
RAPPORT

Kunnskapsrapport klimatilpasning

OPPDRAKSGIVER

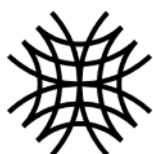
Jernbanedirektoratet

EMNE

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

DATO / REVISJON: 13. mars 2024 / 03

DOKUMENTKODE: 10252516-01



Jernbane-
direktoratet

Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.



RAPPORT

OPPDRAAG	Kunnskapsrapport klimatilpasning	DOKUMENTKODE	10252516-01
EMNE	Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Jernbanedirektoratet	OPPDRAAGSLEDER	Rune Bratlie
KONTAKTPERSON	Martine Berg-Jensen	UTARBEIDET AV	Sam Pawar, Inès A. P. Blomvågnes, Elin Enlid, Rengifo Ortega, Péter Borsányi, Roger Kristoffersen, Kaj Halvorsen og Rune Bratlie
KOORDINATER	Sone: 33 Øst: 262680 Nord: 6649183	ANSVARLIG ENHET	10103081 Seksjon VA Klimatilpasning
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Oslo		

SAMMENDRAG

Det norske jernbanenettet er inndelt i ruter på 10*10 km. 3029 historiske flom- og skredhendelser langs jernbanenettet er kategorisert i a) hendelser utløst av styrtregn, b) hendelser ikke utløst av styrtregn og c) flommer i hovedvassdrag. For hver 10 km-rute er gjennomsnittlig antall årlige hendelser i kategori a – c talt opp, og fremskrevet til år 2025, 2036 og 2060. Antall dager med middels eller ekstrem vegetasjonsbrannfare er også beregnet for disse tre årene.

For vegetasjonsbranner ventes økning i antall årlige brannfaredager på henholdsvis 4% og 11% mot år 2036 og 2060, sammenliknet med i dag. Økning ventes på alle banestrekninger unntatt Kongsvingerbanen, Solørbanen og Rørosbanen. For styrtregnhendelser ventes økning i antall årlige hendelser på henholdsvis 7% og 19% mot år 2036 og 2060. Økningen er spesielt kraftig langs nordre deler av Nordlandsbanen og Ofotbanen. For vassdragsflom ventes antall hendelser per år å øke med henholdsvis 3% og 9% i 2036 og 2060. Størst økning ventes på Nordlandsbanen, Dovrebanen og Sørlandsbanen. For skredhendelser som sannsynligvis ikke er utløst av styrtregn ventes økning i antall hendelser/år på henholdsvis 3% og 7% i 2036 og 2060. Den største økningen i antall årlige hendelser forventes i NTP korridor 6, deriblant Dovrebanen.

Historiske hendelser viser økende antall årlige hendelser i perioden 1960 – 2023. For hendelser utløst av styrtregn, viser de historiske dataene at jernbanens nedetid øker raskere enn antall hendelser som utløser nedetid. Uten avbøtende tiltak må det derfor forventes til dels betydelige nedetider på deler av jernbanenettet som følge av klimahendelser i fremtiden.

Det er foretatt faktoranalyse for å se nærmere på sammenhengen mellom skredårsak og nedetid i perioden 1960 - 2023. Skredene ser ut til å øke i antall, men avta i volum. Skredmassene inneholder mer vann, stein og jord enn tidligere. Dette fører sannsynligvis til større ryddeinnsats og lengre driftsstans på jernbanen i dag enn på sekstitallet.

Det er beskrevet et samfunnsøkonomisk rammeverk med tre ulike klimatilpasningsstrategier for jernbanesektoren. Ved å kombinere frekvensanalysene i denne rapporten med kostnadsdata fra kjente hendelser, vil det være mulig å beregne samfunnsøkonomisk lønnsomhet for de tre foreslåtte klimatilpasningsstrategiene.

Regulatoriske og strategiske virkemidler for klimatilpasning av jernbanen er gjennomgått. Det kan være behov for en oppmykning av byggeteknisk forskrift dersom jernbanen skal kunne ta i bruk en mer dynamisk klimatilpasningsstrategi enn i dag.

03	13.03.2024	Endelig versjon med ny forside	Sam Pawar	Rune Bratlie	Rune Bratlie
02	08.02.2024	Endelig versjon. Rettet en desimalfeil på side 30.	Roger Kristoffersen		
01	31.01.2024	Endelig versjon	Inès Blomvågnes Elin Enlid	Maren Louise Salte Eloi Denamur	Rune Bratlie
00	17.01.2024	Utkast til godkjenning	Rengifo Ortega Péter Borsányi Kaj W. Halvorsen Rune Bratlie		Rune Bratlie
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
2	Formål og virkeområde	6
3	Takk	6
4	Datagrunnlag og metode	7
4.1	Kunnskapsgrunnlaget er usikkert	7
4.2	Hvilke klimasårbarheter er analysert?	8
4.3	Kartprodukter som er produsert til denne rapporten	9
4.3.1	Sårbarhet tilknyttet vegetasjonsbrann	9
4.3.2	Sårbarhet tilknyttet flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning	9
4.3.3	Sårbarhet tilknyttet flom i vassdrag	9
4.3.4	Sårbarhet tilknyttet skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning	9
4.3.5	Banenettverk	9
4.3.6	Kalkulasjonsgrid	9
4.4	Beskrivelse av datakilder og metode	10
4.4.1	Valg av analyseperioder	10
4.4.2	NTP transportkorridorer som inngår i analysen	10
4.4.3	Jernbanestrekninger som inngår i analysen	10
4.4.4	Overordnet om rutenettmetoden	12
4.4.5	Data benyttet til analyse av vegetasjonsbrann	13
4.4.6	Data benyttet til analyse av flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning	13
4.4.7	Data benyttet til analyse av flom i vassdrag	14
4.4.8	Data benyttet til analyse av skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning	14
4.4.9	Usikkerhet	14
4.5	Beskrivelse av dagens klimapåkjenninger	16
4.5.1	Vegetasjonsbrann	16
4.5.2	Flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning	17
4.5.3	Flom i vassdrag	23
4.5.4	Skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning	26
4.5.5	Oversikt over dagens klimakostnader	30
4.6	Beskrivelse av fremtidige klimapåkjenninger	31
4.6.1	Vegetasjonsbrann	31
4.6.2	Flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning	32
4.6.3	Flom i vassdrag	35
4.6.4	Skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning	37
4.6.5	Sammenhengen mellom registrerte hendelser og utstedte varsler	39
4.6.6	Usikkerhet	41
5	Jernbanenettets klimasårbarhet	42
5.1	Oversikt over klimahendelser og nedetid i dagens situasjon	43
5.2	Fremtidig klimasårbarhet	48
6	Klimatilpasning gjennom regulatoriske og strategiske virkemidler	51
6.1	Oversikt over dagens regulatoriske og strategiske virkemidler	51
6.1.1	Regulatoriske virkemidler	51
6.1.2	Strategiske virkemidler	53
6.1.3	Aktuelle metoder, analyseverktøy og rapporteringssystemer	54
6.2	Virkemidlenes relevans for tilpasning til fremtidens klima	54
7	Samfunnsøkonomiske virkninger av aktive og reaktive klimatilpasningsstrategier	56
7.1	Strategiske valgmuligheter	56
7.2	Metodisk rammeverk	58
7.2.1	Metodisk tilnærming	58
7.2.2	Alternativer	59
7.2.3	Beredskapskostnader	61
7.2.4	Hendelseskostnader og -sannsynligheter for hvert alternativ	62
7.2.5	Forebyggingskostnader	63
7.3	Videre arbeid - caseanvendelse	64
8	Anbefalinger til videre arbeid	65
8.1	Det er behov for å gjennomføre samfunnsøkonomiske casestudier	65
8.2	Vedlikehold og oppgradering av eksisterende infrastruktur bør vurderes inntatt i NTP	65

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

8.3	Det er behov for bedre tilrettelagte registerdata for investeringsbeslutning	65
8.4	Det kan være behov for et mer dynamisk byggteknisk regelverk	65
8.5	Det er mulig å trekke mer presise konklusjoner om fremtidig klimatilstand	66
9	Bibliografi	67
10	Vedlegg.....	69
10.1	Oversikt over jernbanestrekninger og NTP transportkorridorer som inngår i analysen.	69
10.2	Publiserte flom- og jordskredvarsler.....	71
10.3	SQL omkodingsregler for klassifisering av Banedata	75
10.4	Kartgrunnlag for vegetasjonsbrann	76
10.5	Kartgrunnlag for flom- og skredhendelser utløst av styrtregn.....	77
10.6	Kartgrunnlag for flom i vassdrag.....	78
10.7	Kartgrunnlag for skred ikke utløst av styrtregn	79

1 Innledning

Rapporten beskriver jernbanenettets klimasårbarhet i dagens og fremtidens klima. Det er utviklet en egen kartmetodikk til denne rapporten, og kartproduktene i vedleggene leveres med rapporten. Kartproduktene gjør det mulig å koble analysene som er foretatt i denne rapporten med andre typer geografiske analyser.

Metodikken fremskriver det nasjonale kunnskapsgrunnlaget fra FNs klimapanelers femte hovedrapport til fremtidige skadefrekvenser assosiert med disse. Framskrivningene er deretter brukt til å a) drøfte jernbanenettets sårbarhet for klimaendringer, b) drøfte relevansen til dagens regulatoriske og strategiske virkemidler jfr. klimatilpasning og c) etablere et rammeverk for å beskrive de økonomiske virkningene av aktive og reaktive klimatilpasningsstrategier.

Oppdraget er avrop på fagområde 2 i rammeavtale 20/01530 Konsulentbistand til utredninger, analyse og metodeutvikling.



This work uses data from the NorCP project, which is a Nordic collaboration involving climate modeling groups from the Danish Meteorological Institute (DMI), Finnish Meteorological Institute (FMI), Norwegian Meteorological Institute (MET Norway) and the Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI).

2 Formål og virkeområde

Stortingsmelding 26 (2022-2023) (Regjeringen, 2023) påpeker i kapittel 6.4 at det norske jernbanenettet er sårbart på grunn av elde og vedlikeholdsetterslep. Jernbanedirektoratet erfarer at klimaendringene fører til økt belastning på jernbanenettet, og at særlig endringer i korttidsnedbøren fører til driftsproblemer for jernbanen. Selv om jernbanens drifts- og vedlikeholdsrutiner kontinuerlig tilpasses klimaendringene, er det behov for et kunnskapsgrunnlag som ser litt frem i tid.

Denne rapporten gir et kortfattet overblikk over skadefrekvenser assosiert med fire aggregerte grupper av klimapåkjenninger i fremtidens klima, gitt dagens generelle vedlikeholdstilstand. Formålet er å skaffe til veie et kunnskapsgrunnlag som gjør det mulig å sannsynliggjøre de fysiske og samfunnsøkonomiske virkningene av aktive og reaktive klimatilpasningsstrategier i møtet med pågående klimaendringer.

Rapportens virkeområde er kunnskapsproduksjon til Jernbanedirektoratets arbeid med klimatilpasning. Vi håper rapporten kommer til nytte, og benytter anledningen til å ønske Jernbanedirektoratet til lykke med sitt klimatilpasningsarbeid.

3 Takk

Stor takk til Anne Ellekjær Stavang for uttrekk fra NVEs varslingsdatabase. Stor takk også til Anita Verpe Dyrddal og Oskar Lundgren, begge Meteorologisk institutt, for tilgang og tilrettelegging av klimamodelldata for styrtregn fra NorCP-prosjektet.

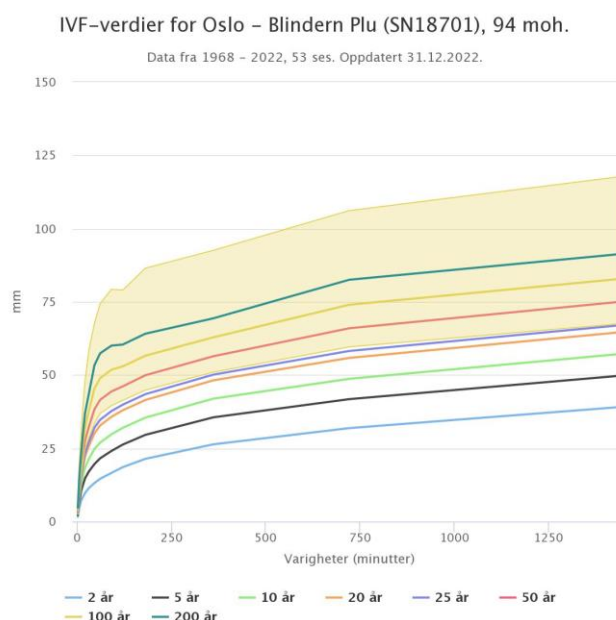
4 Datagrunnlag og metode

Arbeidet med å nedskalere Klimapanelets sjette hovedrapport til nasjonale forhold er i skrivende stund ikke ferdigstilt. Vi benytter derfor gjeldende kunnskapsoppsummering fra Norsk klimaservicesenter (NKKS, 2024) til å beskrive fremtidig klimatilstand.

I tråd med føringer og anbefalinger i Stortingsmelding 26 (Regjeringen, 2023), NOU 2018: 17 om Klimarisiko og norsk økonomi (Finansdepartementet, 2018) og Statlig retningslinje for klimatilpasning (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2018), legger vi høy utslippsbane (RCP8.5) til grunn for våre analyser. Utslippsbane RCP8.5¹ i Klimapanelets femte hovedrapport tilsvarer utslippsbane SSP5² i Klimapanelets sjette hovedrapport. Det er i skrivende stund lite som tyder på at en lavere utslippsbane enn RCP8.5/SSP5 gir et mer realistisk bilde på forventede klimagassutslipp de kommende årene.

4.1 Kunnskapsgrunnlaget er usikkert

Det er viktig å være oppmerksom på den store usikkerheten som knytter seg til fremtidens klima. Usikkerheten tenderer å øke med fremskrivningens lengde, og samme type naturpåkjenning vil kunne inntreffe ved ulike fremskrivningsscenarier. Problemstillingen er forsøkt visualisert i Figur 4-1. Her er usikkerhetsbåndet til 100-årsregnet³ gjengitt med gul skravur. Det er, gitt dagens kunnskap, 95 % sannsynlig at et regn med denne gjentakssannsynligheten ligger innenfor det gule usikkerhetsbåndet, som overlapper samtlige gjentakssannsynligheter i intervallet 25 – 200 år. Ettersom samme naturpåkjenning vil kunne oppstå ved ulike gjentakssannsynligheter, er det dermed ikke gitt at lave gjentakssannsynligheter vil gi størst samfunnsøkonomisk uttelling når vi *dimensjonerer* avbøtende tiltak. Det samme prinsippet vil gjelde for valg av utslippsbaner for klimafremskrivning. Å benytte høye utslippsbaner til *utredning* er godt begrunnet i behovet for å fremskaffe et føre-var-orientert kunnskapsgrunnlag. Til faktisk dimensjonering kan et lavere utslippsscenario være samfunnsøkonomisk mer hensiktsmessig, se mer om dette i (Nilsen, et al., 2023).



Figur 4-1 Intensitet-varighet-frekvenskurve for Blindern, Oslo (Norsk klimaservicesenter).

¹ Representative Concentration Pathway 8.5 er en utslippsbane som fører til en verdensomspennende drivhuseffekt på 8.5 watt/m²

² Shared Socioeconomic Pathways 5 er en utslippsbane karakterisert ved fossilbasert utvikling som støtte for fortsatt markeds- og befolkningsvekst

³ Et 100-årsregn er et regn med 1 % sannsynlighet for å inntreffe hvert år (100-års gjentakintervall)

4.2 Hvilke klimasårbarheter er analysert?

Vi har valgt å benytte fire aggregerte kategorier av naturhendelser som beskrevet nedenfor. Skredhendelser har tatt svært mange liv siste 150 år. I en gjennomgang av 33 000 historiske skredhendelser, fant NGU, NGI, Bjerknæssenteret for klimaforskning og CICERO senter for klimaforskning følgende statistiske sammenhenger mellom skred og klima (Jansen, Hessen, & Alfsen, 2015):

- Snøskred på Vestlandet utløses stort sett som følge av stort snøfall siste døgn.
- Jordskred utløses generelt av store nedbørmengder siste døgn. Lengst sør i landet ser nedbørmengdene siste 10 eller 30 døgn ut til å innvirke på skredfaren, mens temperatur har større innvirkning på skredfaren nord i landet (snøsmelting).
- Det er ingen entydig sammenheng mellom utvikling av steinsprang og nedbør.
- Enkelte kvikkleireskred ser ut til å være utløst av store nedbørmengder. Den store overvekten av kvikkleireskred blir likevel utløst ved menneskelig aktivitet.

Ettersom ulike skredtyper responderer ulikt på klimaendringer, bør vi utvise forsiktighet med å påstå kategorisk at skredfrekvensen vil øke i fremtidens klima. I fagmiljøene ser det ut til å være nokså stor enighet om at skredtyper med sprøbruddsegenskaper⁴, deriblant kvikkleire, i det store flertallet utløses ved menneskelig aktivitet. Klimaendringer vil riktignok kunne føre til økt avrenning og påfølgende erosjon. Det ser likevel ut til at menneskeskapt kanalisering av denne avrenningen er en hyppigere kilde til sprøbruddskred enn selve klimaendringen. Faren for erosjonsutløste sprøbruddskred blir i så fall mer en konsekvens av u hensiktsmessig overvannshåndtering enn selve klimaendringen. Vi har av denne grunn valgt å legge skredtyper med sprøbruddsegenskaper i samme kategori som øvrige skredtyper som ikke har styrtregn som oftest forekommende årsak.

For flomhendelser skiller vi på saktevoksende flommer i store vassdrag, og styrtregnflom. Den første flomtypen faller inn under virkeområdet i TEK17 § 7-2, og er underlagt etablert forvaltningspraksis etter plan- og bygningsloven. Ettersom denne flomtypen som regel lar seg varsle i god tid, vil det kunne være mulig å gjøre avbøtende tiltak i forkant av denne type hendelser.

Styrtregnflom inntreffer i små vassdrag som responderer raskt på endret nedbør og avrenning, typisk i små sidevassdrag som krysser eller tangerer jernbanelinjen. Dette er hendelser som kan inntreffe plutselig, med høye flomverdier og stor eroderende kraft. Varslingstiden for slike hendelser er vanligvis for kort til å kunne utløse hensiktsmessige avbøtende tiltak. Skadepotensialet blir følgelig stort. Vi har valgt å legge skredtyper som erfaringsmessig følger med slike hendelser til samme kategori som styrtregnflom. Den underliggende antagelsen blir dermed at slike skredtyper i fremtidens klima vil opptre med tilnærmet samme frekvens og intensitet som styrtregnhendelsene som utløser dem. For styrtregnflom er det i dag ingen etablert forvaltningspraksis etter plan- og bygningsloven. Fra og med 2024 vil ny pbl. § 28-10 med tilhørende endring i TEK17 § 15-8 introdusere nye forvaltningsregler. Vi viser til (NVE, 2022) for ytterligere informasjon om håndtering av overvann i arealplanlegging og valg av kartleggingsmetoder.

Dagens jordsystemmodeller (klimamodeller) identifiserer nokså entydig at vi må forvente økte frekvens- og intensitetsverdier for nedbør i fremtidens klima. Den forventede økningen gjelder alle nedbørvarigheter, alle deler av landet, og mest om vinteren. Værstatistikk for Blindern nedbørstasjon viser en dobling i intensitetsverdiene for timenedbør etter 1960. Det er bekymringsfullt at intensitetsverdiene øker mest for nettopp nedbørhendelser med kort varighet og lav årlig gjentakssannsynlighet. Dette er hendelser vi tradisjonelt ikke har lagt til grunn for dimensjonering av dreneringssystemer. Mange betrakter selv i dag slike

⁴Jordarter som utviser en sprø oppførsel ved de plutselig kollapser ved fysisk belastning.

hendelser som så usannsynlige at de legges til grunn for dimensjonering. Dette kan føre til at vi utilsiktet bygger oss inn i fremtidige problemer (maladaptation).

4.3 Kartprodukter som er produsert til denne rapporten

Til denne rapporten er følgende kartdataprodukter produsert. Kartene er grovt avbildet i vedleggene til sist i denne rapporten.

4.3.1 Sårbarhet tilknyttet vegetasjonsbrann

Kartdatasett: Vegetasjonsbrann

Datasettet beskriver modellert forekomst av branner i skog, lyng og gressvegetasjon i landets fylker. Kartegenskapene er gitt for årene 2023, 2025, 2036 og 2060.

4.3.2 Sårbarhet tilknyttet flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning

Kartdatasett: Styrtregnflomskred

Datasettet beskriver registrerte forekomster og varslede flom- og skredhendelser som normalt blir utløst av styrtregn eller kraftig overflateavrenning grunnet snøsmelting i kombinasjon med høy temperatur og/eller regn. Registrerte forekomster er gitt for årene 2023, 2025, 2036 og 2060.

4.3.3 Sårbarhet tilknyttet flom i vassdrag

Kartdatasett: Vassdragsflom

Datasettet beskriver registrerte forekomster og varslede saktevoksende flommer i større vassdrag, ref. virkeområdet til TEK17 § 7-2. Registret forekomst er gitt for årene 2023, 2025, 2036 og 2060.

4.3.4 Sårbarhet tilknyttet skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning

Kartdatasett: Skred

Datasettet beskriver registrerte forekomster av skredhendelser som normalt ikke utløses av styrtregn eller kraftig overflateavrenning grunnet snøsmelting i kombinasjon med høy temperatur og/eller regn. Datasettet inneholder også opplysninger om publiserte jordskredvarsler. Jordskred vil både kunne utløses både som følge av langvarig regn og styrtregn, så grensegangen mot skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning vil være noe skjønnsmessig. Steinsprang og skred med sprøbruddegenskaper faller inn under denne kategorien. Datasettet omfatter også ekstraordinære snømengder på jernbanelinjen som følge av skred eller snøfokk. Registrert forekomst er gitt for årene 2023, 2025, 2036 og 2060.

4.3.5 Banenettverk

Kartdatasett: BanenettverkNTP

Et uttrekk fra FKB Banenettverk tilrettelagt med opplysninger om NTP transportkorridorer som er benyttet i denne rapporten. Brukes til statistikkproduksjon for banestrekningene.

4.3.6 Kalkulasjonsgrid

Kartdatasett: Kalkulasjonsgrid_naturfare

Kvadratisk rutenett på 10*10 km lagt over banestrekningene i rapporten. Hver rute oppsummerer opplysningene i overstående kartdatasett. Brukes til statistikkproduksjon.

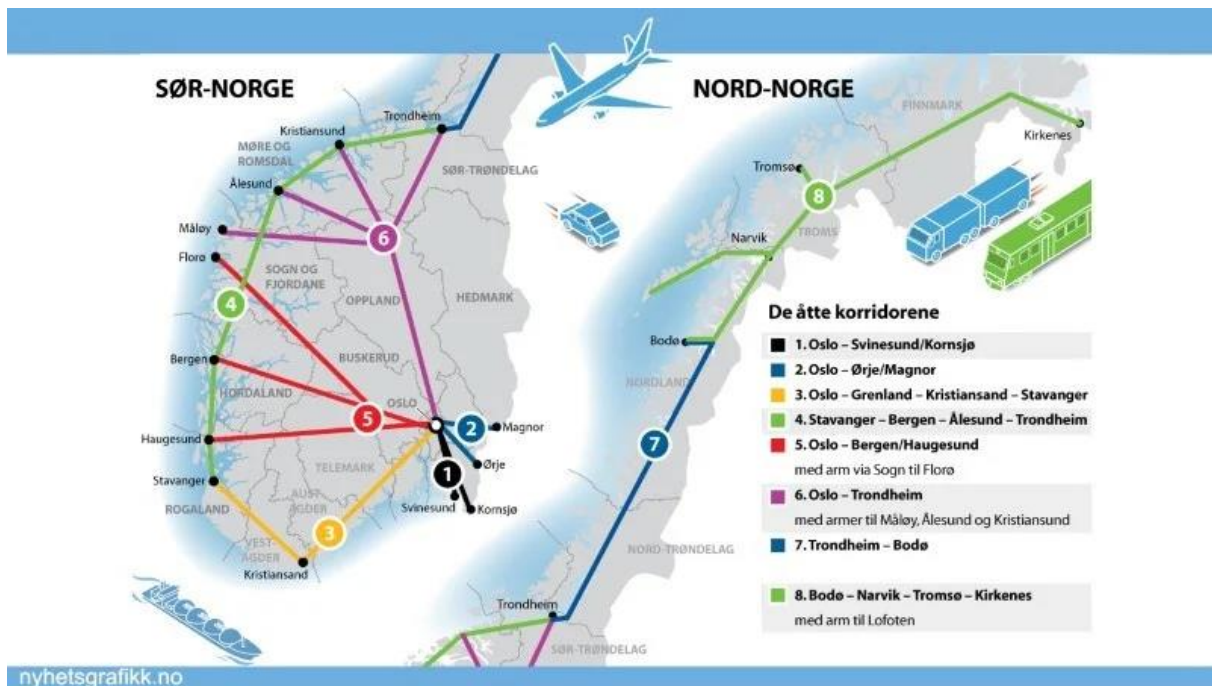
4.4 Beskrivelse av datakilder og metode

4.4.1 Valg av analyseperioder

Det er benyttet to analysetidspunkt. For nær fremtid er NTP-perioden 2025 – 2036 benyttet. For fremtidig situasjon er enkeltåret 2060 benyttet.

4.4.2 NTP transportkorridorer som inngår i analysen

Nasjonal transportplan definerer åtte nasjonale transportkorridorer som vist på Figur 4-2⁵. Med unntak av korridor 4, er jernbanenettet representert i samtlige NTP-korridorer.



Figur 4-2 Transportkorridorene i Nasjonal transportplan (Regjeringen).

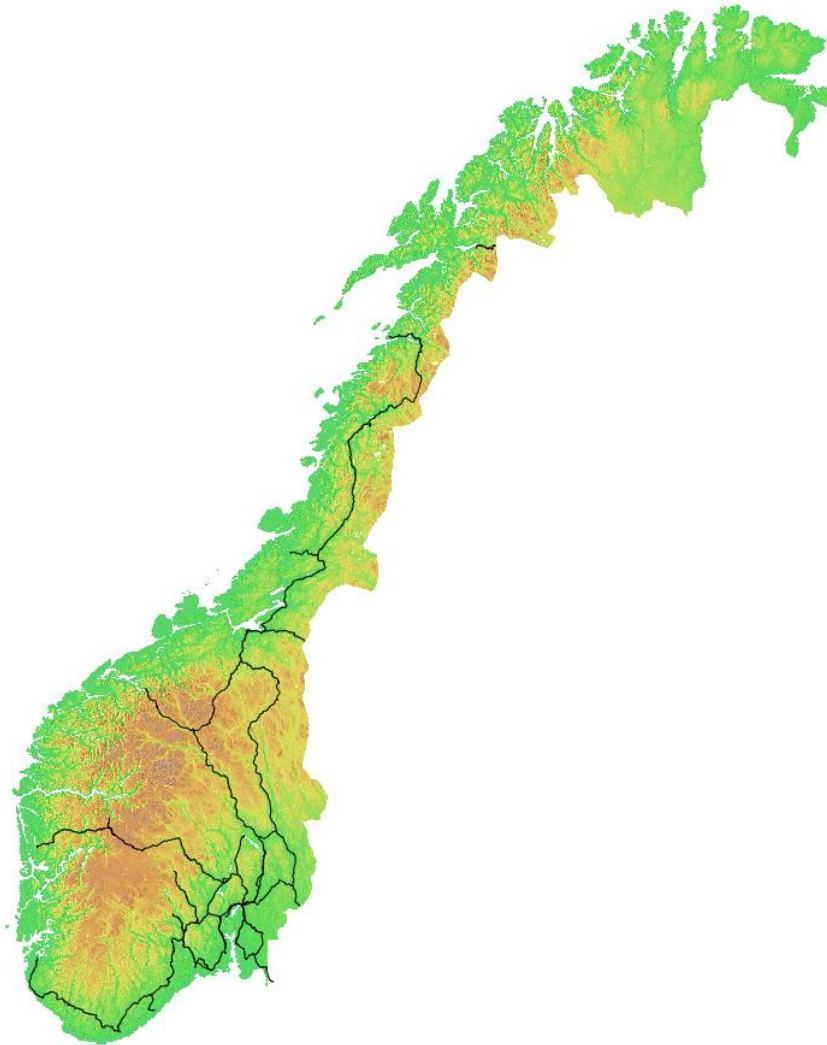
4.4.3 Jernbanestrekninger som inngår i analysen

Det norske jernbanenettet består av 64 banestrekninger med unike banekortnavn i FKB Banenettverk⁶. Flere av disse er enten planlagt, nedlagt, museumsjernbane eller ute av drift. Vedlegg 10.1 viser en samlet oppstilling over unike jernbanestrekninger i FKB, tilordnet NTP transportkorridor, hvorvidt banestrekningen inngår i analysen og eventuelle merknader.

Vi gjør oppmerksom på at det ikke er noe entydig forhold mellom nasjonale transportkorridorer i NTP og de ulike banestrekningene i FKB. Tilordnede transportkorridorer må derfor betraktes som spesifikke for denne rapporten. Dette gjelder blant annet for Oslovet, som ikke er angitt med egen NTP-korridor i Figur 4-2. Oslovet er tilordnet NTP transportkorridor 0 i denne rapporten. Figur 4-3 viser beliggenheten til alle jernbanestrekningene som er brukt i analysen.

⁵ <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/nasjonal-transportplan/innsiktsartikler/nasjonale-transportkorridorer/id2476408/>

⁶ Felles kartdatabase: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/jernbane-banenettverk/c3da3591-cded-4584-a4b1-bc61b7d1f4f2>



Figur 4-3 Jernbanestrekninger som inngår i analysen i henhold til vedlegg 10.1. Banedata fra FKB Banenettverk. Høyderelieff frembragt fra nasjonal høydemodell 50 x 50 meter.

4.4.4 Overordnet om rutenettmetoden

Rapporten bygger på en frekvensanalyse over nåtidige og fremtidige klimapåkjenninger. Det er valgt å benytte frekvensanalyse fremfor sannsynlighetsanalyse. Årsaken til dette er at vi har for lite datamateriale til å kunne bygge troverdige sannsynlighetsfordelinger for hver hendelseskategori for de ulike delene av jernbanenettet. Til frekvensanalysen er det utviklet en metode hvor landets jernbanenett er inndelt i kartruter på 10*10 kilometer. Til hver rute er følgende opplysninger etablert:

- NTP transportkorridor
- Banestrekning
- Antall kilometer jernbanelinje
- Antall klimahendelser/kilometer jernbanelinje/år i 2023, fordelt på henholdsvis vegetasjonsbrann, styrtregnhendelser, flomhendelser og skredhendelser (avsnitt 4.2)
- Forventet frekvensendring for antall klimahendelser/kilometer jernbanelinje/år i 2100, fordelt på henholdsvis vegetasjonsbrann, styrtregnhendelser, flomhendelser og skredhendelser (avsnitt 4.2)

Det var opprinnelig intensjonen å også legge inn driftsavbruddskostnader/kilometer jernbanelinje/år i 2023. Dette har ikke latt seg gjøre på grunn av manglende tilgang på kostnadsdata.

