

Til: Nye Veier AS
v/ Kari Charlotte Sellgren
Kopi til: Lars Bjørgård
Dato: 2020-03-02
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20180631-03-TN
Prosjekt: Kvæningsfjellet
Prosjektleder: Anders Solheim
Utarbeidet av: Christian Jaedicke
Kontrollert av: Sylfest Glimsdal / Anders Solheim

Vind og snødrift over Kvæningsfjellet

Innhold

1	Innledning	2
2	Beskrivelse av området	3
3	Klimaanalyse	3
4	Snødrift i lokal topografi og mikro topografi	8
5	Snøobservasjoner	10
6	Modellering av vind	11
	6.1 WindSim	11
	6.2 Beregningsområdet	11
7	Resultater	12
	7.1 Generelle resultater	12
	7.2 Tunnelportal vest	14
	7.3 Tunnelportal øst	16
8	Konklusjon	19
9	Referanser	20

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI er engasjert av Nye Veier AS for å gjøre en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) for naturfare i tidlig planfase for hele selskapets portefølje. Nye Veiers regionkontor i Trondheim har behov for en noe mer detaljert vurdering av strekningen E6 Kvæangsfjellet. NGI har derfor, gjennom en endringsordre på det opprinnelige prosjektet, gjort en vurdering av vind- og snødriftforhold i områder for planlagte tunnelpåkugg. Hensikten er å unngå at tunnelåpningene plasseres i områder der man må regne med store snøansamlinger, som vil kunne skape problemer for fremkommeligheten på veien.

For å undersøke vindforholdene er det beregnet vindfelt for åtte vindretninger og fire vindhastigheter. For å kunne relatere disse vindfeltene til observert vind er stasjonen Nordstraum i Kvæangen brukt, som ligger ca. 15 km fra det aktuelle området på Kvæangsfjellet.

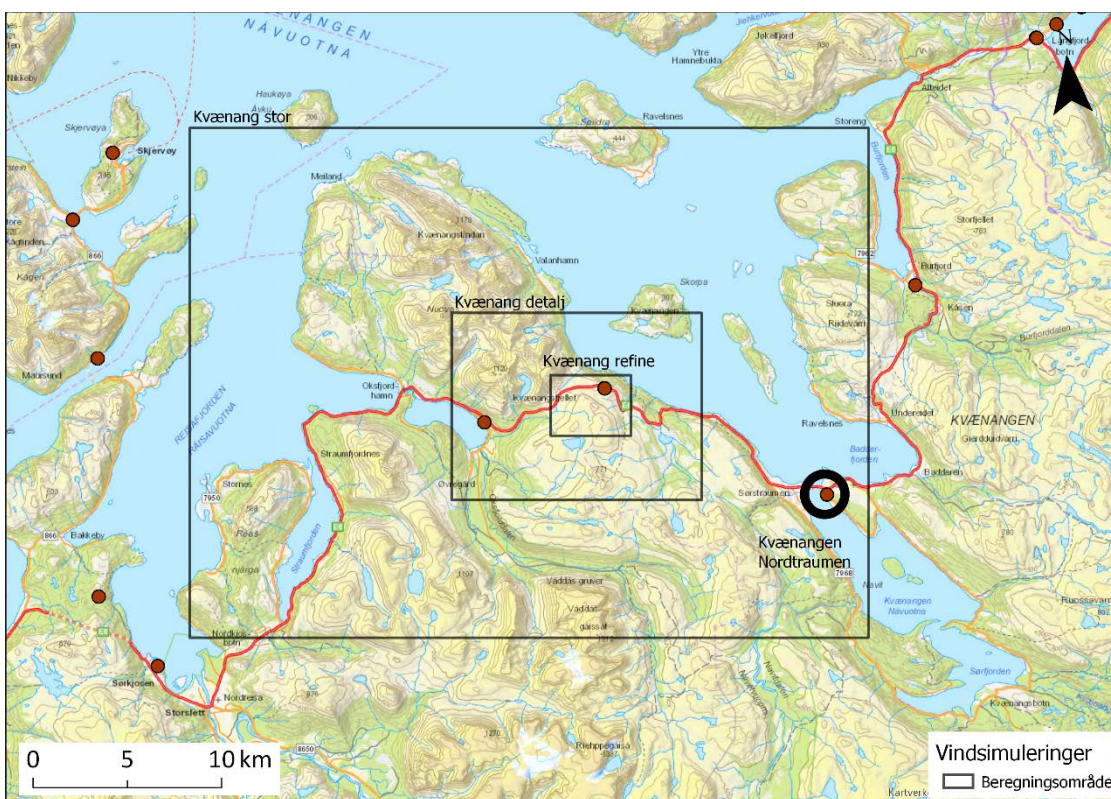
Resultatene viser at den østlige tunnelåpningen ligger midt i en stor lesone for vind fra vindsektorene sør, sørvest, vest og nordvest. Her legger det seg store mengder snø i dag, og dette vil ikke bli endret av et nytt tunnelpåkugg. En godt gjennomtenkt portalløsning kan eventuelt være et tiltak for å unngå at tunnelportalen blåser igjen.



Figur 1-1 Kvæangsfjellet er ofte stengt pga. mye snø og vind over fjellet (foto Nordlys).

2 Beskrivelse av området

Fjellovergangen Kvænangsfjellet strekker seg fra Oksfjordhamn (Nordreisa kommune) i vest over til Sørstraumen (Kvænangen kommune) i øst, og går fra null meter over havet opp mot 420 moh. Denne strekningen er kjent for mye snø og vanskelige kjøreforhold pga. snødrift. Den nye veien skal derfor legges i tunnel for å unngå selve passet i fjellovergangen. Fjellene rundt reiser seg opp mot 1300 moh. og terrenget har moderat kompleksitet med store overflater av vann i sektoren vest over nord til øst. De høyeste fjellene ligger rett nord for passet. Vind fra sør vil kun gå over land (Figur 2-1).

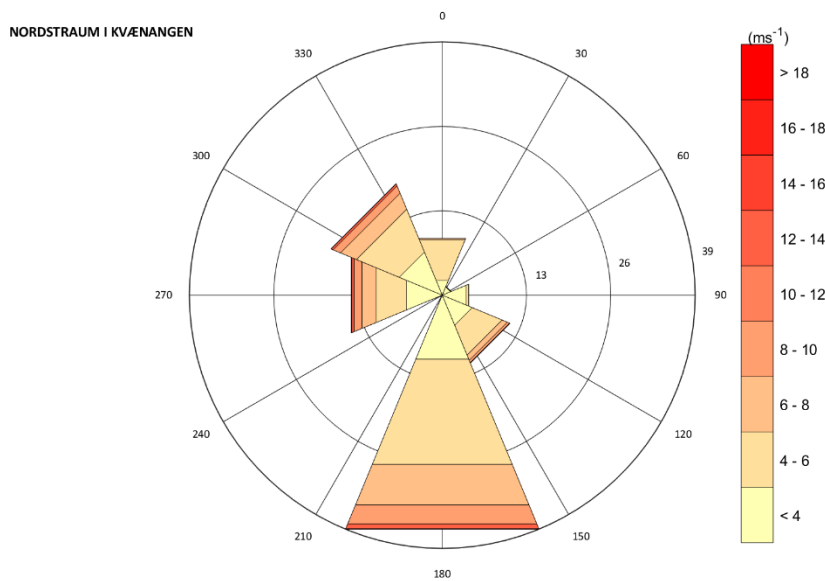


Figur 2-1 Oversikt over de tre simuleringnivåene for vindsimuleringene. Svart sirkel viser posisjonen for met.no stasjonen Kvænang – Nordstraumen som har lange observasjonsserier for vind.

