, og vil på den måten være revolusjonerende for norsk vindkraft om prosjektene er lønnsomme. Prosjektet skal stå ferdig en gang i 2020 årene, og kan være starten på et nytt norsk vind eventyr i Finnmark. Totalt anslås det at Finnmark har et potensial på 30 TWh der rundt 25 % er utbygd etter at disse prosjektene er ferdigstilt (Norwea.no, u.å).

6.4.2 Havvind

Havvind i Norge er en stor ubrukt ressurskilde. Det er teknisk antatt at havbasert vindkraft har et potensiale mellom 18 og 44 TWh. Teknisk antakelse kan være krav som at området er egnet for kraftutbygging med ekskludering av arealer med verneinteresse, som nasjonalparker (Nve.no, 2016). Statoil har stor tro på havvind i fremtiden, og regner med at 20% av investeringsbeløpet i 2030 går til havvind relaterte prosjekter. Kostnadene innenfor vindkraft er hele tiden fallende og store deler av erfaringen innenfor offshore olje og gass kan videreføres til offshore vindkraft. På Statoils sine nettsider blir offshore vindkraft beregnet til å være konkurransedyktige mot andre kraftalternativer i perioden 2025. I dag dreier hele 3 av de 4 største eksportsalgene seg om offshore vindkraft. Interessen for havvind har hatt en voldsom vekst i Europa de siste årene, og Statoil deler denne interessen. Statoil starter

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

sammen med Masdar produksjonen av pilotprosjektet Hywind Scotland sent i 2017, som blir verdens første flytende vindpark (Statoil.no, 2017).

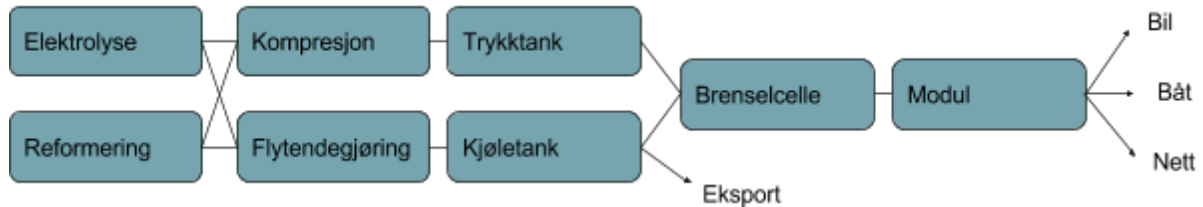
Vindkraft	Landbasert	Havbasert
Potensial	26 TWh(realistisk)	18-44 TWh (Teknisk)
Produksjon i 2040	10 TWh	5 TWh
Tonn/hydrogen	200000	100000

Tabell 6-2: Vindkraftproduksjon i 2040

I tabellen over er det tatt utgangspunkt i informasjon som er beskrevet i dette delkapittelet. Det er planlagt en utbygging på omlag 6-7 TWh som skal være ferdigstilt en gang i 2020 årene. Sammen med allerede eksisterende vindproduksjon vil det ligge på rundt 9 TWh. Utbygging blir sjeldent ferdigstilt til den tiden som var antatt. Det blir derfor tatt høyde for at utbyggingen av disse 6-7 TWh tar lenger tid enn opprinnelig planlagt. Det blir også lagt på 1 TWh ekstra for potensielt utbygging av mindre vindparker eller oppgradering av eksisterende vindmøller/teknologi. Havbasert vindkraft er per dags dato på demonstrasjonstadiet og teknologien er ikke på samme nivå som landbasert vindkraft. Forskning og utvikling er essensielt for denne teknologien og vi kan anta at det ikke får et gjennombrudd før 2025-2030. Offshore har bedre vindforhold enn landbasert og produksjonen kan dermed være større til tross for færre vindmøller. Det antas i tabellen at havbasert vindkraft produserer 5 TWh strøm i 2040. Totalt vil vi i 2040 produsere 15 TWh elektrisitet fra vindkraft som omgjort til hydrogen er i størrelsesorden 300 000 tonn/h². Dette er nok hydrogen til å dekke behovet for 2 400 000 personbiler eller 810 ferger i følge estimert forbruk i tabell 4-2.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

6.5 Hydrogenverdikjeden



Figur 6-6: Hydrogenverdikjede (Kirkengen, M., 2015:52).

Verdikjeden over illustrerer prosessen ved å produsere og klargjøre hydrogen for sluttbruker. Første steg i verdikjeden er produksjon med enten elektrolyse eller reformering. Hydrogenet blir deretter komprimert eller omgjort til væskeform for så å lagre det i komposittanker. Hydrogen kan deretter bli eksportert eller bli brukt som drivstoff eller kraft i nasjonen. For et lite land som Norge som ikke blir sett på som et attraktivt marked for hydrogen, har vi en relativt sterk posisjon i deler av verdikjeden. Nel Hydrogen er en stadig voksende aktør innenfor elektrolyse og elektrolyseteknologi, og Hexagon er en av de største produsentene av komposittanker i verden. Brenselceller blir derimot ikke produsert i Norge, og er derfor en komponent som må bli importert. Studien dreier seg om virkningene av hydrogenproduksjon og bruk i Norge, og videre analyse legger derfor vekt på innenlands produksjon av sentrale komponenter for hydrogenproduksjon.

6.6 Eksport av energi og teknologi

Om vi antar at vannkraft og vindkraft dekker hele det norske behovet for strøm i 2040, har vi et energioverskudd som dekker forbruket vårt flere ganger. I studien blir det antatt at vi har 100 000 hydrogenbiler og 140 hydrogenferger i 2040. Totalt gir det et drivstofforbruk på 114 500 tonn/h₂ i året. Fra naturgass og vindkraft kan vi potensielt produsere 20 040 000 tonn hydrogen, som er 175 ganger mer enn hva behovet av disse transportmidlene er i 2040.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

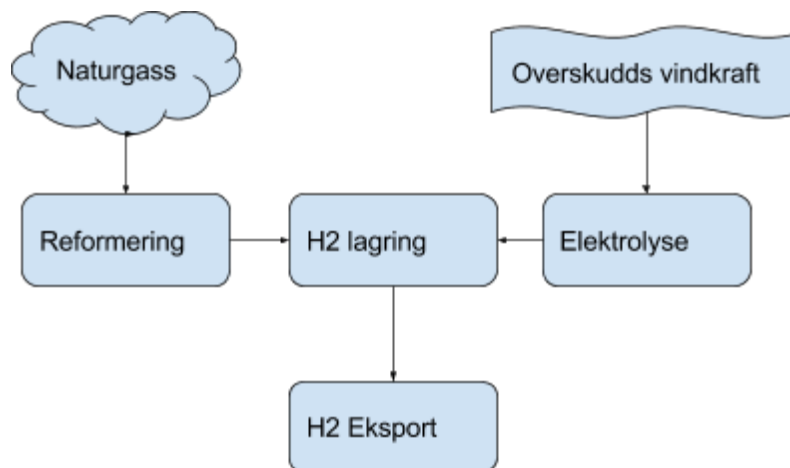
At 100% av vår naturgass og vindkraft blir brukt til å produsere hydrogen i 2040 er derimot usannsynlig. I 2016 eksporterte Norge rundt 115 milliarder Sm³ naturgass. Produksjonen lå på 117 millioner Sm³ oljeekvivalenter som betyr at 2 milliarder Sm³ gass ble brukt til andre formål som for eksempel metanolproduksjon på Tjeldbergodden. I studien er det beregnet en produksjon på 100 millioner Sm³ oljeekvivalenter i 2040. Hvor mye som blir produsert for eksport avhenger i stor grad av behovet for hydrogen i andre land. Japan, Korea, USA og Europa som er nevnt i tabell 1-1, vil trolig være de største importørene av hydrogen i en kommersiell fase. Japan har annonsert en utbygging av mottaksterminaler som skal stå klar i 2020. Rørledningene som i dag transporterer petroleum til Europa, kan i fremtiden bli brukt til å transportere hydrogen ved at hydrogen inngår i miksen. Dette skaper derimot et større trykk, og rørledningene må bli oppgradert. Om vi antar at 10% (Statoil) av produsert naturgass blir brukt til produksjon av hydrogen i 2040, vil det tilsa 1 974 000 tonn/h². Dette tilsvarer rundt 99 TWh som er 29 TWh mer enn den norske transportsektoren bruker i dag (70 TWh).

For vindkraft er det også usannsynlig å bruke all vindkraften til produksjon av hydrogen, som i tabell 6-2 viser 15 TWh. I fremtiden vil strøm fra vindkraft fremdeles være med å dekke landets resterende energibehov. I tillegg vil en andel bli fraktet med strømmettet til for eksempel Sverige og Finland, slik som er planlagt for vindkraftprosjektene i Finnmark (Hovland, K.M., 2017).

Det antas derfor at 40% av vindkraften blir brukt til produksjon av hydrogen i 2040, noe som tilsvarer 120 000 tonn/h². Kraften som brukes til hydrogenproduksjon kan betegnes som overskuddskraft og er dermed energi som ikke vil bli utnyttet for andre formål.

Eksportprosessen er illustrert i figuren under.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”



Figur 6-7: Hydrogenproduksjon for eksport

I Japan er målet å levere hydrogen til sluttbruker for 25 kroner per kg, og eksportprisen må dermed være under dette beløpet, for at hydrogenet skal være attraktivt. Greenstat har regnet på at den mest optimale eksportprisen er på 20 kroner/kg (Greenstat.no, u.å). Total eksporterbar hydrogen fra naturgass og vindkraft blir dermed 2 094 000 tonn/h².

Eksport	Verdi i kroner	Antall sysselsatte
Hydrogen	42 mrd	31410
Teknologi	2 mrd	3333
Sum	44 mrd	34743

Tabell 6-3 : Eksport av energi og teknologi

Med en eksportpris på 20 kroner/kg vil verdien i kroner være på omlag 42 milliarder. En enkel utregning av hvilken verdi eksporten har for sysselsetting viser oss en verdi på 31410 arbeidsplasser. I utregningen er det antatt at 45% av verdien er relatert til ansatte med et lønnsnivå på 600 tusen inkludert 20% profittmargin. I studien antas det at en gjennomsnittlig lønn ligger på 40 000 i måneden. Gjennomsnittlig årsinntekt er dermed 480 000.