Hver kartrute i rutenettet inneholder følgelig to registreringer per naturhendelseskategori, en registrering som sier noe om antall hendelser av denne kategorien i dag, og beregnet frekvensendring i år 2100. Framtidssituasjonen for et vilkårlig tidspunkt i perioden 2023 – 2100 vil da kunne kalkuleres ved å multiplisere dagens skadefrekvens med en lineær interpolert frekvensfaktor n år frem i tid. Dette kan gjøres med formel:

$$S_n = F_{2023} * \left(1 + \left(\left(\frac{F_{2100} - 1}{L} \right) * n \right) \right) \quad [1]$$

hvor:

S_n	forventet antall skader n år frem i tid
F_{2023}	skadefrekvens år 2023, fra modell eller observasjoner i Banedata
F_{2100}	beregnet skadefrekvens år 2100, fra modell
L	interpolasjonsperiodens lengde, dvs. år 2100 – 2023 = 77 år
n	antall år frem i tid

Metoden gjør det mulig for et hvilket som helst år i perioden 2023 – 2100 å hente ut forventet antall naturhendelser, fordelt på hver av de fire naturhendelseskategoriene i kapittel 2.1, sortert etter jernbanestrekning og/eller NTP transportkorridor.

Metoden gjør det også mulig å visualisere de samme opplysningene kartografisk i vilkårlig målestokk. Det vil i tillegg være mulig å legge opplysninger fra rutenettet tilbake til den enkelte banestrekning for videre analyse.

Opplysningene i rutenettet hentes fra de fire kartdatasettene som er beskrevet i avsnitt 4.2 og en tilrettelagt variant av FKB Banenettverk.

4.4.5 Data benyttet til analyse av vegetasjonsbrann

Det har vist seg vanskelig å fremskaffe en samlet oversikt over vegetasjonsbrannhendelser langs jernbanenettet. Det finnes ingen systematisk innsamling av slike opplysninger i Banedata⁷. I fravær av data, har vi valgt å benytte klimamodelldata fra Copernicus Fire Weather Index⁸ til å beskrive både dagens tilstand og forventet fremtidig tilstand for vegetasjonsbrann.

Fire Weather Index er en standardisert metode som beskriver brannfaren som en funksjon av vind og ulike klimatiske parametre som samlet påvirker brennbarheten til vegetasjon. Dess høyere indeks, dess høyere brannfare. Indeksen beregnes direkte fra klimamodeller.

Til bruk i denne analysen har vi beregnet forventede endringer i antall dager/år med middels og stor brannfare. Disse opplysningene er hentet ut for de to klimamodellperiodene 1981-2005 og 2079-2098. Nåtilstanden, det vil si antall dager med moderat eller stor brannfare i 2023, er beregnet ved lineær interpolasjon mellom disse to modellperiodene. Forventet frekvensendring i perioden 2023 – 2100 er deretter beregnet ved å dividere antall brannfaredager/år for året 2098 med antall brannfaredager i året 2023.

4.4.6 Data benyttet til analyse av flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning

Et uttrekk fra Bane NORs Banedata er benyttet til å beskrive dagens forekomst av flom- og skredhendelser som er utløst av styrtregn. Hendelsene i det opprinnelige datasettet er stedfestet ved hjelp av antall kilometer langs jernbanesporet fra Oslo sentralstasjon. For å kunne benytte dette datasettet til analyse, har Bane NOR omregnet den opprinnelige kilometreringen til absolutt kartreferanse⁹.

Begrepet «styrtregn» kan brukes på ulike måter. Definisjonen benyttet i gjeldende rapport er slik som Tabell 4-1 beskriver (Meteorologisk institutt, 2023). Definisjonen tar utgangspunkt i timesnedbør (nedbørmengde som faller i løpet av en time), og klassifiserer faren etter terskelverdier.

Tabell 4-1 Varslingsnivåer av styrtregn i 2023 (Meteorologisk institutt, 2023).

Farenivå	1-time nedbør
Gult	>20 mm
Oransje	>35 mm

Ifølge dagens varslingsrutiner varsles flom og skred som utløses av styrtregn og selve styrtregnhendelsen samlet, i ett felles varsel "Fare for overvann i tettbygde områder, lokale oversvømmelser, bekke- og elveløpsendringer, jord- og flomskred der regnbygene treffer". Det er derfor i tillegg benyttet et datasett som inneholder antall utsendte styrtregnavvarsler i perioden januar 2019 - september 2023 i hvert fylke. I gjeldende rapport benyttes dette datasettet til å fremskrive dagens registreringer i Banedata med hensyn til frekvens og forekomst av styrtregnhendelser.

Klimaframskrivningene er kun utarbeidet med døgnoppløste data. Den lange varigheten gjør det ikke mulig å analysere intens nedbør direkte. Rapport (NKSS, 2019) gir en oppsummering av hvordan korttidsnedbøren ventes å endre seg mot slutten av århundret (2071-2100), og gir grunnlag til vurderingene som er publisert i dagens klimaprofiler (NKSS, 2023).

NVE veileder (NVE, 2022) beskriver gjeldende dimensjoneringsgrunnlag som bør legges til grunn for sikker håndtering av overvann i arealplanlegging. Veilederen anbefaler å benytte nedbør med 100-års

⁷ Banedata er Bane NORs database over blant annet uønskede hendelser

⁸ <https://climate.copernicus.eu/fire-weather-index>

⁹ Alle kartanalyser er utført i kartreferansesystemet Euref89 UTM sone 33.

gjentakintervall som dimensjoneringsgrunnlag i kartlegging av overvannsfare. Meteorologisk institutt benytter 1-times varighet til å vurdere faren for flom og skred som utløses av styrtregn. I denne rapporten benyttes en faktor på 1,5 som ventet endring av nedbør med 1-times varighet i perioden 2071-2100 i forhold til dagens normalverdier. Denne «klimafaktoren» avhenger bl.a. av årlig gjentakssannsynlighet, nedbørvarighet, lokalitet, referanseperiode, scenarioperiode og klimamodell (global/regional). Klimafaktoren dekker med andre ord både fremtidige endringer i nedbørens mengde og frekvens (NKSS, 2019).

4.4.7 Data benyttet til analyse av flom i vassdrag

Banedata inneholder kun unntaksvis opplysninger om flomhendelser i større vassdrag. Det tas derfor utgangspunkt i en analysetype beskrevet i Klimaendring og fremtidige flommer i Norge (Lawrence, 2016), samt et datasett som inneholder antall utsendte flomvarsler i perioden januar 2016 - september 2023 i hver kommune. I gjeldende rapport benyttes dette datasettet til å fremskrive dagens normaltstand med hensyn til frekvens og intensitet på flom- og jordskredhendelser (NVE, 2023) som sådan.

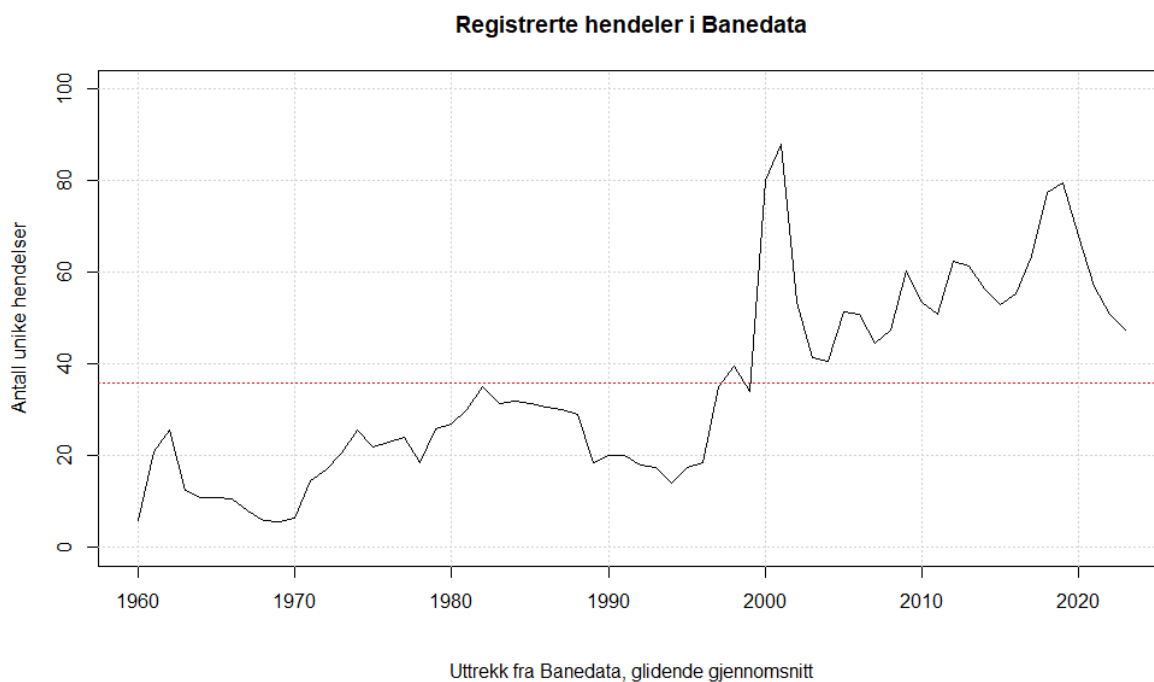
4.4.8 Data benyttet til analyse av skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning

Banedata inneholder et stort antall skredhendelser og steinsprang som sannsynligvis ikke er utløst av styrtregn. Det er benyttet skjønnsmessige logiske kombinasjoner av temperatur, skredstørrelse og værbeskrivelser for å skille ut disse hendelsene.

Det tas utgangspunkt i artikkelen utarbeidet i Norges Geotekniske Institutt (Kalsnes, et al., 2022). Funnene i denne artikkelen gir grunnlag til å benytte analysen utført av meteorologisk institutt, som viser nedbørframskrivninger i 2031–2060 og i 2071–2100, sammen med et datasett som inneholder antall utsendte jordskredvarsler i perioden januar 2016 - september 2023 i hver kommune. I gjeldende rapport benyttes datasettet til å beskrive «dagens normal» angående flom- og jordskredhendelser (NVE, 2023), mens nedbørframskrivninger gir grunnlag til skalering av normale verdier til fremtidige klima.

4.4.9 Usikkerhet

Banedata inneholder i skrivende stund 3164 registrerte hendelser. Etter 1960 fordeler 3030 av disse registreringene seg på 33 banestrekninger. Det eksisterer banestrekninger hvor en av de tre hendelseskategoriene ikke er registrert i Banedata. Det vil da hefte en usikkerhet ved hvorvidt fraværet av en hendelseskategori på denne banestrekningen a) skyldes at faktiske hendelser ikke er registrert, eller om b) hendelser av denne typen ikke er inntruffet på denne banestrekningen etter 1960.



Figur 4-4 Årlig antall unike hendelser registrert i Banedata fra 1960 - 2023. Den røde linjen viser gjennomsnittlig antall hendelser per år for hele perioden (Banedata).

Banedata viser stigende trend i antall registrerte hendelser over tid. Denne trenden er synlig, uavhengig om vi benytter registrerte rådata eller om vi betrakter ekstremværhendelser med et stort antall skader langs samme jernbanestrekning på samme dag som én unik hendelse, se Figur 4-4. Om den stigende trenden skyldes at antall hendelser faktisk øker, eller snarere skyldes at jernbaneansatte er blitt flinkere til å registrere hendelsene er ikke undersøkt nærmere. Andre mulige årsaker til den stigende trenden, kan være at antall tog på jernbanelinjen øker, eller at jernbanen får lov til å forfalle slik at samme regnhendelse fører til hyppigere stengning og lengre nedetid i dag enn tidligere. Trenden med økt nedbørfrekvens og nedbørintensitet er godt underbygget med observasjoner av nedbørens utvikling over tid (Kuya, Hanssen-Bauer, Mayer, & Heiberg, 2023). Det samme er konsekvensene som denne utviklingen påfører forsikringstager (Finans Norge, 2023). De grunnleggende antagelsene i denne rapporten bygger derfor på at a) antall hendelser endrer seg ulikt for ulike typer skadeårsaker over tid og b) endringen er reell selv om vi korrigerer for variasjoner i registreringsregime over tid.

Banedata mangler opplysninger om brannhendelser. Selv om vi vet at det forekommer brannhendelser langs jernbanelinjene på varme sommerdager, har det ikke latt seg gjøre å fremskaffe informasjon om disse hendelsenes beliggenhet, varighet eller konsekvens. Datasettet for vegetasjonsbrann er etablert fra klimamodelldata, som alltid vil være beheftet med stor kunnskapsusikkerhet.

Banedata er klassifisert i hendelsestypene Flom, Skred, Styrregnflomskred og Annet i henhold til klassifiseringsreglene i vedlegg 10.3. Det er funnet en del ulogiske kombinasjoner av vær- og temperaturbeskrivelser, som for eksempel regnvær på dager med streng kulde. Omkodningen er gjort etter beste skjønn, men det har ikke vært tid i oppdraget til inngående analyse og kvalitetssjekk. Vi tror likevel omkodningen er tilstrekkelig god til å gi et retningsgivende bilde av dagens klimatilstand for jernbanenettet.

Den korte perioden som dekker styrregnsvarslene (2019-2023) gir noe svakt grunnlag til å vurdere hva «normalen» er. Oppdragsrammen tillater ikke anskaffelse av et mer omfattende datasett. Ideelt sett bør det tas utgangspunkt i en periode som dekker en meteorologisk normalperiode på 30 år.

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Den korte perioden (2016 – 2023) som dekker flom- og jordskredvarslene gir også et noe svakt grunnlag til å vurdere hva «normalen» er. Dette er en begrensning som ligger i selve datasettet. Ideelt sett bør det også her benyttes en periode som dekker en meteorologisk normalperiode på 30 år.

4.5 Beskrivelse av dagens klimapåkjenninger

4.5.1 Vegetasjonsbrann

Vi vet at det hyppig oppstår branner langs jernbanelinjene i lange tørkeperioder, slik som sommeren 2018. Ettersom vi ikke har opplysninger om antall eller beliggenhet til disse brannene, er vi henvist til å skalere opp modelltall fra Copernicus. Tabell 4-2 viser Copernicus' fylkesvise endringer i antall brannfaredager/år i perioden 1981 – 2098, og beregnet frekvensendring i perioden 2023 - 2100. Figur 4-5 viser hvordan brannfrekvensendringen 2023 – 2100 forventes å opptre i landets ulike regioner i dag og i fremtiden. Frekvensendringer større enn 1,0 indikerer økning sammenlignet med i dag, mens frekvensendringer mindre enn 1,0 viser forventet reduksjon.

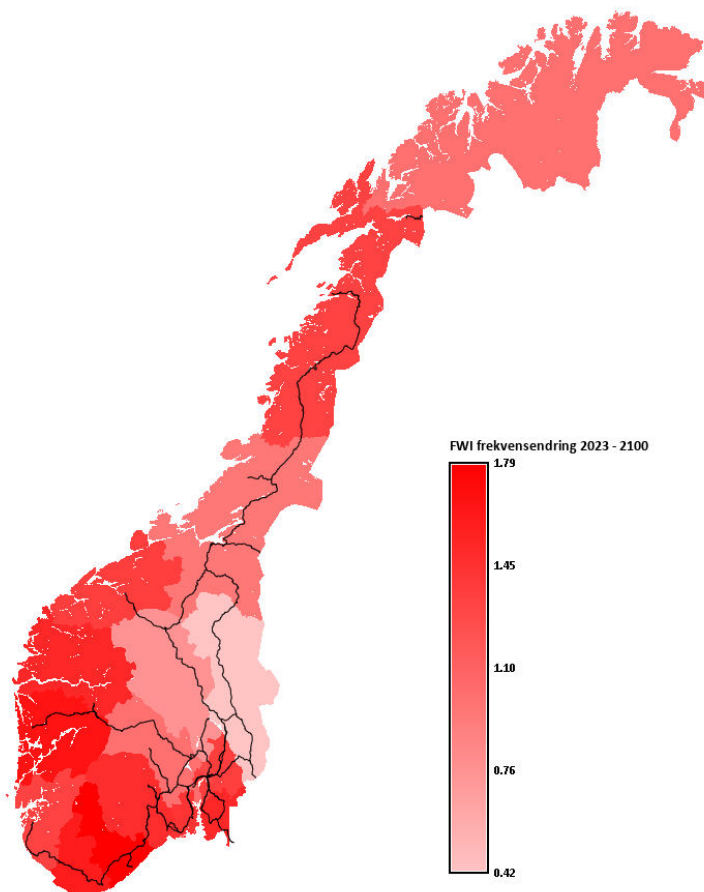
For jernbanenettet som sådan er det i gjennomsnitt 1,2 dager per år med middels eller stor brannfare i dag. Vestfold, Akershus, Hedmark og Rogaland har flest brannfaredøgn i dag.

Som det kommer frem, antyder klimamodellene at vi må forvente en økning i antall brannfaredager langs jernbanelinjen i kystnære deler av Sør-Norge og Nordland. Innlandet og Trøndelag ser derimot ut til å gå mot en reduksjon i antall brannfaredøgn i fremtiden. Det er også interessant å merke seg at økningen i antall årlige brannfaredøgn ser ut til å sammenfalle delvis med de delene av landet hvor det i dag utstedes flest flomvarsler, se Figur 4-14. En mulig årsak til denne tilsynelatende selvmotsigelsen, kan være at vi er på vei inn i et klimamønster hvor ulike værtyper blir liggende lenge når de først inntreffer. I Viken fylke 2023 startet for eksempel våren med langvarig kulde, deretter langvarig tørke med skogbrannfare, og til slutt kraftig regn og flom på sensommeren. Vi kan dermed befinne oss i en situasjon hvor faren for både brann og flom øker samtidig langs samme jernbanestrekning.

Tabell 4-2 Antall dager i året med midlere eller høyere brannfareindeks i henhold til European Forest Fire Information System (EFFIS). Se Tabell 4-8 for forventede endringer for enkeltårene 2025, 2036 og 2060 (Copernicus Fire Weather Index).

Fylke	Årlig antall brannfaredager og frekvensendring		
	Perioden 1981-2005	Perioden 2079-2098	Frekvensendring 2023 - 2100
Akershus	2,30	3,90	1,36
Aust-Agder	1,00	3,20	1,79
Buskerud	1,60	1,60	1,00
Finnmark	0,40	0,40	1,00
Hedmark	1,90	0,60	0,42
Hordaland	0,80	2,10	1,66
Møre og Romsdal	1,70	2,90	1,36
Nord-Trøndelag	1,30	1,20	0,95
Nordland	0,50	0,80	1,32
Oppland	0,90	0,60	0,76
Oslo	1,10	1,70	1,29
Rogaland	1,80	2,90	1,32
Sogn og Fjordane	0,80	1,70	1,51
Sør-Trøndelag	1,30	1,20	0,95
Telemark	1,50	3,00	1,47

Troms	0,40	0,40	1,00
Vest-Agder	1,20	2,90	1,60
Vestfold	3,20	5,90	1,42
Østfold	1,90	4,03	1,51



Figur 4-5 Kart som viser forventet frekvensendring i antall dager/år med middels eller stor brannfare i perioden 2023 – 2100 (Copernicus Fire Weather Index).

4.5.2 Flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning

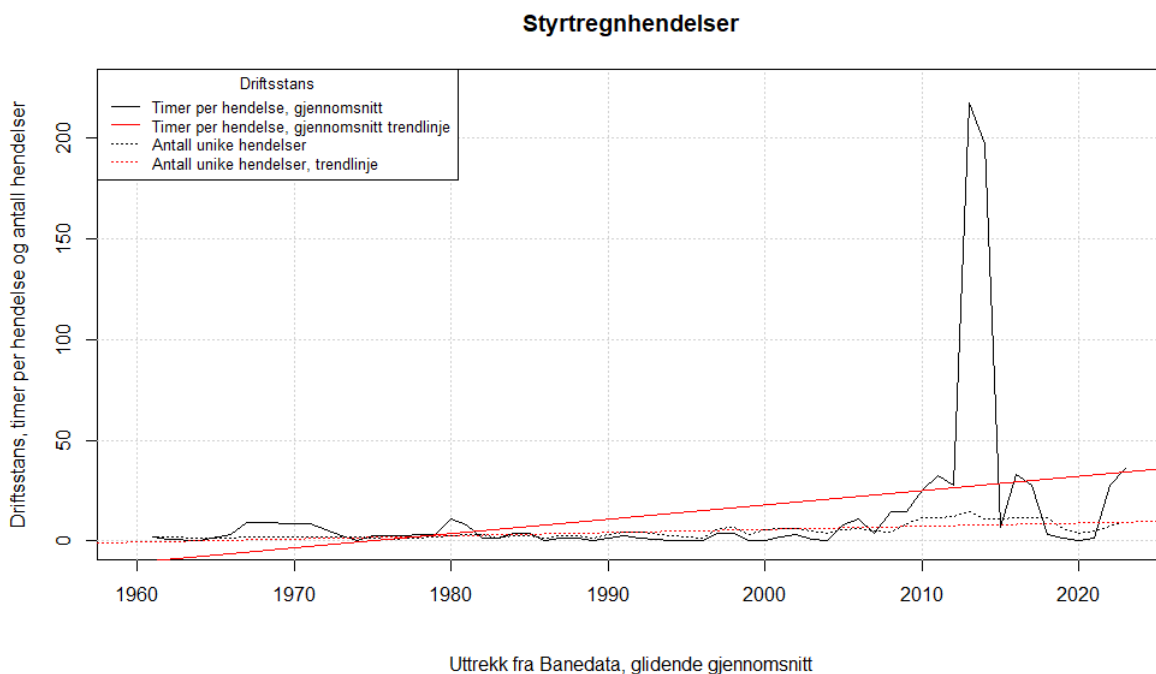
Fra tid til annen inntreffer værtilstander som utløser mange skader over store områder. Et eksempel kan være Dovrebanen i 2013, som er registrert med 56 styrtregnhendelser på kort tid. Disse hendelsene har samme årsak, og behandles følgelig som én hendelse for ikke å gi feil inntrykk av frekvensutviklingen over tid. Hendelser av samme kategori, banestrekning og dato er av denne årsak tildelt en unik hendelsid som er benyttet til diskusjonen nedenfor.

Banedatas hendelsesregistreringer i perioden 1960 – 2023 dokumenterer at jernbanen opplever en moderat, men jevnt økende hyppighet i antall årlige styrtregnhendelser. På Figur 4-6 ser vi at den økende trenden i hovedsak drives av en økning i antall årlige hendelser etter 2005.

Banedata inneholder videre opplysninger om hvor lenge banen er stengt når hendelser inntreffer. Differansen er beregnet i antall timer og midlet med to års filter. Figur 4-6 viser økende trend i antall timer jernbanen er stengt når skade oppstår. At driftsstansens lengde ser ut til å øke brattere enn hyppigheten til regnhendelsene som skaper den, skyldes antagelig økning i regnhendelsenes intensitet, eventuelt økt

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

avrenning som følge av mildere klima og snøsmelting. En alternativ forklaring kan være at aldrende infrastruktur og mangelfullt vedlikehold understøtter en slik utvikling. Vi har imidlertid ikke tilgang til opplysninger som antyder at dette er en mer sannsynlig årsak enn økende nedbørintensiteter.



Figur 4-6 Utvikling i årlig antall unike styrtregnhendelser og gjennomsnittlig nedetid per hendelse i perioden 1960 - 2023. Sort strek viser glidende gjennomsnitt med to års filter. Rød linje viser lineær trend med to års glidende filter (Banedata).

Tabell 4-3 oppsummerer registrerte hendelser og gjennomsnittlig driftstans utløst av styrtregn. Fremstillingen gir ingen god oversikt, så vi har laget en meget enkel oppstilling i Tabell 4-4 som viser sammenhengen mellom skredmassenes sammensetning, volum og driftstansens varighet. Vi har i tillegg foretatt en enkel faktoranalyse for å se nærmere på sammenhengen mellom driftstansens lengde, registreringsår, værforhold, temperatur, skredvolum og type skred. Vi gjør oppmerksom på at faktoranalysen omfatter alle skredtyper, også skredtyper som ikke utløses av styrtregn. Faktoranalysen skiller ut to komponenter som til sammen forklarer 98 % av variansen i datasettet. Den første og viktigste komponenten forklarer over 60 % av variansen, hvor skredets volum er klart dominerende. Vi kan dermed slå klart fast at skredets volum er en tydelig determinant for driftstans.

Den neste komponenten i faktoranalysen forklarer gjenværende varians (38 %). Også denne komponenten er sterkt, positivt dominert av skredvolum. Skredvolumet ser ut til å være omvendt assosiert med temperatur, hvilket antyder at skredvolumet tenderer å øke med fallende temperatur. Driftstansens lengde er også omvendt assosiert med registreringsår, hvilket antyder at skredenes størrelse avtar med tiden. Når driftstansens lengde likevel øker med årene, må det skyldes at skredenes sammensetning endrer seg med tiden. Dette bekreftes av faktoranalysen, som viser at skredets sammensetning virker nokså tydelig inn på driftstansens varighet, men i mindre grad enn temperaturen på hendelsestidspunktet. Oppsummert kan det dermed se ut til at vi har en utvikling i skredtilstanden som ser slik ut:

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

1. Antall skred øker med tiden
2. Skredenes størrelse avtar med tiden
3. Skredenes massesammensetning endrer seg med tiden
4. Driftsstansens lengde øker med tiden som følge av endret massesammensetning

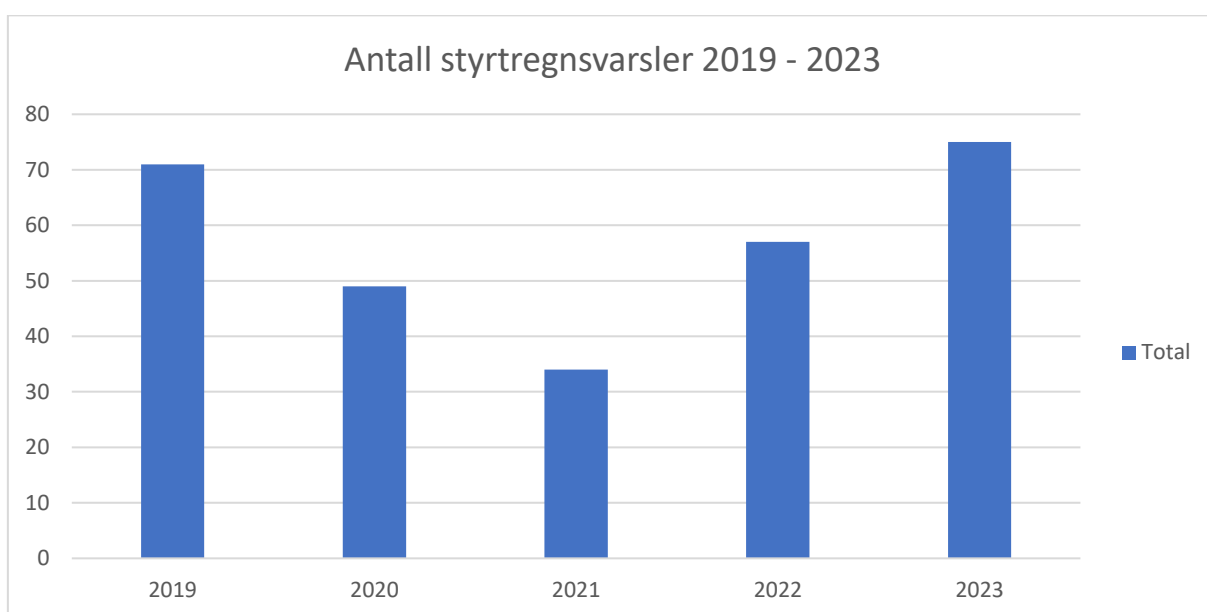
Tabell 4-3 Antall registrerte unike hendelser og gjennomsnittlig driftsstans utløst av styrtregn, fordelt på skredvolum etter 1960. Sortert etter driftsstans og skredvolum. Se teksten for mer detaljert tolkning. (Banedata).

Skredtype	Skredvolum, m ³	Antall unike hendelser	Driftsstans, timer
Vann, stein, jord	<0, 5	9	3,00
Sørpeskred vann, snø og is	<0, 5	4	5,13
Vann, snø, is	>500	1	0,00
Sørpeskred vann, snø og is	>500	2	9,88
Flomskred vann, jord og stein	>500	7	116,37
Vann, stein, jord	>500	3	138,01
Sørpeskred vann, snø og is	0, 5-5	13	0,00
Vann, stein, jord	0, 5-5	22	0,59
Vann, snø, is	0, 5-5	13	0,84
Vann	0, 5-5	14	8,92
Flomskred vann, jord og stein	0, 5-5	46	175,95
Flom, overvann	0, 5-5	5	251,39
Vann, snø, is	100-500	4	3,57
Vann	100-500	1	14,00
Sørpeskred vann, snø og is	100-500	2	18,99
Vann, stein, jord	100-500	9	68,52
Flomskred vann, jord og stein	100-500	10	86,00
Flom, overvann	100-500	2	191,42
Vann, stein, jord	25-100	18	7,45
Vann, snø, is	25-100	13	8,77
Vann	25-100	1	9,00
Sørpeskred vann, snø og is	25-100	2	15,63
Flom, overvann	25-100	7	182,10
Flomskred vann, jord og stein	25-100	31	265,02
Vann	5-25	2	0,00
Vann, snø, is	5-25	18	1,10
Sørpeskred vann, snø og is	5-25	17	4,46
Vann, stein, jord	5-25	26	14,65
Flom, overvann	5-25	5	132,88
Flomskred vann, jord og stein	5-25	29	350,08

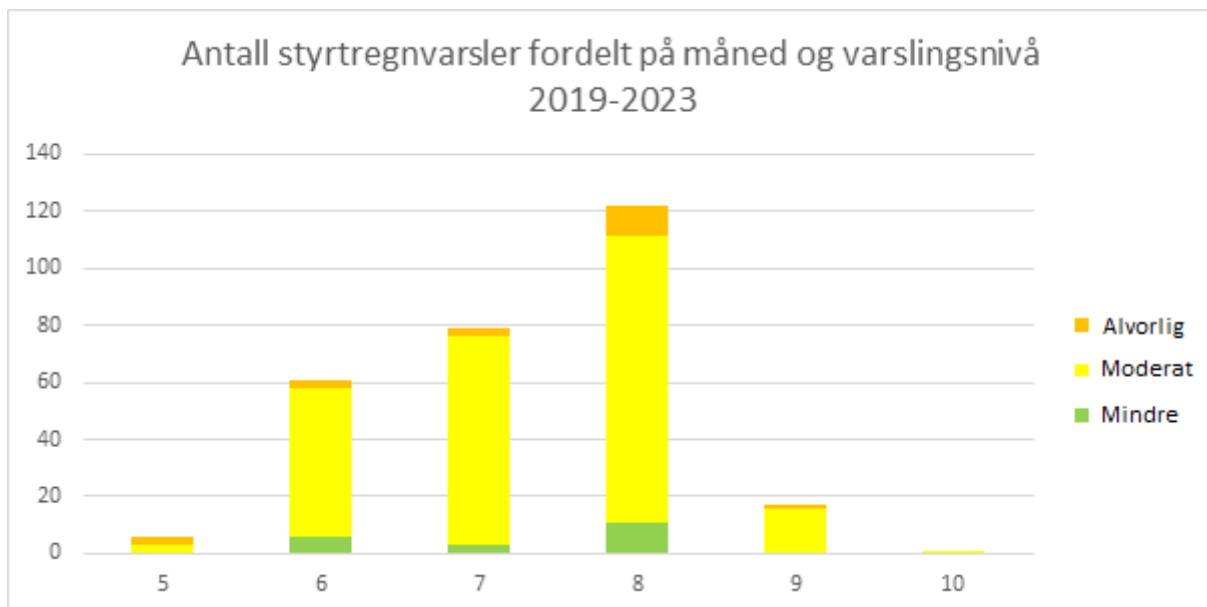
Tabell 4-4 Enkel oppsummering av driftsstansens varighet, fordelt på tørre og våte skredtyper og skredvolum (Banedata).

