



RAPPORT

# KlimaVei

## H1.1 KLIMAPÅVIRKNING

DOK.NR. 20210107-01-R

REV.NR. 0 / 2022-06-10

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 tredjemann 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.



## Prosjekt

Prosjekttittel: KlimaVei  
Dokumenttittel: H1.1 Klimapåvirkning  
Dokumentnr.: 20210107-01-R  
Dato: 2022-06-10  
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges Forskningsråd  
Kontaktperson: Mette Brest Jonassen  
Kontraktreferanse: Prosjektavtale 321042

## for NGI

Prosjektleder: Christian Jaedicke  
Utarbeidet av: Hallvard Skrede, Nellie Sofie Body, Christian Jaedicke  
Kontrollert av: Unni Eidsvig

## Sammendrag

Dagens klima representerer en utfordring for veier i Norge, og klimaendringene vil ytterligere øke disse utfordringene. Spesielt vil økning i nedbør, både årsnedbør og hyppighet og intensitet av ekstremhendelser, ha en særlig påvirkning på naturfarer som truer veier og annen infrastruktur. Prosjektet Klimavei skal etablere et kunnskapsgrunnlag for å gjøre samfunnsøkonomiske analyser på prosjekt- og systemnivå som tar hensyn til forventninger om endringer i klima og klimapolitikk, i tillegg til å bidra til at man når mål om trygghet, bærekraft og effektivitet i vegsektoren. Rapporten beskriver grunnlaget for bruk av de klimaelementene som er i endring. Utviklingen i de viktigste klimaelementene er gitt med utgangspunkt i framskrivninger for Norge frem til år 2100. Deretter beskrives enkeltvis primære (klimaelementene direkte) og sekundære prosesser som ulike skredtyper. Informasjon om effektene for ulike deler av veisektoren samles for relevante klima- og naturfareelementer.

Gjennomgangen viser at det ofte er et tett samspill mellom ulike direkte og indirekte prosesser som til slutt fører til konsekvenser for veinettet og transportsektoren. For eksempel kan kortere snøsesong og mindre snø føre til mindre beskyttelse av jordsmonnet mot store mengder regn om vinteren slik at erosjon kan igjen føre til jord- og flomskred. Slike komplekse prosesser er som regel stedsspesifikke. For analysen av konkrete veiprojekter vil derfor scenarier være en metode for å inkludere kompleksiteten i de involverte prosessene.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Klimaendringer</b>	<b>6</b>
2.1	Begreper	6
2.2	IPCC klimarapport AR6 2021 – Hva er nytt?	7
<b>3</b>	<b>Klimaelementer</b>	<b>9</b>
3.1	Temperatur	10
3.2	Nedbør	11
3.3	Snø	13
3.4	Vind	15
<b>4</b>	<b>Påvirkninger</b>	<b>15</b>
4.1	Klimaelementers påvirkning på vegsektoren	15
4.2	Klimarelaterte naturfareelementer	17
<b>5</b>	<b>Kunnskaps og datakilder</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Usikkerhet og kunnskapshull</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Annet, mulige positive utviklinger</b>	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>Referanser</b>	<b>34</b>

## Kontroll- og referanseside

# 1 Innledning

Klimatilpasning og veitransport (KlimaVei) er et samarbeid mellom Statens Vegvesen (prosjekteier), "Nye Veier", Vestlandsforskning (prosjektleder), NGI og Menon Economics. Målet er å etablere et kunnskapsgrunnlag for å gjøre samfunnsøkonomiske analyser av tiltak for klimatilpasning på prosjekt- og systemnivå som tar hensyn til mål om trygghet, bærekraft og effektivitet i vegsektoren. Prosjektet går over tre år og har et budsjett på 11,5 millioner kroner (halvparten fra Forskingsrådet).

Fram mot 2100 er det forventet at sannsynligheten for kraftige naturhendelser vil øke som en konsekvens av klimaendringene. Mer ekstremvær, kraftigere nedbør og økt havnivå vil kunne påvirke fremkommelighet, transportsikkerhet og regularitet innen alle transportformene. Dette påvirker både utformingen av ny infrastruktur og behovet for vedlikehold, og kan føre til endringer i driften.

Denne rapporten gir en oversikt over dagens kunnskapsbasis om klimaendringer og naturfare, og relaterer dette til temaene som skal belyses i prosjektet. Rapporten dekker hele landet under ett, men arbeidet forbereder også data og analyser som grunnlag for arbeid i caseområdene som velges for nærmere studier. Rapporten gir et utgangspunkt for å dokumentere endringer i sannsynlighet for naturfarer, og samfunnsøkonomiske konsekvenser av endring i sannsynlighet relatert til analyser av veiprojekter.

## 2 Klimaendringer

### 2.1 Begreper

Klima beskriver de karakteristiske forholdene (temperatur, nedbør, vind, m.m.) over en lengre periode med de typiske værmønstrene man får for et område. Det vanligste er å bruke en periode på 30 år for å finne gjennomsnittlige verdier, hvor disse gjerne angis som års- eller månedsnormaler. Menneskelig aktivitet, hovedsakelig på grunn av utslipp av klimagasser, påvirker ulike klimaelementer som f.eks. temperatur og nedbør, som igjen vil endre risikobildet for vegsektoren i Norge.

Klimadrivere er prosesser som fører til endring av klima. Dette kan være endringer i solaktiviteten, endringer i jordens bane rundt solen, mengde klimagasser i jordens atmosfære eller vulkanutbrudd eller store skogbranner på jordens overflate. Disse prosessene vil føre til endringer i overflatens energibalanse og dermed endre de klimatiske forholdene.

Ordet klimapåvirkning er definert som summen av alle virkninger av et endret klima i fremtiden. Dette inkluderer det fysiske miljøet og sosioøkonomiske aspekter som befolkningsutvikling, politiske utviklinger, tekniske utviklinger og innovasjon. Samlet vil dette påvirke hvordan samfunnet utvikler seg under de klimaendringene som vi kan forvente. Denne rapporten konsentrerer seg om de **forventede fysiske forandringene**.

Prognoser for klimaendringer benyttet i dette dokumentet baserer seg på data hentet fra Norsk klimaservicesenters rapport (NKSS) "Klima i Norge 2100" (2016). Rapporten tar for seg ulike prognoser for framtidig utvikling av globale klimagassutslipp. De ulike prognosene er navngitt ved begrepet "Representative Concentration Pathways" forkortet til RCP.

Prognosene RCP4.5 og RCP8.5 baserer seg på henholdsvis stabile/svakt økende utslipp til 2040 med påfølgende reduserte utslipp; og fortsettende økning av klimagassutslipp tilsvarende utviklingen de siste tiårene. Mer detaljer ved modellene er beskrevet i NKSS-rapporten nevnt i avsnittet over.

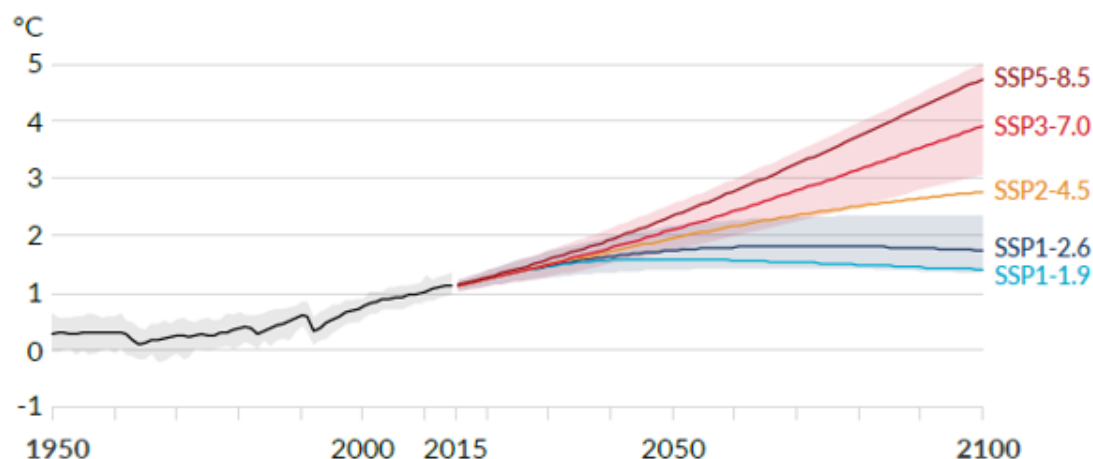
## 2.2 IPCC klimarapport AR6 2021 – Hva er nytt?

I 2021 ble første hovedrapport del 1 fra FNs klimapanel – IPCC Sixth Assessment Report (AR6) – utgitt (Masson-Delmotte et al., 2021). Denne handler om de fysiske klimaendringene, og er en sammenstilling av relevant og oppdatert klimaforskning.

Forrige IPCC rapport (AR5) ble utgitt i 2014, og det er utredninger med bakgrunn i denne som hovedsakelig danner grunnlaget for denne rapporten om klimapåvirkning på vegsektoren. Derfor kan enkelte aspekter være endret når man tar hensyn til den nyeste kunnskapen. Noen av de største forskjellene mellom AR6 og AR5 (IPCC Fifth Assessment Report fra 2014) er listet opp under.

- I AR6 kombineres utslippsbaner (RCP – Representative Concentration Pathways) med utviklingsbaner (SSP – Shared Socioeconomic pathways). Utviklingsbanene er på en skala fra en bærekraftig utviklingsbane til en fossildreven utviklingsbane, og her må det også ta hensyn til samarbeid eller konflikter mellom ulike regioner i verden. Kombinasjonen av RCP og SSP gir et mer helhetlig scenario der man kan se på flere ulike kombinasjoner. Scenarioene er utviklet for nær framtid (2021-2040), litt lenger fram i tid (2041 – 2060) og et langsiktig tidsperspektiv (2081-2100), og de er relative til perioden 1850 – 1900 hvis ikke annet er spesifisert.
- Nye og forbedrede metoder, analyser og klimamodeller har minsket usikkerheten i prognosene siden AR5. Fem scenarioer brukes nå for å beskrive den potensielle utviklingen.

### a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



Figur 1: Estimert temperaturutvikling for ulike SSP-RCP-scenarioer. Figuren er hentet fra Masson-Delmotte et al. (2021).

- AR6 har en mer detaljert regional vurdering av klimaendring.
- Det er også tatt hensyn til ekstreme hendelser med lav eller uviss sannsynlighet, men som ikke kan utelukkes, f.eks. skogdød eller ekstrem og ustabil ismelting på Antarktis som fører til høyere havnivåøkning enn det som forutses av noen av SSP-RCP prognosene.
- Generelt er det høyere sikkerhet i påstandene om at observerte endringer i ekstremvær skyldes menneskelig aktivitet. Relevant for Norge nevnes hyppigere hendelser som hetebølger, kraftig nedbør og tørke. Lengre kuldeperioder forventes å bli mildere og sjeldnere hendelser enn i dag. Klimaendringer har også økt sannsynligheten for sammenfallende ekstremhendelser.
- Det er praktisk talt sikkert (99 – 100% sannsynlighet) at Arktis kommer til å fortsette å bli varmere, og at denne oppvarmingen vil skje raskere enn på globalt nivå (Over 80% sannsynlighet for en dobbel oppvarmingsrate i Arktis).



### 3 Klimaelementer

De grunnleggende elementene i definisjonen av et lokalt klima er atmosfærisk trykk, temperatur, nedbør, vind, fuktighet og skydekke. Samlet definerer de hvordan klimaet i et begrenset område oppleves som gjennomsnitt over en lang periode, typisk 30 år. For prosessene som studeres i KlimaVei blir følgende primære og sekundære klimaelementer relevante

- ↗ Lufttemperatur (snitt, maks- minimum)
- ↗ Nedbør (normal og ekstremnedbør)
- ↗ Vind (styrke, mengde, retning)
- ↗ Snø (snønedbør, snøhøyde, dager med snødekke)
- ↗ Snøsmelting

Rapporten "Klima i Norge 2100" (Hanssen-Bauer et al., 2016), skrevet på oppdrag fra Miljødirektoratet, gir grunnlagsinformasjon for klimatilpasning i Norge. Med mindre andre referanser er gitt nedenfor, er informasjonen som er referert i dette kapittelet hentet fra denne rapporten som oppsummerer dagens klima og klimautviklingen i Norge hittil. Klimautviklingen frem mot år 2100 er her beregnet med perioden 1971–2000 som referanseperiode. Det er stor usikkerhet knyttet til beregningene, men de gir likevel et klart bilde av hovedtrekkene i hvordan vi forventer at klimaendringene vil slå ut i Norge. Hovedtrekkene fra denne rapporten, for de klimaendringene som ansees å ha størst påvirkning for vegsektoren, er oppsummert nedenfor.