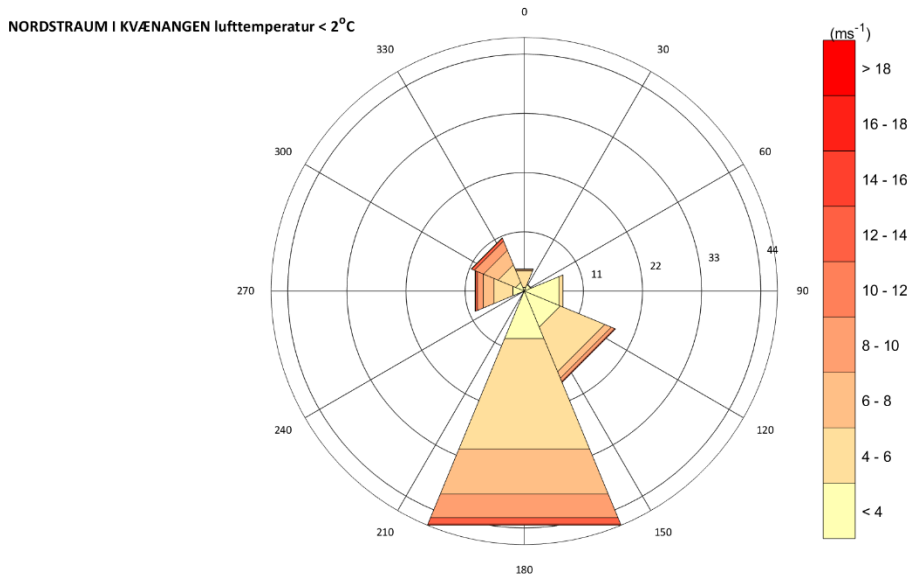
3 Klimaanalyse

Det finnes flere værstasjoner i og rundt Kvænangsfjellet. De fleste av disse stasjonene har det til felles at de enten er rene nedbørstasjoner som ikke observerer vind og temperatur eller så har de bare vært i drift noen få år. Et unntak er met.no stasjonen Nordstraumen i Kvænangen (nr. 92350), se plassering i Figur 2-1. Stasjonen har vært i drift siden 1965 og samlet over 50 år med data. En analyse av vindforholdene ved denne stasjonen viser at mye vind kommer fra sør og ut Kvænangsbotten (Figur 3-1).

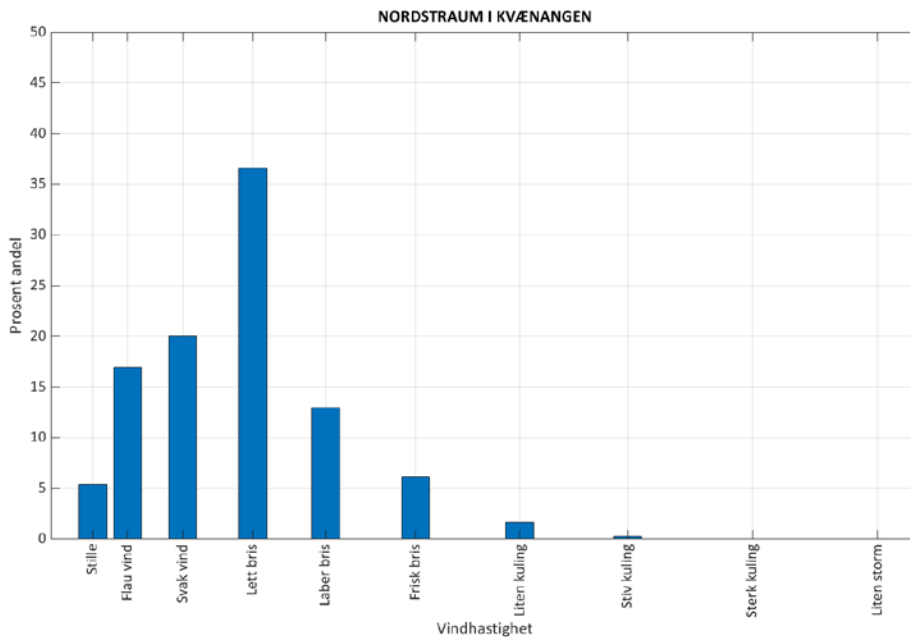
Dette gjelder både for vind ved alle lufttemperaturer og for vind med minusgrader i fjellet. Høye vindhastigheter kan forventes fra sør og sørøst, men også fra nordvest. Men ved lufttemperaturer under 2 °C dominerer vind fra sørlig sektor (Figur 3-2). De mest kritiske vindretningene for veien over Kvæangsfjellet (sørvest og nordøst) er ikke sterkt representert i målingene ved denne stasjonen. Det er viktig å huske at en dominerende vindretning nede ved en fjord kan være svært forskjellig fra situasjonen på fjellet avhengig av det lokale terrenget.



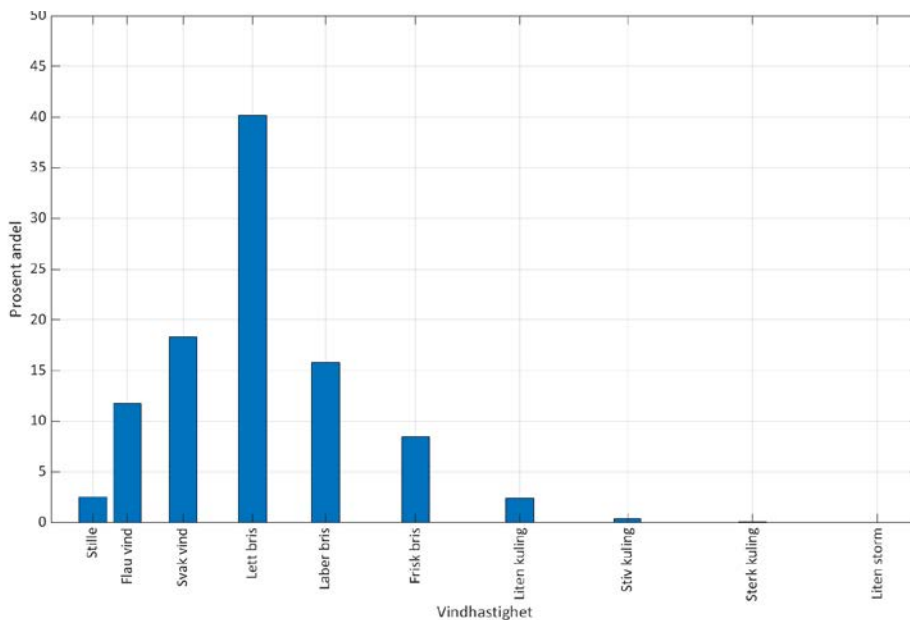
Figur 3-1 Fordelingen av vindobservasjoner i åtte vindretninger ved stasjonen Nordstraum i Kvæningen (nr. 92350) for alle lufttemperaturer.



Figur 3-2 Fordelingen av vindobservasjoner i åtte vindretninger ved stasjonen Nordstraum i Kvæningen (nr. 92350) ved lufttemperaturer under 2 °C. Ved disse temperaturene må en kunne anta at det ligger snø i fjellovergangen.



Figur 3-3 Frekvensfordeling av vind ved alle lufttemperaturer ved stasjonen Nordstraum i Kvænangen (nr. 92350). Snødrift vil forekomme ved vindhastigheter fra laber bris 5,5 – 7,9 m/s og høyere, ca. 20% av observasjonstiden.



