



# Bacheloroppgave

**SCM600 Logistikk**

**Transport av vindmøllekomponenter - En casestudie  
om utbyggingen av vindkraftverket på Guleslettene**

**Lars-Andreas Sigdestad & Martin Orheim**

Totalt antall sider inkludert forsiden: 65

Molde, 21.05.2019



## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"><li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li><li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li><li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li></ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høgskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og <a href="#">Forskrift om eksamen</a> §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i URKUND, se <a href="#">Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens <a href="#">retningslinjer for behandling av saker om fusk</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av <a href="#">kilder og referanser på biblioteket sine nettsider</a>	<input checked="" type="checkbox"/>

# Personvern

## Personopplysningsloven

Forskningsprosjekt som innebærer behandling av personopplysninger iht.

Personopplysningsloven skal meldes til Norsk senter for forskningsdata, NSD, for vurdering.

Har oppgaven vært vurdert av NSD?

ja     nei

- Hvis ja:

Referansenummer: 888282

- Hvis nei:

Jeg/vi erklærer at oppgaven ikke omfattes av Personopplysningsloven:

## Helseforskningsloven

Dersom prosjektet faller inn under Helseforskningsloven, skal det også søkes om forhåndsgodkjenning fra Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, REK, i din region.

Har oppgaven vært til behandling hos REK?

ja     nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

# Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Svein Bråthen

## Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Molde en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja     nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja     nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja     nei

Dato: 21.05.2019

## **Forord**

Denne oppgaven er skrevet i forbindelse med avslutningen av en treårig bachelorgrad innen Logistikk og Supply Chain Management ved Høgskolen i Molde. Oppgaven omhandler en problemstilling angående transport av vindmøllekomponenter. Dette er et tema vi hadde lite kjennskap til fra før, noe som har gjort arbeidet ekstra spennende og lærerikt.

Vi vil rette vår takknemlighet til Professor Svein Bråthen for verdifull veiledning og oppfølging igjennom hele arbeidsperioden. Vi vil også rette en stor takk til informantene fra Vestas og Zephyr for at de stilte opp til intervju, og på denne måten tilførte oppgaven verdifull informasjon igjennom å svare på spørsmål og dele egne erfaringer. Vi vil også benytte anledningen til å takke CEO ved Saga Fjordbase for god starthjelp og produktive samtaler underveis i prosessen.

Molde, 21. Mai 2019

## Sammendrag

Norsk strømproduksjon i form av vindkraft har hatt en betydelig økning de siste årene. Med flere konsesjonssaker oppe til vurdering, er det sannsynlig at vindkraftens posisjon i Norge vil styrkes ytterligere. Behovet for transport av vindmøllekomponenter øker parallelt med utbyggingen av vindkraftverk. Denne oppgaven er basert på utbyggingen av vindkraftverket på Guleslettene, hvor vi igjennom en kvalitativ undersøkelse vil besvare følgende problemstilling:

*Hvordan er transporten av vindmøllekomponenter fra leverandør til Guleslettene planlagt gjennomført, og finnes det andre muligheter for transportprosessen?*

*I hvilken grad benyttes Lean for å oppnå en mer effektiv transportprosess?*

Oppgavens struktur begynner med et innledende kapittel hvor problemstillingen presenteres. Videre beskrives vindkraft og dens posisjon i Norge, samt casen for oppgaven. I det påfølgende kapittelet vil det teoretiske rammeverket redegjøres for, før metoden beskrives i kapittel 4. Deretter legges resultatet av undersøkelsen frem. I det neste kapittelet følger analysen, før oppgaven avsluttes med en konklusjon.

For å besvare problemstillingen har vi tatt i bruk teorier knyttet til godstransport, Lean og kostnader, i tillegg til å gjennomføre intervjuer med informanter fra Vestas og Zephyr. Prosjektet befinner seg fortsatt i en tidlig fase, noe som har ført til begrensninger for hvilken type data som har vært mulig å innhente.

Vi har funnet ut at samtlige komponenter skal leveres og lagres ved Fjord Base i Florø, slik at komponentene kan fraktes der ifra til site med veitransport. Komponentene skal leveres fra Kina og Danmark i form av maritim transport. I tillegg har vi kommet frem til at det finnes flere muligheter for transportprosessen. For den siste delen av problemstillingen har vi sett at Lean implementeres i relativt stor grad i transportprosessen. Dette gjelder særlig for lagring og ledetid.

## Tabelliste

Tabell 1: Kategorier for tørrbulkskip (Alizadeh, Strandenes, & Thanopoulou, 2016).....	12
Tabell 2: Fordeling av kostnadselementer for biltransport (Grønland, Berg, Bø, & Hovi, 2014) .....	15
Tabell 3: Kostnadsfordeling for skip (Grønland, Berg, Bø, & Hovi, 2014) .....	15
Tabell 4:Oversikt over informanter.....	20

## Figurliste

Figur 1: Oppgavens oppbygging .....	3
Figur 2: Vindturbin illustrasjon (Statkraft, 2010) .....	5
Figur 3: Midlere produksjon [GWh]- aggregert per år (nve, 2019).....	6
Figur 4: Vindkart (Globalwindatlas.info, 2019) .....	7
Figur 5: Intermodal transportkjede (Rodrigue, Comtois, & Slack, 2017) .....	10
Figur 6: Container transport til og fra dypvannshavner (Monios & Bergqvist, 2019) .....	13
Figur 7: Distanse, valg av transportmåte og kostnader (Rodrigue, Comtois, & Slack, 2017) .....	14
Figur 8: 5s (5stoday.com, 2019) .....	16
Figur 9: Lean Project Delivery System (Ballard, 2008) .....	18
Figur 10: Oversikt over transportetapper .....	23
Figur 11: Oversikt over transportetapper med distanse .....	28
Figur 12: Oversiktsbilde av kaianleggene ved Fjord Base (INC-gruppen, 2018).....	30
Figur 13: Oversikt over markerke flaskehalser langs transportruten (google.maps, 2019)	37



# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>iv</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>v</b>
<b>Tabelliste</b> .....	<b>vi</b>
<b>Figurliste</b> .....	<b>vii</b>
<b>1.0 Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Formål .....	1
1.2 Bakgrunn for valg av tema .....	1
1.3 Problemstilling .....	2
1.3.1 Forskningsspørsmål og avgrensninger .....	2
1.3.2 Oppgavens oppbygging .....	3
<b>2.0 Vindkraft</b> .....	<b>4</b>
2.1 Vindkraft i Norge .....	5
2.2 Casebeskrivelse – Guleslettene .....	7
2.3 Fjord Base.....	8
<b>3.0 Teoretisk rammeverk</b> .....	<b>9</b>
3.1 Godstransport og transportmetoder .....	9
3.2 Intermodal transport .....	9
3.3 Veitransport .....	11
3.4 Sjøtransport .....	12
3.5 Kostnader.....	14
3.5.1 Kostnadsfunksjoner .....	14
3.5.2 Kostnader i veitransport .....	15
3.5.3 Kostnader i sjøtransport .....	15
3.6 Lean .....	16
3.6.1 Lean Construction .....	17
<b>4.0 Metode</b> .....	<b>18</b>
4.1 Valg av metode.....	18
4.2 Datainnsamling.....	19
4.2.1 Utvalg.....	19
4.2.2 Informanter.....	20
4.2.3 Intervju .....	20
4.2.4 Gjennomføring av intervju.....	21
4.3 Kvalitetssikring .....	21

<b>5.0</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>23</b>
5.1	Transport- og utbyggingsprosessen.....	23
5.2	Forskningsspørsmål 1 .....	24
5.3	Forskningsspørsmål 2.....	25
5.4	Forskningsspørsmål 3.....	26
<b>6.0</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>28</b>
6.1	Planlagt transportløsning .....	28
6.1.1	Etappe 1 – Tianjin til Florø .....	29
6.1.1.1	Utfordringer og kostnader.....	31
6.1.1.2	Lean .....	32
6.1.2	Etappe 2 – Esbjerg til Florø .....	33
6.1.2.1	Utfordringer og kostnader.....	34
6.1.2.2	Lean .....	35
6.1.3	Etappe 3 – Florø til Guleslettene.....	35
6.1.3.1	Utfordringer, fordeler og kostnader .....	36
6.1.3.2	Lean .....	39
6.2	Muligheter .....	40
6.2.1	Etappe 1.....	40
6.2.2	Etappe 2.....	41
6.2.3	Etappe 3.....	42
<b>7.0</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>43</b>
7.1	Videre forskning .....	44
	<b>Kilder.....</b>	<b>45</b>
	<b>Vedlegg.....</b>	<b>49</b>
	Vedlegg A: Intervjuguide Zephyr .....	49
	Vedlegg B: Intervjuguide Vestas .....	51
	Vedlegg C: Flaskehals 1.....	53
	Vedlegg D: Flaskehals 2 .....	54
	Vedlegg E: Flaskehals 3.....	55

## **1.0 Innledning**

Fokuset på klima og miljø er i økning. Bærekraftig utvikling er derfor et sentralt begrep i dagens verdenspolitikk, og noe verdenssamfunnet må stå sammen om å skape. Å utnytte fornybare ressurser gjennom vannkraft, vindkraft og solkraft kan bidra til å stanse noen av de klimaendringene vi ser i dag (FN-Sambandet 2019). Norsk strømproduksjon i form av vindkraft er økende, og behovet for transport av vindmøllekomponenter øker parallelt med utbyggingen av vindkraftverk.

### **1.1 Formål**

Oppgavens formål er å kartlegge den logistikk- og transportløsningen som er tenkt for transport av vindmøllekomponenter til utbyggingen av vindkraftverk på Guleslettene, samt å finne muligheter for transportprosessen. I tillegg vil vi undersøke i hvilken grad Lean benyttes for å oppnå en mer effektiv transportprosess. Ettersom transport av vindmøllekomponenter er en svært omfattende prosess på grunn av sine store dimensjoner og vekt, er det viktig at vi i oppgaven belyser utfordringer, flaskehalsen i transportkjeden og kostnadsfaktorer knyttet til de ulike transportløsningene som vurderes. Vi håper at analysen i denne studien vil gi et klart bilde på hvordan en realistisk transportkjede vil se ut.

### **1.2 Bakgrunn for valg av tema**

98% av all strømproduksjon i Norge er fornybar og miljøvennlig. Det meste av produksjonen kommer fra energien som ligger i vannkraft, noe vi har utnyttet helt siden slutten av 1800-tallet (Regjeringen 2014). I 2017 stod vindkraft for kun 1.9% av den totale strømproduksjonen i Norge. I februar i år viste prosentandelen for vindkraft 4.2, altså mer enn dobbelt så mye som i 2017 (SSB 2019). Selv om vannkraft er den dominerende produksjonskilden, ser vi at vindkraft er økende i norsk strømproduksjon. I dag har vi totalt 625 turbiner fordelt på 36 vindkraftverk, og med flere konsesjonssaker planlegges det utbygging av flere vindkraftverk rundt om i landet i fremtiden (NVE, Norges vassdrags- og energidirektorat 2019). Transport og logistikk rundt utarbeiding av vindkraftverk i Norge er derfor aktuelt både i dag og lenger frem i tiden. Vi hadde lyst til å skrive en oppgave i samarbeid med et firma i hjembyen vår Florø, og tok derfor kontakt med Saga Fjordbase. Etter samtaler med administrerende direktør ved Saga Fjordbase, ble vi enige om at en

oppgave skulle utarbeides med et tema som omhandler transport og logistikk knyttet til utbyggingen av Guleslettene Vindpark.

### **1.3 Problemstilling**

Som tidligere nevnt er transportereringen av vindmøllekomponenter en krevende og omfattende prosess. På grunn av de mange flaskehalsene som finnes ved frakt av komponenter med så store dimensjoner, er valget av riktig transportløsning helt avgjørende for at prosessen skal flyte optimalt. Vi har kommet frem til følgende problemstilling:

*Hvordan er transporten av vindmøllekomponenter fra leverandør til Guleslettene planlagt gjennomført, og finnes det andre muligheter for transportprosessen?*

*I hvilken grad benyttes Lean for å oppnå en mer effektiv transportprosess?*

#### **1.3.1 Forskningsspørsmål og avgrensninger**

For å besvare problemstillingen har vi tatt utgangspunkt i tre forskningsspørsmål:

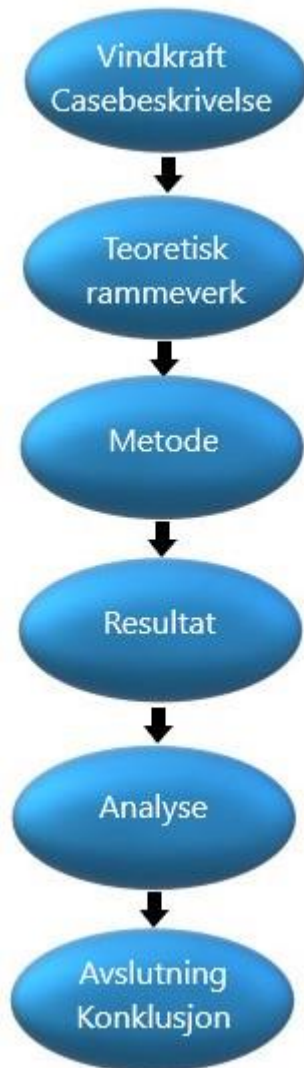
- 1** Hva er de største utfordringene ved transport av vindmøllekomponenter?
- 2** Hvilke typer transportmidler er aktuelle for transport av vindmøllekomponenter?
- 3** I hvilken grad implementeres Lean i transport- og utbyggingsprosessen?

Vi har gått nærmere inn på teoriene om godstransport, intermodal transport, kostnadsbildet i transporten, utfordringer ved transport av gods og Lean. Disse punktene utgjør det teoretiske rammeverket for oppgaven som blir presentert i kapittel 3. Hovedfokuset vil ligge på transportteorier og Lean. Ettersom vi skal gjennomføre en kvalitativ undersøkelse og ikke innhente tallbasert data, vil kostnader ha mindre fokus.

Vi har valgt å avgrense oppgavens omfang på bakgrunn av tilgjengelig tid og diverse krav til oppgavens størrelse. Som et resultat av avgrensningen, har vi i denne oppgaven fokusert på tre sentrale aktører i prosjektet om vindpark på Guleslettene selv om vi kunne tatt for oss flere. Vi har også avgrenset oppgaven til at det fokuseres mest på vindmølleindustrien i Norge, da dette er mest relevant i forhold til oppgavens problemstilling. Vi kommer likevel innom kontinental og internasjonal industri, ettersom turbinkomponenter produseres i og transporteres fra utlandet.

### 1.3.2 Oppgavens oppbygging

Her følger en oversikt over hvordan oppgaven er strukturert videre.



*Figur 1: Oppgavens oppbygging*

## 2.0 Vindkraft

Vindkraft er en kilde til fornybar energi og en av de mest miljøvennlige formene for kraftproduksjon vi har. Strømmen produseres ved at vindens bevegelsesenergi omdannes til elektrisk kraft. Denne prosessen foregår i vindturbiner, hvor bladene fanger opp vindens bevegelsesenergi og overfører kraften til en generator i nacellen, som er selve maskinhuset hos vindturbiner (Statkraft 2010). Vindturbiner kommer i ulike former, der den vanligste typen er en horisontalakslet turbin med tre rotorblader. Dette er den typen vindturbin som hovedsakelig benyttes i norske vindkraftverk. Et vindkraftverk består av én eller flere vindturbiner plassert innenfor et bestemt område (Jakobsen, et al. 2019).

En vindturbin består av flere komponenter. De visuelle komponentene hos en ferdig montert turbin består av ett tårn, tre rotorblader, ett nav og én nacelle. Inne i nacellen finner vi hovedakselen, gir, brems og en generator. Det er som tidligere nevnt i nacellen at vindens bevegelsesenergi omdannes til elektrisitet. Figur 2 illustrerer de ulike komponentene i en giret vindturbin. Komponentene har ulike dimensjoner, der noen innehar svært høy vekt og store mål. For å vise til komponentenes dimensjoner vil vi bruke et eksempel med en type vindturbin fra Vestas, en av verdens største produsenter av vindturbiner.