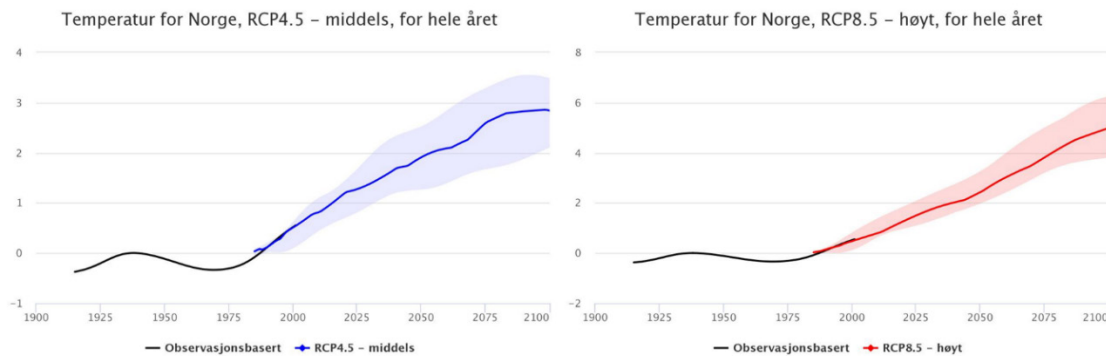
De følgende avsnitt tar utgangspunkt i "business as usual" scenariet RCP8.5. Valg av scenario er basert på en føre var strategi, der tilpasning til denne worst case situasjonen vil gi en større buffer for eventuelle feilvurderinger på veien.

I stortingsmeldingen om klimatilpasning fra 2011 lanseres prinsippet om å legge en «verstefall-tilnærming» til grunn for vurdering av behov for klimatilpassing. Det er viktig å være klar over at «verste fall» kan bety to ulike ting. I *første* omgang kan det bety å legge til grunn en verstefalls utvikling når det gjelder utslipp av klimagasser. Det tilsier at man bør legge til grunn RCP8.5 heller enn RCP4.5, altså den framskrivningen av klimagassutslipp som medfører de største endringene i de ulike klimaparameter. I  *neste* omgang, når man går over til å vurdere mulige konsekvenser av klimaendringer, betyr en verstefall-tilnærming at man legger til grunn den situasjonen som medfører størst (negativ) risiko. Effekten av klimaendringer på en gitt samfunnsaktivitet for eksempel vinterdrift av veier vil avgjøre hvilke klimaelementer som blir studert og om det er endringer fra klimanormalen eller endringer i ekstremene som studeres.

Forventede endringer i klimaelementene mot slutten av århundret i 2100 er sammenfattet i fylkesvise klimaprofiler. En oversikt over disse kan finnes i rapporten Klimaprofiler for fylker (Hisdal et al., 2021) og på nettsidene til Norsk Klimaservicesenter.

### 3.1 Temperatur

Dersom utviklingen av klimagassutslipp i stor grad følger trenden fra de siste tiårene, er det estimert at årsmiddeltemperaturen i Norge vil øke med omtrent 4,5°C (Figur 2) til neste århundreskifte (2071-2100 evt.). Økningen er forventet høyest i nordlige del av Norge (Figur 3).

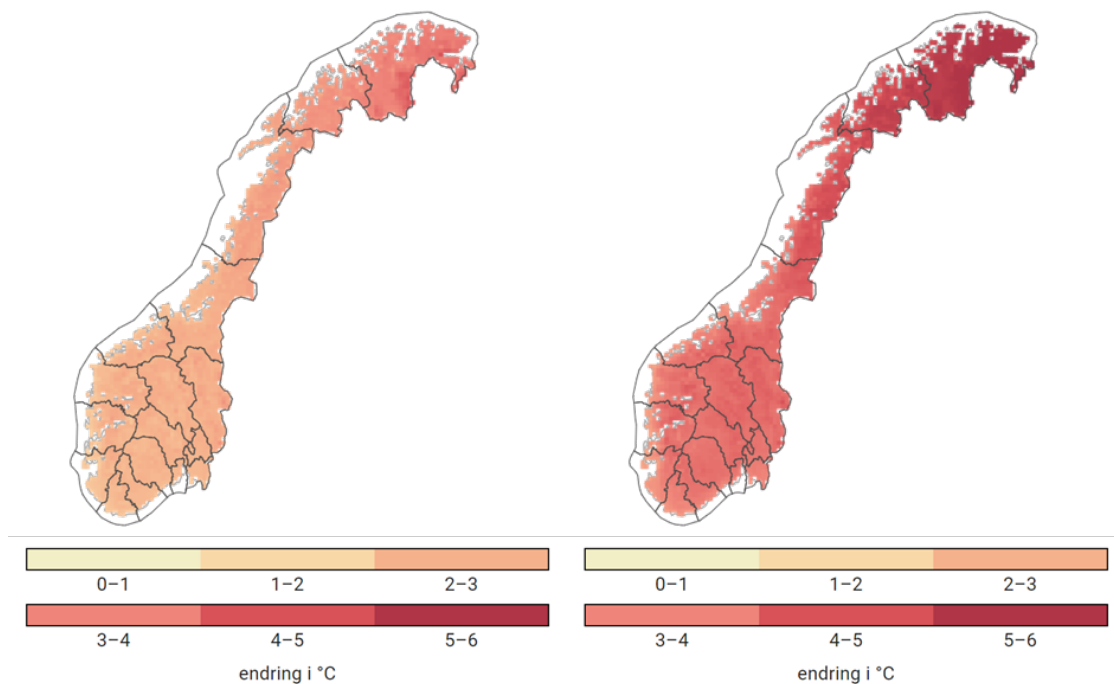


Figur 2 Prognose for endret middeltemperatur (°C) frem til år 2100, som avvik fra perioden 1971-2000. Prognosene er presentert ved medianen (fargede heltrukne linjer) og 80% konfidensintervallet (lyse fargede arealer). ([Norsk Klimaservicesenter, 2022](#)).

Temperaturøkningene vil medføre at en større andel av nedbøren vinterstid faller som regn, og at snøsesongen vil reduseres i hele Norge. Nedgangen i antall dager med snø blir størst i lavlandet, hvor det blir flere måneders reduksjon i snøsesongen mot slutten av århundret. Det beregnes også en reduksjon i maksimal snømengde i løpet av året de aller fleste steder. Endringen er størst i høyereliggende områder på Vestlandet og i Nordland, samt kysten av Troms og Finnmark. For enkelte deler av høyfjellet beregnes imidlertid en økning i maksimal snømengde fordi mye av den forventede nedbørsøkningen her vil komme som snø. I tillegg vil temperaturøkninger medføre at grensen for permafrost vil stige med 200–300 høydemeter på 100 år, slik at vi mot slutten av århundret kun vil ha permafrost på de høyeste toppene både i Sør- og Nord-Norge.

I de områdene der stabile vinterforhold går over til en situasjon med flere svingninger rundt null grader vil det oppstå et større antall fryse-tine sykluser. Dette kan føre til frostsprengning i naturlige steinformasjoner og menneskeskapt konstruksjoner.

Flere detaljer om endringene som vises i kartet, står i rapporten "Klima i Norge 2100", side 99 og 149 (tabeller).



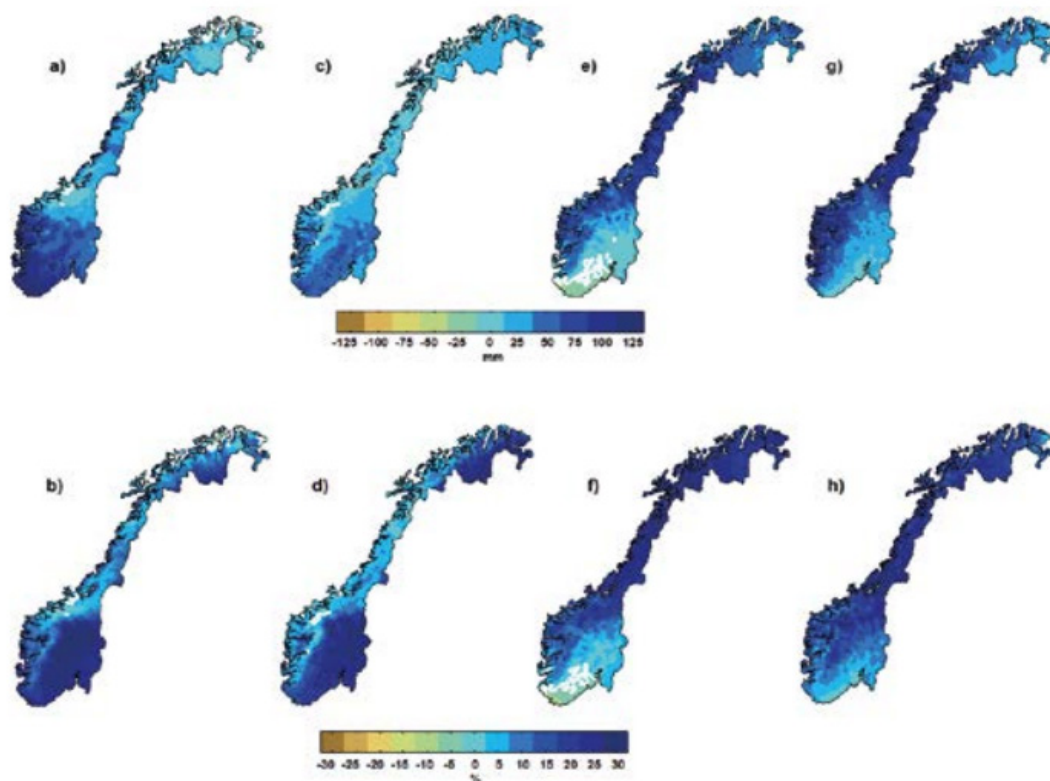
Figur 3 Kartet viser endring i middeltemperatur (°C) fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 for prognosene RCP4.5 (venstre) og RCP8.5 (høyre) (se 2.1 for mer detaljer).

## 3.2 Nedbør

### 3.2.1 Nedbørsmengde

For nedbør er det forventet en økning i både årsnedbør, antall dager med kraftig nedbør og selve intensiteten av kraftig nedbør. For årsnedbør er det ventet en økning på 18 % mot slutten av århundret, og en økning i nedbørmengden på dager med kraftig nedbør på 19 % (Figur 4). Basert på analyser kan økningen i intens nedbør for kortere varigheter enn ett døgn bli vesentlig større, for eksempel er 3-timers nedbør med 5-års gjentaksintervall beregnet å øke med hele 30 %. Enkelte studier viser at vi kan forvente en sterk økning i intensitet og mulig en nærmest dobling i hyppighet, av de mest ekstreme nedbørhendelsene (Hanssen-Bauer et al., 2016; Myhre et al., 2019).