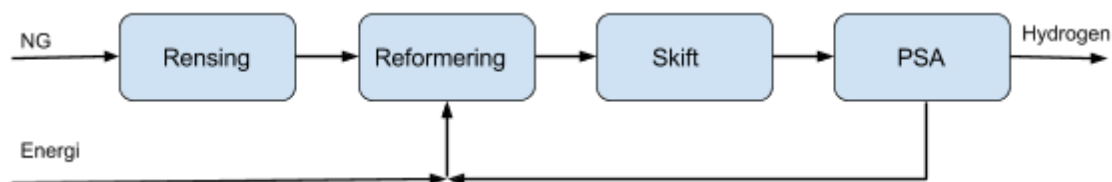
Verdien av teknologiekseport er per dags dato veldig usikkert, men det er en post som vil ha stor innflytelse på norsk næringsliv og blir derfor tatt med i utregningen. I 2015 stod teknologiekseporten i fornybarnæringen for rundt 8 milliarder (Nilsen, J., 2015). Regjeringen

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

ønsker samtidig å øke satsingen på norsk lavutslippsteknologi for å kunne tilby smarte norske klima og miljøløsninger (Regjeringen.no, 2017). Hydrogenteknologi er trolig ikke moden i 2040, og det blir dermed antatt at teknologiverdien i 2040 vil være 2 milliarder, som skaper 3333 arbeidsplasser. Totalt er verdien av eksport som energi og teknologi 44 milliarder, mens verdien kan beregnes til å være 34743 arbeidsplasser. Verdien er avrundet til nærmeste hele tall, for å øke lesbarheten. Se utregningen i vedlegg 7.

6.7 Reformering og produksjon av reformere

Reformering er hjerte i omgjøringsprosessen. For at produksjonen av hydrogen skal bli så miljøvennlig som mulig, er andre prosesser nødvendig.



Figur 6-8: Prosessforløpet ved reformering av naturgass (Topsoe.com, u.å).

I den første prosessen vil naturgassen bli rensset for svovel og klor forbindelser. Med damp reformering er pre-reformering ofte gjort for kilder med stor andel hydrokarboner. Resultatet er en stabil og mildere prosess for damp-reformeren. Reformering er hjerte av hydrogenproduksjonen. Dette er en teknologi som har et stort utviklingspotensial, og som vil med riktig teknologi øke lønnsomheten for produksjonsanlegget. Skift-fasen maksimerer utbyttet fra hydrogenet, og består av en høy til medium-temperatur reaktorer som også kan kombineres med en lav-temperatur reaktorer.

Pressure swing adsorption (PSA) er en endelig rensesprosess som maksimerer hydrogenutbyttet og dens renhet (Topsoe.com, u.å). I Norge kommer PSA og membranteknologien i renselsesprossen fra Reinertsen.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Prisen for å produsere hydrogen avhenger blant annet av volum, pris for gass og anvendt teknologi (CO2 løsning). Kostnadene er svært varierende og det er derfor vanskelig å beregne med et fremtidig perspektiv. Vi kan derimot bruke dagens estimerer fra Topsøe som beregner en produksjonskostnad på 6000 NOK /MT h2.

Hydrogenproduksjon	Kostnad tonn/h2
Naturgass	kr 11 844 000 000

Tabell 6-4: Produksjonskostnad ved reformering

Produksjonskostnadene av 99 TWh naturgass (antatt produsert mengde i eksport avsnittet) vil være på nesten 12 milliarder kroner(se utregning vedlegg 12). Dette er produksjonskostnadene fra naturgass beregnet med dagens kostnader. Som tidligere nevnt kan denne prisen variere stort i fremtiden, og det velges dermed å ikke beregne antall arbeidsplasser fra denne hydrogenproduksjonen.

10 milliarder Sm3 naturgass brukt til hydrogenproduksjon er en betydelig mengde som tilsier at hydrogen har vært kommersielt over en lengre periode. For hydrogenproduksjon av dette volumet kreves det flere store reformere. Dagens største reformer kan ha en kapasitet på 1 milliard Sm3 gass, og har en produksjonskostnad på 20 millioner kroner (Statoil). Dette tilsier at et antall på 10 slike reformere er nødvendig for å dekke produksjonsvolumet. Videre antas det at reformere vil ha en kostnad på 15 millioner i 2040 ettersom at dette er teknologi som har et stort utviklingspotensial for kostnad og ytelse.

Produksjon av reformere	
Kostnad	kr 150 000 000
Antall arbeidsplasser	113

Tabell 6-5: Kostnad og sysselsetting ved produksjon av reformere.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Produksjon av 10 reformere som til sammen vil ha en kapasitet på 10 milliarder Sm³ gass vil ha en kostnad på 150 millioner kroner. Produksjonsprosessen vil samlet sett skape 113 arbeidsplasser(se utregning vedlegg 13).

6.8 Elektrolyse og produksjon av elektrolysører

Ved produksjon fra vindkraft blir hydrogenet produsert ved hjelp av elektrolyse. Effekt er en nøkkelparameter for elektrolyse ettersom at kostnaden avhenger av prisen for elektrisitet. Virkningsgraden av teknologien som i dag er kommersielt brukbar er på omlag 50-75 %, og det er tenkelig at ved nye avanserte elektrolysører kan virkningsgraden strekke seg til over 85%. I motsetning til reformering som trenger varme i produksjonen, slipper elektrolyse ut noe av energien som varme. Denne varmen blir omtalt som ”spillvarme” og kan bli utnyttet som varme i industri og bygninger. Elektrolyse er den teknologien som blir ansett som den mest bærekraftige teknologien for fremtidig hydrogenproduksjon. Klimautslippene ved elektrolyse avhenger av hvor strømkilden kommer fra. Om energikilden stammer fra fornybare kilder som vind, kan vi se bort i fra potensielle utslipp. Med store ambisjoner om å redusere klimagassutslippene fra transportsektoren, er produksjon med elektrolyse et attraktivt alternativ. Alkaliske og proton-utvekslingmembran (PEM) elektrolyse er i dag allerede kommersielt tilgjengelige. Alkaliske elektrolysører er den mest modne og billigste teknologien, men som vi kan se i modellen under er PEM og fast oksid (Solid Oxide) elektrolyse de teknologiene som har størst potensiale for høyere virkningsgrader og kostnadsreduksjoner.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Teknologi	Alkalisk	PEM	SOEC
Modenhets	Moden, lang erfaring	Moden	Ikke kommersielt tilgjengelig
Virkningsgrad	50-75 %		65-70 % 75 %
Virkningsgrad 5-10 år	75-80 %		80-85 % 80-90 %
Virkningsgrad i år 2040	75-85 %		80-90 % 80-90 %
Elektrolyser pris per kW	10000 NOK		18000 NOK N/A
Elektrolyser pris per kW 5-10 år	5500 NOK		7000 NOK 13600 NOK
Elektrolyser pris per kW i år 2040	3600 NOK		4500 NOK 6400 NOK
Estimert kostnad per kg hydrogen inkl. kompresjon og fylling	50 NOK/kg		60 NOK/kg N/A
Estimert kostnad per kg hydrogen 5-10 år inkl. kompresjon og fylling	30 NOK/kg		30 NOK/kg 30 NOK/kg
Estimert kostnad per kg hydrogen i år 2040 inkl. kompresjon og fylling	30 NOK/kg		30 NOK/kg 30 NOK/kg

Tabell 6-6: Sammenligning av teknologi for hydrogenproduksjon ved elektrolyse (Sandvik, E.T., 2015)

Tabellen over tar utgangspunkt i modellen fra LMG Marin. Tabellen viser at alkalisk elektrolyse er billigste alternativ på kort sikt, men at det utjevnes på lengre sikt til 30 NOK/kg for alle teknologiene. Fra antakelsene vil alkalisk elektrolyser være billigste alternativ, men ha den laveste virkningsgraden i 2040. Det har ikke blitt gjort ytterligere justeringer på estimert kostnad per kg hydrogen i 2040 på bakgrunn av at store deler av kostnadene som er relatert til et hydrogenproduksjonanlegg avhenger av innkjøpsprisen for kraft. Produksjonen er derfor svært sensitiv til variasjoner i kraftprisen, og 30 NOK/kg fungerer som et godt utgangspunkt.

I Norge er det NEL som er ledende innenfor elektrolyse og elektrolyseteknologi. Det finnes elektrolyser i mange forskjellige størrelser, med energiforbruk på ca 300 kWh til 2,2 MW og prisene kan variere fra alt fra 5 MNOK til 20-25 MNOK.

I eksport kapittelet ble det beregnet at eksporterbar hydrogen var 2 094 000 tonn i 2040. 120 000 tonn kommer fra land og havbasert vindkraft og vil dermed bli produsert gjennom elektrolyse. Vindkraften tilsvarer 6 milliarder kWh eller 6 TWh.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Kostnadene for å omgjøre vindkraftenergien til hydrogen er knyttet til strømprisen. Det er derfor som med reformering av naturgass vanskelig å skape et realistisk fremtidsbilde, og det velges derfor å bare se på dagens kostnader med et fremtidig volum.

I 2016 var strømprisen for kraftintensiv industri på 30 øre/kwh (SSB.no, 2017). For å produsere 1 kg hydrogen ved elektrolyse kreves det 50 kwh. Dermed blir prisen for 1 kg hydrogen 15 kroner. Produksjonskostnadene av å produsere hydrogen fra vindkraft med et energivolum på 6 TWh, vil være 1,8 milliarder kroner (se utregning vedlegg 14).

Hydrogenproduksjon	Kostnad
Vindkraft	kr 1 800 000 000

Tabell 6-7: Produksjonskostnader ved elektrolyse

I likhet med reformere vil det være behov for flere elektrolysører med stor nok kapasitet til å dekke produksjonsvolumet. Vi tar utgangspunkt i alkalisk elektrolyse ettersom at det er den billigste og mest modne teknologien av de tre, som vist i tabell 6-6. I 2040 antas det at en alkalisk elektrolysør med et energiforbruk på 1 Twh koster 50 MNOK.

Elektrolyse	
Vindkraft til hydrogen i 2040 (KWh)	6 000 000 mill
Alkalisk elektrolyse pris i 2040	300 mill
Antall sysselsatte	225

Tabell 6-8: Kostnad og sysselsetting for produksjon av alkaliske elektrolysører.

Hvis produksjonen av en alkalisk elektrolysør på 1 TWh koster 50 MNOK vil den totale prisen bli 300 millioner ettersom at det totalt er 6 TWh strøm fra vindkraft. Dette skaper 225 fremtidige arbeidsplasser (se utregning i vedlegg 8).