Driftsstans (timer)	Skredvolum, m ³					
	< 0,5	0,5 - 5	5 - 25	25 - 100	100 - 500	> 500
Tørre skredtyper, snø	4	0	3	10	9	7
Våte skredtyper, jord- og steinrelatert	3	1	15	8	69	207

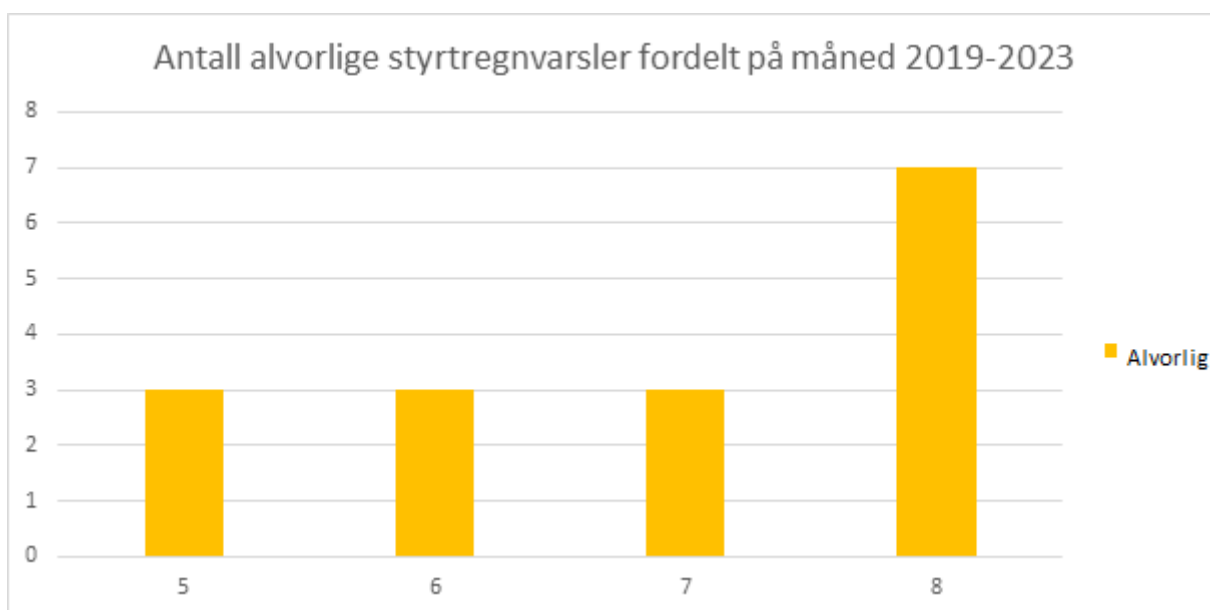
Figur 4-7 til Figur 4-9 viser antall utstedte styrtregnavarsler for Norge 2019 – 2023. Det er ingen klar trend i utviklingen av antall utsendte styrtregnavarsler i denne korte perioden. August skiller seg klart ut, både når det kommer til antall utstedte styrtregnavarsler og varselets alvorlighetsgrad.



Figur 4-7 Årlig antall publiserte styrtregnavarsler i perioden januar 2019 – september 2023 (Meteorologisk institutt).



Figur 4-8 Årlig antall publiserte styrtregnvarsler fordelt på måned og varslingsnivå i perioden januar 2019 – september 2023 (Meteorologisk institutt).



Figur 4-9 Antall alvorlige styrtregnvarsler (oransje varsler) fordelt på måned i perioden januar 2019 – september 2023. Slike varsler utstedes primært i sommermånedene mai - august. Det utstedes mer enn dobbelt så mange styrtregnvarsler i august sammenlignet med månedene mai - juli.

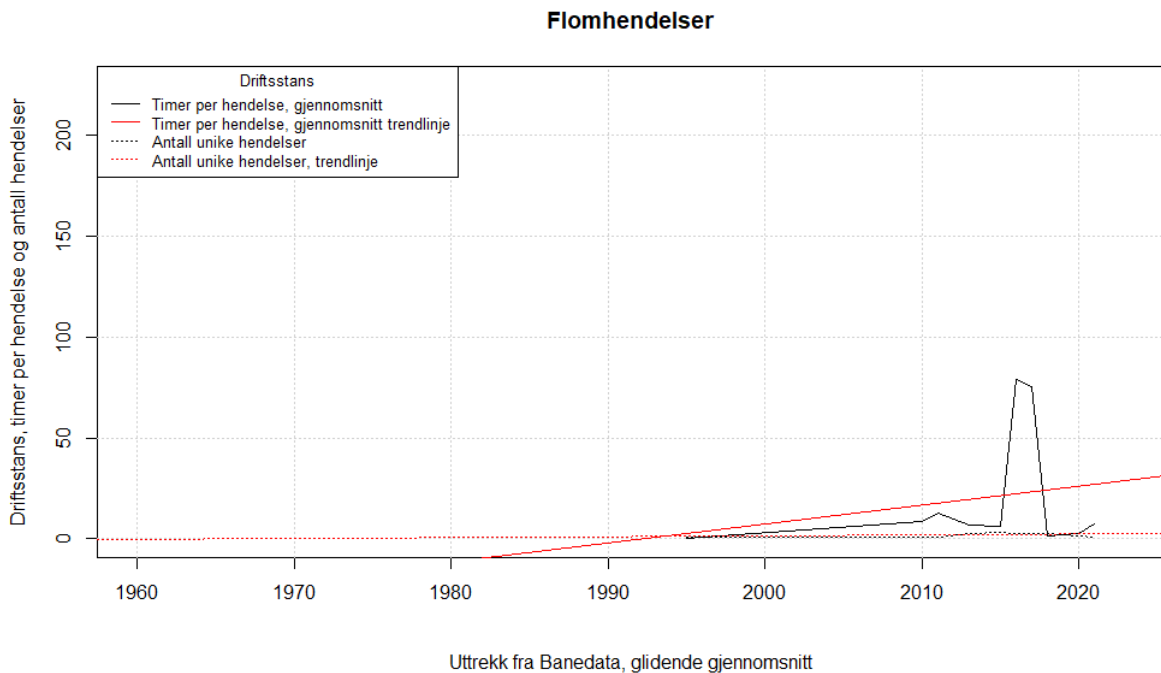
Tabell 4-5 på neste side viser fordelingen i antall utstedte styrtregnvarsler for landets fylker i perioden 2019 – 2023. Indre deler av Østlandet, Telemark og Vest-Agder ser ut til å motta flest varsler i perioden.

Tabell 4-5 Antall styrtregnavarsler publisert i perioden januar 2019 – september 2023 fordelt på fylke og varslingskategori. Meteorologisk institutt.

Fylke	Antall varsler perioden 2019 - 2023		
	Gul kategori (moderate)	Oransje kategori (severe)	Sum
Akershus	10	5	16
Aust-Agder	18	4	22
Bergen	0	0	0
Buskerud	13	5	18
Finnmark	4	0	4
Hedmark	16	3	20
Hordaland	6	3	9
Møre og Romsdal	3	2	6
Nordland	1	0	1
Nord-Trøndelag	5	0	5
Oppland	13	5	18
Oslo	8	5	13
Østfold	13	3	17
Rogaland	3	1	5
Sogn og Fjordane	8	3	11
Sør-Trøndelag	5	2	7
Svalbard	0	0	0
Telemark	18	5	23
Troms	0	0	0
Vest-Agder	18	3	21
Vestfold	11	5	16

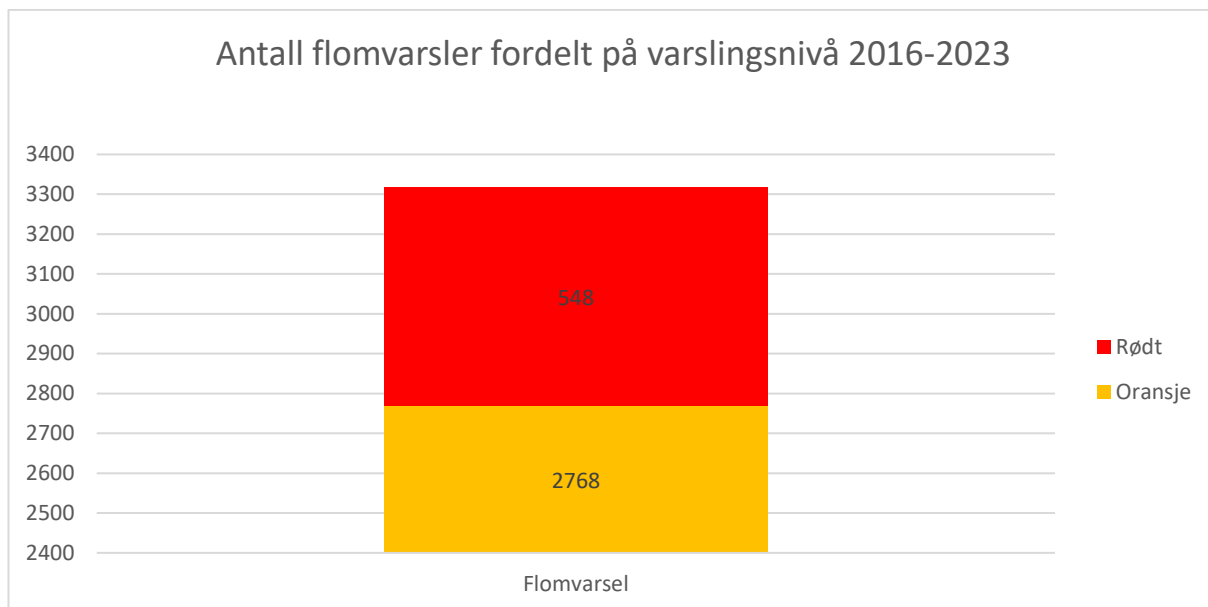
4.5.3 Flom i vassdrag

Banedata er ikke tilrettelagt for registrering av flomhendelser. Vi har likevel tatt med denne kategorien for fullstendighetens skyld. Storflommen i 1995 (Vesleofsen) er registrert som én hendelse uten varighet på Dovrebanen, mens det i 2013 ble registrert 32 flomhendelser på samme bane. Skjevheten i datamaterialet gjør det ikke meningsfullt å trekke entydige konklusjoner om utviklingen i antall flomhendelser over tid basert på Banedata alene, se Figur 4-10. Vedlegg 10.6 viser kart over dagens registreringer i banedata, utstedte flomvarsler i dag, og forventet utvikling frem mot år 2100. Som det kommer frem utstedes det en rekke varsler i dag som ikke lar seg gjenfinne i Banedata.

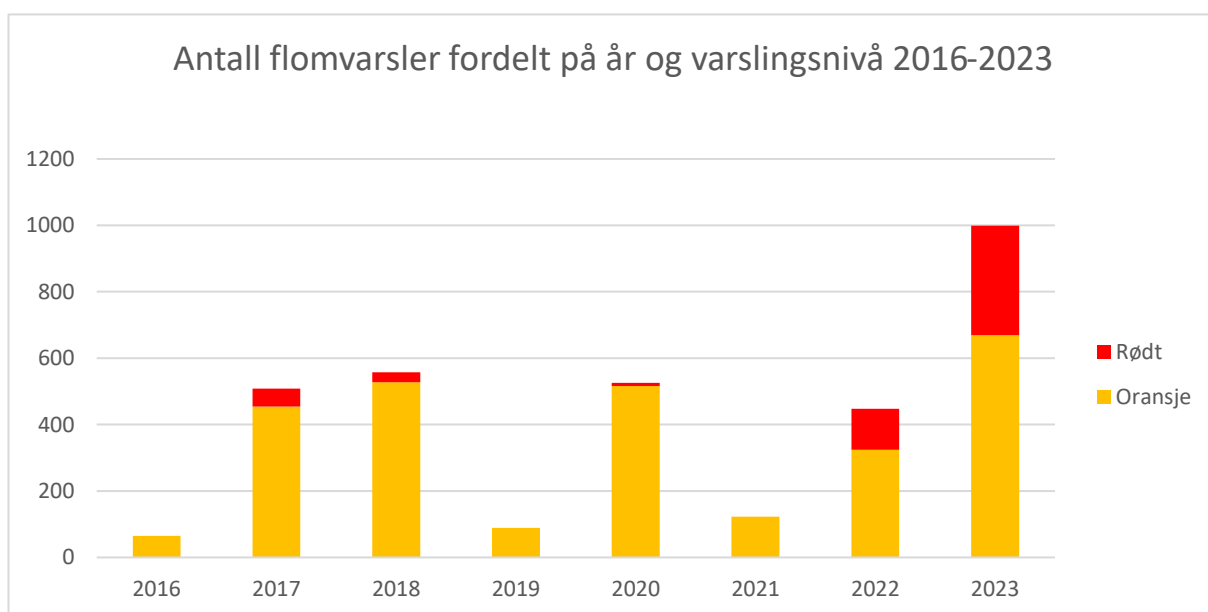


Figur 4-10 Utviklingen i årlig antall unike flomhendelser og gjennomsnittlig nedetid per hendelse i perioden 1960 - 2023. Sort strek viser glidende gjennomsnitt med to års filter. Rød linje viser lineær trend. Trendlinjene påvirkes av at storflommen i 1995 er registrert som hendelse uten driftsstans. Se forbehold i teksten (Banedata).

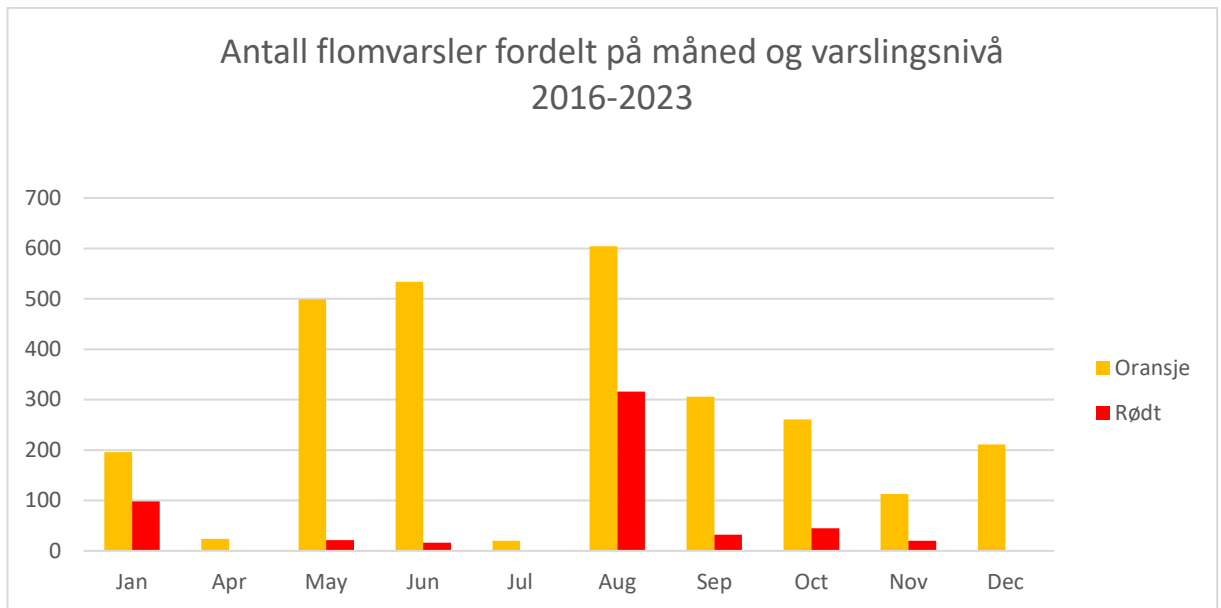
Figur 4-11 til Figur 4-13 viser utviklingen i antall utstedte flomvarsler i perioden 2016 – 2023. Et oransje varsel utstedes ved sjeldne hendelser som kan føre til alvorlig skade. Røde varsler indikerer stor sjeldenhet, fare for omfattende skader, fare for tap av liv og helse og påvirkning på vesentlige samfunnsfunksjoner. Det utstedes bortimot fem ganger flere oransje enn røde flomvarsler. Dersom vi ser vekk fra ekstremhendelsen Hans i 2023, kan det se ut til at antall utstedte varsler er bortimot konstant over perioden. Flertallet av varslene fordeler seg på snøsmelteperioden på forsommeren og tidlig høst. De fleste varslene blir utstedt i august måned. I Figur 4-14 har vi vist gjennomsnittlig antall utstedte flomvarsler i perioden 2020-2022, fordelt på alle landets kommuner.



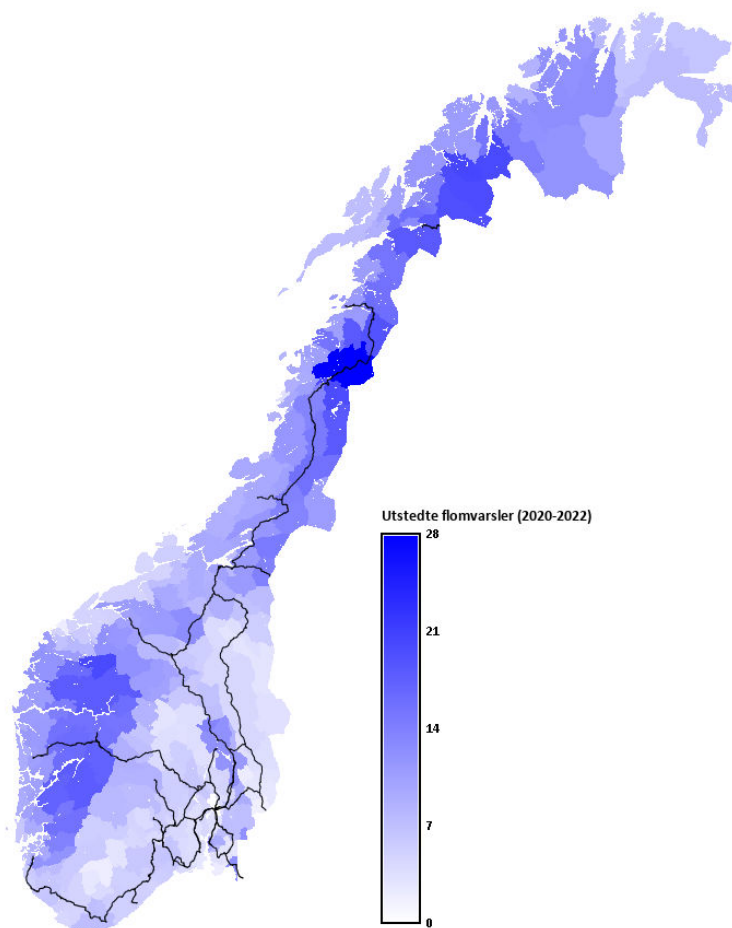
Figur 4-11 Antall publiserte flomvarsler fordelt på varslingsnivå i perioden januar 2016 – september 2023 (NVE).



Figur 4-12 Antall publiserte flomvarsler fordelt på år og varslingsnivå i perioden januar 2016 - september 2023. Det høye antallet varsler i 2023 skyldes ekstremværhendelsen 'Hans' (NVE).



Figur 4-13 Antall publiserte flomvarsler fordelt på årets måneder og varslingskategori i perioden januar 2016 - september 2023 (NVE).



Figur 4-14 Kart som viser gjennomsnittlig antall årlig utstedte flomvarsler i perioden 2020 – 2022 (NVE).

4.5.4 Skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning

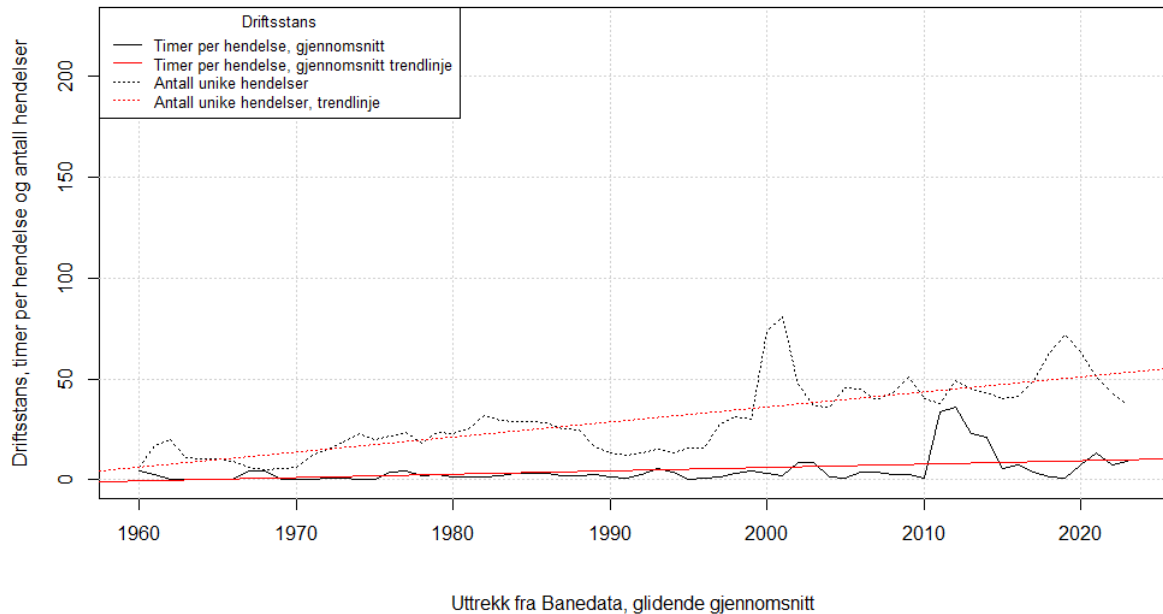
Banedata inneholder 1925 unike skredhendelser i perioden 1960 – 2023. Steinskred < 0.5 m³ dominerer klart i antall, med jordskred i størrelsesordenen 25 – 100 m³ på andre plass, se Tabell 4-6.

Utviklingen i antall skredhendelser og driftsstansens varighet er vist i Figur 4-15. Som for styrtregnhendelsene, er registreringene kategorisert etter unike hendelser og midlet med to års filter. Figuren viser at antall unike skredhendelser per år øker raskere enn driftsstansen som følger av dem. Dette kan tyde på at denne skredtypen først og fremst øker i frekvens, og ikke i størrelse. En mulig årsak kan kanskje være at slike skred først og fremst trigges av temperaturvekslinger rundt nullpunktet. Ettersom årsmiddeltemperaturen stiger, vil nullvekslingspunktet flytte seg gradvis nordover og oppover mot fjellregionen, og dermed kunne utløse økt hyppighet av denne typen skred.

Tabell 4-6 Skredhendelser i Banedata i perioden 1960-2023, etter skredtype, volum, antall unike hendelser og driftsstans (Banedata).

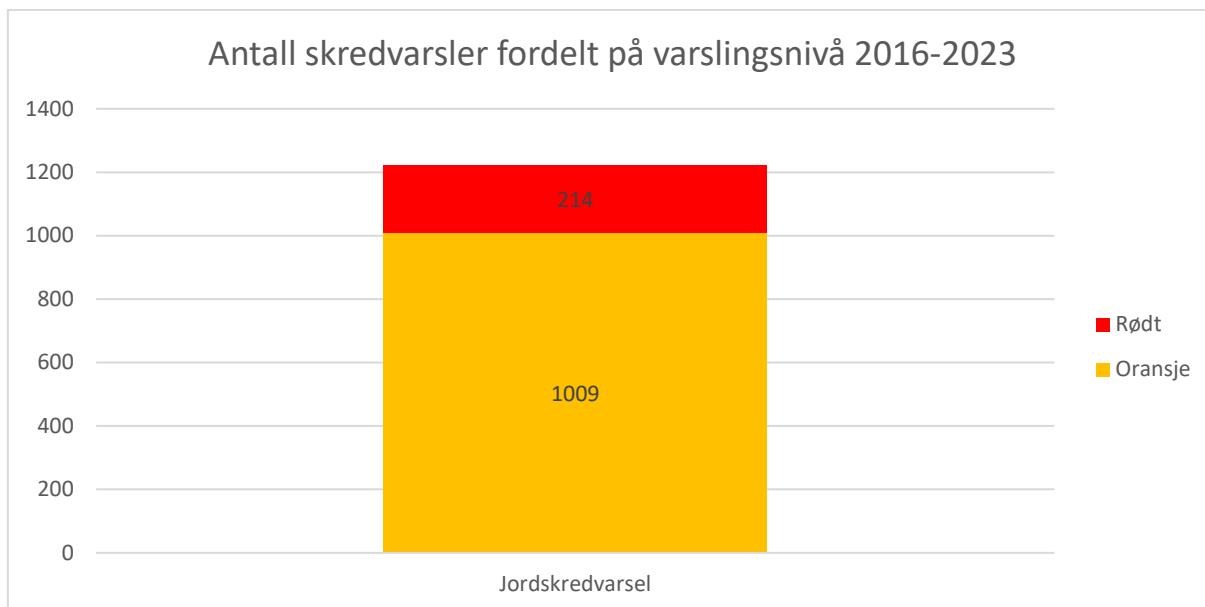
Rastype	Rasvolum, m ³	Antall unike hendelser	Driftsstans, timer
Is	25 - 100	111	0,45
Is, stein	0,5 - 5	45	1,30
Isnedfall	0,5 - 5	65	0,29
Jord	25 - 100	252	3,92
Jordskred	25 - 100	68	30,99
Snø	5 - 25	151	2,15
Snøskred	0,5 - 5	70	12,86
Stein	< 0.5	732	1,96
Stein, jord		157	30,23
Steinskred	100 - 500	112	11,84
Steinsprang enkeltblokker	< 0,5	261	1,80

Skredhendelser

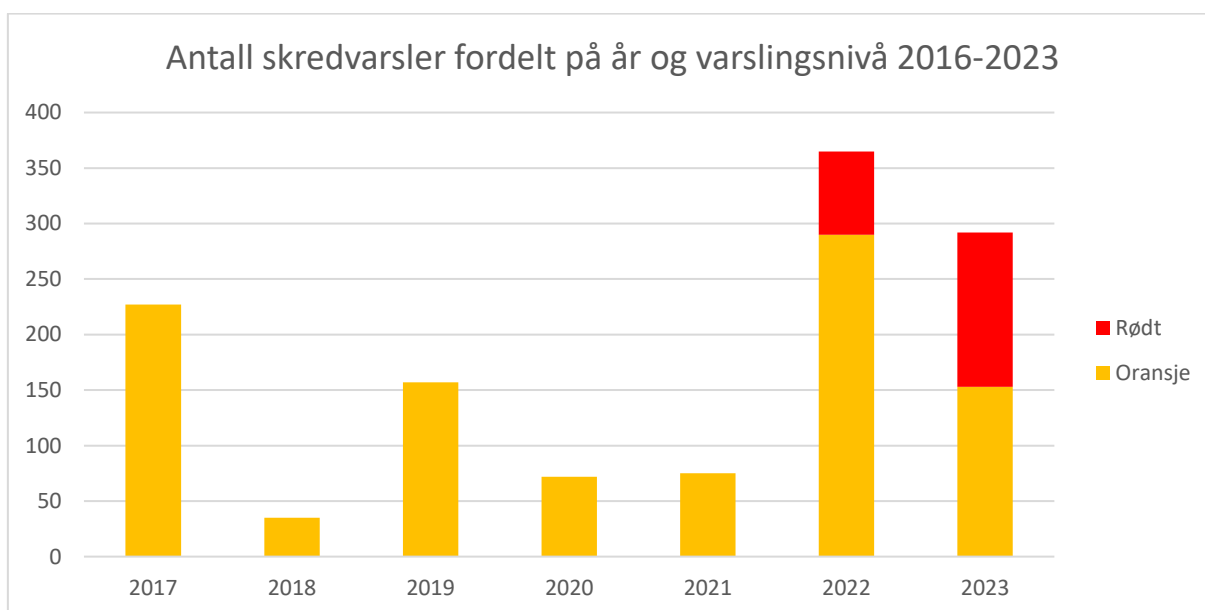


Figur 4-15 Utvikling i årlig antall unike skredhendelser og gjennomsnittlig nedetid per hendelse i perioden 1960 - 2023. Sort strek viser glidende gjennomsnitt med to års filter. Rød linje viser lineær trend (Banedata).

En gjennomgang av utsendte skredvarsler i perioden 2016-2023 viser at det utstedes 4,7 ganger flere gule enn røde varsler. Varslingsfargen følger samme kriterier som for flom. Fordeler vi antall jordskredvarsler over tid, kan det se ut til at vi har en stigende strend i antall utstedte varsler, se Figur 4-17. De fleste varslene blir utstedt rundt årsskiftet og på sensommeren.



Figur 4-16 Antall publiserte skredvarsler fordelt på varslingskategori i perioden januar 2016 - september 2023 (NVE).



Figur 4-17 Antall publiserte skredvarsler fordelt på år og varslingskategori i perioden januar 2016 - september 2023 (NVE).