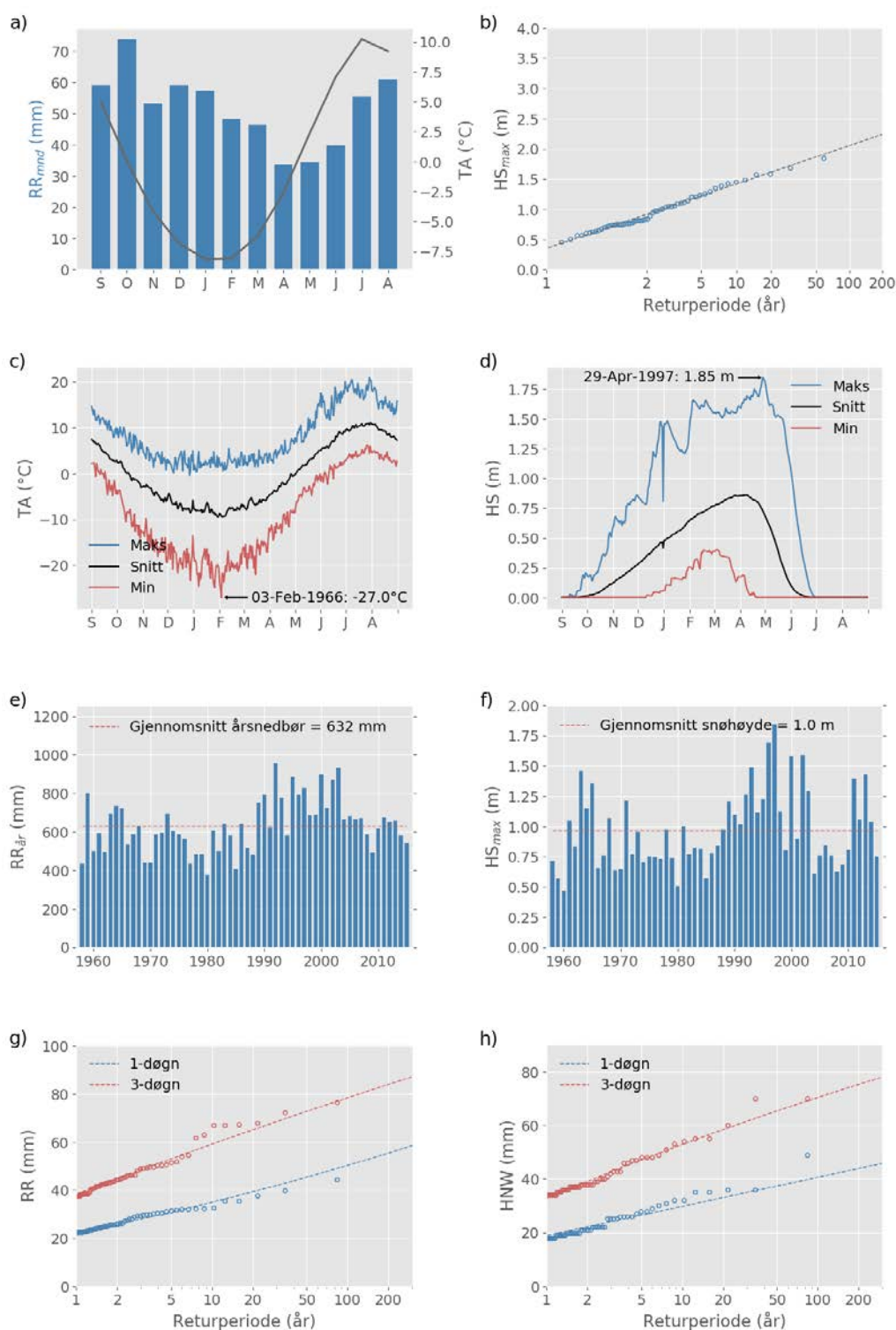
Figur 3-4 Frekvensfordeling av vind ved lufttemperaturer under 2 °C ved stasjonen Nordstraum i Kvænangen (nr. 92350). Snødrift vil forekomme ved vindhastigheter fra laber bris 5,5 – 7,9 m/s og høyere, ca. 27% av observasjonstiden.

Ut fra analysene fra denne værstasjonen kan vi si at antall dager med snødrift utgjør ca. 27% av vinterdagene nede ved fjorden. For fjellet kan det forventes en dobling av antall vinterdager med snødrift.

For en oversikt over nedbør og snøklimaet på Kvæangsfjellet har vi valgt et referansepunkt i passet (høyde på valgt gridcelle er 494 moh.). Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet for dette punktet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1981 - 2010 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 685 mm, hvor ca. 381 mm kommer om vinteren. Årsmiddeltemperatur i området er 0.1 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -19.2 °C til 16.7 °C. Gjennomsnittlig snøhøyde er 104 cm og maksimal snøhøyde siste 50 år er 185 cm. Antall dager med snø på bakken er i gjennomsnitt 222.

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 1000-års nedbør beregnet å være 60 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 2.3 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder med tilhørende statistiske usikkerheter.

Klimafremskrivinger (Hanssen-Bauer et al., 2015) for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 17 % (scenario 1, RCP 4.5) og 20 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 14 % og 9 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 3.4 °C og 5.3 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom -62 % og -85 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis -108 og -185 dager for de to scenariene, men her er det viktig å presisere at det er store usikkerheter forbundet med slike prognoser.

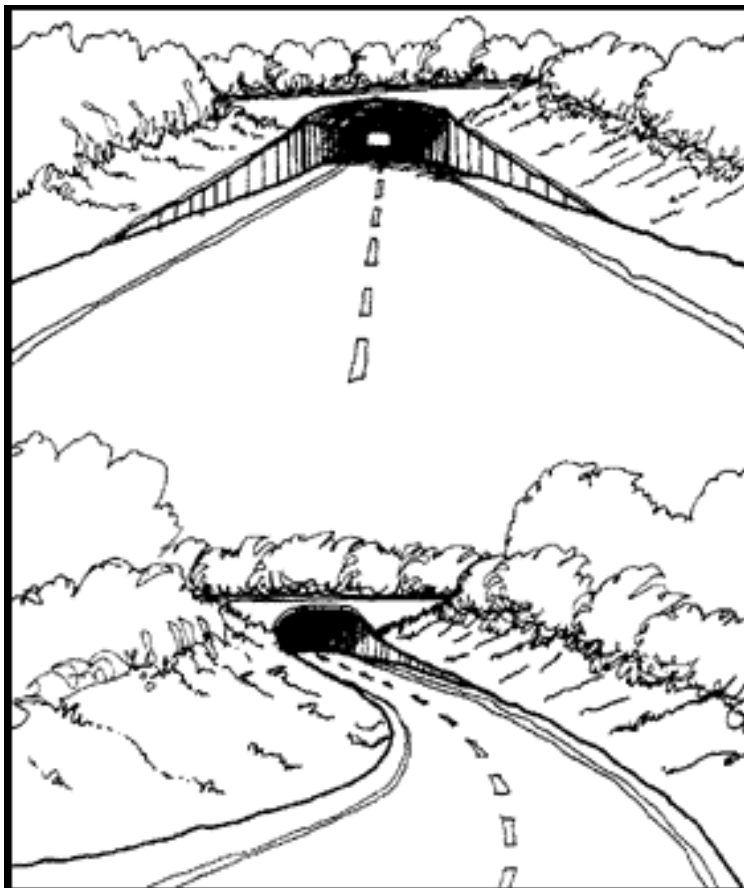


Figur 3-5 Dataperiode: 1958 – 2015. a) Månedsnedbør og –lufttemperatur, b) returverdier (Gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidsserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returverdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h).

4 Snødrift i lokal topografi og mikro topografi

Mengden snødrift bestemmes av vindhastighet og tilgjengelig mengde løs snø. Mengden snø som transporteres avhenger av vindhastigheten. Ved et normalt snødekke vil vinden begynne å ta med seg snøkrystaller ved en hastighet av ca. 6 m/s. I veldig løs nysnø ligger denne terskelverdien lavere, mens den er høyere dersom snødekket er hardt eller isete. Transportert masse øker ca. med en tredobling ved dobling av vindhastigheten.

I et terreng med nærmest uendelig mengde tilgjengelig snø og konstant vind fra én retning vil snøansamlingene i terrenget etter hvert utjevne alle ruheter i terrenget. Alle forsenkninger og bratte leområder bak rygger og knauser fylles opp med snø, slik at det oppstår en jevn overflate som gir vinden minst mulig motstand når den blåser over overflaten.



