

2020:00429 - Åpen

Rapport

Kunstig intelligens for høyfjellsoverganger

Sammenhengen mellom værforhold og kjørefart

Forfattere

Jo Skjermo
Carl-Johan Södersten
Petter Arnesen
Erlend Dahl
Hanne Seter



Rapport

Kunstig intelligens for høyfjellsoverganger

Sammenhengen mellom værforhold og kjørefart

EMNEORD:

Deep Learning
Fart
Prediksjon
Føreforhold

VERSJON

1.0

DATO

2020-05-08

FORFATTERE

Jo Skjermo
Carl-Johan Södersten
Petter Arnesen
Erlend Dahl
Hanne Seter

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen

OPPDRAGSGIVERS REF.

Pro: C13370, Ans: CCA00

PROSJEKTNR

102018650

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

44+ vedlegg

SAMMENDRAG**Overskrift sammendrag**

Rapporten gir oversikt over utvalgte fjelloverganger i Norge, med hensyn på sammenheng mellom målt kjørefart og værforhold som medfører stengning av veien. Dette for å støtte opp om og forbedre driftsentreprenørers beslutningsevne med hensyn på operativ drift av fjelloverganger. Fjelloverganger i Norge er spesielt utsatte for faktorer som friksjon, sikt, vindhastighet og andre vær-relaterte parametere. En stor faktor for slik beslutningsstøtte er muligheten for prediksjon frem i tid, ved å benytte nyere metoder innen kunstig intelligens. Mer spesifikt med bruk av hybrid Deep Learning, som består av CNN og LSTM nevralt nettverkslag. Disse benytter værvarsel og måledata fra Statens vegvesens digitale infrastruktur (Vegvær og DATEX II). En grunn til reduksjon av kjørefart er som følge av forverrede kjøreforhold. Fart er derfor en viktig nøkkelindikator for kjøreforhold ved værutsatte fjelloverganger. Prediksjon av endring i fart gir derfor en meget god indikasjon på faktiske kjøreforhold frem i tid.

UTARBEIDET AV

Jo Skjermo

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

Terje Moen

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Roar Norvik

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

2020:00429

ISBN

978-82-14-06529-9

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
0.9	2020-05-06	Versjon for kvalitetssikring
0.9	2020-05-07	Versjon for uttalelse
1.0	2020-05-25	Endelig versjon

Innholdsfortegnelse

Forord.....	5
Sammendrag.....	6
Summary	7
Figurliste.....	8
1 Mål.....	9
2 Innledning.....	9
3 Samfunnsnytter av forbedret vinterdrift og vedlikehold på høvfjellsoverganger.....	10
3.1 Nytte for ulike aktører	10
3.2 Brukeraksept og tillit.....	11
4 Problemområdene - overordnet beskrivelse.....	12
4.1 E10 Bjørnfjell.....	13
4.2 E6 Sennalandet	14
4.3 E6 Saltfjellet	15
4.4 E8 Skibotn (Troms).....	16
4.5 E6 Kvænangsfjellet.....	17
5 Analyse 2019-2020	18
5.1 Saltfjellet	18
5.1.1 Befaring mars 2020.....	18
5.1.2 Data.....	22
5.1.3 Analyse.....	23
5.2 Sennalandet	29
5.2.1 Data.....	29
5.2.2 Analyse.....	29
5.3 Dovrefjellet	32
5.3.1 Data.....	32
5.4 Konklusjon av analyse 2019-2020.....	35
6 Dovrefjell og kunstig intelligens.....	35
6.1 Innledning	35
6.2 Deep Dovre	38
6.3 Testing av modellen på vintersesongen 2019/2020.....	39

7	Potensielle tiltak	40
7.1	Digital prediksjon av veg- og føreforhold	40
7.1.1	Muligheter for og nytte ved implementering av beslutningsstøttesystem	41
7.1.2	Datatilgang.....	41
7.1.3	Lokale forhold.....	42
7.1.4	Utvidelse – stigningsproblematikk	42
7.1.5	Muligheter	42
7.2	Konklusjon.....	42
8	Referanser.....	44

BILAG/VEDLEGG

Ingen vedlegg

Forord

SINTEF har i et oppdrag for Statens vegvesen utført en studie på hvordan kunstig intelligens kan brukes for å forbedre og støtte opp om driftsentreprenørenes beslutningsevne med hensyn på operativ drift av høyfjellsoverganger i Norge.

Denne rapporten beskriver befaringer og analyse av flere fjelloverganger i Norge, samt viser resultat på en kunstig intelligensmodell som er implementert basert på data fra værstasjon Fokstugu over E6 Dovrefjell.

Sentrale personer i arbeidet har vært Jo Skjermo (prosjektleder, modellering, analyse og publisering), Petter Arnesen (modellering, analyse og publisering), Erlend Dahl (modellering, analyse og publisering), Carl-Johan Södersten (modellering, analyse og publisering) og Hanne Seter (analyse).

Rapporten er utarbeidet av Jo Skjermo (forsker), Petter Arnesen (seniorforsker), Carl-Johan Södersten (forsker) og Hanne Seter (forsker). Terje Moen (seniorrådgiver) har kvalitetssikret rapporten. Alle er ansatt ved SINTEF Community, avdeling Mobilitet og samfunnsøkonomi.

Sammendrag

Denne rapport presenterer resultat av prosjektet *Kunstig intelligens for høyfjellsoverganger*. Rapporten gir oversikt over utvalgte fjelloverganger i Norge, med hensyn på sammenheng mellom målt kjørefart og værforhold som medfører stengning av veien. Dette for å støtte opp om og forbedre driftsentreprenørers beslutningsevne med hensyn på operativ drift av fjelloverganger. Fjelloverganger i Norge er spesielt utsatte for faktorer som friksjon, sikt, vindhastighet og andre vær-relaterte parametere. En stor faktor for beslutningsstøtte er muligheten for prediksjon frem i tid, med å benytte nyere metoder innen kunstig intelligens. Mer spesifikt ved å anvende hybrid Deep Learning, som består av CNN og LSTM nevralt nettverkslag. Disse teknikkene benytter værvarsel og måledata fra Statens vegvesens digitale infrastruktur (Vegvær og DATEX II). En grunn for reduksjon av kjørefart er som følge av forverrede kjøreforhold. Fart er derfor en viktig nøkkelindikator for kjøreforhold ved værutsatte fjelloverganger. Prediksjon av endring i fart gir følgelig en meget god indikasjon på faktiske kjøreforhold frem i tid.

Summary

This report gives an overview of selected mountain crossings in Norway, with regard to measured vehicle speed versus adverse weather conditions that incur closure of the road. This to support and improve road operator's ability to take decisions on the day-to-day operation. Mountain passes in Norway are especially exposed by aspects such as friction, visibility, wind speed and other weather-related phenomena. A large factor in such support is the possibility for prediction into the future of adverse driving conditions, utilizing newer methods from artificial intelligence. One such approach is the use of hybrid Deep Learning, consisting of convolution neural network layers and LSTM neural network layers for prediction, that uses weather forecast and sensor data from the Norwegian Public Road Administration (Vegvær and DATEX II). One reason for a reduction in speed is an increase in severity in adverse weather conditions. Speed is therefore an important key performance indicator of perceived driving condition. Hence, changes in speed is a good indication on the actual driving condition in the future.

Figurliste

FIGUR 1: E6 BJØRNFJELL KART. RØDE PUNKT ER TRAFIKKTELLING. GRÅTT PUNKT ER VEGVÆR KLIMASTASJON.	13
FIGUR 2: E6 SENNALANDET KART. RØDE PUNKT ER TRAFIKKTELLING. GRÅTT PUNKT ER VEGVÆR KLIMASTASJON	14
FIGUR 3: E6 SALTFJELLET KART. RØDE PUNKT ER TRAFIKKTELLING. GRÅTT PUNKT ER VEGVÆR KLIMASTASJON.	15
FIGUR 4: BRO MED KRYSSING AV JERNBANE.	16
FIGUR 5: E8 SKIBOTN. RØDE PUNKT ER TRAFIKKTELLING. GRÅE PUNKT ER VÆRSTASJONER.	16
FIGUR 6: E6 KVÆNANGSFJELLET. RØDE PUNKT ER TRAFIKKTELLINGER. GRÅTT PUNKT ER VEGVÆR KLIMASTASJON.	17
FIGUR 7: DETALJERT KART PÅ E6 SALTFJELLET	19
FIGUR 8: TILGJENGELIG DATA FRA VÆRSTASJON SØRELVA (VED E6 SALTFJELLET)	20
FIGUR 9: VEIEN VED STED B1 I FIGUR 7. FOTO: SINTEF	20
FIGUR 10: NORDOVER FRA INNKJØRING TIL BRØYTESTASJON, VED STED B2 I FIGUR 7. FOTO: SINTEF	20
FIGUR 11: SØROVER FRA INNKJØRING TIL BRØYTESTASJON, VED STED B2 I FIGUR 7. FOTO: SINTEF	21
FIGUR 12: BRØYTESTASJON, VED STED B2 I FIGUR 7. FOTO: SINTEF	21
FIGUR 13: VEIEN VED STED B3 I FIGUR 7. FOTO: SINTEF	21
FIGUR 14: VEIEN VED STED B4 I FIGUR 7	22
FIGUR 15: PLANLAGT NY TRAFIKKREGISTRERINGSSTASJON I 2020 (VED STED B5 I FIGUR 7). FOTO: SINTEF	22
FIGUR 16: PASSERINGER SALTFJELLET 20-21. FEBRUAR 2020.	24
FIGUR 17: VIND (M/S) OG SIKT (M) SALTFJELLET 20-21. FEBRUAR 2020.	24
FIGUR 18: PASSERINGER SALTFJELLET 12. JANUAR 2020.	25
FIGUR 19: VIND (M/S) OG SIKT (M) SALTFJELLET 12. JANUAR 2020.	25
FIGUR 20: PASSERINGER SALTFJELLET 1-2. DESEMBER 2019.	26
FIGUR 21: VIND (M/S) OG SIKT (M) SALTFJELLET 1-2. DESEMBER 2019.	26
FIGUR 22: PASSERINGER SALTFJELLET 26-29. JANUAR 2020	27
FIGUR 23: VÆRSITUASJON SALTFJELLET UNDER 26-29. JANUAR 2020	27
FIGUR 24: PASSERINGER SALTFJELLET 29. JANUAR – 2. FEBRUAR 2020	28
FIGUR 25: VÆRSITUASJON SALTFJELLET 29. JANUAR – 02 FEBRUAR 2020	28
FIGUR 26: PASSERINGER SENNALANDET 02-03. DESEMBER 2019	30
FIGUR 27: VIND (M/S) OG AKKUMULERT NEDBØR / 10MIN (MM) SENNALANDET 02-03. DESEMBER 2019.	30
FIGUR 28: PASSERINGER SENNALANDET 10. MARS 2020	31
FIGUR 29: VIND (M/S) OG AKKUMULERT NEDBØR (MM/ 10MIN) SENNALANDET 10. MARS 2020	31
FIGUR 30: PASSERINGER SENNALANDET 21-23. JANUAR 2020	32
FIGUR 31: VÆRFORHOLD SENNALANDET 21-23. JANUAR 2020	32
FIGUR 32: PASSERINGER DOVREFJELLET 10-11. DESEMBER 2019.	33
FIGUR 33: VIND (M/S) OG SIKT (M) DOVREFJELL 10-11. DESEMBER 2019.	34
FIGUR 34: PASSERINGER DOVREFJELL 09-10 FEBRUAR 2020.	34
FIGUR 35: VÆRFORHOLD UNDER STENGNINGSHENDELSE 09-10 FEBRUAR 2020.	35
FIGUR 36: E6 OVER DOVREFJELLET. RØDT PUNKT VISER TRAFIKKTELLING/VÆRSTASJON.	36
FIGUR 37: AVSTAND TIL NÆRMESTE STENGNINGSSITUASJON (ORANSJE) OG TIL NÆRMESTE IKKE-STENGNINGSSITUASJON (BLÅ), SAMT FAKTISKE STEINGINGER/KOLONNEKJØRINGER (RØD PIL).	37
FIGUR 38: FART TIL LETTE (BLÅ) OG TUNGE (RØDE) KJØRETØY FØR OG ETTER STENGNING (MARKERT MED RØD PIL).	37
FIGUR 39: FAKTISKE HASTIGHETER (BLÅ LINJE) OG PREDIKERTE HASTIGHETER (ORANSJE LINJE) UNDER ANDRE UKEN I MARS 2019. 1-TIMES PREDIKSJON.	38
FIGUR 40: FAKTISKE HASTIGHETER (BLÅ LINJE) OG PREDIKERTE HASTIGHETER (ORANSJE LINJE) UNDER ANDRE UKEN I MARS 2019. 6-TIMERS PREDIKSJONER.	39
FIGUR 41: FAKTISKE HASTIGHETER (BLÅ – LETTE KJØRETØY; RØD – TUNGE KJØRETØY), 1-TIMES PREDIKSJONER (ORANSJE) OG 6-TIMERS PREDIKSJONER (GRØNN) FØR DEN 9. FEBRUAR 2020). VERTIKALE LINJER: RØD=STENGNING, BLÅ=ÅPNING.	39
FIGUR 42: UTSNITT AV PREDIKSJONSMODELLEN AV KOMMENDE KJØRETØYHASTIGHETER (ORANSJE) SAMMEN MED HISTORISKE HASTIGHETER (BLÅ) SAMT PARAMETER FOR VÆR- OG FØREFORHOLD (RADARPLOTT)	41

1 Mål

Hovedmålet med prosjektet har vært å utvikle et system for å forbedre og støtte opp om driftsentreprenørenes beslutningsevne med hensyn på operativ drift av høyfjelloverganger i Norge. Dette er gjort gjennom å analysere data fra utvalgte fjelloverganger i Norge, der værforhold og kjøremønster har resultert i kolonnekjøring eller at vegen har blitt stengt. Hensikten er å gi en økt innsikt i sammenheng mellom målt fart og værforhold på denne typen vegstrekninger. Fjelloverganger i Norge er spesielt utsatte for faktorer som friksjon, sikt, vindhastighet og andre værrelaterte parametere. En viktig faktor for slik støtte er muligheten for prediksjon frem i tid, ved å benytte nyere metoder innen kunstig intelligens, mer spesifikt "Deep Learning", som består av CNN (Convolution Neural Networks) og LSTM (Long Short Term Memory) nevrale nettverkslag, mer om dette i neste avsnitt. Disse teknikkene benytter værvarsel og måldata fra Statens vegvesens digitale infrastruktur (Vegvær og DATEX II). Tidligere forskning (Ibrahim, 1994) (Liang, 1998) viser at en grunn for reduksjon i fart er som følge av forverrede kjøreforhold, så antagelsen er at prediksjon av fart er en nøkkelindikator for kjøreforhold ved værutsatte fjelloverganger. Prediksjon av endring i fart gir derfor en meget god indikasjon på utviklingen av faktiske kjøreforhold frem i tid.

2 Innledning

Denne rapporten tar for seg utvalgte fjelloverganger i Nord-Norge samt fjellovergangen over Dovrefjell, med hensyn på utfordringer rundt fremkommelighet og sikkerhet knyttet til kolonnekjøring og stengninger. Rapporten tar utgangspunkt i "*Notat: Pilot vinterdrift og høyfjellsutfordringer*" (Strategistaben SVV Region Nord 2019). Kartleggingen som er presentert i rapporten er utført med tanke på mulighetene til å kunne ta i bruk et digitalt beslutningsstøtteverktøy som benytter statistikk og maskinlæringsalgoritmer for å predikere tilstand på veg- og føreforhold på fjelloverganger. Beslutningsstøtteverktøy kan brukes av de som benytter vegen til transport, spesielt viktig her er næringstransport. Men det skal også kunne benyttes av entreprenørene som har drifts- og vedlikeholdskontrakter på relevante strekninger. Slike verktøy kan på bakgrunn av veg- og føreforhold predikere behov for tiltak så som brøyting/strøing, stenging og kolonnekjøring. Et slikt system er utviklet av SINTEF i samarbeid med Statens vegvesen (SVV) og driftsentreprenører gjennom flere prosjekter på Dovrefjell. Systemet vil i seg selv ikke kunne endre de fysiske forholdene over fjelloverganger, og derfor anbefales det i tillegg å se på noen tradisjonelle fysiske tiltak som å utbedre sideterreng eller løfte vegen, sette opp snøskjerming og belysning, etablere brøytefelt, sette opp brøytestikker etc.

I dette prosjektet benyttes en videreutvikling av metoder og løsninger som er utviklet i et CBR (Case-Based Reasoning) system for entreprenør på Dovrefjell, i prosjektene "Vind- og friksjonsvarsling Dovre" og "Kunnskapsbasert Vinterdrift med CBR". I videreutviklingen er det benyttet ny AI-teknologi for å kunne sammenligne forholdene på fjelloverganger med tidligere observerte tilfeller, og bidra med beslutningsstøtte. Disse nyere metodene har blitt testet og integrert. Metoden som har blitt tatt i bruk er "hybride Deep Learning network", mer spesifikt hybrid CNN og LSTM recurrent Neural Networks. Metodene er beskrevet i detalj i vitenskapelige publikasjoner (Skjermo, Arnesen et al. 2020).

Oppdragsgiver har ønsket at metodene og systemet skal kunne benytte Statens vegvesens eksisterende infrastruktur og datakilder i størst mulig grad, som for eksempel Vegvær og DataInn. Det er også ønsket at beslutningsstøtte skal kunne gis for flere fjelloverganger. Det er derfor fokusert på å analysere infrastruktur og datatilgjengelighet på flere fjelloverganger (kapittel 4 og 5).

Strukturen i denne rapporten er som følger. Først vurderes nytteverdien av å innføre tiltak over fjelloverganger som er utsatt for stengning og kolonnekjøring i kapittel 3. Det fokuseres spesielt på det nye digitale beslutningsstøtteverktøyet som foreslås tatt i bruk, og hvordan man bør jobbe for å oppnå aksept og tillit til et slikt system. Videre beskrives i kapittel 4 utfordringene og tilgjengeligheten til sensordata ved noen utvalgte fjelloverganger. I kapittel 5 gjennomføres en analyse på utvalgte fjelloverganger for vintersesongen

2019/2020. Eksisterende system på Dovrefjell presenteres i kapittel 6, og til slutt en diskusjon om mulige tiltak i kapittel 7.

3 Samfunnsnytter av forbedret vinterdrift og vedlikehold på høyfjelloverganger

For å vurdere den potensielle samfunnsnytten av forbedret vinterdrift og vedlikehold på høyfjelloverganger har det allerede blitt utformet en rapport av Nordlandsforskning som tar for seg kostnader forbundet med dårlig fremkommelighet på 17 fjelloverganger i Nord-Norge (Bardal 2018). Kartleggingen som planlegges her tar for seg en større bredde av nytteeffekter enn kun økonomiske effekter for brukerne av vegen.

Denne kartleggingen tar for seg nytten for flere aktører. Vi skal vurdere nytteeffekter for Statens vegvesen og realisering av deres samfunnsoppgaver knyttet til sikkerhet og fremkommelighet, men også til dels til klima og miljø. Kartleggingen tar også for seg nytteeffekter for entreprenørene, og i hvilken grad verktøyet gir de et bedre grunnlag for beslutningstaking. Vi kommer også til å se på nytteeffekter for næringstransporten, og da spesielt den potensielle nytten som vegbrukerne vil ha av å kunne vite i forkant hvordan tilstanden på veg og føreforhold vil utvikle seg slik at man kan planlegge transporten ut ifra forholdene. Nytteeffekter for de ulike aktørene er beskrevet litt mer i detalj under.

3.1 Nytte for ulike aktører

Fra et nytte-perspektiv er det flere aspekter som kan trekkes frem, og beslutningsstøtteverktøyet kan være nyttig for ulike aktører.