Figur 4-18 Antall publiserte skredvarsler fordelt på årets måneder og varslingskategori i perioden januar 2016 - september 2023 (NVE).

4.5.5 Oversikt over dagens klimakostnader

Det har ikke latt seg gjøre å fremskaffe data som beskriver kostnadene over tid som følge av hendelsene som er registrert i Banedata. Jernbanedirektoratet har imidlertid fremskaffet en god oppstilling over samfunnskostnadene som følge av ekstremværet Hans 2023. Kostnadene er utarbeidet på tre nivåer:

1. *Fysisk skade på bane og anlegg, kr. 632 301 685*
2. *Innleie av personell og overtidsbetaling, kr. 824 771*
3. *Togkostnader, hvorav*
 - a. *Persontog, kr. 59 968 305*
 - b. *Godstog, kr. 53 000 000*

Ekstremværet Hans varte fra 7 – 9. august 2023. I Banedata ser denne hendelsen ut som vist i Tabell 4-7. Skadekostnadene ser primært ut til å være drevet av en rekke skredhendelser på Bergensbanen og Dovrebanen. Det er ikke registrert driftsstans på Dovrebanen. Dette kan skyldes at Randkleiv bru i skrivende stund fremdeles er stengt som følge av havari.

Hvis vi antar at 13 av disse 18 registrerte hendelsene gir et samlet bilde av skadene på jernbanen som følge av Hans, beløper samfunnskostnadene seg til minimum kr. 57 390 000¹⁰ per skadested, eller minimum kr. 768 200 per banekilometer for de berørte banestrekningene.

Tabell 4-7 Hendelser registrert i Banedata august og september 2023, og som antagelig er relatert til ekstremværehendelsen Hans (Banedata).

Banestrekning	Rapportert	Kategori	Rasvolum, m ³	Driftsstans, timer
Bergensbanen	30.08.2023	Skred	100 - 500	120
Bergensbanen	30.08.2023	Skred	0,5 - 5	120
Bergensbanen	30.08.2023	Skred	5 - 25	120
Bergensbanen	30.08.2023	Skred	25 - 100	120
Dovrebanen	20.08.2023	Skred	5 - 25	0
Dovrebanen	11.08.2023	Styrtregnflomskred	25 - 100	0
Dovrebanen	11.08.2023	Styrtregnflomskred	100 - 500	0
Dovrebanen	25.08.2023	Styrtregnflomskred	25 - 100	0
Dovrebanen	08.08.2023	Skred	25 - 100	0
Dovrebanen	13.08.2023	Styrtregnflomskred	100 - 500	0
Raumabanen	11.08.2023	Skred	25 - 100	0
Raumabanen	11.08.2023	Skred	25 - 100	0
Rørosbanen	28.08.2023	Styrtregnflomskred	25 - 100	0

¹⁰ Rettet i forhold til versjon 01.

4.6 Beskrivelse av fremtidige klimapåkjenninger

4.6.1 Vegetasjonsbrann

For hele jernbanenettet forventes en økning i antall brannfaredager per år som vist i Tabell 4-8. Tabell 4-9 viser hvordan endringene fordeler seg på ulike transportkorridorer og banestrekninger.

For året 2025 ventes høyest økning i antall brannfaredøgn i transportkorridor 5, 1 og 3. For korridor 2 og 6 ventes en nedgang sammenliknet med i dag. For de øvrige korridorene forventes ingen klar endring.

For året 2036 vil alle korridorer unntatt 2 og 6 oppleve klar økning i antall brannfaredøgn. For året 2060 vil trenden fra foregående periode forsterkes ytterligere. For Sørlandsbanen (korridor 3) forventes antall brannfaredøgn å øke med så mye som 22 %, sammenliknet med i dag.

Tabell 4-8 Forventet endring i årlig antall dager med middels eller ekstrem brannfare, fordelt på NTP korridor, sammenliknet med i dag.

NTP korridor	Antall dager med middels eller ekstrem brannfare 2023	Forventet endring i årlig antall dager med middels eller ekstrem brannfare fra 2023 (%)		
		2025	2036	2060
2	2,06	-0,43	-2,82	-8,02
6	1,77	-0,22	-1,44	-4,10
7	1,11	0,49	3,21	9,13
0	1,85	0,75	4,84	13,78
8	0,61	0,83	5,40	15,38
5	1,32	1,01	6,56	18,67
1	2,57	1,15	7,47	21,25
3	2,37	1,19	7,76	22,09

Tabell 4-9 Antall dager med middels eller ekstrem brannfare per år fordelt på NTP banekorridor og Banestrekning (Copernicus og Banenettverk).

NTP korridor	Banestrekning	Km	Forventet antall dager med middels eller ekstrem brannfare per år			
			2023	2025	2036	2060
0	Alnabanen	6,13	1,32	1,33	1,38	1,5
0	Askerbanen	17,44	2,7	2,72	2,86	3,16
0	Filipstadbanen	2,75	1,32	1,33	1,38	1,5
0	Follobanen	23,25	2,35	2,37	2,49	2,75
0	Godssporet Alnabru-Loenga	9,84	1,32	1,33	1,38	1,5
0	Spikkestadbanen	13,28	2,06	2,07	2,13	2,24
1	Østfoldbanen Sandbukta-Moss-Såstad (planlagt trasé)	10,54	2,66	2,7	2,89	3,31
1	Østfoldbanen vestre linje	169,46	2,35	2,38	2,53	2,86
1	Østfoldbanen østre linje	78,83	2,69	2,72	2,91	3,32
2	Kongsvingerbanen	115,19	2,06	2,06	2,06	2,06
3	Arendalsbanen	36,27	1,79	1,83	2,03	2,47
3	Bratsbergbanen	44,69	2,04	2,06	2,2	2,5
3	Brevikbanen	11,25	2,04	2,06	2,2	2,5
3	Drammenbanen	42,67	2,26	2,28	2,38	2,58
3	Numedalsbanen	92,82	1,6	1,6	1,6	1,6

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

3	Sørlandsbanen	543,48	1,92	1,94	2,08	2,38
3	Sørlandsbanen nordre tilsving Dalane	1,48	1,81	1,84	1,99	2,33
3	Tinnosbanen	39,53	2,04	2,06	2,2	2,5
3	Tinnosbanen Notodden kollektivterminal	0,82	2,04	2,06	2,2	2,5
3	Vestfoldbanen	129,01	3,7	3,74	3,96	4,43
3	Vestfoldbanen (gammel trasé)	48,56	4,01	4,05	4,29	4,82
3	Vestfoldbanen Drammen-Kobbervik (planlagt trasé)	8,19	1,6	1,6	1,6	1,6
3	Vestfoldbanen Nykirke-Barkåker (planlagt trasé)	13,64	4,17	4,22	4,47	5,01
5	Bergensbanen	371,64	1,37	1,38	1,45	1,61
5	Flåmsbana	20,53	1,12	1,13	1,22	1,39
5	Godssporet Bergen-Minde	3,22	1,27	1,29	1,41	1,67
5	Randsfjordbanen	69,15	1,58	1,58	1,58	1,57
5	Roa-Hønefossbanen	33,27	1,25	1,25	1,24	1,21
6	Dovrebanen	484,71	1,21	1,2	1,18	1,12
6	Dovrebanen (gammel trasé)	16,92	2,51	2,52	2,61	2,78
6	Dovrebanen Kleverud-Sørli (planlagt trasé)	17,99	1,43	1,41	1,29	1,03
6	Gardermobanen	66,81	2,68	2,7	2,84	3,14
6	Gardermobanen Venjar-Langset (planlagt trasé)	9,27	2,87	2,9	3,04	3,37
6	Gjøvikbanen	123,78	1,25	1,25	1,28	1,34
6	Hovedbanen	70,99	2,46	2,48	2,6	2,87
6	Raumabanen	114,93	1,48	1,49	1,53	1,63
6	Rørosbanen	383,47	1,37	1,35	1,27	1,11
6	Solørbanen	94,17	1,43	1,41	1,29	1,03
6	Stavne-Leangenbanen	6,16	1,26	1,26	1,25	1,23
6	Stavne-Leangenbanen søndre tilsving Stavne	0,66	1,26	1,26	1,25	1,23
7	Meråkerbanen	71,55	1,26	1,26	1,25	1,23
7	Namsosbanen	51,51	1,26	1,26	1,25	1,23
7	Nordlandsbanen	1 443,37	0,8	0,8	0,82	0,86
8	Ofofbanen	42,16	0,61	0,62	0,64	0,7
8	Ofofbanen Djupvik	1,26	0,61	0,62	0,64	0,7
8	Ofofbanen Katterat	1,4	0,61	0,62	0,64	0,7

4.6.2 Flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning

Årlig antall hendelser i Banedata som er forårsaket av styrtregn er fremskrevet som vist i Tabell 4-10. Figur 4-19 viser kartografiske framskrivninger for år 2036 og 2060. Tabell 4-11 viser hvordan tallene fordeler seg på ulike banestrekninger. Tabell 4-12 viser hvordan styrtregnavarslene fordeler seg på ulike fylker i fremtiden. Det er ikke registrert styrtregnhendelser på alle banestrekninger i Banedata.

Det generelle bildet er at vi kan forvente økt forekomst av styrtregnhendelser i årene som kommer. For året 2025 forventer vi størst økning langs korridor 3, 7 og 8, med omtrent 1 % sammenliknet med i dag. Den laveste økningen ventes i korridorene 5, 1 og 0.

For året 2036 forsterkes trenden. Transportkorridor 7 og 8 har da en forventet økning i antall styrtregnhendelser på rundt 8 %. Korridor 5, 1 og 0 vil fremdeles ha lavest økning, med rundt 6 % sammenliknet med i dag.

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Om klimafremskrivningene slår til, ser 2060 relativt dystert ut for denne hendelsestypen. I korridor 7 og 8 forventes en økning i antall styrtregnhendelser på over 22 % sammenliknet med i dag. Samtlige korridorer forventer en økning i antall årlige styrtregnhendelser på 17 % eller mer. Om denne frekvensøkningen får lov til å utvikle seg parallelt med en fortsatt økning i nedetiden som vist i Figur 4-6, vil det få store konsekvenser for jernbanens pålitelighet og økonomi i fremtiden. På den annen side kan det se ut til at den forventede økningen er noe mindre alvorlig enn en kan få inntrykk av ved å se på historisk utvikling i Banedata i perioden 1960 - 2023, som vist i Figur 4-4.

Tabell 4-10 Forventet endring i antall årlige flom- og skredhendelser forårsaket av styrtregn, fordelt på NTP korridor, sammenliknet med i dag.

NTP korridor	Antall flom- og skredhendelser forårsaket av styrtregn 2023	Forventet endring i årlig antall flom- og skredhendelser forårsaket av styrtregn fra 2023 (%)		
		2025	2036	2060
2	-	-	-	-
5	2,22	0,92	5,99	17,03
1	0,29	0,94	6,08	17,30
0	1,23	0,94	6,08	17,30
6	0,99	0,94	6,08	17,31
3	0,45	0,94	6,14	17,47
7	1,31	1,21	7,86	22,36
8	4,18	1,30	8,44	24,03

Tabell 4-11 Forventet antall styrtregnhendelser per år, fordelt på NTP banekorridor og banestrekning.

NTP korridor	Banestrekning	Antall flom- og skredhendelser forårsaket av styrtregn per år				
		Km	2023	2025	2036	2060
0	Alnabanen	6,13	2,00	2,00	2,00	2,00
0	Askerbanen	17,44	0,56	0,56	0,59	0,65
0	Filipstadbanen	2,75	1,06	1,01	1,06	1,17
0	Follobanen	23,25	0,83	0,61	0,64	0,70
0	Godssporet Alnabru-Loenga	9,84	2,00	2,00	2,00	2,00
0	Spikkestadbanen	13,28	0,91	0,92	0,96	1,07
1	Østfoldbanen Sandbukta-Moss-Såstad (planlagt trasé)	10,54	-	-	-	-
1	Østfoldbanen vestre linje	169,46	0,40	0,11	0,12	0,13
1	Østfoldbanen østre linje	78,83	0,17	0,17	0,18	0,20
2	Kongsvingerbanen	115,19	-	-	-	-
3	Arendalsbanen	36,27	0,63	0,64	0,67	0,74
3	Bratsbergbanen	44,69	0,86	0,87	0,92	1,01
3	Brevikbanen	11,25	-	-	-	-
3	Drammenbanen	42,67	0,54	0,53	0,55	0,61
3	Numedalsbanen	92,82	0,03	0,03	0,03	0,04
3	Sørlandsbanen	543,48	0,61	0,61	0,65	0,72
3	Sørlandsbanen nordre tilsving Dalane	1,48	-	-	-	-
3	Tinnosbanen	39,53	0,55	0,55	0,58	0,64
3	Tinnosbanen Notodden kollektivterminal	0,82	-	-	-	-
3	Vestfoldbanen	129,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

NTP korridor	Banestrekning	Antall flom- og skredhendelser forårsaket av styrtregn per år				
		Km	2023	2025	2036	2060
3	Vestfoldbanen (gammel trasé)	48,56	0,34	0,37	0,39	0,43
3	Vestfoldbanen Drammen-Kobbervik (planlagt trasé)	8,19	-	-	-	-
3	Vestfoldbanen Nykirke-Barkåker (planlagt trasé)	13,64	-	-	-	-
5	Bergensbanen	371,64	2,85	2,88	3,02	3,34
5	Flåmsbana	20,53	2,39	2,41	2,53	2,80
5	Godssporet Bergen-Minde	3,22	-	-	-	-
5	Randsfjordbanen	69,15	2,14	2,16	2,27	2,51
5	Roa-Hønefossbanen	33,27	1,50	1,51	1,59	1,76
6	Dovrebanen	484,71	1,86	1,88	1,98	2,19
6	Dovrebanen (gammel trasé)	16,92	1,50	1,51	1,59	1,76
6	Dovrebanen Kleverud-Sørli (planlagt trasé)	17,99	0,67	0,67	0,71	0,78
6	Gardermobanen	66,81	0,44	0,25	0,26	0,29
6	Gardermobanen Venjar-Langset (planlagt trasé)	9,27	2,00	2,02	2,12	2,35
6	Gjøvikbanen	123,78	0,60	0,19	0,20	0,22
6	Hovedbanen	70,99	0,61	0,34	0,35	0,39
6	Raumabanen	114,93	0,59	0,60	0,63	0,70
6	Rørosbanen	383,47	0,70	0,73	0,77	0,85
6	Solørbanen	94,17	0,15	0,15	0,16	0,17
6	Stavne-Leangenbanen	6,16	0,82	0,83	0,87	0,96
6	Stavne-Leangenbanen søndre tilsving Stavne	0,66	2,00	2,02	2,12	2,35
7	Meråkerbanen	71,55	1,32	1,34	1,40	1,55
7	Namsosbanen	51,51	0,10	0,11	0,11	0,12
7	Nordlandsbanen	1 443,37	2,50	2,59	2,77	3,16
8	Ofofbanen	42,16	2,54	2,57	2,76	3,15
8	Ofofbanen Djupvik	1,26	6,00	6,08	6,51	7,44
8	Ofofbanen Katterat	1,40	4,00	4,05	4,34	4,96

Tabell 4-12 Gjennomsnittlig antall forventede styrtregnavarsler i perioden 2071-2100 fordelt på fylke og farenivå (Meteorologisk institutt).

Fylke	Forventet antall varsler i perioden 2071 - 2100		
	Gul kategori	Oransje kategori	Sum
Akershus	15	8	24
Aust-Agder	27	6	33
Bergen	0	0	0
Buskerud	20	8	27
Finnmark	6	0	6
Hedemark	24	5	30
Hordaland	9	5	14
Møre og Romsdal	5	3	9
Nordland	2	0	2
Nord-Trøndelag	8	0	8
Oppland	20	8	27

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Oslo	12	8	20
Østfold	20	5	26
Rogaland	5	2	8
Sogn og Fjordane	12	5	17
Sør-Trøndelag	8	3	11
Svalbard	0	0	0
Telemark	27	8	35
Troms	0	0	0
Vest-Agder	27	5	32
Vestfold	17	8	24

4.6.3 Flom i vassdrag

Det er tynt med registreringer over rene flomhendelser i Banedata. Det er for eksempel ikke registrert flomhendelser i NTP transportkorridor 0, 1 og 2. Vi har likevel fremskrevet de hendelsene som foreligger for å anskueliggjøre mulige endring over tid, se Tabell 4-13. Figur 4-20 viser kartografiske framskrivninger for år 2036 og 2060.

Tabell 4-13 Antall flomhendelser per år etter NTP transportkorridor og Banestrekning (Banedata).

NTP korridor	Banestrekning	Forventet antall flomhendelser per år				
		Km	2023	2025	2036	2060
0	Alnabanan	6,13	-	-	-	-
0	Askerbanen	17,44	-	-	-	-
0	Filipstadbanen	2,75	-	-	-	-
0	Follobanen	23,25	-	-	-	-
0	Godssporet Alnabru-Loenga	9,84	-	-	-	-
0	Spikkestadbanen	13,28	-	-	-	-
1	Østfoldbanen Sandbukta-Moss-Såstad (planlagt trasé)	10,54	-	-	-	-
1	Østfoldbanen vestre linje	169,46	-	-	-	-
1	Østfoldbanen østre linje	78,83	-	-	-	-
2	Kongsvingerbanen	115,19	-	-	-	-
3	Arendalsbanen	36,27	-	-	-	-
3	Bratsbergbanen	44,69	-	-	-	-
3	Brevikbanen	11,25	-	-	-	-
3	Drammenbanen	42,67	-	-	-	-
3	Numedalsbanen	92,82	-	-	-	-
3	Sørlandsbanen	543,48	0,04	0,04	0,05	0,05
3	Sørlandsbanen nordre tilsving Dalane	1,48	-	-	-	-
3	Tinnosbanen	39,53	0,35	0,36	0,37	0,39
3	Tinnosbanen Notodden kollektivterminal	0,82	1,00	1,01	1,04	1,11
3	Vestfoldbanen	129,01	-	-	-	-
3	Vestfoldbanen (gammel trasé)	48,56	-	-	-	-
3	Vestfoldbanen Drammen-Kobbervik (planlagt trasé)	8,19	-	-	-	-
3	Vestfoldbanen Nykirke-Barkåker (planlagt trasé)	13,64	-	-	-	-

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

NTP korridor	Banestrekning	Forventet antall flomhendelser per år				
		Km	2023	2025	2036	2060
5	Bergensbanen	371,64	0,05	0,05	0,05	0,05
5	Flåmsbana	20,53	-	-	-	-
5	Godssporet Bergen-Minde	3,22	-	-	-	-
5	Randsfjordbanen	69,15	0,36	0,36	0,38	0,40
5	Roa-Hønefossbanen	33,27	0,37	0,37	0,38	0,40
6	Dovrebanen	484,71	0,70	0,71	0,72	0,75
6	Dovrebanen (gammel trase)	16,92	-	-	-	-
6	Dovrebanen Kleverud-Sørli (planlagt trasé)	17,99	-	-	-	-
6	Gardermobanen	66,81	-	-	-	-
6	Gardermobanen Venjar-Langset (planlagt trasé)	9,27	-	-	-	-
6	Gjøvikbanen	123,78	-	-	-	-
6	Hovedbanen	70,99	-	-	-	-
6	Raumabanen	114,93	0,38	0,38	0,40	0,44
6	Rørosbanen	383,47	-	-	-	-
6	Solørbanen	94,17	-	-	-	-
6	Stavne-Leangenbanen	6,16	-	-	-	-
6	Stavne-Leangenbanen søndre tilsving Stavne	0,66	-	-	-	-
7	Meråkerbanen	71,55	0,35	0,36	0,36	0,38
7	Namsosbanen	51,51	-	-	-	-
7	Nordlandsbanen	1 443,37	0,07	0,07	0,08	0,08
8	Ofofbanen	42,16	0,24	0,24	0,24	0,24
8	Ofofbanen Djupvik	1,26	-	-	-	-
8	Ofofbanen Katterat	1,40	-	-	-	-

Tabell 4-14 viser fordelingen av årlig antall forventede hendelser på de gjenværende transportkorridorene i fremtiden.

For året 2025 ventes ingen større endringer sammenliknet med i dag. Høyest endring i antall årlige flomhendelser finner vi i NTP transportkorridor 7, med en økning på 0,8 %.

I 2036 forventes en endring på 5 % i transportkorridor 7, og 4 % i korridor 3. Korridor 8 har lavest økning i flomsannsynlighet, med 0.5 % sammenliknet med i dag.

I 2060 forventer vi endringer i årlig antall flomhendelser på henholdsvis 15 og 7 % i henholdsvis korridor 7 og 3. For korridor 5 og 6 ser vi en endring på ca. 8 %, sammenliknet med i dag.

Tabell 4-14 Forventet endring i antall årlige flomhendelser, fordelt på NTP korridor, sammenliknet med i dag.

NTP korridor	Forventet endring i antall årlige flomhendelser fra 2023 (%)		
	2025	2036	2060
0	-	-	-
1	-	-	-
2	-	-	-
8	0,08	0,51	1,44

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

5	0,42	2,71	7,70
6	0,46	2,98	8,48
3	0,60	3,88	11,05
7	0,80	5,19	14,76

4.6.4 Skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning

Det foreligger skredregistreringer i samtlige NTP transportkorridorer unntatt korridor 4 i Banedata. Det forventes moderat økning i antall årlige skredhendelser på samtlige transportkorridorer. Figur 4-21 viser kartografiske framskrivninger for år 2036 og 2060. Tabell 4-15 viser hvordan endringen fordeler seg på de ulike transportkorridorene.

For året 2025 forventes ingen merkbar økning i antall årlige skredhendelser.

I år 2036 forventes en økning i antall årlige skredhendelser på minimum 2 % langs hele jernbanenettet. I transportkorridor 6 ventes endringen å være størst, med 2.8 %, sammenliknet med i dag.

For året 2060 ventes det samme bildet som 2036 å forsterkes ytterligere. Det forventes en økning på minimum 6 % for hele det norske jernbanenettet, sammenliknet med i dag. Høyest økning i antall skredhendelser ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning forventes i korridor 2, 7 og 6.

Tabell 4-15 Forventet endring i antall årlige skredhendelser som ikke er forårsaket av styrtregn, fordelt på NTP korridor, sammenliknet med i dag.

NTP korridor	Forventet endring i årlig antall skredhendelser ikke forårsaket av styrtregn fra 2023 (%)		
	2025	2036	2060
5	0,32	2,08	5,93
8	0,34	2,20	6,27
3	0,34	2,24	6,37
1	0,36	2,37	6,74
0	0,37	2,41	6,87
2	0,41	2,68	7,63
7	0,42	2,70	7,68
6	0,43	2,83	8,04

Tabell 4-16 Antall skredhendelser per år etter NTP transportkorridor og banestrekning.

NTP korridor	Banestrekning	Forventet antall skredhendelser per år				
		Km	2023	2025	2036	2060
0	Alnabanen	6,13	5,00	5,02	5,13	5,36
0	Askerbanen	17,44	3,56	3,57	3,63	3,77
0	Filipstadbanen	2,75	0,31	0,31	0,32	0,33
0	Follobanen	23,25	2,67	2,68	2,74	2,87
0	Godssporet Alnabru-Loenga	9,84	5,00	5,02	5,13	5,36
0	Spikkestadbanen	13,28	2,00	2,01	2,04	2,13
1	Østfoldbanen Sandbukta-Moss-Såstad (planlagt trasé)	10,54	1,00	1,00	1,02	1,06
1	Østfoldbanen vestre linje	169,46	1,57	1,58	1,61	1,68
1	Østfoldbanen østre linje	78,83	1,10	1,10	1,12	1,17

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

NTP korridor	Banestrekning	Forventet antall skredhendelser per år				
		Km	2023	2025	2036	2060
2	Kongsvingerbanen	115,19	0,24	0,24	0,25	0,26
3	Arendalsbanen	36,27	4,23	4,25	4,34	4,54
3	Bratsbergbanen	44,69	16,06	16,13	16,49	17,27
3	Brevikbanen	11,25	3,20	3,21	3,28	3,43
3	Drammenbanen	42,67	2,96	2,97	3,03	3,15
3	Numedalsbanen	92,82	0,65	0,66	0,68	0,72
3	Sørlandsbanen	543,48	5,78	5,83	5,93	6,15
3	Sørlandsbanen nordre tilsving Dalane	1,48	21,00	21,08	21,50	22,41
3	Tinnosbanen	39,53	2,68	2,69	2,75	2,89
3	Tinnosbanen Notodden kollektivterminal	0,82	2,00	2,01	2,06	2,16
3	Vestfoldbanen	129,01	1,99	2,00	2,04	2,13
3	Vestfoldbanen (gammel trasé)	48,56	3,51	3,52	3,59	3,75
3	Vestfoldbanen Drammen-Kobbervik (planlagt trasé)	8,19	2,67	2,68	2,74	2,86
3	Vestfoldbanen Nykirke-Barkåker (planlagt trasé)	13,64	6,00	6,02	6,14	6,39
5	Bergensbanen	371,64	40,04	40,12	40,55	41,49
5	Flåmsbana	20,53	93,20	93,26	93,56	94,22
5	Godssporet Bergen-Minde	3,22	1,00	1,00	1,03	1,09
5	Randsfjordbanen	69,15	1,72	1,73	1,77	1,86
5	Roa-Hønefossbanen	33,27	2,57	2,58	2,64	2,77
6	Dovrebanen	484,71	5,50	5,52	5,66	5,97
6	Dovrebanen (gammel trase)	16,92	7,25	7,28	7,43	7,75
6	Dovrebanen Kleverud-Sørli (planlagt trasé)	17,99	4,00	4,02	4,10	4,29
6	Gardermobanen	66,81	1,99	1,99	2,03	2,12
6	Gardermobanen Venjar-Langset (planlagt trasé)	9,27	7,00	7,02	7,15	7,43
6	Gjøvikbanen	123,78	3,59	3,60	3,68	3,83
6	Hovedbanen	70,99	2,82	2,83	2,89	3,01
6	Raumabanen	114,93	1,81	1,82	1,87	1,99
6	Rørosbanen	383,47	3,42	3,44	3,52	3,69
6	Solørbanen	94,17	0,02	0,02	0,02	0,03
6	Stavne-Leangenbanen	6,16	4,27	4,29	4,39	4,60
6	Stavne-Leangenbanen søndre tilsving Stavne	0,66	9,00	9,04	9,24	9,68
7	Meråkerbanen	71,55	5,29	5,31	5,41	5,63
7	Namsosbanen	51,51	2,04	2,05	2,11	2,23
7	Nordlandsbanen	1 443,37	15,18	15,24	15,61	16,40
8	Ofotbanen	42,16	37,78	37,91	38,59	40,08
8	Ofotbanen Djupvik	1,26	69,00	69,31	71,02	74,75
8	Ofotbanen Katterat	1,40	77,00	77,15	77,95	79,71

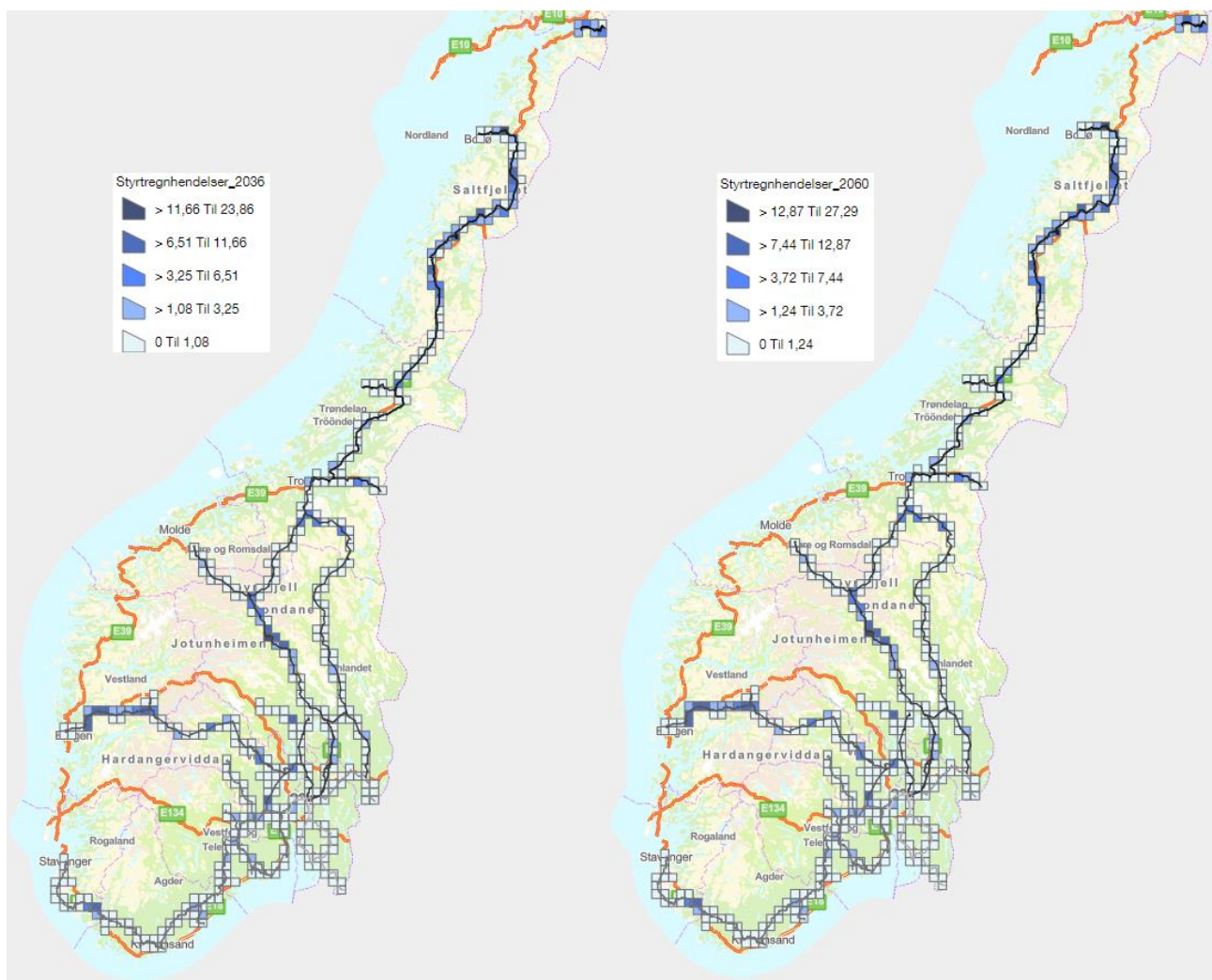
4.6.5 Sammenhengen mellom registrerte hendelser og utstedte varsler

Med unntak for vegetasjonsbrann, er hendelsene i Banedata fremskrevet med forventet utvikling fra modellerte varsler for flom, skred og styrtregn i fremtiden. Det har derfor interesse å se nærmere på sammenhengen mellom skadebildet som kommer frem i Banedata og hva som faktisk varsles.