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

6.9 Hydrogentanker

Hydrogentanker er lette komposittanker som er konstruert for transport og lagring av hydrogen. Hexagon som er etablert i Raufoss og er ledende leverandør av tanker for gasskjøretøy i Europa (Kirkengen, M., et al, 2015).

Tankene er effektive og bidrar til en fleksibel transport av komprimert hydrogen for veg, sjø og bane. Markedet for hydrogentanker vokser i takt med etterspørselen, og ved at flere store transportselskaper og bilprodusenter investerer i hydrogenutvikling tyder på at Hexagon og potensielt andre leverandører av hydrogentanker får et økt aktivitetsnivå i fremtiden. Tanker blir allerede levert til bilprodusenter som Daimler, mens Toyota har planlagt å bygge 30 000 hydrogenbiler innen 2020 (Kirkengen, M., et al, 2015).

Hydrogentanker finnes fra alt til 250 bar og opp mot 950 bar og kan ha en størrelse på 36L til 8000L. Dette betyr at prisen for hydrogentankene varierer for hvilket anvendelsesområde den skal brukes til. Prisen for en komposittank blir i dag estimert til å være 8000 kr per kg hydrogen (Hexagon). Hydrogenbiler er beregnet til å ha en kjørelengde på 500 km, med en tommelfingerregel om at en kan kjøre 100 km med 1 kg hydrogen. Størrelsene på tanken er derfor på 5 kg som blir løst ved å ha to hydrogentanker av ulik størrelse. For hydrogenferger er det mer usikkert, men ettersom at det i studien blir antatt at en typisk ferge har et forbruk på 2 tonn hydrogen hver dag blir det herved antatt komposittanker med størrelsesorden på 2200 L. De ekstra 200 L er antatt å være et nødlager for uforutsette situasjoner.

Det vil naturligvis oppstå en prisreduksjon for komposittanker i 2040 ,men hvor mye er vanskelig å si. International Energy Agency (IEA) forventer at prisreduksjonen avhenger av karbonfiberet som tankene består av, og er derfor skeptiske til hvor mye prisen kan bli redusert. Hexagon har selv anslått at ved en planlagt utrulling av hydrogenbiler, kan det bli mangel på karbonfiber av høy kvalitet. Derimot er det sannsynlig at prisen for karbonfiber synker på sikt ved en konstant etterspørsel ettersom at markedet ekspanderes. En benyttelse

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

av biologiske karbonfiber har blitt lansert som en potensiell god løsning. Karbonfiber fra trevirke vil dermed ha en større verdi enn om tømmeret brukes til biodiesel (Kirkengen, M., et al, 2015). En annen faktor som er viktig å ta forutsetninger for er at en etterspørsel etter hydrogentanker vil endre produksjonsprosessen. Hydrogentanker er et høyteknologisk produkt og vil få stor skalaeffekt om etterspørselen øker. Ved en masseproduksjon er det nærliggende å anslå at større deler av produksjonen blir automatisert. Økt automatisering reduserer produksjonstiden, og bidrar til lavere kostnader. For denne utviklingen blir det antatt at prisen for en hydrogentank i 2040 ligger på 6000 kr per kg hydrogen.

Markedspotensialet på verdensbasis vil bare bli større ettersom at teknologien gradvis blir mer moden, men anslager for hydrogenbiler og hydrogenferger på verdensbasis i 2040 inkluderer en stor usikkerhetsfaktor ettersom at det er mange faktorer som spiller inn. Kanskje den største betydelig faktoren er politikken i landet. Klimapolitikken i landet legger til grunn hvor mye CO₂ utslippet skal reduseres, og styrer dermed hvor mye som skal legges til rette for en overgang til en hydrogenøkonomi. Dette vil naturligvis være forskjellig fra land til land, og for å unngå disse store usikkerhetsfaktorene så velges det å beregne bare potensialet for hydrogentanker i Norge. Det blir i studien antatt at det er 100 000 hydrogenbiler og 140 hydrogenferger i 2040, og potensialet tar dermed utgangspunkt i denne antakelsen.

Produksjon av hydrogentanker	
Markedspotensial for hydrogenbiler i 2040 (NOK)	3 mrd
Markedspotensial for hydrogenferger i 2040 (NOK)	1,85 mrd
Arbeidsplasser	3636

Tabell 6-9: Markedspotensial og sysselsetting ved produksjon av hydrogentanker for hydrogenbiler/ferger

Markedspotensialet i Norge ha en verdi på 3 milliarder kroner med forbehold om at det er 100 000 hydrogenbiler med en tankkapasitet på 5 kg i 2040. For hydrogenferger vil verdien være på omlag 1,85 mrd. kroner ut ifra antakelsene om at det er 140 hydrogenferger med

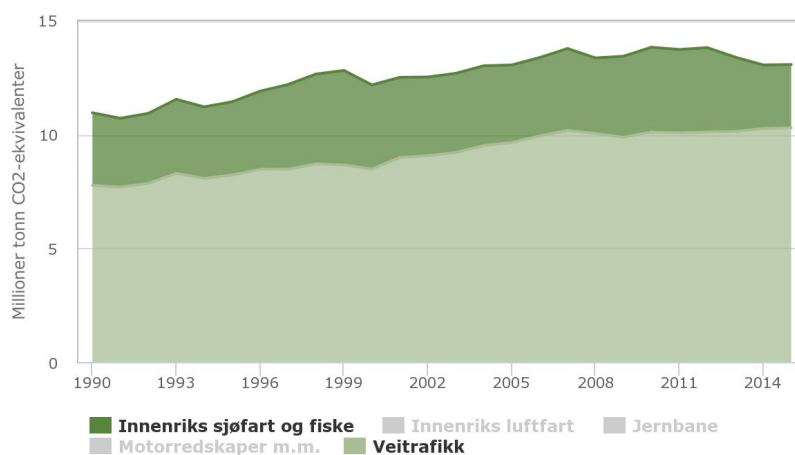
“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

tankkapasitet på 2200 L i 2040. Det blir i dette regneeksempelet også antatt at 45% av kostnadene er relatert til ansatte med en lønnskostnad på 600 000 inkludert 20% profittmargin. Totalt blir det dermed skapt 3636 arbeidsplasser som følge av økt produksjonsaktivitet. Se vedlegg 8 for utregning.

7.0 Reduserte klimagassutslipp ved bruk av hydrogen

I Norge står transportsektoren for den største delen av klimagassutslipp. Utslippene fra norsk transportsektor har økt med 25 % over 25 år som betyr at utslippene øker i gjennomsnitt med 1 % hvert år. I Norge er veitrafikken den største kilden til utslipp, som vist i figuren under. Personbiler står alene for rundt 50 prosent av utslippene. Det finnes flere grunner for dette, men befolkning og økonomisk vekst er de største faktorene. En befolkningsvekst skaper et større transportbehov av person og godstransport. På den økonomiske siden bidrar en økt kjøpekraft for potensielt flere biler i hver familie, samt hyppigere reiseaktivitet (Miljødirektoratet, 2017). Et skift til hydrogen vil være et tiltak som vil redusere denne økende klimagassutviklingen. Dette vil ha en stor effekt på utslippene for sjøtransporten ,men på dette området kan det ta lenger tid ettersom at fartøyenes levetid er lenger.

Utslipp av klimagasser fra transport fordelt på kilde



Kilde: Statistisk sentralbyrå (SSB) Lisens: Norsk Lisens for Offentlige Data (NLOD)

Figur 7-1 : Utslipp av klimagasser fra transport fordelt på vei og sjøtrafikk

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Innenriks sjøfart og fiske står for 17 prosent av de nasjonale utslippene i 2015, men utslippene blir stadig reduserte ved økt effektivisering og oppgradering av eldre fartøy. Statistikken inkluderer ferger, passasjerbåter og godsskip og ser bort ifra andre små fartøy som for eksempel fritidsbåter.

I 2015 var en gjennomsnittlig kjørelengde for en personbil på omlag 12000 km (SSB.no, 2017). En personbil som kjører på bensin slipper ut 120g CO₂ per km (se vedlegg 9) som tilsvarer 1140 kg CO₂ på 1 år. For ferger må flere faktorer beregnes for å finne riktig CO₂ utslipp. Utslipet av CO₂ fra ferger avhenger i stor grad om det er bil, passasjer eller godsferge. I tillegg har farten, antall passasjerer/biler og geografisk område noe å si for utslippet. Vi kan ta utgangspunkt fra en passasjerferge som slipper ut rundt 200 gram CO₂ ekvivalenter per personkilometer, der indirekte utslipp som produksjon av drivstoff, infrastruktur og selve båten er ekskludert (Transportmiljo.no, u.å). Det antas at en gjennomsnittlig kjørelengde for en ferge er 20 km og har en varighet på 30 minutter. Videre antas det at det er 10 avganger hver vei som tilsier 20 avganger totalt. Gjennomsnittlig kjørelengde for en ferge er dermed 146 000 km per år.

CO2 reduksjon	Personbiler	Ferger
Tonn CO2	144000	4088

Tabell 7-1 : CO2 reduksjons ved hydrogenbiler og ferger

Tabellen over viser reduserte klimagassutslipp ved å skifte ut 100 000 bensinbiler samt 140 dieselferger med hydrogenbiler og ferger(se utregning vedlegg 15). Personbilene vil ha størst CO₂ reduksjon ifølge tabellen over. Dette skyldes at antall hydrogenbiler er nesten 1000 ganger mer enn antatte hydrogenferger i 2040. Ferger vil i dette eksempelet ha en liten CO₂ reduksjon i forhold til biler, men tallene forteller ikke hele sannheten. Ferger har også store

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

mengder NO_x og SO_x utslipp som det ikke blir kalkulert for. Disse mengdene målt i CO₂-ekvivalenter er mangfoldige ganger mer enn CO₂ utslippet, og konsekvensene blir dermed større enn først antatt. CO₂ og NO_x avgifter vil også bortfalle for hydrogenfergene . Dette bidrar til at hydrogenteknologi ikke bare er lønnsomt for miljøet, men også økonomisk på lang sikt.

