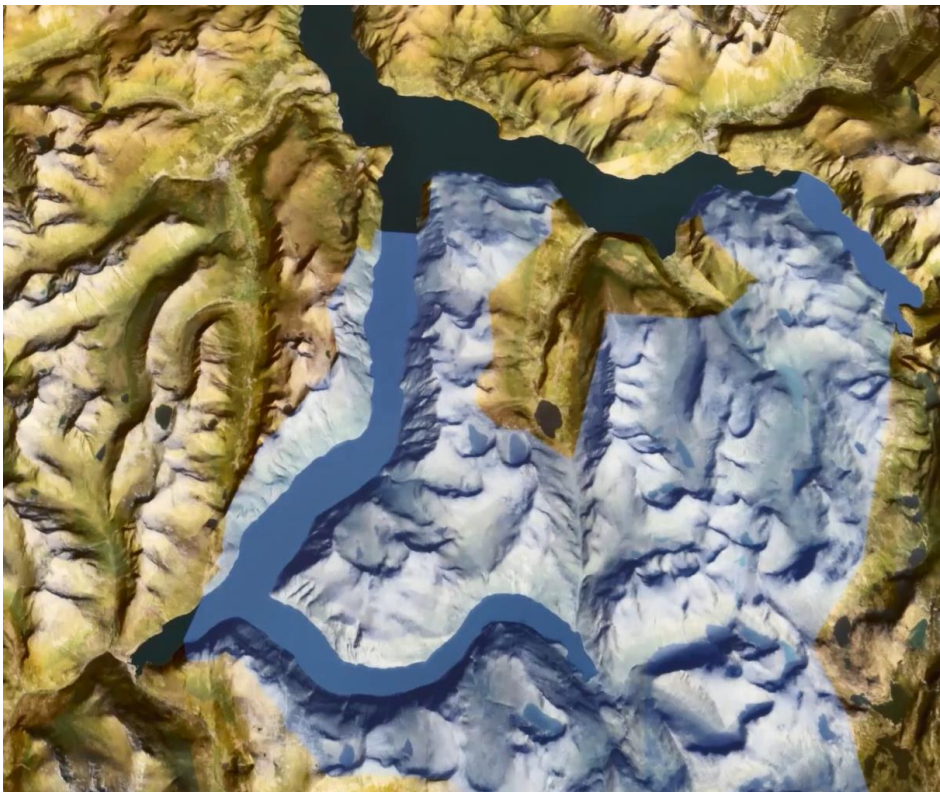


SUSTRANS

SUSTAINABLE TRANSPORTATION IN RURAL TOURISM PRESSURE AREAS

Dina M. Aspen, Børge H. Johansen og Sahar Babri

Analyse av transportsценарier i Geiranger fjordsystem



Rapport

Analyse av transportscenarier i Geiranger fjordsystem

VERSJON

2

DATO

31.08.2020

FORFATTER(E)

Dina Margrethe Aspen (NTNU)

Børge Heggen Johansen (NTNU)

Sahar Babri (Sintef)

FORORD

Denne rapporten er en delleveranse i forskningsprosjektet SUSTRANS «Sustainable transportation in rural tourism pressure areas» som har som mål å utvikle metoder for å vurdere transportsystemer i rurale turistområder med store sesongvariasjoner i et bærekraftperspektiv. Prosjektet er finansiert av Norges Forskningsråd og er et samarbeid mellom NTNU, Sintef, Høgskulen i Volda og Universitetet i Bonn.

Rapporten er også et bidrag til prosjektet «Det store bildet» ledet av Ålesund Kunnskapspark (Åkp) på oppdrag fra Stranda Kommune. Rapporten presenterer estimater for utslipp og kødannelse ved ulike havnescenarier for transport til, fra og i Geiranger. Resultatene gir et komparativt bilde av ulike havnescenarier og transportvarianter under forutsetninger og antakelser som er beskrevet i rapporten.

Analysene og rapporten er utviklet i samarbeid mellom NTNU og Sintef Community. Vi vil takke Else Ragni Yttredal ved Høgskulen i Volda, Oddbjørn Hatløy ved Åkp og Ingvill Flo ved PwC for nyttige innspill og tilbakemeldinger i forbindelse med arbeidet. Vi vil også takke Stranda Kommune, Stranda Hamnevesen og Stiftelsen Geirangerfjorden Verdsarv for sine bidrag til å presisere analysene.

Sammendrag

I forbindelse med strengere utslippskrav til sjøtransport i norske verdensarvfjorder, samt vurderinger av ny havneinfrastruktur og reiselivsprodukter i prosjektet «Det store bildet» har SUSTRANS-prosjektet bidratt med analyser av utslipp og kødannelse ved ulike scenarier for cruiseturisme i Geiranger fjordsystem. Analysene er gjennomført av NTNU i Ålesund og Sintef Community.

Denne rapporten oppsummerer funn fra disse analysene av transportsystemet under ulike scenarier og med ulike antakelser og forutsetninger. Tabellen under beskriver de fem scenariene og variantene som er analysert i studien.

Scenario		Beskrivelse	Variant 1: Buss t/r Geiranger	Variant 2: Nullutslippsbåt t/r Geiranger	Variant 3: Rundtur buss og båt
1	Hellesylt – Blå Korridor	Cruiseskip kommer til Hellesylt. Passasjerer fraktes deretter til Geiranger.	1.1	1.2	1.3
2	Stranda – Ny havn	Cruiseskip til Stranda. Videre transport av passasjerer til Geiranger.	2.1	2.2	2.3
3	Omdirigering Eksisterende havner	Cruiseskip til Ålesund, Olden eller Nordfjordeid. Passasjerer fraktes videre til Geiranger.	3.1	3.2	3.3
4	Geiranger	Cruiseskip fortsetter å komme til Geiranger. Passasjerer tar sightseeingtur i Geiranger med buss.	-	-	-
5	Ingen cruiseturister	Regionen får ingen anløp av cruiseturister, ei heller via landeveien.	-	-	-

Scenariene er presisert med utgangspunkt i antakelser for SNITT og HØY dag som vist i tabellen under.

SNITT scenarier (Brukt for utslippsberegninger)	Stranda	Hellesylt, Geiranger	Omdirigering (Olden & Nordfjordeid)
Cruisepassasjerer som kommer inn til havn	1500	3500	3500
Andel cruisepassasjerer som reiser videre inn til Geiranger (inkl lokal sightseeingtur med buss)	1/2	1/2	1/5
HØY scenarier (Brukt for kø-beregninger)	Stranda	Hellesylt, Geiranger	Omdirigering (Olden & Nordfjordeid)
Cruisepassasjerer som kommer inn til havn	2000	6000	6000
Andel cruisepassasjerer som reiser videre inn til Geiranger (inkl lokal sightseeingtur med buss)	2/3	2/3	1/3

Analyseområdet omfatter alle lenker på veg eller sjø som er direkte berørt av scenariene gjennom cruisegenerert sjø- eller landtransport (se kart til høyre).

For hvert scenario (havn) er det kalkulert utslipp og kø forbundet med reiser t/r Geiranger for sjø- og landtransport. For alle scenarier er det lagt inn en lokal sightseeingtur i Geiranger med buss.

Det er ikke lagt inn turer til andre besøksmål enn Geiranger. Dette kan være aktuelt i fremtidige analyser når slik informasjon foreligger.

Kalkulert utslipp fra cruise ved Tier III regulering er basert på marin gassolje (MGO) med selektiv katalytisk reduksjon (SCR). Kalkulert utslipp fra cruise ved Tier II regulering er basert på marin gassolje (MGO)



Med utgangspunkt i disse forutsetningene gir modellene følgende resultater for utslipp i analyseområdet basert på SNITT-verdier

- Totale utslipp av CO₂ og NO_x domineres av cruiseaktivitet på sjø
- Hoveddelen av utslippet vil komme utenfor UNESCO området, både for sjø- og landtransport (innenfor det valgte analyseområdet)
- Utslipp avhenger mer av scenariet (hvor havna ligger) enn av variantene (hvordan passasjerene fraktes derfra til Geiranger)

For analyser av redusert hastighet på veglenkene på land med utgangspunkt i HØY-verdiene gjelder følgende resultater

- Kø oppstår i hovedsak ved bussreiser tur/retur i scenariene
- Kø oppstår i hovedsak på veglenker nært eller i Geiranger

Innhold

FORORD	1
SAMMENDRAG	2
1. BAKGRUNN	5
1.1. OM SUSTRANS	5
1.2. OM RAPPORTEN	5
2. MÅL OG OMFANG AV ANALYSER	6
2.1. BESKRIVELSE AV SCENARIER OG VARIANTER	6
2.2. ANALYSEOMRÅDE	7
2.3. ANALYSEMODELLER, DATAGRUNNLAG OG ANTAKELSER	7
3. RESULTATER	10
3.1. UTSLIPP AV CO ₂ OG NO _x TIL LUFT FRA TRANSPORTSYSTEM	10
3.2. KØDANNELSE PÅ VEGLENKER	15
4. OPPSUMMERING, KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID	18
REFERANSER	20
VEDLEGG 1: INFORMASJON OM LANDTRANSPORTMODELL	21
VEDLEGG 2: INFORMASJON OM SJØTRANSPORTMODELL	23

Liste over figurer

<i>Figur 1: Analyseområde</i>	7
<i>Figur 2: Estimert utslipp av CO₂ og NO_x i analyseområdet fordelt på transportkategorier</i>	10
<i>Figur 3: Utslipp av CO₂ og NO_x i analyseområdet per passasjer t/r Geiranger</i>	11
<i>Figur 4: Utslipp av CO₂ og NO_x i analyseområdet fordelt på område</i>	12
<i>Figur 5: Utslipp av NO_x i analyseområdet fordelt på område for en dag i Juli med SNITT-antakelser.</i>	13
<i>Figur 6: Utslipp for ulike varianter innenfor scenariene.</i>	14
<i>Figur 7: Redusert hastighet på veglenker på land for ulike varianter av cruiseanløp ved Hellesylt og Stranda.</i>	15
<i>Figur 8: Redusert hastighet på veglenker på land for ulike varianter av øvrige havnescenarier</i>	16
<i>Figur 9: Estimert tidstap for ulike varianter i scenariene</i>	17
<i>Figur 10: Ruter for å estimere utslipp og kø fra cruisegenerert buss fra Hellesylt og Stranda</i>	22

Liste over tabeller

<i>Tabell 1: Scenarier og varianter som er analysert (markert i grønt)</i>	6
<i>Tabell 2: Faktorer for SNITT-kjøringer</i>	9
<i>Tabell 3: Faktorer for HØY-kjøringer</i>	9
<i>Tabell 4: Antakelser i landtransportmodell for utslippsberegning og kødannelse</i>	21
<i>Tabell 5: Seilingsdistanser (en vei)</i>	24

1. Bakgrunn

1.1. Om Sustrans

Populære rurale turistattraksjoner som Geirangerjord, Flåm og Lofoten, representerer en unik utfordring i transportplanlegging på grunn av store sesongvariasjoner i krav til transportsystemene. Disse avsidesliggende områdene er perifere og opplever samtidig opphopning av trafikk. I høysesong er trafikkorker og lokal forurensning synlige problemer. I et lengre tidsperspektiv vil degradering av miljøkvalitet og naturskjønnhet i området være kritiske bekymringer. Beslutningstakere og andre aktører har behov for å vurdere ulike forbedringstiltak for et bærekraftig transportsystem i disse områdene gjennom å se ulike fremkomstmidler samlet sett og vurdere både sosiale, økonomiske og miljømessige aspekter.