Figur 4-1 To tunnelportaler som klart vil føre til større ansamling av snø pga. bratte skråninger. Figur fra Statens Vegvesen (SVV, 1992).

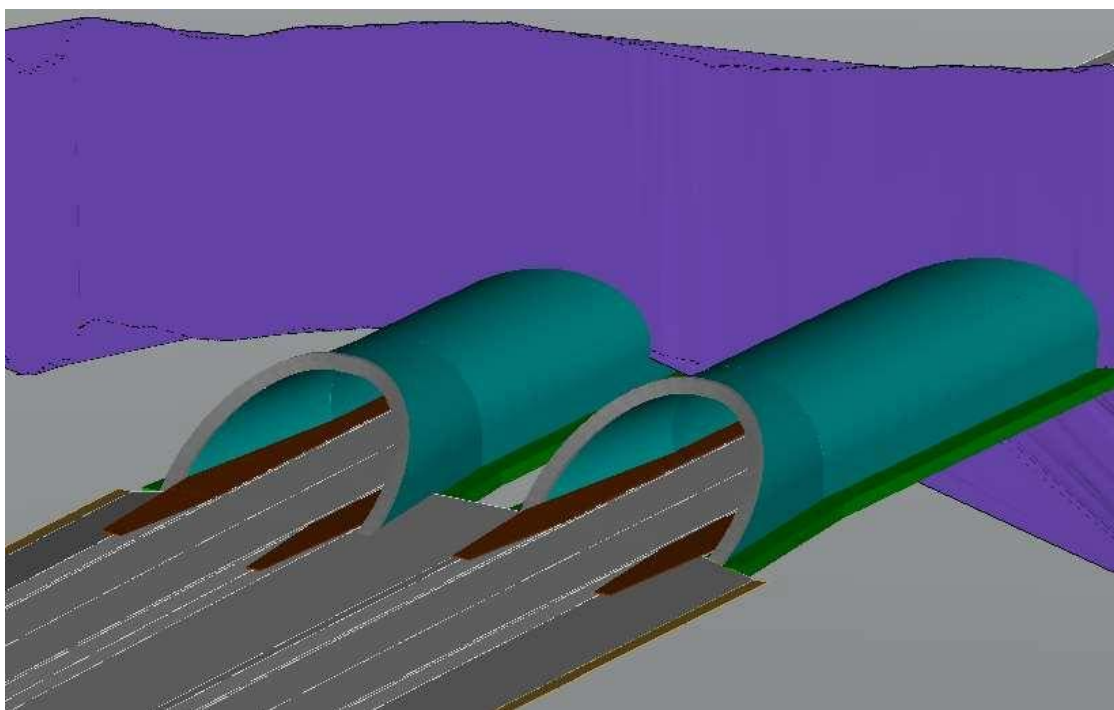
I et naturlig terreng med begrenset tilgang til snø og vind fra flere retninger vil det etter hvert danne seg et mer komplekst mønster av områder der snøen blåses bort (erosjon)

eller samles (akkumulasjon). Men generelt vil rygger være avblåst og forsenkninger være fylt med snø.

Dette må en tenke på ved utformingen av tunnelportalene. Også ved en gunstig plassering i terrenget der det generelle vindfeltet (lokal topografi) tilsier lite snødrift, vil likevel mikrotopografien rundt en tunnelportal kunne føre til store ansamlinger av snø (Figur 4-1).

Vinden og snøen vil alltid prøve å glatte ut terrenget for å minimere energitapet når vinden blåser over terrenget. Utfordringen er derfor å skape et kunstig terreng som allerede er så utglattet at vind og snø ikke vil legge mer snø på veien.

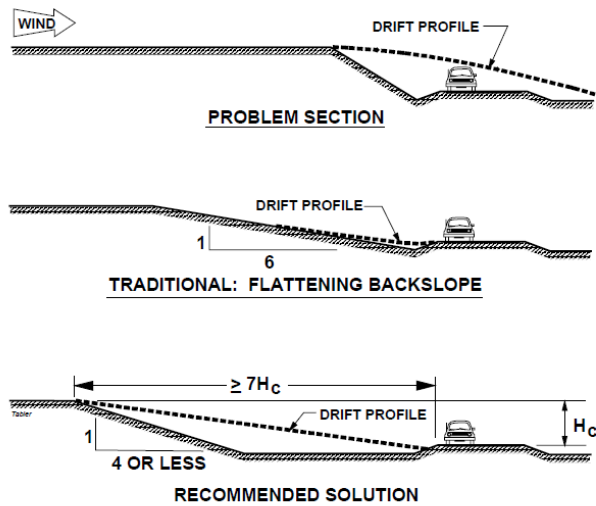
Selve tunnelportalutformingen vil ha en stor innflytelse på dette. Bratte skjæringer vil føre til problemer. Veien bør ligge høyt nok i terrenget til at vinden akselererer over veien og blåser den fri for snø. Når veien kommer frem til tunnelen vil denne overgangen være kritisk for snøakkumulasjonen i akkurat dette området. Tunnelrør som trekkes langt ut fra fjellsiden kan være en mulig løsning (Figur 4-2). Denne utformingen må diskuteres i detalj med miljøer som har erfaring fra andre prosjekter. Vindsimuleringene utført i denne studien kan være et viktig grunnlag for denne diskusjonen.



Figur 4-2 Ved å trekke tunnelportalen langt ut fra fjellsiden vil denne påvirke vinden rundt selve åpningen i mindre grad og veien kan gå på en opphøyd fylling helt fram til tunnelen. (figur fra SVV, 1992).

I USA er et stort arbeid for å lage gode design av veier i snødriftområder utført av Tabler (2003). De fleste av Tablers (1994) ideer er testet i praksis og hans guidelines i rapporten "Controlling Blowing and Drifting Snow with Snow Fences and Road Design" (Tabler, 2003) kan brukes som utgangspunkt for utforming av veiprofil og overgang til tunnelen (Figur 4-3). I Norge er det utarbeidet en egen håndbok for dette (SVV, 2014).

Figure 5.5. Comparison of the traditional and recommended strategies for designing cuts to prevent snowdrift encroachment (Tabler 1994).



Figur 4-3 Figur fra håndboken til Tabler (2003) viser hvordan skjæringer kan utformes for å unngå drivsnø på veien.

5 Snøobservasjoner

For en analyse av snødrift over Kvæangsfjellet ville tilgangen til gjentatte snøfordelingskart være det beste grunnlaget. Slike kart lages ved at man skanner overflaten med og uten snø ved hjelp av flybåren LIDAR. Slike kart gir en god indikasjon på hvor i terrenget snøen legger seg. Slike kart er så vidt vi vet ikke tilgjengelige for dette området.

Et alternativ er å studere flybilder som er tatt i slutten av vintersesongen. Når deler av snøen allerede er smeltet vil kun områder med store snøansamlinger fortsatt være dekket av snø. Dette gir en indikasjon på hvilke områder som er mest utsatt for snøakkumulasjon.

I arkivene for norske flybilder (Norge i bilder) har vi funnet brukbare bilder fra 1994 og 2018 som viser situasjonen om våren når kun fonnene i terrenget ligger igjen etter snøsmeltingen.

6 Modellering av vind

6.1 WindSim

For simuleringene av vind over Kvæangsfjellet har vi brukt modellen WindSim (www.windsim.com). Modellen er i utgangspunktet utviklet til studier for plassering av vindkraftanlegg. Modellen beregner vind over en gitt topografi for en fast vindhastighet som angis i den frie atmosfæren 500 m over terrenget. Vindfeltene beregnes så for et manuelt bestemt antall vindsektorer. Mulighetene for å påvirke modellen er store med for eksempel vertikale temperaturprofiler, randbetingelser fra globale værmodeller osv. For simuleringene over Kvæangsfjellet er det valgt et enkelt parameter-sett og relativt høy romlig oppløsning for å kunne studere detaljene i vindfeltet der tunnelåpningene skal være plassert.