Reduserte klimagassutslipp ved bruk av hydrogenteknologi omhandler i stor grad om bærekraftig utvikling. Utbyggingen av hydrogeninfrastrukturen vil først starte i de største byene i Norge. Det er her forurensingen er størst, og byer som Oslo og Bergen hadde i 2016 røde eksosmålinger. Det er sannsynlig at mangfoldet av hydrogenbilene i 2040 vil være knyttet til de store byene, slik som vises av registrerte el-biler (se vedlegg 11). Dermed kan vi anta at rundt 95% av CO₂ reduksjonen som hydrogenbilene skaper kan i stor grad deles på Norges største byer. Dette vil ha en stor miljøeffekt der luftkvalitet såvel som transportstøy blir forbedret. Sjøtransport vil ha lignende effekter langs kysten. Klimagassutslipp i luft og vann vil bli redusert ved bruk av hydrogenferger. Dette kan ha en positiv effekt på både befolkning og fiske langs kysten. Videre vil også stillegående skip redusere påvirkningen av dyrelivet.

7.1 Sjøbasert transport

Maritime verft

Norge som kategoriseres som et høykostnadsland er et av få land i denne gruppen som fremdeles har en verftsindustri. Samarbeidet mellom verftsindustrien og offshorerederier har ført til spesialkompetanse innenfor skipsbygging av avanserte fartøy. Verftsindustrien i Norge har utviklet seg til å bli en pådriver for miljøvennlig skipsfart som er et voksende marked både globalt og nasjonalt (708090.no, u.å).

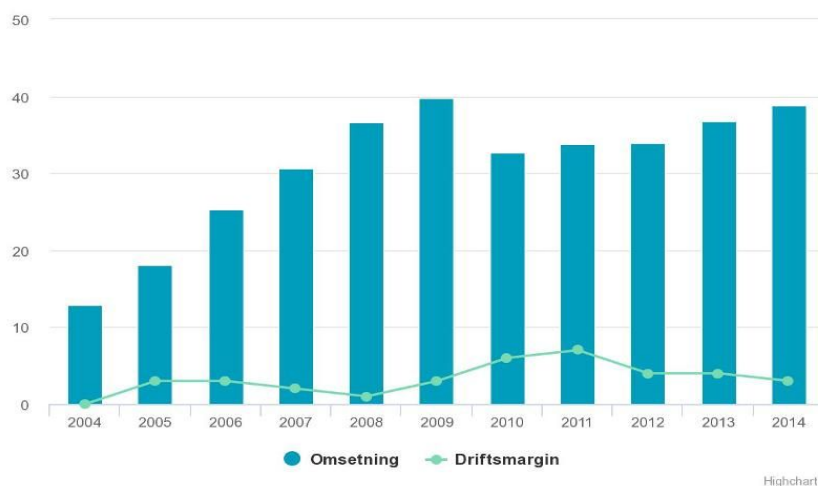
De norske verftene utfører i dag nisjespesialiserte aktiviteter som omhandler spesialkonstruksjoner for fisketråler, kystvaktskip, ferger, offshoreskip og snart også hydrogenferger/skip. Om arbeidet er omfattende vil noe av arbeidet bli outsourcet, men de

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

mest kompliserte og krevende oppgavene blir fortsatt utført i Norge, som gjør at den største verdiskapingen foregår på norsk sokkel. Norske skipsbyggere har vist seg å være i toppsjiktet blant internasjonale verft, og har blitt verdensledende leverandør av spesialtonnasje (karrierestart.no, 2015).

Kleven som er det største norske verftet har de siste årene tatt i bruk såkalte sveiseroboter i produksjonen. Jobbene blir utført raskere og bedre enn om det hadde blitt utført av personer. Roboter reduserer nytten av mennesker og fører til færre arbeidsplasser generelt. For Norge sin del så er det helt motsatt. Oppgavene som blir utført av robotene har tidligere vært outsourcet og større deler av produksjonen har som resultat blitt flyttet til Norge. Dermed har det derfor blitt en positiv vekst i det norske verftet som har bidratt til flere arbeidsplasser.

Omsetningen for verftsindustrien var i 2014 på rundt 39 milliarder kroner, som er en økning på 2 milliarder fra året før. Verftene sysselsetter også over 10 000 ansatte som sammen står for litt over 4 prosent av verdiskapingen i den maritime sektoren. I statistikken som blir vist under, inkluderes det verft som bygger, reparerer og som jobber med modifisering av skip eller andre flytende fartøy. Det er derimot ikke medregnet verft som har plattform og subsea installasjon som hovedfelt eller livbåtprodusenter ettersom at dette havner i kategorien utstyrsleverandører (708090.no, u.å).



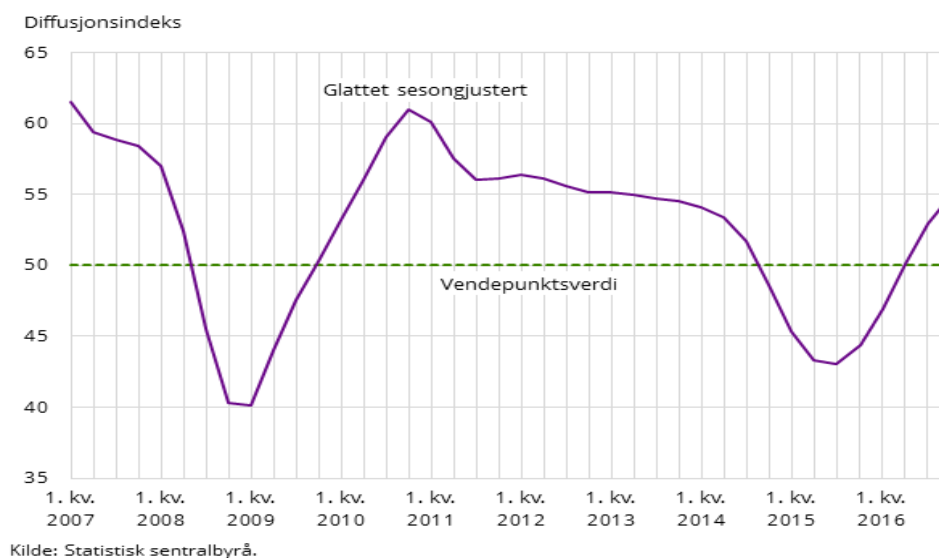
Figur 7-2 : Samlet omsetning og driftsmargin for verftsindustrien(2004-2014) ,Menon/Bisnode

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Som figuren viser har omsetningen og driftsmarginen fra 2004 -2014 vokst med nærmere 200 og 120 prosent (708090.no, u.å).

Omsetningen til verftene har betydelig høyere vekst enn driftsmarginen. Dette kan skyldes at lønnskostnadene har vært lavere enn tidligere som er et resultat på at mange arbeidsoppgaver har blitt outsourcet. Som tidligere beskrevet har Kleven verftet redusert outsourcingen på bakgrunn av økt automatisering, men denne situasjonen er ikke lik for andre verft. I stedet for flere ansettelser har det dermed blitt mer vanlig å inngå avtaler med bemanningsselskaper når behovet er stort. Dette bidrar til større fleksibilitet og kan være nødvendig ved stor variasjon i antall ordrer, spesielt fra petroleumsnæringen. Det er derimot sannsynlig at flere verft følger i fotsporene til Kleven og automatiserer produksjonen i større grad enn tidligere. Økte besparelser ved bruk av roboter i stedet for utenlandsk arbeidskraft vil være en balanserende effekt for større innenlands aktivitet.

Figur 8. Generell bedømmelse av utsiktene for det kommende kvartal for industrien.



Figur 7-3 : Utsiktene for kommende kvartal for verftindustrien , (SSB.no, 2017).

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Som diffusjonsindeksen illustrerer har verftindustrien hatt opp og nedgangsturer. Lønnsnivået i Norge har vært en relevant faktor for at konkurranseevnen har vært svekket over mange år, men det ser ut som dette kan snu nå. Ifølge analysen “Konjunkturbarometer for industri og bergverk, 4 kvartal 2016” fra SSB så vil tallene for blant annet produksjonsvolum, sysselsetting og eksport øke fra 45,41,45 til 52,45,51 neste kvartal (vedlegg 4).

7.0.1 Hydrogenferge

Hydrogendrevne ferger vil bidra til en stor bærekraftig utvikling, spesielt for områder langs kysten ettersom at bruken av hydrogen vil redusere forurensingen av både vann og luft. Ferger er i innfasingsperioden av hydrogen et bedre egnet testområde enn større langdistanse skip. Stor lagringsplass, høy vekt og stort energibehov er egenskaper som gjør ferger til et egnet fartøy for bruken av hydrogen som et nullutslippsdrivstoff. En høyere virkningsgrad for brenselceller enn tradisjonelle motorer gjør at energiforbruket blir vesentlig redusert, dette støtter teorien om at hydrogen er et bærekraftig alternativ. Ole Bull som er en bilferge utenfor Bergen skal bytte ut dieselmotor med brenselceller, og kan dermed bli Norges første hydrogendrevne ferge. Fergen skal fungere som et pilotprosjekt der mulighetene for å bruke brenselcelleteknologi for busser blir anvendt i ferger. I første omgang vil det bli et hybridkonsept der en av to dieselmotorer blir byttet ut med brenselcelle sammen med et batteri på 100 kwh (Valle, M., 2016). Fergen antas å være i drift i 2017, og om det lykkes kan det bli en permanent løsning. Det har også tidligere blitt tatt i bruk brenselceller i den maritime sektoren. I Norge har vi forskningssupply-skipet Viking Lady som har installert og testet brenselceller på 350kW, og passasjerbåten MF Vaagen i Bergen har testet ut et hybridssystem av hydrogen og batteri.

Figurene over illustrerer et lovende fremtidsbilde for industrien, og vi kan dermed regne med at utviklingen vil være økende i årene som kommer. Til tross for dårlige tider i oljebransjen hadde verftene fulle ordrebøker som sikret jobb for hele 2015 (Maritimt verdiskapingsbok

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

2015:56). En typisk bilferge har en prislapp på mellom 150 og 300 millioner kroner avhengig av størrelse, geografisk bruksområde og vekt (Kleven verft). Det antas derfor at en middels stor bilferge koster 200 millioner kroner. I studien blir det antatt at det er 140 hydrogenferger i 2040. Ferger har generelt lang levetid og utskifting forekommer sjeldent. De fleste fergene vil derimot bare bytte ut gammel teknologi med ny teknologi, og nybygg av hydrogenferger vil derfor ikke være stort i denne perioden. Det antas at 120 ferger vil skifte teknologi, mens de resterende 20 båtene er nye hydrogenferger som byttes ut med eldre båter som er klar for utskifting. En utskifting av diesel motor til brenselcelle reduserer kostnadene i forhold til en nybygd hydrogenferge. Det antas at en ny hydrogenferge vil være 20% dyrere i forhold til en middels stor dieselferge, mens en ombygging vil ha kostnader lik 25% av en nybygd hydrogenferge.