Sustrans har som mål å bistå beslutningstakere i å forbedre transportsystemene i slike områder gjennom å bruke Geirangerjordområdet som et casestudie. Prosjektet vil blant annet resultere i nye analysemodeller og måleindikatorer for å vurdere transportsystem på fra et helhetlig bærekraftsperspektiv. Gjennom prosjektet har en dedikerte transportmodeller for sjø- og landtransport blitt utviklet, koblet og kalibrert med data fra Geirangerområdet. Disse modellene er anvendt i analysene presentert i denne rapporten.

1.2. Om rapporten

I forbindelse med strengere utslippskrav til sjøtransport i norske verdensarvfjorder, samt vurderinger av ny havneinfrastruktur og reiselivsprodukter i prosjektet «Det store bildet» har Sustrans-prosjektet bidratt med analyser av utslipp og kødannelse ved ulike scenarier for cruiseturisme i Geiranger fjordsystem. Analysene er gjennomført av NTNU i Ålesund og Sintef Community.

Rapporten vil i kapittel 2 presisere mål og omfang av analysene som er gjennomført. Ytterligere presiseringer er også gitt i vedlegg 1 og 2 i denne rapporten for henholdsvis land- og sjøtransportmodellene som er brukt. I kapittel 3 vil resultatene presenteres, både for estimerte utslipp av CO₂ og NO_x fra både cruisetransport og landtransport, samt kødannelse på veglenker i landtransportsystemet. I kapittel 4 vil rapporten kort oppsummeres før forslag til videre forskning blir presentert.

2. Mål og omfang av analyser

2.1. Beskrivelse av scenarier og varianter

Analysene tar utgangspunkt i fire hovedscenarier hvor cruiseturister transporteres til Geiranger fra cruisehavn, samt et scenario hvor det ikke kommer cruiseturister til Geiranger. Innenfor disse scenariene har vi sett på varianter av transport til/fra og i Geiranger med buss og/eller nullutslippsbåt.

Analysene tar utgangspunkt i at cruiseturisme til Geiranger blir fortrenget ved regulering. Det er derfor ikke tatt hensyn til annen cruisegenerert landtransport ved havnene som kommer i tillegg til den fortrenkte transporten.

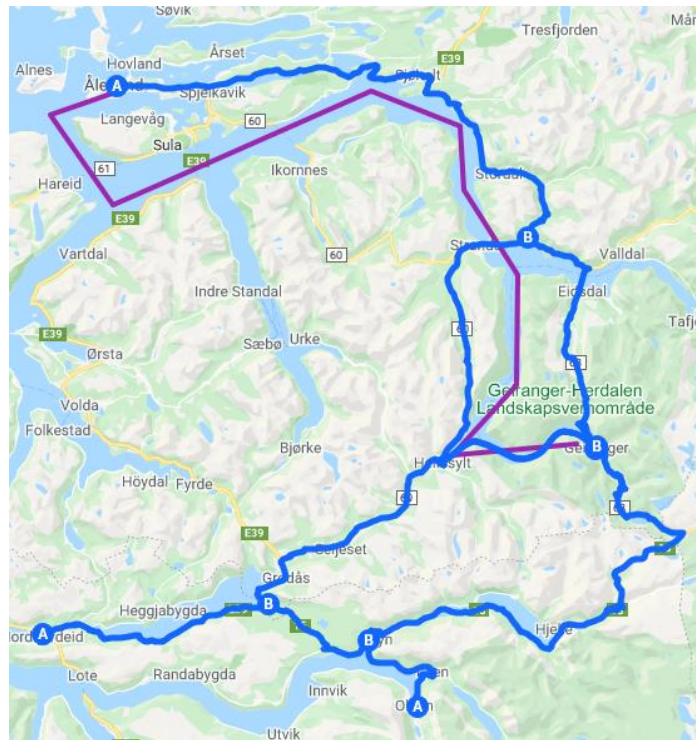
Analysene har ikke tatt hensyn til turer som går til andre destinasjoner eller besøksmål enn Geiranger. For flere av scenariene vil det være aktuelt å se på cruisegenerert landtransport til andre besøksmål når slik informasjon foreligger.

Tabell 1: Scenarier og varianter som er analysert (markert i grønt)

Scenario		Beskrivelse	Variant 1: Buss t/r Geiranger	Variant 2: Nullutslippsbåt t/r Geiranger	Variant 3: Rundtur buss og båt
1	Hellesylt – Blå Korridor	Cruiseskip kommer til Hellesylt. Passasjerer fraktes deretter til Geiranger.	1.1	1.2	1.3
2	Stranda – Ny havn	Cruiseskip til Stranda. Videre transport av passasjerer til Geiranger.	2.1	2.2	2.3
3	Omdirigering Eksisterende havner	Cruiseskip til Ålesund, Olden eller Nordfjordeid. Passasjerer fraktes videre til Geiranger.	3.1	3.2	3.3
4	Geiranger	Cruiseskip fortsetter å komme til Geiranger. Passasjerer tar sightseeing-tur i Geiranger med buss.	-	-	-
5	Ingen cruiseturister	Regionen får ingen anløp av cruiseturister, ei heller via landeveien.	-	-	-

2.2. Analyseområde

Analyseområdet favner alle lenker¹ på veg eller sjø som er direkte berørt av scenariene gjennom cruisegenerert sjø- eller landtransport, som vist i Figur 1. Dette ligger både utenfor og innenfor UNESCO-området. Reiser på disse lenkene er brukt for å kalkulere utslipp av CO₂ og NO_x, samt kødannelse på veg.



Figur 1: Analyseområde

2.3. Analysemodeller, datagrunnlag og antakelser

2.3.1. Landtransport

Landtransportmodellen er utviklet av Sintef gjennom SUSTRANS-prosjektet. Modellen er brukt for å beregne utslipp av CO₂ og NO_x fra landtransport, samt kødannelse på veglenker i analyseområdet.

Modellen er basert på trafikkdata fra Statens Vegvesen, samt Sintefs egne videoregistreringer i 2018 og 2019 (Dahl og Meland, 2018). Modellen beregner transport generert av turistreiser på land av personbil, karavan og cruisegenerert buss. Transport generert av arbeidsreiser, godstransport og mobile tjenesteytere er ikke beregnet i modellen.

Mer informasjon om landtransportmodellen finnes i vedlegg 1.

¹ En lenke representerer en vegstrekning. Lenkene er knyttet sammen av noder (vegkryss) og danner sammen et vegnettverk. <https://www.vegvesen.no/attachment/61505>

2.3.2. Cruisetransport

Et estimat for utslipp til luft fra cruiseskip er gjennomført av NTNU gjennom SUSTRANS-prosjektet. En modell for cruisetrafikk i 2026 er brukt for å beregne utslipp av CO₂ og NO_x i analyseområdet, både i havn og transitt. Mer informasjon om sjøtransportmodellen finnes i vedlegg 2. Arbeidet består av to hovedelementer: Utslipp ved transitt og utslipp i havn.

Utslipp ved transitt er utslipp forbundet med reisen i mellom Ålesund og havnene Stranda, Hellesylt og Geiranger. Forskjellen mellom transitt og havn er at ved transitt krever skipene energi til fremdrift. Energibehovet til fremdrift av skip er avhengig av en rekke faktorer som blant annet skipets størrelse, type og form på skrog, fremdriftsteknologi, ytre påvirkning fra hav og vind og seilingshastighet. Å beregne utslipp fra cruiseskip kan dermed gjøres med svært stor detaljgrad som beskrevet av Simonsen, Walnum og Gössling (2018). Utslipp til luft fra cruiseskip i Geiranger er tidligere gjennomført av Møreforskning (2014), Rambøll (2017) og DNV-GL (2018, 2020). Selv om de nevnte studiene er gjort for Geiranger er det likevel nyanser i omfang, antakelser og metodevalg som gjør at studiene ikke nødvendigvis er helt sammenlignbare.

Forutsetningene for estimatet av utslipp til luft fra cruiseskip i denne rapporten er beskrevet i detalj i vedlegg 2, men i grove trekk er følgende fremgangsmåte brukt:

- Kartlegging av flåten med cruiseskip som har besøkt eller planlegger å besøke Geiranger med basis i anløpslistene til Stranda Hamnevesen.
- Utvikling av scenarier for cruisetrafikk i 2026 gitt ulike regulatoriske og kommersielle forutsetninger i samråd med aktører knyttet opp mot cruisenæringen i Geiranger.
- Etablering av scenarioer for maksimum, minimum og gjennomsnittsanløp i 2026.
- Beregning av utslipp fra cruiseskip som representerer passasjerkapasitet nevnt over ut i fra listen over cruiseskip som har besøkt Geiranger i 2019 og som var planlagt for 2020

Estimering av utslipp for cruiseskip som ligger til kai er gjort med hjelp av en modell som er utviklet av NTNU i SUSTRANS prosjektet. Modellen er basert på en bred gjennomgang av publiserte forskningsartikler som omhandler utslipp fra cruiseskip ved kai. Data som beskriver viktige parametre om skipene med påvirkning på energibehov og dernest utslipp- som vekt, passasjerkapasitet og byggeår er hentet ut i fra IHS Seaweb databasen. For modellering av transittaktivitet er en forenklet fremgangsmåte benyttet basert på seilingsdistanse og generiske hastighet- og driftsprofiler hvor energibehov for fremdrift er hentet fra DNV-GL (2020).