Vestas sin modell V136-4.2MW har for eksempel disse komponentene med følgende data:

- **Nacelle dimensjoner**

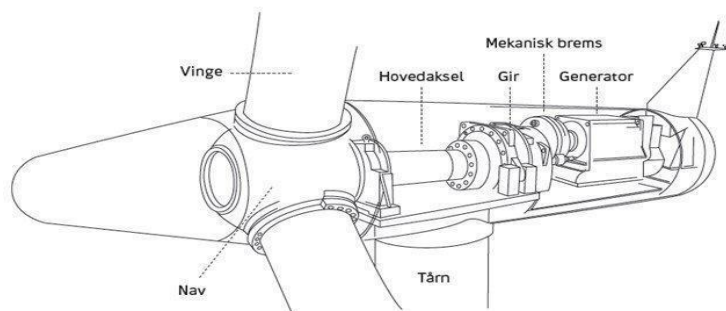
- Høyde for transport: 3.4 m
- Høyde installert: 6.9 m
- Lengde: 12.8 m
- Bredde: 4.2 m

- **Nav dimensjoner**

- Maksimal transporthøyde: 3.8 m
- Maksimal transportbredde: 3.8 m
- Maksimal transportlengde: 5.5 m

- **Blad/vinge dimensjoner:**

- Lengde: 66.7 m
- Maksimal korde: 4.1 m
- Maksimal vekt per enhet for transport: 70 tonn



Figur 2: Vindturbin illustrasjon (Statkraft 2010)

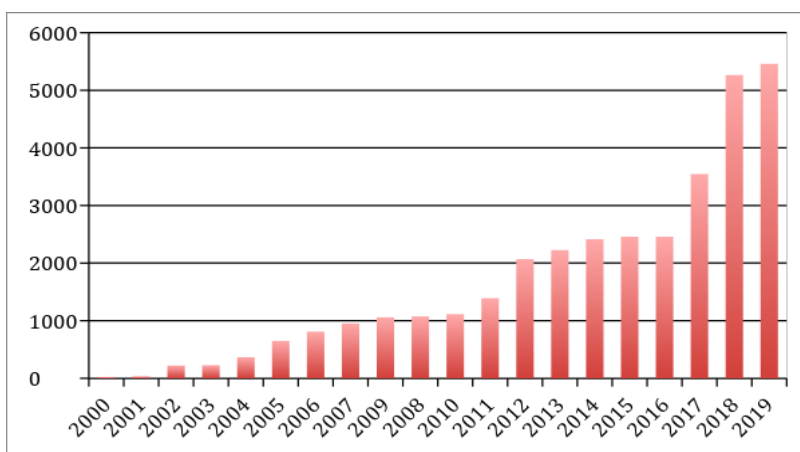
Tårnets høyde varierer ut i fra de enkelte parkers spesifikasjoner (Vestas 2019). For å bruke Norges største vindpark som eksempel, er V117-3.6MW modellen fra Vestas den installerte modellen på Roan Vindpark. Tårnkomponentene for disse vindmøllene består av to deler med lengdene 32 og 18 meter, med en vekt på henholdsvis 75 og 70 tonn. Som man ser ut i fra dataen, har vi med store dimensjoner å gjøre. Spesielt gjelder dette turbinenes blader, som er størst og tyngst av samtlige komponenter.

## 2.1 Vindkraft i Norge

Vi skal ikke lenger tilbake enn til 2002 for å finne når det første store vindkraftverket i Norge ble satt i drift. Med en kapasitet på 150 Megawatt (MW), var Smøla Vindkraftverk den største av få vindparker i Norge. Dette har i midlertid endret seg med tiden. Investeringene i vindkraft har de siste årene økt betydelig i Norge, og som nevnt i innledningskapittelet står vindkraft i dag for 4.2% av dagens totale strømproduksjon. 625 turbiner er fordelt på 36 anlegg forskjellige steder i landet, med en installert effekt på til sammen 1749 MW. Dette tilsvarer per 2019 en aggregert middelproduksjon på 5458 Gigawattime (GWh). Middelproduksjon er betegnelsen for den gjennomsnittlige årlige produksjonsevnen i et kraftverk. Norges største vindkraftverk er per i dag Roan og befinner seg i Trøndelag fylke. Roan består av 71 vindturbiner med en aggregert installert effekt på 255 MW (NVE 2019).

Figur 3 representerer utviklingen i middelproduksjon for vindkraft i Norge fra år 2000 til i dag. Y-aksen viser middelproduksjon målt i GWh. Ut i fra figuren ser man en relativt stabil økning i produksjonen frem til 2017, hvor den økte med i overkant av 1000 GWh fra 2016. Den mest drastiske endringen finner vi fra 2017 til 2018, hvor middelproduksjonen økte fra 3544 GWh til 5266 GWh. Disse økningene i produksjon skyldes naturligvis utbygginger og

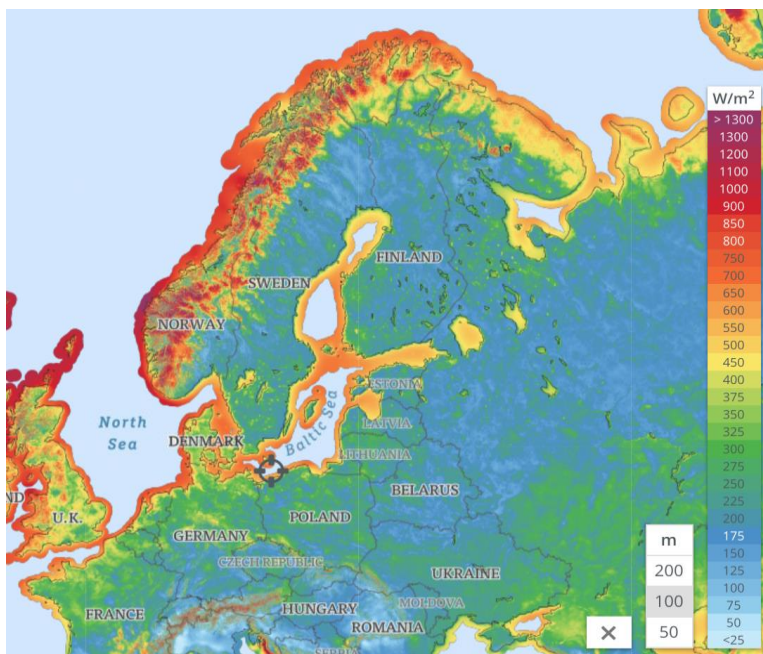
idriftsettelse av nye vindkraftverker. En stor del av grunnen for økningen i 2018 var idriftsettelsen av Roan vindpark i Trøndelag, som per dags dato er Norges største vindpark med 71 turbiner som til sammen utgjør en installert effekt på 256 MW. Til sammenligning har Smøla vindpark fra 2002, med sine 68 vindturbiner, en installert effekt på 150 MW (NVE 2019). Grafen kan forventes å stige enda høyere frem i tiden, ettersom antallet vindkraftverk i Norge vil øke. Norges vassdrags- og energidirektorat melder i sin rapport «Forslag til nasjonal ramme for vindkraft» at det per dags dato finnes 37 vindkraftprosjekter med endelig konsesjon som ikke er påbegynt. Selv om det ikke er sikkert at samtlige av disse faktisk bygges, tyder det likevel på at vindkraftens posisjon i norsk kraftproduksjon vil styrkes i fremtiden.



Figur 3: Midlere produksjon [GWh]- aggregert per år (NVE 2019)

I Norge plasseres vindkraftverk på forskjellige geografiske områder. De fleste norske vindparkene befinner seg i fylkene Rogaland og Trøndelag, som til sammen har 20 av de totale 36 kraftverkene (NVE 2019). Det som i korte trekk er de viktigste faktorene for den geografiske plasseringen av vindparker er vindressursen, nærhet til nett, tilgjengelighet for transport og støtte fra grunneiere og kommuner. Den aller viktigste faktoren for plassering av vindparker er naturligvis tilgang på tilstrekkelig vind. I Norge har vi gode vindressurser, faktisk blant de beste på kontinentet. Dette kan vi se i figur 4, som viser et vindkart over deler av Europa med en skala målt i effekt (W/m<sup>2</sup>). Kartet viser at Norge har bedre vindressurser enn for eksempel Danmark, et land hvor det benyttes mye vindkraft. Ved å plassere vindturbiner i Norge til fordel for andre europeiske land vil det kunne produsere mer energi per vindturbin. Det vil altså være mer effektivt (NVE 2019). Dette forteller noe om hvor stort potensiale vindkraft har i Norge.





Figur 4: Vindkart (Globalwindatlas.info 2019)

## 2.2 Casebeskrivelse – Guleslettene

Av de 36 vindkraftverkene vi har i Norge i dag, utgjør Mehuken Vindpark i Vågsøy kommune foreløpig det eneste vindkraftverket i Sogn og Fjordane (NVE 2019). I 2020 starter transporteringen av vindturbiner og idriftsettelsen av Guleslettene vindkraftverk, som blir det andre vindkraftverket i fylket. NVE gav i 2014 Guleslettene Vindpark AS konsesjon til utbygging og drift av Guleslettene vindkraftverk (Norconsult 2018). Vindkraftverket skal etter planen være ferdigstilt i løpet av 2020, og vil bestå av 47 vindturbiner levert av den danske produsenten Vestas. Turbinene er av typen V136-4.2MW, den samme vi brukte i eksempelet i kapittel 2.0. Det er beregnet at anlegget vil gi en årlig produksjon på 700 GWh, noe som tilsvarer forbruket i 40 000 eneboliger årlig. Anlegget eies og skal driftes av vindkraftselskapet Zephyr, som også eier flere andre vindkraftverk (Zephyr 2019).

Guleslettene er et fjellområde som strekker seg fra Flora kommune i sør til Bremanger kommune i nord. Området består hovedsakelig av utmark og fjell, som fører til at ulike inngrep er nødvendig for at et vindkraftverk skal kunne etableres. Det bygges blant annet to adkomstveier til anlegget. Den ene ved Magnhildsskarstunnelen i Flora kommune, og den andre ved Sjørgulen i Bremanger kommune. I tillegg bygges det interne veier på anleggsområdet for transport av vindturbiner og utstyr (Norconsult 2018).

I oppgaven skal vi ta for oss transporten og logistikken knyttet til utbyggingen av vindkraftverket. Vi vil se på ulike løsninger med tilhørende utfordringer, muligheter og kostnader. Med tanke på at komponenter med store dimensjoner skal fraktes over lange distanser mellom leverandør og kunde, kan transportprosessen for dette prosjektet bli omfattende og utfordrende.

## **2.3 Fjord Base**

Forsyningsbasen Fjord Base er lokalisert i byen Florø. Med et disponibelt areal på 885 000 m<sup>2</sup> og 6 forskjellige kaianlegg, gjør dette basen til Norges største logistikkbase. Selskapet Saga Fjordbase AS er baseoperatør og står for driften. De tilbyr diverse logistiktjenester som lagring, sjø-, vei- og lufttransport, lasting og lossing av fartøy og løftetjenester (INC-gruppen 2018).

Fjordbase ligger cirka 33 km og en halvtimes biltur langs riksvei 5 og fylkesvei 614 fra Magnhildskarstunnelen, hvor den ene av de to adkomstveier opp til vindkraftverket på Guleslettene ligger. Basert på tilgjengelige tjenester, kaianlegg, lagringsplass og kompetanse, kan Fjord Base fungere som et mellompunkt for transporten av vindturbinene. Det er også et pluss at basen er lokalisert såpass nære Guleslettene, og at det går bilveg helt fra basen til første adkomstveg for vindkraftverket.

## **3.0 Teoretisk rammeverk**

I dette kapittelet vil vi redegjøre for det teoretiske rammeverket som brukes i analysen. Vi vil her starte med ulike transportløsninger der vi går inn på de forskjellige metodene som finnes for transport av gods. Hovedfokuset vil ligge på transport via vei og sjø, ettersom disse er de mest relevante transportformene for vår problemstilling. Vi vil deretter gå inn på kostnadsbildet. I tillegg skal Lean gjøres rede for, ettersom vi ønsker å finne ut hvordan denne tankegangen implementeres i transport- og utbyggingsprosessen ved Guleslettene.

### **3.1 Godstransport og transportmetoder**

Godstransport er når gods fraktes fra en lokasjon til en annen. En av hovedoppgavene til de som driver med transportplanlegging er å velge den mest egnede transportmetoden for den aktuelle problemstillingen. Når man skal velge transportmetode er det ulike kriterier som spiller inn, og noen av de viktigste kriteriene er kostnader knyttet til metode, operasjonelle faktorer som kundens lokasjon eller produktets karakteristikk, samt strategiske faktorer som produksjonslokasjon eller lagerlokasjon (Emmet 2009).

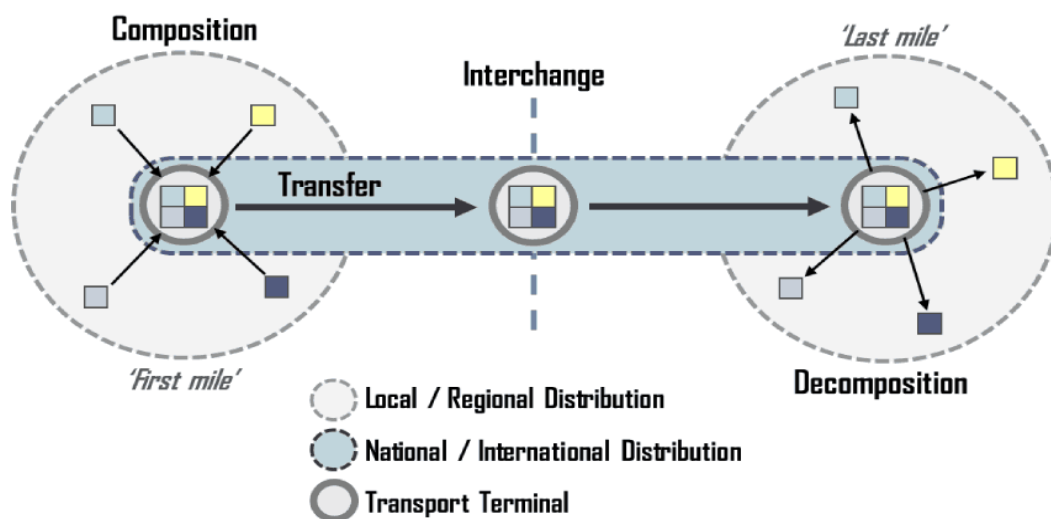
Transportmetoder kan deles inn i tre hovedtyper basert på hvilken overflate transporten utføres på – land, vann eller luft. Under transport på land finner vi metodene veitransport, jernbanetransport og transport i rørledninger. For vann- og lufttransport snakker vi oftest om henholdsvis skip og fly (Rodrigue, Comtois og Slack 2017). En transport kan enten gjennomføres unimodalt eller intermodalt. Med unimodal transport menes det at man benytter kun én av transportmetodene for frakt. Intermodal transport vil derimot si at transportkjeden mellom avsender og mottaker består av to eller flere transportformer, for eksempel skip og lastebil (Bø og Grønland 2014).

### **3.2 Intermodal transport**

Som vi nevnte i innledningen, vil en intermodal metode si at transporten benytter seg av flere transportmodi i en transportkjede. Et annet vesentlig kriterium for at en transport skal ha betegnelsen intermodal er at godset går i samme lassbærer gjennom hele transportkjeden. Det vil si at godset ikke håndteres direkte i overføringen mellom transportmidlene, men at det er selve lassbæreren eller bilenheten som overføres. Dersom lasten fysisk skal lastes fra et transportmiddel til et annet, kaller vi dette for en multimodaltransport. Ut i fra

begrepsdefinisjonene kan intermodal transport omtales som en undergruppe av multimodal transport (Bø og Grønland 2014). Vi vil i denne oppgaven benytte oss av begrepet intermodal transport, da forskjellen mellom multimodal- og intermodal transport er svært liten. Selv om en del av vindmøllenes komponenter må fysisk håndteres én og én ved for eksempel kranløft, gjelder intermodal transport ved samme lassbærer for andre komponenter.