Fra **Statens vegvesen** sin side kan beslutningsstøtteverktøyet bidra til å realisere flere av deres samfunnsoppgaver, knyttet primært til sikkerhet og fremkommelighet, men også til dels klima og miljø. Det er i økende grad et ønske om å supplere de klassiske virkemidlene som for eksempel snøskjerm og fresefelt med nye virkemidler, noe som i stor grad bygger på ny teknologi og nye verktøy hvor datakilder blir satt sammen og brukt på nye måter. Denne strategien er for eksempel beskrevet i Statens vegvesens ITS-strategi (Statens vegvesen 2018) og i Nasjonal Transportplan (Det Kongelige Samferdselsdepartement 2017).

Konkret kan beslutningsstøtteverktøyet bidra til bedre drift- og vedlikehold, noe som kan føre til høyere sikkerhet på vegene dersom verktøyet gjør at man setter inn bedre tiltak enn man ville gjort uten. Ved å informere om redusert sikt, redusert veggrep og blokkering av vegen vil man øke både sikkerheten og fremkommeligheten på fjellovergangene, samt skape en mer forutsigbar passering av fjellovergangene under vanskelige kjøreforhold.

Videre kan beslutningsstøttesystemet fra Statens vegvesens side være en måte å drive med kontroll og verifisering av drifts- og vedlikeholdskontraktene de har på fjellovergangene. Det blir brukt mye ressurser i dag på kjørekontroller, og disse har ikke kapasitet til å dekke alle strekninger til enhver tid. I første omgang er det snakk om at beslutningsstøttesystemet kunne være med å supplere de eksisterende datakildene som for eksempel data fra entreprenør og Statens vegvesens friksjonsmålerbiler.

Et beslutningsstøtteverktøy kan også være nyttig for å sikre god drift i perioder der man endrer hvem som er driftsentreprenør på strekninger. Med et anbudsbasert regime kan man oppleve at en entreprenør som tidligere ikke har hatt kontrakt på en fjellovergang vinner anbudet. Man kan da oppleve en situasjon hvor mye lokal kunnskap knyttet til spesifikke problemområder blir tapt og må opparbeides fra bunnen av igjen. Med et beslutningsstøtteverktøy kunne denne overgangen blitt gjort enklere fordi en del av lokalkunnskapen kunne blitt overført via dette verktøyet.

Fra **driftsentreprenørene** sin side kan et beslutningsstøttesystem bidra til å gjøre det enklere å prioritere ressurser, gitt at informasjonen fra verktøyet har høy nok kvalitet. Verktøyet kan bidra til bedre

beslutningstaking knyttet til hvor og når tiltak skal settes inn. På den andre side må entreprenørene basere beslutninger knyttet til tiltak på en overordnet vurdering på bakgrunn av flere kilder til informasjon. Å ekskludere andre informasjonskilder er derfor kanskje ikke sannsynlig i første omgang, men verktøyet kan være et viktig supplement til dagens informasjonskilder, spesielt for områder der vær- og føreforhold endrer seg raskt. Det er viktig å få integrert lokal kunnskap knyttet til drift og vedlikehold i verktøyet på et tidlig tidspunkt. Dette vil bidra til mest mulig nytte for entreprenørene.

Sanntidsinformasjon om vær- og føreforhold kan gjøre det enklere for entreprenørene å være ett steg foran drastiske endringer i vær- og føreforhold. I dag får entreprenørene rapporter fra egne mannskap, Vegtrafikksentraler (VTS) eller direkte fra publikum, og dette betyr at de får beskjed etter at noen har kjørt på strekningen og opplevd utilstrekkelige kjøreforhold og rapportert dette videre.

For **næringstransporten** er forutsigbarhet innen transport essensielt. Trafikkbelastningen på veg varierer i Nordland, Troms og Finnmark mellom ulike næringer: I Troms og Finnmark er transport av sjømat dominerende, mens for tidligere Finnmark fylke alene genererer mineraler mest trafikk. Et kjennetegn for de fleste områder i Nord-Norge er få alternative ruter for transport på veg. Ved stenging av fjelloverganger blir ofte biler stående og vente på at vegen skal åpne pga. lange og kostbare omkjøringer som eneste alternativ. Med god og tidlig informasjon om forholdene kan næringstransporten i større grad planlegges ut ifra de rådende forholdene for veg og føre.

I intervjuene gjennomført av (Bardal 2018) med representanter fra sjømatnæringen kommer det frem at lav fremkommelighet på høyfjellsoverganger får negative konsekvenser med tanke på både økt tid brukt på selve transporten og økte kostnader i forbindelse med transporten. Dette er sannsynlig å være gjeldende også for andre næringer. Totalt er kostnadene ved forsinkelser for tyngre kjøretøy beregnet til å være 27,5 millioner kroner hvert år for fjelloverganger i Nord-Norge (Bardal 2018). I tillegg har man innen sjømatnæringen negative effekter for sjømatproduktene i form av verdiforringelse, og at man ved sen levering får påfølgende reklamasjoner og bøter fra kundene som ikke får produktene levert til avtalt tid med den kvaliteten som var avtalt. En kvantifisering av denne negative effekten har imidlertid ikke vært mulig skriver Bardal (2018) pga. mangel på data, men det antas at denne også er av stor verdi.

3.2 Brukeraksept og tillit

Et av hovedfunnene i evalueringen i NordicWay (Seter and Arnesen 2017) er viktigheten av at brukerne har tillit til at teknologien har høy nok kvalitet til at den kan brukes i operasjonell drift. Mange av brukerne av dette beslutningsstøttesystemet fra både entreprenørene og fra Statens vegvesen vil ha høy kunnskap om temaet vinterdrift og vedlikehold, og de vil sitte på lokalkunnskap som kommer til å forme deres oppfatning av systemet. Det er derfor viktig å utvikle systemet sammen med brukerne for å benytte seg av denne spisskompetansen under utviklingen, samt å tilpasse brukergrensesnittet til verktøyet til deres behov og ønsker. Samlinger og workshops med diskusjoner rundt datakvalitet og nøyaktigheten til verktøyet er derfor hensiktsmessig og viktig for å sikre god forankring hos brukerne.

Et annet hovedfunn fra evalueringen i NordicWay (Seter and Arnesen 2017) er at brukerne er avhengig av at både hardware og software er stabile i drift. For eksempel kan værstasjoner være nede når været er spesielt dårlig, og da er entreprenøren ofte uansett avhengig av å ha mannskap ute på vegen for å følge med på vær- og føreforholdene. Stabilitet i verktøyet er derfor viktig, spesielt når man har ustabile værforhold. For å få utløst mest mulig nytte for entreprenørene er man også avhengig av at informasjonen er mest mulig i sanntid. Fra entreprenørenes side vil det være en fordel at beslutningsstøttesystemet viser hvorfor det har kommet frem til den beslutningen den har. Dette betyr at brukergrensesnittet kan potensielt være avgjørende for om systemet blir brukt eller ikke. Videre er det viktig å gå for en gradvis utvikling av systemet (NordicWay). Videre kunne et beslutningsstøttesystem hjulpet entreprenører med å være mer samstemte med tanke på kriterier for stenging,

åpning og kolonnekjøring, noe som oppleves av representanter fra sjømatnæringen som forskjellig for ulike strekninger (Bardal 2018).

For Statens vegvesen er det viktig å få erfaring med å anvende de dataene man har tilgjengelig. I dag genereres større og større datamengder, men en instans som Statens vegvesen er ikke nødvendigvis organisert for å håndtere store datamengder fordi dette er ikke en oppgave som man tradisjonelt har hatt mye erfaring med. Å få erfaring med slike beslutningsstøttesystemer er viktig for å rigge organisasjonen til en fremtid som inneholder Big data og maskinlæring som naturlige komponenter.

4 Problemområdene - overordnet beskrivelse

I dette kapitlet belyses fem fjelloverganger i Nord-Norge og utfordringer med fremkommelighet og sikkerhet knyttet til kolonnekjøring og stengninger. Kapitlet er et svar på "Notat: Pilot vinterdrift og høyfjellsutfordringer" (Strategistaben SVV Region Nord 2019). Kartleggingen som planlegges vil spesielt se på mulighetene for å ta i bruk et digitalt beslutningsstøtteverktøy som benytter statistikk og maskinlæringsalgoritmer for å predikere tilstand på veg- og føreforhold på fjelloverganger. Beslutningsstøtteverktøyet kan brukes av de som benytter vegen til transport, spesielt viktig her er næringstransport, og det skal benyttes av entreprenørene som har drifts- og vedlikeholdskontrakter på relevante strekninger. Verktøyet skal på bakgrunn av veg- og føreforhold predikere behov for vinterdriftstiltak, stenging og kolonnekjøring. Dette systemet¹ er utviklet av SINTEF i samarbeid med Statens vegvesen og entreprenører gjennom flere prosjekter på Dovrefjell. Et slikt system vil ikke fysisk bedre forholdene over fjelloverganger, og derfor vil vi i tillegg se på noen tradisjonelle fysiske tiltak som: endring av sideterreng eller løfte vegen, snøskjerm, belysning, brøytfelt, brøytetikker etc.

I **Tabell 1** vises antall stengninger og kolonnekjøringer fra utsendt notat fra strategistaben i Region Nord (Strategistaben SVV Region Nord 2019).

Tabell 1: Antall stengninger og kolonnekjøringer i perioden 2010-2018

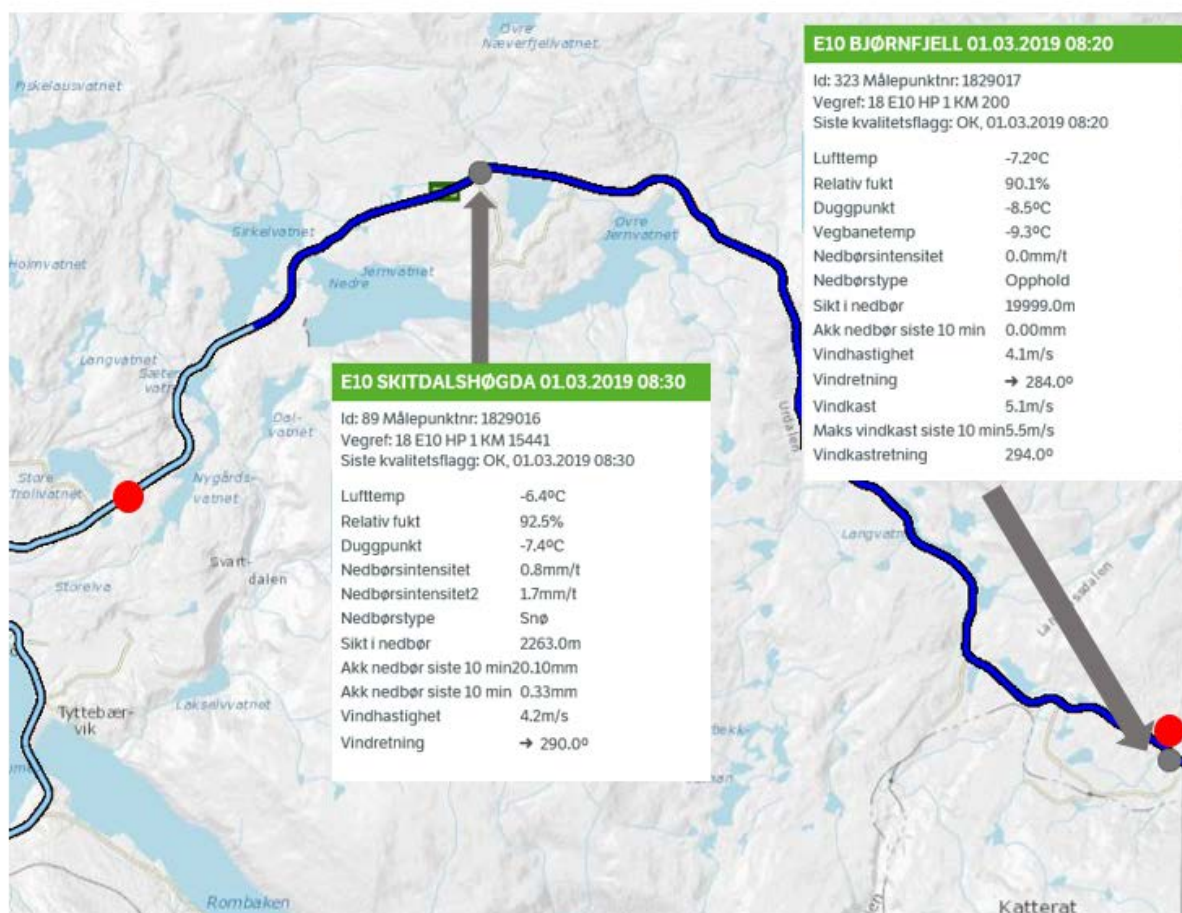
Riksvegstrekning	Stengninger 2010-18	Kolonnekjøring 2010-18	Fylke
Rv. 73 Krutfjell	10	8	Nordland
E12 Umbukta	68	53	Nordland
E6 Saltfjellet	179	206	Nordland
Rv. 77 Graddis	11	3	Nordland
E10 Bjørnfjell	128	166	Nordland
E6 Gratangsfjellet	20	11	Nordland/Troms
E8 Skibotn - riksgrensen	16	3	Troms
E6 Kvæningsfjellet	142	102	Troms
E6 Sennalandet	180	205	Finnmark
Rv. 94 Kvalsund - Hammerfest	81	41	Finnmark
E75 Vadsø - Vardø	65	42	Finnmark
E69 Olderfjord - Honningsvåg	338	178	Finnmark
Sum	1238	1018	

Basert på innledende samtaler med Statens vegvesen Region Nord og Vegdirektoratet fokuseres det i denne rapporten på følgende fem fjelloverganger:

¹ <http://mobilitet.sintef.no/fjelloverganger/>

- E10 Bjørnfjell (Nordland)
- E6 Sennalandet (Finnmark)
- E6 Saltfjellet (Nordland)
- E8 Skibotn (Troms)
- E6 Kvænangsfjellet (Troms)

4.1 E10 Bjørnfjell



Figur 1: E6 Bjørnfjell kart. Røde punkt er trafikkteiling. Grått punkt er Vegvær klimastasjon.

Fjellovergangen Bjørnfjell på E10 er et fjell og høyfjellsområde som ligger øst for Narvik i Nordland. I rapporten brukes navnet Bjørnfjell om hele fjellområdet der europavei 10 og Ofotbanen går fra Ofoten mot Sverige. Vinterdøgntrafikk for overgangen er 1071, med 86 lange kjøretøy.

På høyfjellovergangen ligger to vegvær-stasjoner, E10 Skitdalshøgda og E10 Bjørnfjell. Ved Bjørnfjell er det trafikkregistreringspunkt, mens Skitdalshøgda ikke har trafikkregistreringspunkt. Månedsdøgntrafikken (MDT) er mellom 514 og 1064 (Bardal 2018).

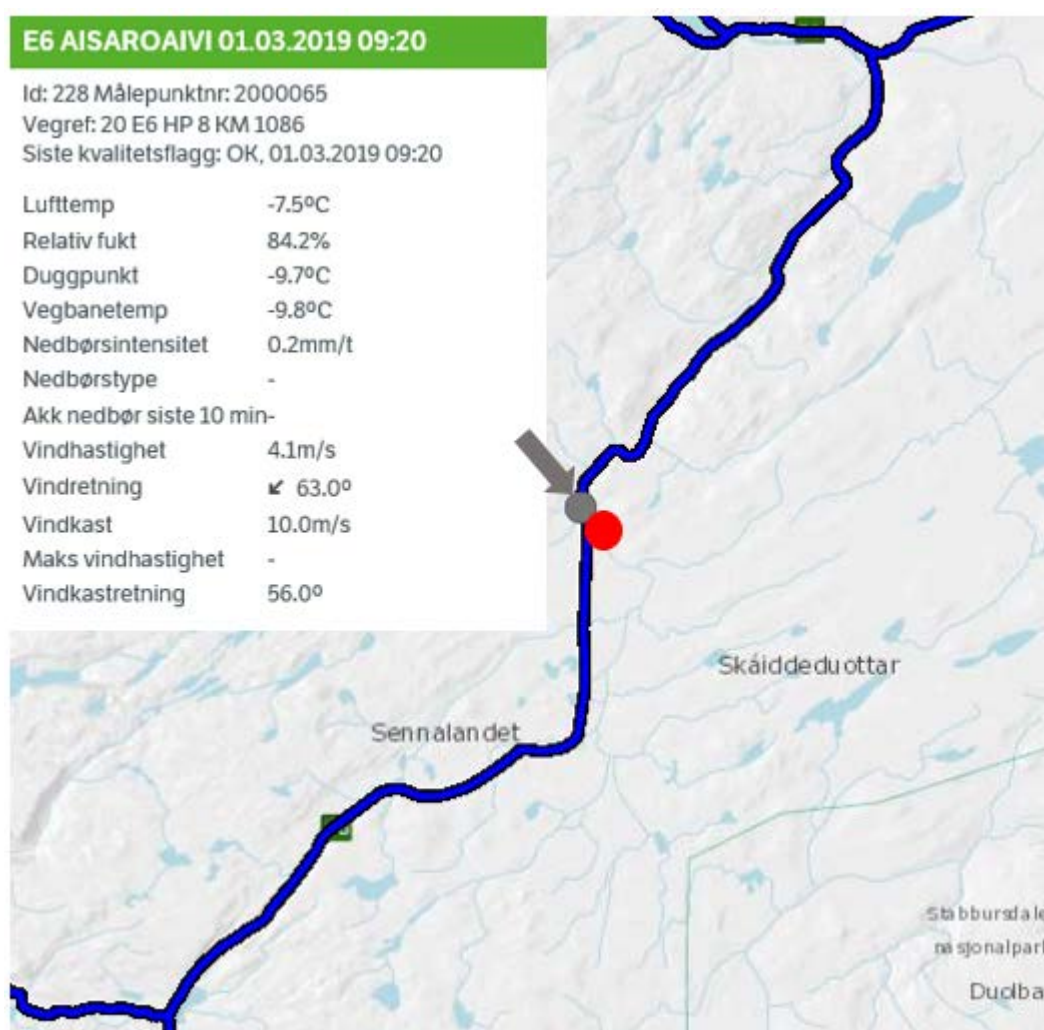
På fjellovergangen er det noen strekninger som skiller seg ut som problemområder.

- Jernvannet: Trange skjæringer hvor det samler seg snø
- Skitdalshøgda: Problemer med fokksnø og sikt.

- Rettstrekning nærmest vannet øst for Skitdalslhogda. Her er det tidligere foreslått vindskjerming, noe som fortsatt kan være aktuelt.
- Stigning rett øst for Pettersensvatnet er bratt, opp mot 6.8%.
- Like ved riksgrensen er det problemer med vind og snøfokk.

Det kan nevnes at det er snøskredsområde litt inn i Sverige, hvor et databasert varslingsystem med sensorer er installert, samt at vegen er lagt på bro over det mest utsatte området.