Produksjon og ombygging av hydrogenferger		
Ny hydrogenferge	kr	4 800 000 000
Ombygd ferge	kr	7 200 000 000
Total produksjonskostnader	kr	12 000 000 000
Antall arbeidsplasser		5400

Tabell 7-2: Produksjonskostnader og sysselsetting for nye og ombygde hydrogenferger

Nye hydrogenferger vil ha et prisnivå som er 20% høyere enn en middels stor ferge. En ny hydrogenferge koster dermed 240 millioner kroner, mens ombygging av fergen koster 60 millioner. Totalt vil produksjonskostnaden for 140 hydrogendrevne ferger være 12 milliarder i 2040. Denne økte aktiviteten vil skape 5400 arbeidsplasser, der 45% av kostnadene er relatert til ansatte med et lønnsnivå på 1 000 000 inkludert 20 % profittmargin (se utregning vedlegg 16).Lønnsnivået i norsk maritim næring er så mye som 70% høyere enn en gjennomsnittlig bedrift i Norge, og nivået må derfor justeres deretter

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

(Maritimt-forum.no, 2015:10). Antall arbeidsplasser som er vist over inkluderer direkte og indirekte jobber for både verft og utstyrsleverandører.

7.1 Hydrogenstasjoner

I dag er det foreløpig bare 5 hydrogenstasjoner i Norge ,men det er planer for en større utvikling de kommende årene. I 2015 signerte NEL en avtale med Uno-X om at det skal bygges 20 flere stasjoner innen 2020, der første stasjon står ferdig i dag på Kjørbo i Sandvika. H2 Logic som er datterselskapet til NEL har planlagt å bygge en gigantfabrikk som bidrar til å øke produksjonskapasiteten av hydrogenstasjoner fra 10 til 300 i året. Så mange hydrogenstasjoner vil være tilstrekkelig for å dekke behovet av drivstoff for om lag 200 000 hydrogenbiler, blir det skrevet i pressemeldingen (Hirth, M. L., 2016). Hydrogenstasjoner blir som oftest beregnet med tre forskjellige kapasitetsnivåer. Det er 250 kg/døgn (små), 600kg/døgn (mellomstore) og 1500 kg/døgn (stor). De hydrogenstasjonene som eksisterer i dag har vært bygd som såkalte pilotprosjekter og har ikke som hensikt å virke som en fullverdig hydrogenstasjon. Flere av stasjonene har ulik teknologi og har ikke større kapasitet enn rundt 5-10 biler/døgnet. De etablerte hydrogenstasjonene i dag har en kapasitet på under 100 kg/døgnet og har et kostnadsbeløp på rundt 15 millioner kroner. Under er det illustrert prosessen ved en etablering av hydrogenstasjoner.



Figur 7-4: Verdikjede for etablering av hydrogenstasjon

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Som figuren tilsier står produksjon og distribusjon av utstyr for 70% av totalbeløpet. Med andre ord så er det leverandører av komponenter som får den største aktiviteten, og som derfor generer størst arbeidskraft for etableringen av en hydrogenstasjon.

Et stort hinder for hydrogenkjøretøy spesielt for personbiler er den lite utviklede hydrogeninfrastrukturen i Norge. En voksende infrastruktur kan tilknyttes tilbudssiden for hydrogenutvikling, og er nødvendig for en voksende etterspørselsside. Ved 100 000 hydrogenbiler i 2040, vil daglig drivstoffbehov tilsvare 40 tonn/h₂ ifølge forbrukstabellen 4-2. Store fyllestasjoner har større økonomisk effekt over lengre tid enn mindre stasjoner, og burde være den varianten som burde fokuseres på for en fremtidig hydrogenøkonomi. For å dekke drivstoffbehovet er det derfor nødvendig med 27 store fyllestasjoner i landet. Med en utbygging av 20 stasjoner innen 2020, kan totalt 27 store stasjoner være en realitet i 2040. Hyop har nylig meldt at de skal bygge en stor hydrogenstasjon for 20 millioner med en kapasitet på 50 fyllinger på høvik (Helland, M. & Svenningsen, J., 2017). Dette er 5-10 ganger mer enn eksisterende stasjoner, som vil si at kapasiteten ligger på rundt 1000kg/døgnet. I denne studien er store stasjoner beregnet til å ha en kapasitet på 1500kg/døgn og prisen må dermed justeres deretter. Det er derimot sannsynlig at produksjonskostnadene for en hydrogenstasjon vil reduseres, men det er usikkert hvor mye. Det tas derfor utgangspunkt i at prisen vil være 20 millioner i 2040.

Hydrogenstasjoner	Antall	Kostnad	Antall arbeidsplasser
Store hydrogenstasjoner	27	kr 540 000 000	405

Tabell 7-3 : Kostnad og sysselsettingseffekter av store hydrogenstasjoner

Utbyggingen av 27 hydrogenstasjoner på 1500 kg/døgn vil ha en kostnad på 540 millioner kroner å skape 405 arbeidsplasser. Ved bruk av figur 7-4 kan vi kalkulere hvor mange arbeidsplasser hver prosess har for utbyggingen av fyllestasjoner.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Hydrogenstasjoner	Antall arbeidsplasser
Prosjekplanlegging	61
Produsere utstyr og distribuere	284
Konstruksjon og installasjon	35
Operere og vedlikehold	20
Demontering og resirkulering	4
Sum	405

Tabell 7-4: Sysselsettingseffekt for hver prosess ved etablering av stasjoner

Etablering av hydrogenstasjonene vil som vist i tabellen over produsere flest indirekte jobber ved at over halvparten av kostnadene kommer fra produksjon av utstyr og distribusjon. Planleggingsfasen og konstruksjon og installasjon av stasjonene kan anses som kortsiktige arbeidsplasser ettersom at det bare er midlertidig behov i en viss periode. Disse fasene kan selvfølgelig bli mer hyppige om det er planlagt en massiv utbredning av produksjonsanlegg og fyllestasjoner på et nasjonalt nivå. Operere og vedlikehold er en fase som skaper langsiktige arbeidsplasser, men med ny teknologi som i stor grad er automatisert er behovet for arbeidskraft relativt lite. Det er derimot viktig å nevne at norsk erfaring innen hydrogenvirksomhet og etablering av fyllestasjoner kan være attraktiv kompetanse for utlandet, og på den måten skape ytterligere arbeidsplasser.

7.1.1 Bærekraftige arbeidsplasser med et langsiktig perspektiv

Hovedmålet med denne oppgaven er at satsingen på hydrogenproduksjon skal bidra med å skape arbeidsplasser i Norge som vil være langsiktige. I dag har hydrogen-næringen liten påvirkning på det nasjonale sysselsettingstallet og mange er derfor skeptisk til hvor stor grad hydrogenproduksjon vil påvirke Norge. Analyser fra Fuel-Cell Today beregner at det kan være over 700,000 arbeidsplasser innenfor produksjon og så mye som 300,000 ekstra arbeidsplasser innenfor installasjon, service og vedlikehold i 2020. Dette er globale tall og kan derfor ikke sammenlignes med Norge i den forstand, men det er en tydelig indikasjon på at hydrogenproduksjon kan skape arbeidsplasser i fremtiden. En tidlig satsing fremskynder

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

denne prosessen som vi er inne i. Graden av satsingen på hydrogenproduksjon reflekteres i hvor mange arbeidsplasser som blir skapt i en tidlig fase.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

8.0 Oppsummering og konklusjon

Norge har levd godt som en av verdens største eksportører av olje og gass i flere tiår, men etterspørselen etter renere energi blir større for hvert år som går. Naturkatastrofer og skiftende klima blir omtalt som et resultat av vårt overforbruk av fossile energikilder. Den reduserte etterspørselen etter olje og gass har hatt stor innvirkning på norske arbeidere i petroleumsnæringen, der flere har mistet jobben. Glansperioden for petroleumsnæringen kan se ut til å være over, og Norge må satse på nye verdiskapende næringer som kan lede oss mot en bærekraftig fremtid.

Transportsektoren er i dag den største kilden til forurensingen i Norge, og blir dermed sett på som et løsningsområde for norske klimaproblemer. Norge har tatt et steg i riktig retning med ambisiøse, men viktige mål som støtter en gradvis overgang til nullutslippsdrivstoff som hydrogen og elektrisitet i transportsektoren.

Hydrogen blir ofte omtalt som et miljøvennlig alternativ som vil redusere CO₂ utslippet, men veldig sjeldent har ringvirkninger og potensiell verdiskaping fått noe oppmerksomhet. Per dags dato er det ingen analyser som beskriver virkningene og konsekvensene av å ta i bruk hydrogen som et nullutslippsdrivstoff i transportsektoren i Norge. Hovedformålet med denne studien har derfor blitt å se på betingelsene for og virkningene av å produsere hydrogen som drivstoff i landbasert og sjøbasert transport i framtiden. Anbefalinger og resultater er på bakgrunn av hva som er skrevet i kapittel 4-6.

Betingelsene for at en innfasing av hydrogen som drivstoff skal være vellykket avhenger i stor grad av hvilke virkemidler som er satt i verk. Tidlig bruk av virkemidler vil ha en positiv effekt på verdiskapingen samtidig som det legger til rette for en effektiv utbygging av hydrogeninfrastrukturen. Virkemidlene må i en tidlig fase bidra til å stimulere både etterspørselen av hydrogenbiler og tilbudet av fyllestasjoner. Overgangen til hydrogen må starte allerede i den pre-kommersielle fasen. I denne fasen er ikke hydrogen økonomisk

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

lønnsomt, men ettersom at en omstilling vil ta flere år, er tidlig bruk av virkemidler nødvendig for utviklingen. Det anbefales derfor å bruke virkemidler som driftsstøtte/investeringsstøtte i en pre-kommersiell fase. Kostnaden i denne perioden er stor, men offentlig støtte burde dekke 80-100% av kostnadene til selskapene er klare til å ta over. På lang sikt vil den samfunnsøkonomiske lønnsomheten være større enn selve investeringen, og oppfyller dermed kriteriene i den triple bunnlinjen for en bærekraftig utvikling. Ved en lansering av energimeldingen (2006) og Nasjonal Transportplan(2017) har Norge presentert en nasjonal strategi som legger til rette for en gradvis overgang til lav- eller nullutslippsdrivstoff i transportsektoren. Sammen med hydrogeninsentivene som er bevilget til 2025 blir ansett som kraftfulle virkemidler som stimulerer etterspørselen i en pre-kommersiell fase.