Styrtregn

Vedlegg 10.5 viser fordelingen av styrtregnhendelser i Banedata i dag (venstre), varslede hendelser i dag (midt) og forventet endring frem mot år 2060 (høyre).

Figur 4-19 viser dagens tilstand fremskrevet til år 2036 og 2060. Sammenliknet med vedlegget, ser det ut til å være ganske dårlig samsvar mellom hvor styrtregn varsles i dag, og hvor skade faktisk oppstår. Dette kan ha sammenheng med at Banedata primært er tilrettelagt for å registrere skredhendelser, og at varslede styrtregnhendelser på sentrale deler av Østlandet dermed ikke fanges opp i tilstrekkelig grad.



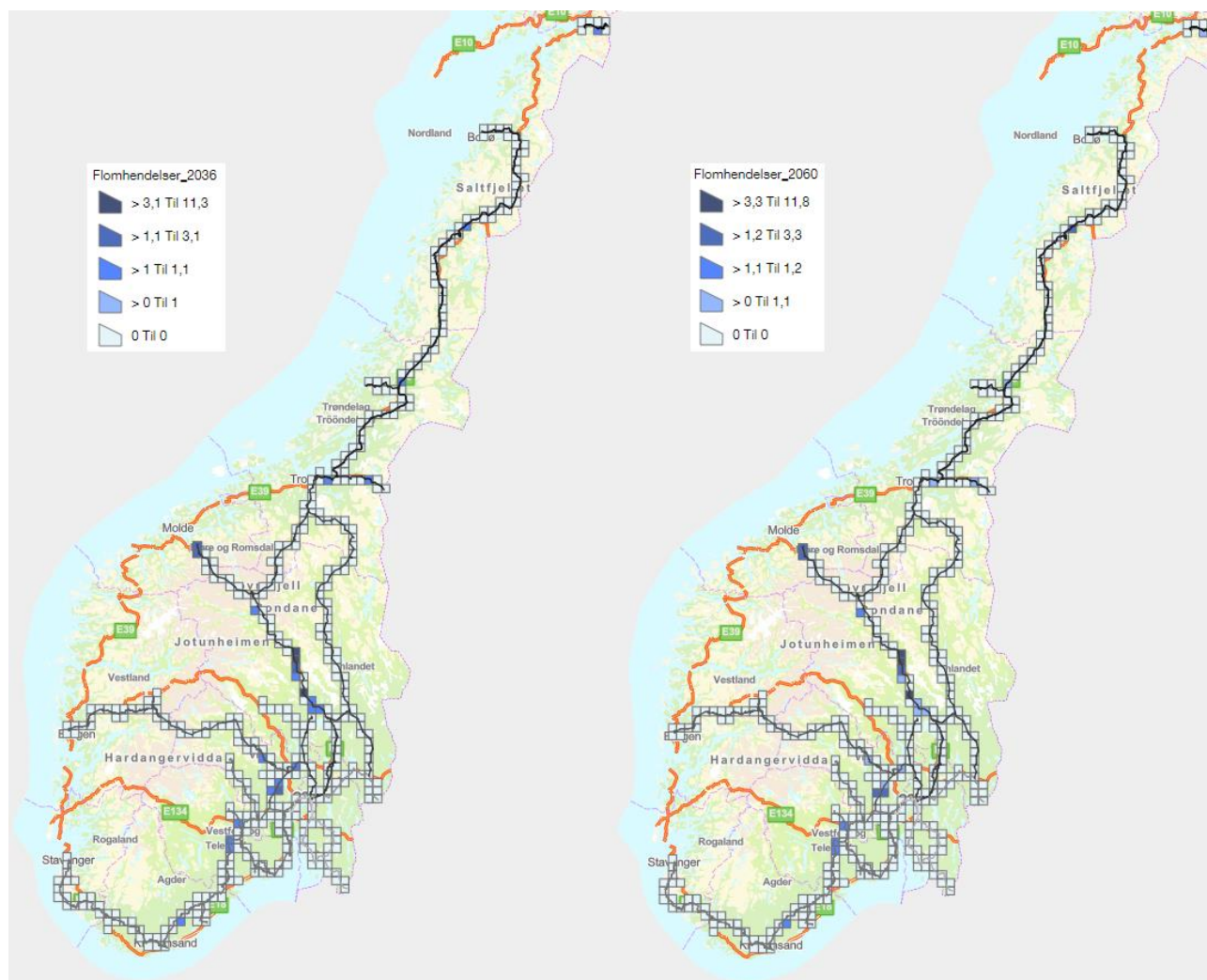
Figur 4-19 Registrerte styrtregnhendelser i Banedata, fremskrevet til år 2036 og 2060.

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Flom

Vedlegg 10.6 viser fordelingen av flomhendelser i Banedata i dag (venstre), varslede hendelser i dag (midt) og forventet endring frem mot år 2060 (høyre).

Figur 4-20 viser dagens tilstand fremskrevet til år 2036 og 2060. Det ser ut til å være noe bedre samsvar mellom beliggenheten til varslede og registrerte flomhendelser på Østlandet enn for styrtregn. Også her må det tas høyde for at flomhendelser er sparsomt registrert i Banedata.

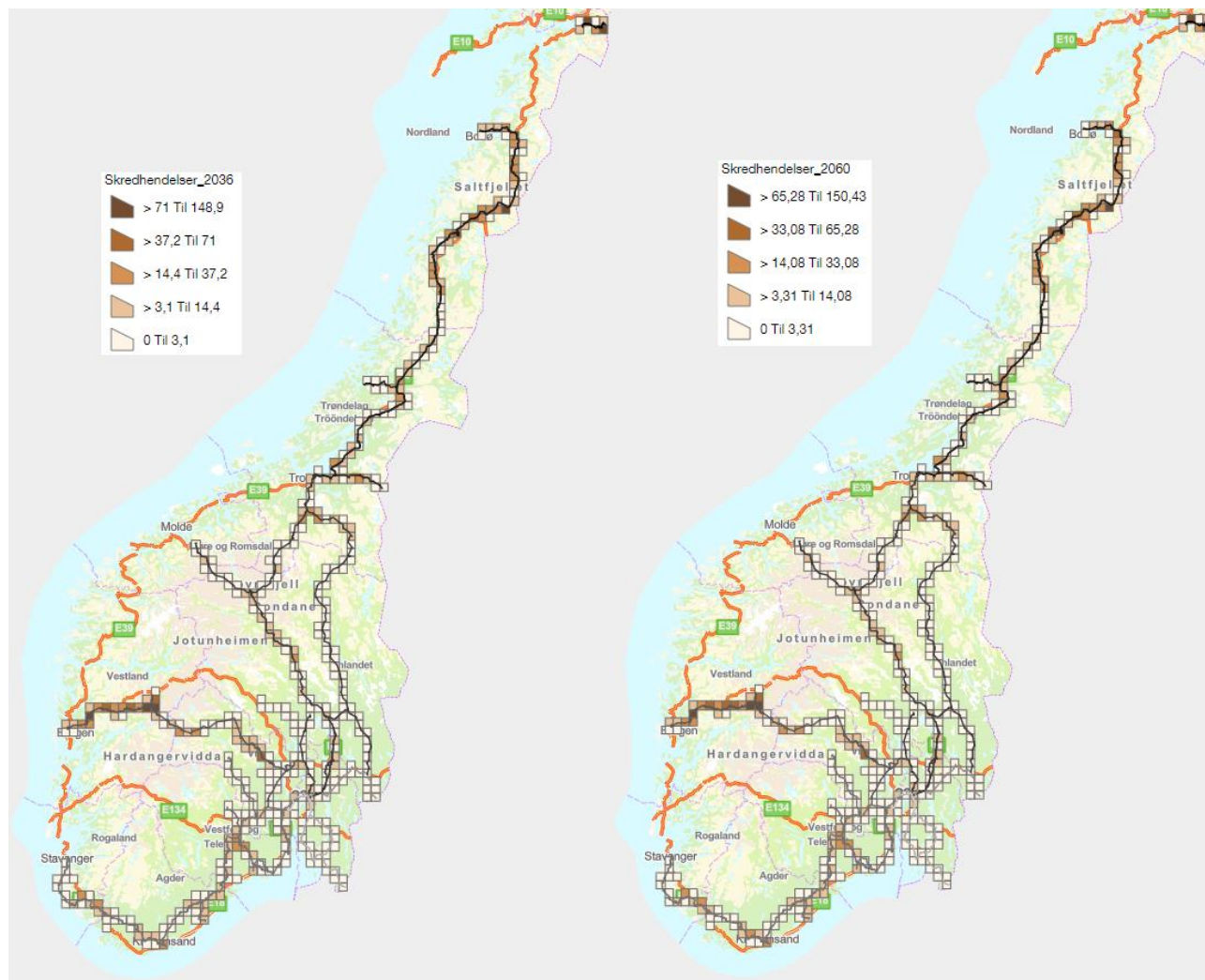


Figur 4-20 Registrerte flomhendelser i Banedata, fremskrevet til år 2036 og 2060.

Skred

Vedlegg 10.7 viser fordelingen av skredhendelser i Banedata i dag (venstre), varslede hendelser i dag (midt) og forventet endring frem mot år 2060 (høyre).

Figur 4-21 viser dagens tilstand fremskrevet til år 2036 og 2060. Det generelle bildet er at det er rimelig godt samsvar mellom varslede og registrerte hendelser for denne skredtypen.



Figur 4-21 Registrerte skredhendelser i Banedata, fremskrevet til år 2036 og 2060.

4.6.6 Usikkerhet

For styrtregn er det ingen direkte sammenheng mellom økt regnintensitet og frekvens. Klimafaktorene som blir benyttet i henhold til (NKSS, 2019) bør derfor brukes som tentative forslag. Det er antatt jevn endring i hele landet med 50 % økning av 100-års nedbør med 1-times varighet.

For flom og jordskred er det benyttet utvalgte vassdrag der klimajusterte flommer er vurdert. I rapporten er kun fysisk nærhet til disse vassdragene benyttet som utvalgsriterium. Det eksisterer også andre kriterier som er relevante, slik som geografisk høyde, samt hydrologiske og klimatiske egenskaper.

5 Jernbanenettets klimasårbarhet

Basert på mottatt datagrunnlag for dagens jernbanenett og klimahendelser i tillegg til påfølgende analyser, er det mulig å gi en kort jernbanefaglig redegjørelse for hvilke sårbarheter klimaendringene antas å påføre jernbanenettet i de fremtidige NTP-periodene.

NS 5814:2021, Krav til risikovurderinger (Standard Norge, 2021), definerer sårbarhet som «analyseobjektets manglende evne til å motstå uønskede hendelser eller varige påkjenninger, samt å opprettholde eller gjenoppta sin funksjon etterpå.» En uønsket hendelse er definert som en «hendelse som kan medføre tap av verdier». Verdier for jernbanen kan for eksempel være evnen til å frakte passasjerer og gods i seg selv, å ivareta liv og helse eller unngå materiell skade på gods og eget materiell. Gjennom disse funksjonene kan også andre samfunnsmessige verdier påvirkes.

Eksempler på naturrelaterte uønskede hendelser som kan påvirkes av klimaendringer kan være:

- Togsettet blir direkte truffet av skred eller steinsprang, og sporer av og/eller blir påført skade av masser i bevegelse.
- Togsettet kjører inn i et skred og sporer av.
- Vann undergraver sporet. Dette kan skje ved ulike mekanismer, for eksempel:
 - Bekker tar nye veier, enten naturlig eller ved at omgivelsene endres. Dette kan skje som følge av nærliggende veiprojekter eller andre utbyggingsprosjekter som endrer mengde tette flater, endrer terreng, fjerner myr og småtjern som fanger opp vann, etc. Konsekvensene av slike menneskeskapt endringer kan forsterkes i kombinasjon med klimaendringer som økning i ekstremnedbørshendelser og generell økning av nedbørsmengder.
 - Vannmengder overskrider kapasiteten til stikkrennene. Da kan vannet stige til over skinnene, det kan grave ut fylling, eller trykket mot fyllingen skader den. De fleste stikkrennene i jernbanenettet er lagt for lenge siden, med andre dimensjoneringskriterier enn man ville brukt i dag.
 - Det kan oppstå feil og skader på stikkrenner. De er vanskelige å bytte ut, siden de ligger under skinnegangen. Skaden kan da utvikle seg gradvis, til den blir kritisk. Før krigen var det vanlig med murte renner, ikke rør. Man måtte bruke masser man hadde i nærheten, derfor ble ikke alltid telesikre masser benyttet, og bevegelse fra telen kan føre til brudd i den murte rennen.
 - Tett stikkrenne som følge av frost. Dersom det da kommer en mildværsperiode etter en kuldeperiode, kan vann hope seg opp.
- Sørpe-/flomskred. Dette er en aktuell problemstilling når det oppstår varmegrader etter en kuldeperiode. Puddersnø kan ikke holde på vann i samme grad som gammel snø. Og når det kommer regn i puddersnøen blir den «slush». Sørpeskred kan både gå over jernbanen og tette igjen stikkrenner. Dette er en særlig aktuell problemstilling på vestlandet og i Nordland.
- Flom setter strekninger under vann. Dette kan føre til redusert bæreevne på skinnegangen og at elektriske komponenter settes ut av drift.

Flere av problemstillingene over er knyttet til nullpunktsskifter, at temperaturen veksler mellom å ligge over og under null. Når temperaturen øker som følge av klimaendringer vil områder med hyppige nullpunktsskifter endre seg geografisk, og oppstå på steder man ikke har hatt dem tidligere.



Figur 5-1: Vannmasser har tatt med seg fylling under sporene på Viul, nær Hønefoss. (Foto: Johnny Lundh, Spordrift, (BaneNor, u.å.)

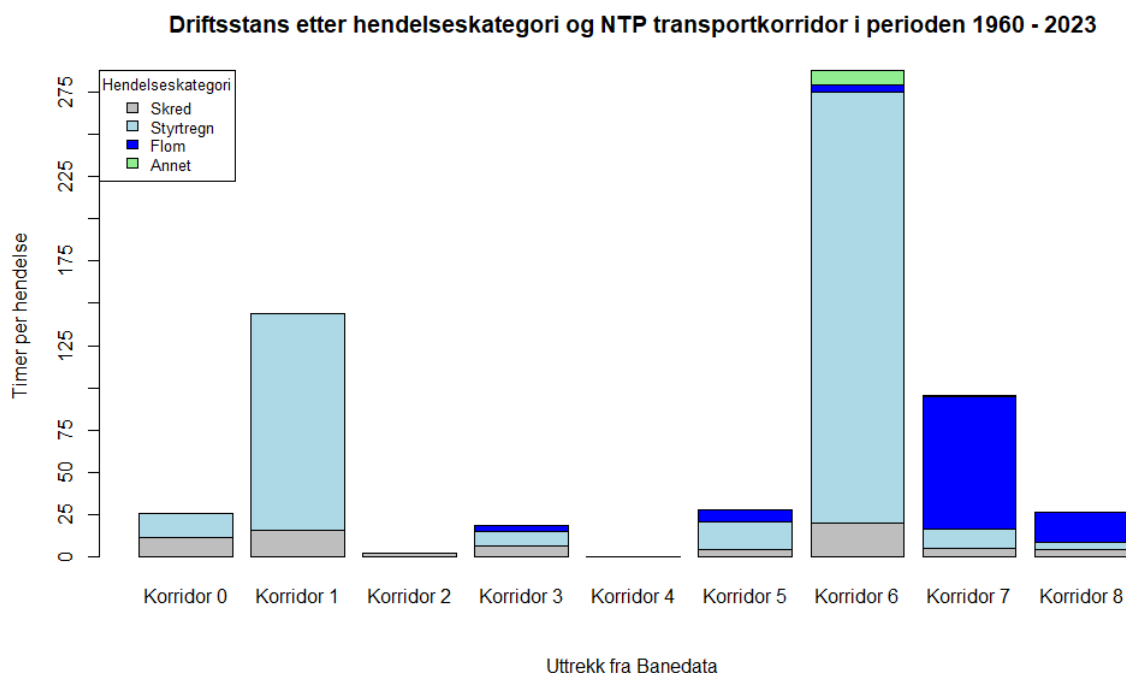
Ulike uønskede hendelser kan føre til konsekvenser av ulik alvorlighetsgrad for ulike verdier. Selv om det pr. i dag ikke er registrert skader på liv og helse som følge av naturhendelser, er dette en fare som absolutt er til stede. Dette gjelder særlig hendelser som fører til avsporing. Konsekvensene av slike hendelser vil være avhengige av en rekke faktorer, blant annet hastighet, omkringliggende terreng, tilgjengelighet til skadestedet, vær og temperatur. Brudd på skinnegang vil gi feilsignal, men hvis det skjer undergraving uten skinnebraudd risikerer man at dette står uoppdaget. På elektrifiserte strekninger vil brudd på kjørestrom som følge av masseutglidning være et varsel om feil. Men i tilfeller som på Viul, vist i Figur 5-1, er skinnegangen ubrutt og det samme ser kontaktledningen ut til å være. Rutiner for inspeksjon vil derfor være viktig.

I det videre arbeidet med å forbygge klimarelaterte uønskede hendelser på jernbanen bør man ta potensialet for større hendelser med personskade med i betraktningen ved prioritering av tiltak.

Når det kommer til materielle skader kan det omfatte skade på togsett, skinnegang og tilhørende fyllinger, broer, overbygg, kontaktledningsanlegg og styringssystemer. Ved vurdering av sårbarhet er det viktig å ta med i vurderingen både dimensjonen med umiddelbart tap av funksjon og dimensjonen med gjenoppretting av funksjon etterpå. Det kan for eksempel hende at det er akseptabelt med en kortvarig stans i trafikken på grunn av en naturhendelse, dersom banestrekningen forblir uskadet (evt. raskt lar seg reparere) og raskt kommer i drift igjen.

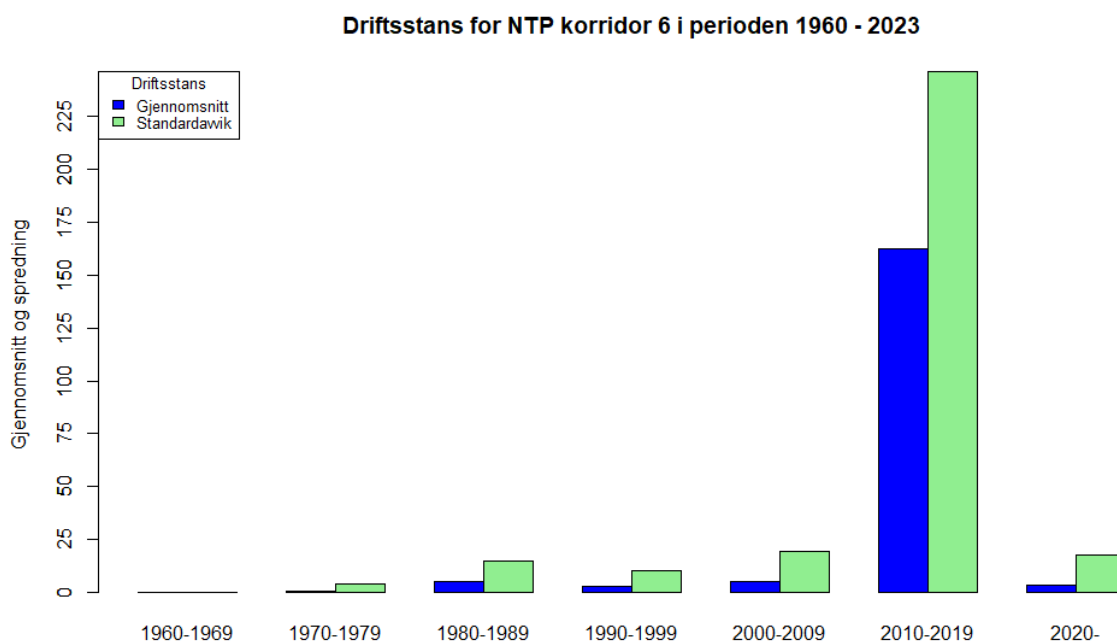
5.1 Oversikt over klimahendelser og nedetid i dagens situasjon

Figur 5-2 viser gjennomsnittlig driftsstans pr. hendelse for de ulike NTP transportkorridorene i perioden 1960 – 2023. Figuren viser tydelig at det er flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning som forårsaker de lengste driftsstansene, etterfulgt av flom i vassdrag. Det er ikke registrert styrtregnhendelser på alle banestrekninger i Banedata. Korridor 6 skiller seg klart ut, med en gjennomsnittlig tid for driftsstans grunnet styrtregnhendelser på 256 timer, etterfulgt av korridor 1 med 129 timer. Flomhendelser i korridor 7 har gitt en gjennomsnittlig nedetid på 79 timer.



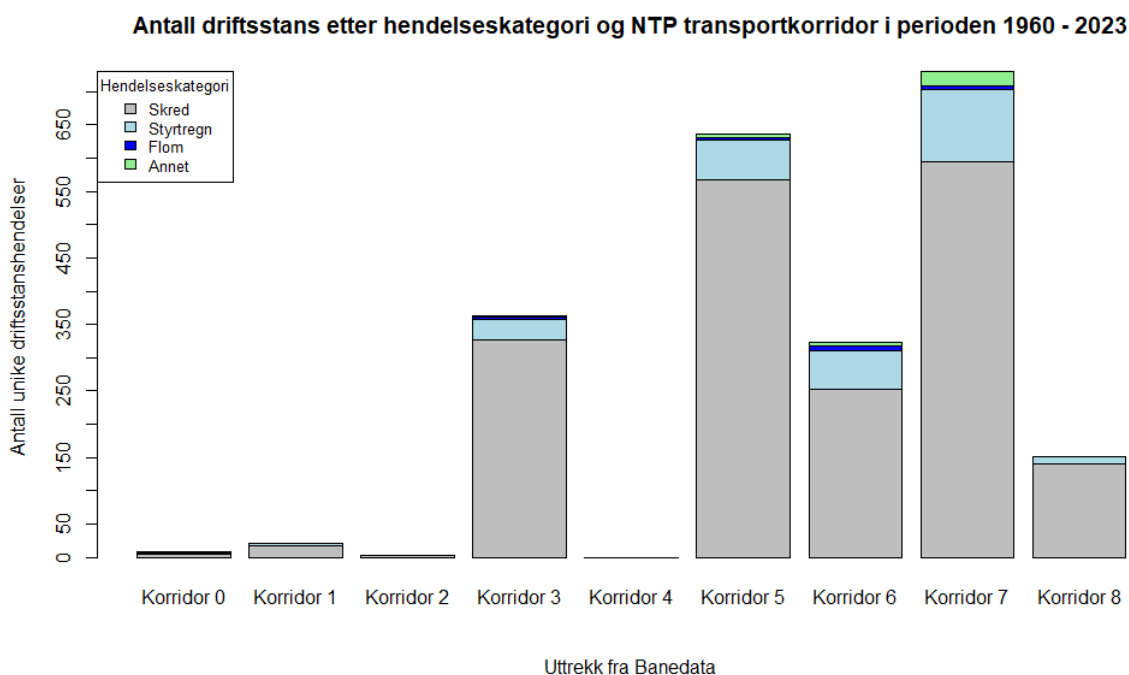
Figur 5-2 Gjennomsnittlig driftsstans i timer fordelt etter hendelseskategori og NTP transportkorridor i perioden 1960 – 2023 (Banedata).

Det har interesse å se nærmere på hvorfor gjennomsnittlig driftsstans i korridor 6 er så høy sammenliknet med de øvrige korridorene. Årsaken er et betydelig antall hendelser langs Dovrebanen i 2013, som omtalt tidligere i rapporten, se Figur 5-3. Dersom vi tar dette året (2013) ut av datasettet, reduseres den gjennomsnittlige driftsstansen til 6,7 timer i korridor 6.



Figur 5-3 Gjennomsnittlig driftsstans i NTP korridor 6 fordelt på tiårsperioder 1960-2023.

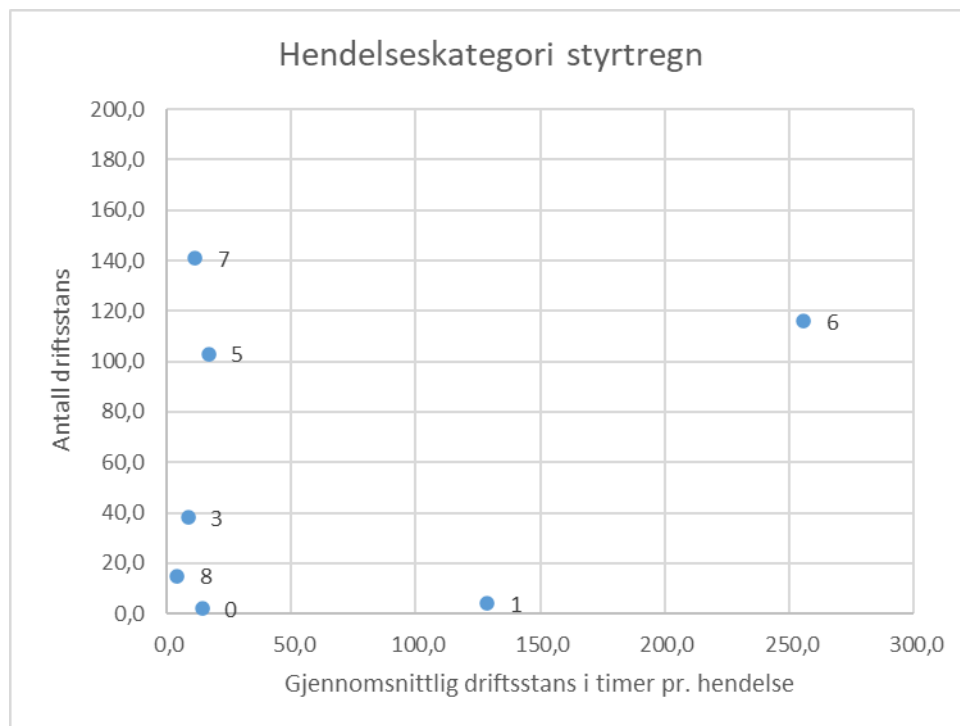
Figur 5-4 viser antall unike driftsstanshendelser fordelt etter hendelseskategori og NTP transportkorridor i perioden 1960 – 2023. Når det kommer til antall hendelser er det skred som ikke er utløst av styrtregn eller flom som dominerer, i motsetning til lengden på driftsstansen, der det var hendelser knyttet til styrtregn eller flom som dominerte. Det er korridorene 7 og 5 som er klart mest utsatt for skredhendelser, etterfulgt av korridor 6 og 3.



Figur 5-4 Antall unike driftsstanshendelser fordelt etter hendelseskategori og NTP transportkorridor i perioden 1960 – 2023 (Banedata).

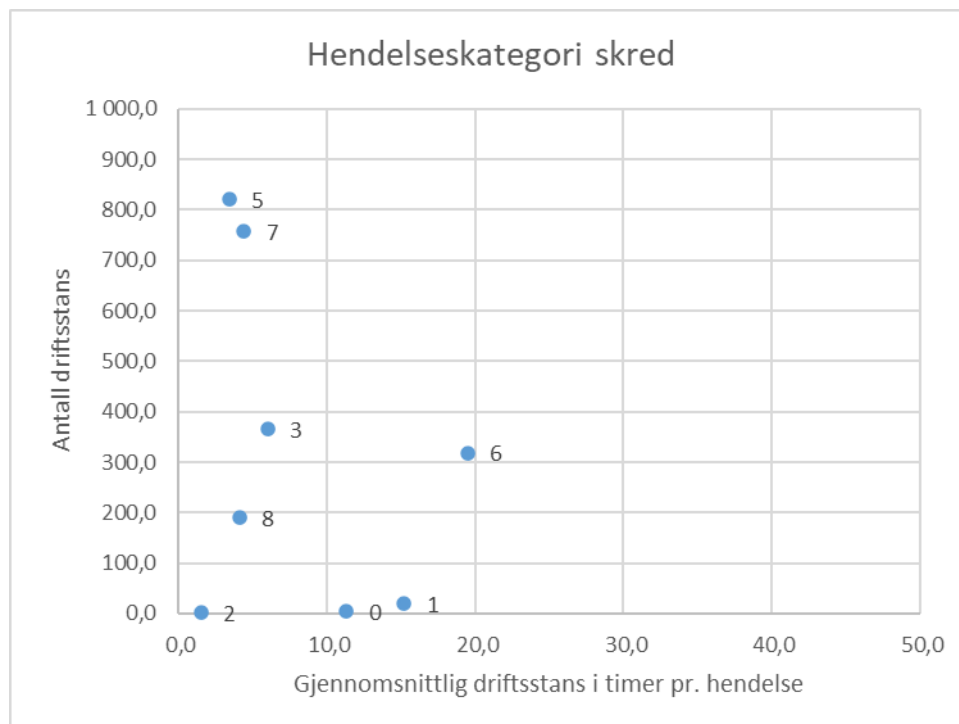
For å få et mer helhetlig bilde av belastningen klimarelaterte hendelser påfører jernbanen, kan det være interessant å sammenstille antall hendelser og gjennomsnittlig nedetid for de ulike hendelseskategoriene.

Figur 5-5 Sammenstilling av antall hendelser og timer driftsstans pr. hendelse for flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning. Tall ved blå prikk henviser til NTP transportkorridor. Figur 5-5 viser en sammenstilling av antall hendelser og timer driftsstans pr. hendelse for flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning. Korridor 6 skiller seg ut, og har både kategoriens nest høyeste antall driftsstans, og høyest gjennomsnittlig driftsstans i timer, på hele 255,8 timer. Dersom vi utelater år 2013 fra analysen, blir tallene henholdsvis 13,5 timer og 5 hendelser/år for denne korridoren. Selv om korridorene 5 og 7 også har registrert et høyt antall driftsstanser, er driftstans timer pr. hendelse nede i hhv. 16,7 og 11,5 timer.



Figur 5-5 Sammenstilling av antall hendelser og timer driftsstans pr. hendelse for flom og skred utløst av styrtregn eller kraftig avrenning. Tall ved blå prikk henviser til NTP transportkorridor.