4.2 E6 Sennalandet



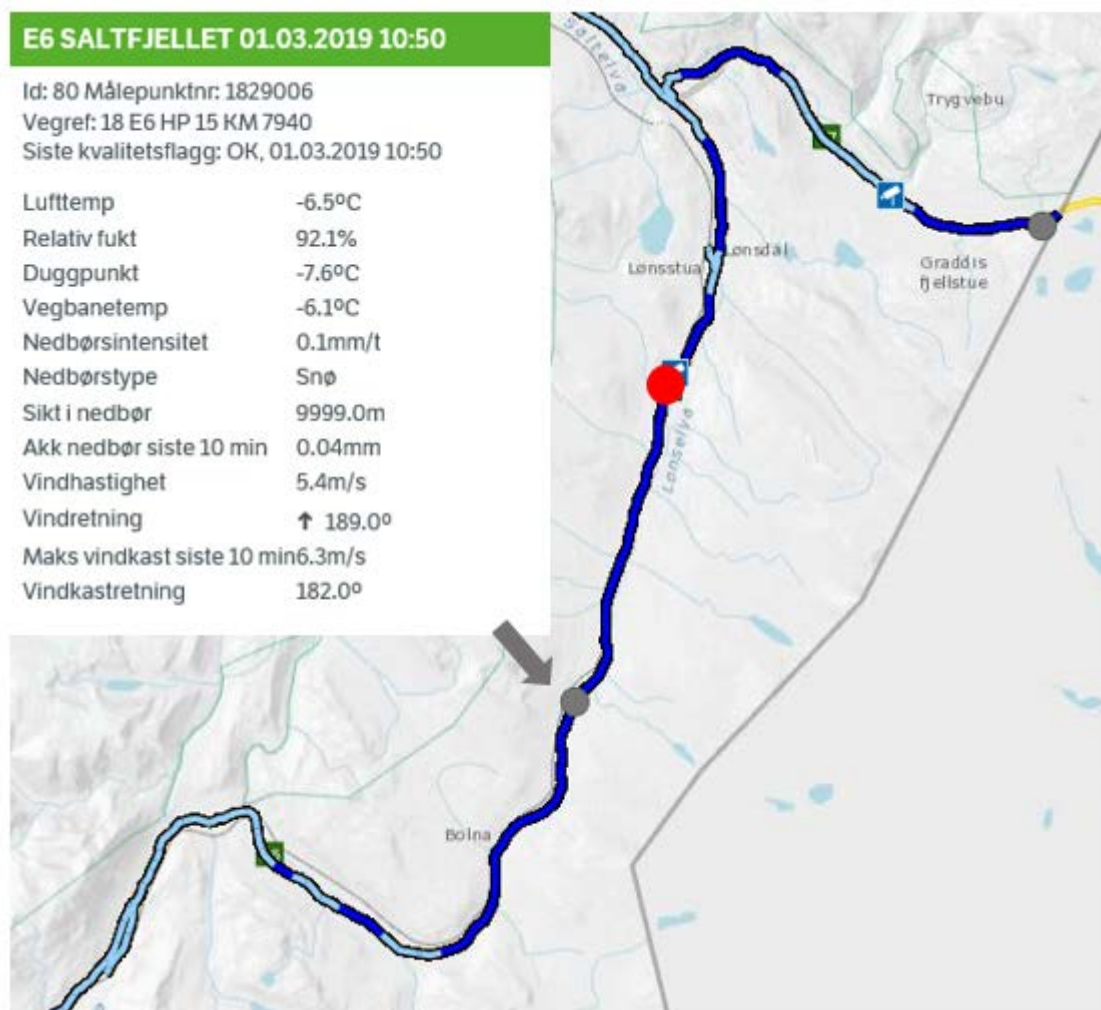
Figur 2: E6 Sennalandet kart. Røde punkt er trafikkteiling. Grått punkt er Vegvær klimastasjon

Sennalandet er et fjellområde i Kvalsund og Alta. E6 går over Sennalandet. Fjellovergangen har en værstation og ett registreringspunkt for trafikk ved E6 Aisaroaivi, og Månedsdøgntrafikk ligger mellom 386 og 851 (Bardal 2018).

Hovedårsaken for stengning er sikt og dårlig vær, hovedproblemene ligger i begge endene av fjellet. Værstasjonen står i et av disse områdene. På Alta-siden er det stengt noen ganger for skredfare også.

Ett tiltak er nok å slakke skråninger og fjerne rekkverk evt. bytte til rørrekkverk. Dette gjelder hovedsakelig i området ved Aisaroaivi. For å minske skredfaren på Alta-siden er det nok mulig å vurdere å sette opp snøskjermer oppe på fjellet.

4.3 E6 Saltfjellet



Figur 3: E6 Saltfjellet kart. Røde punkt er trafikkteiling. Grått punkt er Vegvær klimastasjon.

Saltfjellet er et fjellområde i Nordland, mellom Helgeland og Salten. E6 går igjennom fjellområdet, og fjellovergangen går igjennom Saltfjellet-Svartisen nasjonalpark. Nasjonalparken sin status har betydning for hvilke tiltak det er mulig å gjøre, for eksempel mindre mulighet for fysiske tiltak.

På fjellovergangen er det en værstasjon, E10 Saltfjellet, samt ett trafikkregistreringspunkt. MDT er mellom 472 og 814 (Bardal 2018). Det bemerkes også at det er en lokal værstasjon ved Stokkabekken. Denne er ikke i Vegvær systemet, men benyttes av lokale entreprenører. Det er planlagt en ny værstasjon nede ved Bolma.

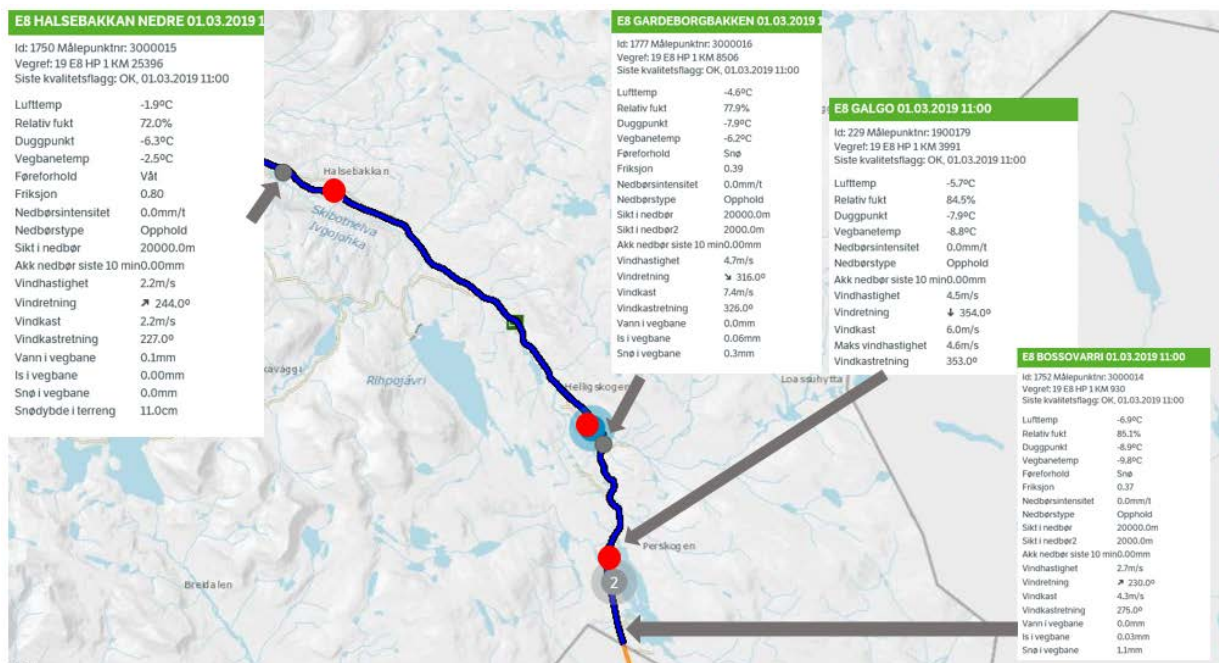
På fjellovergangen er det stort sett vind som er problemet (i sammenheng med lav friksjon eller fokksnø). Noen strekninger som skiller seg ut som problemområder er:

- Rett nord for polarsirkelen (fra polarsenteret til kulturminnet).
- Stødi, bro for kryssing av jernbanen, vindproblemer, rekkverk som samler litt snø rett nord for broa
- Høydedraget nord for nedlagte Semska jernbanestasjon - Sørelva brøytestasjon
- Fra Sørelva og nedover. Her er det plan om ny vei. Her bør vegen planlegges til å legges langt nok fra jernbane (slik at brøyting ikke medfører at snø blir kastet over fra jernbane til veg og omvendt).



Figur 4: Bro med kryssing av jernbane.

4.4 E8 Skibotn (Troms)



Figur 5: E8 Skibotn. Røde punkt er trafikk telling. Grå punkt er værstasjoner.

E8 Strekningen fra Skibotn til Riksgrensen er en viktig godstransportrute mellom Nord-Norge og Finland. Strekningen har vært prioritert i NTP for perioden 2014-2017. Flere tiltak langs den om lag 3,8 mil lange strekningen har vært gjennomført, blant annet breddeutviding, kurverettinger og noe omlegging av vegen.

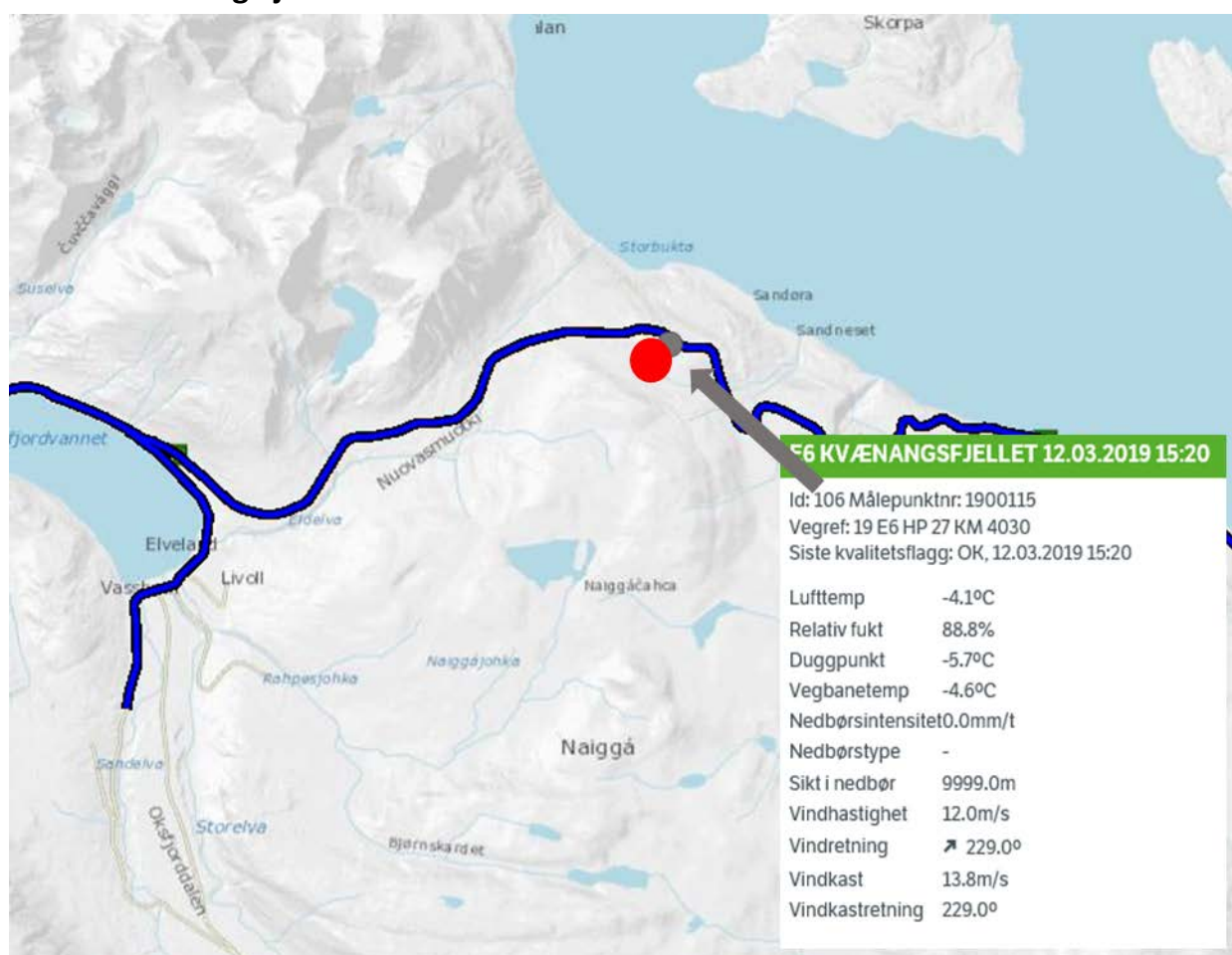
Det er i alt fire værstasjoner langs strekningen, samt tre trafikkregistreringspunkter. Værstasjoner er plassert ved Halsebakken Nedre, Gardeborgbakken, Galgo og Bossovarri, mens trafikkregistreringspunktene ligger

fysisk nært stasjonene ved Halsebakken, Gardeborgbakken og Galgo. MDT er mellom 400 og 800 (Bardal 2018).

Problemområdet langs strekningen er i all hovedsak motbakke ved Gardeborgbakken, der vegen flere ganger har måtte stenge pga. sperret kjørefelt og bilberging i hovedsak forårsaket av glatt veg og redusert veggrep. Her finnes det allerede tilgjengelig sensorutstyr. I tillegg er det en del problemer med drivsnø ved Riksgrensen. Delvis må det stenges pga. vind-/fokkproblemer på deler av strekningen opp mot riksgrensen.

Potensielle fysiske tiltak her vil inkludere utbedring av kurvatur på vegen og forbikjøringsfelt. Her er det prosjektert ny vegstrekning med endret kurvatur/stigning. Dette er imidlertid ikke inne i nåværende NTP.

4.5 E6 Kvænangsfjellet



Figur 6: E6 Kvænangsfjellet. Røde punkt er trafikkteLLinger. Grått punkt er Vegvær klimastasjon.

Fra 2013 og frem til 2018 jobbet en prosjektgruppe med fokus på kortsiktige og langsiktige tiltak for denne fjellovergangen. Mange av de kortsiktige tiltakene er realisert og ble ferdigstilt i 2017. Dette inkluderer flere snøskjermer, fresegater over skoggrensen, ledelys langs veg, flere snuplasser for brøytebil, overgang til rørrekkverk som ikke skaper turbulens etc. De langsiktige tiltak inkluderer tunneler og omlegging av veg, som har resultert i vedtatt reguleringsplan, som nå har medført midler i NTP.

Forbikjøringsfelt er også en mulighet på 2-3 steder, noe som vil kun avhjelpe de problemene som oppstår rundt fastkjørte vogntog og gir derfor liten gevinst i forhold til kostnader og inngrep i sårbar natur. MDT er mellom 356 og minst 475 (Bardal 2018).

Noen utfordringer ved denne fjellovergangen inkluderer:

- Fjellet blir oftest helt stengt grunnet uvær. Forholdene er slik at det enten ikke er mulig/forsvarlig å utføre vinterdrift (brøyting), eller at det vil være alt for stor risiko å gjennomføre kolonnekjøring grunnet null-sikt og sterk sidevind. En slik stengning skjer normalt 3-5 ganger i året med varighet +/- 12 timer.
- Fjellet blir stengt grunnet uvær, men det gjennomføres kolonnekjøring. Normalt 3-5 ganger i året. Varighet 5-10 timer. Gjerne i kombinasjon med punktet ovenfor.
- Fjellet blir helt stengt grunnet skred eller skredfare. Skjer i gjennomsnitt 1 gang pr. vinter.
- Fjellet blir stengt i kortere perioder grunnet fastkjørte vogntog som stenger E6. Skjer 2-3 ganger hver vinter. Varighet i snitt 1-3 timer
- Problemet knyttet til uvær er en strekning på ca. 4-5 km over skoggrensen.
- Problemet knytte til skred er i oppstigning fra sørsiden (ca. 1 km) samt på toppen (ca. 500 m).
- Værstasjon står litt skjermet, men kvaliteten på data oppleves som brukbar når de tolkes den opp mot erfaring. Burde vært plassert 500 m lengre sør etter E6 for "worst case scenario".

Det påpekes at Nye Veier har prioritert denne strekningen for utbygging, og det er planlagt tunnel på deler av strekningen.

5 Analyse 2019-2020

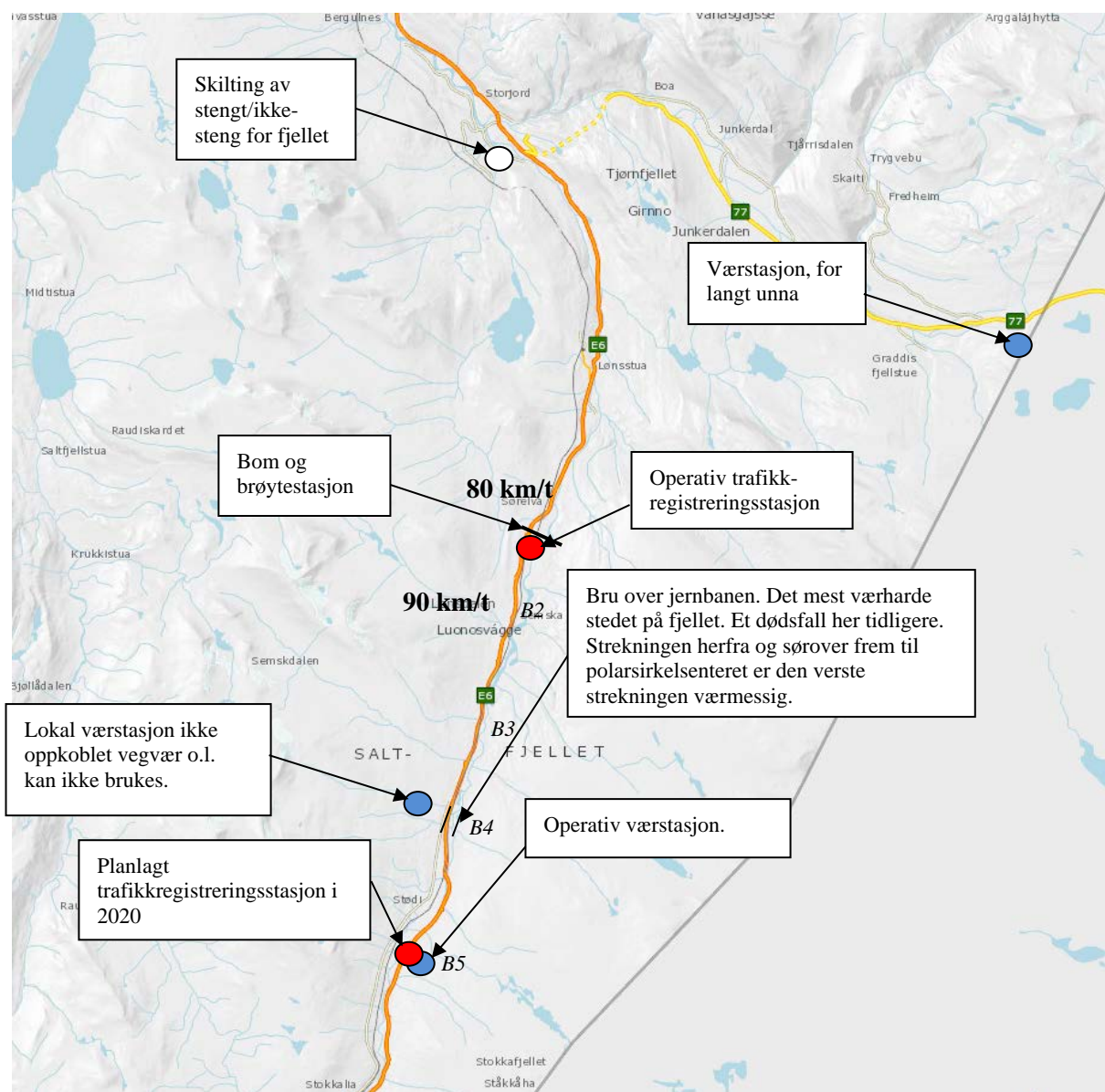
En analyse for data i sesongen 2019-2020 er gjort med hensyn på fart og vær, samt en vurdering av systemets egnethet for nye lokasjoner ut over Dovre. Det har blitt utført befarings på to nye lokasjoner. Saltfjellet ble valgt som første lokasjon. Valg av den andre lokasjonen ble gjort basert på de samtaler med Statens vegvesen Region Nord og Vegdirektoratet som nevnes tidligere i rapporten, og stod mellom de fem lokasjonene som er analysert i kapittel 4. En nærmere analyse av enkelttilfeller på Dovrefjell ble også utført.