6.2 Beregningsområdet

Windsim har flere opsjoner for å kunne tilpasse et større vindfelt til mindre områder. I dette prosjektet har vi valgt en toveis variant som bruker både nesting og refinement for det simulerte området. Nesting betyr at man først beregner vindfeltet for et større område med en grov horisontal oppløsning for så å bruke resultatene som input i en ny beregning for et mindre område med finere oppløsning. Refinement betyr at den horisontale oppløsningen gradvis blir finere inn mot det området som skal studeres i detalj.

For å lage et generelt vindfelt i et stort område rundt Kvæangsfjellet har vi først beregnet vinden for et område på 35 km x 26 km (Figur 2-1). I dette området er terrenget beskrevet av en 50 m x 50 m digital høydemodell. I Windsim kan man ikke direkte velge oppløsning av modellen, men ved valg av 500 000 beregningspunkter og 50 vertikale beregningslag kommer man ca. til en horisontal oppløsning på ca. 350 m x 350 m.

I dette beregningsområdet simuleres vinden fra åtte vindretninger (0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 grader) og fire vindhastigheter (5, 10, 15, 20 m/s). Friksjonen på bakkeplan holdes lavt fordi vi er interessert i vind over et snødekket landskap.

Resultatene fra denne første kjøringen blir så brukt som utgangspunkt for beregninger i et mindre område som dekker 13 km x 10 km. I denne kjøringen er det valgt en "refinement" for et mindre område som akkurat dekker fjellovergangen slik at modellopløsningen i dette området er ca. 40 m. En oversikt over de valgte parameterne for modellkjøringene er gitt i Tabell 6-1. Figur 2-1 viser et kart med de valgte beregningsområdene.

Totalt er vindmodellen kjørt for to områder, åtte vindretninger og fire vindhastigheter dvs. 64 kjøringer. Hver kjøring tar ca. 25 minutter. Resultatene konverteres til en ArcGis database, slik at resultatene kan vises sammen med traseen over fjellet.

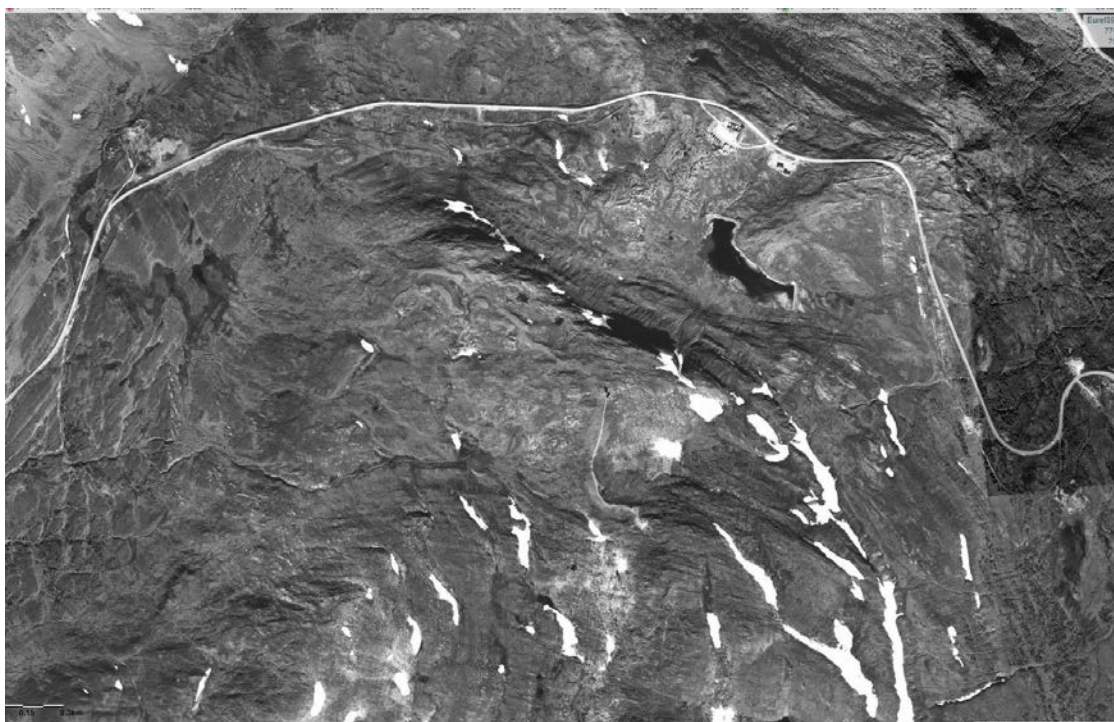
Tabell 6-1 Oversikt over paramtervalg for de to modelloppsettene

Kjøring	Oppløsning i senter (m)	Ruhet	Rammebetingelser	Vindhastighet (m/s)	Vindsektorer (°)
Kvænang stor	350	0	Fixed pressure	5, 10, 15, 20	N, NØ, Ø, SØ, S, SW, W, NW
Kvænang detalj	423 – 35	0	Kvænang stor, fixed pressure	5, 10, 15, 20	N, NØ, Ø, SØ, S, SW, W, NW
Kvænang refine	35	0	Kvænang detalj, fixed pressure	5, 10, 15, 20	N, NØ, Ø, SØ, S, SW, W, NW

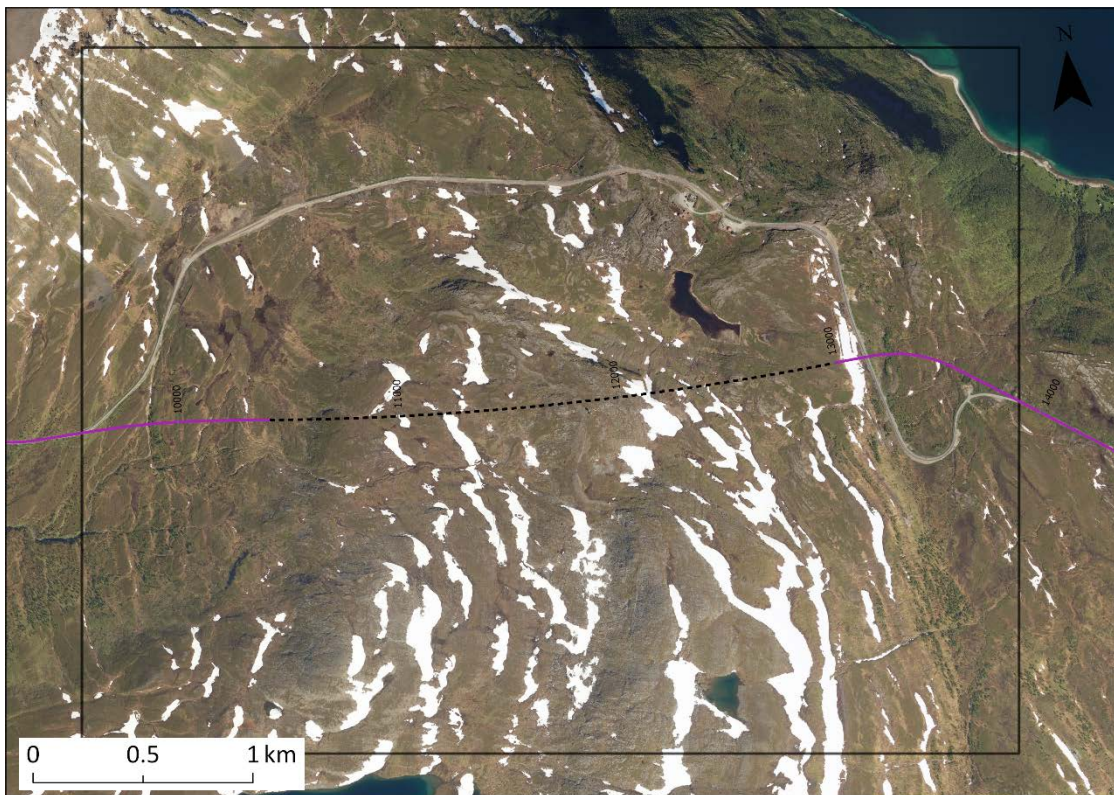
7 Resultater

7.1 Generelle resultater

Flybildene fra 1994 og 2018 viser tydelig at det ligger mest snø i østvendte skråninger og i forsenkninger øst for ryggen og høyder i terrenget. Også bak enkelte vindskjermer kan man se fonnene på østsiden av skjermen. Disse observasjonene tyder på at det meste av snøtransporten foregår fra vest mot øst på Kvæangsfjellet.