2.3.3. Faktorer for kjøring

Analysene er kjørt for HØY og SNITT dag i Juli. Med HØY dag menes en dag hvor antall cruiseturister som kommer til den aktuelle havnen er opp mot det som maksimalt er tillatt. Stranda Kommune har satt en grense på 6000 personer. 6000 personer er også opp mot den maksimale passasjerkapasiteten ombord i et enkelt cruiseskip. En SNITT dag skal representere hva man tror kan være gjennomsnittlig antall cruisepassasjerer som kommer til den aktuelle havnen for dager med cruiseanløp. Verdiene er presisert for å kjøre relevante analyser inn mot prosjektet “Det store bildet” og er innhentet av Stranda Kommune, Stranda Hamnevesen og Stiftelsen Geirangerfjorden Verdsarv. For å analysere utslipp til luft av CO₂ og NO_x har vi brukt SNITT-verdiene fra Tabell 2. For å vurdere mulig kødannelse er HØY-verdiene fra Tabell 3 brukt.

Tabell 2: Faktorer for SNITT-kjøring

Scenario / Variant		Grunnfaktorer cruisetall	Variant 1	Variant 2		Variant 3
#	Scenario	Cruisebåt- passasjerer [antall]	Buss t/r Geiranger [% av passasjerer]	Nullutslippsbåt t/r Geiranger [% av passasjerer]	Buss sightseeing i Geiranger [% av besøkende til Geiranger med båt]	Buss / Nullutslippsbåt Geiranger [% av passasjerer]
1	Hellesylt Blå Korridor	3500	50	50	100	50
2	Stranda Ny havn	1500	50	50	100	50
3	Omdirigering – Eksisterende havner utenfor området	3500	20	-	-	-
4	Geiranger	3500	-	-	50	-
5	Ingen cruiseturister	0	-	-	-	-
6	Ingen regulering – Tier III krav	3500	-	-	50	-

Tabell 3: Faktorer for HØY-kjøring.

Scenario / Variant		Grunnfaktorer cruisetall	Variant 1	Variant 2		Variant 3
#	Scenario	Cruisebåt- passasjerer [antall]	Buss t/r Geiranger [% av passasjerer]	Nullutslippsbåt t/r Geiranger [% av passasjerer]	Buss sightseeing i Geiranger [% av besøkende til Geiranger med båt]	Buss / Nullutslippsbåt Geiranger [% av passasjerer]
1	Hellesylt Blå Korridor	6000	67	67	100	67
2	Stranda Ny havn	2000	67	67	100	67
3	Omdirigering – Eksisterende havner utenfor området	6000	33	-	-	-
4	Geiranger	6000	-	-	67	-
5	Ingen cruiseturister	0	-	-	-	-
6	Ingen regulering – Tier III krav	6000	-	-	67	-

3. Resultater

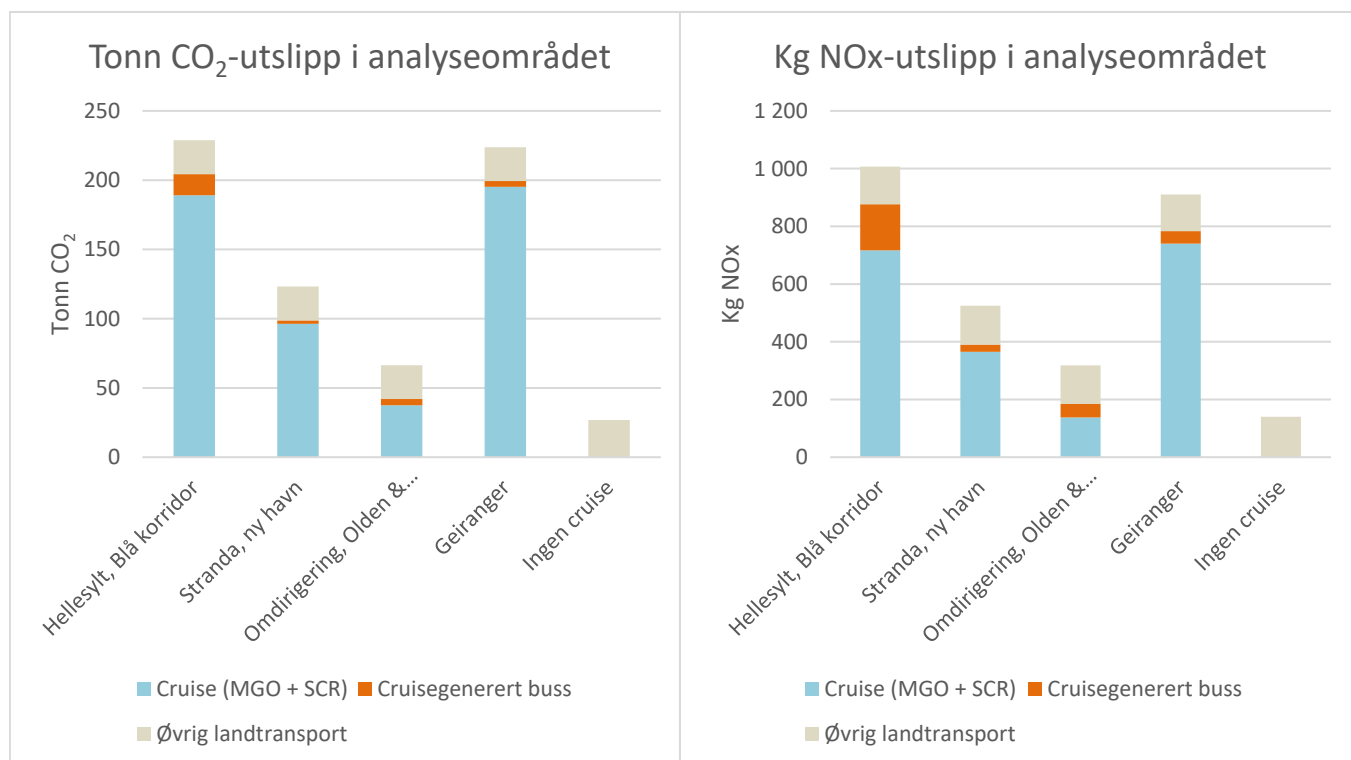
3.1. Utslipp av CO₂ og NO_x til luft fra transportsystem

Utslipp domineres av cruiseaktivitet på sjø

Figur 2 viser estimert utslipp i analyseområdet for ulike scenarier fordelt på kategoriene sjøtransport, cruisegenerert buss (landtransport) og øvrig landtransport. For alle scenarier er det antatt at cruisebåten går på marin gassolje (MGO) med katalysator (SCR) og dermed innfrir Tier III-kravene. For scenariene Blå korridor på Hellesylt, Ny havn på Stranda og Omdirigering er det valgt variant med buss tur/retur for å se hvordan utslippet fordeler seg med maksimal aktivitet på land.

Som figuren viser vil utslippet domineres av cruiseaktivitet på sjø for alle scenarier med de gitte forutsetningene. Unntaket er omdirigeringsscenarioet, hvor utslipp av NO_x fra total landtransport vil være noe større enn NO_x-utslipp fra cruiseaktivitet. Det er verdt å merke seg at i omdirigeringsscenarioet er det kun utslipp fra aktivitet i havn ettersom dette er i yttergrensen av analyseområdet og det derfor ikke er beregnet noe utslipp fra transitt for dette scenarioet.

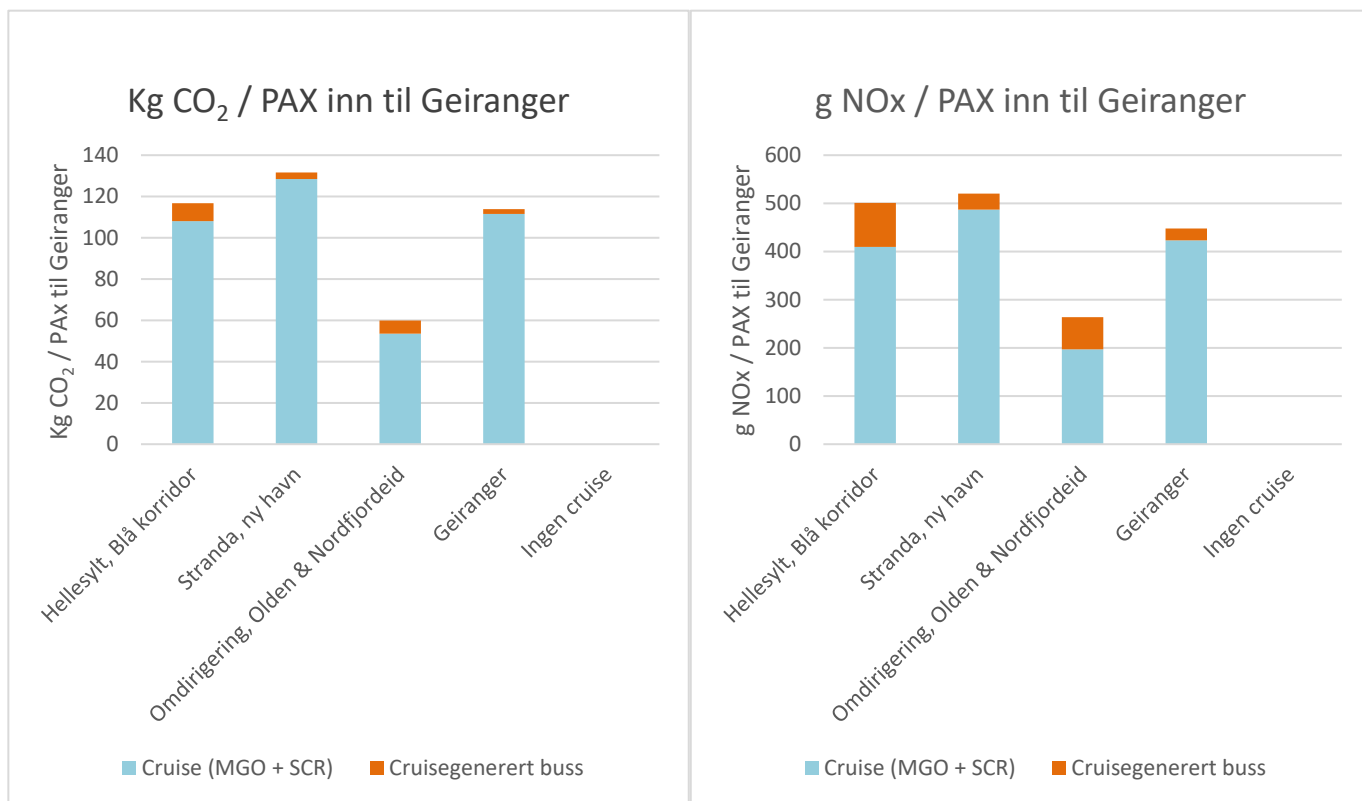
Totalt utslipp innenfor analyseområdet for dag i Juli fordelt på transportkategorier SNITT-antakelser, Tier III cruiseskip, Buss t/r fra havn – Geiranger