I dette kapittel beskrives analysen som ble gjort på Saltfjellet, Sennalandet og Dovrefjellet for vintersesongen 2019-2020. Analysen på Saltfjellet er mer utvidet siden det ønskes hovedvekt på denne lokasjon ifølge statusrapport 2020-02-29.

5.1 Saltfjellet

5.1.1 Befaring mars 2020

I forlengelsen av prosjektet "Kunstig intelligens for høyfjelloverganger" ble det gjennomført befarings av fjellovergang på Saltfjellet den 05.03.2020, med utgangspunkt Bodø. Det ble kjørt opp til Polarsirkelsenteret og tilbake. Saltfjellet var en av fem fjelloverganger vurdert i SINTEF-notatet "Muligheter for digitale og fysiske tiltak på fjelloverganger i Nord-Norge" for uttesting og implementasjon av et beslutningsstøtteverktøy for vinterdrift utviklet på Dovrefjell. Se dette notatet for ytterligere detaljer om denne fjellovergangen, Fjellovergangen ble på grunn av fremtidig tilgang på vær-sensorer og trafikkregistreringsstasjon ved polarsirkelsenteret sett på som en god plass å teste ut eller innføre dagens støttesystem fra Dovrefjell. Mer detaljer i kartet i *Figur 7*.



Figur 7: Detaljert kart på E6 Saltfjellet

Ved den operative trafikkregistreringsstasjonen like ved brøytestasjonen går fartsgrensen fra 80 til 90 km/t når man kjører sørover. Bakken heller nedover i retning nordover, så dette bør man ha i bakhodet når man ser på fartsdata fra dette punktet. Trafikkregistreringsstasjonen står i sonen for 80 km/t. Når den planlagte trafikkregistreringsstasjonen ved værstasjonen ved Polarsirkelsenteret etableres, vil denne plasseringen utgjøre en god test case for å implementere beslutningsstøttesystemet fra Dovrefjell. Figur 8 viser tilgjengelige data fra denne værstasjonen. Det anbefales å etablere en friksjonssensor her i tillegg for å ha et fullt sammenlignbart datasett med Fokstugu på Dovrefjell.

E6 SALTFJELLET 01.03.2019 10:50

Id: 80 Målepunktnr: 1829006
 Vegref: 18 E6 HP 15 KM 7940
 Siste kvalitetsflagg: OK, 01.03.2019 10:50

Lufttemp	-6.5°C
Relativ fukt	92.1%
Duggpunkt	-7.6°C
Vegbanetemp	-6.1°C
Nedbørsintensitet	0.1mm/t
Nedbørstype	Snø
Sikt i nedbør	9999.0m
Akk nedbør siste 10 min	0.04mm
Vindhastighet	5.4m/s
Vindretning	↑ 189.0°
Maks vindkast siste 10 min	6.3m/s
Vindkastretning	182.0°

Figur 8: Tilgjengelig data fra Værstasjon Sørrelva (ved E6 Saltfjellet)

På befaringen ble det også gjennomført et besøk hos brøytestasjonen. Det kommenteres der at den planlagte lokaliseringen av systemet er en god plassering. Det påpekes at det ofte står et værskille ved brua over jernbanen og at det fra sør til nord for denne kan være store værforskjeller. Ofte kan det være mye nedbør med vær fra vest, det kan være problematisk vind fra alle retninger, der kanskje vind fra sør-øst gir ekstra utfordrende føreforhold. *Figur 9* til *Figur 15* viser situasjonen på Saltfjellet.



Figur 9: Veien ved sted B1 i Figur 7. Foto: SINTEF



Figur 10: Nordover fra innkjøring til brøytestasjon, ved sted B2 i Figur 7. Foto: SINTEF



Figur 11: Sørover fra innkjøring til Brøytestasjon, ved sted B2 i Figur 7. Foto: SINTEF



Figur 12: Brøytestasjon, ved sted B2 i Figur 7. Foto: SINTEF



Figur 13: Veien ved sted B3 i Figur 7. Foto: SINTEF



Figur 14: Veien ved sted B4 i Figur 7



Figur 15: Planlagt ny trafikkregistreringsstasjon i 2020 (ved sted B5 i Figur 7). Foto: SINTEF

5.1.2 Data

Det ble mottatt vegmeldingsrapport fra Statens vegvesen den 09. mars 2020, med detaljer på tiltak som ble gjort mellom 2019-11-01 og 2020-03-09 (kolonnekjøring / stengning / åpning). I denne vegmeldingsrapporten ble det sendt ut 172 varslinger om stengning / kolonnekjøring. Etter gjennomgang av loggen ble det identifisert 43 unike hendelser (siden mange meldinger tilsvarer samme episode). Av disse hendelsene skyldes 37 stykk uvær (de 6 andre skyldes stanset kjøretøy / uhell).

De værrelaterte hendelser strekker seg iblant over flere dager når værforhold ikke tillater åpning. For eksempel var været særlig dårlig i slutten av januar 2020. Da var fjellet stengt i perioden fra 2020-01-26 kl 03:26 til 2020-01-27 kl 14:47 (se Figur 22). Etter denne perioden ble det innført kolonnekjøring fram til 2020-01-29 kl 15:07, da fjellet åpnet igjen. Hele denne perioden ble derfor håndtert som en "hendelse". Etter åpning under ettermiddagen ble fjellet stengt igjen 2020-01-29 kl 23:33 (se Figur 24) og åpnet ikke igjen før 2020-02-02 kl 06:17. I løpet av denne perioden ble det innført kolonnekjøring når været tillot det.

I tillegg til vegmeldingslogg ble det mottatt fartsdata fra SVV for perioden 2020-11-01 til 2020-03-13. Som vist i Figur 3 skjer denne fartsmålingen et stykke fra værstasjonen. Disse fartsdata inneholder informasjon om passerende kjøretøy som registreres ved trafikkstasjonene som vises i samme figur. Informasjon som ble benyttet i analysen er fart og lengde på kjøretøy. Lengde ble benyttet for å skille lette ($\leq 5,6$ m) og tunge kjøretøy ($> 5,6$ m). Grunnen til å skille mellom lette og tunge kjøretøy er at disse to gruppene påvirkes forskjellig av værforhold. Sterk vind påvirker f.eks. tunge (store) kjøretøy mer enn lette (små) siden de har

større sideareal. Dårlig sikt kan være større problem for lette kjøretøy siden førerne sitter lavere enn førere av tunge (høyere) kjøretøy, og sikten er ofte særlig dårlig nærmest veien.

Værdataene er lastet ned fra Statens vegvesen sin Vegvær database (<https://www.vegvesen.no/vegvar/>). Disse dataene kommer fra værstasjoner som er plassert langs veien (som vist i figurene i kapittel 4) og inneholder ulike antall / typer variabler avhengig av stasjon. *Tabell 2* viser variablene som måles av værstasjonen på Saltfjellet.

Tabell 2: Værparameter som måles ved værstasjon Sørelva (E6 Saltfjellet)

Parameter	Enhet
Lufttemperatur	°C
Relativ fuktighet	%
Duggpunktstemperatur (beregnet)	°C
Vegbanetemperatur	°C
Nedbørintensitet	(mm/t)
Nedbørstype	Opphold / snø / regn
Sikt i nedbør	m
Akkumulert nedbør siste 10 minutter	mm
Vindhastighet	m/s
Vindretning (0 - 360°)	Grader (vinkel)
Maksimalt vindkast siste 10 minutter	m/s
Vindkastretning (0 - 360°)	Grader (vinkel)

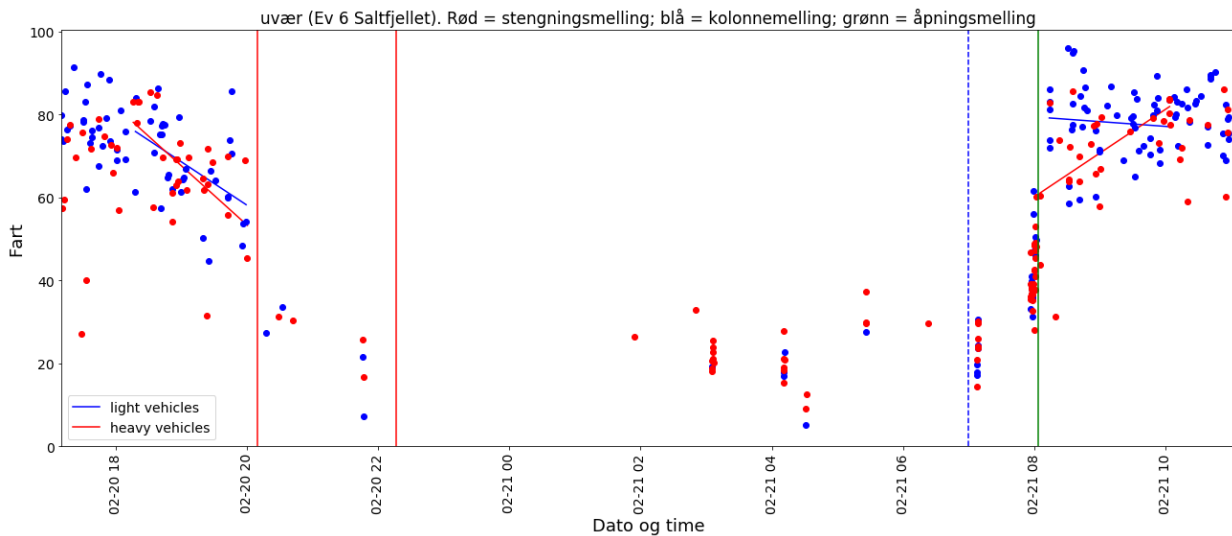
5.1.3 Analyse

Stengning 20-21. februar 2020

Fartsdata og værdata ble analysert for de 43 identifiserte hendelser. *Figur 16* viser et eksempel på en hendelse under 20-21. februar 2020. Grafen viser perioden 3 timer før stengning og 3 timer etter. Blå punkter er lette kjøretøy, røde punkter tunge kjøretøy. I tillegg vises også regresjonslinjer for lette (blå linjer) og tunge kjøretøy (røde linjer), under 2 timer før stengning respektive 2 timer etter stengning. Røde vertikale linjer tilsvare stengningsmelding, blå strekket linjer tilsvare melding om kolonnekjøring og grønn linje åpningsmelding.

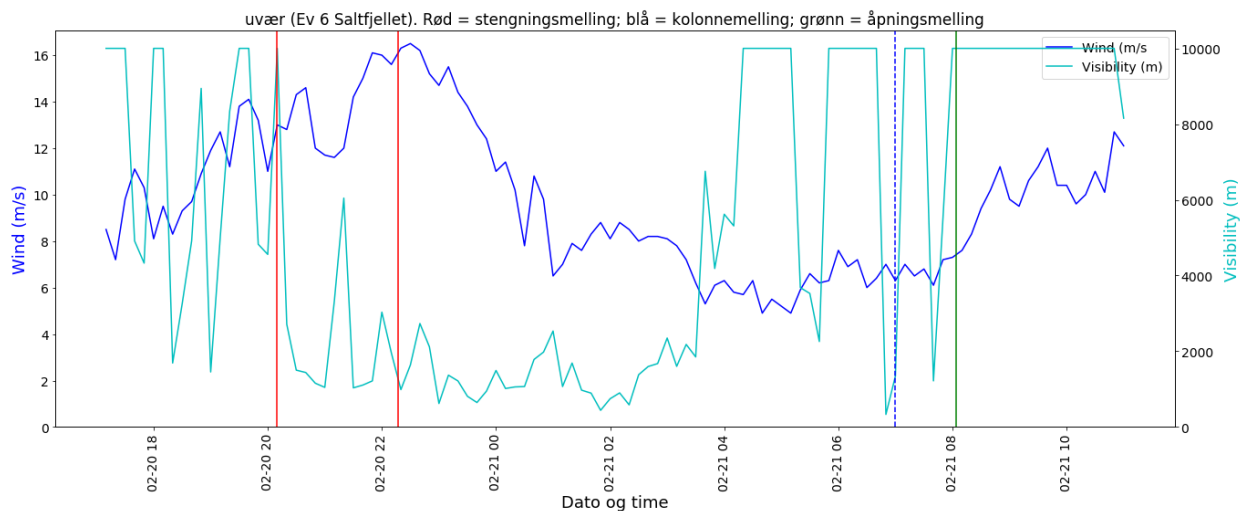
Grafen viser tydelig at farten avtar i forkant av en stengning. Farten for lette kjøretøy avtar fra rundt 80 km/t 2 timer før stengning til under 60 km/t rett før stengning. Tunge kjøretøy har større variasjon, men vi ser at trenden (regresjonslinjen) viser en tydelig fartsreduksjon fra litt under 80 km/t til under 60 km/t.

Under stengningsperioden skjer noen få passeringer som antageligvis er brøytebiler. Litt før kl 07 den 21. februar innføres kolonnekjøring i lav fart, hvilket synes tydelig i grafen, og rett før åpning kjører det en annen kolonne. Etter åpning er farten på lette kjøretøy tilbake på 80 km/t, og tunge kjøretøy øker fra 60 km/t til 80 km/t to timer etter åpning.



Figur 16: Passeringer Saltfjellet 20-21. februar 2020.

Figur 17 viser vind (venstre y-akse) og sikt (høyre y-akse) som er målt ved værstasjonen på samme lokasjon som fartsmålingen, for samme tidsintervall som Figur 16. Vi ser at vinden øker raskt før stengning, fra 7 m/s til 14 m/s. Samtidig begynner sikten å bli dårligere. Etter stengning blir vinden enda sterkere og sikten forblir lav. Når vinden senere avtar og sikten blir bedre innføres kolonnekjøring og til slutt åpner veien igjen kl 08. Etter åpning øker vinden igjen, og kl 16 samme dag blir det besluttet å stenge fjellet igjen.

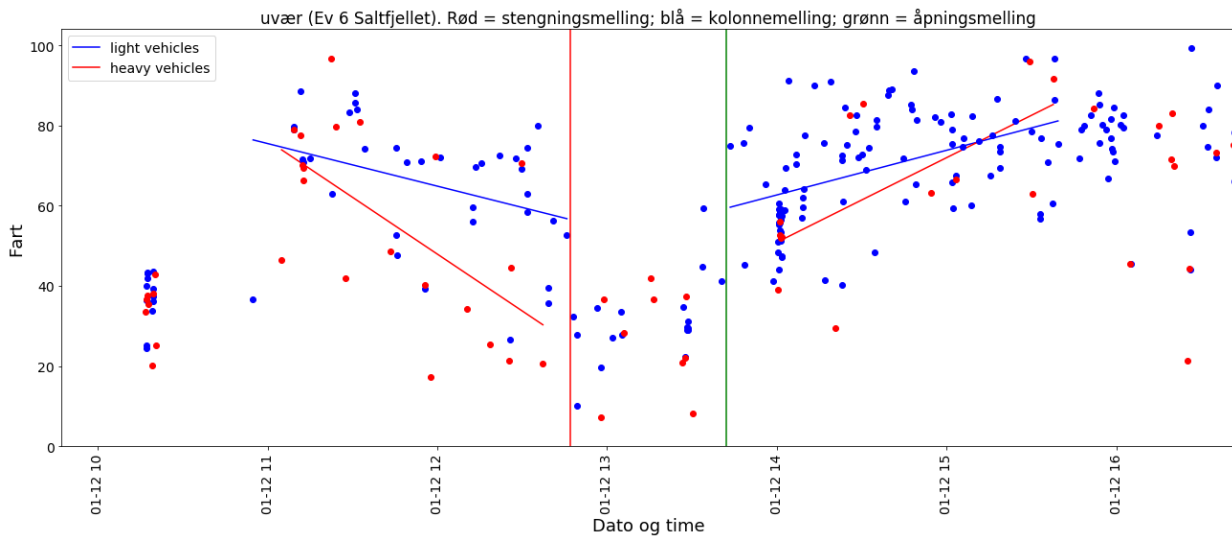


Figur 17: Vind (m/s) og sikt (m) Saltfjellet 20-21. februar 2020.

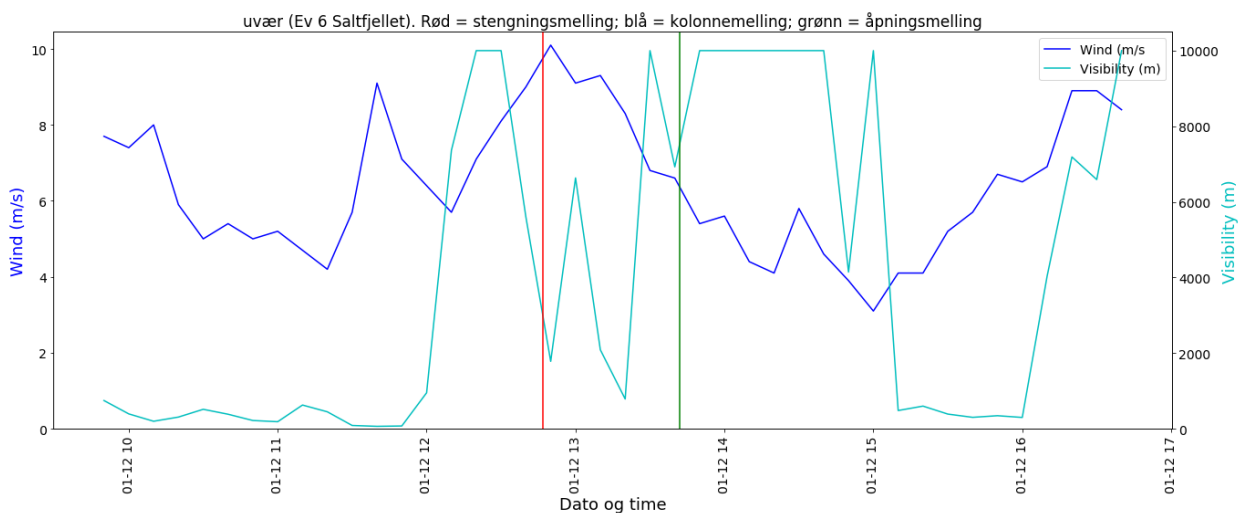
Stengning 12. januar

Figur 18 viser en stengningshendelse likt den 20-21. februar. Vi ser at farten synker markant i de to timene før stengning, og at farten på tunge kjøretøy synker mye raskere enn for lette kjøretøy. Grunnen til det er at flere tunge kjøretøy kjører i veldig lav fart (det kan tenkes at dette er brøytebiler). Etter åpning øker farten på både lette og tunge kjøretøy tilbake til 80 km/t.

I Figur 19 ser vi at det var veldig dårlig sikt under flere timer før stengning, samtidig som vinden øker på like før stengning.



Figur 18: Passeringer Saltfjellet 12. januar 2020.