Ifølge Rodrigue et.al. (2017) er det fire hovedfunksjoner som definerer en intermodal transportkjede: composition (sammensetning), transfer (overføring), interchange (utveksling) og decomposition (dekomposisjon). Dette illustreres i figur 5.



Figur 5: Intermodal transportkjede (Rodrigue, Comtois og Slack 2017)

Komposisjon- eller sammensetningsfasen er prosessen hvor godset som skal fraktes samles og klargjøres for videre transport. Dette foregår på en terminal som tilbyr et intermodalt grensesnitt mellom et regionalt- og et internasjonalt distribusjonssystem. Godset fraktes fra fabrikker som er lokalisert på forskjellige steder til terminalen hvor godset skal sendes fra. Etter komposisjonen følger overføringsfasen. Denne fasen innebærer en konsolidert transport med for eksempel et containerskip. At transporten er konsolidert vil si at flere transportstrømmer er samlet på samme transportmiddel (Bø og Grønland 2014). Transporten utføres mellom minst to terminaler over nasjonale eller internasjonale distribusjonssystemer. Utvekslingsstedet er ifølge Rodrigue et.al. (2017) terminaler med hensikt å sørge for effektivitet og kontinuitet innen transportkjeden. Her er det ofte snakk om

knutepunktshavner, men kan også være mellomlagringshavner for lagring av komponenter før videre transport. Den siste funksjonen i en intermodal kjede er dekomposisjonen. Godset ankommer nå en terminal nær, eller selve destinasjonen for leveransen. Dette blir sett på som en vanskelig del av distribusjonen, da den ofte forekommer i urbane områder. Transport i gjennom store og tette bydeler kan føre til utfordringer som kalles urban logistikk (Rodrigue, Comtois og Slack 2017).

Skal man sette dette i et vindmølletransport-perspektiv kan man for eksempel si at komposisjonspunktet er en havn i et europeisk land som har mottatt gods fra ulike byer eller deler av landet. Overføringspunktet er et tørrbulkskip eller ro-ro fartøy som frakter vindmøllekomponentene til utvekslingspunktet, som er en mellomlagringshavn i en norsk by. Videre fraktes komponentene fra mellomlagringspunktet helt til dekomposisjonen, hvor det skal etableres et vindkraftverk.

### **3.3 Veitransport**

Transport via vei er den mest brukte metoden for nasjonal godstransport over hele Europa (Emmet 2009). Veitransport ble utviklet for å støtte og erstatte ikke-motoriserte transportmetoder på slutten av 1800-tallet, og har hatt en stor utvikling siden den gang (Rodrigue, Comtois og Slack 2017). I dag er veitransport den dominerende transportformen når man måler i antall tonn transportert. I Norge i 2017 ble det fraktet til sammen 267 millioner tonn med gods med veitransport. For å sette dette i perspektiv, var antall tonn transportert via sjø 35 millioner tonn og jernbane 10 millioner tonn det samme året (ssb 2019).

En av grunnene for at veitransport er mye brukt er fleksibiliteten. Flexibiliteten kommer av dør-til-dør evnene metoden innehar, som er en fordel veitransport har i forhold til andre metoder. Den er også fleksibel når det kommer til valg av transportruter og valg av kjøretøy. Med trailere og lastebiler med varierte størrelser og funksjoner, kan nesten all type gods fraktes via veien. Det finnes også ulemper ved veitransport. Det er en arealkrevende transportmetode, og selv om denne metoden har minst fysiske begrensninger av de alle, fører begrensninger i naturen til ekstra kostnader under utbygging av infrastruktur for veitransport. Dette er for eksempel elver som må bygges bro over eller fjell som må lages

tunneler i. I tillegg kan trafikk påvirke metodens pålitelighet ved at leveringstiden øker og det oppstår forsinkelser (Rodrigue, Comtois og Slack 2017).

### **Veitransport i intermodal transport**

For de lengste distansene i en intermodal transportkjede er det sjø- og jernbanetransport som dominerer. Veitransportens rolle i intermodale transportkjeder er oftest knyttet til korte distanser og det vi kaller for pre- og post-haulage, eller før- og etter-transport (PPH). PPH utgjør starten og slutten av en intermodal transportkjede. Før-transporten er når gods fraktes til omlastningsterminalene hvor godset omlastes til for eksempel skip eller tog. Etter-transporten skjer når hovedtransporten er utført. Dette kan for eksempel være at gods som har blitt fraktet med skip omlastes til et kjøretøy som frakter godset videre til sluttdestinasjonen. De fleste kjøretøyene som brukes i intermodale transportkjeder er lastebiler, semitrailere eller vogntog (Rodrigue, Comtois og Slack 2017)

## **3.4 Sjøtransport**

Transport via sjø er en viktig del av dagens godstransport. Sjøtransport er den tregeste formen for transport, men til gjengjeld oppnår man stordriftsfordeler ved at store volum av gods kan transporteres ved hjelp av ett fartøy. I tillegg er sjøtransport en billig transportmetode i forhold til volumet av gods som kan transporteres per tur (Emmet 2009). Fartøyene som benyttes varierer ut i fra hva som skal transporteres. For godstransport kan man skille mellom bulkskip, lasteskip og roll-on/roll-off fartøy. Bulkskip frakter spesifikke godstyper, og vi skiller mellom tørr- og flytende last, hvor den flytende lasten transporteres i tankskip. Lasteskip er designet for transport av ikke-bulk gods. Dette kan for eksempel være containerskip, som kan frakte store mengder containere på én gang. Roll-on/roll-off (Ro-Ro) fartøy tilbyr et system der biler og trailere kan kjøres inn på skipet, og deretter kjøre av når de er ankommet destinasjonen (Rodrigue, Comtois og Slack 2017). Tabell 1 viser en oversikt over forskjellige kategorier for tørrbulkskip.

<b>Kategori</b>	Handysize	Handymax	Supramax	Panamax	Capesize	VLBC
<b>Dødvekttonn</b>	10 000 – 35 000	35 000 – 50 000	50 000 – 60 000	60 000 – 80 000	80 000 – 200 000	> 200 000

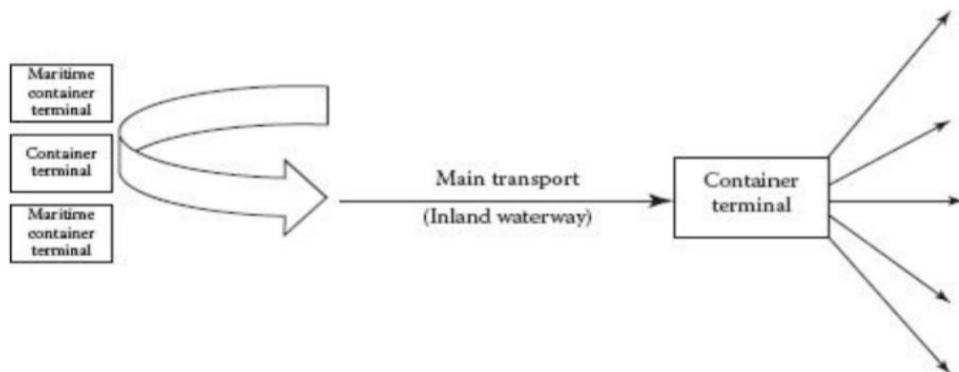
Tabell 1: Kategorier for tørrbulkskip (Alizadeh, Strandenes og Thanopoulou 2016)

Sjøtransport operer i likhet med vei- og lufttransport i sine egne områder, hvor de to hovedelementene er elver og hav. Maritime ruter er korridorer på havet for skipstrafikk, og

linker sjø og land ved hjelp av havner. Rutene er strategisk plassert med tanke på fysiske begrensninger som vind, havdybde, havstrømmer og is (Rodrigue, Comtois og Slack 2017).

### Sjøtransport i intermodal transport

Sjøtransport er en metode som ofte benyttes for hovedtransporten i en intermodal transportkjede, ettersom hovedtransporter vanligvis dreier seg om lange distanser. Godset lastes om bord i skip etter før-transporten, transporteres via sjøen og lastes av igjen før ettertransporten. Hvordan det gjøres, avhenger av hva som skal fraktes og hvilket fartøy som skal brukes for transporten. For eksport av tørrlast for eksempel, er et typisk scenario at godset ankommer en dypvannshavn, hvor godset losses av og sorteres. Deretter lastes det om bord i et bulkskip, som frakter godset til en havn hvor godset skal leveres. Figur 6 illustrerer en modell for containertransport. Her kjører et containerskip innom en dypvannshavn med tre ulike containerterminaler og plukker med seg de containerne som skal transporteres. Når det er gjort, transporteres containerne til terminalen ved destinasjonen, hvor godset losses av og transporteres med etter-transporten til kundene (Rodrigue, Comtois og Slack 2017).



Figur 6: Container transport til og fra dypvannshavner (Monios og Bergqvist 2017)

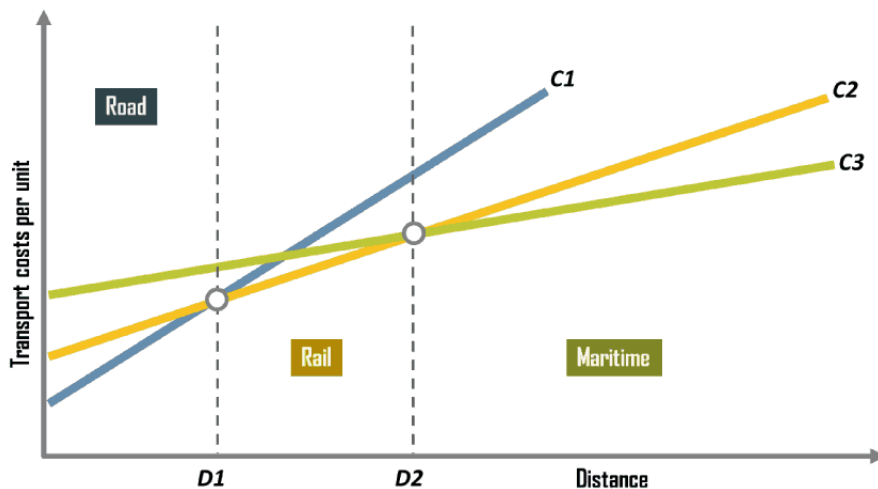
Terminaler og havner spiller en viktig rolle for sjøtransport i intermodale transportkjeder, og det kreves ulike typer utstyr og verktøy for behandling av gods. Det er viktig at terminaler har tilgang til lagringsplass, ettersom dette kreves i stort sett alle tilfeller av godstransport. En annen faktor er at terminalene er utstyrt med kraner. Det kreves kraner med ulik grad av løfteevne, slik at lastning og lossing kan tilpasses godsets vekt og dimensjoner. Tørrlast krever for eksempel spesialkraner på grunn av sitt vide spekter av varer, og containere er avhengig av god lagringsplass (Rodrigue, Comtois og Slack 2017).

### 3.5 Kostnader

I dette kapitlet vil vi ta for oss kostnadsfunksjoner for ulike transportmetoder og eksterne og interne kostnader med hovedfokus på vei- og sjøtransport. Interne kostnader tilsvarende de kostnadene for en transport som dekkes direkte av transportleverandøren. De eksterne kostnadene er kostnader eller ulemper som påføres samfunnet.

#### 3.5.1 Kostnadsfunksjoner

Transportmetoder har ulike kostnadsfunksjoner i henhold til avstandene som betjenes. Dette illustreres i figur 7 som viser en forenklet sammenligning av transportkostnader for veg-, jernbane- og sjøtransport. Disse beskrives som henholdsvis C1, C2 og C3. Selv om vegtransport har lavest kostnadsfunksjon over korte distanser, øker den likevel raskere enn jernbane- og sjøtransportkostnadsfunksjoner. Når distansen passerer D1, vil jernbane være billigere enn vegtransport, mens ved D2 vil sjøtransport lønne seg. Distansene som representeres er vanligvis i D1 mellom 500 – 750km fra avreisested, og 1500 km i D2.



Figur 7: Distanse, valg av transportmåte og kostnader (Rodrigue, Comtois og Slack 2017)

Som sagt er dette en forenklet figur, og stemmer ikke helt med virkeligheten i den forstand at den ikke tar hensyn til viktige faktorer for de ulike transportmetodene. En slik faktor kan for eksempel være at siden jernbane- og sjøtransport kun er tilgjengelig via terminaler, kreves det at en del av transporten gjennomføres via veg for å nå frem til den endelige destinasjonen. Dette vil påvirke den kostnadsstrukturen som Rodrigue et.al., (2017) har illustrert i figur 7.



### 3.5.2 Kostnader i veitransport

For de interne kostnadene ved veitransport kan vi skille mellom tidskostnader og distansekostnader. Tidskostnadene løper proporsjonalt med den tiden transportmiddelet benyttes, men ikke proporsjonalt med avstand. Distansekostnader er kostnader som øker proporsjonalt med distansen som kjøres. I tabell 2 er de interne kostnadselementene kategorisert etter tids- og distansekostnader.

<b>Tidskostnader</b>	<b>Distansekostnader</b>
Lønn, kapitalkostnader, årsavgift, forsikring, administrasjon	Vedlikehold, drivstoff, vask og rekvisita, dekk

Tabell 2: Fordeling av kostnadselementer for biltransport (Grønland, et al. 2014)

De eksterne kostnadene kan også defineres som negative eksternaliteter, og oppstår når en aktørs aktiviteter påvirker andre aktører i negativ forstand. Veitransport gir opphav til flere former for eksterne kostnader, som kan for eksempel være klimagassutslipp, støy, ulykker, slitasje på infrastruktur eller kø. Eksterne kostnader er ikke internalisert i bilistenes kostnader, og bilistens kostnader blir lavere enn samfunnets kostnader. Dette medfører at omfanget av de eksterne kostnadene blir større enn hva som er samfunnsøkonomisk optimalt. De negative eksternalitetene kan derfor sees på som en form for markedssvikt (Thune-Larsen, et al. 2016).

### 3.5.3 Kostnader i sjøtransport

I likhet med biltransport skiller vi de interne kostnadene i sjøtransport mellom distanse- og tidskostnader. Kostnadselementene er listet under i tabell 3

<b>Tidskostnader</b>	<b>Distansekostnader</b>
Kapitalkostnader, mannskap, stores, reparasjon og vedlikehold, forsikring, administrasjon	Drivstofforbruk

Tabell 3: Kostnadsfordeling for skip (Grønland, et al. 2014)

De tids- og distansekostnadene som vanligvis legges til grunn ved sjøtransport, avviker noe fra kostnadsfordelingen ved veitransport (Grønland, et al. 2014).

Sjøtransport bærer også med seg negative eksternaliteter, men disse skiller seg noe fra de eksterne kostnadene som oppstår i veitransporten. Utslipp av klimagasser og luftforurensing er de viktigste eksterne kostnadene for maritim transport. Marine drivstoff konverterer karboninnhold til CO<sub>2</sub> under forbrenning, og containerskip er blant de største utslippskildene i sjøtransporten. Eksterne kostnader i form av kø, støy og ulykker anses som neglisjerbare sammenlignet med veitransport, men kan i noen tilfeller også oppstå i maritim transport (Rødseth og Killi 2014).

### 3.6 Lean

Lean er en tankegang som går ut på å redusere sløsing i produksjonsprosesser gjennom å oppnå bedre og mer effektiv flyt. Metodikken kan best beskrives som det å få mer ut av de ressursene man har til rådighet. Rolfsen (2014) beskriver Lean som en overordnet ledelsesfilosofi for organisering og samhandling av prosesser. I løp av de siste årene er det utviklet flere underkategorier innen Lean, som for eksempel Lean Production, Lean Construction og Lean helse. I denne oppgaven vil vi hovedsakelig fokusere på en generell Lean tankegang, samt Lean Construction.

#### 5S

5S står for fem trinn som følges i en bestemt rekkefølge for å oppnå en mer strukturert, effektiv og kvalitativ utføring av arbeidsoppgaver gjennom fokus på renslighet og organisering. Dette oppnås ved å standardisere arbeidsoppgavene og materiell, samtidig som man reduserer unødvendig materiell og organiserer utstyr og verktøy.