Figur 2: Estimert utslipp av CO₂ og NO_x i analyseområdet fordelt på transportkategorier for en dag i Juli med snitt-antakelser og buss t/r fra ulike havner

Figur 3 viser utslippsintensitet per passasjer for en reise tur / retur Geiranger i analyseområdet under ulike havnescenarier. Slik figuren viser domineres også fotavtrykket per passasjer for disse reisene også av cruiseaktivitet på sjø i analyseområdet.

Utslippsintensitet per passasjer t/r havn – Geiranger i analyseområde SNITT-antakelser, Tier III cruise, Buss t/r fra havn – Geiranger

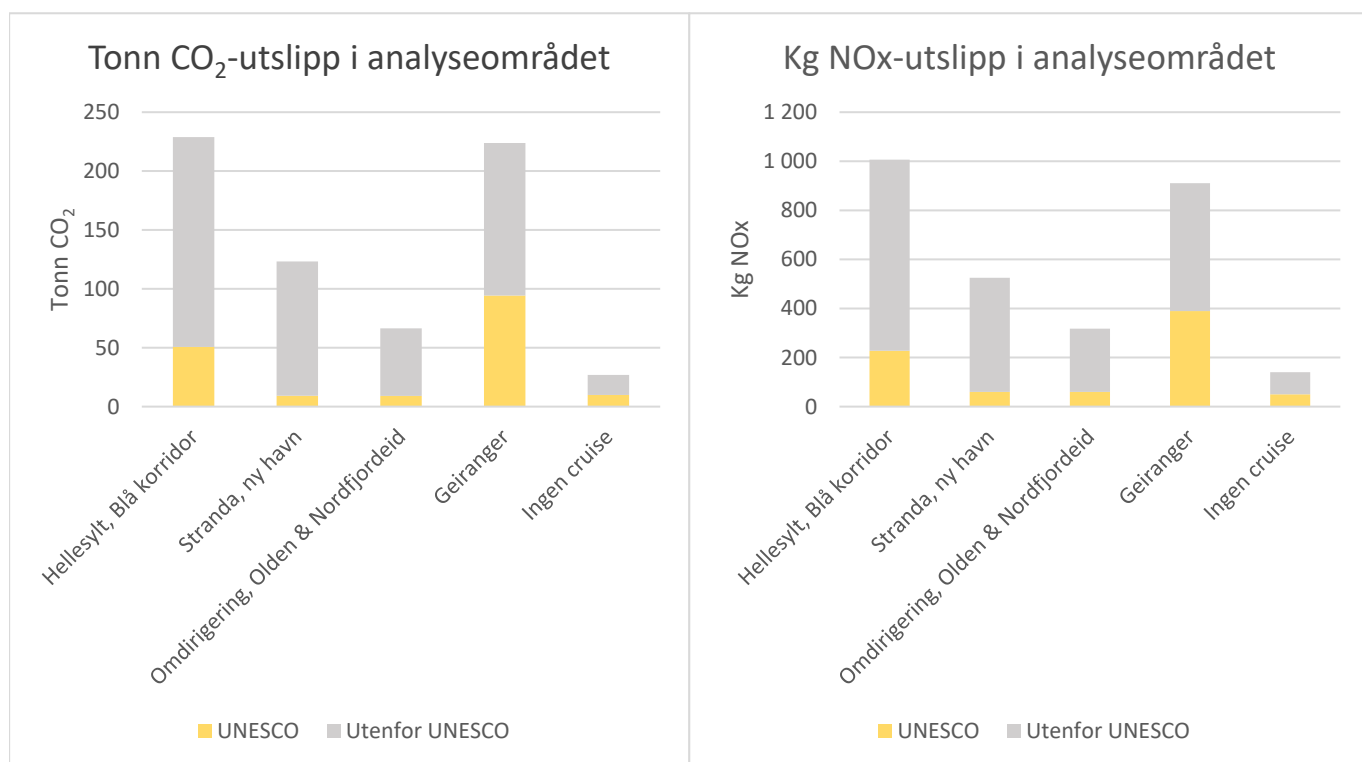


Figur 3: Utslipp av CO₂ og NO_x i analyseområdet per passasjer t/r Geiranger for en dag i Juli med snitt-antakelser og buss t/r fra ulike havner

Utslipet er større utenfor UNESCO-området enn innenfor

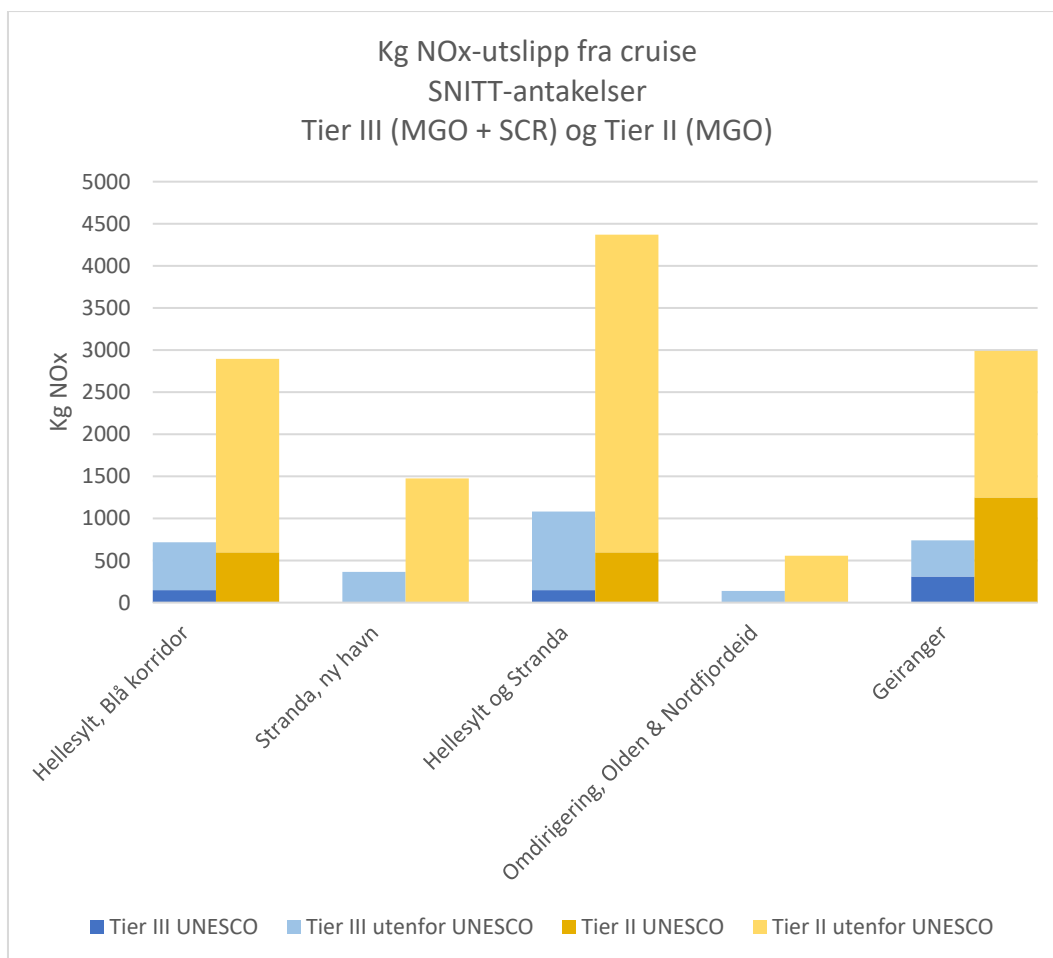
Figur 4 viser hvordan utslippet fordeler seg innenfor og utenfor UNESCO-området. Her er all landtransport på veglenker (cruise generert og annen turisttrafikk) samt all cruiseaktivitet (havn og transitt) innenfor UNESCO-området markert i gult. Det er verdt å merke seg at utslipp fra cruiseskip i Hellesylt havn i scenariet Blå korridor til Hellesylt ikke er medregnet til innenfor UNESCO-området. Som figuren viser vil utslippet utenfor UNESCO-området være større enn utslippet innenfor UNESCO-området.