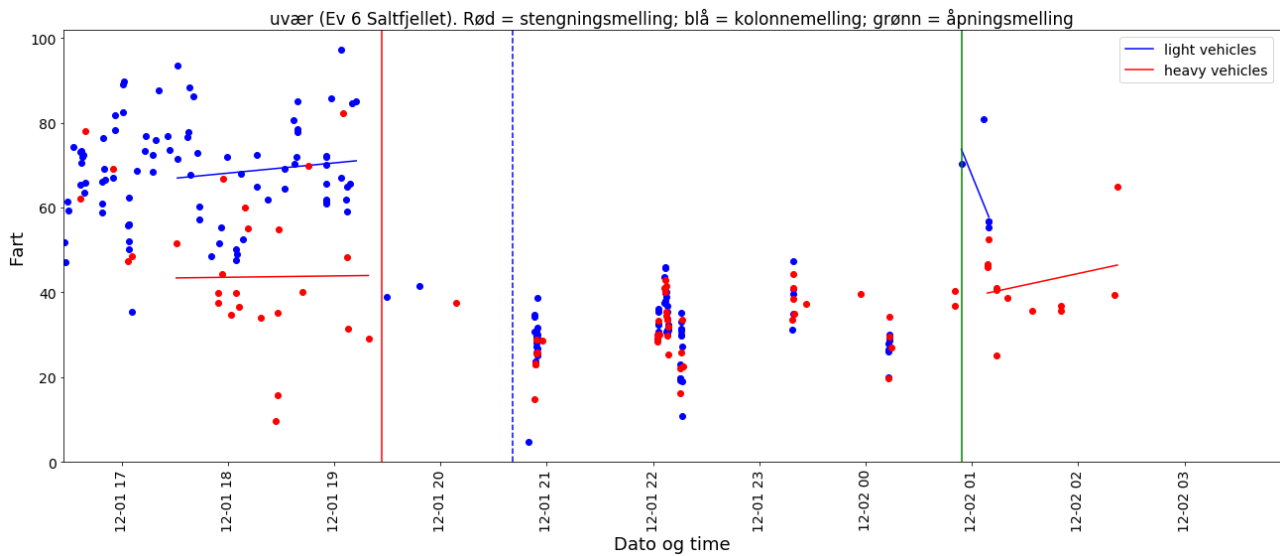


Figur 19: Vind (m/s) og sikt (m) Saltfjellet 12. januar 2020.

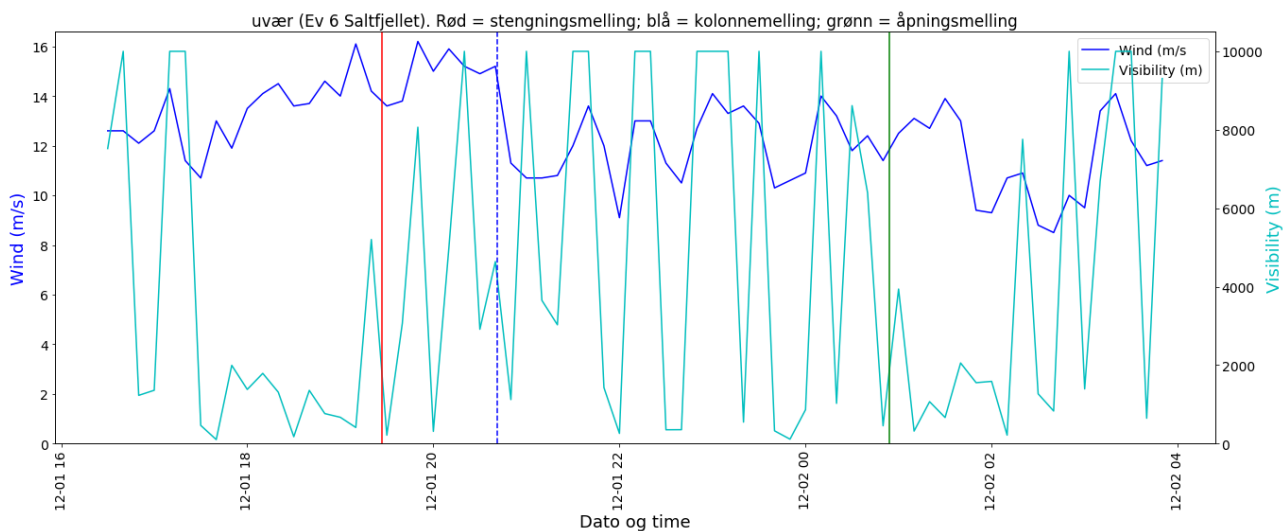
Det er viktig å bemerke at en slik hendelse kan være vanskelig å bedømme kun ut fra værdato. En vind på 8m/s er ikke særlig sterk, og selv om sikten er veldig dårlig mellom kl 10 og kl 12 er farten fortsatt relativt høy i denne perioden. Det er kun timen før stengning at farten reduseres, da vinden faktisk synker og sikten blir bedre. Dette viser at det er vanskelig å ta en beslutning kun basert på få variabler, selv om disse er viktige for å bedømme kjøreforhold. Med andre ord må kjøreforhold bedømmes basert på helheten, noe som betyr at en kunstig intelligens modell som den som er iverksatt på Dovrefjell kan være et viktig verktøy for å kunne hjelpe entreprenøren til å ta riktig beslutning.

Stengning 1. desember 2019

Vegen ble stengt 1. desember på grunn av uvær, og senere ble det innført kolonnekjøring (Figur 20). Til forskjell fra de to tidligere hendelser ser vi her at farten ikke går ned før stengning. Derimot ser vi at farten på tunge kjøretøy er mye lavere enn for lette kjøretøy. Når vi ser på været i samme periode (Figur 21) ser man at det er høy vindhastighet som påvirker tyngre kjøretøy mest.



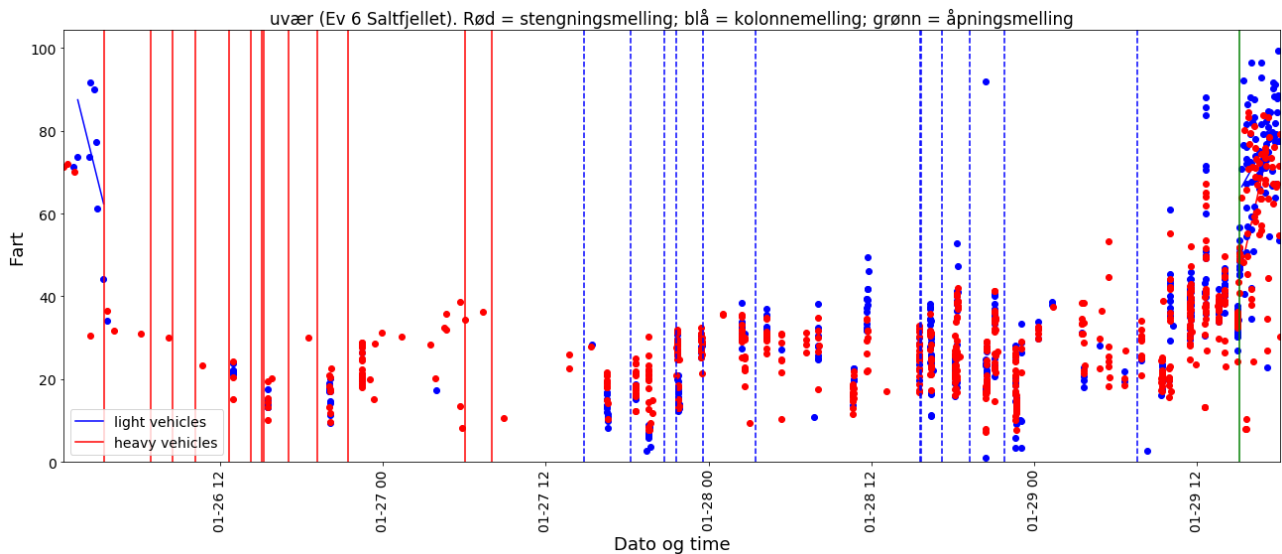
Figur 20: Passeringer Saltfjellet 1.-2. desember 2019.



Figur 21: Vind (m/s) og sikt (m) Saltfjellet 1-2. desember 2019.

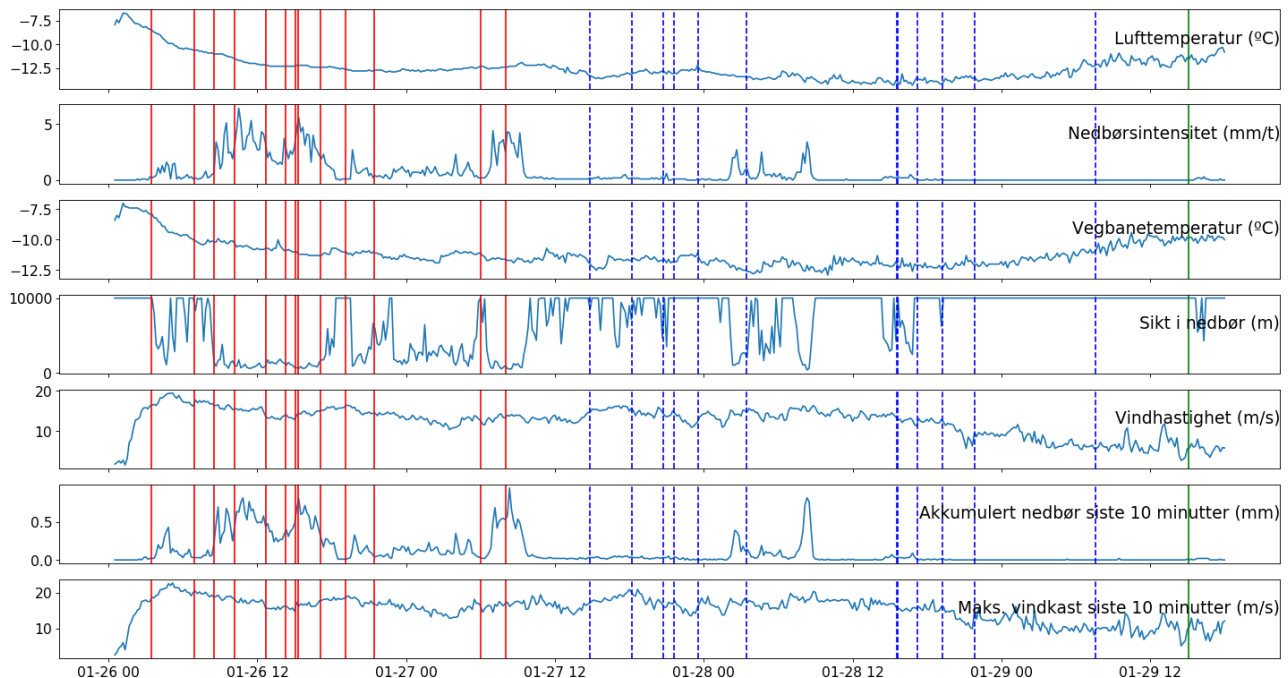
Stengning / kolonnekjøring 26.-29. januar 2020

Til slutt vises også to hendelser i slutten av januar da fjellet var stengt / åpnet med kolonnekjøring i 4 dager. I Figur 22 vises passeringene i perioden 26-29. januar 2020. Veien stengte kl 03:26 den 26. januar, og selv om det ikke var mange registrerte passeringer ved det tidspunktet ser vi på trendlinjen at farten på lette kjøretøy synker før stengning. Fjellet var deretter helt stengt fram til 27. januar kl 14:47 da det ble innført kolonnekjøring fram til åpning kl 15:07 den 29. januar.



Figur 22: Passeringer Saltfjellet 26-29. januar 2020

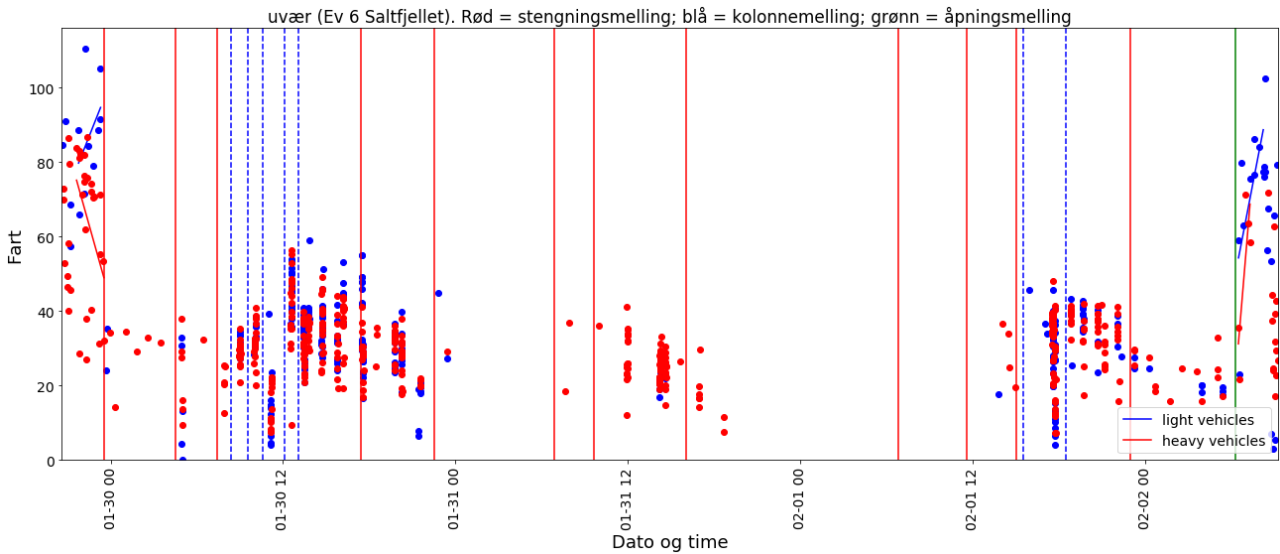
For å få et bilde på hva som skjedde i perioden er det plottet et flertall værvariabler fra hendelsen i Figur 23. Vi ser at vinden stiger raskt før stengning og forblir høy under mesteparten av hendelsen. I perioden fjellet er helt stengt er det også relativt mye nedbør (snø) og tidvis dårlig sikt, hvilket antageligvis er årsaken til at fjellet er helt stengt. Når det ikke lenger snør besluttet det å åpne for kolonnekjøring, som varer i to dager inntil vinden har avtatt til under 10 m/s. Først da begynner normal drift av veien igjen.



Figur 23: Værsituasjon Saltfjellet under 26-29. januar 2020

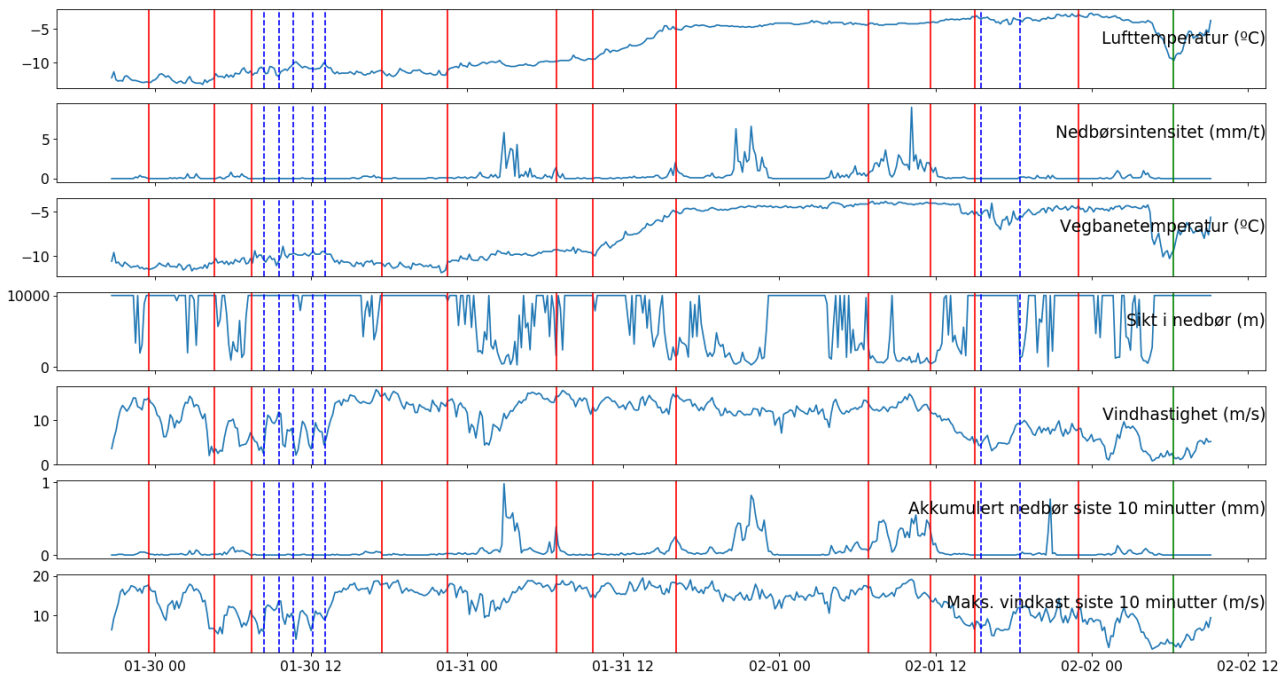
Stengning / kolonnekjøring 29. januar – 2. februar 2020

Samme analyse ble gjort i perioden 29. januar – 2. februar, da veien også var stengt eller at kolonnekjøring var innført flere dager i strekk.



Figur 24: Passeringer Saltfjellet 29. januar – 2. februar 2020

Her stenges også veien nattetid og det er ikke mange passeringer (Figur 24). Trendene viser at farten på lette biler øker like før stengning kl 23:33 den 29. januar, mens farten på tunge kjøretøy avtar betydelig. Hvis vi ser detaljert på værforholdene kan dette antageligvis skyldes sterk vind like før stengning, noe som særlig påvirker tunge kjøretøy. Det innføres kolonnekjøring i et par timer i løpet av dagen den 30. januar, men veien stenges på nytt kl 17:26, antageligvis på grunn av sterk vind.



Figur 25: Værsituasjon Saltfjellet 29. januar – 02 februar 2020

5.2 Sennalandet

5.2.1 Data

For Sennalandet er det gjort tilsvarende dataanalyse som for Saltfjellet, med vegmeldingslogger, fartsdata og værdata. Som vist i *Figur 2* er fartsmåling og værmåling gjort på samme sted.

Vegmeldingsrapporten mottatt fra SVV beskriver tiltak (kolonnekjøring / stengning / åpning) som ble gjennomført over Sennalandet mellom 23. oktober 2019 og 19. mars 2020. Ifølge vegmeldingsrapporten ble det sendt ut 172 meldinger om stengning / kolonnekjøring. På samme måte som for Saltfjellet identifiseres det 41 unike hendelser. Av disse skyldes 38 uvær og 3 stansete kjøretøy.

Værdata for Sennalandet kommer fra værstasjonen Aisaroaivi. Denne returnerer samme variabler som værstasjon Sørrelva, minus sikt (se *Tabell 3*). Analysen nedenfor fokuserer derfor på vind og nedbør.

Tabell 3: Værparameter som måles ved værstasjon Aisaroaivi (E6 Sennalandet)

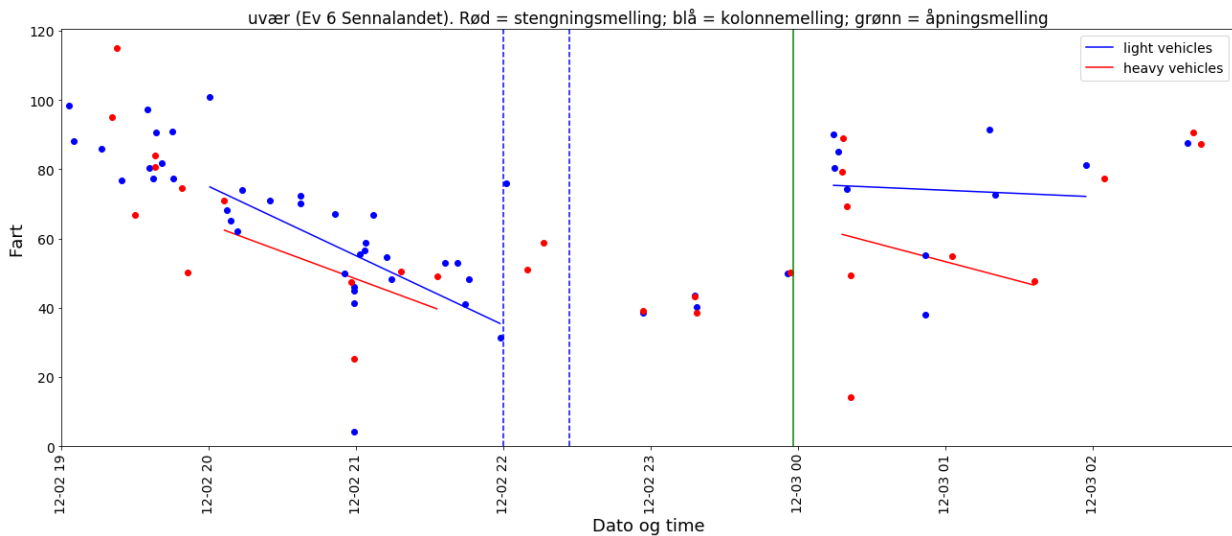
Parameter	Enhet
Lufttemperatur	°C
Relativ fuktighet	%
Duggpunktstemperatur (beregnet)	°C
Vegbanetemperatur	°C
Nedbørintensitet	(mm/t)
Nedbørstype	Opphold / snø / regn
Akkumulert nedbør siste 10 minutter	mm
Vindhastighet	m/s
Vindretning (0 - 360°)	Grader (vinkel)
Maksimalt vindkast siste 10 minutter	m/s
Vindkastretning (0 - 360°)	Grader (vinkel)

Fartsdata ble analysert på samme måte som for Saltfjellet, med skille mellom lette og tunge kjøretøy.