I 2040 er det i studien antatt at hydrogenteknologien er i den kommersielle fasen. I denne perioden er det stor sannsynlighet for at 80-100 % av infrastrukturen er utbygget.

Hydrogenteknologien har blitt mer moden og det virkelige skiftet til nullutslippsdrivstoff kan bli en realitet. Det anbefales å bruke virkemidler som grønnskattveksling, feed-in tariff og pumpepåbud for hydrogen. Skattevekslingen bidrar til at hydrogenstasjoner og drivstoff har reduserte avgifter sammenlignet med konvensjonelle alternativer. Feed-in tariff er et nyttig virkemiddel som kan bedre lønnsomheten ved forhåndsbestemte hydrogenpriser, som dekker noe av kostnadene. Dette virkemiddelet går godt sammen med grønnskattveksling, men det avhenger av at prisen per kg hydrogen fremdeles er konkurransedyktig mot konvensjonell drivstoff. Pumpepåbud for hydrogen er siste virkemiddel som anbefales, og vil skape et forbedret nasjonalt tilbud for hydrogenbilister. Insentivene vil i denne perioden utvikles, og det anbefales derfor et samspill mellom nasjonale og lokale myndigheter som videre stimulerer etterspørselen, ved å stille krav til ny innkjøpspolitikk, nullutslippskjøretøy i kollektivtransporten eller økt eksosavgift.

Konsekvensene av en omstilling til en hydrogenøkonomi er mange, og virkningene blir større jo tidligere en satser på denne næringen. I studien er det blitt beregnet for klimaeffekter ved 100 000 hydrogenbiler og 140 hydrogenferger, eksport av energi og teknologi og produksjon

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

av essensielle komponenter for hydrogenproduksjon i Norge. Tidsperspektivet er satt til 2040 og resultatene er vist under i tabell

Konsekvenser av hydrogenvirksomhet	Verdi i mill/kr	Antall arbeidsplasser	Tonn/CO ₂
Reduserte klimautslipp			148088
Eksport av energi og teknologi	44 000	34743	
Produksjon av reformere	150	113	
Produksjon av elektrolyser	300	225	
Produksjon og ombygging av ferger	12 000	5400	
Produksjon av hydrogentanker	4 850	3636	
Etablering av hydrogenstasjoner	540	405	
Sum	61 840	44522	148088

Tabell 8-1: Konsekvenser av hydrogenvirksomhet i Norge i 2040

I studien er det antatt et antall på 100 000 hydrogenbiler og 140 hydrogenferger i 2040. Om dette er i stedet for konvensjonelle kjøretøy og ikke som et tillegg, så vil CO₂ utslippet reduseres med over 148 tusen tonn/CO₂ i året. Eksport av hydrogen som energi og teknologi har et stort verdiskapingspotensial i Norge, og står for rundt 80% av sysselsettingen. Sammen med produksjon av nødvendige komponenter for hydrogenproduksjonen samt utbyggingen av et nødvendig antall hydrogenstasjoner, så blir det totalt skapt 44522 nye direkte og indirekte arbeidsplasser fra den norske hydrogennæringen.

Hydrogen som drivstoff viser seg i denne studien til å ha et stort verdiskapingspotensial for antall arbeidsplasser. Investeringen vil være betydelig, men den samfunnsøkonomiske verdien vil på lengre sikt overgå kostnadene. Om den økte produksjonen av fornybar energi blir brukt til hydrogenproduksjon og ikke bare øker det gjennomsnittlige energiforbruket, så er Norge på stø kurs mot en bærekraftig fremtid.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

8.1 Videre forskning

Denne studien er utvikling etter ønske fra den norske hydrogennæringen. Verdiskaping i Norge med et spesielt fokus på arbeidsplasser er noe som ikke har blitt diskutert i publiserte hydrogenstudier. Studiens forskningsfelt er dermed et bidrag for et tidligere urørt tema. I denne studien så er det blitt foretatt avgrensninger for øke gjennomførbarheten av oppgaven. Dette betyr dermed at resultatene ikke er representativ for hele hydrogennæringen i Norge, men heller som et bidrag for kommende studier med samme forskningsmål.

Kollektivtransport og tungtransport som har et høyt forbruk hver dag er attraktive kjøretøy for hydrogenbruk, og kan skape ytterligere positive ringvirkninger for nasjonen. Flere studier som studier forskjellige transportmidler innenfor transportsektoren bidrar til et klarere bilde for fremtidig verdiskaping, og er på den måten nødvendig for en raskt voksende hydrogennæring. Temaet er av stor betydning for om Norge skal være en av de store utviklerne og tilbyderne av hydrogen som drivstoff og teknologi i fremtiden, og videre studier rundt dette temaet vil ha stor verdi for en norsk bærekraftig utvikling.

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Litteraturliste

708090.no, (u.å). Industri-Høytteknologisk norsk verftsindustri. Hentet 20 april fra <http://www.708090.no/bransjer/industri/>

Aadland, C.,(2017). Fra rekordår for norsk vind til dårligste vindår på lenge. Hentet 13 april fra <http://sysla.no/gronn/fra-rekordar-for-norsk-vind-til-darligste-vindar-pa-lenge/>

Aam, S., Gjølberg, O., Kismul, A.H., Lekva, H., Riis, T., (2004). Hydrogen som fremtidens energibærer, NOU 2004:11, Statens forvaltningstjeneste, Informasjonsforvaltning,Oslo

Cooper, A. & Smith. P. (2005). The Economic Catalytic Effects of Air Transport in Europe. Final Report. Oxford Economic Forecasting.

Crane, A. & Matten, D. (2010). Business Ethics: Managing Corporate Citizenship and Sustainability in the Age of Globalization. 3th ed. Oxford University Press.

Dobson, A. (1996). Environmental sustainabilities: an analysis and typology. Environmental Politics, 5(3), 401-428.

Elkington, J. (1998). Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business. Oxford: Capstone.

Erdal, E.A (2016). Hydrogen som energibærer på Vestlandet: Mulighetsstudie 2016, (Rapportnr.2016-0931, Rev. 1) DNV GL AS Energy. Hentet 2 februar fra <http://www.sfj.no/ato/esa62/document/5-hydrogen-som-energibaerar-paa-vestlandet.16122540d16122533.50a4ae924c.pdf>

Fdb.triona.no.(u.å). Sambandsregister, Ferjedatabanken. Hentet 5 april fra <http://fdb.triona.no/maintainConnections.xhtml;jsessionid=5b3fc363310a49d67879a3d0338a>

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Gjerset, M. & Asheim, K., (2014). Virkemidler for hydrogenstasjoner i Norge og Skandinavia, ZERO,Oslo)

Greenstat.no (u.å). Hentet 5 april fra <http://greenstat.no/hydrogen/>

Gripsrud, G., Olsson, U.H & Silkoset, R. (2016). Metode og Dataanalyse, Oslo, Cappelen Damm

Hagen, E.F., Hagman, R., Haugom, G.P., Holst, S.M., Skjølvik, K.O., Vesterby, G., (2004). Hydrogen som fremtidens energibærer, NOU 2004:11 Særskilt vedlegg nr.2, Statens forvaltningstjeneste, Informasjonsforvaltning, Oslo

Helland, M. & Svenningsen, J., (2017). Har fått 17 millioner kroner til ny hydrogenstasjon.

Hentet 5 mai fra

<https://www.budstikka.no/hydrogen/drivstoff/hovik/har-fatt-17-millioner-kroner-til-ny-hydrogenstasjon/s/5-55-439593>

Henriksen, J.T., Salamonsen, K., Solvoll., G., & Sørnes, J.O. (2009). Ringvirkninger av Skarvutbyggingen, Del 1, 2006 – 2009. SIB rapport nr.4. Senter for innovasjon og bedriftsøkonomi, Handelshøgskolen i Bodø

Henriksen, J.T. and Sørnes, J.O. (2010). Ripple Effects from Petroleum Activity – a Brief Conceptual and Empirical Investigation. In a High North context. High North Center for Business at Bodø Graduate School of Business

Hirth, M.L., (2016).Bygger gigantfabrikk for hydrogenstasjoner. Hentet 22 mars fra

http://sysla.no/2016/04/04/syslagronn/bygger-gigantfabrikk-for-hydrogenstasjoner_87019/

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Holst, S.M., Thomassen, M., Nekså, P., Tomasgard, A., Tangen, G., Munkejord, S.T., Jordal, K., Henriksen, P.P. (2016). Hydrogen verdikjeder og potensial, SINTEF, Trondheim

Hovland, K.M., (2017). Bensinkjede støtter enormt vindprosjekt. Hentet 15 april fra <http://e24.no/energi/vindkraft/finsk-bensingigant-inn-i-vindprosjekt-i-finnmark/23951022>

Hovland, K.M., (2017). Vil bygge vindkraft uten subsidier. Hentet 15 april fra <http://e24.no/energi/vindkraft/vil-bygge-vindkraft-uten-subsidier/23927191>

Hyop.no.(u, å). Jeg vil kjøpe hydrogenbil. Hentet 20 mars fra <https://hyop.no/jeg-vil-kojpe-hydrogenbil/>

Karrierestart.no, (2015). Spesialisert norsk verftsindustri. Hentet 29 mars fra <https://karrierestart.no/bransje/shipping-off-onshore-maritim/780-norsk-verftsindustri-alt-om-spesialisert-norsk-verftsindustri>

Kirkengen, M., Ulleberg, Ø., Marstein, E., Mortensen, D., Espegren, K.A., Selj, J., Mongstad, T., Stenbro, R., Foss, S.E., Huseby, N.M., (2017). Norske markedsmuligheter i de globale, fornybare verdikjedene. IFE, Kjeller

Kjærland, F. Mathiasen, T.A & Solvoll, G (2012). Verdsetting av ringvirkninger- et eksempel fra kraftbransjen, (Manuskript). Senter for innovasjon og bedriftsøkonomi. Handelshøgskolen i Bodø