Figur 8: 5s (Wig 2014)

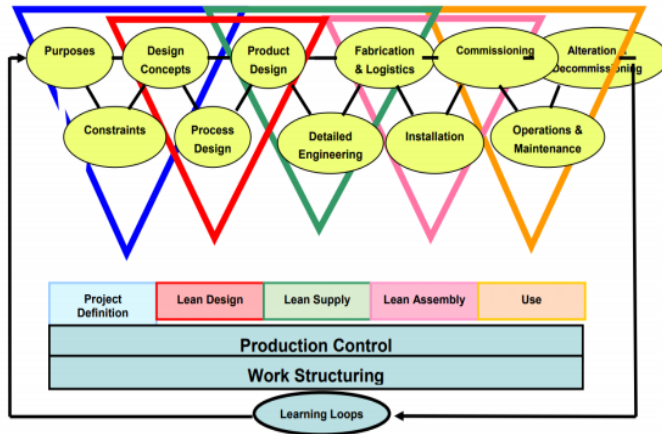
Metoden er basert på de fem stegene: Sort “sortere”, Set in order “systematisere”, Shine “skrub/renhold”, Standardize “standardisere” og Sustain “selvdisiplin”. De tre første s-ene handler om oss og tingene rundt oss, mens de to siste om vår atferd (Wig 2014).

### **3.6.1 Lean Construction**

Lean Construction er en tankegang som i bunn og grunn går ut på det samme som Lean Production, men er istedenfor prosjektorientert. Project management institute definerer prosjektfasen slik: *“A project is a temporary endeavor undertaken to create a unique product, service, or result”*. Det viktigste som er nytt i denne Lean tankegangen er forståelsen av et prosjekt som en temporær organisasjon som bygges opp for å gjennomføre prosjektet, for så å bygges ned igjen når prosjektet avsluttes (Kalsaas 2017).

Kahnzode et al. (2006) definerer målet til Lean Construction som *“The ultimate goal of Lean Construction is to eliminate waste from construction and deliver a product that a customer wants, instantly”*. Ved å ha fokus på redusering av sløsing (muda) og skape mer strømlinjeformede prosjekter, blir effektiviteten bedre og produktiviteten øker.

Innenfor organisering og gjennomføring av prosjekter fokuserer man i Lean Construction på fem kjernepunkter: prosjekt definisjon, Lean-Design, Lean Logistikk, Lean Produksjon og bruksområde. Disse punktene hører til i det som kalles Lean Project Delivery system (LPDS). Formålet med LPDS er å strukturere byggeprosessen slik at den samsvarer med Lean-tankegangen om å fullføre et prosjekt med minst mulig sløsing. For å få til dette må man ha best mulig flyt og unngå at man i en arbeidsprosess blir stående og vente på aktører slik at prosessen mister effektivitet. Bak dette ligger det noen viktige prinsipper som går ut på å involvere nedstrøms aktører når prosjekter skal planlegges. I figur 9 ser man en oversikt over LPDS systemet og de forskjellige fasene. Den svarte pilen som omkranser figuren illustrerer kontinuerlig forbedring og hvor viktig det er å lære av tilegnet erfaring.



Figur 9: Lean Project Delivery System (Ballard 2008)

Som en del av LPDS utviklet G. Ballard et system for å planlegge og styre flyten i prosjektbasert produksjon. Systemet fikk navnet Last Planner System, og er sentralt i Lean Construction og sterkt påvirket av Toyota sitt produksjonssystem. Dette går ut på at arbeideren skal involveres i planleggingen av sine arbeidsoppgaver, noe som vil si at alle aktører i bygningsprosessen skal delta i planleggingsfasen (Kalsaas 2017).

## 4.0 Metode

Metode eller samfunnsvitenskapelig metode er et begrep som brukes om den fremgangsmåten vi benytter oss av for å innhente og analysere informasjon om virkeligheten. I forskningsprosjekter må man på en eller annen form samle inn det empiriske datamaterialet eller informasjonen som trengs for å belyse den konkrete problemstillingen som undersøkes (Jacobsen 2015). Metode forteller hvordan vi skal fremskaffe kunnskap og utvikle teorier, samt hvordan vi skal sikre at kunnskapen og teoriene oppfyller kravene til vitenskapelig kvalitet og relevans på det aktuelle fagområdet (Grønmo 2016).

### 4.1 Valg av metode

Når man skal velge metode, skiller man mellom kvantitativ og kvalitativ. Kvantitativ metode er egnet til å måle hva folk har og gjør, der dataene som genereres er i tallform og kan analyseres ved statistiske metoder. Kvalitativ metode er egnet til å fange sosiale relasjoner og meninger bak adferd, der dataen som innhentes er i tekstformat (Jacobsen 2015).

Innen temaet vindmøllelogistikk er det gjort relativt lite forskning, og derfor er den tilgjengelige informasjonen og dataen begrenset. Dette fører til at en kvantitativ undersøkelse vil bli vanskelig å utføre. Derfor har vi valgt kvalitativ metode, som gjør det lettere å gå i dybden på temaet vi tar for oss. Gjennom personlige intervjuer, vil vi ved hjelp av informanter med inngående kunnskap om temaet hente inn nødvendig data.

## **4.2 Datainnsamling**

For å samle inn data til studien har intervjumetoden vært den største bidragsyteren. Vår primærdata har blitt innhentet via individuelle intervjuer av utvalget. Primærdata er informasjon man samler opp for første gang, direkte fra den primære kilden. I tillegg til intervjuene har vi tatt i bruk ulike dokumenter for å innhente sekundærdata. Dette er opplysninger som er innsamlet av andre, og baserer seg ofte på andre formål og problemstillinger enn det man selv ønsker å belyse (Jacobsen 2015).

### **4.2.1 Utvalg**

En kvalitativ tilnærming er ofte intensiv med få enheter. Det er vanskelig å undersøke alle relevante personer og forhold, noe som betyr at man må avgrense studiens populasjon. Populasjonen er altså alle vi er interesserte i å undersøke, mens utvalget er en avgrenset del av populasjonen (Jacobsen 2015). I denne oppgaven består populasjonen av aktører innen vindmøllebransjen.

Etter samtaler med Saga Fjordbase og etter egne vurderinger, fikk vi kartlagt aktuelle aktører som kunne gi oss relevant informasjon og data angående transport og logistikk knyttet til Guleslettene. De representerer utvalget vårt er derfor vindkraftselskapet Zephyr og vindmølleprodusenten Vestas. Aktørene ble kontaktet via e-post, der begge sa seg villig til å hjelpe oss. Det var helt naturlig at valget falt på de to viktigste aktørene for prosjektet Guleslettene Vindpark. Zephyr er utbygger, driftsleder og anleggseier for Guleslettene Vindpark. Vestas er firmaet som skal produsere og levere vindmøllekomponentene.

## 4.2.2 Informanter

Ettersom oppgaven i all hovedsak baseres på intervjuer, har informantene og den informasjonen de har gitt vært helt avgjørende for studien. Informanter er de personene som besvarer spørsmålene som stilles ved intervjuer, og som har god kunnskap om det aktuelle temaet (Jacobsen 2015). Informantene ble hovedsakelig valgt ut etter samtaler med CEO ved Saga Fjordbase, veileder og aktørene selv. Ettersom forsyningsbasen i Florø vil spille en sentral rolle under vindparkprosjektet, var det viktig for oss å etablere kontakt med en ansatt i administrasjonen. Administrerende direktør ved Saga Fjordbase er ikke en direkte informant, men har fungert mer i en veiledningsrolle. I Zephyr henvendte vi oss direkte til prosjektleder for Guleslettene, som igjen satte oss i kontakt med prosjektleder nummer to. Informanten fra Vestas ble valgt ut på bakgrunn av en anbefaling fra et selskap vi henvendte oss til, som mente at denne personen ville være nyttig for oss. I tabellen under følger en oversikt over informantene.

Informant Zephyr	Informant Vestas
Prosjektleder/ Project manager	Transport Specialist

Tabell 4: Oversikt over informanter

## 4.2.3 Intervju

Et intervju kan defineres som ”utvesking av synspunkter” mellom to personer som snakker sammen om et felles tema. Formålet med å gjennomføre intervjuer er å fremskaffe fyldig og beskrivende informasjon om hvordan andre mennesker opplever ulike sider ved en livssituasjon (Dalen 2011).

Intervjuer kan være både åpne og strukturerte. I de åpne intervjuene forteller informantene fritt om sine erfaringer uten formulerte spørsmål å forholde seg til. Denne tilnærmingen kan være krevende og utfordrende, da forskeren er avhengig av at informanten meddeler nyttig informasjon. Den tilnærmingen vi benyttet oss av kalles et halvstrukturert intervju, der samtalen fokuseres mot et bestemt tema (Dalen 2011). Dette ga informantene mulighet til å fritt komme med flere relevante opplysninger i tillegg til de allerede formulerte spørsmålene. Nyttigheten av denne tilnærmingen kom godt frem under intervjuene. Informantene utfylte hverandre ved at spørsmål som ikke kunne besvares av én informant basert på arbeidsoppgaver og erfaring, ble besvart av noen andre som spørsmålet kunne relateres til.

#### **4.2.4 Gjennomføring av intervju**

Før man skal utføre et intervju bør man utarbeide en intervjuguide. Dette er en oversikt over hvilke temaer og spørsmål intervjuet skal dreie seg om (Jacobsen 2015). Vi utarbeidet ulike intervjuguider til hver av de to informantene i håp om at Vestas kunne gi oss informasjon knyttet direkte til vindmøllene og transporten, og Zephyr informasjon om prosjektet som helhet.

På grunn av lange distanser og mangel på tid og ressurser, ble intervjuene med Vestas og Zephyr gjennomført over Skype uten video. Skype-intervjuene ble gjennomført hver for seg, og informantene befant seg under intervjuene på forskjellige steder i Norge. Skype-intervjuer er generelt sett ikke den mest optimale intervjumetoden, da man ikke får observert kroppsspråk og følt på kjemi. Likevel var dette den mest praktiske måten for oss og informantene å gjennomføre intervjuene på.

Etter endt intervju sitter man igjen med rådata som for eksempel lydopptak eller notater. Intervjuprosessen ble som sagt gjennomført over Skype, hvor det ble gjort lydopptak. Opptakene ble deretter lagret på mobile enheter. Lydopptakene måtte deretter transkriberes. Ved transkribering overfører man intervjuet fra muntlig til skriftlig form gjennom å lytte til lydopptaket og skrive ned informasjonen som oppgis i intervjuet. Vi valgte å transkribere intervjuene som helhet, da vi ser på det å ha informasjonen nedskrevet som optimalt. Ved å strukturere informasjonen på denne måten, gjør vi det lettere for oss selv når vi skal finne frem til spesifikk data.

### **4.3 Kvalitetssikring**

Kvalitetssikring går ut på å sikre at dataen som innhentes er både valid og reliabel. Under kvalitetssikringen undersøker vi hvorvidt vi har fått tak i ønskelig informasjon, om vi kan overføre funnene til andre sammenhenger og om dataene vi har samlet inn er pålitelige (Jacobsen 2015).

Den interne gyldigheten dreier seg om dataens riktighet. For kvalitative undersøkelser går dette hovedsakelig ut på om de valgte kildene er gode nok. Kvalitative undersøkelser er kun så gode som den innhentede data tilsvarer, og dermed er valg av riktige informanter til intervju helt kritisk (Jacobsen 2015). Vi har i utvalgsprosessen vært svært kritiske til valg av informanter, ettersom vi baserer den største delen av oppgaven på primærdata innhentet

ved intervju. Å velge informanter som er tett knyttet til prosjektet føltes derfor naturlig. Vi mener at ingen kunne gi oss bedre data knyttet direkte til leverandøren av vindmøllene enn nettopp leverandøren selv. Dette var grunnlaget for at en informant fra Vestas ble valgt. I tillegg kom vi fram til at det å snakke direkte med prosjektleder kunne gi oss den beste dataen om prosjektet som helhet og om nærområdet rundt Guleslettene. Totalt sett er vi sikre på at den informasjonen som ble gitt av kildene er riktig.

Ekstern gyldighet, eller overførbarhet, sier noe om i hvilken grad funn kan generaliseres til andre enn dem man faktisk har undersøkt. For kvalitative undersøkelser dreier dette seg om teoretisk generalisering (Jacobsen 2015). Vi mener det er mulig å sammenligne funnene vi har gjort med andre vindkraftprosjekter. Dette baserer vi på at både Vestas og Zephyr er veletablerte aktører i bransjen og har kjennskap til slike prosjekter, og at det per dags dato ikke finnes flust av metoder å frakte vindmøllekomponenter på.

Med pålitelighet eller reliabilitet menes det i hvilken grad resultatet av en undersøkelse kan være påvirket av hvordan undersøkelsen gjennomføres. Et typisk tilfelle er at de som undersøkes blir påvirket av den som undersøker, eller at undersøkeren er unøyaktig i registrering av data eller utføringen (Jacobsen 2015). Når det gjelder registreringen av data, har vi vært bevisste på å registrere korrekt informasjon. For å sikre oss mot feilsitering, har vi etter transkriberingen hørt nøye igjennom lydopptakene, for så å sammenligne de med det vi skrev ned under transkriberingen. I tillegg mener vi det er usannsynlig at informantene har latt seg påvirke av oss under intervjuene med tanke på vanskeligheten med å skape relasjoner gjennom Skype-intervju uten video.

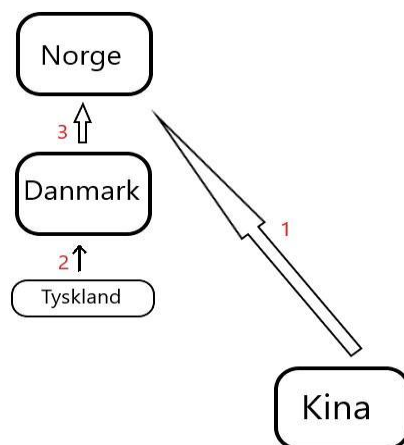


## 5.0 Resultat

I dette kapittelet presenteres de empiriske funnene gjort i intervjuene vi har hatt med Vestas og Zephyr. Vi vil først gjøre rede for informasjon om selve transport- og utbyggingsprosessen, før vi videre tar for oss de tre forskningsspørsmålene. Resultatet fra begge aktørene er slått sammen og kategorisert etter forskningsspørsmål.

### 5.1 Transport- og utbyggingsprosessen

Vestas har sitt hovedkvarter i Danmark, men produksjonen av komponenter foregår på fabrikker som er lokalisert i forskjellige land. For leveringen til Guleslettene har vi gjennom intervjuet med Vestas fått bekreftet hvor de ulike komponentene skal produseres og sendes i fra. Nacelle og nav produseres ved den danske fabrikken i Ringkøbing, og bladene produseres i den tyske byen Lauchhammer. Disse komponentene leveres til Esbjerg havn i Danmark, hvor de konsolideres og fraktes til Norge. Tårnkomponentene produseres i den kinesiske byen Tianjin, og fraktes der ifra til Norge. Tårntransporten konsolideres vanligvis med andre prosjekter i Europa, noe som fører til at transporten utfører flere stopp på veien. I figur 10 illustreres en enkel oversikt over transportetapper fra leverandør til Norge.



Figur 10: Oversikt over transportetapper

Punkt 1 viser tårntransporten som gjøres fra Kina til Norge. Punkt 2 viser transport av bladene fra Lauchhammer i Tyskland, som konsolideres med nacelle- og navkomponentene i Danmark. Punkt 3 viser den konsoliderte transporten fra Danmark til Norge.

I dette prosjektet opereres det med totalentreprise, der Vestas har ansvar for både transport, montering og igangkjøring av vindkraftverket. Det leies inn egne aktører for både sjø- og

vegtransport. Hvilke firmaer som leies inn er et spørsmål om pris og tilgjengelighet på nødvendig utstyr.