5.2.2 Analyse

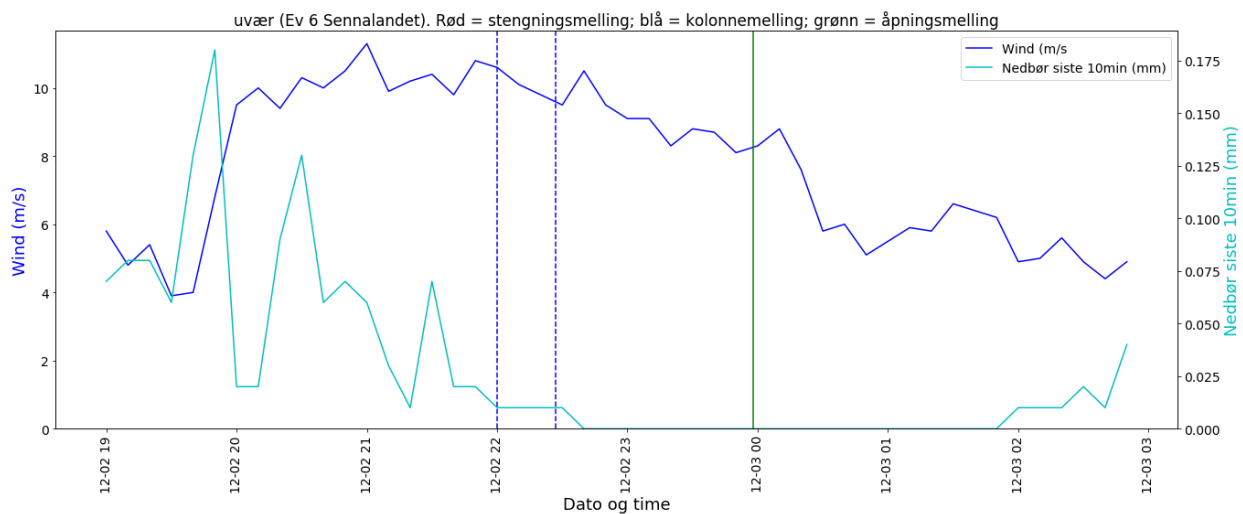
Kolonnekjøring 02-03. desember 2019

Figur 26 viser alle passeringer under en hendelse 2-3. desember 2019 da det ble innført kolonnekjøring. Grafen viser at farten synker markant fra rundt 80-90 km/t tre timer før stengning til 40-50 km/t like før kolonnekjøring.



Figur 26: Passeringer Sennalandet 2.-3. desember 2019

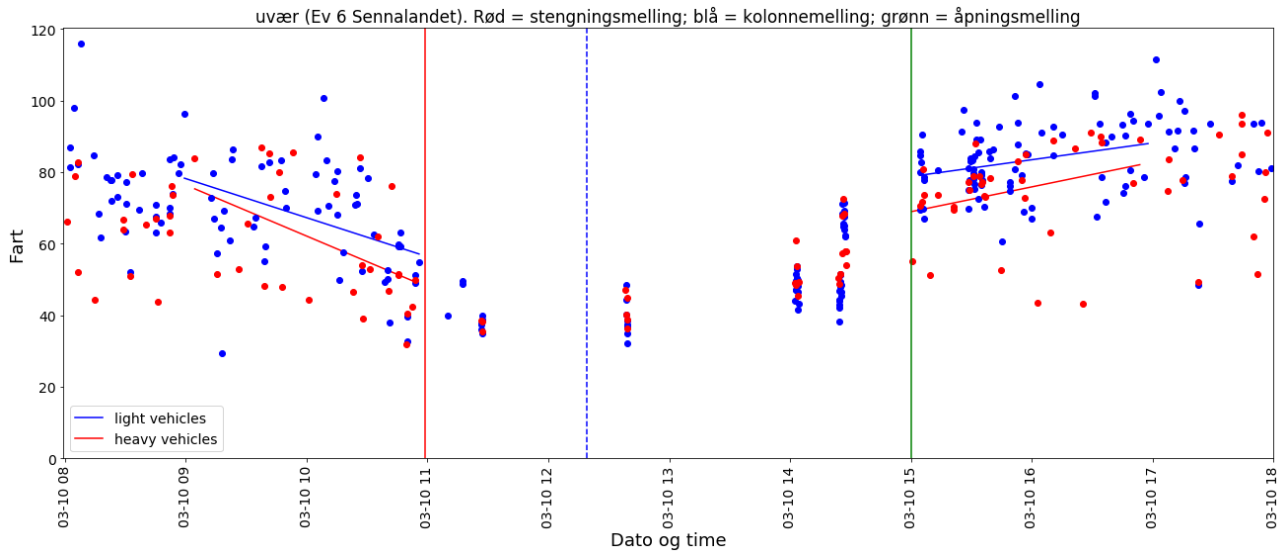
Til forskjell fra værstasjonen på Saltfjellet, så måler stasjonen ved Sennalandet ikke sikt. I Figur 27 er derfor nedbør plottet istedenfor sikt (målt i mm akkumulert nedbør siste 10 minutter). Vi ser at vinden blåser opp til 10m/s to timer før kolonnekjøring ble innført, samtidig som det faller snø. Siden vinden ikke er særlig sterk kan årsaken til de lave hastighetene være dårlig sikt som følge av at vinden blåser opp løssnø.



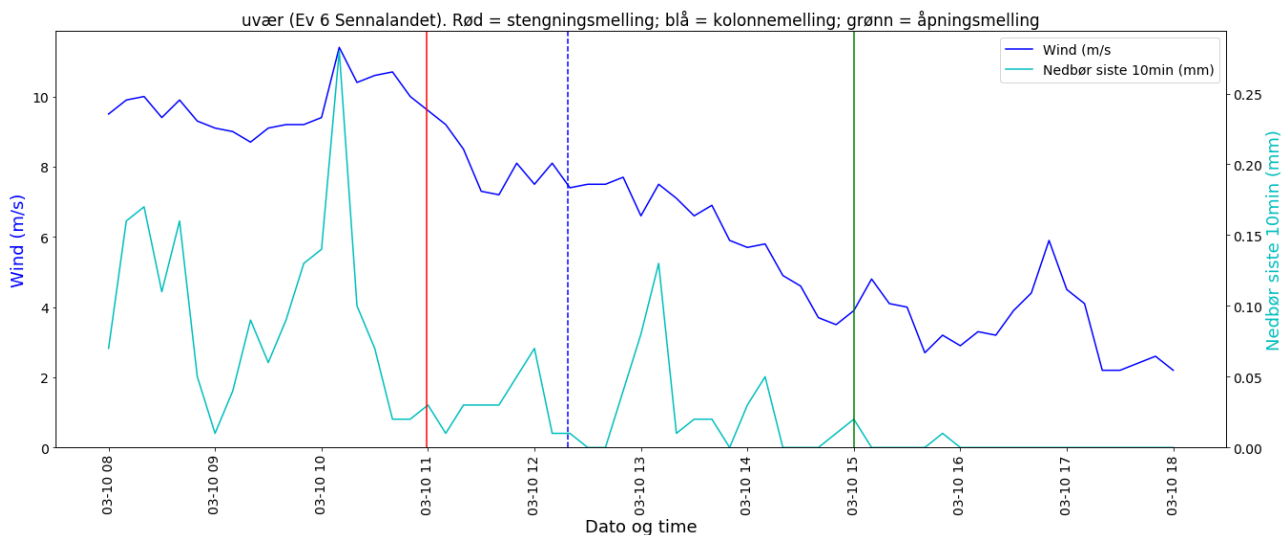
Figur 27: Vind (m/s) og akkumulert nedbør / 10min (mm) Sennalandet 2.-3. desember 2019.

Stengning / kolonnekjøring 10. mars 2020

Figur 28 viser en tilsvarende hendelse som den 10. mars 2020, der farten på både lette og tunge kjøretøy minsker fra 80 km/t til under 60 km/t før veien stenger. Figur 29 viser at dette tilsvarer relativt sterk vind og mye nedbør. Når fjellet åpner igjen på ettermiddagen samme dag så øker farten tilbake til i overkant av 80 km/t.



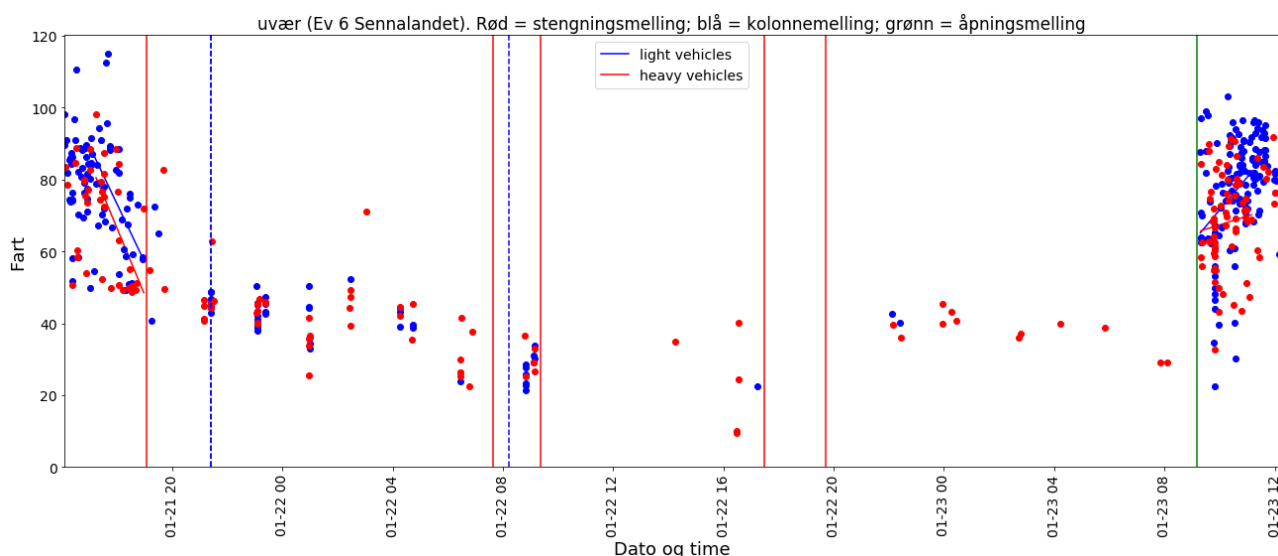
Figur 28: Passeringer Sennalandet 10. mars 2020



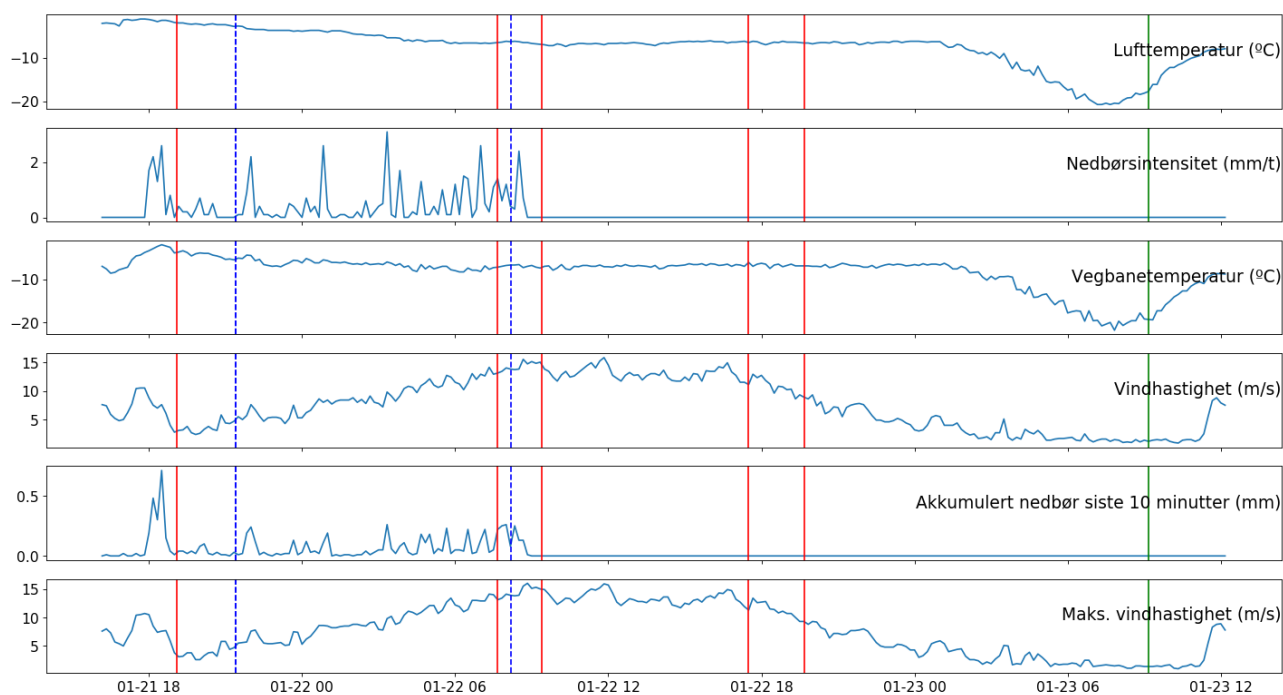
Figur 29: Vind (m/s) og akkumulert nedbør (mm/ 10min) Sennalandet 10. mars 2020

Stengning / kolonnekjøring 21-23. januar 2020

På grunn av uvær ble E6 over Sennalandet stengt i lengre tid i perioden 21-23. januar. I *Figur 30* ser vi at farten synker raskt fra over 80 km/t til rundt 50 km/t for både lette og tunge kjøretøy. I *Figur 31* kan vi se at det kom mye nedbør like før stengning. Når den akkumulerte nedbørsmengden synker, begynner kolonnekjøring i løpet av natten 21-22. januar. Tidlig på morgenen 22. januar stenges fjellet igjen, sannsynligvis på grunn av sterk vind opp mot 15 m/s. Veien forblir stengt i relativt lang tid etter det at vinden har avtatt, og det er meldt "fare for ras" i veimeldingsrapporten. Veien åpner derfor først kl 09:10 den 23. januar.



Figur 30: Passeringer Sennalandet 21-23. januar 2020



Figur 31: Værforhold Sennalandet 21-23. januar 2020

5.3 Dovrefjellet

Veien over Dovrefjellet er en viktig transportåre mellom Trondheim og Oslo.

5.3.1 Data

For Dovrefjellet ble samme analyse utført, med vegmeldingslogger, fartsdata og værdato fra Vegvær. I løpet av perioden 2019-10-01 til 2020-03-08 ble det sendt ut 9 meldinger om stengning, og av disse var 1 på grunn av uhell og 8 på grunn av uvær.

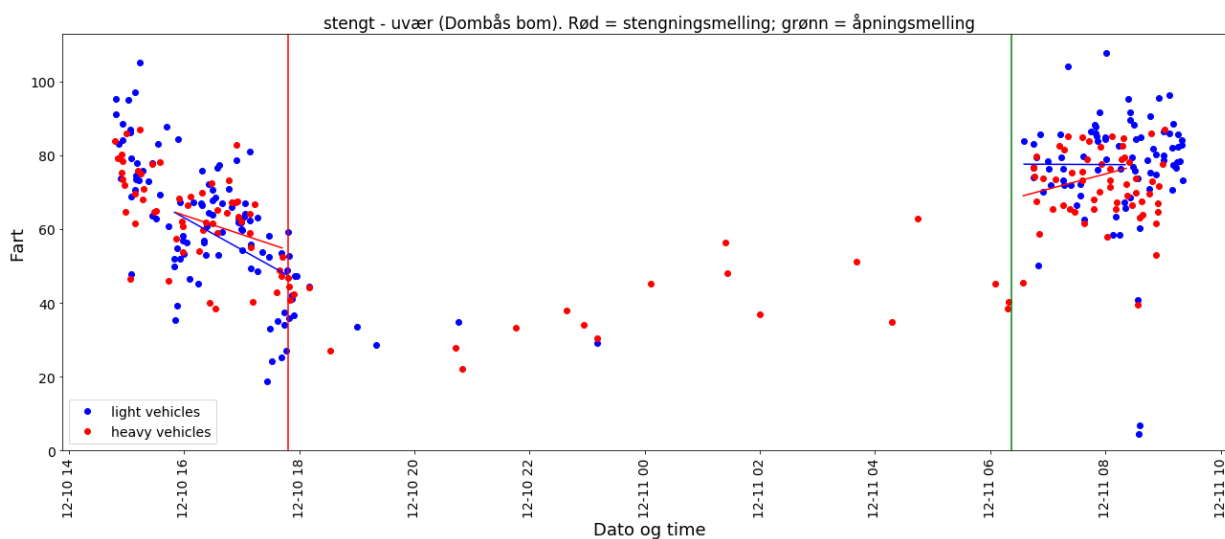
Fokstugu værstasjon på Dovrefjell er bedre utstyrt enn de på Saltfjellet og Sennalandet. I tillegg til værparametrene som måles på Saltfjellet måles flere andre parametere. Blant annet har Fokstugu også en optisk sensor som returnerer et normalisert mål på friksjon. Parametre som måles / beregnes på værstasjon Fokstugu er listet opp i *Tabell 4*.