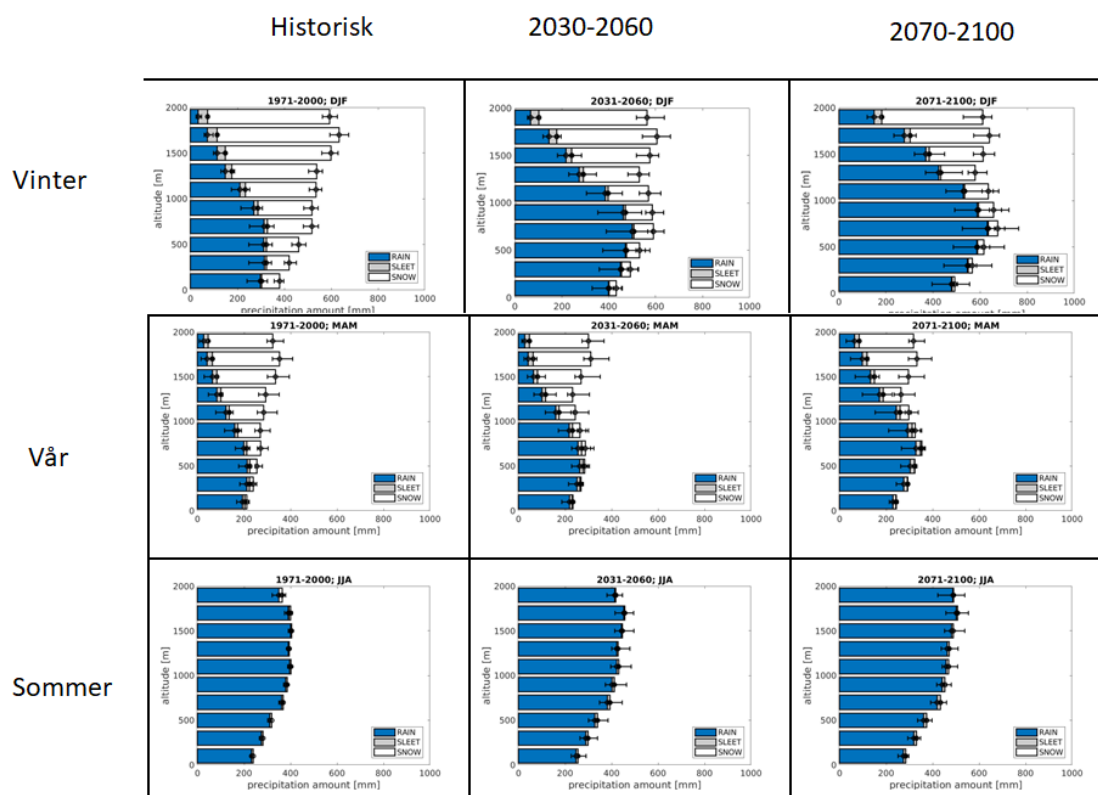
Økningen i årsnedbør følger langtidstrenden gjennom forrige århundre, selv om beregnet temperaturøkning for dette århundret med fortsatte klimagassutslipp er 3-5 ganger høyere enn den observerte økningen de siste 100 årene. Dette medfører at man ikke kan utelukke en enda større nedbørsøkning enn modellene tilsier, da klimasimuleringene for temperatur er mer robuste enn for nedbør.



Figur 4: Median absolutt (mm) og relativ (%) forandring i årstidsnedbør fra 1971 – 2000 til 2071 – 2100 for utslippsscenarioet RCP8.5. Vinter (DJF) i a) og b), vår (MAM) i c) og d), sommer (JJA) i e) og f) og høst (SON) i g) og h). (Hanssen-Bauer et al., 2016).

### 3.2.2 Nedbørstype

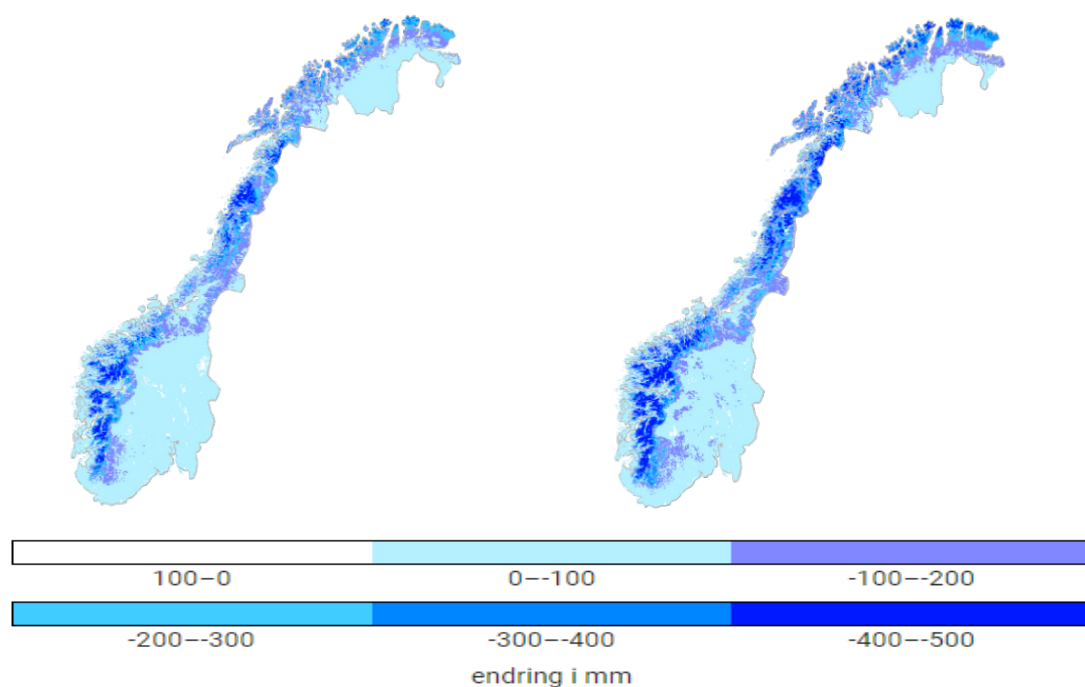
Sammen med de forventede endringene i temperatur, vil også fordelingen av ulike nedbør endre seg. Vestlandsforskning og CICERO (CICERO, 2012) har gjort analyser for mindre områder som viser hvordan vinternedbøren kan endre seg fordelt over ulike høydelag. Resultatet viser at en større del av nedbøren for en viss høyde over havet vil falle som regn. Et eksempel for Jotunheimen er vist i Figur 5.



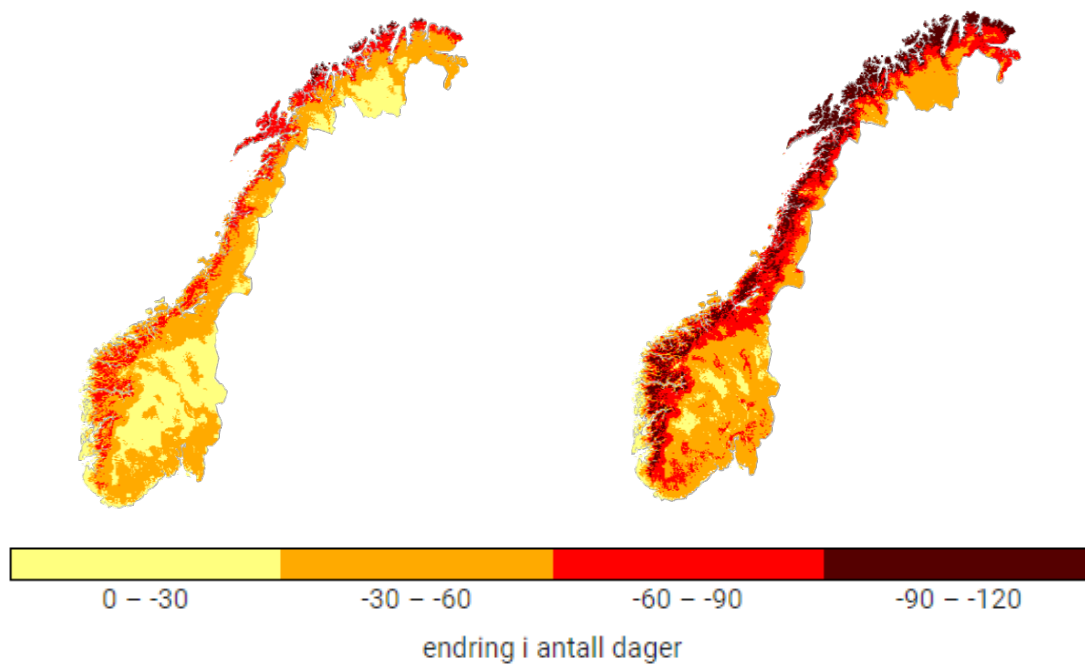
Figur 5: Fordeling av nedbørstype for ulike tidshorisonter og høyder over havet (Jotunheimen). (CICERO, 2012)

### 3.3 Snø

Vanninnholdet i maksimal årlig snømengde på bakken varierer fra nær null til over 2000 mm. Kystnære nedbørfelt har i gjennomsnitt bare noen få dager i året med snødekke, mens breområder nesten alltid har noe snø som ligger over sommeren. Tidsserieanalyser viser i store trekk tendenser til større snømengder i fjellet og mindre i lavlandet, spesielt i Sør-Norge (Figur 6). Høydenivået for skille mellom positive og negative trender har tendert til å kripe oppover i landskapet med tiden. Det beregnes kortere snøsesong i hele landet. Reduksjonen i antall dager med snø blir størst i lavlandet, hvor medianverdien for det høye utslippsscenarioet, RCP8.5, gir flere måneders reduksjon i snøsesongen mot slutten av århundret (Figur 7). Dette skjer som følge av at økte temperaturer gir en senere start på snøleggingen, og tidligere start på snøsmeltingen. Det beregnes også en reduksjon i maksimal snømengde i løpet av året de aller fleste steder. Reduksjonen er størst i høyereliggende områder på Vestlandet og i Nordland, samt på kysten av Troms og Finnmark. I enkelte deler av høyfjellet beregnes imidlertid en økning i maksimal snømengde fordi mye av den forventede nedbørsøkningen her vil komme som snø. Snø og is er sterke regulatorer av jordas albedo og av bakkens temperatur.



Figur 6: Kartet viser endring i snømengde (mm) fra perioden 1971-2000 (venstre) til 2031-2060 (høyre) med et middels utslippsscenario (RCP4.5). Snømengde tilsvarer mm vann snøen representerer maksimalsnømengde i løpet av året. Fra Norsk Klimaservicesenter.



Figur 7: Endring i antall dager med snødekke for hele året. Figuren viser scenarioer for 2031 - 2060 (venstre) og 2061 - 2100 (høyre) med et middels utslippsscenario (RCP4.5). Hentet fra Norsk Klimaservicesenter.

## 3.4 Vind

Modellering og observasjoner viser liten endring i vindforhold. Det har vært en svak økning i hyppighet av kraftig vind de siste 50 år, men det er store variasjoner fra år til år, og mellom ulike deler av landet.

Beregninger viser at stormbaner og polare lavtrykk flytter seg nordover når klimaet blir varmere. Dette kan medføre lokale endringer både i vindstyrke og vindretning. Ellers viser klimamodellene liten eller ingen endringer i midlere vindstyrke frem mot 2100, selv om enkelte analyser antyder at vi kan få kraftig vind oftere (Hanssen-Bauer et al., 2016).

## 4 Påvirkninger

De nevnte klimaelementene påvirker mennesker, infrastruktur og menneskelig aktivitet direkte eller indirekte. For eksempel kan vind utgjøre en fare i seg selv ved å blåse biler fra veien eller ved å skape fokksnø og dårlig sikt. Vinden utgjør da et klimaelement, mens fokksnøen er et klimarelatert naturfareelement. I dette kapitlet lister vi opp ulike effekter av klimaelementer og naturfareelementer.

En oversikt over disse kan finnes i Tabell 1. Tabellen tar for seg hvilke klimaelementer som inngår i et klimarelatert naturfareelement, og hvordan denne faren kan utvikle seg over tid. Videre er påvirkningen på vegsektoren er delt inn i flere deler. Den generelle effekten beskriver hvordan naturfaren overordnet kan påvirke veginfrastruktur, mennesker og miljø. Videre er effektene på vegsektoren delt inn i Trafikk, Drift- og planlagt vedlikehold, Øvrig vedlikehold og reparasjoner, og prosjektering. Trafikk omhandler hvordan prosessen påvirker trafikk, for eksempel ved at flom kan føre til stengte veier og forsinkelser. I Drift og planlagt vedlikehold nevnes det hvordan man kan håndtere faren under normal drift, og hvordan behovet kan endres pga. klimaendringene. Et eksempel er at det ved flomfare kan måtte gjennomføres hyppigere kontroll og vedlikehold av stikkrenner. Øvrig vedlikehold og reparasjoner inkluderer arbeid som ikke omfattes av det ordinære vedlikeholdet. Dette kan for eksempel være opprydding og reparasjon av veibanen etter flom. Prosjektering omhandler hvordan faren bør tas hensyn til under planleggings- og prosjekteringsfasen. Der det er forventet en økt sannsynlighet for flom kan det f.eks. være hensiktsmessig å øke dimensjonen på stikkrenner under veg.