Figur 7-1 Flybilde fra 1994 med fonnene i østvendte fjellsider, noe som tyder på fremherskende vindretning fra vest i dette området.



Figur 7-2 Flybilde fra 2018 viser at alle snøansamlingene ligger i østvendte fjellsider, noe som tyder på fremherskende vindretning fra vest i dette området.

Analysen av dominerende vindretning og vindstyrker fra værstasjonen Nordstraum i Kvænangen viser tydelig at vinden som oftest blåser fra sør. Den sterkeste vinden kan derimot forventes fra nordvestlig sektor. Vindmodelleringene (ved toppvind 10 m/s) viser at lokal vind gjennom passet vil snu i retning vest-øst for tre av åtte hovedvindretninger. Bare ved hovedvindretning fra nord, nordøst og øst vil vinden i passet være fra øst til vest. To vindretninger vil føre til konvergens, dvs. en kollisjon av vinden midt i passet.

Denne tendensen blir tydeligere ved høyere vindhastigheter.

Tabell 7-1 Lokal vindretning i passet over Kvænangsfjellet i forhold til modellert hovedvindretning

Hoved-vindretning	Vind 10/ms over passet fra vest	Vind 10 m/s over passet fra øst
000 nord		X
045 nordøst		X
090 øst		X
135 sørøst	fører til at vinden kommer fra to retninger midt i passet	
180 sør	X	
225 sørvest	X	
270 vest	X	
315 nordvest	fører til at vinden kommer fra to retninger midt i passet	

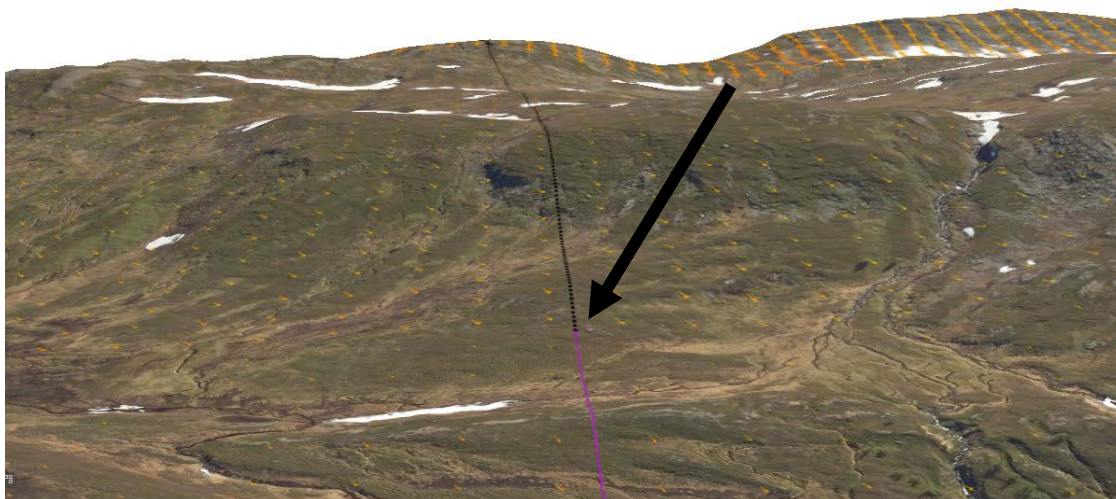
Resultatene viser at vi må forvente den største snøtransporten fra vest mot øst over Kvæangsfjellet. I enkelte situasjoner vil også vind på tvers av dalen kunne forekomme, men ut fra våre resultater ser det ut til å være få slike situasjoner og de forekommer gjerne ved lavere vindhastigheter da terrenget ikke er like bestemmende for den lokale vindretningen.

Nedbørmengden (685 mm, hvorav 380 mm om vinteren) i området er ikke stor. Men terrenget er dekket av snø i gjennomsnitt 222 dager i året og den maksimale snøhøyden i området er på over 180 cm. Det er nok snø i området til å skape utfordringer for veien og eventuelle bygninger.

7.2 Tunnelportal vest

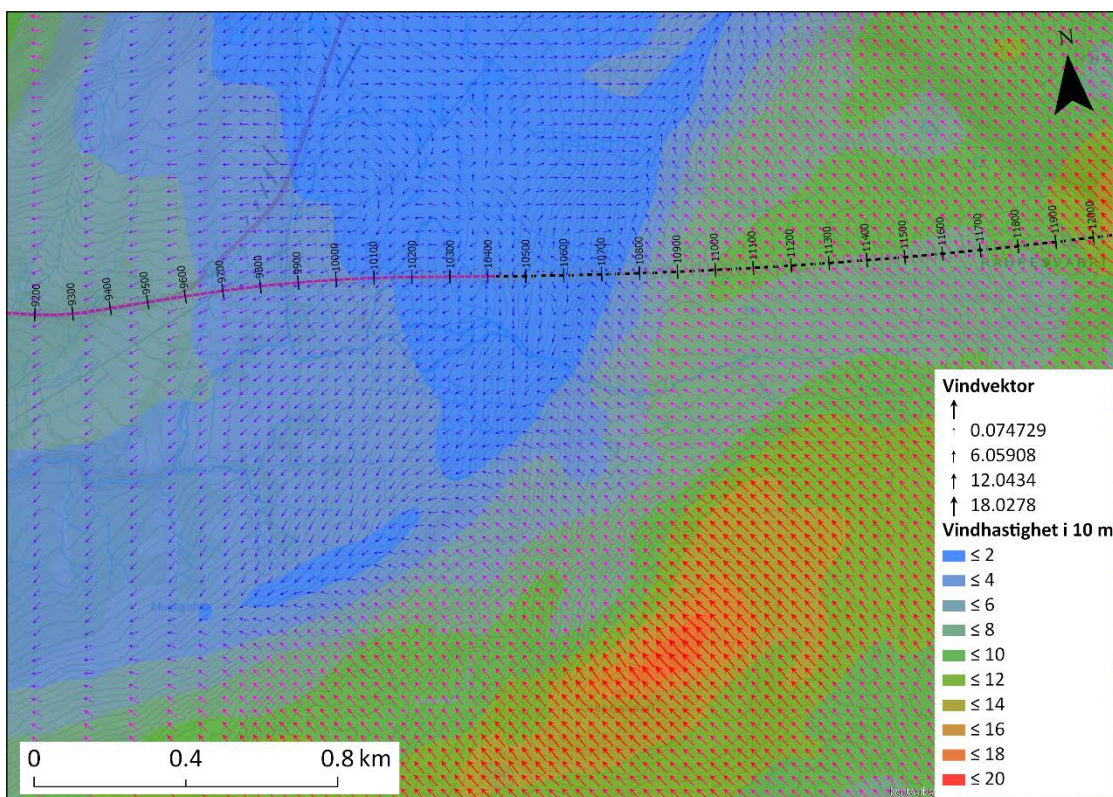
Tunnelportalen på vestsiden av passet ligger i en sone der vinden er relativt konstant og uniform. Flybildene viser ingen tydelige snøansamlinger som kan tyde på akutte utfordringer med snødrift i dette området (Figur 7-3). Vindmodelleringene viser heller ingen sterk resirkulasjon (store virvelformede mønstre), akselerasjon eller deselerasjon (reduksjon av vindhastighet) i dette området. Utformingen av terrenget rundt tunnelportalen vil være avgjørende for å unngå lokale snøansamlinger.