Selve transportereringen fra lagringsplass til site foregår på kvelds- og nattestid for å unngå komplikasjoner med annen trafikk og for å ta hensyn til andre trafikanter. For å bruke et eksempel, så foregikk transporten til Roan Vindpark seks dager i uka i tidsrommet mellom klokken 18:00 og 01:30. Dersom alt går som planlagt, vil første transport gå i mars 2020 og foregå i cirka tre måneder. I følge informanten fra Zephyr gjøres det erfaringsmessig to transporter per døgn. Dette kommer an på hvilke komponenter som transporteres - blader eller mindre komponenter. Man beregner omtrent 10 trailere per vindturbin. Med 47 vindturbiner som skal transporteres vil det tilsvare 470 trailere eller turer for Guleslettene. Turene gjennomføres i samarbeid med både politiet og Statens Vegvesen.

Monteringen av vindmøllene er fordelt i to faser: en pre-installering og main-installering. Under pre-installeringen monteres bunnen og midtseksjonen, altså tårnkomponentene. Main-installeringen går ut på installasjon av nacelle, nav og blader, som utgjør toppseksjonen. For å bruke Roan som eksempel, ble det på en god uke montert 9-12 tårnseksjoner under pre-installeringsfasen. Under main-installeringen ble det på det meste montert 6 turbiner per uke. Monteringsfasen starter altså med å ferdigstille tårnene, for så å montere selve turbinene.

## **5.2 Forskningsspørsmål 1**

I det første forskningsspørsmålet ville vi finne ut hva som er de største utfordringene knyttet til transportereringen av vindmøllekomponenter.

For selve transporten, pekte informantene på flere utfordringer. De fleste utfordringene kommer som et resultat av komponentenes dimensjoner og vanskeligheten ved å frakte disse. Vi stilte informanten i fra Vestas et direkte spørsmål om noen komponenter er vanskeligere å frakte enn andre, og fikk som svar at bladene vanligvis er de mest utfordrende å håndtere. Dette har med bladenes lengde og vekt å gjøre. Når de gjennomfører veiundersøkelser i forkant av et prosjekt, baserer de undersøkelsene på transporterering av bladene. I tillegg til bladene er det flere komponenter med utfordrende størrelser og vekt. Utfordringene som oppstår er begrensninger i vegnettet, som for eksempel tunneler, smale veger, svinger og broer og dens bæreevne. Et konkret eksempel på en slik begrensning som ble nevnt av begge informanter, er Haukåtunnelen på fylkesvei 614 i Flora kommune. Tunnelen ligger cirka 8.5 km fra Guleslettene, og må passeres dersom transporten går fra

Florø. For at det skal være mulig, må det gjøres en modifikasjon i tunnelen. Tunnelens radius innvendig er for liten og må derfor rettes ut slik at transporten med de største komponentene kan ferdes i gjennom. De nødvendige modifikasjonene må være ferdiggjort i slutten av sommeren i år, ettersom de skal gjennomføre en prøvetransport i oktober.

Selv om det gjøres grundige undersøkelser i forkant av vindkraftprosjekter, kan det likevel oppstå utfordringer utenom de som allerede er kartlagt. Typisk vil dette være vanskelige værforhold som hindrer optimal flyt i transporten. I tillegg kan dårlige grunnforhold på veger og rasfare spille inn. Forsinkelser er også noe som kan forekomme. Dette kan for eksempel skyldes mangel på råvarer hos fabrikkene som produserer komponentene. Det kan også oppstå misforståelser mellom de ulike aktørene som deltar i prosessen. Dette kan være alt fra feil i bestilling av komponenter til at det leies inn feil type kraner til løfting av komponenter og utstyr.

I tillegg til fysiske begrensninger kan det oppstå problemer på andre fronter. Selv om de ikke har hatt noen problemer med dette tidligere, nevner informanten fra Vestas at lokalbefolkning kan være en utfordringer. Informanten fra Zephyr opplever også at myndighetene og Statens Vegvesen har ulik kompetanse på de forskjellige stedene, og operer med ulike retningslinjer. Informanten påpeker at det ikke er noen standardisert prosess under kommunikasjonen med myndighetene, og at regelverket ikke er klart nok definert.

### **5.3 Forskningsspørsmål 2**

I det andre forskningsspørsmålet var målet å få kartlagt hvilke typer transportmidler som er aktuelle for dette prosjektet. Valg av transportmidler gjøres ut i fra faktorer som distanser, kostnader og godsets størrelse og vekt. Hvilke leverandører som skal brukes er ennå ikke bestemt, men det er viss formening om det. Resultatet av dette forskningsspørsmålet baserer seg både på transporten for Guleslettene og tidligere prosjekter hos Vestas.

Som nevnt tidligere, leies underleverandører inn for å utføre transporttjenestene. Ifølge informanten fra Vestas bruker de underleverandører for både sjø- og vegtransport. For dette prosjektet trengs det tre transporttjenester: én for transport av tårn fra Kina, én for den konsoliderte transporten fra Danmark og én for vei-basert spesialtransport fra lagringsplass til site. For veitransport av vindmøllekomponentene kreves det såkalte spesialkjøretøy. Dette dreier seg om trailere med spesialtilpassede henger og utstyr som gjør det mulig å transportere stort og tungt gods, som for eksempel vindmølleblader. Tårnene skal som nevnt

leveres i én transport fra Kina. Ettersom denne transporten er konsolidert med andre prosjekter i Europa, trengs det et fartøy som kan bære store volum av gods. Nøyaktig hvilken skipskategori som er aktuell kunne ikke informantene svare på, ettersom prosjektet fortsatt er i en tidlig fase. Dette er også tilfellet for transporten fra Esbjerg til Florø, som skal transportere blader, naceller og nav. Ved mange kaianlegg er det begrensninger til hvilke skip som kan legge til, men Vestas ser ingen begrensninger med Fjord Base som mottakshavn.

Om det er én eller flere aktører som skal stå for transporttjenestene er ikke foreløpig ikke bestemt. Likevel nevnes nederlandske Mammoet og finske Silvasti som potensielle transportleverandører. Disse kan så leie inn Klepp Spesialtransport som underleverandør for veitransporten. Vestas har tidligere tatt i bruk tjenester fra Klepp Spesialtransport, da selskapet for eksempel stod for veitransporten til Roan Vindpark i 2018.

## **5.4 Forskningsspørsmål 3**

Det siste forskningsspørsmålet baserer seg på i hvilken grad Lean benyttes under planleggingen og transporten av vindmøllekomponenter.

Utbyggingen av Guleslettene Vindpark foregår i et fjellområde hvor det er få lagringsmuligheter for store vindmøllekomponenter. Komponentene lagres derfor bare midlertidig før montering. Ved Roan prosjektet hadde de en pre-innstalleringsplan og hoved innstalleringsplan. En uke før pre-innstalleringen startet, begynte de transporteringen av komponenter. Dette for å bygge opp et lager. Ved å gjøre det på denne måten kunne de starte monteringen så snart kranen var på plass, og unngikk dermed ventetid som følge av mangel på riktige komponenter ved site.

Prosjektene er her planlagt baklengs fra innstallerings planen. Dette betyr at de starter ved å se på når komponenter trengs ved site, før de planlegger når komponentene trengs ved mottakshavn. Dette gjør de for å muliggjøre overvåkning av lagervolumet, slik at det til enhver tid er nok komponenter som skal fraktes til site. Videre planlegges det når komponentene må sendes fra lastehavnen i Esbjerg og Kina, for å opprettholde en jevn strøm av transport.

Vestas ønsker i hovedsak ikke mellomlagringshavner, men på grunn av store komponenter og lange distanser fra fabrikk til utbyggingsområder, kan dette bli nødvendig. For å oppnå minst mulig kostnader og for å optimalisere flyten, bruker planleggingsteamet

simuleringsverktøy. Her legger de inn all tilgjengelig relevant informasjon om komponenter, mengde, potensielle mottakshavner, lagringsområder, transportmetoder, transportruter og flaskehalsar ved de forskjellige transportrutene. Gjennom bruken av simuleringsverktøyet kommer de frem til ønsket transportrute og transportmetode, samt transportvolum, hyppighet av transporter og lagringsvalg.

Gjennom hele arbeidsprosessen fra planlegging til utføring, følger Vestas en implementert Lean tankegang for å utføre det kunden ønsker. Her ønsker de minst mulig sløsing av ressurser. Problemer som kan oppstå må være avdekket for å unngå uønsket ledetid. Ifølge informanten i Vestas jobbes det hardt for å oppnå best mulig planlegging og avdekking av potensielle problemer. Små tuneller og smale, dårlige veier kan her være en utfordring da komponentene som transporteres er store. Det kan være små marginer som står mellom suksess og feiling.

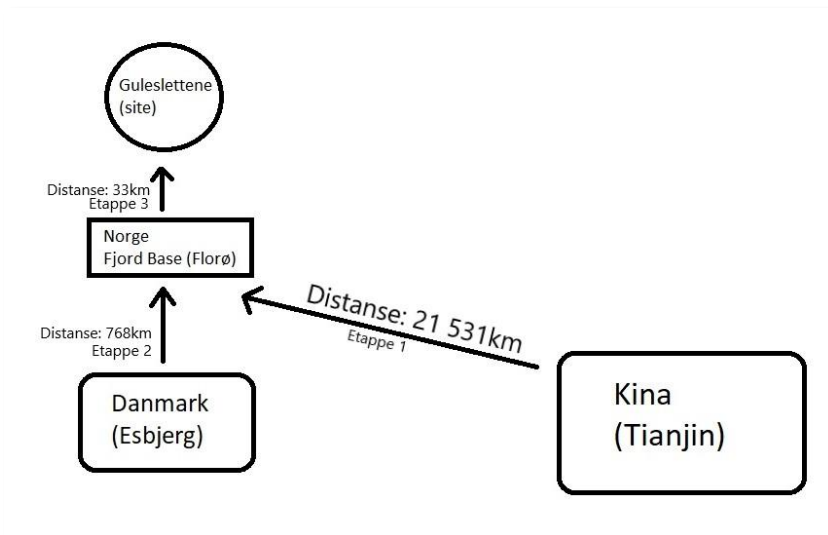
Ifølge vår informant fra Vestas, får færrest mulig underleverandører tildelt transportkontraktene. Dette er for å gjøre kommunikasjonen under transporten enklere. Ved å ha færrest mulig transportører og forholde seg til, blir kommunikasjons-flyten lettere og mer åpen. Alle prosjekter har forskjellige utfordringer, det er derfor viktig å ta med seg lærdom fra utførte prosjekter som kan bli nyttig ved fremtidige prosjekter.

## 6.0 Analyse

I dette kapittelet vil vi presentere den planlagte transport- og logistikk-løsningen for Guleslettene. Analysen tar utgangspunkt i det teoretiske rammeverket og resultatet av datainnsamlingen.

### 6.1 Planlagt transportløsning

Med den planlagte transportløsningen menes de transportrutene, transportmetodene og lagringsløsningene som per dags dato er planlagt å brukes for Guleslettene. Dette har vi fått kartlagt i gjennom intervjuene med både Vestas og Zephyr. Begge informantene har lik oppfatning av situasjonen og var samstemte i beskrivningen av transportprosessen. For å gjøre transportprosessen oversiktlig, deler vi den inn etter etappe 1, 2 og 3. Her snakker vi henholdsvis om tårntransporten fra Kina til Fjord Base, den konsoliderte komponenttransport fra Danmark til Fjord Base og komponenttransport fra Fjord Base til Guleslettene. En enkel oversikt over situasjonen illustreres i figur 11:



Figur 11: Oversikt over transportetapper med distanse

Vi snakker her om en intermodal transportløsning, hvor det benyttes både veibasert- og sjøbasert transport. Den intermodale transporten består av de tre fasene vi gjorde rede for i teorikapittelet: komposisjon, utvekslingssted og dekomposisjon. Her vil komposisjonsfasen bestå av pre-transportene fra fabrikk til havn både i Kina og Danmark. De to første etappene

via sjø fra Kina og Danmark utgjør hovedtransporten. Her er destinasjonen Fjord Base, som kan defineres som utvekslingsstedet eller mellomlagringspunktet i transportkjeden. Til slutt følger dekomposisjonen, hvor komponentene fraktes fra Fjord Base og helt frem til sluttdestinasjon ved site. Etappe én går fra Tianjin i Kina til Fjord Base i Florø. Denne transporten utføres via sjø og har en distanse på 21 531 kilometer. Etappe nummer to foregår mellom Esbjerg og Fjord Base, og utføres også maritimt. Distansen for denne ruten er 768 kilometer. Den tredje og siste etappen er veitransport fra Fjord Base til Guleslettene. Etappen har en distanse på 33 kilometer, og er beregnet fra Fjord Base til den første adkomstvegen som er lokalisert ved Magnhildsskarstunnelen. Distansene for sjørute 1 og 2 er begge funnet ved hjelp av kalkuleringsverktøyet i Searoutes.com, mens distansen for vegtransporten fra Florø til Guleslettene er funnet i Google Maps.

### **6.1.1 Etappe 1 – Tianjin til Florø**

Tårnkomponentene produseres og sendes fra den kinesiske byen Tianjin. Transporten vil gå fra havnen i Tianjin og følge den vanlige sjøvegen til Europa via Suezkanalen. Etter beregninger med verktøyet Searoutes.com, vil en transportetappe via denne ruten bruke mellom 30 - 35 dager. Dette vil selvfølgelig variere med servicehastighet for det aktuelle fartøyet. Siden transporten for dette prosjektet er konsolidert med andre prosjekter, vil tårntransporten gjennomføre flere stopp på vegen, og derfor føre til at transporttiden vil øke. Vi vet ikke noe om hvilke og antall stopp som skal gjøres på turen, og har derfor ikke mulighet til å ta dette med i beregningene.

For Guleslettene tilsvarer denne ruten transport av tårnkomponenter for 47 vindturbiner. I tillegg er transporten konsolidert med komponenter fra flere vindkraftprosjekter i Europa, som gjør at antallet tårnkomponenter blir betydelig større. Ettersom tårnene består av 2-4 komponenter som til sammen utgjør en lengde på 80 meter per tårn, kreves det et relativt stort fartøy med stor lastekapasitet. Selv om valg av fartøy ikke er kartlagt på dette stadiet, kan vi likevel se til tidligere Vestas-prosjekter for å skape et bilde og en formening om hvilket type fartøy som vil benyttes for transporten av tårn. Under utbyggingen av Roan vindpark ble tårnkomponentene fraktet fra Esbjerg til Monstad ved hjelp av M/V Ocean Pride. Skipet er et 126 meter langt tørrbulkskip med en dekkbredde på 20 meter og en lastekapasitet (dødvekttonn) på 7100 tonn. Dette tilsvarer en transport av 12 midtseksjonskomponenter og 12 bunnseksjonskomponenter, som til sammen utgjorde totalt 12 vindmølletårn. For transporten fra Tianjin til Fjord Base vil det mest sannsynlig bli brukt

en lignende fartøystype, men med større lastekapasitet. Tørrbulkskip kan som kjent fra teorikapittelet deles inn i kategorier basert på dødvekttonn. M/V Ocean Pride går med sine 7100 dvt under kategorien «small» tørrbulk. Andre kategorier for tørrbulkskip er:

Kategori	Handysize	Handymax	Supramax	Panamax	Capesize
Dødvekttonn	10 000 – 39 999	40 000 – 49 999	50 000 – 59 999	60 000 – 79 999	>100 000

Tabell 1: Kategorier for tørrbulkskip

Ettersom transporten fra Kina til Fjord Base vil bestå av de 47 tårnkomponentene til Guleslettene pluss komponenter fra flere prosjekter i Europa, vil det være nødvendig med et skip med betydelig større lastekapasitet enn M/V Ocean Pride. Man kan da se for seg at det enten kreves et Handymax-fartøy eller en større kategori, gitt at alle komponentene skal fraktes under én og samme transport.

For at Fjord Base skal fungere optimalt som en lagringshavn, må kaianleggene tilfredsstillende den aktuelle typen fartøy sine behov. Med behov så mener vi tilstrekkelig lengde på kai, kaiens funksjonalitet og havdybde ved kaifront. Som vi nevnte i kapittel 2.3, har Fjord Base til sammen seks kaianlegg med ulike lengder og egenskaper. Kai «G» er den lengste på 150 meter, og kan betjene skip med størrelser på opptil 250 meter. Kaien benyttes til daglig for mottak av stykk gods, containere, offshore forsyninger, våtbulk og funksjonerer i tillegg som ventekai (INC-gruppen 2018). Ettersom skipet med tårnlasten etter alt å dømme vil være et relativt langt tørrbulkskip, er kai «G» et bra alternativ for mottak av komponentene. I tillegg til lengden er kaien også den med størst minimumsdybde ved kaifront, noe som er en viktig faktor for å tilfredsstillende store fartøys behov. I figur 12 ser man Fjord Base i Florø, der de forskjellige kaianleggene er markert med navn i form av bokstaver.