Totalt utslipp innenfor analyseområdet for dag i Juli fordelt på område
SNITT-antakelser, Tier III cruiseskip, Buss t/r fra havn – Geiranger



Figur 4: Utslipp av CO₂ og NO_x i analyseområdet fordelt på område for en dag i Juli med snitt-antakelser og buss t/r fra ulike havner

Figur 5 viser beregnet utslipp innenfor og utenfor UNESCO området med ulike NO_x-utslippskrav. Her er utslipp ved Tier III beregnet med utgangspunkt i cruiseskip som går på marin gassolje (MGO) og selektiv katalytisk reduksjon (SCR), mens Tier II er beregnet med utgangspunkt i cruiseskip som går på marin gassolje (MGO) til de ulike havnene i analyseområdet. For alle scenarier vil utslippet være størst utenfor UNESCO-området. Merk at figuren ikke viser utslipp fra landtransport, hverken cruise generert buss eller annen turisttransport på land. Omdirigeringsalternativet i figuren er kun basert på utslipp fra cruiseskip i havn ettersom det ikke er noe transitt for dette alternativet slik analyseområdet er definert.

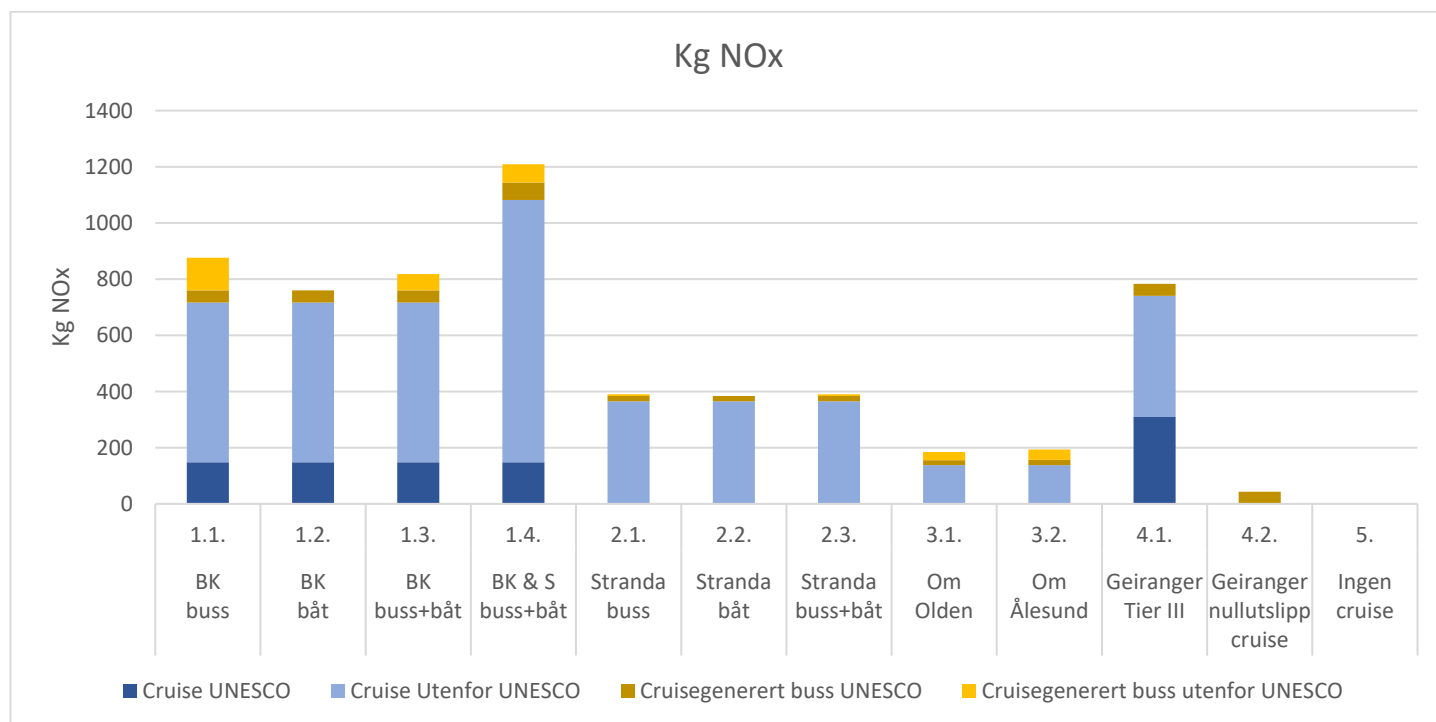
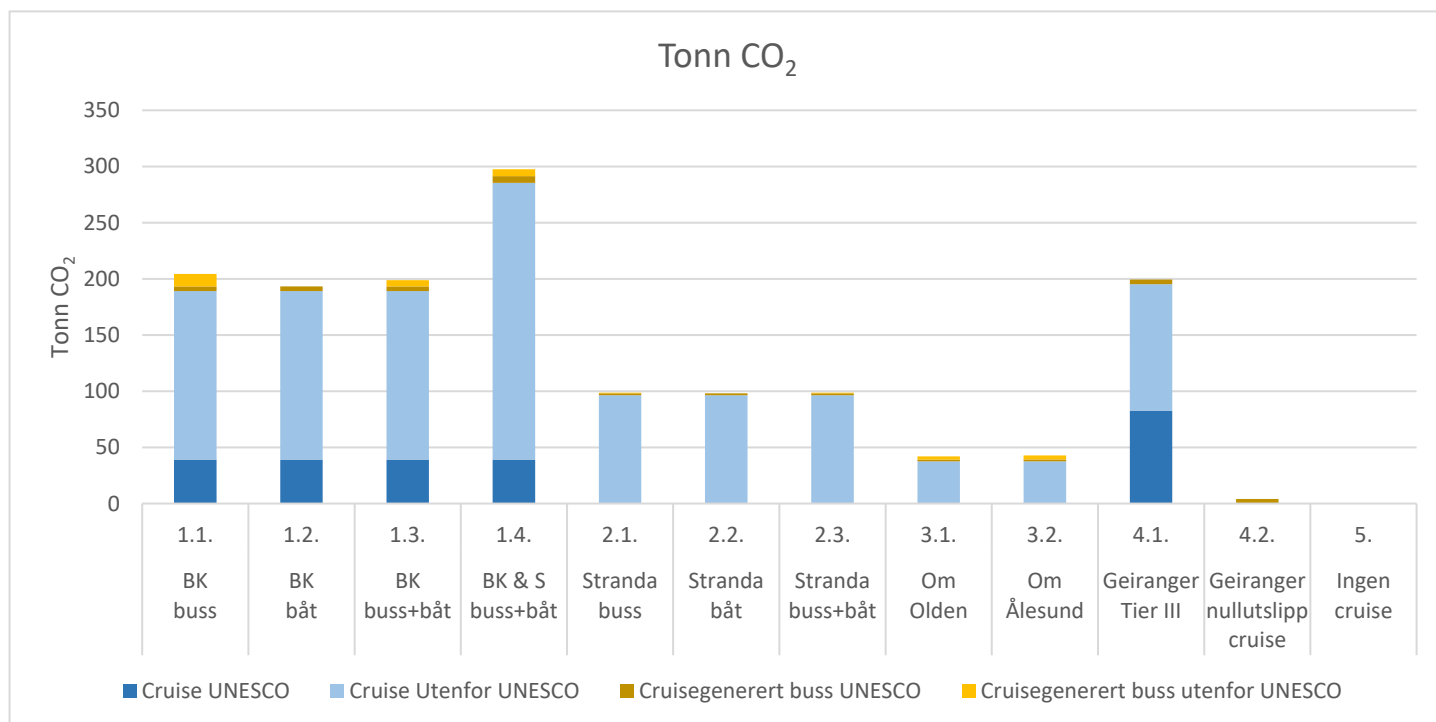


Figur 5: Utslipp av NO_x i analyseområdet fordelt på område for en dag i Juli med SNITT-antakelser. Tier III utslipp er beregnet med utgangspunkt i cruiseskip som går på marin gassolje med selektiv katalytisk reduksjon (MGO + SCR), mens Tier II er beregnet med utgangspunkt i cruiseskip som går på marin gassolje

Det er større forskjell på scenariene enn variantene

Figur 6 viser utslipp av CO₂ og NO_x fra cruiseskip og cruisegenerert buss for alle varianter innenfor de ulike scenariene for en dag i Juli med SNITT-antakelser. Utslipp fra cruise er her beregnet med utgangspunkt i skip som innfrir Tier III regulering med marin gassolje og selektiv katalytisk reduksjon (MGO + SCR). Som figurene viser er det større forskjell i utslipp mellom scenarier enn det er mellom varianter. Med andre ord vil utslippet i stor grad henge sammen med hvor cruiseskipene anløper, og i mindre grad av hvordan videre transport inn til Geiranger foregår.