Tabell 4: Værparametre for værstasjon Fokstugu (Dovrefjell)

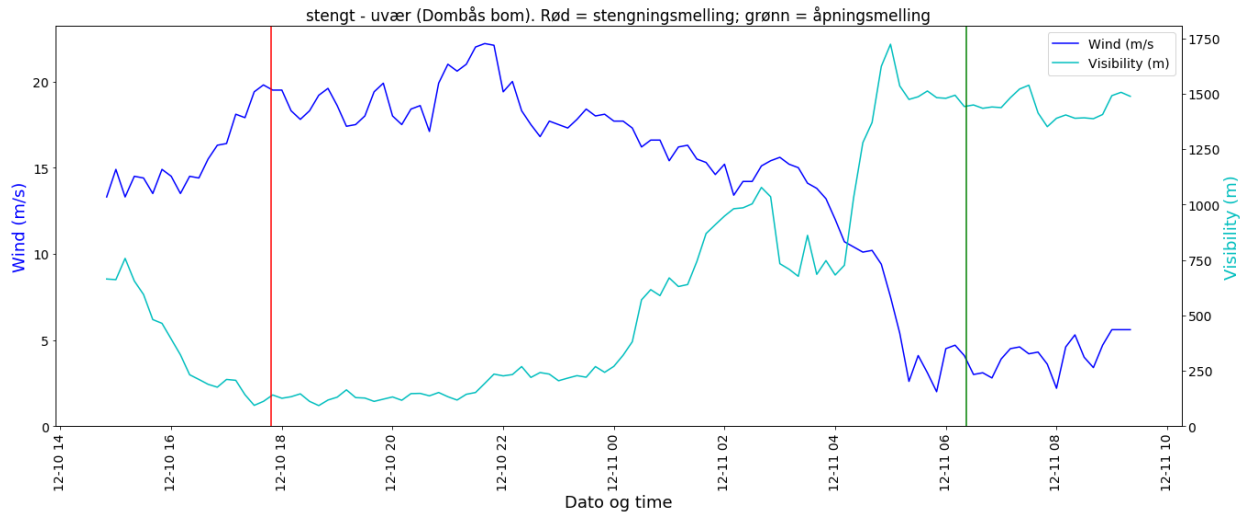
Parameter	Enhet
Lufttemperatur	°C
Relativ fuktighet	%
Duggpunkttemperatur (beregnet)	°C
Vegbanetemperatur	°C
Føreforhold	Våt / slaps / fuktig / tørr / is / snø
Friksjon i vegbanen	Indikator mellom 0 og 1
Nedbørintensitet	(mm/t)
Nedbørstype	Opphold / snø / regn
Sikt i nedbør	m
Akkumulert nedbør siste 10 minutter	mm
Vindhastighet	m/s
Vindretning (0 – 360°)	Grader (vinkel)
Vindkast	m/s
Maksimalt vindkast siste 10 minutter	m/s
Vindkastretning (0 – 360°)	Grader (vinkel)
Mengde vann i vegbanen	mm
Mengde is i vegbanen	mm

Stengning 10.-11. desember 2019

I *Figur 32* vises passeringer i perioden 10.-11. desember 2019. Farten på både lette og tunge kjøretøy avtar timene før stengning. I *Figur 33* ser vi at dette kan skyldes sterk vind på nesten 20 m/s og dårlig sikt like før stengning. Når vinden avtar og sikten blir bedre åpner fjellet igjen, og farten er tilbake rundt 80 km/t.



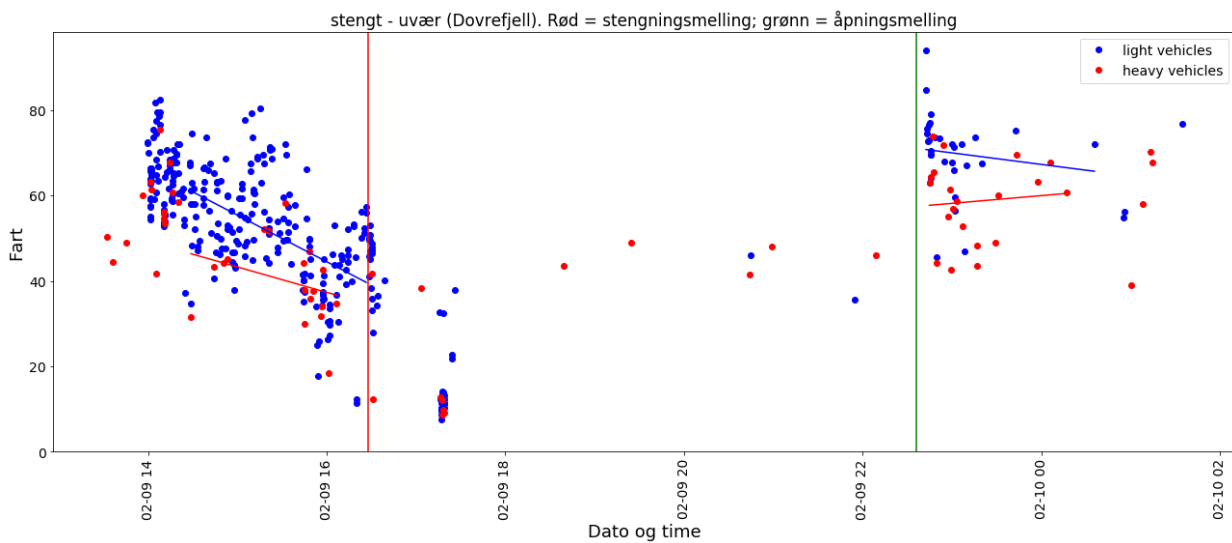
Figur 32: Passeringer Dovrefjellet 10.-11. desember 2019.



Figur 33: Vind (m/s) og sikt (m) Dovrefjell 10.-11. desember 2019.

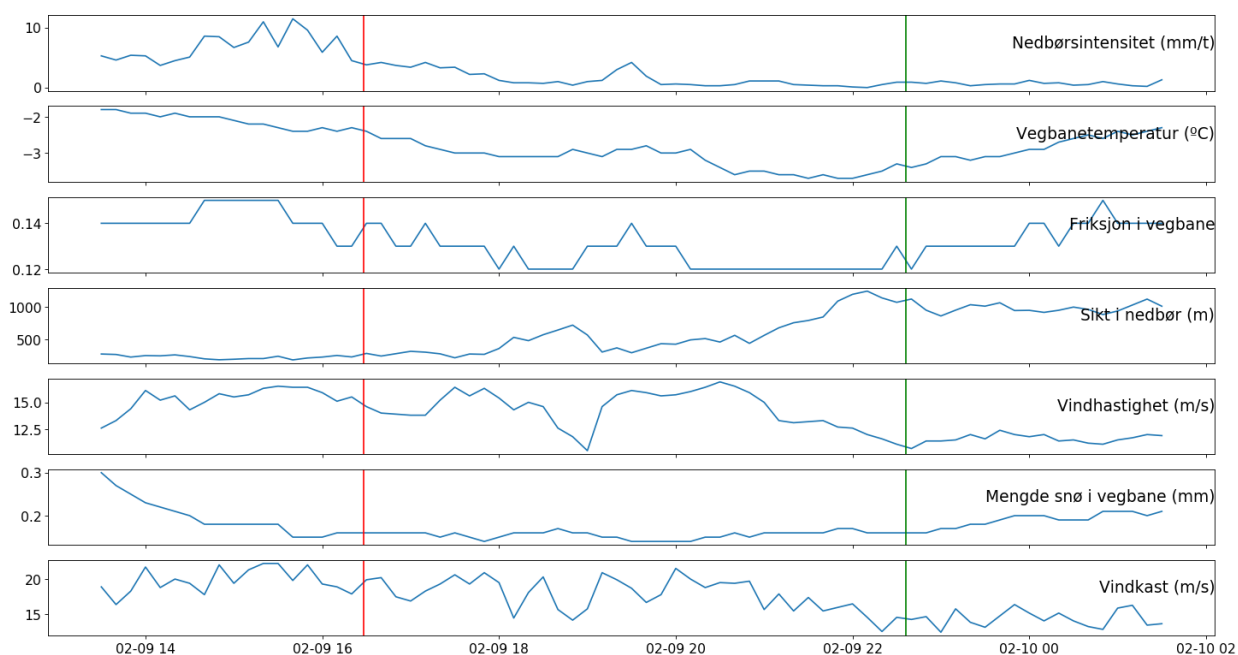
Stengning 09-10 februar

Figur 34 viser en annen stengningshendelse, da farten falt veldig mye før stengning og havner under 40 km/t i snitt.



Figur 34: Passeringer Dovrefjell 9.-10 februar 2020.

Dette tyder på veldig dårlige kjøreforhold, og det bekreftes i Figur 35, som viser de fleste variablene som ble analysert i perioden.



Figur 35: Værforhold under stengningshendelse 9.-10. februar 2020.

I timene før stengning ser vi at det er mye nedbør, som fører til mye snø i vegbanen og veldig lav friksjon. I tillegg er det veldig dårlig sikt og sterk vind, med vindkast opp mot 25 m/s.

5.4 Konklusjon av analyse 2019-2020

Generelt ser det ut til å være god korrelasjon mellom farten på kjøretøyene inn mot tidspunkter der fjellet stenger. Det stemmer bra med tidligere erfaringer, og forsterker hypotesen om at disse hastighetene kan brukes som en indikator for forverret føreforhold (sammen med andre parametere). Vi ser også at det er viktig å se på flere værparametre for å kunne avgjøre hvordan kjøreforholdene er.

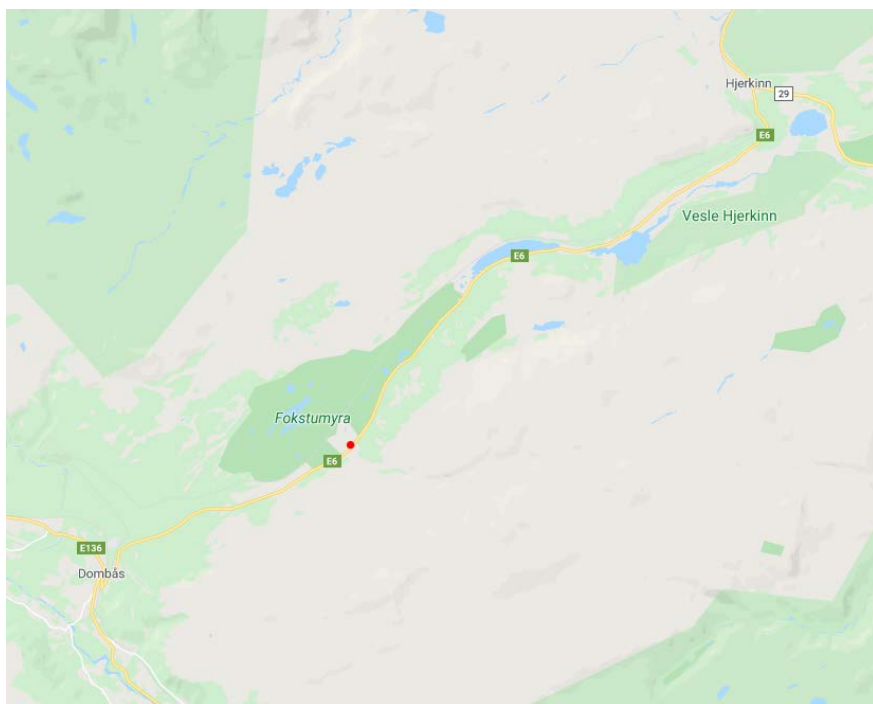
6 Dovrefjell og kunstig intelligens

I tidlige faser av dette arbeidet (Engen, Skjermo et al. 2015, Skjermo, Opland et al. 2017) ble det sett på sammenheng mellom vær- og føreforhold og kjøretøyfart og stengninger med fokus på faktiske stengninger av Dovrefjell.

6.1 Innledning

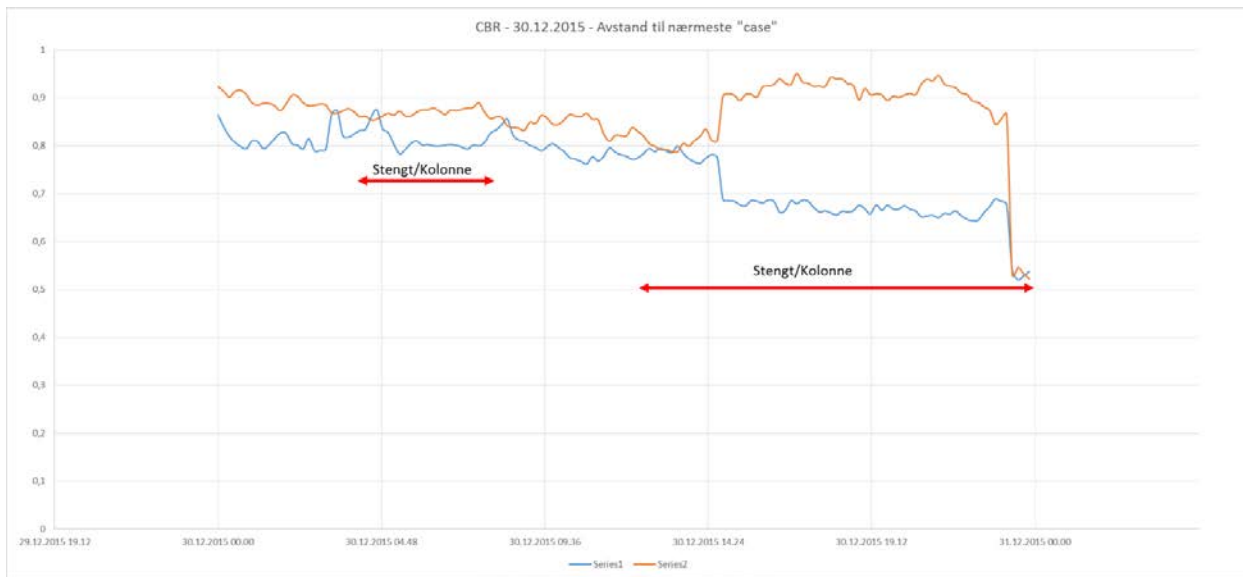
Data for vær- og føreforhold ble hentet fra Statens vegvesens værstasjoner installert på fjellovergangen (se Figur 36), der de viktigste parameterne som ble studert var:

- Vindhastighet
- Vindretning
- Nedbørintensitet
- Relative Luftfuktighet
- Veibanetemperatur
- Lufttemperatur
- Duggpunktstemperatur
- Friksjon
- Sikt



Figur 36: E6 over Dovrefjellet. Rødt punkt viser trafikk telling/værstasjon.

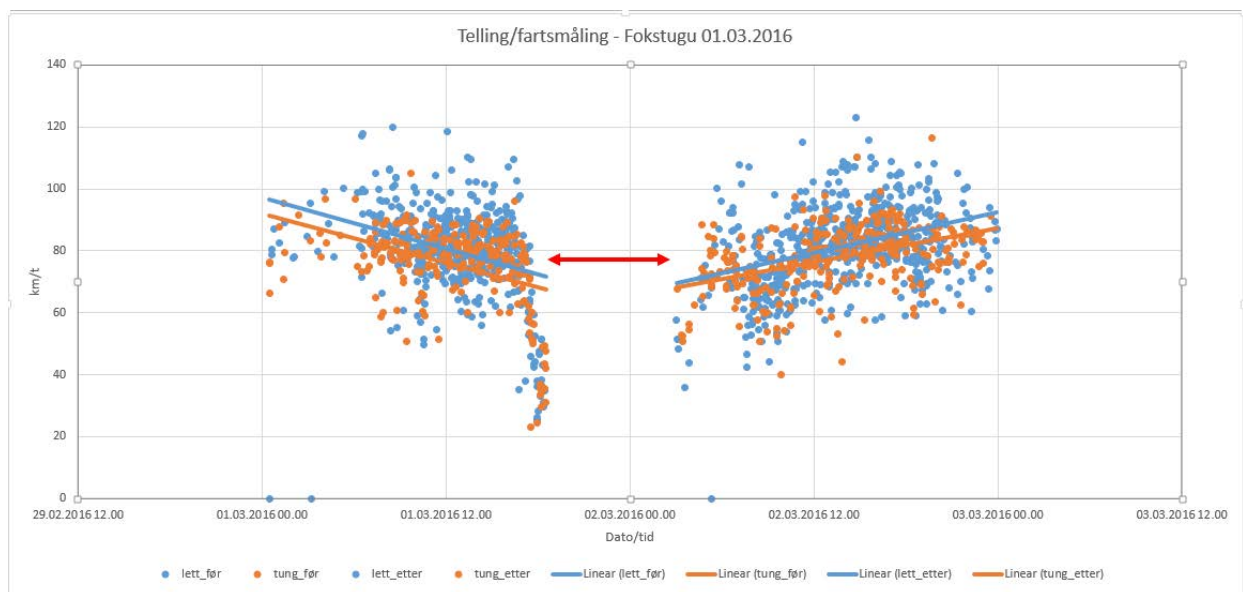
For Statens vegvesens værstasjoner er friksjon og sikt ikke en del av standard parametersett, men er utstyr som kan kobles opp på allerede etablert målepunkter. Analysene i kapitel 5 viser gode sammenhenger mellom vær- og føreforhold og stengninger. I videre arbeid ble derfor CBR og maskinlæringsalgoritmer som kNN (k-Nearest neighbour) brukt for å prediker stengninger (Gustafsson 2016, Skjermo, Dahl et al. 2016, Kolkinn 2017, Skjermo 2017). Enkelt forklart sammenligner denne metodikken maskinelt nå-situasjonen på fjellovergangen med tidligere stengningssituasjoner og ikke-stengningssituasjoner på samme lokasjon og rapporterer tilbake de mest lignende situasjonene for å gi råd om at fjellovergangen bør stenges og/eller driftes i et forsøk på å unngå stengning. Denne algoritmen representerte den første utgaven av et slikt støttesystem og et eksempel er vist i *Figur 37*.



Figur 37: Avstand til nærmeste stengnings situasjon (oransje) og til nærmeste ikke-stengnings situasjon (blå), samt faktiske stenginger/kolonnekjøring (rød pil).

Beslutningsstøttesystemet anbefalte i denne versjonen stengning eller driftstiltak dersom oransje kurve ligger høyt opp på grafen samtidig som blå ligger lavt.

I notat (Skjerme, Opland et al. 2017) ble farten for både lette og tunge kjøretøy studert i tidsrommet opp mot en stengning, se Figur 38 for et eksempel. Datagrunnlaget i disse analysene er hentet fra Statens vegvesens trafikkregistreringspunkt ved Fokstugu.



Figur 38: Fart til lette (blå) og tunge (røde) kjøretøy før og etter stenging (markert med rød pil).

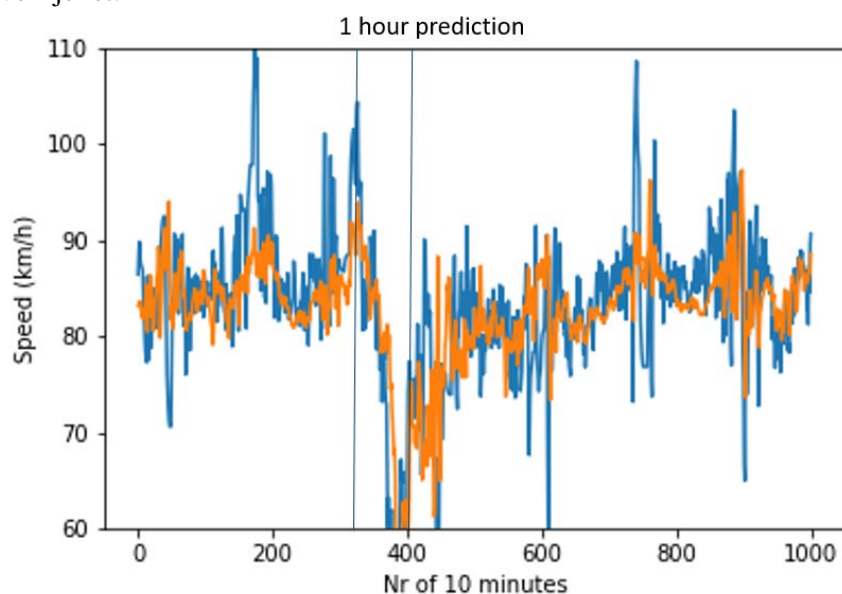
I Figur 38 ser vi at (gjennomsnittet) av farten til begge disse kjøretøygruppene begynner å avta i god tid før avgjørelsen om å stenge fjellovergangen faller. Vi kan dermed anta at en god indikasjon på en kommende stengning er at oppførselen til sjåførene på vegen begynner å endre seg.

Ved å benytte reduksjon i fart på forbipasserende kjøretøy synes det sannsynlig å få et godt grunnlag for å begynne å predikere en utvikling av dårligere vær- og føreforhold på fjelloverganger. I tillegg har datatilfanget i denne rekken av prosjekter økt betraktelig, noe som muliggjør bruk av mer sofistikerte metoder av kunstig intelligens for prediksjon av vanskelige kjøreforhold som tilsier behov for tiltak.