Figur 12: Oversiktsbilde av kaianleggene ved Fjord Base (INC-gruppen, incgruppen.no 2018)

Kai «G» er markert med rød sirkel, og finnes lengst til venstre i figuren. Lagringskapasiteten for selve kaien begrenser seg til 10 tonn/m<sup>2</sup> jevnt fordelt. Området bak kaien benyttes vanligvis til lagring av rør og subsea-komponenter. Lagringskapasiteten er stor, noe som i lag med beliggenheten gjør dette til en potensiell lagringsplass for komponentene



For lossing og lasting av komponenter trengs det kraner med tilstrekkelig løftekapasitet. Ofte er fartøy utstyrt med kraner om bord, men dette er ikke alltid tilfelle, og det kreves kraner som er plassert på land. Selve lossingen fra skip til land kan utføres både med kran fra skip eller landbasert kran. Det kreves uansett en landbasert kran når komponentene skal lastes om bord i biler for videre transport fra Fjord Base til site. En kran må leies inn med mindre Fjord Base har tilgjengelige kraner med den løftekapasiteten som kreves for vindmøllekomponentene.

#### **6.1.1.1 utfordringer og kostnader**

I dette kapittelet diskuteres utfordringer og kostnader knyttet til transporten fra Tianjin til Florø. Med utfordringer menes potensielle problem og flaskehals for transporten. Under kostnader ser vi på hvilke kostnader som oppstår ved transportrutene.

#### **Utfordringer**

Problemer og utfordringer som kan oppstå under slike transporter kan både være kartlagt under planleggingsprosessen og være uforutsigbare. De uforutsigbare utfordringene dreier seg ofte om værforhold, da for eksempel kraftig vind eller dårlig sikt som følge av skodde kan hindre flyt i transporten. Andre problemer kan komme som følge av forsinkelser hos fabrikk eller misforståelser mellom leverandør og underleverandører. De fleste misforståelsene kommer som følge av mangel på eller mistolking av informasjon. Dette kan for eksempel være at man mangler nødvendig utstyr fordi to aktører tror at den andre står ansvarlig for å stille med utstyret. Ifølge Vestas, verner de seg fra slike problemer ved å legge inn tidsbuffer for å unngå at problemene fører til forsinkelser eller stopp i transport- og utbyggingsprosessen. Noe som også kreves beskyttelse mot er piratvirksomheten ved Adenbukta. Dette området ligger ved Somalias østkyst, og må passeres før man skal gjennom Suezkanalen. Piratvirksomheten var et voksende problem siden 2005, men har i de siste årene avtatt som følge av forskjellige sikkerhetstiltak (Pristrom, et al. 2016). Tiltak kan gjøres i form av fysiske barrierer på skipet som piggråd, vannkanoner og innleide vakter fra maritime sikkerhetsselskap. I tillegg operer militærstyrker fra ulike land i områdene rundt Adenbukta, hvor det patruljeres med militære fartøy (BIMCO, et al. 2018). For at tårntransporten skal kunne ferdes trygt i Adenbukta, anser vi det som svært viktig at det aktuelle fartøyet tar i bruk anbefalte former for sikkerhetstiltak.

#### **Kostnader**

I figur 7 som viser kostnadsfunksjoner for ulike transportmetoder, tilsvarer D1 en distanse på 500 – 750 kilometer, og D2 en distanse på 1500 kilometer. Når distansen passerer D1, vil jernbane være billigere enn vegtransport, mens ved D2 vil sjøtransport lønne seg. Transportruten mellom Kina og Florø har en distanse på 21 531 kilometer, og overgår distansen D2 med stor margin. Om man skal basere seg på denne enkle modellen, er det derfor ingen tvil om at det for denne transportruten bør benyttes sjøtransport.

Interne kostnader vil oppstå i form av både tids- og distansekostnader. De største kostnaden ved selve transporten knyttes til drivstoff, personalkostnader, diverse avgifter og terminalkostnader ved havn. Med tanke på distansen fra Kina til Europa vil drivstoffutgiftene bli høye. Ved passering av Suezkanalen vil man måtte betale avgifter. Slike avgifter kommer i tillegg til havneavgifter og miljøavgifter. Ettersom det kreves et stort fartøy for transporten, vil det også være behov for et stort mannskap til å drifte fartøyet, og dermed større lønnskostnader.

Forurensing er som vi har nevnt den viktigste eksterne kostnaden for sjøtransport. Dette vil spesielt gjelde for transporter med avstander lik denne transportruten. Negative eksternaliteter som støy og kø vil mest sannsynlig ikke bli noe større problem enn det som normalt sett er tilfellet ved sjøtransport.

#### **6.1.1.2 Lean**

En måte Vestas oppnår lavere kostnader ved denne ruten er at tårntransporten konsolideres med andre prosjekter i Europa. På denne måten unngår man unødvendig bruk av ressurser i form av fartøy, som ville ført til både interne- og eksterne ekstrakostnader. De viktigste interne kostnadsbesparelsene man oppnår vil være mindre kostnader ved å leie ett skip istedenfor flere og drivstoffbesparelser. Den viktigste eksterne kostnadsbesparelsen vil komme i form av mindre forurensning. En intern kostnad som derimot vil øke er tidskostnaden. Som vi har påpekt tidligere, vil transporttiden fra Tianjin til Florø øke på grunn av stoppene som må gjøre i forbindelse med de konsoliderte prosjektene.

Mindre lagringskostnader oppnås også ved at tårntransporten er den første komponentleveransen som gjøres. Her unngås ekstra lagringskostnader ved at komponenter som ikke skal brukes med det første transporteres kun når dette er et behov.

### 6.1.2 Etappe 2 – Esbjerg til Florø

I Esbjerg konsolideres de resterende komponentene som kommer med pre-transporten fra de forskjellige fabrikkene i Tyskland og Danmark. Komponentene vi her snakker om er nacelle og nav som produseres i Ringkøbing, samt bladene som produseres i den tyske byen Lauchhammer. Komponentene fraktes så direkte fra havnen i Esbjerg til Fjord Base, en strekning på cirka 768 kilometer. Servicetiden for denne ruten vil ifølge searoutes.com være cirka 1.3 dager, men kommer helt an på type fartøy og servicehastighet.

Transporten fra Esbjerg vil bestå av nacelle-, nav- og bladkomponenter for de til sammen 47 vindmøllene som skal bygges på Guleslettene. Valg av fartøy og detaljer for hver transport er fremdeles ikke kartlagt, men problemstillingene knyttet til dette vil være å velge et fartøy med tilstrekkelig kapasitet til å frakte komponentene, samt beregne hvor mange turer som kreves. Denne kalkuleringen gjøres ved hjelp av et simuleringsverktøy som kan finne optimale løsninger basert på valgt strategi. Bladkomponentene er de største og tyngste av samtlige komponenter. Med en lengde på nesten 70 meter og en maksimal transport-vekt på 70 tonn, kreves det naturligvis et stort fartøy med evne til å bære tungt gods. Nacellekomponentene er også relativt store, men vil i lag med Nav-komponentene være enklere å transportere basert på dimensjoner og vekt. I resultatkapittelet under forskningsspørsmål 3 gjorde vi klart at det opereres med et overvåkningssystem over lagervolumet for å kunne beregne når en transport med komponenter fra Esbjerg kreves. Dette tyder på at komponentene skal transporteres under flere transporter istedenfor én samlet transport.

I likhet med tårntransporten, vil det være naturlig at også komponentene med denne transporten losses av på kai «G». Kaiens lengde og bæreevne er tilstrekkelig for de potensielle fartøyene som skal utføre transporten. I tillegg antar vi at det ønskes en lagring hvor komponentene er samlet, noe som taler for at kai «G» velges i tillegg til at tårnkomponentene allerede lagres i dette området. Ettersom transporten av tårnkomponentene fra lagringsplass til site mest sannsynlig starter før transporten fra Esbjerg ankommer, vil lagringskapasitet bli frigjort parallelt med fraktingen av tårnkomponentene. For lossing og lasting gjelder stort sett de samme premissene som vi gjorde rede for i kapittelet om etappe 1.

### **6.1.2.1 utfordringer og kostnader**

Her vil vi likhet med kapittel 6.1.1.1 diskutere utfordringer og kostnader for den gjeldende etappen.

#### **Utfordringer**

For denne transportetappen vil utfordringene stort sett basere seg på de vi redegjorde for i forrige kapittel. Vi snakker igjen om værforhold, forsinkelser og misforståelser som kan påvirke tid og kostnader for prosjektet. Forsinkelser kan i dette tilfellet skje i sammenheng med fabrikkene i Luchhammer og Ringkøbing, hvor det kan oppstå problemer med selve produksjonen eller under pre-transporten til Esbjerg havn. Problemer i produksjonen kan forekomme av mangel på nødvendige råvarer, som for eksempel metall til komponenter. Undre pre-transporten vil vi spesielt peke på pre-transporten av bladkomponentene, som ifølge både Vestas og Zephyr er de mest krevende å transportere. Bladene sendes med tog fra Lauchhammer, men må både før og etter selve transporten håndteres i form av kranløft. Problemer med kranløft kan forekomme av for eksempel sterk vind, som kan føre til at transporten må utsettes. En annen situasjon som kan oppstå er endringer i kundens bestilling. Dette har vi fått et konkret eksempel på ved utbyggingen av Roan Vindpark. I intervjuet med Vestas forteller informanten at bladene til Roan skulle leveres med såkalte gurney flaps, som er komponenter som monteres på bladene for å øke effektiviteten. Kunden bestemte seg så flere uker ut i transportprosessen at det ikke var ønskelig med disse komponentene likevel. Bladene var på dette tidspunkt ankommet kaien på Monstad, hvor det måtte etableres en demonteringsstasjon for å ta bort gurney flaps komponentene. Slike bestillingsendringer kan føre til store forsinkelser, og spesielt om de forekommer langt ut i transportprosessen.

#### **Kostnader**

Vi tar igjen utgangspunkt i kostnadsfunksjonene for de ulike transportmetodene. Distansen mellom Esbjerg Havn og Fjord Base tilsvarer cirka 768 kilometer. Ifølge modellen i figur 7 vil det være mest lønnsomt å bruke jernbane for en transportrute med denne distansen. Denne modellen tar som sagt ikke hensyn til ulike faktorer som vil påvirke kostnadsfunksjonene, noe som er tilfellet for denne transporten. Dersom man skal frakte komponentene med jernbane, må man først igjennom Sverige for å komme til Norge. Transporten fra Esbjerg til Oslo har en distanse på cirka 800 kilometer, noe som tilsvarer en transporttid på 19.5 timer. I tillegg ville man vært avhengig av et modalt skift til enten sjø eller vei, ettersom nærmeste

jernbanestasjon for Fjord Base er lokalisert i Bergen, 228 kilometer unna. Til sammen vil den totale transportdistansen ende i nærheten av 1500 kilometer, som ifølge modellen er den distansen hvor det lønner seg å skifta fra jernbane til sjøtransport.

De interne kostnadselementene for denne transportrutene vil stort sett være de samme som i den første. Det som skiller disse etappene er transportdistansen og at det her vil benyttes flere fartøy istedenfor ett stort, som er tilfellet for den første etappen. Dette vil påvirke drivstoffutgiftene i form av at det gjøres flere turer til og fra Fjord Base. Hvor store endringene i drivstoffutgifter blir, avhenger av hvor mange turer som må gjøres og drivstofforbruket for den typen fartøy som velges. I tillegg vil kostnadene ved havneavgifter endres når mange fartøy må betjenes ved laste- og lossehavn.

De eksterne kostnadene vil også i dette tilfellet stort sett komme som et resultat av utslipp av klimagasser.

#### **6.1.2.2 Lean**

For denne transporten ser vi en klar Lean tankegang ved bruk av overvåkningssystemet for lagervolum. Overvåkingen benyttes som sagt for å beregne når en forsendelse med komponenter fra Esbjerg kreves, basert på når bestemte komponenter trengs under monteringen. Grunnen til dette er helt klart at det ønskes minst mulig lagringskostnader. Vi ser derfor en sterk sammenheng mellom denne situasjonen og LPDS i Lean Construction. LPDS går som sagt ut på å fullføre et prosjekt med minst mulig sløsing. Det som ligger til grunn her er at man opprettholder flyt ved at involverte aktører ikke må vente på hverandre under arbeidsprosessen. Dersom det for eksempel kreves en blad-komponent for å ferdigstille en vindmølle og denne komponenten ikke er tilgjengelig, vil arbeidsprosessen stoppe opp og dermed miste effektivitet

#### **6.1.3 Etappe 3 – Florø til Guleslettene**

Den siste transportetappen definerte vi som dekomposisjonsfasen, hvor komponentene fraktes via veg fra Fjord Base og helt frem til sluttdestinasjonen på Guleslettene, hvor vindmøllene skal monteres. Transportrutene følger riksveg 5 til Grov, hvor man tar til venstre inn på fylkesveg 614. Denne vegen følges helt til den første adkomstvegen ved Magnhildskarstunnelen. Distansen fra Fjord Base til adkomstvegen er cirka 32 kilometer, noe som tilsvarer en kjøretur på rundt 30 minutter. Dette vil naturligvis variere ut ifra hastighet og type kjøretøy som benyttes.

Monteringen deles som sagt inn etter fasene pre-installering og main-installering, hvor installasjon av tårn er det første steget i monteringsprosessen. Dette betyr at tårnkomponentene er de komponentene som først skal transporteres til site. Det vil ikke være hensiktsmessig at transporten starter med andre komponenter, da disse komponentene vil føre til unødvendig lagring på site i vente på at de skal monteres. Resterende komponenter vil kontinuerlig transporteres ut ifra monteringsplanen som definerer hvilke komponenter som trengs til enhver tid. Her benyttes lagerovervåkingen som vi har nevnt tidligere.

For de største komponentene kreves det kjøretøy med en bæreevne og størrelse som tilfredsstillende komponentenes behov. Vi snakker her om trailere med spesialtilpassede hengere som er designet for å kunne håndtere gods med store dimensjoner og høy vekt. Mindre komponenter, utstyr og verktøy som ikke krever like stor kapasitet vil transporteres med mer vanlige former for kjøretøy (trailere og lastebiler).

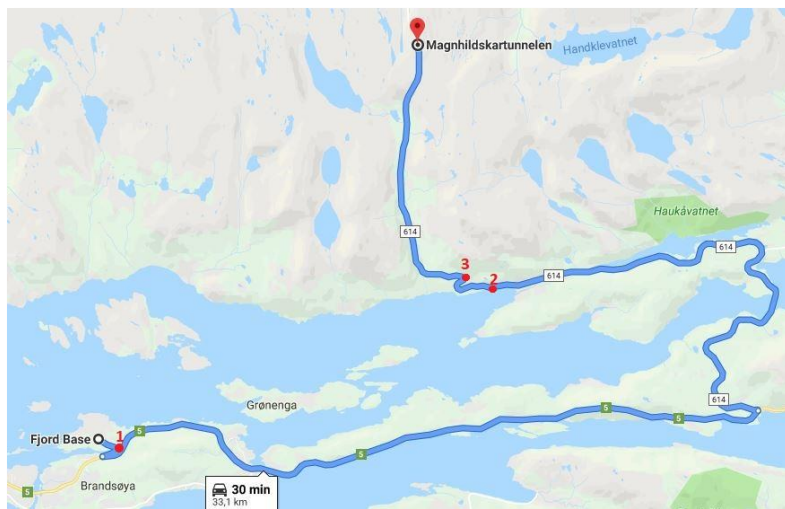
Som vi nevnte i resultatdelen, skal den første transporten etter planen gå i mars 2020. Transporten vil foregå på nattetid for å unngå utfordringer i forbindelse med annen trafikk. Dersom alt går etter planen, vil transporten foregå i cirka 3 måneder. Det er beregnet cirka ti transporter per turbin, og omtrent to transporter vil gjennomføres per døgn. En testkjøring av transportruten vil finne sted i oktober 2019 som forberedelse til utbyggingen skal starte. Dette betyr at nødvendige modifikasjoner må gjøres innen den tid. Man finner ved testkjøringen også ut om det kreves flere modifikasjoner enn først antatt. De potensielle modifikasjonen gjøres rede for i neste kapittel.