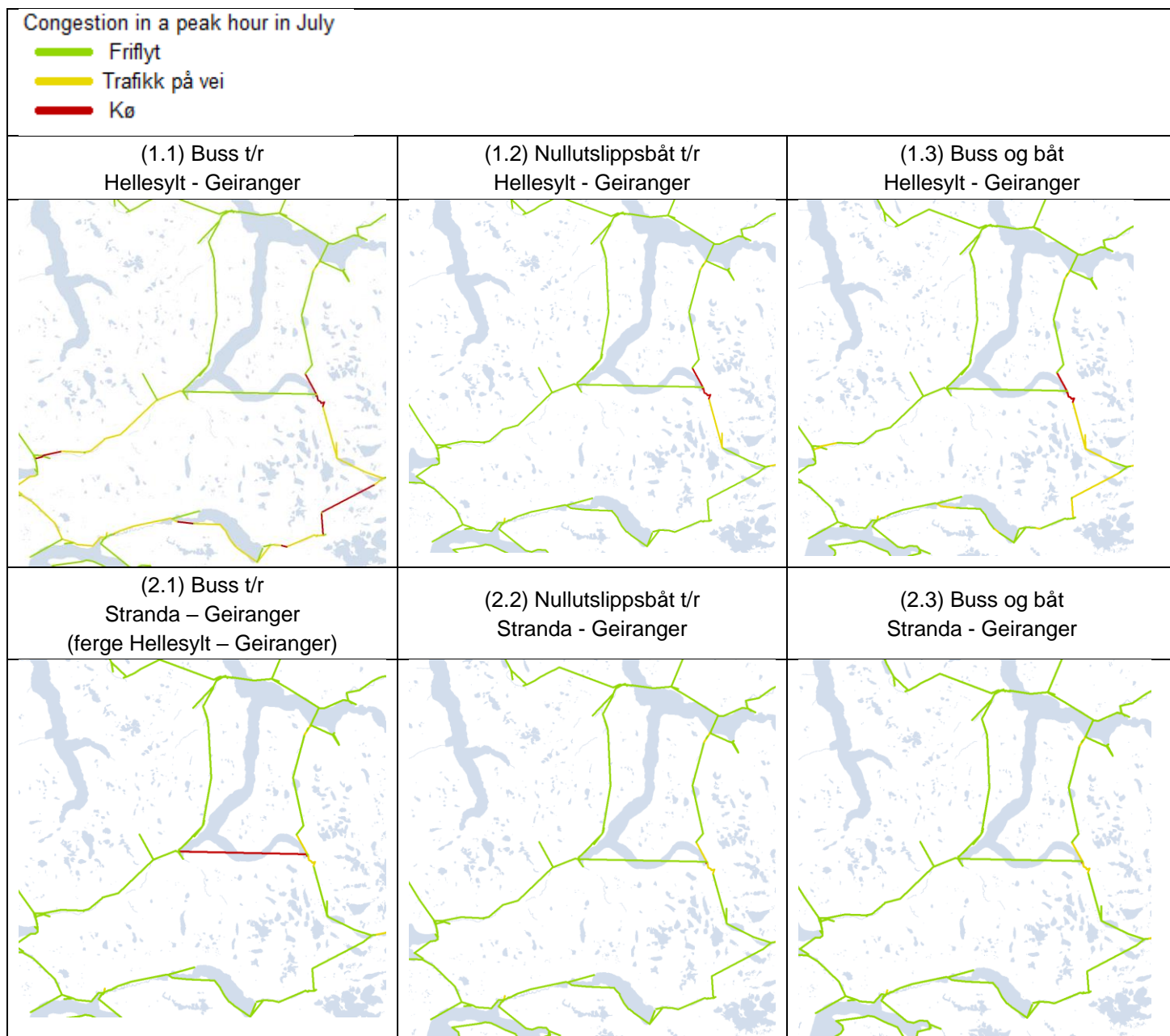
Utslipp fra cruiseskip og cruisegenerert buss,
Dag i Juli, SNITT-antakelser, Tier III cruiseskip (MGO + SCR)



Figur 6: Utslipp for ulike varianter innenfor scenariene.
BK = Blå Korridor, Om = Omdirigering, Båt = nullutslippsbåt

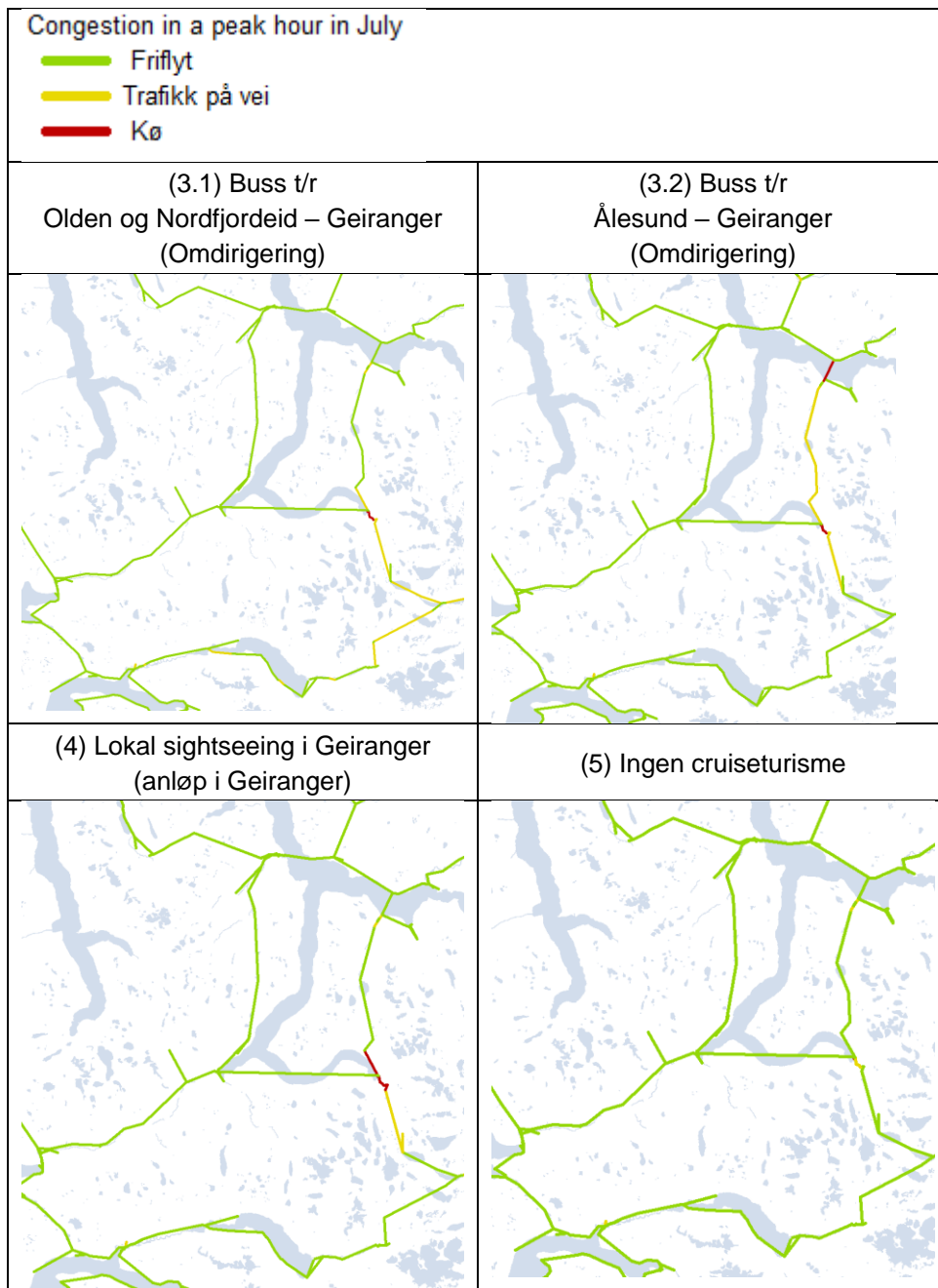
3.2. Kødannelse på veglenker

Figur 7 viser redusert hastighet på veglenker på land for ulike varianter i scenariene Blå korridor på Hellesylt (øverst) og ny havn på Stranda (nederst) med HØY-antakelser (se Tabell 3 og Tabell 4 for detaljerte antakelser). Grønne lenker viser fri flyt, det vil si en situasjon hvor trafikk på veien kan følge fartsgrensen. Røde lenker indikerer mer enn fem prosent hastighetsreduksjon på lenken grunnet trafikkvolum, mens gule lenker indikerer hastighetsreduksjon i intervallet null til fem prosent grunnet trafikkvolum. Som Figur 7 viser vil redusert hastighet i all hovedsak oppstå i varianter hvor det under HØY-antakelser legges opp til buss t/r fra havn. For variantene under Hellesylt-scenariet vil det også være over fem prosent redusert hastighet på lenker i og nær Geiranger.



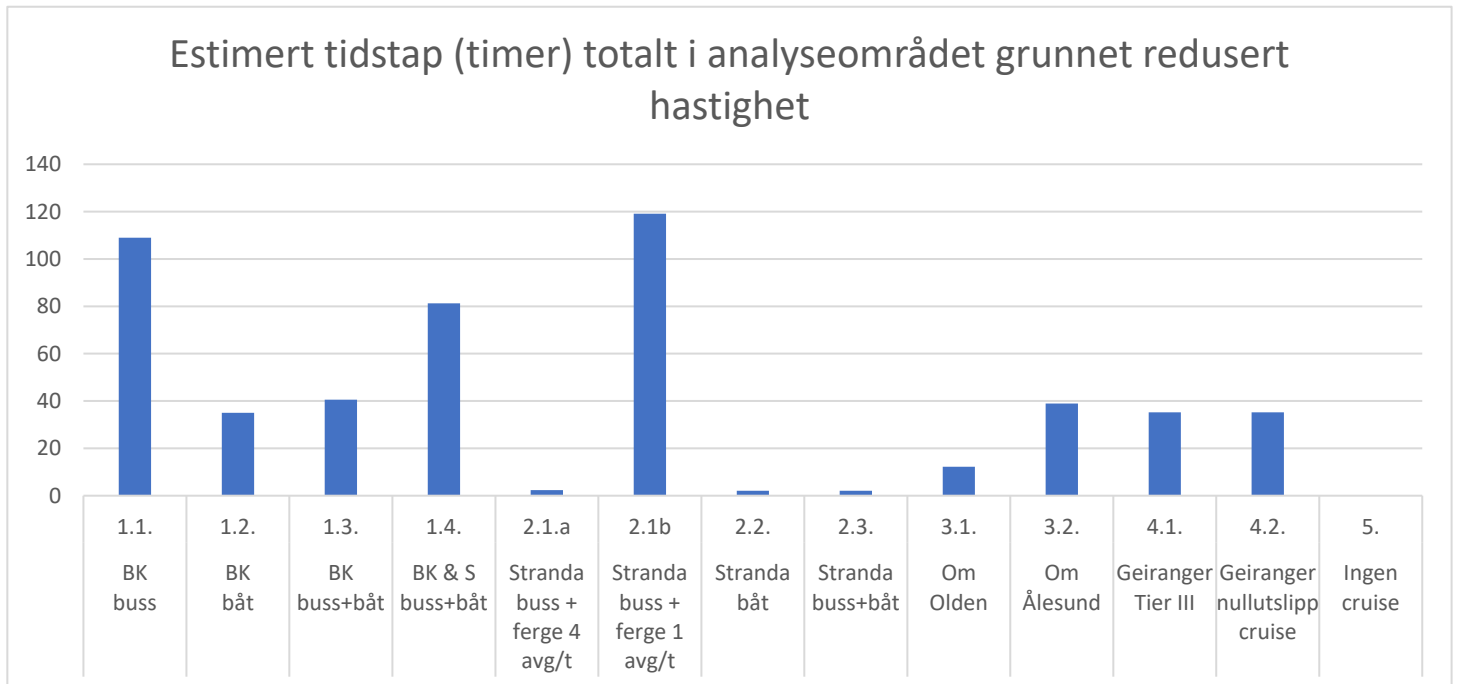
Figur 7: Redusert hastighet på veglenker på land for ulike varianter av cruiseanløp ved Hellesylt og Stranda. HØY-antakelser.