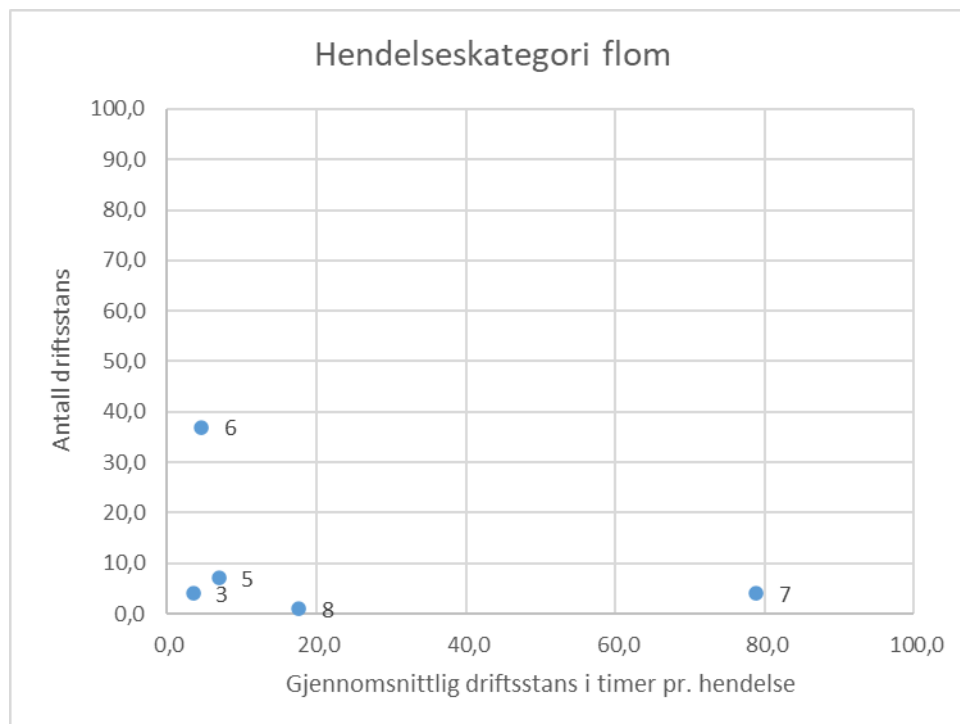
Figur 5-6 sammenstiller antall hendelser og timer driftsstans pr. hendelse for hendelseskategori skred. Som vist i Figur 5-4 er det korridorene 5 og 7 som har de klart fleste registrerte hendelsene, men nedetiden er relativt kort, med gjennomsnittlig driftsstans på henholdsvis 3,4 og 4,4 timer. Korridor 6 har den høyeste gjennomsnittlige nedetiden, med 19,5 timer, men under halvparten av driftsstanstiden til korridorene 5 og 7. Dersom vi utelater år 2013 fra analysen, blir tallene henholdsvis 5,7 timer og 39 hendelser/år for korridor 6.



Figur 5-6 Sammenstilling av antall hendelser og timer driftsstans pr. hendelse for skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning. Tall ved blå prikk henviser til NTP transportkorridor.

Figur 5-7 viser en sammenstilling over antall hendelser og timer driftsstans pr. hendelse for hendelser tilknyttet flom i vassdrag. Det er ikke registrert hendelser i denne kategorien for korridorene 0, 1 og 2. De to korridorene som peker seg ut sammenlignet med de andre er korridor 6 med flest antall driftsstans, men relativt kort nedetid pr. hendelse, og korridor 7 med en gjennomsnittlig nedetid på 78,9 timer, men relativt få registrerte hendelser.

Hvis man ser på samlet antall timer driftsstans (produktet av antall driftsstans og gj.sn. timer pr. hendelse) er det styrtregnelaterte hendelser i korridor 6 som er registrert med klart størst konsekvens. Dette skyldes først og fremst gjennomsnittlig registrert driftsstans pr. hendelse. Korridor 6 skiller seg også her ut med størst samlet konsekvens i hendelseskategorien skred som antagelig ikke er utløst av styrtregn og kraftig avrenning. Dersom vi utelater år 2013 fra analysen, vil derimot korridor 6 befinne seg blant de minst sårbare korridorene i denne hendelseskategorien. Året 2013 har stor innvirkning på konklusjonene som trekkes i korridor 6.



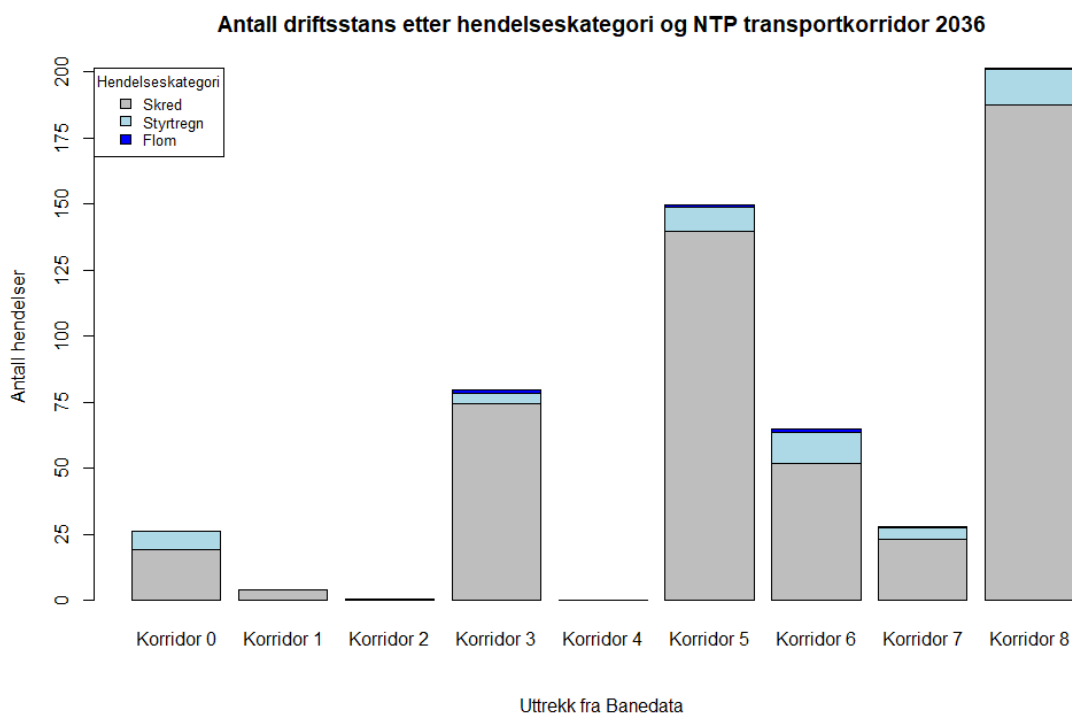
Figur 5-7: Sammenstilling av antall hendelser og timer driftsstans pr. hendelse for hendelser tilknyttet flom i vassdrag. Tall ved blå prikk henviser til NTP transportkorridor.

Som omtalt i tidligere kapitler har vi ikke opplysninger om antall eller beliggenheter til vegetasjonsbrann, og heller ikke opplysninger om evt. driftsstans. Det er derfor ikke mulig å lage tilsvarende fremstillinger for vegetasjonsbrannhendelser.

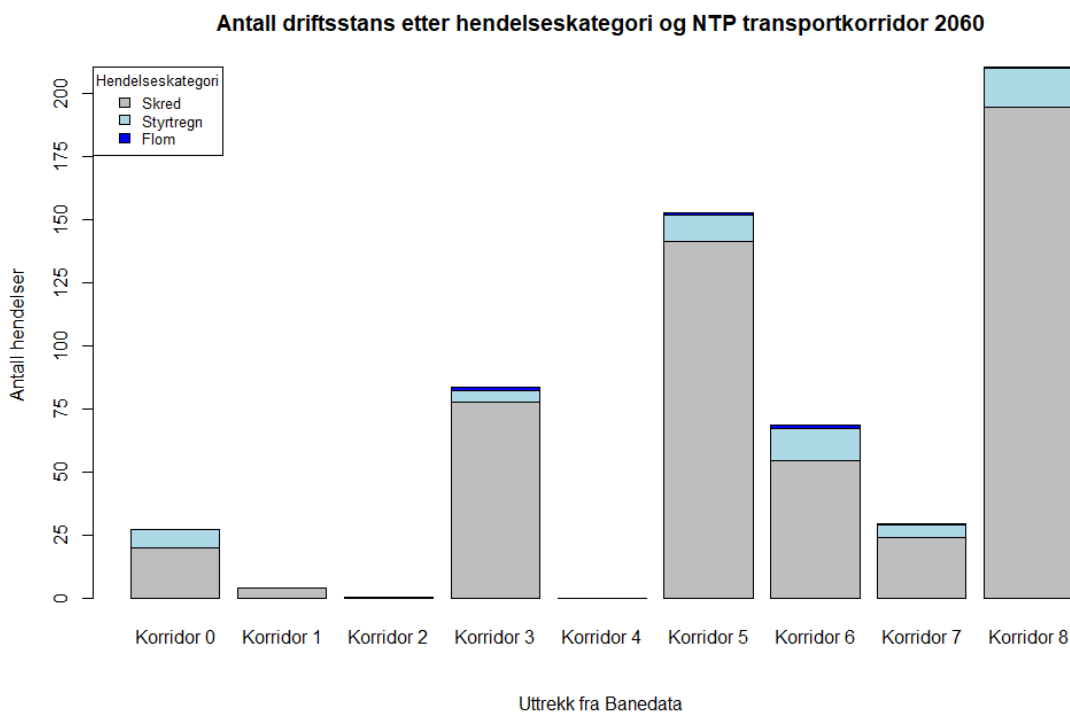
5.2 Fremtidig klimasårbarhet

Kapittel 4.6 beskriver fremtidige klimapåkjenninger i form av forventet endring/fremtidig antall hendelser for de ulike hendelseskategoriene. Det er imidlertid ikke grunnlag for å fremskrive omfanget av hendelsene i form av antall timer driftsstans pr. hendelse eller skalere andre former for konsekvenser pr. hendelse. Konsekvensene av de ulike fremtidige klimapåkjenningene er ikke bare avhengig av selve naturhendelsene som inntreffer, men også av jernbanens tekniske tilstand. Videre kan klimaendringene føre til at klimarelaterte hendelser vil skje på strekninger som ikke har hatt dem tidligere, eller at strekninger blir mindre utsatt for hendelser.

Figur 5-8 og Figur 5-9 viser forventet antall årlige hendelser i henholdsvis 2036 og 2060. Det er fortsatt hendelseskategorien skred ikke utløst av styrtregn eller kraftig avrenning som forventes å forårsake flest hendelser.



Figur 5-8 Forventet antall årlige driftsstanshendelser i 2036, etter NTP transportkorridor (Banedata fremskrevet).



Figur 5-9 Forventet antall årlige hendelser i 2060, etter NTP transportkorridor (Banedata fremskrevet).

Tabell 5-1: Sammenstilling av forventede endringer av klimarelaterte hendelser.

NTP-korridor	Forventet endring i årlig antall flom- og skredhendelser forårsaket av styrtregn fra 2023 (%)		Forventet endring i antall årlige flomhendelser fra 2023 (%)		Forventet endring i årlig antall skredhendelser ikke forårsaket av styrtregn fra 2023 (%)		Forventet endring i årlig antall dager med middels eller ekstrem brannfare fra 2023 (%)	
	2036	2060	2036	2060	2036	2060	2036	2060
0	6,08	17,30	-	-	2,41	6,87	4,84	13,78
1	6,08	17,30	-	-	2,37	6,74	7,47	21,25
2	-	-	-	-	2,68	7,63	-2,82	-8,02
3	6,14	17,47	3,88	11,05	2,24	6,37	7,76	22,09
5	5,99	17,03	2,71	7,70	2,08	5,93	6,56	18,67
6	6,08	17,31	2,98	8,48	2,83	8,04	-1,44	-4,10
7	7,86	22,36	5,19	14,76	2,70	7,68	3,21	9,13
8	8,44	24,03	0,51	1,44	2,20	6,27	5,4	15,38

Tabell 5-1 gir en samlet fremstilling av de forventede klimarelaterte hendelsene som ble gjennomgått i kap. 4.6. De største prosentvise endringene forventes å komme for flom- og skredhendelser forårsaket av styrtregn. Disse har størst forventet økning både for 2036 og 2060. Her er det samtidig viktig å huske på at det er en svakere sammenheng mellom hvor styrtregn varsles, og hvor det faktisk oppstår, som drøftet i kap. 4.6.5. Videre er det, som drøftet i kap. 5.1 atskillig færre driftsstans for denne hendelsestypen enn for skredhendelser ikke forårsaket av styrtregn, men til gjengjeld er de knyttet til lengre registrert driftsstans pr. hendelse.

For vegetasjonsbrann er variasjonen i forventede endringer stor mellom de ulike korridorene, men den overstiger 20 % for korridor 1 og 3. Her har vi imidlertid ikke data for antall reelle driftsstans eller nedetid, så vi vet lite om hva det vil innebære i praksis. For prioritering av tiltak i fremtiden vil det være nyttig å utvikle rapporteringssystemet videre.

For antall årlige hendelser for flomhendelser og skredhendelser ikke forårsaket av styrtregn er forventede endringer lavere, men også her er det forventet en økning i antall hendelser. Her må man igjen huske utgangspunktet fra kap. 5.1. Det er skredhendelser ikke forårsaket av styrtregn som er hyppigst registrert, og dermed vil også en mer moderat prosentvis økning føre til en merkbar økning i totalt antall hendelser. Disse hendelsene er imidlertid forbundet med kortere driftsstans pr. hendelse.

6 Klimatilpasning gjennom regulatoriske og strategiske virkemidler

Planlegging, utforming og vedlikehold av dagens jernbane kan styres gjennom regulatoriske og strategiske virkemidler som gjelder for jernbanesektoren. Disse vil være relevante for å forstå hvilket handlingsrom som finnes i dag og hvilke muligheter man kan åpne for når man skal tenke jernbaneinfrastruktur i fremtidens klima.

Regulatoriske virkemidler kan virke både begrensende og befriende for valg av tekniske løsninger på jernbanen. Ettersom det tar lang tid å for eksempel utvikle nytt regelverk, kan det være hensiktsmessig for utbygging av fremtidig jernbanenett å ligge i forkant av kommende føringer for håndtering av klimarisiko. Eksisterende og fremtidige krav til forebygging av skader og nedetid, samt krav til overvåkning og beredskap, er vesentlige strategiske virkemidler som vil kunne påvirke jernbanenettets klimarobusthet i fremtiden.

6.1 Oversikt over dagens regulatoriske og strategiske virkemidler

Jernbanedirektoratet har oversendt en oversikt over dagens regulatoriske og strategiske virkemidler for jernbanen i Norge. Begrepene regulatoriske og strategiske virkemidler defineres slik:

- *Regulatoriske virkemidler* er normative lover, krav og regler til jernbaneanlegget.
- *Strategiske virkemidler* er helhetlige strategier og arbeid knyttet til informasjonsdeling, samspill innen jernbanesektoren og utvikling av sektorens sikkerhetsnivå.

6.1.1 Regulatoriske virkemidler

Jernbaneloven og jernbaneundersøkelsesloven

Jernbaneloven med tilhørende forskrifter er styrende for jernbanens infrastruktur. For dette oppdraget har Jernbanedirektoratet identifisert følgende lovhomepler som særlig relevante:

- § 4. Anlegg og godkjenning av kjørevei. Planlegging og anlegg av kjørevei skal skje etter plan- og bygningsloven.
- § 6. Tillatelse til å drive jernbanevirksomhet mv.
- § 6 b. Nasjonal beredskap
- § 10. Byggegrenser mv. under, over og langs jernbanen
- § 11. Tilsyn mv.

Håndtering og rapportering av jernbaneulykker- og hendelser beskrives i jernbaneundersøkelsesloven.

Jernbaneinfrastrukturforskriften

Jernbaneinfrastrukturforskriften angir nasjonale tekniske krav for jernbanenettet. Kravene skal ivareta sikker og hensiktsmessig prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av infrastrukturen. For dette oppdraget har Jernbanedirektoratet identifisert følgende hjempler som er særlig relevante:

- § 2-1. Overordnet ansvar for sikkerhet
- § 2-4. Drift og vedlikehold av jernbaneinfrastruktur
- § 3-1. Generelle krav til jernbaneinfrastruktur
- § 3-3. Trasé m.m.

Bane NOR teknisk regelverk (TRV)

Bane NORs tekniske regelverk (TRV) er underordnet jernbaneloven. Formålet med TRV er beskrevet slik:

«[...] skal sikre harmoniserte tekniske løsninger ved prosjektering og bygging og et forsvarlig vedlikehold av det statlige jernbanenettet i Norge. Regelverket gjelder kjørevei slik det er definert i jernbaneloven»¹¹

Dette omfatter flere ulike fagområder knyttet til jernbanens infrastruktur: felles elektro, overbygning, underbygning, skilt, tunneler, bruer og konstruksjoner, kontaktledning, lavspenning, banestrømforsyning, signal, e-kom/tele og rullende materiell. Som en ser kan teknisk regelverk knyttes til jernbaneinfrastrukturlovens § 3-1, gitt at regelverket oppdateres slik at det til enhver tid svarer ut krav i henhold til jernbaneloven.

Byggteknisk forskrift (TEK17)

Byggteknisk forskrift gjelder alle nybygg og infrastruktur som Bane NOR etablerer. Kapittel 7 er identifisert av Jernbanedirektoratet som særlig relevant for dette oppdraget. Kapittelet omfatter sikkerhet mot naturpåkjenninger i form av flom, stormflo og skred.

Forholdet mellom plan- og bygningsloven og særlovgivninger som for eksempel jernbaneloven, er beskrevet i Temaveileder for utbygging i fareområder (Direktoratet for byggkvalitet, u.å.). Denne sier i kap. 2.11 at:

«Kravene til sikkerhet gjelder for alle bygninger, konstruksjoner og anlegg, uavhengig av søknadsplikt til bygningsmyndighetene og uavhengig av om tiltaket også reguleres av særlovgivning. Dette gjelder eksempelvis for veg- og jernbaneanlegg og anlegg for produksjon av energi. Slike tiltak kan være unntatt fra krav om byggesaksbehandling, men ikke fra materielle krav til sikkerhet, jf. SAK10 § 4-3. Kravene i TEK17 kap. 7 til sikkerhet mot naturpåkjenninger gjelder derfor også for tiltak som reguleres av andre lover.»

Kravene til sikkerhet som følge av natur- og miljøforhold følger av plan- og bygningsloven §§ 28-1 og 29-5, som hjemler kravene til sikkerhet mot naturpåkjenninger i forskriftens kapittel 7. Påkjenninger som følge av overvann og kraftig avrenning i raskt voksende sidevassdrag faller utenfor virkeområdet i kapittel 7. Fra og med 2024 er det gjort endringer i TEK17 § 15-8 om krav til dimensjonering av overvannstiltak knyttet til byggverk som ivaretar kravene til sikkerhet mot overvann som naturfare. Endringen er hjemlet i ny § 28-10 i plan- og bygningsloven. Den relevante delen av TEK17 ser dermed slik ut:

TEK 17 kap. 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger:

§ 7-1. Generelle krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger

§ 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo

§ 7-3. Sikkerhet mot skred

§ 7-4. Unntaksbestemmelse for utbygging i områder med fare for fjellskred og flodbølge som følge av fjellskred

TEK 17 kap. 15 Installasjoner og anlegg:

§ 15-8. Utvendig avløpsanlegg med ledningsnett. Overvann og drensvann.

Strategi for samfunnssikkerhet i samferdselssektorene

Samferdselsdepartementet har utarbeidet en strategi for samfunnssikkerhet i samferdselssektorene (Samferdselsdepartementet, 2020), der klimatilpasning er ett av fire prioriterte områder. I kapittel 5.4 står det at virksomhetene skal:

- a. Ta høyde for de varslede klimaendringene ved planlegging, utbygging, drift og vedlikehold av infrastruktur. Ny infrastruktur må dimensjoneres til å motstå hardere klimapåkjenninger.

¹¹ TRV: Felles bestemmelser/Forord/1 Hensikt og omfang.

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

- b. Etablere nødvendig beredskap for å raskt kunne gjenopprette framkommeligheten etter driftsstans grunnet naturhendelser.
- c. Utarbeide et godt kunnskapsgrunnlag for å kunne vurdere hvilke tiltak som er de mest hensiktsmessige og effektive for å sikre transportinfrastruktur og personer mot klimapåkjenninger.
- d. Samarbeide med andre relevante aktører i arbeidet med klimatilpasning, både ved utarbeidelse av kunnskapsgrunnlag, og i forbindelse med forebygging, varsling og håndtering av hendelser.

6.1.2 Strategiske virkemidler

Jernbanedirektoratet samarbeider på tvers av sektorer og etater om temaer tilknyttet klimatilpasning. De ulike samarbeidene er oppsummert nedenfor.

Direktoratsgruppen for klimatilpasning

Direktoratsgruppen ledes av Miljødirektoratet, på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet. Målet med gruppen er å dele informasjon om status på klimatilpasningsarbeidet på nasjonalt nivå, hva som foregår hos etatene, samt være en arena for å diskutere utfordringer i klimatilpasningsarbeidet og hvordan vi kan styrke dette arbeidet fremover. I tillegg involveres direktoratsgruppen i oppdrag knyttet til det nasjonale klimatilpasningsarbeidet der det er relevant. Miljødirektoratet har blant annet oppdrag fra KLD knyttet til rapportering av klimatilpasningsarbeidet i Norge til FNs klimakonvensjon, utvikling av rapporteringssystem på klimatilpasning knyttet til klimaloven, samt å utarbeidelse av veiledning til statlig planretningslinje for klimatilpasning. Gruppen møtes fast en gang i året, og gir ellers innspill/møtes ved behov.

Faggruppe for naturbaserte løsninger for klimatilpasning

Faggruppen ligger under direktoratsgruppen for klimatilpasning og arbeidet ledes av Miljødirektoratet. Aktivitetene er knyttet til veiledning, kunnskapsformidling og diskusjon og koordinering av faglige problemstillinger og naturbaserte løsninger for klimatilpasning.

Naturfareforum

Naturfareforum er et nettverk etablert for å styrke samarbeidet mellom nasjonale, regionale og lokale aktører for å redusere vår sårbarhet for uønskede naturhendelser. Naturfareforum skal identifisere mangler eller forbedringspotensial i samfunnets forebygging og håndtering av naturfarer og foreslå tiltak for å møte dette. Naturfareforum tar initiativ til og gjennomfører prosjekter på områder hvor det er særlig sektorovergripende utfordringer. Naturfareforum er nasjonal plattform for det globale rammeverket for katastroforebygging (Sendai rammeverket), som Norge har forpliktet seg til å følge opp.

Øvrige samarbeidsarenaer og utviklingsarbeid i Jernbanedirektoratet

Jernbanedirektoratet er også involvert i øvrige samarbeidsarenaer som nasjonal transportplan (NTP), faglig arbeid inn mot Norske offentlige utredninger (NOUer) og Stortingsmeldinger. Direktoratet har deltatt i to delprosjekter i det flerårige SFI-prosjektet Klima 2050 og Klimamonitor – statsundersøkelsen.

På overordnet nivå er de viktigste resultatene av disse samarbeidene at sektorene/etatene får en felles forståelse, begrepsbruk og tilnærming. Bruk av metoder og veiledere kan også diskuteres med hensyn til hensiktsmessighet og ulikheter i de ulike etatene. Eksempler på konkret arbeid:

Miljødirektoratets temaside om klimatilpasning (tidl. Klimatilpasning.no)

Temasiden om klimatilpasning er en samlet beskrivelse og oversikt til støtte for planleggere og beslutningstakere og bidra med kunnskapsheving, veiledning og erfaringsdeling. Innholdet produseres og kvalitetssikres av direktorater som har faglig ansvar for klimatilpasning innenfor sitt forvaltningsområde. Arbeid med kvalitetssikring og oppdatering av direktoratenes innhold skal gjøres løpende og ved behov.

Rapporten «Forvaltningsregimet for naturfarer i Norge – statlig fagansvar»

NVE beskriver forvaltningsregimet for naturfare i (NVE, 2023). Rapporten er resultatet av et prosjektsamarbeid innenfor Naturfareforum. Gjennom dette prosjektet ønsker Naturfareforum å belyse om det for alle relevante naturfarer er plassert et tydelig faglig ansvar på statlig side for å legge premisser og veilede aktørene i forvaltningen. Rapporten er utarbeidet av en prosjektgruppe bestående av representanter fra ti statlige etater samt KS. Prosjektgruppa peker på noen mangler med hensyn til fordeling av fagansvar på statlig side. Gruppa fremmer også noen forslag til forbedringstiltak innenfor enkeltområder og for samordning på tvers.

Nasjonal klimasårbarhetsanalyse (pågående arbeid)

I Meld. St. 26 (2022–2023) Klima i endring – sammen for et klimarobust samfunn, ble Miljødirektoratet gitt ansvar for å utvikle nasjonale klimasårbarhetsanalyser i samarbeid med relevante sektormyndigheter og aktører. Første analyse skal ferdigstilles innen utgangen av 2026. Klimasårbarhetsanalysene inngår i et forbedret styringssystem for klimatilpasning som er presentert i stortingsmeldingen.

I supplerende tildelingsbrev fra Klima- og miljødepartementet (KLD) 13. oktober 2023 fikk Miljødirektoratet i oppdrag å utarbeide et forslag til prosess og organisering av arbeidet med nasjonal klimasårbarhetsanalyse, i samarbeid med direktoratsgruppen for klimatilpasning, som en forberedelse til selve gjennomføringen av analysen. Frist for dette forberedende oppdraget er 15. februar 2024.

6.1.3 Aktuelle metoder, analyseverktøy og rapporteringssystemer

Det har foreløpig ikke kommet noen spesifikke metoder, analyseverktøy eller rapporteringssystemer for klimatilpasning som følge av samarbeidene. Likevel kan det nevnes at det gjennom NTP ble utviklet en omforent 3R-metode for samfunnssikkerhetsarbeidet i transportsektoren. Bruken av håndbok V17 Konsekvensanalyser (SVV, 2021) for ulike transportmidler har også blitt diskutert. Fremover kan det bli aktuelt å se på hvordan Klimakverna (Klimakverna, 2023) kan tas i bruk i transportsektoren. Resultatene fra den nasjonale klimasårbarhetsanalysen vil også være interessante å diskutere tverretattlig, og vil kunne danne utgangspunkt for omforente metoder, verktøy, veiledere eller rapporteringssystemer innad i sektoren. Datagrunnlaget som ligger tilgjengelig i Banedata vil utgjøre et viktig grunnlag for videre arbeid.

6.2 Virkemidlenes relevans for tilpasning til fremtidens klima

Regulatoriske virkemidler omhandler regelverket det prosjekteres, bygges og vedlikeholdes etter. Teknisk regelverk og andre lovverk må ikke komme i konflikt med behovet for nødvendige klimatilpasningstiltak. Det er viktig å sørge for at regelverket holdes oppdatert med den raskt voksende kunnskapsutviklingen på området, og gir tilstrekkelige føringer for å kunne ivareta klimatilpasning når man gjør tiltak. Bestemmelser og beskrivelser må gi rom for nytenking. Det er vårt inntrykk at TRV er tilstrekkelig fleksibelt og underlagt hyppige revisjoner som gjør det mulig å følge med på klimautviklingen. Vi er derimot usikre på om den nasjonale lovgivningen, spesielt byggteknisk forskrift, er tilstrekkelig fleksibelt innrettet til å tillate innsatsmidlene brukt der behovet er størst. I neste kapittel diskuteres ulike strategier for klimatilpasning. Dagens byggteknisk forskrift gir liten anledning til å avvike fra de preaksepterte ytelsene i TEK17 §§ 7-2 – 3. Det er derfor tvilsomt om den mest dynamiske klimatilpasningsstrategien i avsnitt 7.2.2 er innenfor rekkevidden av dagens regelverk om sikkerhet mot saktevoksende flommer og skred. Den preaksepterte ytelsen for overvann i TEK17 § 15-8 legger derimot opp til en mer stedstilpasset regulering gjennom ordinære planprosesser etter pbl. §§ 11 og 12. Det er derfor, etter vårt syn, mulig å ta i bruk dynamiske klimatilpasningsstrategier for overvannshåndtering. Selv om vi mangler forvaltningspraksis, mener vi det er rimelig å anta at samme bestemmelse (§ 15-8) også vil kunne anvendes som preakseptert ytelse på rasktvoksende flommer i sidevassdrag under dagens regelverk.

Strategiske virkemidler gjelder strategier for samarbeid, planlegging og utførelse knyttet til jernbaneinfrastruktur og transport. Disse skal bidra til å hjelpe med å prioritere tiltak i jernbanesektoren. Det bør vurderes om strategiene som er valgt er tilstrekkelige, eller om en bør vurdere å gå videre med andre typer tiltak.. Vi spør oss om vedlikehold og oppgradering av jernbanenettet bør skilles klarere fra drift i tildelingen i kapittel 10 i NTP. Så lenge jernbanedriften måles på kriterier som oppetid, punktlighet og regularitet, er det grunn til å tro at hovedtyngden av tildelingen kanaliseres til tiltak som gir umiddelbar måloppnåelse på disse målepunktene i dag. Med den forventede økningen i antall årlige klimahendelser på jernbanen frem mot år 2060, følger en tilsvarende økning i sannsynligheten for tap av liv og helse. Nødvendige vedlikeholdstiltak som forhindrer tap av liv og helse i fremtiden, bør ikke velges vekk på grunn av behovet for å oppnå god regularitet i dag.

For å kunne klimatilpasse jernbanen, vil det derfor være viktig å sørge for at de regulatoriske virkemidlene ikke stiller seg i veien for utvikling, samtidig som de ivaretar den nødvendige sikkerheten på jernbaneinfrastrukturen fremover. De strategiske virkemidlene må kanskje i større grad enn i dag innrettes mot langsiktig planlegging, utbygging og forsvarlig vedlikehold. Vi tror dessuten det er behov for mer systematisk tilrettelegging av data om klimahendelser for å kunne fatte riktige investeringsbeslutninger på de ulike delene av jernbanenettet.

Det samfunnsøkonomiske aspektet knyttet til disse avveiningene vil diskuteres i neste kapittel.

7 Samfunnsøkonomiske virkninger av aktive og reaktive klimatilpasningsstrategier

Valg av klimatilpasningsstrategi er en kompleks øvelse. Drøftingen nedenfor tar utgangspunkt i to diametralt ulike strategier: proaktiv eller reaktiv tilnærming.

Kapittelet beskriver et metodisk rammeverk og tankesett som kan legges til grunn for utviklingen av ulike strategiske retninger, utredninger av fordeler og ulemper, og til slutt valg av en klimatilpasningsstrategi. Det anbefales at dette rammeverket i senere fase anvendes på tre konkrete caser for å eksemplifisere bruk av metode og rammeverk. Erfaringene fra arbeidet med casene kan deretter benyttes til å utvikle en metode som kan anvendes på hele jernbanenettet, og på sikt kanskje implementeres som en del av SAGA¹².