#### **6.1.3.1 Utfordringer, fordeler og kostnader**

På samme måte som i de to forrige kapitlene tar vi for oss utfordringer og kostnader. Forskjellen her i forhold til etappe 1 og 2, er at det dreier seg om vegtransport. Dette medfører at typen utfordringer og transportkostnader vil skille seg ut i fra det som gjaldt for sjøtransport. I tillegg vil vi her ta for oss de fordelene en utbedring av veinettet for denne transportruten kan føre med seg.

## Utfordringer

Det vi hovedsakelig legger i utfordringer ved denne etappen baserer seg på flaskehalsler i vegnettet. I resultatkapittelet under forskningsspørsmål 1, nevnte vi at slike flaskehalsler kan være for eksempel tunneler, smale veier, bruers bæreevne eller svinger. Alle disse flaskehalsene kommer som et resultat av vanskeligheten ved å transportere vindmøllekomponentene på grunn av de store dimensjonene. Både Zephyr og Vestas oppga Haukåtunnelen som et konkret eksempel på hvor det må gjøres en modifikasjon. En oversikt over denne tunnelen og andre flaskehalsler langs vegen mellom Fjord Base og den første adkomstveien illustreres i figur 13. Dette er flaskehalsler som vi mener det potensielt kreves modifikasjoner for. Vi har her fokusert på de store utfordringene, og sett vekk i fra små og midlertidige modifikasjoner som må gjøres, for eksempel fjerning av skilt.



Figur 13: Oversikt over markerte flaskehalsler langs transportruten (google.maps, 2019)

Etter å ha gjennomført en analyse av flaskehalsler langs veistrekning, har vi kommet frem til at det finnes to klare utfordringer i tillegg til Haukåtunnelen. Punkt nummer én viser den første utfordringen som vi mener er viktig å belyse, og gjelder valg av vei for utkjøring fra basen. Selv om det finnes flere adkomstveier til Fjord Base, mener vi at det er naturlig å bruke den østlige veien som er lokalisert like i nærheten av kai «G» og området hvor komponentene lagres. Veien er markert i vedlegg C, som viser området rundt kai «G». Hovedproblemet med svingen er at den er såpass skarp at transporten av blader kan få problemer med å ta seg ut på hovedveien. Det kan da tenkes at modifikasjoner i form av utvidelse blir nødvendig. Det andre punktet er markert ved Haukåtunnelen, som er den

største utfordringen man møter på under denne transporten. I enden av tunnelen svinger den skarpt mot venstre, og for at bladene skal kunne transporteres i gjennom, må tunnelen rettes ut innvendig. Dette er fordi at tunnelens radius er for liten til at bladtransporten kan gjennomføre svingen. I tillegg kan tunnelens høyde på 4.3 meter bli et problem for transporthøyden til enkelte komponenter. I vedlegg D kan man se tunnelen og dens indre radius. Den tredje og siste flaskehalsen er en sving som befinner seg cirka 700 meter fra Haukåtunnelen. Svingen går 180° rundt, og kan skape trøbbel for bladtransporten på grunn av svingens grad av skarphet og skogsområdet rundt svingen. Her kan det være aktuelt å enten utvide eller rette ut svingen, hvor felling av trær er en av flere tiltak som må gjøres. Flaskehalsen er illustrert i vedlegg E.

### **Fordeler**

De utbedringene som gjøres i transportruten og selve prosessen med å frakte vindmøller bærer med seg fordeler for eventuelle fremtidige vindkraftprosjekt i dette området. Om det enten skal bygges nye vindparker, eller om Guleslettene skal utvides, vil det mest sannsynlig ikke være nødvendig å gjøre nye modifikasjoner i veinettet. I tillegg har lokale aktører som er delaktig i prosjektet opparbeidet seg erfaring og kompetanse innenfor relevante områder. En utbedring av veinettet er ikke bare fordelaktig for utbyggingen av vindkraftverk. Modifikasjoner av Haukåtunnelen og en generell oppgradering av Fylkesvei 614 vil skape positive ringvirkninger for både lokalt næringsliv og privatpersoner. Ved å oppgradere veien, skapes både en tryggere og mer effektiv transportrute. En aktør som spesielt kan dra nytte av utbedringen, er smelteverket Elkem Bremanger i Svelgen. Det gjøres daglig transporter til og fra smelteverket, enten i form av ansatte som pendler til jobb eller tungtransport i forbindelse med leveranser. Derfor vil bedre veier skape fordeler for selskapet i form av tidsbesparelser, sikrere transport, mulighet til å benytte seg av større transportmidler og attraktivitet.

### **Kostnader**

Transportdistansen fra Fjord Base til adkomstveien ved Guleslettene er cirka 32 kilometer. Dette tilsvarer ut ifra modellen i figur 7 at veitransport vil være den mest lønnsomme transportmetoden. Det må også legges til at en rein sjøtransport fra Fjord Base til site vil være umulig på grunn av lokasjon.



De interne og eksterne kostnadene skiller seg her fra de to første transportrutene ettersom det nå dreier seg om veitransport. Som vi nevnte i teorikapittelet, snakker vi for veitransport om tidskostnader som løper proporsjonalt med tiden kjøretøyet benyttes, men ikke proporsjonalt med avstand. Distansekostnadene er kostnader som øker proporsjonalt med distansen. De interne kostnadene for denne transporten vil for eksempel knyttes til drivstoff, kapitalkostnader, sjåførlønn. I tillegg vil det forekomme kostnader i form av politieskorte og inngrep som må gjøres i veinettet. Det vil totalt utføres omtrent 470 transporter med vindmøllekomponenter, og kostnadene vil defineres ut pris per tur multiplisert med 470.

I tillegg vil det forekomme negative eksternaliteter ved veitransporten. De dominerende eksterne kostnadene vil i dette tilfellet være klimagassutslipp, slitasje på infrastruktur samt støy. Kø er generelt sett en stor negativ effekt innen veitransport, men i dette tilfelle vil denne eksterne kostnadene i stor grad unngås. Dette fordi transporten vil foregå på nattestid, da det som regel er mye mindre trafikk i forhold til på dagtid.

#### **6.1.3.2 Lean**

Under transporteringen av komponenter fra lagringsområdet på Fjord Base til Guleslettene gjelder det samme lagerovervåkningssystemet som vi har gjort rede for. Når det gjøres transporter fra Fjord Base mot site, vil lagernivået synke parallelt med antall komponenter som fraktes. Derfor brukes lageroveråking for å forsikre om at de komponentene som trengs i forhold til monteringsplanen til enhver tid er tilgjengelig for transport. Dette er som sagt for å forhindre stopp i prosessen, og kan knyttes til LPDS. Et konkret eksempel på dette kan være at en kranfører må vente på å utføre en arbeidsoppgave fordi den komponenten som trengs ikke er tilgjengelig. Ved site lagres stort sett kun komponenter som skal brukes innen kort tid for å holde lagerkostnader nede. I tillegg er lagringskapasiteten ved site begrenset. En annen form for å opprettholde flyt i transportprosessen er at transportene utføres på nattestid. Dette gjøres for å unngå annen trafikk som kan føre til forsinkelser og tap av effektivitet under transportene.

## 6.2 Muligheter

Her presenteres muligheter og alternative løsninger for hvordan transporten i de ulike etappene kan utføres.

### 6.2.1 Etappe 1

En måte å kutte ned på antall fartøy som brukes, kan være å konsolidere tårntransporten i lag med første last av komponenter fra Esbjerg. Dette kan gjøres ved at komponentene som befinner seg i Esbjerg lastes om bord i skipet som transporterer tårnene, for så å frakte alt videre til Florø. For at dette skal muliggjøres, må naturligvis komponentene til de andre prosjektene losses av først, slik at man frigjør lastekapasitet til komponentene i Esbjerg. Som vi nevnte tidligere i kapitlet, vet vi per dags dato ikke noe om hvor komponentene for de andre prosjektene skal leveres. Dersom de andre prosjektene finner sted i land sør for Norge, vil det være naturlig at disse komponentene losses av før skipet ankommer Fjord Base. Dermed vil det være kapasitet nok til at skipet fra Kina kan plukke med seg en del av godset fra Esbjerg og erstatte fartøyet som var ment for første leveranse av komponenter. Det vil si at behovet for antall fartøy minker ved en slik løsning. Å ta med samtlige komponenter fra Esbjerg vil ikke være aktuelt, da Zephyr og Vestas benytter en Lean tankegang og vil unngå for mye lagring så godt det lar seg gjøre. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 6.1.2. For å finne ut om en slik løsning lønner seg, må man vurdere kostnadene for de to metodene opp mot hverandre. Spørsmålene som må besvares vil knyttes til i hvilken grad, og om i det hele tatt, transportkostnadene minker ved en sammenslått løsning.

En mulighet knyttet direkte til selve transportruten fra Kina til Europa vil være å ta i bruk Nordøstpassasjen som en erstatning til dagens hovedrute gjennom Suezkanalen. Denne sjøruten binder Atlanterhavet og Stillehavet sammen og krysser det arktiske havet ved kysten til Russland og Norge. Ved å ta i bruk Nordøstpassasjen kan reisetiden mellom Europa og Asia forkortes opp mot 40% i forhold til dagens rute, som vil føre til besparelser ved transportkostnader og mer fleksibilitet og smidighet i sjøtransporten. Per dags dato har denne ruten store begrensninger i form av sjøis, navigasjonsvansker og politiske uenigheter (Schøyen og Bråthen 2011). Den største utfordringen er de store mengdene med sjøis i de Arktiske områdene. Isen setter begrensninger for når ruten kan brukes, som er om sommeren når isen er tynn og deler av ruten isfri (Chen, Lingling og Myksvoll 2015). Det er altså en forutsetning at isen smelter for å kunne ta i bruk Nordøstpassasjen. Issmeltingen skjer ved

klimaendringer som følger av global oppvarming, og vi kan si at dette er en faktor med bismak. Selv om det vil være positivt for Nordøstpassasjens eksistens, vil det påvirke miljøet i de Arktiske områdene og verden generelt i negativ forstand. Med tanke på at det kan ta tiår før Nordøstpassasjen potensielt er helt isfri, er dette en mulighet for fremtiden ved andre prosjekter, og er derfor ikke en realistisk mulighet for Guleslettene (Sjøfartsdirektoratet 2012).

### **6.2.2 Etappe 2**

Vi snakket i kapittel 6.2.1 om en mulig sammenslått løsning der tårntransporten fra Kina tar med seg en del av komponentene fra Esbjerg. I tillegg kan muligheter for transportruten Esbjerg – Fjord Base basere seg på hvorvidt man ønsker større fartøy og dermed færre turer, eller mindre fartøy og hyppigere forsendelser. I en slik vurdering må kostnader for transport veies opp mot lagringskostnader. Selv om vi fikk bekreftet at det ønskes minst mulig lagring, mener vi at det likevel er lurt å få kartlagt potensielle besparelser for de totale kostnadene, dersom besparelser er oppnåelig ved mer lagring og færre transporter. Ved større fartøy vil man ha kapasitet til å transportere flere komponenter gjennom færre turer, men vil føre til økte lagerkostnader ettersom flere komponenter ankommer tidligere enn nødvendig og dermed må lagres over lengre tid. Gjennom å benytte seg av mindre fartøy vil man være avhengig av flere turer. Fordelen med dette er at man kan tilpasse transporten ut i fra lagernivå. For å løse denne transporten, ser vi på to alternativer som aktuelle i tillegg til den løsningen i kapittel 6.2.1. Den første går ut på å samle alle komponentene under én transport. Løsning nummer to er å sende bladene for seg selv, og nacelle og nav konsolidert i ett fartøy. For den første løsningen kreves et fartøy som har kapasitet til å bære 3x47 blader, 47 naceller og 47 nav-komponenter. I den andre løsningen stilles det mindre krav til lastekapasitet, men kan til gjengjeld bli dyrere ettersom det kreves to fartøy. I forhold til den planlagte transportløsningen, vil det med disse to alternativene oppstå høyere lagringskostnader, da samtlige komponenter vil ankomme mottakshavn til samme tid.

### 6.2.3 Etappe 3

En alternativ løsning til transporten fra Fjord Base til Guleslettene innebærer å ta i bruk et roro-fartøy for å frakte vindmøllekomponenter. Indrehus ligger cirka 17 kilometer nord for adkomstveien med Magnhildskarstunnelen, og kan være et potensielt mottakssted for komponenter. En slik løsning hvor man transporterer hele kjøretøy med last har vært vurdert, og er derfor et reelt alternativ. Dette alternativet baserer seg på at komponenter lastes på kjøretøy, som igjen lastes om bord i fartøy og fraktes til Indrehus. Det finnes forskjellige størrelser på roro-fartøy, og antall kjøretøy som kan fraktes må tilpasses fartøyets kapasitet. Det som ligger til grunn for å velge en slik løsning, er at veistrekningen generelt sett er bedre fra Indrehus i forhold til veien fra Florø. Med bedre mener vi at det for eksempel er færre utfordrende svinger og ingen tunnelmodifikasjoner som kreves. Under analyseringen av veistrekningen fant vi kun én potensiell flaskehals i form av ei bro, hvor bæreevnen bør undersøkes. Den største utfordringen og kostnadsfaktoren ved denne transportruten er at det må bygges en kai tilpasset roro-fartøy i området rundt Indrehus. Det finnes allerede et kaiområde som ved modifikasjoner kan oppgraderes til å kunne betjene roro-fartøy, noe som kan minske kostnader ved utbygging av kai. Om dette kan brukes er avhengig av samarbeidsvillige grunneiere. En annen faktor som spiller inn er om havdybden er tilstrekkelig nok i forhold til det som kreves for de aktuelle fartøyene.

Når det gjelder kostnadsbildet, må de forskjellige kostnadselementene fra de to løsningene settes opp mot hverandre. I den opprinnelige løsningen fra kapittel 6.1.3 gjelder dette modifikasjoner som må gjøres på veistrekningen (utbedring av svinger og inngrep i Haukåtunnelen) og transportkostnader for veitransport. For denne løsningen snakker vi om kostnaden ved utbyggingen av en roro-kai og transportkostnadene ved å benytte både sjø- og veitransport.

## 7.0 Konklusjon

I denne oppgaven ville vi besvare følgende problemstilling:

*Hvordan er transporten av vindmøllekomponenter fra leverandør til Guleslettene tenkt gjennomført, og finnes det andre muligheter for transportprosessen?*

*I hvilken grad benyttes Lean for å oppnå en mer effektiv transportprosess?*

Selv om prosjektet foreløpig er i en tidlig fase og det ikke er valgt noen konkret transportleverandør, er likevel store deler av transportprosessen for Guleslettene vindpark kartlagt. Den planlagte transportprosessen går ut på at samtlige vindmøllekomponenter skal leveres og lagres ved Fjord Base i Florø, før de videre transporteres via vei til Guleslettene. Tårnkomponentene leveres med skip fra Tianjin i Kina til Fjord Base. Blader, naceller og nav konsolideres i Esbjerg i Danmark og fraktes der ifra med skip til Fjord Base. Vi har også basert på teori og resultat kommet frem til at det finnes andre muligheter for transportprosessen.

I løpet av undersøkelsen har vi kommet frem til at Lean benyttes i relativt stor grad for å oppnå effektivitet i transportprosessen. En Leanbasert tankegang brukes særlig for å minimere unødvendig lagring og for å redusere ledetid.