### 4.1 Klimaelementers påvirkning på vegsektoren

#### 4.1.1 Lufttemperatur

Effekten fra lufttemperatur på infrastruktur og veier kommer ikke fra gjennomsnittlige temperaturer eller avvik fra gjennomsnittet (normaler), men fra ekstreme temperaturer. Intens varme kan føre til oppmyking av asfalten på veien, strekk i skinneganger og problemer for elektrisk utstyr og installasjoner. Ekstremt lave temperaturer utgjør en utfordring for kjøretøy og motorer, drivstofftilførsel og fleksibilitet i dekk og pakninger.

Mens høye temperaturer som oftest har en tydelig døgngang, er ekstremt lave temperaturer mer avhengig av skydekke (langbølge stråling) om vinteren der solinnstråling spiller en underordnet rolle.

#### 4.1.2 Regn

Regn kan føre til utfordringer for veisektoren i seg selv, spesielt ved høye intensiteter. Ansamlinger av vann i veibanen kan føre til dårlig veigrep og vannplaning og dermed redusere sikkerheten for trafikantene. I byggefasen kan store nedbørmengder føre til utfordringer med vann i byggegroper og tunneler. Håndtering av store mengder korttidsnedbør er også viktig i planleggingsfasen for å unngå at vann på ville veier fører til erosjon og skader på veikroppen eller omgivelsene.

#### 4.1.3 Snø

Snø er kanskje det klimaelementet som assosieres mest med påvirkning på veier og infrastruktur. Noen få centimeter med snø kan føre til store problemer for trafikk på vei og jernbane og for flytrafikk. Snøen reduserer friksjonen mellom kjøretøy og bakken og kan dermed føre til situasjoner der kjøretøy mister kontrollen på veibanen. Snøens konsistens og dens raske omdannelse til is gjennom den mekaniske påvirkningen i trafikken fører til raskt endrede forhold. Salting er en populær metode for å unngå en stor del av de kjente utfordringene. Blir snøfallintensiteten for høy, kan økende snøhøyde på veibanen føre til stans i trafikken. Endring i maksimal daglig økning i snødybde er også en nyttig variabel både for snøbrøyting og snølaste på tak. (Hanssen-Bauer et al., 2016).

#### 4.1.4 Vind

Vind over land påvirkes i stor grad av topografien og de lokale atmosfæriske forholdene. Dette påvirker vindmålingene som kun representerer vindforholdene ved akkurat den gitte værstasjonen. Klimamodellene kan ikke gjengi lokale vindforhold eller endringer over tid på et bestemt sted fordi modellene ikke har stor nok oppløsning til å reprodusere effekten av lokalt terreng. Derfor er endringer i vindhastigheter over tid i et gitt område svært vanskelig å kvantifisere. Likevel gir klimamodellene en indikasjon på endringer i generelle sirkulasjonsmønstre som kan påvirke den fremherskende vindretningen i et område. I Hanssen-Bauer et al. (2016) baseres analysene på både stasjonsmålinger og på modellkjøringer basert på målinger av atmosfærisk trykk. Resultatene viser en svak økning i tilfeller der vinden overstiger 99 % persentilet. Det vil si at antall dager der vinden overstiger 1 % av alle observerte verdier økte mellom 2 og 8 % i perioden 1958–2014. Det er store variasjoner fra landsdel til landsdel og lokale effekter fanges ikke opp i slike analyser.

Framskrivningen viser en svak økning (0–2 %) i tilfeller der vinden overstiger 1 % av alle verdier for vintermånedene desember, januar og februar. I sommermånedene viser analysene en svak reduksjon av tilfellene med vind over 1 % av alle verdier. Tendensene er like for begge utslippsscenariene RCP4.5 og RCP8.5.



Selv om modellene viser liten endring i vindforhold, kan selv små endringer i midlere vindforhold ha store konsekvenser. Norge er et værutsatt land, og vindforholdene påvirker alt fra nedbørsforhold, til ising, og fare for skred. De fleste skader knyttet til vind kommer fra kraftige vindkast, og endringer i vindforhold kan medføre at infrastruktur i fremtiden er utsatt for kraftigere vindkast, og fra andre vindretninger, enn det de opprinnelig var konstruert for.

## 4.2 Klimarelaterte naturfareelementer

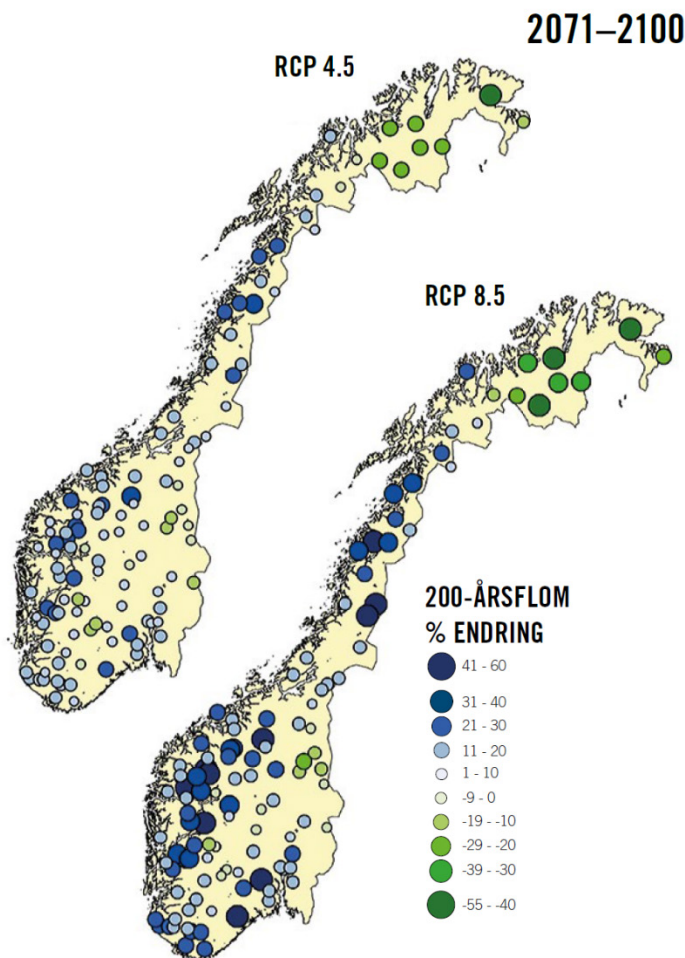
### 4.2.1 Flom (urban, elveflom, styrtflom, snøsmelteflom)

I Norge er det vanlig med vårfloam på grunn av snøsmelting. Slike snøsmeltingsflommer kan vare i 2–3 uker eller mer, og er mest typiske og regelmessige i innlandet. Snøsmelting har en typisk døgnvariasjon på grunn av lufttemperaturen, noe som også vises i flomforløpet. Regn under snøsmeltingen vil øke flommen, ikke så mye fordi regnet smelter snøen fortere, men ved at den totale vannmengden som må ledes vekk øker.

Mange store flommer i Norge er rene regnflommer. De kan ha kort varighet dersom de skyldes bygenedbør, men kan bli svært intense med rask økning av vannføringen. Dette henger sammen med høy lokal nedbørintensitet; enkelte steder i Norge kan det regne 100–200 millimeter på ett døgn. Til sammenligning gir snøsmelting vanligvis 10–25 millimeter per døgn, selv om sterkere smelting forekommer. Snøsmeltingen dekker derimot store områder samtidig.

Det forventes økt årsnedbør som følge av klimaendring (Avsnitt 3.2). Flomregimet vil påvirkes direkte av dette, men er noe nyansert. Det forventes blant annet at avrenningen øker om vinteren, men reduseres noe om sommeren (NVE, 2015a). Smelteflommen forventes å bli dempet pga. mindre snømengder, men det vil komme mer nedbør i form av regn i vinterhalvåret. Dette kan medføre hyppigere flomhendelser i vintermånedene enn i dag.

Generelt vil flomstørrelser øke med økt nedbør ved framtidens klima, men det er også forventet en reduksjon i noen innlandsområder (Figur 8; (NVE, 2015a)). Prognosen for 200-års flom i 2100 er endring på -40% til +40 % på flomstørrelse; med kraftig økning på Vestlandet, i Sør-Norge og i Nordland, og reduksjon i nordlige deler av Innlandet og i indre deler av Finnmark.



Figur 8: Prosentvis endring i 200-årsflom for perioden 2071–2100 i forhold til 1971–2000 for to modellerte klimautslippsscenario: RCP4.5 (middels utslipp) og RCP8.5 (høyt utslipp). Hentet fra NVE (2015b).

#### 4.2.2 Snøskred

Snøskred er en plutselig forflytning av store mengder snø nedover en skråning. Snøskred er et naturlig fenomen som oppstår hver vinter i alle områder der det er nok snø og terrenget ligger til rette for snø- eller sørpeskred. I Norge gjelder dette ca. 7 % av landarealet. I noen skredområder løsner det skred hvert år, mens det i andre kan gå for eksempel 10, 50, 100 eller enda flere år mellom hver gang det utløses skred. De fleste snøskred oppstår på grunn av naturlige forhold, basert på et komplekst samspill mellom snø, vær og terreng, men snøskred kan også utløses av skiløpere eller annen trafikk i et ustabil område. Snøskred kan også utløses kontrollert ved hjelp av sprengning.

Snøskred blir utløst fra terreng med helning 30–60° der skogen ikke står for tett. Sannsynligheten for utløsning er først og fremst avhengig av intensiteten på snøtilveksten, og skredene blir gjerne utløst under uvær med kraftig snøfall og sterk vind. En viktig forutsetning for skredutløsning er at det finnes svake lag nede i snødekket, som ofte blir

dannet under langvarige kuldeperioder. Også kraftig temperaturstigning kan føre til skred.

Nedbørintensitet, vind og snøhøyde (snødybde) er de tre viktigste klimaelementene som er relevante for snøskred. Temperatur er et annet viktig element ettersom langvarige kuldeperioder kan føre til ustabil lagdeling i snødekket. Økende temperatur vil derimot føre til hyppigere stabilisering av snødekket.

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengde og antall dager med snø i lavreliggende områder, særlig i kystnære områder (se også avsnitt 3.3), og dette vil redusere faren for skred ved at snøhøyden og lengden på vinteren blir vesentlig redusert. Høyreliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene, bortsett fra i enkelte høyfjellsområder.

I mer kontinentale områder (i innlandet) vil ventelig lengden på vinteren bli kortere, men hyppigheten på situasjoner med skredfare innenfor denne perioden kan muligens øke. Antageligvis vil det også bli en overgang fra tørre snøskred til våte skred pga. høyere temperaturer. Høyere temperatur vil også føre til en heving av tregrensen, og dette vil redusere skredfaren i områder der utløsningsområdene i dag ligger nær dagens skoggrense.

### 4.2.3 Sørpeskred

Sørpeskred blir utløst som følge av at snødekket blir vannmettet på grunn av intens snøsmelting eventuelt i kombinasjon med kraftig regn. Også styrken til snødekket har betydning. Størst fare oppstår når vær-situasjoner med store mengder løst bundet nysnø blir etterfulgt av mildvær med kraftig regn og vind. Ved store mengder begerkrystaller i bunnen av snødekket kan det også oppstå sørpeskredsituasjoner dersom snødekket blir mettet av vann. Sørpeskred kan utløses i langt slakere terreng enn snøskred, når topografiske og værmessige forhold ligger til rette.

Nedbørintensitet i form av regn er et viktig klimaelement relevant for sørpeskred. I tillegg vil graden av snøsmelting spille en viktig rolle, og denne er avhengig av temperatur, vindhastighet og luftfuktighet. Det må forventes en økning av antallet sørpeskred som gjerne blir utløst langs de samme bekkeløpene som flomskred.

### 4.2.4 Steinsprang

Steinsprang karakteriseres vanligvis som utfall av enkeltblokker, med volumer opp til 10 000 m<sup>3</sup>. Steinskred karakteriseres som større hendelser, med volumer opp til 100 000 m<sup>3</sup>. Skred med volumer over dette karakteriseres som fjellskred. I dette arbeidet er det kun sett på skred fra naturlig terreng, og ikke på utfall fra skjæringer, men mange mekanismer vil være de samme.