Figur 8 viser redusert hastighet på veglenker på land for ulike varianter i scenariene for omdirigering (Scenario 3.1. og 3.2.), fortsatt anløp i Geiranger (Scenario 4) og ingen anløp eller cruiseturister fra andre havner (Scenario 5). For omdirigering til Olden og Nordfjordeid vil det være noe redusert hastighet på fylkesvei 63 fra sør, mens det for omdirigering til Ålesund vil være noe redusert hastighet på Fylkesvei 63 fra nord. Ved fortsatt anløp til Geiranger vil det være noe større hastighetsreduksjon på veglenker i og nært Geiranger. Ved ingen cruiseturisme vil det kun være ordinær turisttrafikk på veglenkene i analyseområdet og kun noe redusert hastighet i Geiranger.



Figur 8: Redusert hastighet på veglenker på land for ulike varianter av øvrige havnescenarier HØY-antakelser

Figur 9 viser totalt tidstap på lenkene i analyseområdet grunnet redusert hastighet. Det største tidstapet knyttes til scenariet anløp Stranda med buss til Hellesylt og ferge videre til Geiranger med 1 avgang per time. Stort tidstap gjelder også for Blå Korridor til Hellesylt hvor cruiseturister reiser med buss tur / retur til Geiranger via Stryn. Kombinasjonsscenarioet med havn på Stranda og Hellesylt medfører et noe lavere totalt tidstap til tross for flere cruiseturister i området ettersom denne varianten forutsetter at busstransport videre fra Hellesylt til Geiranger kombineres med nullutslippsbåt (rundtur).



Figur 9: Estimert tidstap for ulike varianter i scenariene

4. Oppsummering, konklusjon og videre arbeid

Denne rapporten presenterer estimerte utslipp til luft og kødannelse knyttet til alternative scenarier for cruisetransport til/fra og i Geiranger i et avgrenset analyseområde. Med utgangspunkt i de forutsetninger og antakelser som er satt for analysene gjelder følgende konklusjoner:

1. *Totale utslipp av CO₂ og NO_x domineres av cruiseaktivitet på sjø*
2. *Hoveddelen av utslippet vil komme utenfor UNESCO området, både for sjø- og landtransport (innenfor det valgte analyseområdet)*
3. *Utslipp avhenger mer av scenariet (hvor havna ligger) enn av variantene (hvordan passasjerene fraktes derfra til Geiranger)*
4. *Kø oppstår i hovedsak ved bussreiser tur/retur i scenariene*
5. *Kø oppstår i hovedsak på veglenker nært eller i Geiranger*

Resultatene gir også grunnlag for komparative vurderinger mellom de ulike scenariene for videre arbeid i utvikling av transportområdet.

Analysearbeidet har flere beskrankninger som kan være aktuelle å se videre på i fremtidig forskning og anvendelse av SUSTRANS modellene. Etter gjennomgang og tilbakemeldinger fra berørte aktører, herunder aktører tilknyttet prosjektet «Det store bildet» ledet av Ålesund Kunnskapspark (Åkp) på oppdrag fra Stranda Kommune, vil følgende analyser være mulige i fremtidig forskning:

- *Videre analyser av alternativ teknologi og energibærere for å innfri Tier III-krav og nullutslippskrav.*

Beregningene som er oppgitt i rapporten er gjort under den forutsetningen at cruiseskip som ankommer Ålesund, Geiranger, Hellesylt og Stranda (med unntak av scenario for null-utslipp) etterlever kravene til IMO Tier III for NO_x. Dette er et valg som påvirker resultatene i studien. Antakelse om IMO tier II for NO_x vil gi høyere utslipp, mens det for eksempel for LNG og LBG kan være mulig at NO_x utslippene vil være lavere. Et viktig moment er å ta hensyn til hva cruiseindustrien sin satsing fremover for å etterleve Tier III blir, spesielt etter at Nord- og Østersjø området for utslippsbegrensning (ECA) trer i kraft med hensyn på Tier III for NO_x. De første storskala LNG cruiseskipene som P&O sin Iona og Aida sin AIDAnova er allerede levert, men som følge av Tier III reglementet vil Tier III kravet gjelde for alle skip kjølsturket fra 2021 som skal operere innenfor Nord- og Østersjø området. Det er da uklart om LNG eller mer tradisjonelle drivstoff med katalysator systemer vil være den gjengse løsningen for cruiseindustrien.

- *Videre analyser av landtransport med alternative besøksmål utover Geiranger.*

I analysene presentert i denne rapporten er det kun beregnet cruisegenerert utslipp knyttet til reiser tur / retur mellom alternative havner og Geiranger. Dersom alternative havner skal utredes i tiden fremover, for eksempel Blå Korridor til Hellesylt og / eller ny havn utenfor verdensarvområdet , er det naturlig og også se på mulige turer som genereres til andre besøksmål lokalt og regionalt. Når slik informasjon foreligger vil transportmodellene i SUSTRANS kunne videreutvikles for å se

nærmere på totale utslipp og kødannelse for mer komplekse scenarier enn de som er presentert i denne rapporten. Det vil også være aktuelt å se på kombinasjonsscenarioer hvor både omdirigering, nye havneløsninger og eventuelle nullutslipssløsninger til Geiranger vurderes sammen.

- *Videre analyser av bærekraftsaspekter samlet sett for ulike transportscenarier*

Denne rapporten presenterer kun et avgrenset bilde av ulike konsekvenser ved alternative transportformer i Geiranger fjordsystem. For et mer helhetlig bilde er det nyttig å se dette opp mot andre konsekvenser ved nye transportløsninger knyttet til økonomiske, sosiale og kulturelle aspekter. Arbeidet i «Det store bildet» utført av PwC og Åkp gir en bredere forståelse av hvordan reiseliv og samarbeid i regionen kan utvikles innenfor de samme scenariene som denne rapporten analyserer. I SUSTRANS prosjektet er det også utviklet optimeringsmodeller som sammenstiller informasjon fra flere bærekraftsaspekter for å gjøre komparative analyser av alternative transportløsninger. Videre arbeid og analyse på data innsamlet i «Det store bildet» er ei målsetting i SUSTRANS prosjektet.

- *Videre utvikling av digital tvilling for samhandling i fjordsystemet – Smart Fjord prosjekt*

I forbindelse med SUSTRANS-prosjektet har store mengder data blitt analysert og visualisert, og ei egen visualisering er også utviklet for scenariene som er analysert i denne rapporten i samarbeid med Offshore Simulator Centre ved AugmentCity. Ei aktuell videreføring av arbeidet fra SUSTRANS er utvikling av digital tvilling som et samhandlingsverktøy for god og bærekraftig planlegging og utvikling av fjordområdet. Et slikt verktøy kan tas i bruk for å forstå hvordan regulering, teknologisk utvikling og reiselivsutvikling vil påvirke området, samt utforske muligheter for bærekraftig utvikling lokalt. Prosjektet vil kunne ta i bruk analysemodeller utviklet i blant annet SUSTRANS prosjektet, samt videreutvikle andre dedikerte modeller for å sikre helhetlig og kunnskapsbasert dialog og samhandling mellom forvaltning, næringsliv, innbyggere og andre aktører i området.

Referanser

- Babri, S., Díez-Gutiérrez, M., 2019. SUSTRANS Project: Tourist transportation preferences in Geiranger area. SINTEF report 2019:00652. [http://sustrans.no/wp-content/uploads/2017/09/Report_TouristSurvey_in_Geiranger_SINTEF_protected.pdf]
- Dahl, E., & Meland, S. (2018). Video-Based traffic counting-SINTEF Project memo N-1/18.
- DNV-GL, 2018, Effekt av hastighetsreduksjon for cruiseskip i verdensarvfjordene, DNV-GL rapport nr 2018-0025
- DNV-GL, 2020, Nullutslipp i 2026 for skip i verdensarvfjordene, DNV-GL rapport nr 2019-1250
- Hagman R., Amundsen A. H., Ranta M., Nylund N. O., 2017, Klima- og miljøvennlig transport frem mot 2025, Vurderinger av mulige teknologiske løsninger for buss, TØI rapport 1571/2017
- Hjelkrem, O.A., Arnesen, P., Rennemo, O. M., Dahl, E., Thorenfeldt, U. K., Kroksæter, A., Kristensen, T., Malmin, O. K., 2017, Kjøretøybasert beregning av fart, energi og utslipp, SINTEF Rapport;2017:00031
- IHS Markit, 2020, Sea-web™ marine online database <https://ihsmarkit.com/products/sea-web-maritime-reference.html>
- International Maritime Organization (IMO), 2014. Third IMO Greenhouse Gas Study 2014-Executive Summary and Report
- International Maritime Organization (IMO), Nitrogen Oxides (NOx) – Regulation 13, [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx)
- Shlopak M., Bråthen S., Svendsen H. J., Oterhals O. , 2014. Grønn fjord Bind I. Beregning av klimagassutslipp i Geiranger, Rapport nr. 1413 (2014), Møreforskning Molde AS
- Simonsen M., Walnum H. J., Gössling S., 2018, Model for Estimation of Fuel Consumption of Cruise Ships, Energies 2018, 11(5), 1059; <https://doi.org/10.3390/en11051059>
- Stenersen D., 2017. Operasjonsdata fra skipsfart i Geiranger, Nærøy- og Aurlandsfjorden - Datainnsamling fra cruiseskip og lokal trafikk, Norsk Marinteknisk Forskningsinstitutt AS, Report No 302002020-1, April 2017
- Stranda Kommune, Forskrift om fartsavgrensing i sjøen i Stranda kommune, Møre og Romsdal fylke, sjøkart nr. 127
<https://www.stranda-hamnevesen.no/uploads/documents/174/Forskrift%20om%20fartsavgresning%20i%20Stranda%2C%20Stranda%20kommune%2C%20Møre%20og%20Romsdal%20fylke.pdf>
- Weggeberg H., Stenersen D., Keskitalo T., Järvinen E., Strutz T. M., Polley D. A., Brashers B., 2017. Utslipp til luft og sjø fra skipsfart i fjordområder med stor cruisetrafikk - Kartlegging og forslag til tiltak, M-rap-001-1350003037-002_Utslipp til luft og sjø fra skipsfart i norske fjorder_2017-05-02