Dominerende vindretning ved tunnelportalen vil være fra sørvest med akselererende vind i området. Dette vil føre til at det ikke legger seg veldig mye snø i dette området. Ved hjelp av en god terrengutforming ved veien og tunnelportal kan dette sikkert håndteres.



Figur 7-3 Flybilde drapert over terrenget. Vindpilene viser vind (10ms/s) fra østlig retning. Tunnelportalet er planlagt i et relativt slakt område uten markert snøansamling (pil).

Ved vind fra sørøst ligger portalen i et resirkulasjonsområde med varierende vindretninger som vil kunne danne større problemer med snø (Figur 7-4).



Figur 7-4 Hastighet og retning for vind 10 m over bakken fra kjøring for sektor 135 med 20 m/s i 500 m høyde. Ved vind fra sørøst ligger vestre tunnelportal i resirkulasjonsområde som kan føre til store ansamlinger av snø (Figuren viser resultater for vind 10 m over bakken fra kjøring for sektor 135 med 20 m/s i 500 m høyde).

Også ved vind rett fra øst vil vinden i dette området miste fart og dermed legge igjen snø. Ved vind fra nordøst er hastighetene generelt høyere og vind vil transportere mer snø, men dette er ikke noe problem så lenge det ikke lages nye lesener ved tunnelen.

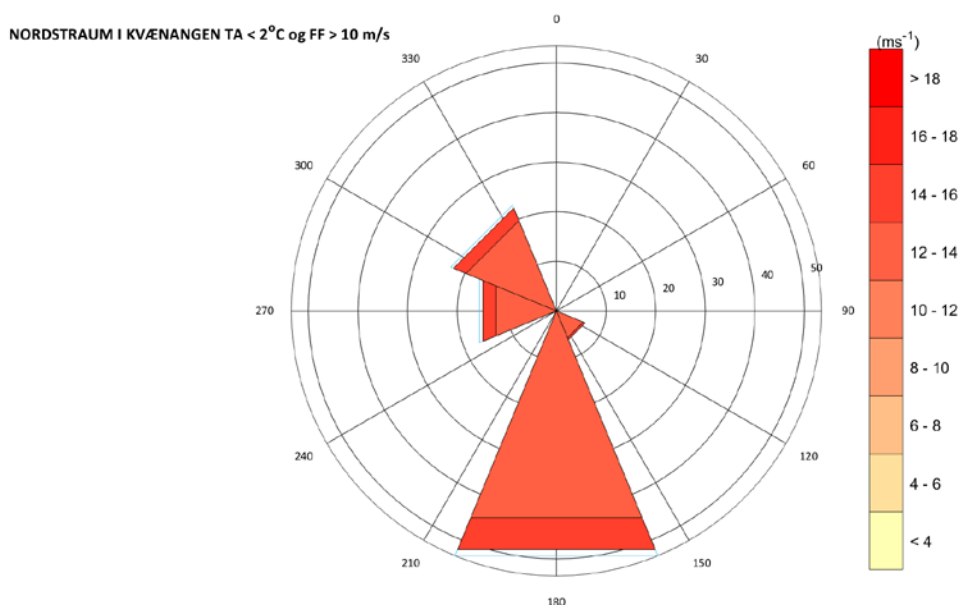
Tabell 7-2 Vurdering av de åtte vindretningene med hensyn til vindstyrke og retning ved tunnelportal vest (simulering 20 m/s).

Vindretning (500 m høyde)	Vurdering	Kommentar
000 nord	Ugunstig	Vinden kommer nedover fra passet og mister styrke. Dette kan føre til snøansamlinger i dette området
045 nordøst	Ugunstig	Vinden kommer nedover fra passet og mister styrke. Dette kan føre til snøansamlinger i dette området
090 øst	Ugunstig	Generelt lavere vindhastigheter, og vinden treffer portalen skrått fra fjellsiden.
135 sørøst	Svært ugunstig	Tunnelportalen ligger i en sone med resirkulasjon. Kraftig oppbremsing av vinden og ulike vindretninger

Vindretning (500 m høyde)	Vurdering	Kommentar
180 sør	Gunstig	Vinden blåser oppover dalen og tiltar i styrke. Dette vil føre til erosjon av snø i området
225 sørvest	Gunstig	Vinden blåser oppover dalen og tiltar i styrke. Dette vil føre til erosjon av snø i området
270 vest	Litt ugunstig	Vinden følger veien rett mot tunnelportalen og vil skape mye turbulens akkurat i åpningen. Det er også et deselerasjons område rett før tunnelportalen
315 nordvest	Gunstig	Vinden følger veien og tiltar i styrke mot fjellsiden, slik at den vil føre til erosjon av snø i området

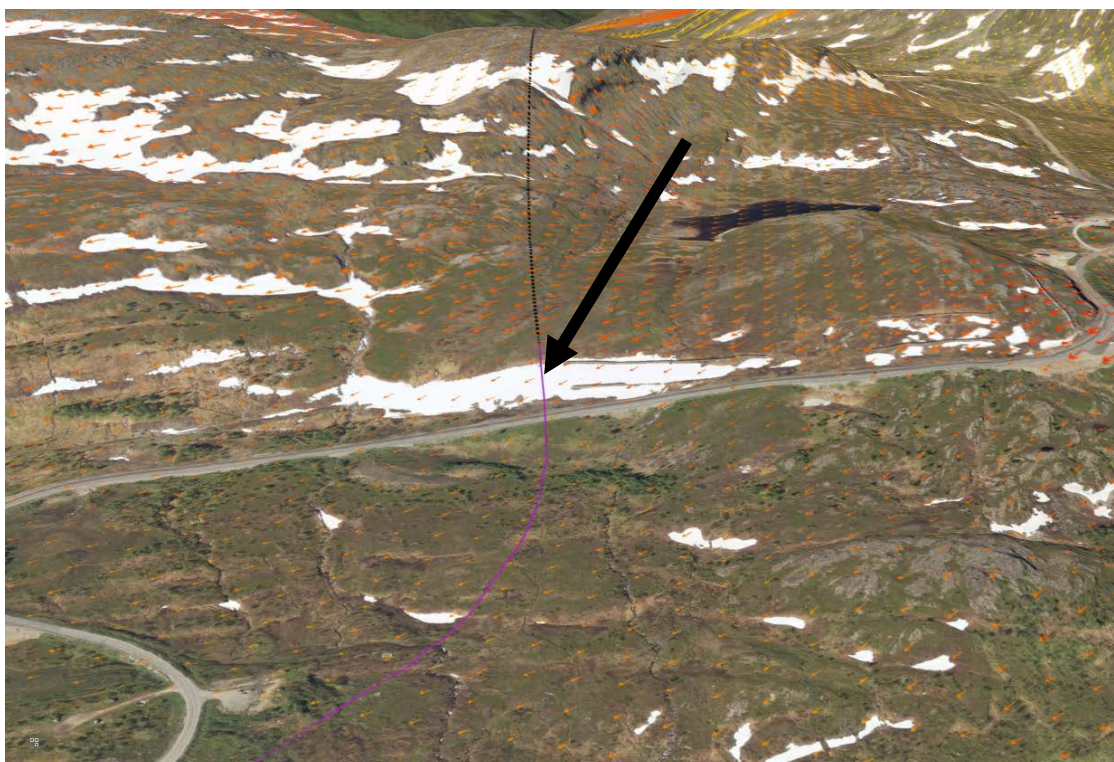
7.3 Tunnelportal øst

Tunnelportalen på østsiden av passet ligger i en østvendt skråning med et ruglete og kupert terreng videre oppover. Flybildene fra 1996 og 2018 viser at det samler seg mye snø i akkurat dette området. Det er også satt snøskjermer her for å beskytte eksisterende vei mot drivsnø. Analysen med åtte simulerte vindretninger viser at dette område ligger ugunstig til ved vind fra sørlig og vestlige vindretninger. Vind fra sør og vest er dominerende i området også for høye hastigheter (Figur 7-5). Dette betyr at området rundt tunnelportalen vil få store snøansamlinger de fleste dagene med vindhastigheter som er store nok til å føre til snødrift.