Følgende mekanismer for utløsning av skred i fast fjell er beskrevet i rapporten fra Norges Geotekniske Institutt (NGI) (2020). Vanntrykk på sprekkeflater: Vanlig utløsningsårsak for steinsprang, da vanntrykket både direkte kan utløse skred, og redusere skjærmotstanden slik at en stabil bergmasse blir ustabil. Store nedbørmengder over kort tid kan øke sannsynligheten for utløsning. I tillegg kan snøsmelting bidra til økte vannmengder i kombinasjon med nedbør.

- Frostsprengning: Prosessen foregår ved at vann fryser i sprekker nær overflaten. Ved at prosessen gjentar seg, kan sprekker utvide seg, og blokker gradvis forskyves slik at de kommer i en ustabil posisjon. Historisk sett er dette potensielt den største utløsningsmekanismen for steinsprang, og mulig hovedgrunnen til at største konsentrasjon av hendelser er i vår og høstmånedene. Størst påvirkning i perioder der temperaturen svinger mye rundt frysepunktet.
- Rotsprengning (og rotvelt): Kapillærkrefter i røttene kan sprengne ut blokker ved å utvide sprekker. Oftest skjer steinsprang utløst av rot sprengning i månedene mai – juli, under vekstsesongen da røttene vokser mest. I tillegg kan i utgangspunktet stabile blokker i terrenget påvirkes av rotvelt, og settes i bevegelse.
- Kjemisk forvitring: Dette er en langsom prosess. Kjemisk forvitring foregår både på sprekkeoverflater, langs svakhetssoner og på bergets overflate. Det kan også forekomme omvandling av kjemisk ustabile mineraler langs sprekkeplan, som kan redusere sprekkeplanets friksjon.
- Erosjon: Dette er en fysisk prosess som fjerner masse på grunn av en fysisk kraft, for eksempel fra strømmende vann eller bølger. Dette kan for eksempel undergrave skråninger og gjøre dem ustabile.
- Jordskjelv: Jordskjelv kan utløse de fleste typer skred. Historiske data indikerer at dette kan ha vært en utløsende faktor også i noen norske skredhendelser, men dette er en vanligere utløsningsfaktor for steinsprang i mer jordskjelvutsatte områder.
- Menneskelig aktivitet: Rystelser fra sprengning, gruvedrift, endring av elveløp/dreneringsveier, endring av skråningsgeometri er eksempler på aktiviteter som kan påvirke stabilitet i berg.

Det er gjort relativt lite forskning på hvordan klimaendringer vil påvirke hyppigheten av steinsprang og steinskred. En antar lite påvirkning til noe økt hyppighet, men usikkerheten er stor. Nedbør er den potensielt skredutløsende faktoren som vil påvirkes i størst grad av klimaendringene. Potensielt kan rotsprengning øke noe grunnet en lengre vekstsesong. Påvirkningen av klimaendringer på frostsprengning er usikkert, da frostsprengning ikke er antatt påvirket av gjennomsnittstemperaturen, men av svingninger rundt 0 grader. At den antatt største faktoren ikke påvirkes i betydelig grad frem til 2100, gjør at vi forventer en mindre økning i aktivitet, og dermed i sikringskostnader enn vi gjør for eksempel for flom og jordskred.

Det har gjennom forskningsprosjekter som CryoWALL<sup>1</sup> vært fokus på hvordan tining av permafrost vil påvirke større skred som steinskred og fjellskred. Det er enighet om at

---

<sup>1</sup> <https://www.mn.uio.no/geo/english/research/projects/cryowall/>

ting av permafrost kan reaktivere bevegelse der strukturene i fjellet ligger til rette for utgliding fra tidligere. Effekten på mindre volum er derimot lite belyst i dag.

Som tidligere nevnt, er klimaendringers påvirkning på steinsprang og steinskred et tema det fortsatt er behov for ytterligere forskning på. Det er med dagens kunnskap urealistisk å gjøre et godt estimat av prosentvis økning i aktivitet for steinsprang og steinskred frem til 2100. NGI tar derfor tatt utgangspunkt i en mindre økning i steinsprang og steinskred som følge av klimaendringer frem til 2100.

#### 4.2.5 Jordskred

Jordskred består hovedsakelig av usorterte løsmasser. De skiller seg fra flomskred ved at løsmassene sklir, faller og ruller, fremfor å flyte eller strømme. Ved jordskred skjer utglidninger som fører til at sedimenter, organisk jord, vegetasjon og vann raser ut, slik at det dannes tydelige skred-arr i løsmassedekket.

Faren for jordskred er avhengig av intensiteten på tilførsel av vann. Tilførsel av vann kan skje ved nedbør som regn, ved snøsmelting, samt regn og snøsmelting i kombinasjon. Som regel er skredene utløst ved unormalt intense nedbørperioder på sommeren i form av kraftig og lokal bygenedbør, eller om høsten og vinteren ved mer langvarige nedbørsepisoder.

I et framtidig klima vil nedbørmengdene øke (Avsnitt 3.2), og dette vil isolert sett øke hyppigheten av jordskred. Av særlig stor betydning antas økningen av lokale og intense regnbyger på sommerstid av varighet 1–3 timer å være, noe som særlig vil påvirke mindre og bratte nedbørfelt. For større nedbørfelt er det mer langvarig nedbør av typisk varighet 6–12 timer eller mer, som vil ha betydning, men også nedbør med denne varighet vil øke i hyppighet og intensitet.

For kortidsnedbør med varighet 3 timer, har Norsk klimaservicesenter anslått en økning av nedbørintensitet på 40% fram mot år 2100 (Dyrrdal and Førland, 2019). For kortere varighet er det forventet enda større økning. Episoder med stor vanntilførsel pga. snøsmelting vil derimot avta, særlig for veier i lavereliggende strøk langs kysten.

Det antas at jord- og flomskred vil være den skredtypen som får størst økning i et fremtidig klima.

#### 4.2.6 Flomskred

Flomskred er løsmasseskred med et så stort vanninnhold at løsmassene begynner å flyte omtrent som en bekk eller elv. Slike skred har mye til felles med jordskred, men utløses oftest i forbindelse med kraftig nedbør eller snøsmelting, og er oftest kanaliserte, dvs. at de følger bekkeløp eller markerte forsenkninger i terrenget. Mange av flomskredene som er observert de siste årene oppstår ved at nyetablerte skogsbilveier fører til en ansamling av vann i raviner der det tidligere ikke var stor drenering.

#### 4.2.7 Områdeskred (kvikkleireskred)

Kvikkleire (eller sprøbruddmateriale, heretter referert til som kvikkleire) er en leire som er avsatt i saltvann med en intern gitterstruktur (korthus-struktur). Deretter har salt blitt vasket ut av ferskt grunnvann etter at landområdene hevet seg etter siste istid. Når saltet som sørger for elektrostatiske bindinger mellom leirpartiklene er vasket bort, regnes leiren som kvikk. Kvikkleire finnes altså kun i det som er definert som marine sedimenter, dvs. under marin grense. Nivået på marin grense varierer i Norge. Den er lavest i sørvest der tykkelsen av innlandsisen var minst, og høyest i nordøst, nært is-maksimum. I det sentrale Østlandet og i Trøndelag ligger den marine grense på noe under 200 m.o.h.

Kvikkleire har i omrørt tilstand en skjærfasthet  $c_{u,r} < 0.5$  kPa. I de senere år har man for praktisk vurdering av kvikkleireskred innført begrepet sprøbruddmateriale, som er definert som løsmasser (leire og silt) som utviser en utpreget sprøbruddoppførsel, dvs. en betydelig reduksjon i fasthet ut over tøyning ved maksimal fasthet (NVE, 2014). I kvikkleireveilederen av 2014 er dette definert som materialer med omrørt skjærfasthet  $c_{u,r} < 2$  kPa og sensitivitet  $St > 15$  (forholdet mellom skjærfasthet av intakt og omrørt materiale). Dette er dog et definisjonsspørsmål, og grensene for hva som betraktes for sprøbruddmateriale kan med tiden endres. Det sentrale er at kvikkleire eller sprøbruddmaterialer blir mer eller mindre flytende ved omrøring.

På grunn av kvikkleiras egenskaper er konsekvensene av kvikkleireskred langt større enn for vanlige løsmasseskred. Leira blir som sagt mer eller mindre flytende ved omrøring, noe som kan føre til at store arealer kan rammes av et kvikkleireskred. I tillegg kan skredmassene etter et kvikkleireskred "flyte" langt, slik at utløpsområdet kan bli svært stort. Dette gjør at det stilles ekstra strenge krav ved utbygging i områder med potensiell fare for kvikkleireskred.

I forbindelse med utløsning av kvikkleireskred opererer man gjerne med to kategorier; naturlige- og menneskeskapt utløsningsmekanismer. Av naturlige utløsningsmekanismer kan nevnes økt poretrykk i grunnen for eksempel grunnet langvarig nedbør, krypdeformasjoner, og, fremfor alt, erosjon i kvikkleirelag langs bekker og elver. Av menneskeskapt utløsningsmekanismer kan nevnes oppfylling i topp av skråninger, utgraving i bunn av skråninger, eller annen anleggsvirksomhet (f. eks. sprengning). Kun et fåtall av disse potensielle utløsningsmekanismer er i realiteten klimarelaterte. I praksis er det vel kun erosjon langs vannveier i kvikkleire som utgjør en reell fare for kvikkleireskred utløst av klimarelaterte faktorer. Det siste større kvikkleireskredet av denne type var skredet på Byneset ved nyttår 2012.

L'Heureux et al. (2018) har foretatt en statistisk gjennomgang av utløsningsmekanismer for større kvikkleireskred ( $> 50\,000$  m<sup>2</sup>) i Norge etter 1950. Det dreier seg om i alt ca. 550 skred. Dette studiet viser at mens det i den første delen av perioden etter 1950 i stor grad var naturlige utløsningsmekanismer som utløste skredene, har de aller fleste skredene i de senere årene årsak i menneskelig aktivitet; på 1970-tallet gjerne knyttet til jordbruksplanering, i de siste 10–15 årene til anleggsvirksomhet. I denne perioden har det gått i snitt mellom 1 og 2 større kvikkleireskred i året. Det var en klar nedadgående

tendens fram til ca. 2010. I perioden etter 2010 har det være relativt mange større kvikkleireskred, nesten uten unntak forårsaket av menneskelige aktiviteter.

Som avsnitt 2 viser, er det forventet betydelige klimaendringer gjennom dette århundret. Noen av disse klimaelementene kan potensielt også ha betydning for utløsning av kvikkleireskred, i første rekke grunnet økt fare for erosjon i kvikkleirematerialer som følge av økt nedbør. Økte vannmengder og økt strømhastighet kan potensielt øke faren for erosjon langs vannveier dersom det ikke gjennomføres tiltak for å redusere faren for erosjon. I denne sammenheng er det dog viktig å påpeke at det er kun i særdeles få tilfeller at erosjon langs vannveier utløser kvikkleireskred. For at det skal gå et kvikkleireskred må kvikkleira eksponeres i forbindelse med erosjonen, med andre ord erosjonen må føre til bevegelser i kvikkleira som til slutt ender med lokal kollaps av materialet og videre utvikling av kvikkleireskredet. Kvikkleireskred utløst av erosjon er gjerne det som blir kalt retrogressive skred, dvs. at et initialskred (f.eks. relatert til erosjon) fører til videre utvikling av skredet bakover i skråningen. Som L'Heureux et al. (2018) viser, er det kun et svært lite antall av kvikkleireskredene de senere årene i Norge som skyldes erosjon (eller andre klimarelaterte årsaker). Det kan derfor diskuteres hvorvidt det er grunn til å tro at klimaendringer (mer nedbør) vil påvirke denne situasjonen i nevneverdig grad.

Tatt i betraktning de statistiske resultatene referert til over, samt de store usikkerhetene knyttet til andre utløsningsårsaker enn klima, velger vi i dette studiet anta at klimaendringer ikke vil påvirke faren for kvikkleireskred. Det er andre faktorer som er viktigere, ikke minst knyttet til selve anleggsvirksomheten av veien og "uveltig" håndtering av masser fra private personer og private og offentlige virksomheter. For eksempel viser erfaringer fra de senere år at deponering av masser i utsatte områder kan utgjøre en betydelig fare for kvikkleireskred.

#### 4.2.8 Fokksnø

For at fokksnø (snødrift) skal utgjøre et problem for veinettet må det ligge snø på bakken. Antall dager med snø på bakken reduseres kraftig i hele Norge frem mot 2100 (Figur 7). Dette betyr i praksis at antall dager der snødrift vil forekomme i en eller annen form vil reduseres like kraftig i et fremtidig klima. Fokksnø er også sterkt påvirket av vind, og her råder det større usikkerheter (Avsnitt 3.4).