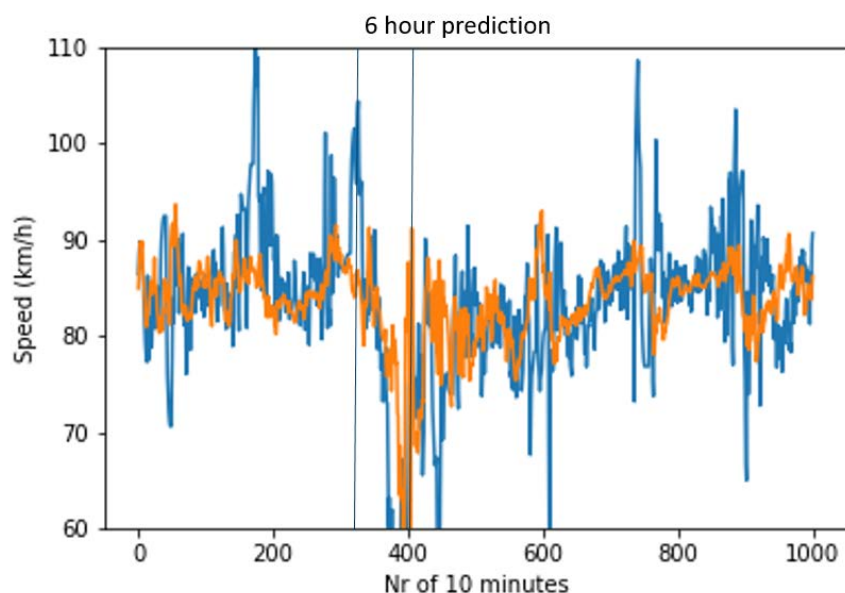
6.2 Deep Dovre

Etter analyse av fartsdata og værdata ble det tatt i bruk en kunstig intelligens modell for å predikere hastigheter på kjøretøy basert på værobservasjoner på Fokstugu. Metoden som har blitt tatt i bruk er Deep Neural Networks med Tensorflow/Keras-implementering – mer spesifikt hybrid CNN og LSTM recurrent Neural Networks. Denne modellen er beskrevet i detalj i en vitenskapelig publikasjon (Skjeremo, Arnesen et al. 2020). Kort oppsummert går metoden ut på å analysere parametre fra værstasjoner, fartsdata og værprognoser og trene en modell basert på relasjonen mellom disse parametrene. Når modellen er trent brukes den på nåværende værobservasjoner (fra værstasjoner), fartsdata (fra trafikkregistreringer) og værprediksjoner (fra Meteorologiske Instituttet) for å predikere kjøretøyhastigheter flere timer frem i tid.

Figur 39 og Figur 40 viser resultat fra prediksjonsmodellen, for 1-times respektive 6-timers prediksjoner. Figurene viser faktiske hastigheter i andre uken i mars 2019 (blå linjer) og predikerte hastigheter (oransje linjer). De vertikale linjer viser et tidsintervall der det ble sendt ut melding om eventuell stengning av veien over fjellet.



Figur 39: Faktiske hastigheter (blå linje) og predikerte hastigheter (oransje linje) under andre uken i mars 2019. 1-times prediksjon for Fokstugu

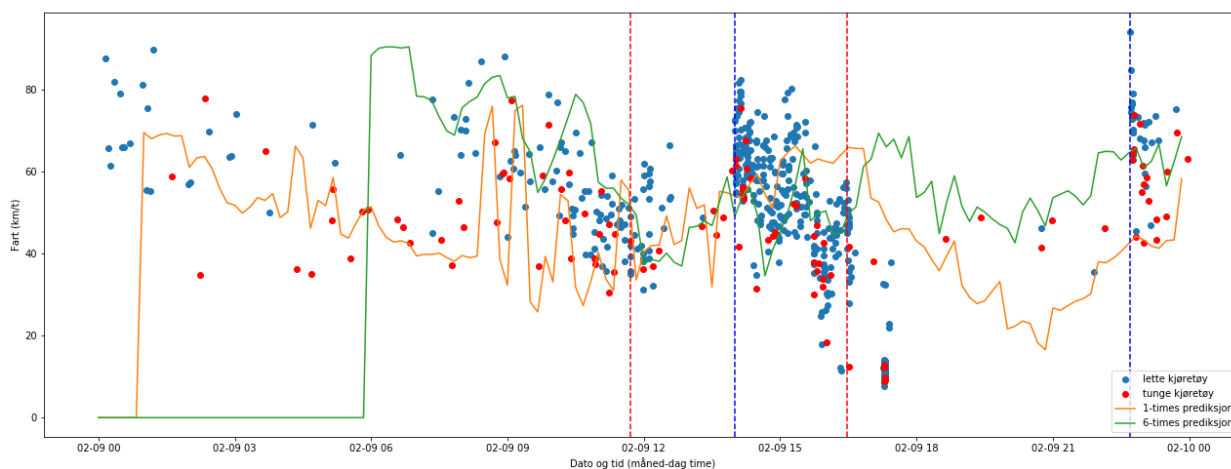


Figur 40: Faktiske hastigheter (blå linje) og predikerte hastigheter (oransje linje) under andre uken i mars 2019. 6-timers prediksjoner for Fokstugu.

Vi ser at modellen gir prediksjoner som følger de faktiske hastighetene i grove trekk. Spesielt ser vi at modellen predikerer de lave hastighetene som oppstår i intervallet som er markert mellom de to vertikale linjene som vises på figurene. At disse lave hastigheter blir predikert er særlig viktig, siden disse tilsvarer en hendelse der entreprenøren vurderte å stenge fjellet.

6.3 Testing av modellen på vintersesongen 2019/2020

Modellen ble testet på en stenging under årets vintersesong på Dovrefjell/Fokstugu. Dette ble gjort på en 24-timers periode den 9. februar da det var særlig dårlig vær og da veien ble stengt to ganger i løpet av dagen. Modellen ble kjørt med fartsdata og værdata fra serveren og det ble beregnet prediksjoner opptil 6 timer fram i tiden.



Figur 41: faktiske hastigheter ved Fokstugu (blå – lette kjøretøy; rød – tunge kjøretøy), 1-timers prediksjoner (oransje) og 6-timers prediksjoner (grønn) før den 9. februar 2020). Vertikale linjer: rød=stengning, blå=åpning.

Figur 41 viser resultat fra prediksjonsmodellen for den 9. februar 2020. Punkter viser faktiske passeringer (blå – lette kjøretøy; rød – tunge kjøretøy), oransje linje viser 1-timers prediksjon og grønn linje viser 6-timers prediksjoner. Merk at prediksjonene ikke begynner før de har fått en eller seks timer inndata, da denne kjøringen er gjort for kun dette døgnet. Røde stiplede linjer viser når veien stenges og blå stiplede linjer viser når veien åpnes igjen. Første stengning skjedde mellom kl 11:46 og kl 13:49 og andre stengning mellom kl 16:28 og kl 22:36. Siden modellen kjøres fra kl 00:00 vises første 1-timers prediksjonen kl 01:00 og første 6-timers prediksjonen kl 06:00. Vi ser at det skjer ganske mange passeringer kort tid etter at veien har blitt stengt – dette er kjøretøy som er på vei ned av fjellet. Passeringer under stengningen og ganske lang tid etter stengning kan skyldes at entreprenøren som jobber på veien (f.eks. brøytebiler).

Vi ser at 6-timers prediksjonen begynner med å predikere normale hastigheter rundt 80 km/t (hvilket er basert på observerte normale hastigheter og værddata/prognose rundt midnatt) men gradvis synker til rundt 50 km/t rett før stengning. Disse prognoser stemmer bra med observerte hastigheter. Prediksjonene øker siden opp mot 65 km/t da veien åpner igjen, men synker siden igjen da fjellet stenger andre gangen.

En-timers prediksjonene begynner litt lavere på 70 km/t og synker også ned til rundt 40 km/t før første stengningen. Disse prediksjoner øker også når veien igjen åpner for trafikk, men synker siden til veldig lave nivåer i perioden for andre stengningen.

Det registreres noen høye prediksjoner mellom kl 08:00 og kl 11:00. Disse kan skyldes at fartsdataene som er brukt i modellen viste seg ikke være helt komplette. De plottede passeringer i *Figur 41* kommer fra en datafil som har blitt sendt manuelt fra Statens vegvesen; passeringer som er logget i serveren (og som er brukt i prediksjonsmodellen) viste seg inneholde tre ganger færre datapunkter for denne perioden. For eksempel var det ikke registrert noen passeringer mellom kl 00:00 og kl 07:00, og kun en passering i timen mellom kl 07:00 og kl 09:00. Disse to registrerte passeringer var i normal hastighet (77 km/t respektive 72 km/t), og det kan tenkes at dette har påvirket modellen negativt. Dataene som ble sendt manuelt fra Statens vegvesen viste 22 passeringer mellom kl 07 og kl 09, med snitthastighet på 62 km/t, altså betydelig lavere. Etter kl 09 er dataene på serveren mer komplette og det gir bedre prediksjoner senere på dagen. Statens vegvesen har blitt gjort oppmerksom på forskjellen i rapportering av passeringer. Et annet problem er at stengningen medførte mangel på fartsdata til prediksjonsmodellen. Dette bør vi se nærmere på i framtiden.

7 Potensielle tiltak

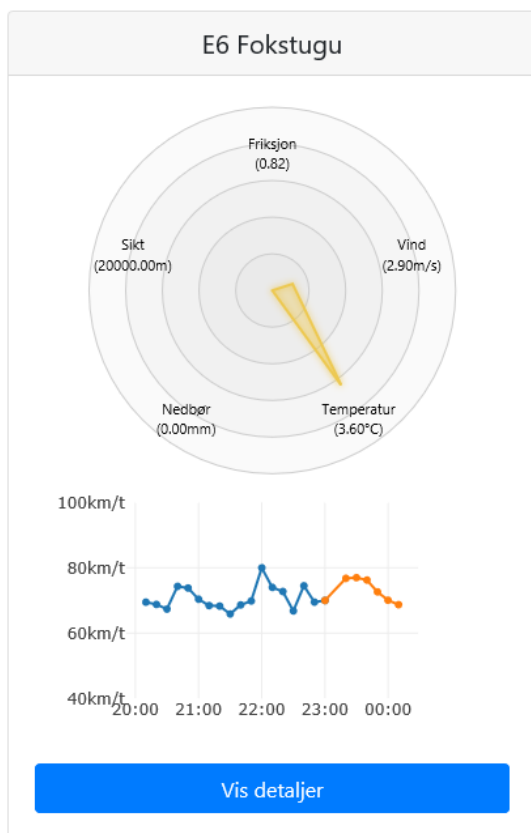
I dette kapitlet skal vi se nærmere på potensielle tiltak som kan gi nytte for fjelloverganger. I hovedsak deles dette opp i to delkapittel, et nytt digitalt beslutningsstøtteverktøy for vedlikehold og varsling for trafikk, og fysiske tiltak.

7.1 Digital prediksjon av veg- og føreforhold

SINTEF har gjennom en serie med forskningsprosjekter sammen med Statens vegvesen og entreprenører på Dovrefjell benyttet statistikk og maskinlæringsalgoritmer for å studere sammenhengen mellom vær, føreforhold, trafikantatferd, stengninger, vedlikehold m.m. Dette arbeidet har resultert i et operativt beslutningsstøttesystem tilgjengelig via et web-grensesnitt², og benyttes i dag på Dovre. Metodikken som det konkret er arbeidet med her baserer seg på analyse og prediksjon av faste punkt(er) langs fjelloverganger, men utvidelser til mer strekningsbaserte metodikker er studert/foreslått i flere andre arbeider (Arnesen and Skjermo 2017, Seter and Arnesen 2017). Dataene som brukes er værddata fra værstasjonen Fokstugu, nåtids hastigheter på passerende kjøretøy samt værvarsel fra metrologisk institutt sitt API³. Så langt i arbeidet predikerer våre metoder med gode resultater en time frem i tid, se utsnitt av brukergrensesnittet fra live-systemet i *Figur 42*.

² <http://mobilitet.sintef.no/fjelloverganger/>

³ <https://www.met.no/>



Figur 42: Utsnitt av prediksjonsmodellen av kommende kjøretøyshastigheter (oransje) sammen med historiske hastigheter (blå) samt parameter for vær- og føreforhold (radarplott)

7.1.1 Muligheter for og nytte ved implementering av beslutningsstøttesystem

Ved hver fjellovergang er det unike forhold å ta hensyn til. Systemet som forslås her har en del forutsetninger som må oppfylles, i hovedsak knyttet til datatilgang, men kan til gjengjeld ha stort potensial i form av å kunne varsle om potensielle stengninger, både til entreprenør og sjåfører. I tillegg representerer det et kostnadseffektivt tiltak som ikke krever store investeringer i infrastruktur. Følgende fire punkter bør vektlegges:

1. Datatilgang, dvs. værstasjoner fortrinnsvis med sikt og friksjonsmåler, samt trafikkregistreringsstasjon..
2. Selv om dette er et generisk beslutningsstøttesystem må ikke kjennskap til lokale forhold ved fjellovergangene undervurderes, og bør vurderes å tas inn i systemet.
3. Kartlegging av nytte ved å innføre et slik system bør belyses.
4. Brukeraksept og tillit til beslutningsstøttesystemet. I tillegg må forankring til systemet i form av tillitt fra entreprenører og brukere av transportnettet etableres før denne nytteverdien kan realiseres.

I de neste delkapitlene vil punkt 1-2 over kommenteres spesielt. For punkt 3-4 henvises det til kapittel 3. I tillegg beskrives muligheten for å ta inn stigningsproblematikk som en del av modellverktøyet, før vi konkluderer med forslag til fremgangsmåte.

7.1.2 Datatilgang

For implementering av dette verktøyet er det en forutsetning at data om kjørefart (trafikkregistreringsstasjoner) og vær- og føreforhold (fra veg-værstasjoner) er tilgjengelig på omtrentlig samme lokasjon. Fra kapittel 4 ser

vi at på E10 Bjørnfjell ved riksgrensen så finnes et slikt punkt, E6 Kvævangsfjellet har et slikt punkt, E6 Sennalandet har et slikt punkt, E6 Saltfjellet har ikke et slikt punkt, men det kan vurderes om nåværende punkter kan korreleres (her finnes også lokale og planlagte værstasjoner), mens E8 Skibotn har to slike punkter. For optimal utnyttelse av beslutningsstøtteverktøyet bør friksjon- og siktsensor installeres på vegværstasjonene der dette ikke er tilgjengelig. Det vil altså medføre installasjon av ekstra sensorer ved E10 og de tre fjellovergangene på E6.

7.1.3 Lokale forhold

Med datakilder som værstasjoner og fartsmålinger er man sårbar for plassering. På værharde lokasjoner som fjelloverganger kan det være store lokale variasjoner i vær- og føreforhold. Dette ble det lagt vekt på fra entreprenørene sin side under evalueringen i NordicWay. En annen utfordring er at vær- og føreforhold kan endre seg raskt, noe som kan gjøre det vanskelig å ta beslutning på bakgrunn av denne informasjonen. Det er derfor kritisk å få studert relevansen av de utvalgte punktene, også utover arbeidet som er gjort i dette notatet.

Systemet i dag benytter en omfattende database av tidligere veg-, vær, og føreforhold på Dovrefjell i sine beregninger. Tilsvarende database med relevante parametre (kapitel 7.1.2) må genereres for fjellovergangene der det er aktuelt å ta i bruk systemet.. Basert på dette må systemet kalibreres for lokale forhold, noe som innebærer utviklingsarbeid for optimalisering av beregningsmodellen.

Dagens system på Dovre er tilpasset og opplært på problematikk for høyfjell, med spesielle lokale forhold som down-force wind og siktproblematikk knyttet til snøfokk. For problematikk i bakker opp mot høyfjellsoverganger (se kapitel 7.1.4), vil for eksempel friksjon/salting ha en større innvirkning på kjøreforhold. Dette kan være problematikk som må videreutvikles og inkluderes i dagens metodikk.

7.1.4 Utvidelse – stigningsproblematikk

Spesielt på E8 og på E10 Bjørnfjell ved Riksgrensen er det meget bratte stigninger som anses som svært krevende. I arbeidet med denne fjellovergangen bør det derfor legges spesielt vekt på å digitalisere informasjonsflyten knyttet til vinterdrift her for å kunne skreddersy et modellverk som kan benyttes for beslutningsstøtte og prediksjon/varsling også for denne casen. Dette blir en forskningsoppgave som inneholder datafangst, modellering og estimering, samt arbeid for å inkludere dette i allerede eksisterende web-grensesnitt.

7.1.5 Muligheter

Det anses som formålstjenlig å installere dagens system som er utviklet på E6 Dovrefjell ved alle de fem fjellovergangene som er analysert i denne rapporten. Systemet har et så stort anvendelsespotensial at det også bør vurderes som et generelt verktøy på alle fjelloverganger med hyppig forekomst av kolonnekjøring og stengninger. Det er viktig å etablere en robust datafangst, forankring hos lokale entreprenører og transportører, samt videreutvikle systemet via forskning for å inkludere lokale forhold og behov. Spesielt anses det som formålstjenlig å undersøke om dagens system kan endres til å dekke stigningsproblematikk (ref. kapitel 7.1.4) på E8 og E10 da dette er identifisert som spesielt krevende ved disse lokasjonene.

7.2 Konklusjon

Analysen og undersøkelsen presentert i denne rapporten viser god korrelasjon mellom farten på kjøretøyene inn mot tidspunkter der fjellet stenger. Dette stemmer bra med tidligere erfaringer, og forsterker hypotesen om at disse hastighetene kan brukes som en nøkkelindikator for opplevd føreforhold (sammen med andre parametere).

Modellen som har blitt utviklet og trent for Dovrefjell gir så langt gode prediksjonsresultat på Dovre. Metodikken benyttet på Dovrefjell bør anvendes på andre fjelloverganger for å øke kunnskapen om generell virkningsgrad, men dette krever at disse fjellovergangene blir utrustet med tilstrekkelig sensorer. Værstasjonen Fokstugu på Dovrefjell er bedre utrustet enn andre værstasjoner, bl.a. med optisk sensor som estimerer friksjonen i vegbanen, samt sensor for sikt.

8 Referanser

Ibrahim, A. T.; Hall, F. L., Effect of adverse weather conditions on speed-flow-occupancy relationships. 1994.

Liang, W. L.; Kyte, M.; Kitchener, F.; Shannon, P., Effect of environmental factors on driver speed: a case study. Transportation Research Record 1998, 1635 (1), 155-161.

Arnesen, P. and J. Skjermo (2017). Prediksjon av friksjon ved bruk av flere datakilder. SINTEF.

Bardal, K. G. (2018). "Fremkommelighet på høyfjellstrekninger."

Det Kongelige Samferdselsdepartement (2017). "Nasjonal Transportplan 2018–2029." Oslo, Norway.

Engen, T., et al. (2015). Vind-og friksjonsvarsling på E6 Dovrefjell. SINTEF.

Gustafsson, E. (2016). CBR for Winter Road Operation at Dovrefjell, NTNU.

Kolkinn, M. (2017). CBR for road conditions on Norwegian alpine roads, NTNU.

Seter, H. and P. Arnesen (2017). Evaluation outcome report - Norway, EU project Nordic Way. SINTEF.

Skjermo, J. (2017). Utvikling av prognoser for stengning av høyfjellsoverganger. SINTEF. N-04/17.

Skjermo, J., et al. (2020). Predicting driving conditions at mountain crossings using deep learning. IEEE ITSC 2020.

Skjermo, J., et al. (2016). Case-based reasoning for alpine road operation support. 23rd ITS World Congress, Paper number EU-TP0079, Melbourne, Australia.

Skjermo, J., et al. (2017). Vind- og friksjonsvarsling på E6 Dovrefjell ITS og vinterdrift – Sammendrag vintersesongen 2015/2016. SINTEF. N-02/17.

Statens vegvesen (2018). ITS-strategi for Statens vegvesen 2018-2023. Et vegkart mot fremtidens transportsystem.

Strategistaben SVV Region Nord (2019). Pilot vinterdrift og høyfjell utfordringer (notat).



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no