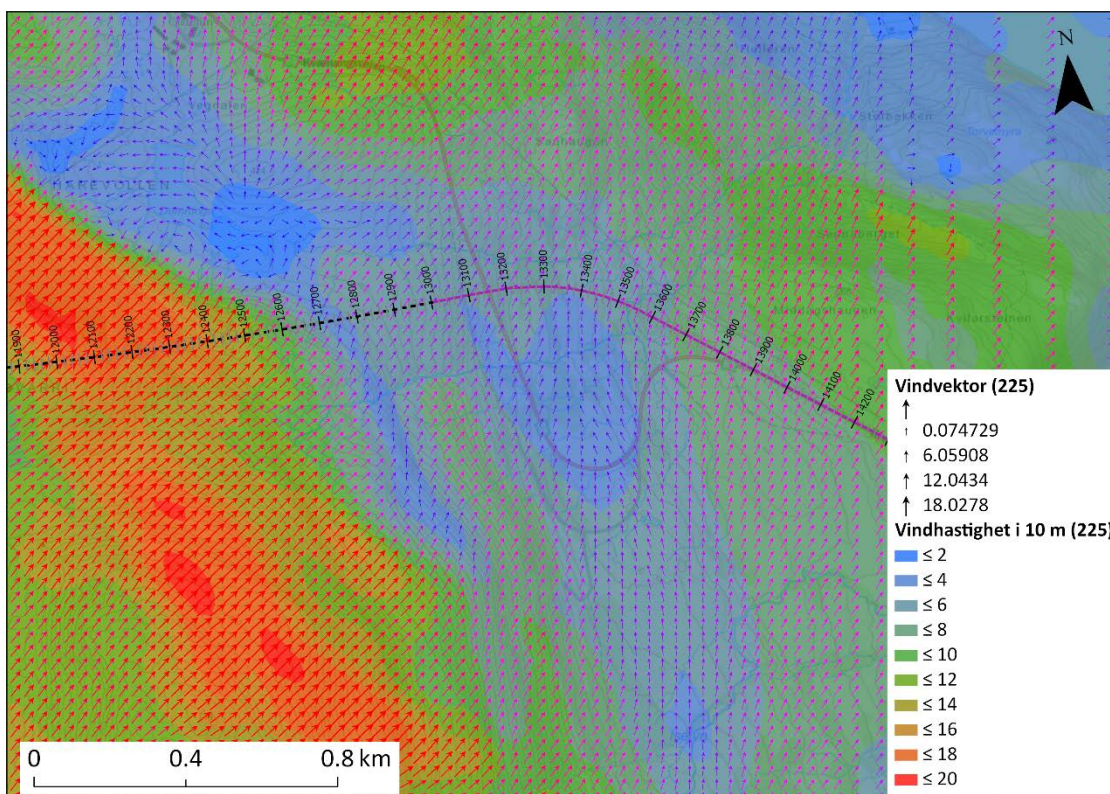
Figur 7-5 Vindretninger ved hastigheter over 10 m/s. Det meste av vinden kommer fortsatt fra sektorene sør til nordvest. Begge vindretningene er ugunstige for østre tunnelportal.

Vindfeltet med vind fra nordvest drapert over flybildet fra 2017 viser at tunnelportalen ligger akkurat der dagens terreng samler en stor snøfonn. Vindfeltet i Figur 7-6 viser at det oppstår et område med avtakende vindstyrke rundt tunnelportalen ved vind fra nordvest, noe som fører til at transportert snø vil samle seg her.



Figur 7-6 Flybilde drapert over terreng. Vindpilene viser vind (10m/s) fra nordvestlig retning. Tunnelportalen er planlagt akkurat der snøfonnen ligger (pil).

En vurdering av alle åtte simulerte vindretningene er gitt i Tabell 7-3. Nordlig og østlig sektor er gunstige for denne tunnelportalen, sørlige og vestlige retninger er ugunstige.



Figur 7-7 Tunnelportalen ligger i en sone med lav vindhastighet og snøen som eroderes i de røde sonene vest for portalen vil avsettes i portalområdet (Figuren viser resultater for vind 10 m over bakken fra kjøring for sektor 225 med 20 m/s i 500 m høyde).

Tabell 7-3 Vurdering av de åtte vindretningene (i 500 m høyde) med hensyn til vindstyrke og retning ved tunnelportal vest (simulering 20 m/s).

Vindretning	Vurdering	Kommentar
000 nord	Gunstig	Vinden kommer på tvers av veien ved portalen og øker hastigheten. Litt nord for portalen ligger det en lesone og denne kan være til stor nok til å gi avlagringer av snø ved portalen
045 nordøst	Gunstig	Vind står rett på tunnelportalen og øker hastigheten.
090 øst	Gunstig	Vind rett på tunnelåpningen, men det naturlige terrenget fører også til den deserasjonsområde rett overfor tunnelen.
135 sørøst	Gunstig	Vinden kommer på skrå mot tunnelen og øker i hastigheten
180 sør	Ugunstig	Vinden kommer tvers over veien og styrken avtar i området rundt tunnelportalen. Det vil kunne føre til snøansamlinger
225 sørvest	Ugunstig	Vinden kommer nedover fjellsiden og avtar i styrke. Store avsetninger av snø er mulig
270 vest	Ugunstig	Vinden kommer nedover fjellsiden og avtar i styrke. Store avsetninger av snø er mulig
315 nordvest	Litt Ugunstig	Vinden kommer på skrå nedover fjellsiden og varierer i styrken ved tunnelportalen

8 Konklusjon

Kvænanngsfjellet er en fjellovergang som er kjent for sine utfordringer med mye vind og drivsnø. Analysen av værdata fra værstasjonen til met.no i området viser at det meste av vinden i området kommer fra sør. Vindsimuleringene viser at den lokale vinden i passet avviker sterkt fra hovedvindretningene. Som forventet vil den vestlige tunnelportalen få mest utfordringer med vind fra østlig sektor. Den østlige portalen vil derimot få snødriftproblemer med vind fra vest og fra sør. Siden det blåser mest fra sør og vest vil derfor også utfordringene med snø være størst på østsiden av passet. Dette bekreftes også av snøfonnene som ligger igjen i terrenget sent på våren. Disse ligger stort sett på østsiden av fjellet.

Hvordan snøen vil legge seg rundt tunnelportalene på detaljnivå vil i stor grad av utformingen av tunnelportalene og terrenget rundt. På vestsiden fremstår en slik tilpassning som enklere fordi man her må håndtere mindre mengder snø. På østsiden kan en alternativ plassering av tunnelportalen være hensiktsmessig.

9 Referanser

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik B. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100. *Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. NCCS report no. 2/2015.

Lussana C., Tveito O.E. & Uboldi F. (2016). *seNorge v2.0: an observational gridded dataset of temperature for Norway*. MET-report 14/2016.

Saloranta T. (2014). *New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway*. NVE Report 06/2014.

Statens Vegvesen. (1992). Veg- og gateutforming. In *Håndok Serie V017* (Vol. V017).

Statens Vegvesen. (2014). Veger og drivsnø. In *Håndok Serie V137* (Vol. V137).

Tabler, R. D. (2003). *Controlling Blowing and Drifting Snow with Snow Fences and Road Design*. Niwot, Colorado.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Vind og snødrift over Kvængsfjellet		Dokumentnr./Document no. 20180631-03-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Nye Veier AS	Dato/Date 2020-03-02
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Snødrift		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality	Felt navn/Field name
Sted/Location	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/Self review by:	Sidemanns-kontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2020-02-27 Christian Jaedicke	2020-02-27 Anders Solheim		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 2. mars 2020	Prosjektleder/Project Manager Anders Solheim
---	----------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