#### 4.2.9 Isgang

Ifølge (Halleraker, 2021) defineres isgang som når is i elver og innsjøer brykkes opp på grunn av økt vannføring, og føres nedover vassdraget med strømmen. I norske elver kan man få flomisgang og vinterisgang. Flomisgang inntreffer som regel om våren ved mildvær eller regn. Dette fører til at vannføringen stiger slik at isdekket brytes opp, og isflak og issørpe føres nedover elven sammen med flommen. Isen kan pakkes sammen i høye voller, slik at vann stues opp over vanlig vannstand, og store ismasser kan føres langt opp på tilstøtende land.

Vinterisgang forekommer i innlandsvassdrag der det er tilstrekkelig fall til at det bygges opp isdammer. Noen ganger kan en oppdemt isdam løsne, spesielt ved værømslag. Dersom vannmassen frigjøres brått og bryter gjennom nedenforliggende isdammer, kan det dannes en flombølge som fortsetter nedover vassdraget som en vandreølge. Denne typen vinterisgang er i noen vassdrag årvisse i november-desember.

Begge typer isgang kan gjøre stor skade på elvebredder, broer og annen infrastruktur, enten ved direkte kontakt med is eller ved at isdammer får vannføringen til å flomme over sine bredder. Klimaendringer har medført endringer i frekvens og omfang av isganger i mange elver.

#### 4.2.10 Havnivå og stormflo

Framskrivningene for havnivå indikerer at Norge vil oppleve at havet vil stige mellom 15 og 55 cm avhengig av hvor man er i landet. For eksempel er det beregnet 20 cm for Oslo, mens det for Trøndelagskysten er beregnet 30 cm havnivåstigning (Hanssen-Bauer et al., 2016; Simpson et al., 2015). Tallene for Oslo og Trøndelagskysten er avrundet til nærmeste 10 cm.

Stormflo er en situasjon der ekstra høy vannstand oppstår ved sammenfall mellom astronomisk høyvann og meteorologiske elementer som pålandsvind og lavtrykk. Stormfloen kan bli ytterligere styrket ved springflo, altså når måne og sol står på samme linje.

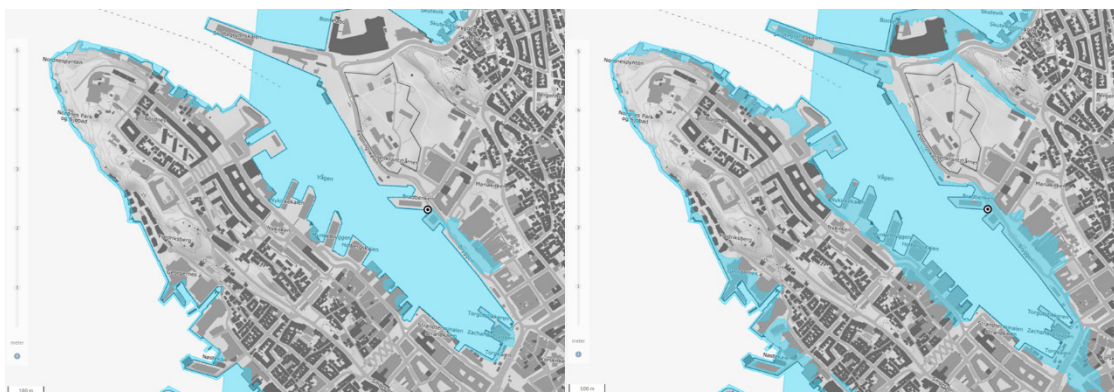
Høsten 2018 publiserte Kartverket en oversikt over aktsomhetssoner for stormflo<sup>2</sup>. Dette kan gi inntrykk av ferdig beregnede faresoner med klimapåslag som kan inngå direkte i detaljert planarbeid. Slik er det imidlertid ikke. Oversikten over sonene er ment for grovkartlegging, og tar ikke hensyn til lokale effekter av bølger, vannoppstuvning eller kobling mellom stormflo og utstrømming fra elver. For innsikt i slike faktorer kreves både detaljerte data for terrenget i sjøen og på land, samt modelleringsverktøy som kobler de ulike prosessene sammen. Vannivå på aktsomhetssonene er tatt fra Simpson et al. (2015) og ekstrapolert regionalt fra et begrenset antall lokasjoner.

Stormflo vil med stigende havnivå samt hyppigere og mer intense stormer bli et økende problem også i Norge. Både havnivåstigning og økt intensitet vil føre til at stormflo og bølger når høyere og strekker seg lenger inn på land enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan igjen føre til økte skader på veier, bygninger og annen infrastruktur grunnet oversvømmelse, erosjon og bølger i områder hvor det i dag ikke er registrert skader fra stormflo.

---

<sup>2</sup> <https://www.kartverket.no/sehavniva/se-havniva-i-kart/>





Figur 9 Estimert vannstands nivå ved 200-års stormflo for referanseperiode 1986-2005 (venstre) og for estimert havnivåstigning basert på den øvre 95-percentilen for prognosen RCP8.5 (høyre) ([kartverket.no/til-sjos/se-havniva/kart](http://kartverket.no/til-sjos/se-havniva/kart)).

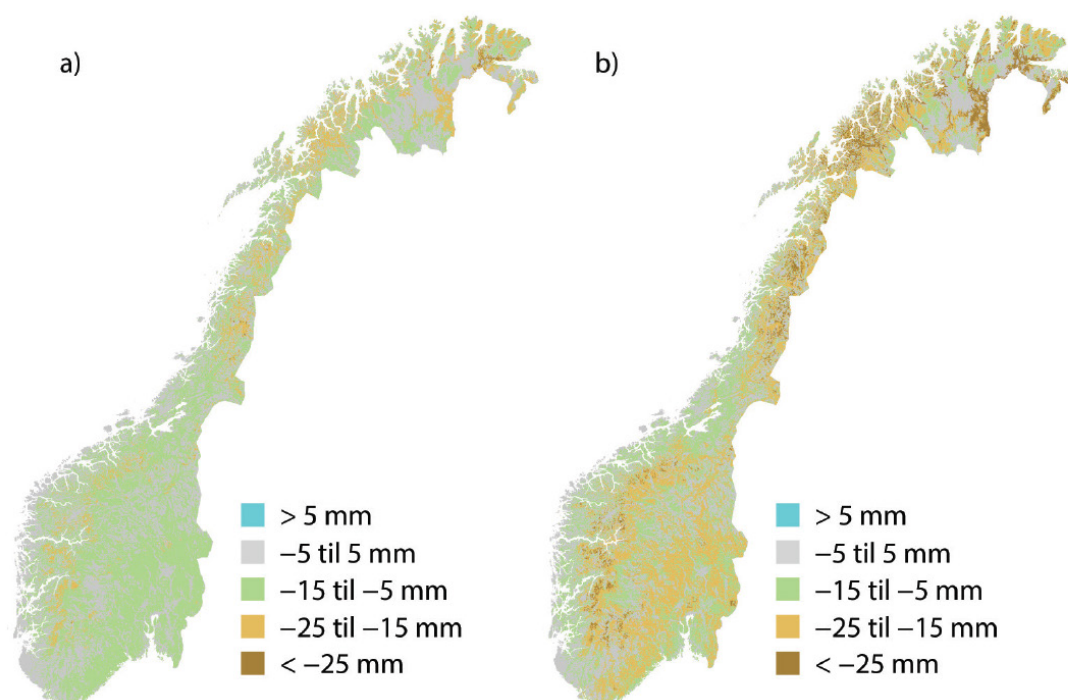
#### 4.2.11 Hetebølge

Meteorologisk institutt har definert en hetebølge i Norge som en periode på tre eller flere dager der gjennomsnittet av maksimumstemperaturene er større eller lik 28,0 °C. Hetebølger kan være en helserisiko. I en studie om sommeren 2018 (Ranhoff et al., 2019) ble det ikke registrert en økning i dødsfall i Norge knyttet til hetebølger, men klimaendringer og hyppigere hetebølger gjør at dette kan være i endring. I vegsektoren kan dette spesielt få konsekvenser for drift og vedlikehold som bør gjennomføres i perioder når det forekommer hetebølger.

#### 4.2.12 Tørke

Hydrologisk tørke er definert som underskudd på markvann, lav grunnvannstand og lange perioder med lav vannføring i elver. Selv om Norge i fremtiden vil få økt nedbør (Avsnitt 3.23.2), betyr dette ikke nødvendigvis at det over tid blir mer fuktighet i bakken eller større vannføring i elvene. Framskrivninger viser større markvannsunderskudd mot slutten av århundret (Figur 10). Endringen er avhengig av utslippsscenario, med betydelig tørrere somre mot slutten av århundret med RCP8.5 enn med RCP4.5. I lavlandet i Sør-Norge skyldes dette hovedsakelig økt fordampning, mens det i høytliggende områder og Nord-Norge også er påvirket av at fremtidig snøsmelting forventes tidligere på året. I deler av landet er det beregnet at gjennomsnittlig markvannstørke om sommeren kan bli 1 til 2 måneder lengre mot slutten av århundret.

Disse tørkehendelsene vil ha følger for blant annet vanningsbehov, skogbrannfare og styrtflommer.



Figur 10: Endring i markvannsunderskudd om sommeren i perioden 2071 - 2100 i forhold til 1971 - 2100 for a) RCP4.5 og b) RCP8.5, Figurene viser median endring i mm markvannsunderskudd for de ti framskrivningene i hvert utslippsscenario. Negative verdier betyr at det er tørrere. Figuren er hentet fra Hanssen-Bauer et al. (2016).

#### 4.2.13 Skogbrann

Skogbranner oppstår oftere i perioder med tørke. Siden disse periodene er forventet å forekomme hyppigere og med lenger varighet (Avsnitt 4.2.12) kan man forvente at det også vil være økt fare for skogbrann mot slutten av århundret.

Tabell 1 - Oversikt over et utvalg relevante elementers påvirkning på ulike deler vegsektoren.