Klimatilpasningsstrategien sikter seg inn mot best mulig tilpasning til de klimaendringene som forventes å komme, gitt de ressursene som stilles til rådighet. Det handler ikke om å påvirke selve klimautviklingen. Det ville vært en klimastrategi. Hele problemstillingen som drøftes her er følgelig relativt reaktiv.

7.1 Strategiske valgmuligheter

Alvorlige klimahendelser vil etter all sannsynlighet bli et større problem i fremtiden enn i dag, jf. kap 4.6. Vi ser allerede i dag at alvorlige klimahendelser er tiltakende i både hyppighet og intensitet (Regjeringen, 2023).

To tilnærminger danner utgangspunktet for drøftingen av klimatilpasningsstrategier:

1. *Proaktiv - aktiv forebygging av naturskade*
2. *Reaktiv - overvåking og beredskap*

Begge strategiene må forstås som aktive strategier som supplerer de planer og retningslinjer for håndtering av klimahendelser som allerede er i bruk.

Proaktiv strategi prioriterer forebyggende tiltak som gjør infrastruktur og materiell mer motstandsdyktig mot klimapåkjenninger. Når klimahendelsen inntreffer, oppnås en effekt av tiltaket ved at:

- a. Togtilbudet opprettholdes i større grad enn før tiltaket ved *tilsvarende* klimapåkjenning. For eksempel ved at hele eller deler av en skredutsatt strekning legges i tunnel.
- b. Togtilbudet opprettholdes i større grad enn før tiltaket ved *større* klimapåkjenning. For eksempel ved å tilpasse høyden til jernbanen for 200-årsflom der den tidligere ble satt ut av spill kanskje allerede ved en 50-årsflom.

Det vil typisk være dyrere å gjennomføre tiltak som sikrer at jernbanen tåler nær 100 prosent av alle ventede klimahendelser, enn tiltak som bare reduserer (for eksempel halverer) sannsynligheten for at togtilbudet blir negativt påvirket. Tiltakskostnaden må holdes opp mot reduserte kostnader og ulemper i etterkant av en klimahendelse ved at togtilbudet blir mer robust mot klimapåkjenninger.

En mer reaktiv strategi lar være å gjøre forebyggende tiltak på infrastruktur og materiell, og aksepterer de forventede konsekvensene for infrastruktur av fremtidig klimahendelser. Materiell skjermes gjennom operasjonelle grep basert på varslinger fra etablerte overvåkingssystemer. Gjennom å styrke overvåkingen av jernbanesystemet kan hendelser fanges opp raskere og varsles til operatører og beredskapsaktører. Det videreutvikles planer for hvordan forventede klimahendelser skal håndteres operasjonelt. Videre etableres styrket beredskap slik at planer kan iverksettes så raskt som det er nødvendig når hendelser varsles – og eventuelt også inntreffer.

¹² SAGA er Jernbanedirektoratets verktøy for samfunnsøkonomisk analyse

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Det finnes strategiske varianter som kombinerer proaktive og reaktive tiltak. To tilnærminger som er vurdert i denne analysen er:

1. Forebyggende tiltak som, så langt det lar seg gjøre, reduserer sannsynligheten for tap av liv og helse i det klimahendelsen inntreffer. Det aksepteres imidlertid skader på infrastruktur og materiell, og at togtilbudet blir redusert i en periode etter klimahendelsen.
2. Forebyggende tiltak som har til hensikt å sikre en øvre grense for antall døgn en strekning skal aksepteres å være ute av drift. Dette tiltaket rettes mot objekter som har særskilt lang regenereringstid, slik som broer, og setter inn forebyggende tiltak for å gjøre disse tilstrekkelig robust.

Samfunnet ønsker selvsagt å minimere risiko for liv og helse, og Nasjonal transportplan har en nullvisjon for drepte og hardt skadde. Så langt er det ikke registrert tap av liv, og kun begrensede helseskader, som følge av klimahendelser på jernbanen (Utne, 2022). Det betyr imidlertid ikke at tap av liv og helse ikke vil kunne inntreffe i fremtiden. Tvert om vil den forventede økningen i antall klimahendelser føre til økt sannsynlighet for tap av liv og helse dersom det ikke gjøres mottiltak. Kapittel 5 omtaler innledningsvis ulike typer hendelser som har potensiale i seg til å kunne føre til tap av liv og helse. Liv og helse kan til en viss grad skjermes ved ekstra årvåkenhet og bruk av multiple barrierer¹³.

Det er vanskelig å skissere risiko for klimahendelser med store konsekvenser for liv og helse, når det ikke kan vises til slike hendelser i fortiden. Likeledes ville det sommeren 2023 vært krevende å formidle et scenario der Dovrebanen skulle ha blitt satt ut av drift i ti måneder som følge av en brosvikt etter et ekstremvær. Utenkelige hendelser forekommer. Før ekstremværet «Hans» i august 2023 ville få akseptert et scenario der jernbanens funksjon ikke var reetablert innen dager eller uker. Etter Hans er målestokken blitt måneder. På bakgrunn av dette velger vi her å benytte et mellomalternativ der det for hver enkelt banestrekning settes en maksimal akseptert grense for driftsstans. Nullvisjonen vil måtte legges til grunn når denne grensen skal fastsettes.

Ekstremværet Hans førte til høye flomverdier og havari for Randklev bro. Den lange regenereringsperioden har tydeliggjort hva klimahendelser kan føre til. Kostnadene til gjenoppbygging av broa og regenerering av normal drift på Dovrebanen ligger i størrelsesorden 0,5 mrd. kr. Kostnadene som påføres passasjerer, togoperatører, vareeiere, godsaktører og øvrige aktører i samfunnet er krevende å anslå, men erstatning til direkte berørte parter utgjør alene en post på offentlige budsjetter på over 0,25 mrd. kr. Kostnader som ikke erstattes kommer i tillegg. Det samme gjelder blant annet ulykkeskostnader og klimavirkninger som følge av at gods overføres fra bane til vei.

Tungt trafikkerte strekninger vil trolig ha behov for høyere pålitelighet enn mindre trafikkerte strekninger. Påliteligheten til en jernbanestrekning er lik produktet av pålitelighetene til objektene som utgjør infrastrukturen på jernbanestrekningen. I denne sammenheng handler pålitelighet dermed om en jernbanestrekningens evne til å levere transportproduksjon under og etter en klimahendelse. Det finnes en tålegrense for hvor lang driftsstans som kan aksepteres. Maksimal akseptert driftsstans bør settes individuelt for ulike banestrekninger, avhengig av hvor stor kostnad samfunnet påføres av en eventuell driftsstans på strekningen. Dette sikrer at kostbare forebyggende tiltak prioriteres på de strekningene som er viktigst for samfunnet. For denne utredningen settes maksimal akseptert driftsstans til én måned. Denne tiden for akseptert driftsstans er kun satt som et eksempel. Den er lengre enn togkundene nok vil synes er akseptabelt, men vesentlig kortere enn den driftsstansen som reelt sett inntraff på Dovrebanen i 2023/24.

Med utgangspunkt i denne maksimale aksepterte driftsstansen, må alle objekter langs en banestrekning planlegges og dimensjoneres slik at banestrekningen som helhet gjenopptar sin funksjon innen én måned.

¹³ Med barriere menes organisatoriske og fysiske tiltak som motvirker uønskede hendelser. Multiple barrierer betyr at flere enn en barriere må svikte for at det skal kunne oppstå en situasjon med fare for tap av liv og helse.

En risikovurdering bør gjennomføres for hver enkelt banestrekning. Erfaring viser at skredhendelser sjelden fører til driftsstans på over en uke, og som regel betydelig kortere. Erfaring viser samtidig at når en bro kollapser, tar det mer enn én måned å gjenåpne banen. Dersom maksimalt tillatt nedetid ikke skal overskrides, må dermed broen dimensjoneres slik at den tåler påkjenninger med lavere årlig gjentakssannsynlighet enn hva resten av jernbanestrekningen dimensjoneres for. Dette kan man se i sammenheng med de usikkerhetsbåndene som er presentert i Figur 4-1, som illustrerer at usikkerhetsbåndet rundt en 100-årshendelse i mange tilfeller vil kunne overstige forventet konsekvens av en 200-årshendelse. I praksis kan dette innebære blant annet forsterking av brokar, landkar, heving av broa og tilhørende heving av traséen inn mot broa på begge sider. Dette er forebyggende tiltak som både er kostbare og som krever driftsstans. Sannsynligvis er de forebyggende kostnadene likevel betydelig lavere enn skadekostnadene. Driftsstansen kan planlegges i god tid, og legges til perioder der det lettest kan settes inn alternativer. Et alternativt eller supplerende tiltak til å styrke dimensjoneringen kan også iverksettes. Dette kan for eksempel være en midlertidig erstatningsbro i beredskap som i løpet av en måned kan settes inn hvis den permanente broa skulle kollapse.

Dimensjonering i forbindelse med bygging eller oppgradering må ellers følges opp av vedlikehold og inspeksjoner. Svakheter som avdekkes må gis høy prioritet slik at utbedring finner sted før svakhetene utvikler seg til svikt, med de konsekvenser det fører med seg.

7.2 Metodisk rammeverk

En samfunnsøkonomisk analyse vurderer som regel virkningen av ett eller flere tiltak opp mot en situasjon der det ikke gjøres tiltak. Denne referansesituasjonen og aktuelle tiltaksalternativer er nærmere beskrevet i avsnitt 7.2.2

7.2.1 Metodisk tilnærming

Rammeverket bør bygge på standard samfunnsøkonomisk metode for samfunnets nytte og kostnader knyttet til et tiltaksalternativ sammenliknet med et referansealternativ. Alle virkninger er beheftet med en sannsynlighet. Ved en videreføring av dagens situasjon så foreligger det en potensiell kostnad for samfunnet av at infrastruktur får skader og trafikantene får ulemper, og disse kostnadene vil inntreffe med en antatt sannsynlighet. Etter tiltak forventes enten den potensielle kostnaden, eller sannsynligheten for at disse kostnadene vil inntreffe, å ha blitt redusert. Dermed oppstår en positiv forventet nytte for samfunnet. Kostnaden med å gjennomføre tiltaket må være lavere enn den forventede positive nytten, hvis tiltaket skal ha netto positiv samfunnsnytte.

Virkningene av en klimatilpasningsstrategi kan være krevende å anslå på grunn av usikkerheten rundt hvor ofte en klimahendelse inntreffer sammenliknet med tiltakets forventede levetid, og hvor stor virkning hendelsen får på togtilbudet når den inntreffer. Dette gjelder både referansesituasjonen og etter at et forebyggende tiltak er gjennomført. Beregning av dette involverer beregning av sannsynligheter og inkorporering av disse sannsynlighetene i beregninger av en forventet samfunnskostnad som følge av hendelsen. Forventet samfunnskostnad henleder her til den statistiske forståelsen av begrepet forventet, der man kombinerer en samfunnskostnad og en sannsynlighet for at kostnaden inntreffer.

Kostnaden knyttet til å gjennomføre selve tiltaket kan anslås ganske presist, selv om det selvsagt er et element av usikkerhet også i slike kostnadsanslag. Det vil imidlertid kunne være vesentlig usikkerhet knyttet til virkningen av tiltaket. Hvor mye reduseres sannsynligheten for driftsstans som følge av tiltaket? Dette belyses nærmere i avsnitt 7.2.4.

Kostnaden for samfunnet av at togtilbudet reduseres i en periode kan også beregnes innenfor rammeverket av etablerte metoder og transportmodeller, selv om det vil ligge usikkerhet både knyttet til hvor alvorlig ulempe hver passasjer påføres på en reise, og ikke minst hvor lenge togtilbudet ventes å være redusert. Her

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

kan man blant annet støtte seg på erfaringstall etter ekstremværet Hans i 2023, jf. avsnitt 4.5.5. Disse kostnadene inkluderer kostnader til reetablering av ødelagt infrastruktur og kostnader til avvikshåndtering i transportavviklingen under og etter hendelsen. Tabell 7-1 viser en oversikt over kostnader som er relevante å identifisere.

Tabell 7-1. Relevante kostnader knyttet til klimahendelser på jernbanen.

	Kostnad	Metodisk tilnærming for kostnadsfastsettelsen	Kilde til kostnadsdata
Før	Investering i infrastruktur og materiell for å redusere klimahendelsens effekt på togtilbudet	Prosjektert eller estimat tiltakskost	Jernbanedirektoratet, Bane NOR, RIF
	Investering i infrastruktur og materiell for å redusere maksimal driftsstans på strekning	Prosjektert eller estimat tiltakskost	Jernbanedirektoratet, Bane NOR, RIF
	Forsterket overvåkning	Estimat	Bane NOR
	Beredskapsplaner	Estimat	Bane NOR, togoperatører
	Beredskapsmateriell	Estimat	Bane NOR
	Reservert beredskapskapasitet	Estimat	Bane NOR
Under hendelse	Tap av liv og helse	Erfaringstall, estimat	Bane NOR, Jernbanedirektoratet
	Operasjonell håndtering av hendelse	Økt aktivitet og bemanning på operasjonssentral. Håndtering av hendelse	Bane NOR, togoperatører
	Ulemper for reisende	Innstilt togtilbud under hendelse. Erfaringstall refusjoner.	Togoperatører
	HMS-risiko for personell	Erfaringstall	Bane NOR
Etter	Reparasjon av materiell	Reparasjoner av skader påført av klimahendelser. Ikke regulært vedlikehold	Norske tog, Bane NOR, togoperatører, Mantena mfl..
	Reparasjon av infrastruktur	Erfaringstall	Bane NOR
	Buss-for-tog mm	Erfaringstall	Jernbanedirektoratet, togoperatører
	Ulemper for togreisende og -operatører	Erfaringstall kostnader og erstatning til togoperatører. Modellanalyser NTM ¹⁴	Jernbanedirektoratet, togoperatører
	Merkostnader for vareeiere/-transportører	Erfaringstall kostnader og erstatning til godsaktører. Modellanalyser NGM ¹⁵	Jernbanedirektoratet godsoperatører/-aktører
	Klimavirkning overfør fra bane til vei	Modellanalyser NTM/NGM/SAGA	Jernbanedirektoratet
	Varig tapte kunder for jernbanen	Krevende å anslå	
	Tap av omdømme for jernbane	Krevende å anslå	

7.2.2 Alternativer

I tråd med samfunnsøkonomisk metode defineres det et referansealternativ og flere tiltaksalternativer som denne drøftingen kan benytte til å belyse fordeler og ulemper ved ulike klimatilpasningsstrategier.

- Ref – Referanse
- A1 – Reaktiv

¹⁴ Nasjonal persontransportmodell

¹⁵ Nasjonal godstransportmodell

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

- A2 – Maksimal akseptert driftsstans
- A3 – Proaktiv

Tiltakene er listet etter antatt tiltakskostnad, fra lavest til høyest.

Ref - Referanse

Referansealternativet er viktig, og representerer dagens situasjon på jernbanenettet, samt tiltak som er igangsatt eller har sikker finansiering. For alle praktiske formål kan Referanse anses som dagens togtilbud som trafikkeres med dagens togmateriell på dagens jernbaneinfrastruktur. Deler av denne infrastrukturen er relativt ny og robust, og en stor del av togmateriellet er relativt moderne. Mesteparten av baneinfrastrukturen er imidlertid gammel. Jernbanen ble bygget under andre forutsetninger og dimensjonert for et annet klima enn vi erfarer i dag. Sikkerhetsmarginene som opprinnelig ble benyttet ved dimensjonering av kulverter og stikkrenner er mange steder ikke tilstrekkelig til å motstå dagens klima. I tillegg svekker et betydelig vedlikeholdsetterslep infrastrukturens evne til å motstå klimapåkjenninger.

A1 – Reaktiv

Alternativet innebærer et tiltak, eller en tiltakspakke, som prioriterer overvåkning og beredskap. Ambisjonen er ikke å styrke jernbanens evne til å tåle klimahendelser, men heller å overvåke infrastrukturen og utarbeide planer for å respondere raskt på klimahendelser. Alternativet etablerer en beredskap som sikrer en forberedt og adekvat respons knyttet til en hendelse. Tiltaket bygger videre på forberedelser og aktiviteter Bane NOR og andre aktører har i virksomhet allerede, og gir rom for å forsterke denne strategien ytterligere.

Tiltaket styrker ikke forebyggende investeringer i robustheten til infrastruktur og materiell utover dagens nivå, men legger mer innsats i beredskapsplanlegging. Økte investeringer begrenses primært til forsterket overvåking, økt innsats i beredskapsplanlegging, varsling, lager og kapasitet. Effekten av investeringen kommer i form av at hendelser oppdages raskere, tiltak settes i gang raskere og er mer målrettede. Skade på infrastruktur vil være om lag som i Referanse, men restitusjonstiden etter uønskede hendelser vi vil være kortere som følge av beredskapen. Skade på materiell kan være noe mindre enn i Referanse som følge av bedre overvåkning og beredskapsplaner.

For å spare investeringskostnader aksepteres det at jernbanens evne til å tåle klimapåkjenninger forblir om lag som i dag. Togtilbudet ventes å bli rammet av klimahendelser med tiltakende hyppighet som er beskrevet i kapittel 4.6. Dette innebærer både risiko knyttet til selve hendelsen, og ulemper som påføres trafikanter, vareeiere og operatører i den perioden det eventuelt tar å gjenopprette jernbanetilbudet.

A2 - Maksimal akseptert driftsstans

Alternativet bygger på A1, men med forebyggende infrastrukturinvesteringer på enkeltobjekter for å sikre at driftsstansen ved naturhendelser med en gitt årlig gjentakssannsynlighet ikke overstiger en vedtatt ambisjon. Årlig gjentakssannsynlighet blir dermed styrende for hvor sjeldne hendelser vi skal dimensjonere for. Vedtatt ambisjon styrer derimot hvilken konsekvens vi skal tillate når den dimensjonerende hendelsen inntreffer. Etter dagens TEK17 § 7-2 skal objekter i tiltaksklasse F2 for eksempel ikke komme i kontakt med flommer som har inntil 0,5% årlig sannsynlighet for å inntreffe. Ambisjonsnivået er at objektet ikke skal komme i kontakt med flomvann. Et lavere ambisjonsnivå kunne vært at objektet tillates å oversvømmes ved flommer med samme årlige gjentakssannsynlighet.

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

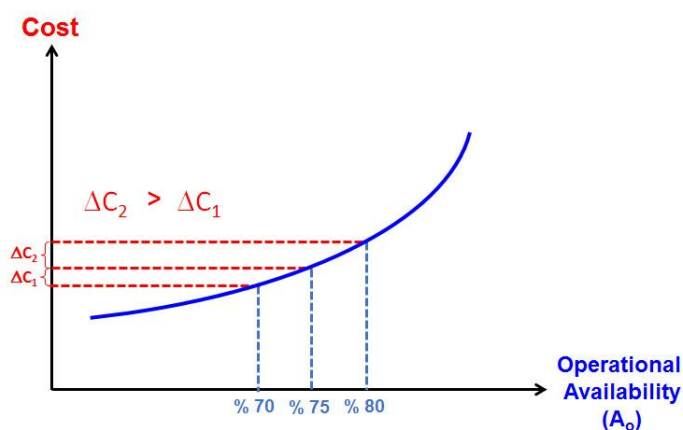
Ambisjonen bør settes individuelt for hver bane, basert på banens kritikalitet og samfunnsnytte. For eksempel bør en antakelig ha en høyere ambisjon for den tungt trafikkerte Dovrebanen enn den mindre trafikkerte Rørosbanen i samme korridor. Alternativ A2 omfatter til dels kostbare investeringer i forebyggende tiltak, sammenliknet med A1. Tilsvarende som i A1 aksepteres det fortsatt at infrastruktur og materiell settes ut av spill så lenge maksimal regenereringstid ikke overstiger en tillatt terskelverdi.

Kostnader:

1. Høyere kostnader enn A1 til forebygging.
2. Lavere kostnader enn A1 under klimahendelsen ettersom en del objekter blir dimensjonert for større klimapåkjenninger.
3. Lavere kostnader enn A1 etter klimahendelsen fordi en del kritiske objekter har tålt klimahendelsen bedre enn i referansesituasjonen (og A1). Samfunnet vil ikke oppleve at jernbanestrekninger må holdes stengt lenger enn maksimalt en måned.

A3 – Proaktiv

Alternativet har til hensikt å investere betydelige beløp i forebyggende klimatiltak, slik at jernbanen ikke settes ut av klimahendelser med samme årlige gjentakssannsynlighet som i A2. Det aksepteres at togtilbudet innskrenkes mens klimahendelsen pågår, men så langt det lar seg gjøre skal man søke å minimere sannsynligheten for påfølgende driftsstans etter klimahendelsen. A3 investerer ikke bare i de objektene med lengst restitusjonstid, men setter inn forbyggende tiltak på alle objekter som er utsatt for klimarisiko og som kan føre til både kortere og lengre driftsstans. Også i dette alternativet må det gjøres avveieringer mellom kostnader og virkninger. Som Figur 7-1 antyder, er det en eksponentiell sammenheng mellom oppetid i et system og tilhørende kostnad. Å øke systemtilgjengeligheten med ytterligere x % fra et gitt nivå, vil i mange sammenhenger føre til behov for å øke investeringene mer enn x %. Investeringer som fjerner *all* restrisiko ved en klimahendelse vil være svært kostbart.



Figur 7-1 Kostnadsutvikling forbundet med å heve systemtilgjengeligheten (Anac, 2017).

7.2.3 Beredskapskostnader

Dagens drift av jernbanen har mange og gode overvåknings- og beredskapsmekanismer (barrierer). Opprettholdelse og styrking av disse medfører en del kostnader for samfunnet.

Beredskapsplanlegging krever tilgang på tverrfaglig kompetanse, tid og ressurser. Erfaring, kunnskap og innsikt benyttes til både å se for seg hvilke scenarier som kan inntreffe og hvilke tiltak som bør iverksettes.

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Man må ta høyde for at beredskapsplaner ikke klarer å beskrive alle tenkelige og utenkelige hendelser. Det vil oppstå situasjoner som man ikke har planer for.

Beredskapsplaner bør legges til grunn for anskaffelse av beredskapsmateriell som kan lagres på strategiske lokaliseringer. Anskaffelse, lagring, periodisk testing, fornyelse og avhending er kostnader som må påregnes i forbindelse med beredskapsplanlegging.

Hvis beredskapsplanene setter krav til responstid, vil det kunne være kostnader knyttet til at personell er på vakt, eller på annen måte i beredskap. Dette kan medføre lønnskostnader som vakttillegg etc. både hos Bane NOR, togoperatører og andre aktører.

Sammenliknet med investeringskostnader i forbindelse med forebyggende infrastrukturiltak antas beredskapsrelaterte kostnader å være relativt beskjedne.

7.2.4 Hendelseskostnader og -sannsynligheter for hvert alternativ

Forventet hendelseskostnad kan beregnes med formel:

$$K_h = T \cdot D \cdot K_p \quad [2]$$

hvor:

K_h	forventet hendelseskostnad
T	årlig gjentakssannsynlighet (gjentakintervall)
D	driftsstanssannsynlighet
K_p	potensiell hendelseskostnad

Muligheten for at det skal oppstå driftsstans som følge av en klimahendelse bygger dermed på to underliggende sannsynligheter: årlig gjentakssannsynlighet for selve klimahendelsen, og sannsynligheten for at klimahendelsen skal føre til driftsstans.

Det er ikke en del av klimatilpasningsstrategien å påvirke årlig gjentakssannsynlighet. Som det fremgår av avsnitt 4.6, forventes klimahendelser av samme eller større intensitet som i dag å inntreffe med høyere årlig gjentakssannsynlighet i fremtiden. Alt annet likt, betyr dette at det i fremtiden vil bli hyppigere driftsstans på jernbanen som følge av klimahendelser.

Sikkerhet handler i stor grad om hendelser som ikke inntreffer. Sannsynligheten for at en klimahendelse fører til driftsstans kan påvirkes gjennom tiltak. Forebyggende investeringer i infrastruktur som øker jernbaneinfrastrukturens robusthet vil redusere sannsynligheten for at det oppstår driftsstans. Det kan også redusere den potensielle hendelseskostnaden slik at driftsstansen blir kortere. Investeringer i varsling, beredskap og gjenoppretting vil ikke først og fremst redusere sannsynligheten for driftsstans eller den potensielle hendelseskostnaden, men god beredskap og planer kan redusere regenereringstiden, og derigjennom også varigheten av en driftsstans.

En generell oppdimensjonering, A3, vil øke robustheten slik at antall uønskede hendelser som følge av en klimahendelse reduseres og nedetiden begrenses. En mer reaktiv strategi, som A1, vil redusere driftsstansen når hendelsen inntreffer, men ikke øke robustheten. Manglende robusthet mot et økende antall

klimahendelser kan gi en negativ nettovirkning dersom økningen i antall driftsstans er sterkere enn nedkortingen av nedetiden.

For å regne på forventet reduksjon i nedetid for de ulike alternativene A1 – A3, vil det være behov for pålitelighetsdata som gjør det mulig å regne ut gjennomsnittlig sviktintensitet¹⁶ og gjennomsnittlig reparasjonstid¹⁷ for typetilfellene som ønskes undersøkt. Denne rapporten gir opplysninger om gjennomsnittlig sviktintensitet og gjennomsnittlig reparasjonstid i dag, og forventet gjennomsnittlig sviktintensitet i år 2036 og 2060. Det er ikke gjort forsøk på å antyde gjennomsnittlig reparasjonstid i år 2036 og 2060.

For tiltaksstrategier som reduserer antall uønskede hendelser, vil forventet redusert årlig nedetid kunne fastsettes nokså enkelt. Beregning av forventet nedetidsreduksjon som følge av en mer reaktiv beredskapsstrategi byr derimot på betydelige metodiske utfordringer.

Den potensielle hendelseskostnaden er summen av kostnader som kan oppstå under og etter klimahendelsen. Foruten kostnader til alternativ transport og regenerering av infrastruktur og materiell, tilkommer ulempeskostnader for brukere av jernbanen og for samfunnet ellers, jfr. Tabell 7-1.

Ulempeskostnadene består av en kostnadskomponent per dag, uke eller måned som multipliseres med driftsstansens varighet. For samfunnet ellers er det også av betydning hvor lang periode det må aksepteres økte CO₂-utslipp eller forhøyet ulykkesrisiko som følge av at personer og gods overføres fra bane til vei.

Slike ulempeskostnader kan være krevende å anslå. Bruk av transportmodeller kan være en tilnærming. Summering av erstatningskrav fra private aktører kan være en annen. Statlig kompensasjon til skadelidende kunder og private aktører har først og fremst en omfordelende effekt. Samfunnets samlede kostnader reduseres ikke gjennom slike kompensasjoner. Snarere kan de øke, ettersom statlige overføringer innebærer en skattefinansieringskostnad.

7.2.5 Forebyggingskostnader

Kostnader til forebygging vil i det vesentlige bestå av investeringer i infrastruktur. Disse kostnadene kan beregnes ved hjelp av standardmetoder for prosjekterte kostnader, anslag og usikkerhetsanalyser for å nevne noen. I tillegg vil det være vesentlig å prioritere tilstrekkelig med midler til vedlikehold, utbedringer og oppgraderinger.

Alle forebyggende aktiviteter, både investeringer og vedlikehold m.m., kan kreve midlertidig driftsstans. I noen tilfeller i lengre perioder, og kanskje lenger enn den aksepterte driftsstansen på strekningen. Likevel kan dette være nødvendig for samfunnet å prioritere. Den midlertidige driftsstansen i forbindelse med forebyggingen vil være planlagt, og vil kunne legges til perioder som er minst mulig kritisk for samfunnet. Videre vil reisende og vareeiere kunne varsles god tid i forveien slik at de kan velge andre alternativer i den aktuelle perioden. Kostnadene per døgn med planlagt driftsstans kan derfor sies å være lavere enn for tilsvarende perioder med uplanlagt driftsstans.

Summen av investerings- og ulempeskostnader ved det forebyggende tiltaket bør være lavere enn reduksjonen i den forventede kostnaden ved en uønsket klimahendelse:

$$I^F + U^F < K_h^F - K_h^0 \quad [3]$$

hvor:

¹⁶ MTTF: Mean time to failure

¹⁷ MDT: Mean down time

I^F	Investeringskostnad ved forebygging
U^F	Ulempeskostnad ved forebygging
K_h^F	Forventet hendelseskostnad etter forebyggende tiltak, jf. likning [2] i avsnitt 7.2.4.
K_h^0	Forventet hendelseskostnad før forebyggende tiltak, jf. likning [2] i avsnitt 7.2.4.

Reduksjonen i forventet hendelseskostnad (K_h) kommer primært gjennom at enten sannsynligheten for driftsstans (D) eller den potensielle hendelseskostnaden (Kp), jf. likning [2] reduseres som følge av det forebyggende tiltaket.

7.3 Videre arbeid - caseanvendelse

Dette oppdraget har begrenset seg til å skissere et rammeverk, som presentert over. Et naturlig neste steg vil være å anvende rammeverket på en til tre ulike caser. Casene kan med fordel velges fra reelle hendelser der det finnes erfaringsdata. Både kostnader knyttet til alternativ transport, skader på materiell og kostnader til gjenoppretting av infrastruktur bør innhentes.

Analysen bør inkludere modellanalyser med Nasjonal godstransportmodell (NGM) og persontransportmodeller (RTM¹⁸/NTM). Transportmodellene vil kunne belyse endringer i transportmønster som følge av en langvarig driftsstans, både for personstrømmer og godsstrømmer. Videre kan man innhente data fra relevante tellepunkter langs veinettet for å analysere om reelle endringer i trafikk mønsteret under driftsstansen harmonerer med resultatene fra transportmodellene.

Med utgangspunkt i resultatene fra transportanalysene kan det beregnes et samfunnsøkonomisk tap per uke eller måned, som følge av driftsstansen. Dette vil være et nyttig grunnlag for å drøfte hvor lang driftsstans som bør kunne aksepteres på den aktuelle banestrekningen.

Klimaprognoser kan anvendes til å beregne forventede klimahendelser langs den aktuelle jernbanestrekningen. Med utgangspunkt i årlig gjentakssannsynlighet, driftsstanssannsynlighet og potensielle kostnader ved en driftsstans kan det beregnes en ramme for hvor mye som bør investeres for valgte strategier A1, A2 eller A3.

¹⁸ Regional persontransportmodell

8 Anbefalinger til videre arbeid

8.1 Det er behov for å gjennomføre samfunnsøkonomiske casestudier

Vi anbefaler Jernbanedirektoratet å gjennomføre samfunnsøkonomiske modellstudier som beskrevet i kapittel 7.3, og legge dem til grunn for sitt videre arbeid med strategisk klimatilpasning. Modellstudiene kan bygge på det naturvitenskapelige kunnskapsgrunnlaget i kapittel 4.6.