## 7.1 Videre forskning

Det finnes relativt lite forskning på dette temaet fra før, men med tanke på at fremveksten av vindkraft i Norge er økende, vil videre forskning lønne seg. I vår oppgave brukte vi kun to informanter for å generere data, og vil for videre forskning anbefale å utvide dette antallet. En konkret anbefaling vil være å ta i bruk informanter fra transportleverandører som har erfaring med transport av vindmøller. På denne måten kan man innhente mer detaljert informasjon rundt kostnader og flaskehals for slike transporter. Dersom det er ønskelig å gå mer detaljert til verks rundt kostnader, kan en løsning være å innhente tallbasert data. Konkrete tall kan for eksempel brukes i sammenligninger av kostnader for å finne den mest lønnsomme transportmetoden.

## Kilder

Alizadeh, Amir H, Siri Pettersen Strandenes, og Helen Thanopoulou. *sciencedirect.com*. August 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.03.005>.

Ballard, Glenn. *researchgate.net*. 2008.

[https://www.researchgate.net/profile/Glenn\\_Ballard/publication/228362769\\_The\\_1\\_ean\\_project\\_delivery\\_system\\_An\\_update/links/0fcfd50ae5723ee9fc000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Glenn_Ballard/publication/228362769_The_1_ean_project_delivery_system_An_update/links/0fcfd50ae5723ee9fc000000.pdf).

BIMCO, ICS, IGP&I Clubs, INTERTANKO, og OCIMF. *at-sea.mschoa.org*. 2018.

<https://at-sea.mschoa.org/media/1197/contents.pdf> (funnet Mai 2, 2019).

Bø, Eirill, og Stein Eirik Grønland. *Moderne Transportlogistikk*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS, 2014.

Chen, Linling, Suo Lingling, og Mari Myksvoll. *bjerknes.uib*. 30 April 2015.

<https://www.bjerknes.uib.no/artikler/nyheter/den-utfordrende-nordostpassasjen>.

Dalen, Monica. *Intervju som forskningsmetode*. Oslo: Universitetsforlaget, 2011.

Emmet, Stuart. *Excellence in Freight Transport - how to better manage demstic and international logistics transport*. Cambridge: Cambridge Academic, 2009.

FN-Sambandet. *FN-Sambandet*. 15 Januar 2019.

<https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling>.

Globalwindatlas.info. *Globalwindatlas.info*. 2019. <https://globalwindatlas.info/>.

Grønland, Stein Erik, Geir Berg, Eirill Bø, og Inger Beate Hovi. *toi*. Desember 2014.

<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=39199>.

Grønmo, Sigmund. *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Bergen: Fagbokforlaget, 2016.

INC-gruppen. *incgruppen.no*. 2018. <https://www.incgruppen.no/tjenester/fjordbase5/fjordbase-as/kai-g/>.

*Incgruppen.no*. 2018. <https://www.incgruppen.no/tjenester/fjordbase5/>.

Jacobsen, Dag Ingvar. *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* Oslo: Cappelen Damm Akademisk, 2015.

Jakobsen, Sissel B, et al. *Publikasjoner.nve.no*. 1 April 2019.  
[http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019\\_12.pdf?fbclid=IwAR1IBkDhCzsc3gh7nJAzRfHLx\\_sWEX9T0pUD-fi3wbiX7bOu2xuDrDMno](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_12.pdf?fbclid=IwAR1IBkDhCzsc3gh7nJAzRfHLx_sWEX9T0pUD-fi3wbiX7bOu2xuDrDMno).

Johannesen, Asbjørn, Per Arne Tufte, og Line Christoffersen. *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt forlag, 2004.

Kahnzode, Atul, Martin Fischer, Dean Reed, og Glenn Ballard. *Center for integrated facility engineering*. Desember 2006. <http://www.vdc-bimana.com/wp-content/uploads/2018/01/A-Guide-to-Applying-the-Principles-of-Virtual-Design-Construction-VDC-to-the-Lean-Project-Delivery-Process.pdf>.

Kalsaas, Bo Terje. *Lean Construction - Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Fagbokforlaget, 2017.

Monios, Jason, og Rickard Bergqvist. *Intermodal freight transport & logistics*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC, 2017.

Norconsult. *webfileservice.nve.no*. 23 Mars 2018.  
<http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201701563/2359402>  
(funnet Februar 19, 2019).

NVE. *Norges vassdrags- og energidirektorat*. 2019. [https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned?fbclid=IwAR0Lm4nJG2CCU8ciep3V9oMt09\\_ID91LbLtu43b5vSsZ2hRIIq87\\_JHWrnY](https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned?fbclid=IwAR0Lm4nJG2CCU8ciep3V9oMt09_ID91LbLtu43b5vSsZ2hRIIq87_JHWrnY).



Norges vassdrags- og energidirektorat. 2019.

<https://www.nve.no/energiforsyning/vindkraft/vindkraftdata/?ref=mainmenu&fbclid=IwAR2DXDfYkhyQEogXhKtdAR2Qe9ffnJjKS3gGC4T7YIRIoLJjDczIP5um9dc>.

Pristrom, Sascha, Zaili Yang, Jin Wang, og Xinping Yang. *sciencedirect*. 2016.

<https://doi.org/10.1016/j.res.2016.07.001>.

Regjeringen. *Regjeringen*. 8 August 2014.

[https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/fornybar-energi/fornybar-energiproduksjon-i-norge/id2343462/?fbclid=IwAR27gpQLnmBL9XMUSfV\\_Ax0CTF99csJbQthjguRHZ21GpyuFCRxLVBh-MPQ](https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/fornybar-energi/fornybar-energiproduksjon-i-norge/id2343462/?fbclid=IwAR27gpQLnmBL9XMUSfV_Ax0CTF99csJbQthjguRHZ21GpyuFCRxLVBh-MPQ).

Rodrigue, Jean-Paul, Claude Comtois, og Brian Slack. *The Geography Of Transport Systems*. New York: Routledge, 2017.

Rolfsen, Monica. *Lean blir norsk*. Bergen: Fagbokforlaget, 2014.

Rødseth, Kenneth Løvold, og Marit Killi. *Toi*. April 2014.

<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=36274>.

Schøyen, Halvor, og Svein Bråthen. *sciencedirect.com*. Juli 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.03.003>.

Sjøfartsdirektoratet. *barentswatch.no*. 18 Mai 2012.

<https://www.barentswatch.no/artikler/Skipstrafikk-i-Arktis/?fbclid=IwAR38jKyIN4PF7ozDg3iawMpVPKpT3hVyA5PU8pMWmcdxUU4vDuMOw99yU6M>.

ssb. *ssb.no*. 2019. <https://www.ssb.no/statbank/table/11403/tableViewLayout1/>.

SSB. *Ssb.no*. 2019. [https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned?fbclid=IwAR0Lm4nJG2CCU8ciep3V9oMt09\\_ID91LbLtu43b5vSsZ2hRIIq87\\_JHWrnY](https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned?fbclid=IwAR0Lm4nJG2CCU8ciep3V9oMt09_ID91LbLtu43b5vSsZ2hRIIq87_JHWrnY).

Statkraft. *Statkraft.no*. August 2010. [https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned?fbclid=IwAR0Lm4nJG2CCU8ciep3V9oMt09\\_ID91LbLtu43b5vSsZ2hRIIq87\\_JHWrnY](https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/maaned?fbclid=IwAR0Lm4nJG2CCU8ciep3V9oMt09_ID91LbLtu43b5vSsZ2hRIIq87_JHWrnY).

Thune-Larsen, Harald, Knut Veisten, Kenneth Løvold Rødseth, og Ronny Klæboe. *Toi*. Mars 2016. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=38978>.

Vestas. *Vestas.com*. 2019. [https://www.vestas.com/en/products/4-mw-platform/v136-\\_4\\_2\\_mw#!](https://www.vestas.com/en/products/4-mw-platform/v136-_4_2_mw#!)

Wig, Bjarne Berg. *Lean: ledelse for lærende organisasjoner*. Oslo: Gyldendal akademisk, 2014.

Zephyr. *Zephyr.no*. Februar 2019. <http://www.zephyr.no/guleslettene-sogn-og-fjordane/> (funnet Februar 19, 2019).

# Vedlegg

## Vedlegg A: Intervjuguide Zephyr

### Intervjuguide

Intervjuobjekt:

Prosjektleder

Zephyr

#### Bransjen

1. Hvor stor er denne bransjen, både nasjonalt og internasjonalt?  
Omsetning, antall aktører, antall vindparker
2. Hvor er den typiske geografiske plasseringen av vindparker for dere?
3. Er det vanlig at en aktør står for hele transportkjeden?

#### Transport og lagring

4. Hvordan ser dere for dere at transportprosessen fra leverandør til Guleslettene blir gjennomført?
5. Mener dere at Fjordbase i Florø som mellomlagringspunkt er det beste alternativet? Hvorfor/ hvorfor ikke?
6. Vurderer dere andre alternativ? Andre mellomlagringspunkt? Et just-in-time Alternativ?
7. Tatt i utgangspunkt Fjordbase som mellomlagringspunkt: Hva anser dere som mest realistisk transportmetode fra Fjordbase til Guleslettene? Optimal rute?
8. Har dere noen formening om hvilket firma som skal stå for spesialtransport?
9. Hvem vil stå ansvarlig for å leie inn spesialtransport?
10. Hvilke ledd i transportkjeden anser du å være den mest kritiske? Hvorfor?

#### Utfordringer

11. Hva tror dere blir de største utfordringene når det kommer til transportprosessen?
12. Ser dere noen klare flaskehals? I så fall, hvilke?
13. Tatt i utgangspunkt Fjordbase som mellomlagringspunkt: Hva anser dere som de største utfordringene knyttet til transport fra Fjordbase til Guleslettene?
14. Tatt i utgangspunkt Fjordbase som mellomlagringspunkt: Hvilke tiltak tror dere må gjøres med tanke på infrastruktur fra Fjordbase til Guleslettene?

**Arbeidsprosessen**

15. Hvor mange trailere trengs for å transportere turbin-komponentene?
16. Hvilke andre typer kjøretøy trengs under arbeidsprosessen?
17. Når vil første transport gå?
18. Når vil siste transport gå?
19. Når ser dere for dere at transportene gjennomføres? (tidspunkt på døgnet)
20. Hvor mange transporter vil gjennomføres per døgn?

**Eksterne kostnader**

21. Hvilke tiltak vil dere gjøre for å ta hensyn til andre trafikanter under transportprosessen?

Er det noen andre forhold ved transport av vindmøller som dere mener bør komme frem?

# Vedlegg B: Intervjuguide Vestas

## Intervjuguide

Intervjuobjekt:

Transportspesialist

Vestas

### Generelt:

1. Hvor produseres vindmøllene? Hvor produseres de ulike komponentene?
2. Hvor fraktes komponentene fra når destinasjonen er Norge?
3. Står dere for montering selv?
4. Sånn ca. hvor lang tid beregnes på montering av én vindmølle?

### Roan Vindpark:

5. Hvilke type fartøy ble brukt til transport av komponenter fra leverandøren til kaien i Monstad?
6. Ble komponentene fraktet direkte fra leverandør til Monstad? Mellomlagringspunkt?
7. Hvordan ble komponenter og utstyr tatt i land?
8. Hvordan løste dere transporten fra kai til vindpark?
  - Type trailere og utstyr
  - Antall trailere
  - Andre typer kjøretøy?
  - Antall turer med last fra kai til vindpark (totalt og per døgn)
  - Hvor lenge lå komponenter til lagring før videre transport til vindpark?
  - Sikkerhet
  - Tidspunkt for transporter
  - Tidsbruk fra kai til site
9. Vurderte dere andre former for lagring enn hva det dere endte opp med?

### Tid og kostnader:

10. Hvor lang tid brukte transporten fra Esbjerg til Monstad?
11. Hvor lang tid tok det i gjennomsnitt å ferdigmontere én vindmølle?
12. Hvilke av transportmidlene som ble benyttet er de mest kostbare per km?
13. Hvilke tiltak gjorde dere for å holde kostnadene lave?
14. Hvor store var lagringskostnadene?

**Utfordringer/ problemer:**

15. Støtte dere på noen problemer under transportfasen?
  - Værforhold
  - Trafikk
  - Vei (svinger, smal vei, tunnel etc.)
16. Støtte dere på utfordringer/ problemer som ikke var kartlagt i planleggingsfasen? I så fall, hvilke?

**Spørsmål knyttet til Guleslettene Vindpark:****Transport:**

17. Står Vestas for all transport knyttet til Guleslettene Vindpark?
18. Hvilke type fartøy benytter dere vanligvis når komponentene skal fraktes fra Danmark til Norge?
19. Hvilke fartøy skal benyttes under prosjektet Guleslettene Vindpark, når det skal transporteres til Fjordbase i Florø?
20. Guleslettene Vindpark skal bestå av 47 vindturbiner. Hvor mange fartøy/turer beregnes til dette?
21. Hvilke kriterier legger dere i valg av mellom havn/ mellomlagringspunkt?

**Kostnader:**

22. Sånn ca. hva er beregner kostnad per fartøy/tur (alle kostnader som forekommer)?

**Service:**

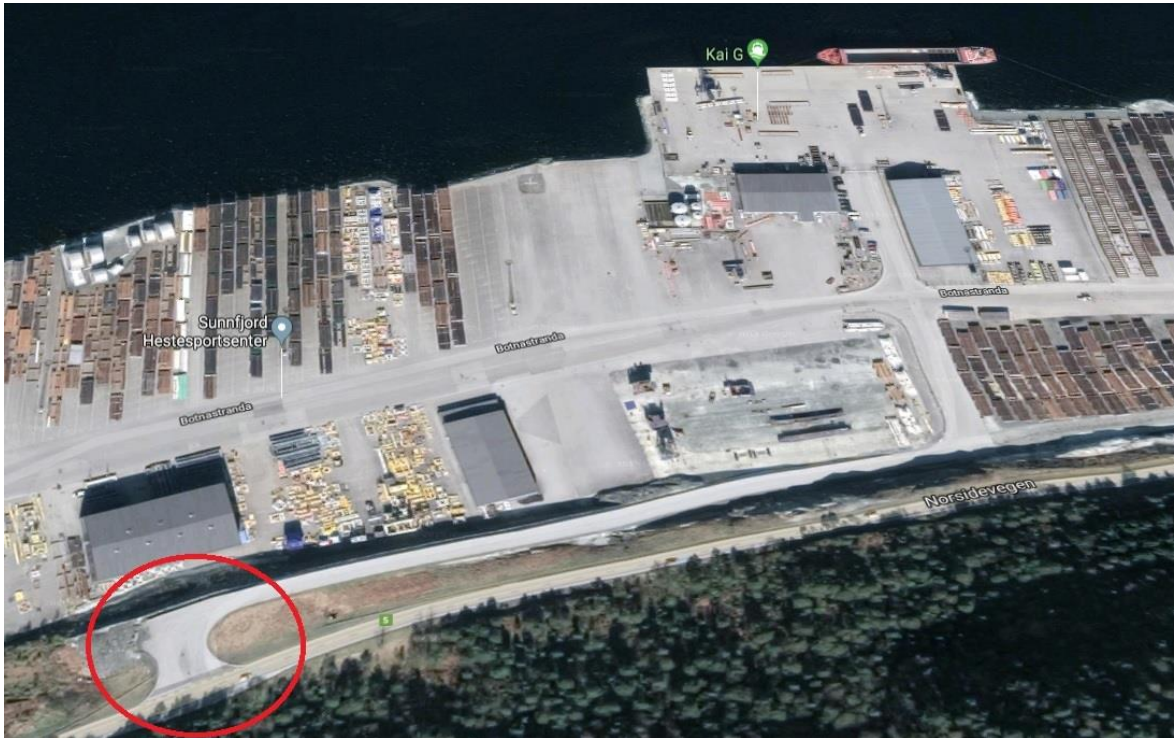
23. Hva legger dere i service, og hvilke faktorer opplever dere at kundene har betalingsvillighet for og ikke?
24. Legger dere inn ekstra tid for å sikre at dere leverer tidsnok?  
Fører dette til økte lagerkostnader eller lignende dersom dere leverer for tidlig?

**Utfordringer:**

25. Er noen turbinkomponenter vanskeligere å transportere enn andre? Hvorfor?

Er det noen andre forhold ved transport av vindmøller som du mener bør komme frem?

## Vedlegg C: Flaskehals 1



## Vedlegg D: Flaskehals 2





### Vedlegg E: Flaskehals 3