Klima-elementer og klima-relaterte naturfare-elementer	Klimaelementer som inngår i denne	Utvikling (Hvordan er det forventet at prosessen utvikler seg med klima-endringene?)	Usikkerhet (Hvor sikker er kunnskapen om dette, og hva er eventuelle kunnskapshull?)	Generell effekt (Eksempler på hvordan skade påføres infrastruktur, menneske og miljø.)	Trafikk (Eksempler på hvordan trafikk-prosessen kan påvirkes.)	Drift og planlagt vedlikehold (Eksempler på hvordan forebygge og håndtere prosessen under normal drift, og hvordan dette endres pga. klimapåvirkningene.)	Øvrig vedlikehold og reparasjoner (Eksempler på hvordan vedlikeholdsbehovet kan endre seg pga. endret fare?)	Prosjektering (Eksempler på hvordan faren kan unngås under prosjekteringsfasen.)
Regn	Nedbør, temperatur	Det er forventet økt nedbør, både med hensyn til intensitet, hyppighet og varighet.  Det kan forventes at mer areal vil utbygges og at arealer med tette overflater dermed vil øke. Dette vil spise av kapasiteten på dreng-systemer. Samtidig, etter dagens trend, vil flere myrer og vegetert areal (som ellers vil fordøye vann over lengre tid) utbygges/fjernes.	Usikkerheten forbundet med å forutsi utviklingen av nedbør er tett bundet opp mot hvordan klima-gassutslippene vil utvikle seg (dvs. hvilken prognose som vil være nærmest realitetene) og hvor robuste de meteorologiske modellene er (ta hensyn til naturlige variasjoner etc.). Mer info om denne usikkerheten er beskrevet i kap. 6 i Klima2100 (NKSS, 2016).  Det er lokale variasjoner, og spesielt styrtregn er vanskelig å forutsi/plassere geografisk.	Økt nedbør vil gi økt avrenning til vassdrag og gi økt erosjon. Dette vil igjen øke hyppigheten og omfanget på skader på infrastruktur. Kapasiteten til eksisterende stikkrenner/-drenasje vil reduseres relativt til normalnedbør, dvs. kapasiteten vil ved økt nedbør overskrides oftere, og veibanen og andre arealer vil kunne oversvømmes. <a href="#">Skader på bil.</a>	Redusert sikt. Mindre friksjon mellom hjul og veg-banen. Stengte veier pga. lokale over-svømmelse. Økt sårbarhet for vannplaning (mht. hyppighet).	Økt behov for oppfølging – påse at drengsrør er åpne.		Behov for større rør-dimensjoner. Behov for flere og større/mer effektive fordrøyningsbassenger.
Snø	Nedbør, temperatur, snø	Det er forventet at snøsesongen reduseres, samtidig vil økt nedbør kunne gi "større konsentrasjon av"/ "mer intense" snøfall, spesielt i høyereliggende strøk.		Påvirker antall-, type- og størrelse på - Snøskred	Problematikk med nedsnødde veier eller stengning av veier. Mer kolonnekjøring. Trafikksikkerhet redusert som følge av glattere veibane og redusert sikt. Trafikk må holde lavere hastighet. Dårligere fremkommelighet (for nød-etater)	Større mengder snø over kort tid vil medføre behov for hyppigere brøyting under snøfall. – Økt behov for både: maskinpark og personell; og for mer fleksibilitet mht. arbeidsmengde og arbeidsperioder (sjeldnere, men lengre arbeidsøkter).  Salting blir mindre effektivt ved hurtigere nedbørsansamling.  "Behovet" for piggdekk reduseres til kortere perioder, dette vil resultere i økt slitasje på veibane.		
Sterk vind	Temperatur	Nedbørsforholdene i Norge er sterkt avhengige av vindforholdene. Langs kysten og i høyfjellet blåser det stiv kuling eller mer i 1 % av tiden. De siste 50 år har det vært en svak økning i vindhastigheten som overskrides i 1 % av tiden, men det er store variasjoner fra år til år og mellom ulike lokaliteter. Det beregnes kun små endringer i middelvind og vind med stor hastighet. Selv en liten dreining i vindmønstret over Norge kan gi betydelige forskjeller i nedbørs-mengde og -fordeling over landet. Eventuelle endringer i lavtrykksbaner og atmosfærisk sirkulasjon vil ha stor betydning for nedbørsutviklingen i Norge.	Vindforhold er sterkt påvirket av lokale effekter som kan være vanskelig å simulere.	Skade på miljø og infrastruktur (f.eks. trær som blåser overende).	Forsinkelser på grunn av vanskelige kjøreforhold eller stengt vei (veltede trær eller kraftlinjer som blokkerer veien). Midlertidig stengning av: vei, broer og fergeruter. Dårligere fremkommelighet (for nød-etater)	Økt behov for å fjerne eller beskjære gamle og råtne trær nær veibanen.	Økt behov for reparasjon av skader etter orkaner/-vindhendelser Fjerne: veltede trær, gjenstander i veibanen, reparere strøm-/kraftnett etter brudd.	

Klima-elementer og klima-relaterte naturfare-elementer	Klimaelementer som inngår i denne	Utvikling (Hvordan er det forventet at prosessen utvikler seg med klimaendringene?)	Usikkerhet (Hvor sikker er kunnskapen om dette, og hva er eventuelle kunnskapshull?)	Generell effekt (Eksempler på hvordan skade påføres infrastruktur, menneske og miljø.)	Trafikk (Eksempler på hvordan trafikkprosessen kan påvirkes.)	Drift og planlagt vedlikehold (Eksempler på hvordan forebygge og håndtere prosessen under normal drift, og hvordan dette endres pga. klimapåvirkningene.)	Øvrig vedlikehold og reparasjoner (Eksempler på hvordan vedlikeholdsbehovet kan endre seg pga. endret fare?)	Prosjektering (Eksempler på hvordan faren kan unngås under prosjekteringsfasen.)
Flom (urban, elveflom, styrtflom, snøsmelteflom)	Nedbør, snø, temperatur	Økt størrelse på regnflommer, mens smeltevannsflokker vil avta på sikt. Flomtidspunkt kan forskyves mot tidlig vårflom og gi økt fare for flommer sent på høsten og på vinteren. Flere intense, lokale regneepisoder kan skape særlige utfordringer i små, bratte elver og bekker og i urbane strøk.		Erosjon av vannveger og støtte for veg, skade på infrastruktur (f.eks. på broer)	Stengning av vei. Dårligere fremkommelighet (for nød-etater)	Jevnlig tømning av stikkrenner	Åpne tette dreneringsveier, rydde tidligere oversvømt veibane	Erosjonssikring langs utsatte strekninger, god kapasitet på stikkrenner som tar hensyn til den forventede utviklingen.
Snøskred	Nedbør, snø, temperatur, vind, (fryse-tineprosesser?)	Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengde og antall dager med snø i lavere-liggende områder, særlig i kystnære områder (se også kapittel 3), og dette vil redusere faren for skred ved at snøhøyden og lengden på vinteren blir vesentlig redusert (Figur 4.1). Høyere-liggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene, bortsett fra i enkelte høyfjellsområder.  I mer kontinentale områder (i innlandet) vil ventelig lengden på vinteren bli kortere, men hyppigheten på situasjoner med skredfare innenfor denne perioden kan muligens øke. Antageligvis vil det også bli en overgang fra tørre snøskred til våte skred pga. høyere temperaturer. Det må også forventes en økning av antallet sørpeskred som gjerne blir utløst langs de samme bekkeløpene som flomskred. Høyere temperatur vil også føre til en heving av tregrensen, og dette vil redusere skredfaren i områder der utløsningsområdene i dag ligger nær dagens skoggrense.		Mindre antall km utsatt, noen fjellveier mer utsatt i perioder. Skade på infrastruktur og andre eksponerte elementer	Kortvarig stengning	Varsling		Unngå snøskredterreng, Vurdere tunnel der det er mulig.
Steinsprang		Økende antall steinsprang pga. flere fryse-/tinesykluser, rotsprenging, vanntrykk		Skade på infrastruktur og andre eksponerte elementer	Stengt vei – tid avhengig av volum og skadeomfang	Rensk av skjæringer og fjellsider. Normalt vedlikehold av sikrings tiltak.	Overvåking av skjæringer og fjellsider, hyppigere rensk, sikring.	Unngå steinsprangterreng
Jordskred	Nedbør	Flere hendelser med styrtregn.	Konvektive celler med uvisst treffpunkt	Skade på infrastruktur og andre eksponerte elementer	Stengt vei – tid avhengig av volum og skadeomfang			Jordvoller og andre fysiske installasjoner for å lede bort skredmasser.
Flomskred	Nedbør	Mer nedbør og høyere intensitet	Konvektive celler med uvisst treffpunkt	Skade på infrastruktur og andre eksponerte elementer	Stengt vei – tid avhengig av volum og skadeomfang			Jordvoller og andre fysiske installasjoner for å lede bort skredmasser.
Sørpeskred	Nedbør, snø, temperatur, vind, luftfuktighet	Mer nedbør og høyere intensitet	Konvektive celler med uvisst treffpunkt	Skade på infrastruktur og andre eksponerte elementer	Stengt vei – tid avhengig av volum og skadeomfang			Jordvoller og andre fysiske installasjoner for å lede bort skredmasser.

Klima-elementer og klima-relaterte naturfare-elementer	Klimaelementer som inngår i denne	Utvikling (Hvordan er det forventet at prosessen utvikler seg med klimaendringene?)	Usikkerhet (Hvor sikker er kunnskapen om dette, og hva er eventuelle kunnskapshull?)	Generell effekt (Eksempler på hvordan skade påføres infrastruktur, menneske og miljø.)	Trafikk (Eksempler på hvordan trafikkprosessen kan påvirkes.)	Drift og planlagt vedlikehold (Eksempler på hvordan forebygge og håndtere prosessen under normal drift, og hvordan dette endres pga. klimapåvirkningene.)	Øvrig vedlikehold og reparasjoner (Eksempler på hvordan vedlikeholdsbehovet kan endre seg pga. endret fare?)	Prosjektering (Eksempler på hvordan faren kan unngås under prosjekteringsfasen.)
Områdeskred (kvikkleireskred)	Nedbør (usikkert)	Økt erosjon kan potensielt føre til hyppigere forekomst av naturlig utløste kvikkleireskred.  Økt grunnvannstand pga. mer vedvarende nedbør. Medfører redusert skråningsstabilitet (pga. at effektivspenningene i jorden reduseres).	Vanskelig å kvantifisere skadeomfanget ved generelt økt erosjon som følge av økt nedbør og flomhendelser. Økt fare for områdeskred er nødvendigvis kun aktuelt i området med forutsetninger for det i utgangspunktet: Hvor det er forekomst av sprøbruddmateriale (SBM) og topografiske forutsetninger (skråningsinstabilitet).  Usikkerhet er koblet opp mot grad av erosjon (dagens og fremtidig nivå), og utbredelse av SBM-forekomster. Datagrunnlag for historiske skred gir stor usikkerhet i eventuell effekt av klimaendringer på utløsning av kvikkleireskred.	Løsnese inkluderer infrastruktur, eller skredutløp rammer infrastruktur.	Fare for liv og helse. Stengte veier.		Første fase blir typisk undersøkelse av skredhendelse og identifisere fare for videre utvikling. Dette etterfølges av sikringsarbeider. Deretter følger rydding av område, og til slutt reetableres infrastruktur.	Utbredelse av sprøbruddmateriale skal i hensyntas ed prosjektering av nye tiltak, og det er også krav til erosjonssikring der det er aktuelt (TEK17).  Eldre tiltak har ikke slik krav, og utgjør derfor den største risikoen mht. områdeskred.  Det er viktig med god kartlegging av grunnforhold, også mht. ev. skred som kan ramme tiltak utenfra (dvs. ikke bare undersøke løsnese).
Fokksnø	Snø, vind	Mindre antall km vei utsatt, noen veier høyt til fjells mer utsatt		Dårlig sikt, begrenset fremkommelighet	Kortvarig stengt vei i perioder med mye vind	Brøyting og fjerning av brøytekanter	Passe på at utforming av veien ikke endres.	Utforme veien slik at det er tilpasset (?)
Isgang	Temperatur, (frysetineprosesser, snøsmelting?)	Økt temperatur kan føre til at isganger blir vanligere høyere til fjells og lenger inn i landet enn i dagens klima. I resten av landet vil de forekomme sjeldnere.		Erosjon av elveløp, skade på infrastruktur (broer)	Stengning av veier langs aktuelle elvedrag, som følge av skade på veibane/skråning (erosjon) eller oppskjøvne masser i veien. Stengte broer som følge av hendt skade eller oppdaget faren for skade (og liv og helse).		For oppskjøvne masser i vei: rydding. For erosjon i underkant av vei eller inkl. deler av vei: reetablering av terreng og infrastruktur. Inspeksjon av skader på bro, ev. reparasjoner, eller i verste fall reetablering av broer.	Man må ta hensyn til at isgang kan skje i områder (spesielt høyere til fjells og lengre inn i landet) der det ikke er vanlig i dag. Ha tilstrekkelig erosjonssikring der det er aktuelt og utforme elveløp for å minimere angrepspunkt på broer ol.
Issvuller og istapper		Forventet redusert (?) mengde pga. økt temperatur.		Nedfall av issvuller i vei, eller istapper i tunneler utgjør en fare for helse og sikkerhet.				
Stormflo	Havnivåstigning, temperatur (varmere hav)	Økning i havnivå og økning i dager med store bølger kan gi oftere stormflo.		Erosjon, flom	Kortvarig stengt vei i perioder med mye vind	Inspeksjoner og utbedring av erosjon		
Hetebølge	Temperatur	<a href="#">Økt antall hetebølger.</a>	Det er vanskelig å forutsi hetebølger frem i tid (mer enn 10 dager).	Varmestress på mennesker. Helse, eldre. Mykere asfalt, mer deformasjoner i hjulspor.		Perioder for regelmessig drift og vedlikehold kan måtte bli forskjøvet til kjøligere perioder – evt. må spesielle hensyn tas. (Hva gjøres i dag?)		
Tørke	Temperatur, nedbør	Det forventes økt markvannsunderskudd, lav grunnvannstand og lengre perioder med lav vannføring om sommeren, spesielt på Sør-Østlandet. Dette kan gi mer tørke og større fare for skogbrann.		Forsterke senere flomtopper pga. dårlig infiltrasjonsevne i bakken. Øke fare for skogbrann.				