Vedlegg 1: Informasjon om landtransportmodell

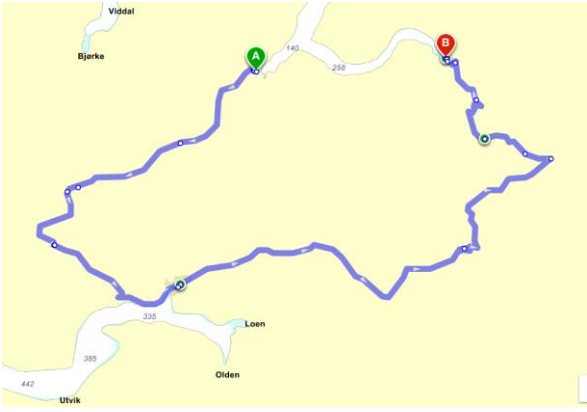
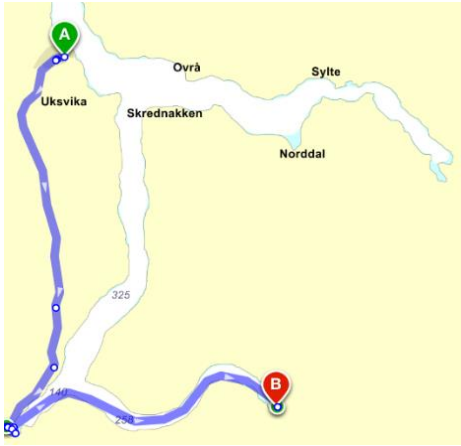
En transportmodell er utviklet i Cube for å analysere landtransport. Bil- og bobiltrafikk er innebygd i modell og mindre brukerstyrt, mens busstrafikk er stor sett avhengig av scenarier som er definert av bruker for cruisetrafikk. For å validere modellresultater for bil- og bobiltrafikk har vi sammenlignet antall passeringer fra SVV tellepunkter i området/ videoopptak gjennomført av SINTEF (Dahl og Meland, 2018) og modellresultater for et gjennomsnitt døgn i turistsesong (juni-august) i 2018 (Se Babri og Díez-Gutiérrez (2019) for mer detaljer om kjøretøfordeling og beregning av antall passeringer for et gjennomsnittlig døgn).

Tabell 4 oppsummerer antakelser i landtransportmodell for utslippsberegninger og kødannelse.

Tabell 4: Antakelser i landtransportmodell for utslippsberegning og kødannelse

Utslippsberegninger	<ul style="list-style-type: none">• Ulike typer av bil er definert i modellen som bensinbil, dieselbil, hybridbil og elbil. For sammensetting av kjøretøyparken, har vi brukt resultat fra spørreundersøkelse gjennomført i SUSTRANS. (Babri og Díez-Gutiérrez, 2019).• Det er forutsatt at alle bobiler og busser kjører på diesel.• CO2 og NOx utslipp er beregnet ved bruk av Energimodell (https://mobilitet.sintef.no/energimodul/).• For beregning av PM utslipp fra busser er det forutsatt at alle busser er Euro5-standard. Utslippsfaktor for PM er tatt fra Hagman m.f. (2017). Busser med Euro5-standard og Euro6-standard har ganske likt utslippsfaktorer for CO2 og NOx (Hagman m.f. 2017).
Kødannelse	<ul style="list-style-type: none">• Det er forutsatt at 10% av bil og bobiler ankommer samtidig i "peak hour". Tallet er beregnet basert på historiske data fra tellepunkter• Det er forutsatt at 50% av bussene ankommer samtidig i "peak hour"• Vi forutsetter en 15 min "lost-hour" for Linge-Eidsdal ferje, om trafikk overstiger kapasitet for ferje (4 avganger i time), og 90 min "lost-hour" for Hellesylt-Geiranger ferje, om trafikk overstiger kapasitet for ferje (avgang hver halvannen time)• Kø-parametere for bil, bobil og buss er satt som 1, 1.5 og 3, dvs at en buss tar 3 ganger så mye plass som en bil i kø.• Beregning av forsinkelser er basert på fartsmodell i Regionale Transportmodell (RTM) (Hjelkrem m.f. (2017))

For å modellere og estimere utslipp og kødannelse med hensyn på cruise genererte bussturer er det innhentet informasjon fra Stranda Kommune, Stranda Hamnevesen og Stiftelsen Geirangerfjorden Verdsarv. Figur 10 viser bussturer til Geiranger fra Hellesylt og Stranda.

Bussreise Hellesylt – Geiranger via Stryn	Bussreise Stranda – Geiranger med ferge fra Hellesylt
	

Figur 10: Ruter for å estimere utslipp og kø fra cruisegenerert buss fra Hellesylt og Stranda

Vedlegg 2: Informasjon om sjøtransportmodell

Følgende fremgangsmåte brukt for å angi et estimat for utslipp til luft fra cruiseskip i 2026:

- Kartlegging av flåten med cruiseskip som har besøkt eller planlegger å besøke Geiranger med basis i anløpslistene til Stranda Hamnevesen.
- Etablere scenarier for cruisetraffikk i 2026 gitt ulike regulative og kommersielle forutsetninger i samråd med aktører knyttet opp mot cruisenæringen i Geiranger.
- Etablere scenarier for maksimum, minimum og gjennomsnittsanløp i 2026.
- Beregne utslipp fra cruiseskip som representerer passasjerkapasitet nevnt over ut i fra listen over cruiseskip som har besøkt Geiranger i 2019 og som var planlagt for 2020

Energibehovet for hotellast er beregnet basert på en lineær regresjonsformel trukket ut fra innrapporterte data fra cruiseskip som besøkte Geiranger i 2016 (Stenersen, 2017) hvor energibehovet ved havn er en funksjon gitt ut i fra skipets størrelse gitt i bruttotonnasje (GT). For denne studien antas det at det ikke brukes energi til fremdrift, posisjonering eller reservelast ved kailigge. Energibehovet er videre multiplisert med tiden hvor skipet ligger i havn. Tiden for kailigge antas å være 8 timer. Videre antas det at det i snitt kommer et cruiseskip per dag i 2026 som følge av kapasiteten for mottak av skip på Hellesylt og Stranda, samt forventet nedgang i anløp i Geiranger. Data som beskriver viktige parametre om skipene med påvirkning på energibehov og dernest utslipp- som vekt, passasjerkapasitet og byggeår er hentet ut i fra IHS Seaweb databasen (IHS Markit, 2020). Energibehovet er videre multiplisert med utslippsfaktorer for karbondioksid (CO₂) og nitrogenoksid (NO_x). For CO₂ benyttes utslippsfaktorer gitt i vedlegg 6, tabell 22 fra IMO sin tredje klimagass studie (IMO, 2014). For kailigge benyttes utslippsfaktor for middels hastighet hjelpemotorer (medium speed auxiliary engines). Nevnte studie fra IMO angir ikke utslippsfaktor for NO_x, men Winnes et. al (2016) gjorde en større gjennomgang av utslippsfaktorer for NO_x. I vår rapport benyttes derfor utslippsfaktorer for NO_x gitt i tabell 12 fra Winnes et. al (2016). Det antas at skipene som etterlever IMO Tier III kravene benytter marin gassolje med et SCR eksosgass rensesystem for NO_x.

Utslipp ved transitt er utslipp forbundet med reisen i mellom Ålesund og havnene Stranda, Hellesylt og Geiranger. Forskjellen mellom transitt og havn er at ved transitt krever skipene energi til fremdrift. Energibehovet til fremdrift av skip er avhengig av en rekke faktorer som blant annet skipets størrelse, type og form på skrog, fremdriftsteknologi, ytre påvirkning fra hav og vind og seilingshastighet. Å beregne utslipp fra cruiseskip kan dermed gjøres med svært stor detaljgrad som beskrevet av Simonsen, Walnum og Gösling (2018). For modellering av transittaktivitet er i denne studien en forenklet fremgangsmåte benyttet basert på seilingsdistanse og generiske hastighet- og driftsprofiler. Utslippene i- og utenfor verdensarvområdet er beregnet. Seilingsdistanser er gitt i tabell 5. For transittetappen mellom Ålesund og Stranda antas en gjennomsnittlig seilingshastighet på 17 knop. For transitt i verdensarvsområdet antas det at fartsgrensene (Stranda Kommune, 2018) følges. Energibehovet per nautisk mil for fremdrift ved transitt er hentet ut i fra DNV-GL (2020) for de hastigheter og størrelseskategorier for cruiseskip som tilsvarer kapasiteten som er angitt for de ulike scenarioene. Dette er videre multiplisert opp med antall nautiske mil (tur-retur) som gitt i tabell 5. Videre er det totale energibehovet for fremdrift per transittetappe multiplisert opp med tilsvarende utslippsfaktorer for NO_x som nevnt for hotellast, mens det for CO₂ er brukt utslippsfaktor for hovedmotor i vedlegg 6, tabell 22 fra IMO sin tredje klimagass studie (IMO, 2014).

Tabell 5: Seilingsdistanser (en vei)

Sjølenke	Distanse	
Ålesund - Stranda	40	nm
Stranda - UNESCO Grense	2	nm
UNESCO Grense - Hellesylt	12,8	nm
UNESCO Grense - Geiranger	18,2	nm

I tillegg til energi til fremdrift ved transitt er det også behov for hotellast ved transitt. Det antas her at hotellasten er lik som for kailigge og regnes dermed på samme måte som nevnt tidligere ut i fra den tiden transittetappen tar.