Kjærland, F. Mathiasen, T.A & Solvoll, G (2010). Statkraft i Midt-Norge: Samfunnsnytte og lokal betydning. SIB rapport nr 5. Senter for innovasjon og bedriftsøkonomi, Handelshøgskolen i Bodø

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Kjærland, F. Mathiasen, T.A & Solvoll, G (2009). Stakraft i Nord-Norge: Samfunnsnytte og lokal betydning. SIB rapport nr 6. Senter for innovasjon og bedriftsøkonomi, Handelshøgskolen i Bodø

Lekva, H., et. al. (2004). Hydrogen som fremtiden energibærer, NOU 2004:11 Særskilt vedlegg nr.1, Statens forvaltningstjeneste, Informasjonsforvaltning, Oslo

Lian, J. I., Bråthen, S., Johansen, S. & Strand, S. (2005). Luftfartens samfunnsnytte: Dokumentasjon av nytte og skisse til et løpende rapporteringssystem. TØI rapport 807/2005, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Maritimt-forum.no, (2016). Maritim verdiskapingsbok 2015. Hentet 30 mars fra <http://maritimt-forum.no/presse/brosjyrer-og-rapporter/> 19 april

McKinsey & Company (2010). A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis. Hentet 30. mars fra http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Power_trains_for_Europe_0.pdf

Miljødirektoratet, (2017). Klimagassutslipp fra transport. Hentet 28 april fra (<http://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/utslipp-av-klimagasser-fra-transport/>)

Nilsen, J., (2015). Det gamle tankrederiet er i dag Norges største eksportør av fornybar-teknologi. Hentet 20 april fra <https://www.tu.no/artikler/det-gamle-tankrederiet-er-i-dag-norges-storste-eksportor-av-fornybar-teknologi/275664>

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Nordpoolgroup.com. (u.å.). Production. Hentet 28 februar fra

<http://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Power-system-data/Production1/Production1/Nordic/Hourly4/?view=chart>

Norskpetroleum.no, (u.å.). Olje og gassproduksjon. Hentet 3 mars fra

(<http://www.norskpetroleum.no/produksjon-og-eksport/olje-og-gassproduksjon/>).

Nve.no, (2016). Ressursgrunnlag. Hentet 20 mars fra

<https://www.nve.no/energiforsyning-og-konsesjon/ressursgrunnlag/>

Oterhals, O. & Hervik, A. (2006). Ringvirkninger av petroleumsvirksomheten i Kristiansundregionen, Arbeidsrapport M 0602, Møreforskning Molde AS

Ramsdal, R.,(2015). Skal bygge 20 hydrogenstasjoner i Norge. Hentet 3. april fra

<https://www.tu.no/artikler/industri-skal-bygge-20-hydrogen-stasjoner-i-norge/276155>

Regjeringen (2017). Nasjonal Transportplan 2018-2029.(St.meld. nr 33, 2016-2017). Hentet 05. april fra

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/sec1>

Regjeringen (2017,11.januar). Bruk av oljepenger. Hentet 06. februar fra

https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/norsk_okonomi/bruk-av-oljepenger-/id449281/

Rogers, E. (1983).Diffusion of innovation.The Free Press, 3rd edition,Collier Macmilan, New York. Hentet 06. mars fra

Regjeringen.no, (2017). Satser på grønn norsk eksport. Hentet 3 mai fra

(<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/satser-pa-gronn-norsk-eksport/id2526161/>)

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Rootman, J., Kemp, R. & Van Asselt, M. (2001). More evolution than revolution: Transition management in public policy. Vol.3., Camford. Hentet 5 mars fra

https://www.researchgate.net/profile/Rene_Kemp/publication/235304589_More_Evolution_Than_Revolution_Transition_Management_in_Public_Policy/links/564a413008ae9cd9c826afbe.pdf

Sandvik, E.T., (2015). Potensialstudie- Energieffektiv og klimavennlig ferge drift, Bergen, LMG Marin.

Sarkar, J.,(1998). Technological Diffusion: Alternative Theories and Historical Evidence. Journal of economic survey (vol. 12., no 2). Blackwell , Oxford. Hentet 03 mars fra

<http://sites-final.uclouvain.be/econ/DW/DOCTORALWS2004/bruno/adoption/survey.pdf>

Scott, K, Park, J. and Cocklin, C (2000). From 'sustainable rural communities' to 'social sustainability': giving voice to diversity in Mangakahia Valley, New Zealand.

Schumpeter, J. A, 1934 (2008). The theory of economic development: An inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle. Hentet 30 januar fra

<http://compaso.eu/wp/wp-content/uploads/2013/01/Compasso2012-32-Croitoru.pdf>

Sledzig, K., (2013). Schumpeters view on innovation and entrepreneurship. Hentet 05 mars fra

http://www.academia.edu/5396861/SCHUMPETER_S_VIEW_ON_INNOVATION_AND_ENTREPRENEURSHIP

Sogo, S.K., (2015). Innovation Diffusions and Energy Transition Theories. Hentet 05.mars fra

<https://www.linkedin.com/pulse/innovation-diffusions-energy-transition-theories-stefan-sogo>

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

SSB (2017,4,mai), Elektrisitet; Produksjon og forbruk av elektrisitet i GWh. Hentet 20 februar fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned>

SSB.no, (2017). Registrerte kjøretøy 2016. Hentet 20 mars fra <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/aar/2017-03-28#content>

Statoil.no, (2017). Statoil introduserer partner i Hywind Scotland. Hentet 1 mars fra <https://www.statoil.com/no/news/introduces-partner-hywind-scotland.html>

Stensvold, T., (2016). Denne konstruksjonen skjuler det som kan bli en fremtidig energigullgruve. Hentet 28 april fra <https://www.tu.no/artikler/denne-konstruksjonen-skjuler-det-som-kan-bli-en-fremtidig-energi-gullgruve/365695>

Stortinget (2016,09.juni). Kraft til endring. Energipolitikken mot 2030. Hentet 17 januar fra <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Saker/Sak/?p=65327>

Teknisk Ukeblad. (2017, 31.mars) Energirevolusjonen (Podcast :Episode 63). Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/hva-skjer-nar-solenergi-blir-billigere-enn-norsk-vannkraft/379044>

Tomasgard, A., NTNU, Holst, S.M., Thomassen, M., SINTEF Materialer og kjemi, Berg, H. B., Damman, S., Bjørkvoll, T., SINTEF Teknologi og samfunn, 2016). Nasjonale rammebetingelser og potensial for hydrogensatsingen i Norge, SINTEF, Trondheim

Topsoe.com, (u.å). Topsøe hydrogen technology-energy efficient and flexible solutions. Hentet 30 mars fra http://www.digitalrefining.com/data/printed_adverts/file/Topsoe_hydrogen.pdf

Transportmiljø.no, (u.å). Båt. Hentet 20 april fra <http://www.transportmiljo.no/tema/nokkeltall/baat/>

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Valle, M., (2016). Dette kan bli Norges første bilferge på hydrogen. Hentet 3 mai fra <https://www.tu.no/artikler/dette-kan-bli-norges-forste-bilferge-pa-hydrogen/277228>).

Valle, M., (2016). Ny rapport foreslår elbilfordeler til det er 50000 hydrogenbiler på veien. Hentet 20mars fra <https://www.tu.no/artikler/ny-rapport-foreslar-elbilfordeler-til-det-er-50-000-hydrogenbiler-pa-veien/320931>

Weir, D.E., (2017). Vindkraft-produksjon i 2016 (NVE-publikasjon, 12-2017). Oslo, Norges vassdrags- og energidirektorat.

World Commission on Environment and Development. (1987). Our common future. Oxford: Oxford University Press. Hentet 11 februar fra <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

ZERO.no, (2015). Hydrogenkjøretøy fram mot 2030-pris og teknologiutvikling. Hentet 28 mars fra <http://blogg.zero.no/wp-content/uploads/2015/01/2.pdf>

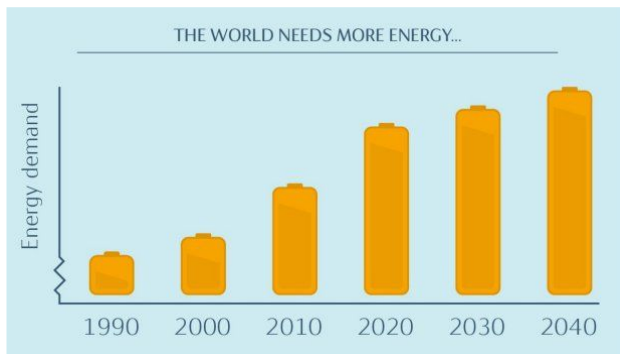
“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Vedlegg

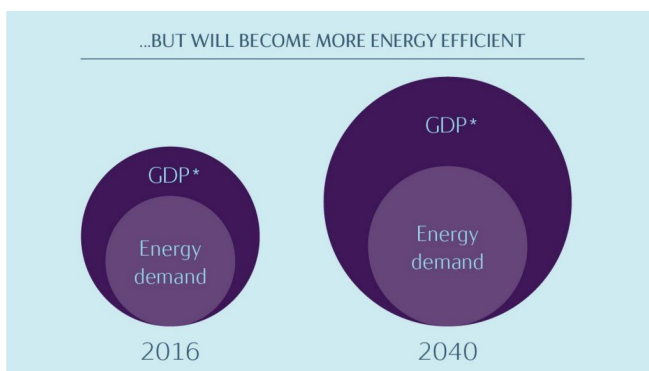
Vedlegg 1 : Total produksjon av elektrisk kraft desember 2016

	Desember 2016	Prosentandeler	Endring i prosent fra samme måned året før	
Total produksjon av elektrisk kraft	14110		100	1,2
Vannkraft	13515		95,8	1,3
Varmekraft	302		2,1	-4,3
Vindkraft	292		2,1	-0,5
Nettoforbruk av elektrisk kraft	12167		100	1,3
Forbruk i utvinning av råolje og naturgass	654		5,4	-1
Forbruk i kraftintensiv industri i alt	3072		25,2	1,8
Forbruk i alminnelig forsyning	8442		69,4	1,2
Kilde: Statistisk sentralbyrå				

Vedlegg 2: Energibehov (Statoi)