Klima- elementer og klima- relaterte naturfare- elementer	Klimaelementer som inngår i denne	Utvikling (Hvordan er det forventet at prosessen utvikler seg med klima- endringene?)	Usikkerhet (Hvor sikker er kunnskapen om dette, og hva er eventuelle kunnskapshull?)	Generell effekt (Eksempler på hvordan skade påføres infrastruktur, menneske og miljø.)	Trafikk (Eksempler på hvordan trafikk- prosessen kan påvirkes.)	Drift og planlagt vedlikehold (Eksempler på hvordan forebygge og håndtere prosessen under normal drift, og hvordan dette endres pga. klimapåvirkningene.)	Øvrig vedlikehold og reparasjoner (Eksempler på hvordan vedlikeholdsbehovet kan endre seg pga. endret fare?)	Prosjektering (Eksempler på hvordan faren kan unngås under prosjekteringsfasen.)
Skogbrann	Temperatur, nedbør (mangel på), vind	Økt fare for skogbrann grunnet lengre tørkeperioder.		Luftforurensing, skade og deformasjon fra varme, endret vegetasjon kan gi sterkere intensitet fra andre fremtidige hendelser, skade på miljø	Dårlig sikt, stengning eller endret fartsgrense i perioder med høy fare på utsatte strekninger.		Passe på god skogdrift langs veglinjen, f.eks. ved å ha pause i kantklipp i perioder med høy skogbrann- fare.	

## 5 Kunnskaps og datakilder

Det finnes flere åpne datakilder for publikasjoner og klimadata i Norge. Tabell 2 lister en del kilder som er enkelt tilgjengelig på internett. Rådata for detaljerte analyser og egne simuleringer kan lastes ned fra spesielle løsninger hos NVE og met.no.

I tillegg til disse kildene kan det være mulig å finne mer lokale kilder, f.eks. ved å lete i aviser og kirkebøker, eller ved å snakke med lokale kjentfolk.

Tabell 2 – Kunnskapskilder som er relevante for klimaendringenes effekt på vegsektoren

Kilde (kort ref.)	Kategori	Kort beskrivelse
Cicero mfl., 2019	Samfunnsøkonomi, vurdering av nasjonale konsekvenser	Sammenstille eksisterende kunnskapsgrunnlag om konsekvenser av klimaendringer for Norge.
NKSS, 2016	Klimaprognose for Norge	Prognoser for utviklingen av de ulike klimaelementene, i Norge, t.o.m. år 2100.
(NKSS, 2022)	<a href="#">Fylkesvise klimaprofiler inkl. klimaprognoser/-påslag</a>	Prognoser for utviklingen av de ulike klimaelementene på regionalt nivå i Norge (fylkesvis).
(NKSS, 2022)	<a href="#">Klimaframskrivninger på nasjonalt nivå</a>	Databaser/digitalt verktøy som gir grunnlag for å vurdere den direkte påvirkning av klimaendringene på nasjonalt nivå.
(NKSS, 2022)	<a href="#">IVF-verdier</a>	Databaser med IVF-verdier (Intensitet-Varighet-Frekvens) fra ulike nasjonale målestasjoner.
NKSS, 2019	<a href="#">Anbefalte verdier for korttidsnedbør inkl. klimapåslag i Norge</a>	Anbefalte verdier for korttidsnedbør i Norge, inkl. klimapåslag. Inneholder også en kort snutt om metodikk.
(Kartverket, 2022)	<a href="#">Klimapåslag for havnivå og stormflo</a> <a href="#">Database, målestasjoner for vannstand i havet - Info om vannstandnivå, tidevann, etc.</a>	Nettside for sammenligning av nå-værende dimensjonerende nøkkelverdier for havnivå og stormflo, mot tilsvarende verdier med klimapåslag basert på klimaprognose RCP8.5. Inneholder både karttjeneste med modellert utstrekning av flomhendelser, og databatase for havnivå ved målestasjoner inkl. statistiske/-dimensjonerende verdier. Sistnevnte er både tilgjengelig i kartet, og linket til i nederste link i kolonnen til venstre.
NGI mfl., 2020a	Metodikk for identifisering av naturfarer (grov-kartlegging)	Metodikk for- og analyse av risiko- og sårbarhet for naturfare i tidlig plan-fase (tar til en viss grad hensyn til klimaendringer).

Kilde (kort ref.)	Kategori	Kort beskrivelse
NGI mfl., 2020b	Vurdering av utfordringer knyttet til klimatilpasning i forvaltning av transportinfrastruktur.	Beskrivelse av utfordringene som følge av forventede endringer i klima, og en vurdering av hvor store kostnader som vil påløpe for å tilpasse/ikke tilpasse seg disse, med fokus på Nye Veiers daværende Portefølje (ca. 720 km). Analysen er på et grovt nivå.
NVE Atlas, 2022	<a href="#">NVE Atlas - Karttjeneste – naturfarekartlegging og kartlegging av historiske naturfarehendelser mv.</a>	Karttjeneste og database for kartlagte naturfarer i Norge. Den inkluderer for enkelte naturfarer aktsomhetsområde for områder som ikke er undersøkt/-utredet kvalitativt. Det utarbeides for tiden flere nye kartlag som del av karttjenesten med eksempelvis historiske flomhendelser, aktsomhetsområde for enkelte naturfarer hvor klimapåslag er inkludert (eks. flomsoner), etc.
NVE Flomhendelser, 2022	Database med historiske flomhendelser – <a href="#">Link - Infoside</a> , <a href="#">Kartlink</a>	Database for flomhendelser i Norge. Skal med tiden også inkluderes i karttjenesten NVE-Atlas.
Nasjonal skredatabase	<a href="http://www.skredregistrering.no">www.skredregistrering.no</a>	Database med skredhendelser siden historiske registreringer startet
Meteorologiske observasjoner (maskintilgang)	<a href="http://frost.met.no">frost.met.no</a>	API for data fra alle norske meteorologiske stasjoner
Meteorologiske observasjoner (publikumstilgang)	<a href="http://seklima.met.no">seklima.met.no</a>	Publikumstilgang for data fra alle norske meteorologiske stasjoner
Gridded klimadata	<a href="http://www.senorge.no">www.senorge.no</a>	Interpolerte klimadata for perioden 1956 til i dag
Statens vegvesen, 2022	<a href="#">Vegdatabanken</a>	Database med informasjon om statlige, kommunale, private, fylkes- og skogsbilveger. Dette er blant annet: Vegnett (geometri og topologi), oversikt over stikkrenner langs vegen, ulikker og trafikkmengder (ÅDT).
Kunnskapsbanken	DSB	<a href="https://www.dsb.no/kunnskapsbanken">https://www.dsb.no/kunnskapsbanken</a> For tiden stengt for offentligheten

Tabellen over viser nasjonale kilder som i ulike grad og på ulike måter kan brukes som i lokale analyser. Noen ganger gir kildene over direkte tilgang til lokale data, som oversikten over havnivåstigning fra Statens kartverk; i andre tilfeller må dataene suppleres med lokale vurderinger (som alle dataene fra Norsk klimaservicesenter, som bare er presentert med oppløsning ned til fylkesnivå).



Det er med andre ord i de fleste tilfeller helt avgjørende med en form for lokal vurdering. I noen tilfeller er det også mulig å supplere med lokale datakilder. Kirkebøker kan for eksempel gi informasjon om tidligere tiders naturskadehendelser, som igjen kan bidra til å supplere og korrigere modellberegninger fra NVE om flomhendelser.

## 6 Usikkerhet og kunnskapshull

Selv om utvikling i temperatur og nedbør fram til i dag indikerer at RCP8.5 er et realistisk utslippsscenario, er det en rekke usikkerheter knyttet til fremtidige menneskeskapte utslipp: framtidig økonomisk aktivitet, økning i folketall, demografiske endinger og arealbruk, teknologisk utvikling, valg av energikilder, energieffektivitet og andre sosioøkonomiske faktorer. Manglende kunnskap om naturlige klimavariasjoner, samt klimasystemets følsomhet og fremtidig klimavariasjon kan også være kilder til feil. Dessuten vil enhver modell innebære en rekke forenklinger, som også bidrar til usikkerheter. En annen kilde til usikkerhet er at sannsynligheten og intensiteten av mange naturfarer er sterkt påvirket av lokale forhold, slik at generelle endringer i klima kan ha forskjellige effekter ved ulike lokaliteter.

Den største usikkerhetsfaktoren i de fysiske klimaelementene er vind og korttidsnedbør. Det er gjort en stor innsats for å studere utviklingen innen korttidsnedbør, men resultatene av framskrivingene for vind er utydelig og lite egnet til studier på et detaljert nivå som for eksempel for veiprosjekter. Vind er viktig som et element i seg selv (broer, vindutsatte veistrekniner) og inngår i sekundære effekter som stormflo, kysterosjon, fokksnø og snøskred. Bedre kontroll på dette klimaelementet vil gi stor gevinst for en rekke studier, ikke bare med hensyn til naturfarer og veinettet.

## 7 Annet, mulige positive utviklinger

Andre effekter som er verdt å nevne om fremtiden:

- Bedre varsling av ekstremvær, som følge av bedre digitale modeller, som bør kunne forventes mtp. at man har tilegnet seg mer historisk værdata (både i tidsperspektiv, men også detaljgrad (antall målestasjoner), målenøyaktighet etc.) og som følge av bedre forståelse/utvikling av modeller etc.
- Bedre på å ta hensyn til naturlige variasjoner.

## 8 Referanser

- CICERO, 2012. NORADAPT Community Adaptation and Vulnerability in Norway Sluttrapport, CICERO Report.
- Dyrredal, A.V., Førland, E.J., 2019. Klimapåslag for korttidsnedbør: Anbefalte verdier for Norge. Norsk Klimaservicesenter, NCCS report Norsk klimaservicesenter.
- Halleraker, J.H., 2021. Isgang. Store Norske Leksikon.
- 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., 2016. Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015.
- Hisdal, H., Vikhamar-Schuler, S., Førland, D., Nilsen, I.B., 2021. Klimaprofiler for fylker: Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning.
- L'Heureux, J., Høydal, O., Lopez, A.P., Lacasse, S., 2018. Impact of climate change and human activity on quick clay landslide occurrence in Norway, in: Proceedings of the 2nd JTC1 Workshop Triggering and Propagation of Rapid Flow-like Landslides, Hong Kong, Www. Hkges. Org/JTC1\_2nd/Paper. Html.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Matthews, J.B.R., Berger, S., Huang, M., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B., Lonnoy, E., Maycock, T.K., Waterfield, T., Leitzell, K., Caud, N., 2021. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Edited by.
- Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W., Hodnebrog, Marelle, L., Samset, B.H., Sillmann, J., Schaller, N., Fischer, E., Schulz, M., Stohl, A., 2019. Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. Scientific Reports 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4>
- Norges Geotekniske Institutt (NGI), 2020. ROS - Naturfare - Metodikk for risiko- og sårbarhetsanalyse for naturfare i tidlig planfase. NGI Report 202180631-01-R 153.
- NVE, 2015a. NVEs Klimatilpasningsstrategi.
- NVE, 2015b. NVEs Klimatilpasningsstrategi.
- Ranhoff, A.H., Hygen, H.O., Ruscio, F. Di, Rao, S., Strand, B.H., 2019. Varm sommer 2018 – økt dødelighet blant eldre ? Tidsskrift Norsk Legeforening 06, 6.
- Simpson, M.J.R., Nilsen, J.E.Ø., Ravndal, O.R., Breili, K., Sande, H., Kierulf, H.P., Steffen, H., Jansen, E., Carson, M., Vestøl, O., 2015. Sea Level Change for Norway Past and Present Observations and Projections to 2100 Photo: Einar Egeland Nansensenteret.

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> H1.1 Klimapåvirkning		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20210107-01-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Norges Forskningsråd	<b>Dato/Date</b> 2022-06-10
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract</b> NGI		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 0 /
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> Klima, skred, vei		

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

<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
<b>Rev/ Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2022-06-08 Christian Jaedicke	2022-06-09 Unni Eidsvig		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 10. juni 2022	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Christian Jaedicke
--	-----------------------------------	--

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: GeoMiljø – Offshore energi – Naturfare – GeoData og teknologi

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

[www.ngi.no](http://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: Geotechnics and Environment – Offshore energy – Natural Hazards – GeoData and Technology.

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

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