Vedlegg 3: Energibehov og GDP : Statoil



“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

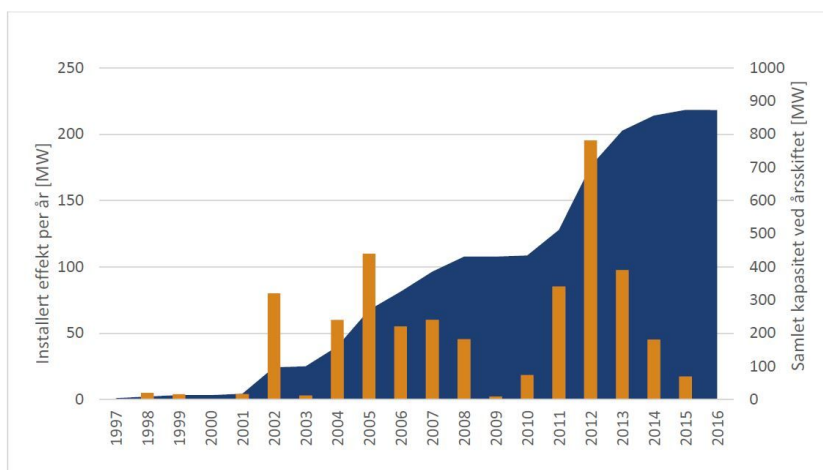
Vedlegg 4 : Diffusjonsindeks ,SSB

Industri og bergverksdrift. Utvalgte indikatorer. Diffusjonsindeks. Glattet sesongjustert ¹			
	4. kvartal 2016		
	Faktisk utvikling fra foregående kvartal	Forventet utvikling i kommende kvartal	
Totalt produksjonsvolum		45,4	52,2
Gjennomsnittlig kapasitetsutnyttning		46,1	52,5
Gjennomsnittlig sysselsetting		40,5	44,5
Ordretilgang fra hjemmemarkedet		47,8	52,8
Ordretilgang fra eksportmarkedet		45	51,3
Samlet ordrebeholdning		44,2	51,2
Priser på produkter ved salg til hjemmemarkedet		49,9	51,8
Priser på produkter ved salg til eksportmarkedet		48,2	48
Kilde: Statistisk sentralbyrå			

Vedlegg 5: Naturgass forbruk i Norge 2012-2013

Forbruk av naturgass	Standard kubikkmeter (mill Sm ³)		Prosentvis endring 2012 - 2013	GigaWattimer (GWh)	
	2012	2013		2012	2013
Forbruk av naturgass i alt	5718	5688	-0,5	55991	55991
Naturgass til kraft- og fjernvarme produksjon	493	441	-10,6	4340	4340
Annet bruk i energisektorene (olje- og gassutvinning med mer)	4264	4176	-2,1	41114	41114
Naturgass brukt som råstoff	514	564	9,8	5556	5556
Netto innenlands sluttforbruk	447	506	13,2	4982	4982
Jordbruk, skogbruk og fiske	18	18	0	177	177
Industri og bergverksdrift	293	334	14	3288	3288
Tjenesteytende næringer (inkl bygg og anlegg)	130	147	13,1	1474	1474
Husholdninger	4	4	0	43	43
Kilde: Statistisk sentralbyrå					

Vedlegg 6: Installert vindkraft i Norge (NVE)



“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Vedlegg 7: Utregning av eksport

Hydrogen verdi i kroner: $2\,094\,000 * 1000 * 20 = 41\,880\,000\,000 = 42$ mrd

Syssestetingsverdi: $43\,080\,000\,000 * 0,45 / 600\,000 = 31410$

Teknologi verdi: 2 000 000 0000

Syssestetingsverdi : $2\,000\,000\,0000 / 600\,000 = 3333$

Vedlegg 8 : Utregning av elektrolyse

Vindkraft til hydrogen i 2040 (KWh) : 6000000000

Alkalisk elektrolyse pris i 2040 : $6\text{ TWh} * 50\,000\,000 = 300\,000\,000$

Syssestetingsportensial : $300\,000\,000 * 0,45 * / 600\,000 = 225$

Vedlegg 9: Utregningsmetode for CO2 utslipp fra bensin (Ecoscore)

1 liter of petrol weighs 750 grammes. Petrol consists for 87% of carbon, or 652 grammes of carbon per liter of petrol. In order to combust this carbon to CO₂, 1740 grammes of oxygen is needed. The sum is then $652 + 1740 = 2392$ grammes of CO₂/liter of petrol.

An average consumption of 5 liters/100 km then corresponds to $5\text{ l} * 2392\text{ g/l} / 100$ (per km) = 120 g CO₂/km.

Vedlegg 10: Hydrogentanker

Markedspotensial for hydrogenbiler i 2040 : $(5 * 6000) * 100000 = 3\,000\,000\,000$

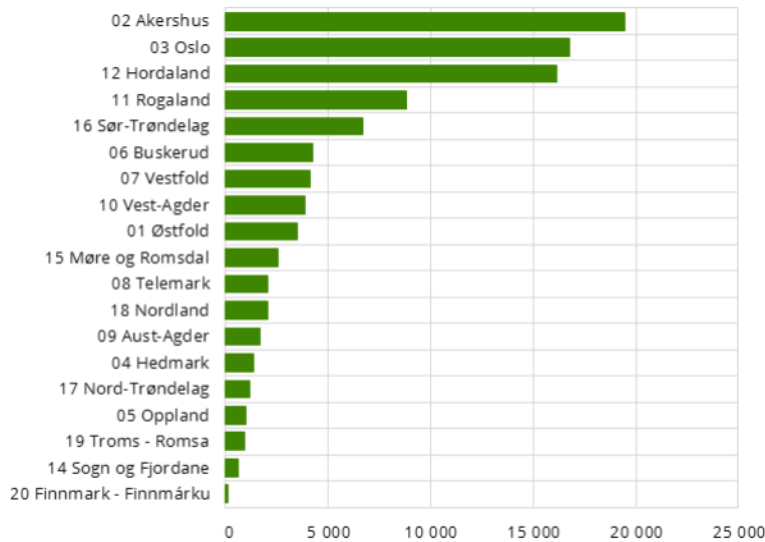
Markedspotensial for hydrogenferger i 2040: $(2200 * 6000) * 140 = 1\,848\,000\,000$

Syssestetingsverdi : $4\,848\,000\,000 * 0,45 / 600\,000 = 3636$

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Vedlegg 11: Bestanden av el-personbiler etter fylke 2016 , SSB

Figur 1. Bestanden av el-personbiler etter fylke. 2016



Kilde: Motorvognregisteret i Vegdirektoratet.

<https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/aar>

Vedlegg 12: Produksjonskostnad av naturgass ved reformering

Hydrogenproduksjonskostnad: $1974000 \text{ tonn/h}_2 (99\text{TWh}) * 6000 = 11\,844\,000\,000$

Vedlegg 13: Produksjonskostnad av reformere

Kostnad: $10 * 15\,000\,000 = 150\,000\,000$

Sysselsetting: $150\,000\,000 * 45\% / 600\,000 = 113$

Vedlegg 14: Produksjonskostnad av vindkraft ved elektrolyse

Kostnad: $120000000 \text{ kg/h}_2 * 15 = 1\,800\,000\,000$

Vedlegg 15: CO2 reduksjon på bakgrunn av hydrogenbiler/ferger

Personbiler: $100000 * 12000 * 120 / 1000000 = 144000$

Ferger: $(200 * 146000 * 140 / 1000000) = 4088$

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Vedlegg 16: Produksjon og ombygging av Hydrogenferger

Ny hydrogenferge: $20 \cdot 240000000 = 4\,800\,000\,000$

Ombygd ferge: $120 \cdot 60000000 = 7\,200\,000\,000$

Sysselsettingspotensial : $12\,000\,000\,000 \cdot 0,45 / 1000000$

Vedlegg 17: Utregning av hydrogenforbruk per transportmiddel

Transportmiddel	Gjennomsnittlig kjørelengde i året (km)	Hydrogenforbruk (kg/km)	Årlig hydrogenforbruk (kg)
Bil	12 289	0,01	123
Taxi	57 905	0,01	580
Buss	39 035	0,1	3 900

Gjennomsnittlig kjørelengde per år er funnet

her <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/klreg>

Hydrogenforbruk for et kjøretøy er funnet

her <http://www.hydrogen.no/om-hydrogen/ofte-stilte-sporsmal/>

Fra en DNV GL rapport utarbeidet for Statens vegvesen er det sett på hydrogen-batterihybrid ferger. Her blir det antatt et forbruk på 1 tonn hydrogen per dag som tilsvarer 370 000 tonn årlig. Videre er det utarbeidet en rapport for Jernbaneverket som anslår et daglig forbruk på 450kg og 164 000 tonn i året for tog.

<http://www.sjf.no/ato/esa62/document/5-hydrogen-som-energibaerar-paa-vestlandet.16122540d16122533.50a4ae924c.pdf>

Vedlegg 18: Drivstofforbruk for hydrogenferger

Ordinære ferger i 2016: $700(\text{antall ferger}) \cdot 2(\text{tonn h}_2 \text{ /per dag}) \cdot 365 \text{ dager} = 511\,000$

Antatt h₂ ferger i 2040: $140(\text{antall ferger}) \cdot 2(\text{tonn h}_2 \text{ /per dag}) \cdot 365 \text{ dager} = 102\,200$

“Betingelser for hydrogenutvikling og konsekvenser av hydrogenproduksjon for land og sjøbasert transportsektor i Norge”

Vedlegg 19: Drivstofforbruk for personbiler

Ordinære biler i 2016: $2\,662\,910(\text{antall biler}) * 123(\text{kg h}_2 / \text{pr år}) / 1000(\text{for å få i tonn}) = 327\,538$

Antatt h₂ biler i 2040: $100\,000(\text{ antall biler}) * 123(\text{kg h}_2 / \text{pr år}) / 1000(\text{ for å få i tonn}) = 12\,300$

Vedlegg 20: Betydningen av reserver og ressurser

- Reserver er kvantifiserte mengder av hydrokarboner som har en lønnsom utvinning. De er også klassifisert som “funnet” og utvinnbare.
- Resurser er antatt på en viss dato til å være potensielt utvinnbare , men som ikke antas å være det per dags dato.

Vedlegg 21: $100\,000\,000\,000 * 9,87(1\text{Sm}^3 = 9,87\text{ Kwh}) = 987\,000\,000\,000\text{ Kwh} / 1\,000\,000\,000 = 987\text{ TWh}$
 $987\,000\,000\,000\text{ kwh} / 50\text{ kwh} = 19\,740\,000\text{ kg/h}_2 / 1000 = 19\,740\,000\text{ tonn hydrogen}$