8.2 Vedlikehold og oppgradering av eksisterende infrastruktur bør vurderes inntatt i NTP

Kostnadene som følger av ekstremværet Hans er formidable. Vi anbefaler derfor Jernbanedirektoratet å prøve mulighetsrommet til å skille vedlikehold og oppgradering fra drift i NTP. Gitt dagens klimatiske utvikling er det grunn til å spørre seg om jernbanenettets vedlikehold i tilstrekkelig grad understøtter samfunnets behov for sikker togdrift.

8.3 Det er behov for bedre tilrettelagte registerdata for investeringsbeslutning

I sin enkleste form er risiko styrbart på to vis. Vi kan redusere sannsynligheten for at noe uønsket skal kunne inntreffe, eller vi kan redusere konsekvensene når det uønskede inntreffer.

Uansett tilnærming, må vi ha et kunnskapsgrunnlag som identifiserer entydig a) hvor og når klimapåkjenninger oppstår, b) hva som utløser klimapåkjenninger, c) hvordan klimapåkjenninger utvikler seg over tid og d) hvilke kostnader og tap klimapåkjenningene fører med seg. Det er behov for data som er homogene, pålitelige og fullstendige over tid. For risikostyring er homogenitet, pålitelighet og fullstendighet over tid viktigere egenskaper ved dataene enn at de samles inn med stor informasjonsdybde.

Avsnitt 4.5.5 viser hvilke kostnader klimaendringene påfører jernbanen. Gjennom arbeidet med denne rapporten har vi erfart at jernbanesektoren ikke forvalter registerdata som egner seg for investeringsbeslutninger om klimatilpasning i den størrelsesorden det her er snakk om. Det er etter vårt syn behov for en nasjonal, generisk hendelsesdatabase med registreringsplikt for alle som opererer på jernbanenettet. Banedata har helt klart sin verdi, men den er for ensidig tilpasset skredhendelser. Dagens registreringspraksis virker dessuten noe inkonsistent og tilfeldig. Det er derfor vanskelig å vite om konklusjonene som trekkes hviler på et helhetlig bilde av gjeldende klimavirkelighet. Banedata er heller ikke tilrettelagt for enkel kobling mot andre datakilder, som kostnadstall, værdata, varsler, kartanalyser, automatisk innsamlede sensordata mv.

En nasjonal klimahendelsesdatabase for jernbanesektoren bør etter vårt syn administreres av Jernbanedirektoratet, mens registeransvaret bør påhvile den som fatter beslutning om driftsstans. Databasen bør utvikles på en slik måte at utstedte varsler blir registrert på hendelsen. Data bør registreres automatisk i den grad dette er mulig. Det bør også la seg registrere hvorvidt tap av liv og helse ville vært et sannsynlig utfall uten driftsstans. Etter få års drift vil en slik database gi et bedre kunnskapsgrunnlag for investeringsbeslutninger om klimatilpasning enn vi har i dag.

8.4 Det kan være behov for et mer dynamisk byggteknisk regelverk

Direktoratet for byggkvalitet har nedsatt en arbeidsgruppe som for tiden arbeider med mulig revisjon av kapittel 7 om naturpåkjenninger i byggteknisk forskrift. Dagens regelverk ivaretar etter enkeltes syn i for liten grad hensynet til fleksibel klimatilpasning.

Byggteknisk forskrift er innrettet mot nye tiltak, og åpner etter vårt syn ikke i tilstrekkelig opp for lokale tilpasninger basert på praktiske og samfunnsøkonomiske hensiktsmessighetsvurderinger. Dette kan føre til forfordeling av samfunnets midler til tiltak med relativt liten innvirkning på jernbanenettets systempålitelighet. Et eksempel kan være at store midler brukes til å etablere en ny tømmerterminal over 200-årsflommen, mens signalanlegget og jernbaneunderbygningen forbi tømmerterminalen ikke vil tåle en

slik påkjønning. Etter en flomhendelse vil dermed tømmerterminalen være intakt, mens jernbanelinjen som leder til og fra terminalen vil være skadet. Ettersom en 200-årsflom er en svært sjelden hendelse, vil sannsynligheten for at terminalen opprettholder krevd funksjon øke ved å legge mer ressurser i å oppgradere jernbanelinjen. Resonnementet forutsetter imidlertid at midlene til utbygging av terminal og bane dekkes av samme finansieringskilde, og at tilgangen til midler er utilstrekkelig til å ivareta både bane og terminal med samme krav til sikkerhet.

Byggteknisk forskrift bør etter vårt syn i større grad ta innover seg at samfunnets midler er begrensede. Det bør være tilstrekkelig fleksibilitet i lovverket til å prioritere investeringer som fører til ønsket systempålitelighet ved akseptert risikoakseptnivå.

Vi oppfordrer Jernbanedirektoratet til å spille inn sine regelverksbehov til Direktoratet for byggkvalitet dersom dette ikke er gjort.

8.5 Det er mulig å trekke mer presise konklusjoner om fremtidig klimatilstand

Vi anbefaler å benytte et mer detaljert datagrunnlag for beregning av styrtregnsannsynlighet basert på data mottatt av Meteorologisk institutt. Det bør brukes en lengre referanseperiode og ulike fremtidige projeksjoner (2040-2060 og 2080-2100) og ulike klimamodeller. Dette er ikke gjort på grunn av tids- og kostnadmessige begrensninger i oppdraget.

Analysen bør utvides ved å inkludere forventede endringer i normalavrenningen, og ikke kun flom og andre ekstremer. Dette vil gi et bedre bilde av hverdagsbelastningen på jernbanenettet, og i hvilken grad dagens dimensjoneringskriterier vil bli utfordret i et fremtidig «normalklima».

Fordypningene som er nevnt bør utvides for å vise sesongvariasjoner der det er tilgjengelig, basert på nedbør, normalavrenning og temperatur.

9 Bibliografi

- Anac, E. (2017). *Understanding Availability of Defense System*. Hentet fra <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-availability-defense-system-erdem-anac/>
- BaneNor. (u.å.). Hentet fra Nyheter fra 2023 - De rygget vekk fra vannet - så kom hele skråningen: <https://www.banenor.no/nyheter-og-aktuelt/nyheter/2023/de-rygget-vekk-fra-vannet-sa-raste-hele-skranningen/>
- Finans Norge. (2023). *Klimarapport Finans Norge 2023*. Oslo.
- Finansdepartementet. (2018). *NOU 2018: 17 Klimarisiko og norsk økonomi*.
- Finansdepartementet. (2021). Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser. *Rundskriv R-109*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2014.pdf
- Jansen, E., Hessen, D. O., & Alfsen, K. H. (2015). *Klimaendringer i Norge. Forskernes forklaringer*. (3. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Jernbanedirektoratet. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser i jernbanesektoren*.
- Kalsnes, B., Eidsvig, U. K., Heyerdahl, H., Piciullo, L., Solheim, A., Strout, J. M., & Vicari, H. (2022, 5 2). Håndtering av skredrisiko i et endret klima. *Naturen*, ss. 126-136. doi:10.18261
- Klimakverna. (2023, 01 16). Hentet fra Klimakverna skal forberede Norge på klimaendringene: <https://www.met.no/nyhetsarkiv/klimakverna-skal-forberede-norge-paa-klimaendringene>
- Kommunal- og distriktsdepartementet. (2018, 9 28). *Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning*. Hentet fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469>
- Kuya, E. K., Hanssen-Bauer, I., Mayer, S., & Heiberg, H. (2023). *Rain, sleet and snow in Norway 1971-2000: Observations vs. climate model simulations*. Oslo: NCCS report no. 1/2023.
- Lawrence, D. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. Oslo: NVE. doi:ISBN 978-82-410-1534-2
- Lind, P., Belusic, D., Christensen, O. B., Dobler, A., Kjellström, A., Landgren, O., . . . Wang, F. (2020). Benefits and added value of convection-permitting climate modeling over Fenno-Scandinavia. *Climate dynamics*, 55(7), 1893-1912. doi:<https://doi.org/10.1007/s00382-020-05359-3>
- Lind, P., Belusic, D., Dobler, A., Pedersen, R. A., Wang, F., Matte, D., . . . Christensen, J. H. (2022). Climate change information over Fenno-Scandinavia produced with a convection-permitting climate model. *Climate dynamics* (2022). doi:<https://doi.org/10.1007/s00382-022-06589-3>
- Meteorologisk institutt. (2023, 10 10). *Styrtregn*. Hentet fra <https://www.met.no/vaer-og-klima/ekstremvaervarsler-og-andre-farevarsler/vaerfenomener-som-kan-gi-farevarsel-fra-met/styrtregn>
- Nilsen, I. B., Bratlie, R., Dyrddal, A. V., Engeland, K., Hisdal, H., Lawrence, D., & Leine, A.-L. Ø. (2023). Brukerbehov for justerte anbefalinger om klimapåslag. *Vann*, 3, 194-202.
- NKKS. (2024, 01 16). *Klimafremskrivninger*. Hentet fra Norsk Klimaservicesenter: https://klimaservicesenter.no/climateprojections?index=air_temperature&period=Annual&scenario=RCP85&area=NO
- NKSS. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør. Anbefalte verdier for Norge*. Norsk Klimaservicesenter, Oslo. doi:ISSN 2387-3027
- NKSS. (2023, 10 22). *Klimaprofilene - et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning*. Hentet fra Norsk Klimaservicesenter: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>
- NVE. (2022). *Veileder nr. 4/2022: Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar. Korleis ta omsyn til vassmengder?* Oslo: Norges Vassdrags og Energidirektorat.
- NVE. (2023). *Forvaltningsregimet for naturfarer i Norge – statlig fagansvar*. Oslo: NVE.
- NVE. (2023, 10 10). *Slik lages farevarsel om jord-, sørpe- og flomskred*. Hentet fra <https://www.varsom.no/flom-og-jordskred/varsling/slik-lages-jordskredvarsel/>
- NVE. (2023, 10 10). *Slik varsler vi flom*. Hentet fra <https://www.varsom.no/flom-og-jordskred/varsling/slik-lages-flomvarsel/>

Nyheter fra 2023 - de rygget vekk fra vannet - så kom hele skråningen. (u.å.). Hentet fra BaneNor:
<https://www.banenor.no/nyheter-og-aktuelt/nyheter/2023/de-rygget-vekk-fra-vannet-sa-raste-hele-skranningen/>

Nyheter fra 2023 - De rygget vekk fra vannet - Så kom hele skråningen. (u.å.). Hentet fra BaneNor:
<https://www.banenor.no/nyheter-og-aktuelt/nyheter/2023/de-rygget-vekk-fra-vannet-sa-raste-hele-skranningen/>

Regjeringen. (2023). *Meld. St. 26 (2022-2023) Klima i endring - sammen for et klimarobust samfunn.* Klima- og miljødepartementet.

Samferdselsdepartementet. (2020). *Strategi for samfunnssikkerhet i transportsektoren.* Samferdselsdepartementet.

SVV. (2021). *Håndbok V712 - Konsekvensanalyser.* Vegdirektoratet.

Utne, R. m. (2022). *Samfunnssikkerhet (National transportplan 2025-2036).* Kristiansand: Richard Utne.

10 Vedlegg

10.1 Oversikt over jernbanestrekninger og NTP transportkorridorer som inngår i analysen.

NTP korridor	Banekortnavn	Banenavn	Brukt i analysen	Merknad
NTP korridor 0	ALLB	Godssporet Alnabru-Loenga	Ja	
NTP korridor 0	ALNB	Alnabanen	Ja	
NTP korridor 0	ASRB	Askerbanen	Ja	
NTP korridor 0	FILB	Filipstadbanen	Ja	
NTP korridor 0	FOLB	Follobanen	Ja	
NTP korridor 0	SPIB	Spikkestadbanen	Ja	
NTP korridor 1	OBOL	Østfoldbanen østre linje	Ja	
NTP korridor 1	OBVL	Østfoldbanen vestre linje	Ja	
NTP korridor 1	OBVL_MOS	Østfoldbanen Sandbukta-Moss-Såstad	Ja	Planlagt trasé
NTP korridor 1	OBVL_SBO	Østfoldbanen Hafslundsløyfa	Nei	Ikke trafikkert
NTP korridor 2	KVGB	Kongsvingerbanen	Ja	
NTP korridor 2	URHB	Aurskog-Hølandsbanen	Nei	
NTP korridor 3	ADLB	Arendalsbanen	Ja	
NTP korridor 3	ALGB	Ålgårdbanen	Nei	Ikke trafikkert
NTP korridor 3	BRAB	Bratsbergbanen	Ja	
NTP korridor 3	BRAB_GML	Bratsbergbanen (gammel trase)	Nei	Ikke relevant
NTP korridor 3	BREB	Brevikbanen	Ja	
NTP korridor 3	BREB_TAK	Brevikbanen Sidespor Tangenkaia	Nei	Ikke relevant
NTP korridor 3	DRMB	Drammenbanen	Ja	
NTP korridor 3	FLEB	Flekkefjordbanen	Nei	Museumsbane
NTP korridor 3	KRAB	Kragerøbanen	Nei	Ikke trafikkert
NTP korridor 3	NSIB	Sidesporet Nelaug-Simonstad	Nei	Ikke trafikkert
NTP korridor 3	NUMB	Numedalsbanen	Ja	Tømmertog Kongsberg - Flesberg
NTP korridor 3	RJUB	Rjukanbanen	Nei	
NTP korridor 3	SETB	Setesdalsbanen	Nei	Museumsbane
NTP korridor 3	SORB	Sørlandsbanen	Ja	
NTP korridor 3	SORB_DNE	Sørlandsbanen nordre tilsving Dalane	Ja	
NTP korridor 3	TINB	Tinnosbanen	Ja	Relevant Hjuksebø - Notodden
NTP korridor 3	TINB_NTD	Tinnosbanen Notodden kollektivterminal	Ja	
NTP korridor 3	VESB	Vestfoldbanen	Ja	
NTP korridor 3	VESB_GML	Vestfoldbanen (gammel trase)	Ja	
NTP korridor 3	VESB_KOB	Vestfoldbanen Drammen-Kobbervik	Ja	Planlagt trasé
NTP korridor 3	VESB_NYK	Vestfoldbanen Nykirke-Barkåker	Ja	Planlagt trasé
NTP korridor 5	BRGB	Bergensbanen	Ja	
NTP korridor 5	FLMB	Flåmsbana	Ja	
NTP korridor 5	HARB	Hardangerbana	Nei	Ikke trafikkert
NTP korridor 5	KROB	Krøderbanen	Nei	Museumsbane
NTP korridor 5	MIDB	Sidesporet Gamle Vossebanen	Nei	Tunestveit-Midttun
NTP korridor 5	MINB	Godssporet Bergen-Minde	Ja	
NTP korridor 5	RANB	Randsfjordbanen	Ja	
NTP korridor 5	ROAB	Roa-Hønefossbanen	Ja	

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

NTP korridor 5	VALB	Valdresbanen	Nei	Ikke trafikkert
NTP korridor 6	DOVB	Dovrebanen	Ja	
NTP korridor 6	DOVB_GML	Dovrebanen (gammel trase)	Ja	
NTP korridor 6	DOVB_SRI	Dovrebanen Kleverud-Sørli (planlagt trase)	Ja	Relevant til Åkersvika
NTP korridor 6	GARB	Gardermobanen	Ja	
NTP korridor 6	GARB_VEN	Gardermobanen Venjar-Langset	Ja	Ferdigstilt, sammenslått med GARB
NTP korridor 6	GJKB	Gjøvikbanen	Ja	
NTP korridor 6	HVDB	Hovedbanen	Ja	
NTP korridor 6	RAUB	Raumabanen	Ja	
NTP korridor 6	ROSB	Rørosbanen	Ja	
NTP korridor 6	SOLB	Solørbanen	Ja	
NTP korridor 6	STLB	Stavne-Leangenbanen	Ja	
NTP korridor 6	STLB_SAV	Stavne-Leangenbanen søndre tilsving Stavne	Ja	
NTP korridor 6	THAB	Thamshavnbanen	Nei	
NTP korridor 7	MERB	Meråkerbanen	Ja	
NTP korridor 7	NAMB	Namsosbanen	Nei	
NTP korridor 7	NORB	Nordlandsbanen	Ja	
NTP korridor 7	NORB_MVK	Nordlandsbanen Sidespor Muruvik	Nei	
NTP korridor 7	NORB_SGN	Nordlandsbanen Sidespor Fiborgtangen	Nei	
NTP korridor 7	NORB_VDL	Nordlandsbanen Sidespor Verdal	Nei	Ikke trafikkert industrispor
NTP korridor 8	OFTB	Ofotbanen	Ja	
NTP korridor 8	OFTB_DJU	Ofotbanen Djupvik	Ja	
NTP korridor 8	OFTB_KAT	Ofotbanen Katterat	Ja	

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

10.2 Publiserte flom- og jordskredvarsler

Liste av publiserte og relevante flom- og jordskredvarsler på oransje og rødt nivå i perioden januar 2016 – september 2023 i kommuner langs jernbanenettverket.

Fylke	Kommune		Flom		Jordskred		Sum	
	Nummer	Navn	Oransje	Rødt	Oransje	Rødt	Flom	Jordskred
Agder	4217	Åmli	4	3	2	0	7	2
Agder	4203	Arendal	6	3	2	0	9	2
Agder	4216	Birkenes	6	3	2	0	9	2
Agder	4207	Flekkefjord	1	3			4	
Agder	4214	Froland	6	3	2	0	9	2
Agder	4211	Gjerstad	8	0	1	0	8	1
Agder	4226	Hægebostad	1	3	2	0	4	2
Agder	4218	Iveland	4	3	2	0	7	2
Agder	4204	Kristiansand	1	3	2	0	4	2
Agder	4227	Kvinesdal	1	3			4	
Agder	4205	Lindesnes	1	3	2	0	4	2
Agder	4225	Lyngdal	1	3	2	0	4	2
Agder	4201	Risør	8	0	1	0	8	1
Agder	4212	Vegårshei	6	3	2	0	9	2
Agder	4223	Vennesla	1	3	2	0	4	2
Innlandet	3428	Alvdal	9	2	2	2	11	4
Innlandet	3422	Åmot	9	2			11	
Innlandet	3418	Åsnes	8	2			10	
Innlandet	3431	Dovre	6	3	3	3	9	6
Innlandet	3416	Eidskog	5	0			5	
Innlandet	3420	Elverum	9	2			11	
Innlandet	3450	Etnedal	6	7	2	3	13	5
Innlandet	3407	Gjøvik	51	2	2	3	53	5
Innlandet	3446	Gran	16	22	1	3	38	4
Innlandet	3417	Grue	9	2			11	
Innlandet	3403	Hamar	51	3	1	1	54	2
Innlandet	3401	Kongsvinger	10	2			12	
Innlandet	3432	Lesja	6	3	3	3	9	6
Innlandet	3405	Lillehammer	50	4	2	3	54	5
Innlandet	3412	Løten	8	2	1	0	10	1
Innlandet	3451	Nord-Aurdal	8	7	2	3	15	5
Innlandet	3436	Nord-Fron	11	3	1	3	14	4
Innlandet	3448	Nordre Land	6	9	2	3	15	5
Innlandet	3430	Os	8	1	1	0	9	1
Innlandet	3440	Øyer	14	4	2	3	18	5
Innlandet	3424	Rendalen	8	2	1	2	10	3
Innlandet	3439	Ringebu	11	4	2	3	15	5
Innlandet	3411	Ringsaker	51	3	2	1	54	3
Innlandet	3437	Sel	15	4	3	3	19	6
Innlandet	3447	Søndre Land	15	22	2	3	37	5

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Innlandet	3449	Sør-Aurdal	8	7	2	3	15	5
Innlandet	3438	Sør-Fron	11	3	2	3	14	5
Innlandet	3415	Sør-Odal	15	2	2	0	17	2
Innlandet	3413	Stange	52	2	2	0	54	2
Innlandet	3423	Stor-Elvdal	8	2	1	2	10	3
Innlandet	3426	Tolga	7	1	0	1	8	1
Innlandet	3427	Tynset	8	1	2	1	9	3
Innlandet	3419	Våler						
Innlandet	3443	Vestre Toten	31	2	2	3	33	5
Møre og Romsdal	1539	Rauma	2	3	4	2	5	6
Nordland	1804	Bodø	4	0	3	0	4	3
Nordland	1841	Fauske						
Nordland	1825	Grane	8	0	6	0	8	6
Nordland	1832	Hemnes	10	0	4	0	10	4
Nordland	1806	Narvik	6	0	3	0	6	3
Nordland	1833	Rana	9	0	4	0	9	4
Nordland	1840	Saltdal	8	0	1	0	8	1
Nordland	1824	Vefsn	8	0	6	0	8	6
Oslo	301	Oslo	9	0	1	0	9	1
Rogaland	1101	Eigersund	6	0	1	0	6	1
Rogaland	1122	Gjesdal	7	0	2	0	7	2
Rogaland	1119	Hå	3	0	1	0	3	1
Rogaland	1120	Klepp			1	0		1
Rogaland	1112	Lund	6	0	1	0	6	1
Rogaland	1108	Sandnes	5	0	3	0	5	3
Rogaland	1103	Stavanger	4	0	1	0	4	1
Rogaland	1121	Time	3	0	1	0	3	1
Trøndelag	5045	Grong	18	0	4	0	18	4
Trøndelag	5026	Holtålen	14	0	3	0	14	3
Trøndelag	5053	Inderøy	3	2	5	1	5	6
Trøndelag	5037	Levanger	3	2	5	1	5	6
Trøndelag	5031	Malvik	2	2	3	1	4	4
Trøndelag	5028	Melhus	5	2	3	1	7	4
Trøndelag	5034	Meråker	12	2	3	1	14	4
Trøndelag	5027	Midtre Gauldal	10	2	4	0	12	4
Trøndelag	5007	Namsos	7	0	4	0	7	4
Trøndelag	5044	Namsskogan	12	0	4	0	12	4
Trøndelag	5021	Oppdal	6	2	2	2	8	4
Trøndelag	5059	Orkland	2	2	2	1	4	3
Trøndelag	5047	Overhalla	7	0	4	0	7	4
Trøndelag	5022	Rennebu	4	2	2	2	6	4
Trøndelag	5025	Rosse						
Trøndelag	5041	Snåsa						
Trøndelag	5006	Steinkjer	4	2	4	1	6	5
Trøndelag	5035	Stjørdal	3	2	4	1	5	5

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Trøndelag	5001	Trondheim	5	2	3	1	7	4
Trøndelag	5038	Verdal	12	2	5	1	14	6
Vestfold og Telemark	3815	Drangedal	4	0	2	0	4	2
Vestfold og Telemark	3802	Holmestrand						
Vestfold og Telemark	3801	Horten						
Vestfold og Telemark	3814	Kragerø	4	0	1	0	4	1
Vestfold og Telemark	3805	Larvik	1	0			1	
Vestfold og Telemark	3817	Midt-Telemark	4	0	2	0	4	2
Vestfold og Telemark	3816	Nome	2	0	2	0	2	2
Vestfold og Telemark	3808	Notodden	4	0	3	0	4	3
Vestfold og Telemark	3806	Porsgrunn	2	0			2	
Vestfold og Telemark	3804	Sandefjord	1	0			1	
Vestfold og Telemark	3807	Skien	2	0	2	0	2	2
Vestfold og Telemark	3818	Tinn	6	0	2	1	6	3
Vestfold og Telemark	3803	Tønsberg						
Vestland	4641	Aurland	13	1	11	1	14	12
Vestland	4601	Bergen	11	0	9	0	11	9
Vestland	4620	Ulvik	16	1	14	0	17	14
Vestland	4628	Vaksdal	14	1	10	2	15	12
Vestland	4621	Voss	17	1	12	2	18	14
Viken	3043	Ål	7	3	4	2	10	6
Viken	3021	Ås	1	0	1	0	1	1
Viken	3025	Asker	8	0	1	0	8	1
Viken	3024	Bærum	5	0	1	0	5	1
Viken	3005	Drammen	20	3	1	0	23	1
Viken	3035	Eidsvoll	51	2	0	2	53	2
Viken	3039	Flå	17	6	2	3	23	5
Viken	3050	Flesberg	6	0	2	2	6	4
Viken	3004	Fredrikstad	13	2			15	
Viken	3041	Gol	8	7	2	3	15	5
Viken	3001	Halden	11	0			11	
Viken	3044	Hol	6	2	3	2	8	5
Viken	3014	Indre Østfold	15	2	1	0	17	1
Viken	3053	Jevnaker	16	22	1	3	38	4
Viken	3006	Kongsberg	2	0	3	0	2	3
Viken	3046	Krødsherad	17	6	3	2	23	5
Viken	3049	Lier	15	6	1	0	21	1
Viken	3030	Lillestrøm	19	2	2	0	21	2
Viken	3029	Lørenskog	5	0	1	0	5	1
Viken	3054	Lunner	5	2	0	2	7	2
Viken	3047	Modum	19	22	1	3	41	4
Viken	3002	Moss	4	0			4	
Viken	3036	Nannestad	9	2	0	2	11	2
Viken	3034	Nes	49	4	1	1	53	2
Viken	3040	Nesbyen	8	7	2	3	15	5

Klimasårbarhetsanalyse for jernbanenettet

Viken	3031	Nittedal	5	2	1	0	7	1
Viken	3020	Nordre Follo	5	0	1	0	5	1
Viken	3052	Nore og Uvdal	9	2	3	2	11	5
Viken	3048	Øvre Eiker	20	3	2	0	23	2
Viken	3017	Råde	4	0			4	
Viken	3027	Rælingen	18	2	1	0	20	1
Viken	3016	Rakkestad	13	2			15	
Viken	3007	Ringerike	20	22	2	3	42	5
Viken	3051	Rollag	6	0	3	2	6	5
Viken	3003	Sarpsborg	13	2			15	
Viken	3033	Ullensaker	6	2	0	2	8	2
Viken	3019	Vestby	1	0			1	

10.3 SQL omkodingsregler for klassifisering av Banedata

Skred

```
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Rastype like '%stein%' and Rastype not like '%Flom%'
and Rastype not like '%Vann%'
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Rastype like 'Snoeskred' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Rastype like 'Snoe' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Rastype like 'Jordskred' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Rastype like 'Jord' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Rastype like 'Is' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Rastype like 'Isnedfall' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Langbeskrivelse like '%jordras%' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Skred' where Langbeskrivelse like '%Ras%' and Kategori is NULL
```

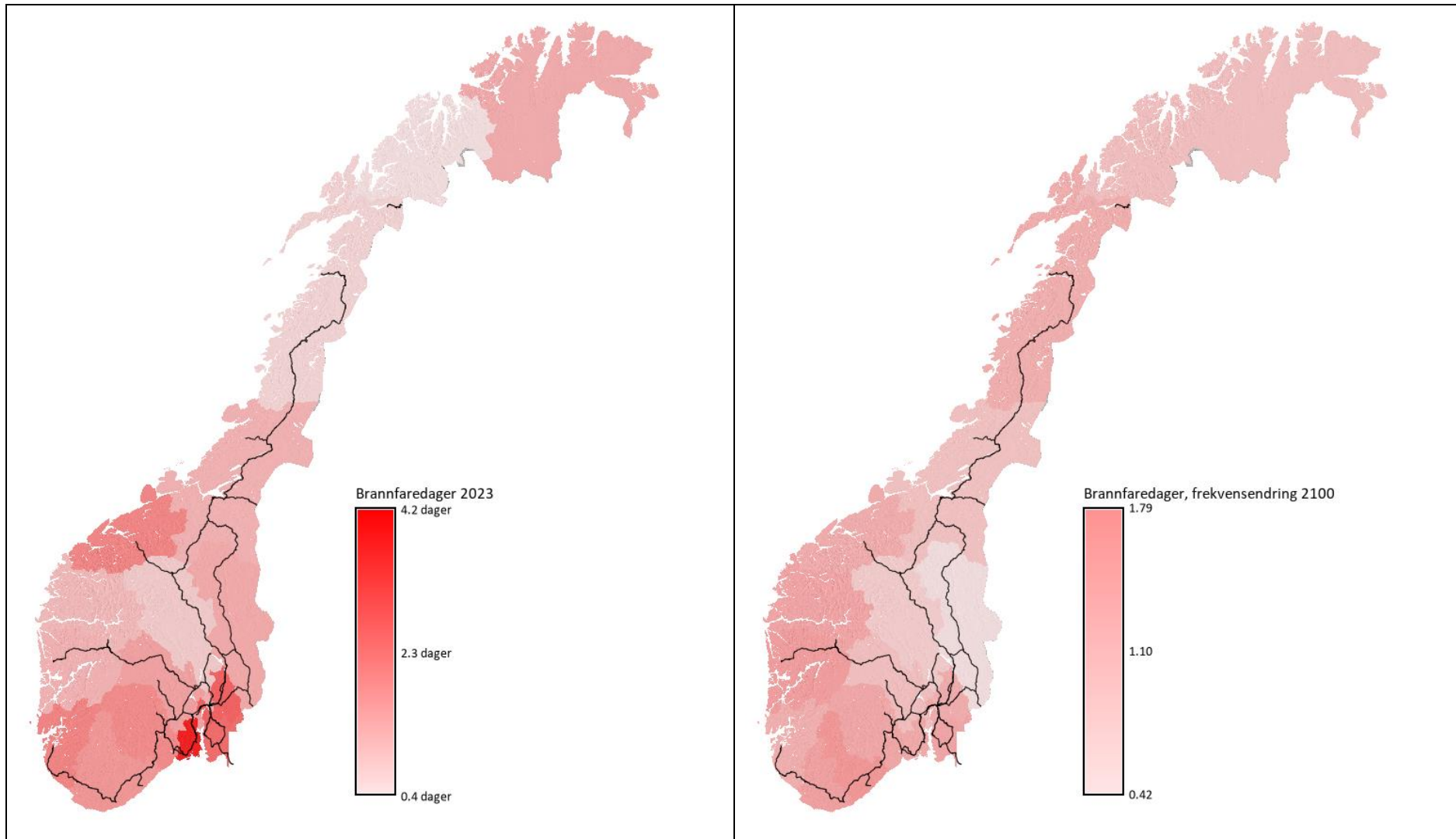
Styrtregnflomskred

```
update Banedata set Kategori = 'Styrtregnflomskred' where Vaer='Regn' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Styrtregnflomskred' where Rastype like 'Soerpeskred vann.snoe.is'
and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Styrtregnflomskred' where Rastype like 'Flomskred vann.jord.stein'
and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Styrtregnflomskred' where Rastype like '%Vann%' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Styrtregnflomskred' where Langbeskrivelse like '%stikkrenn%' and
Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Styrtregnflomskred' where Langbeskrivelse like '%regn%' and Kategori
is NULL
update Banedata set Kategori = 'Styrtregnflomskred' where Langbeskrivelse like '%utvask%' and
Kategori is NULL
```

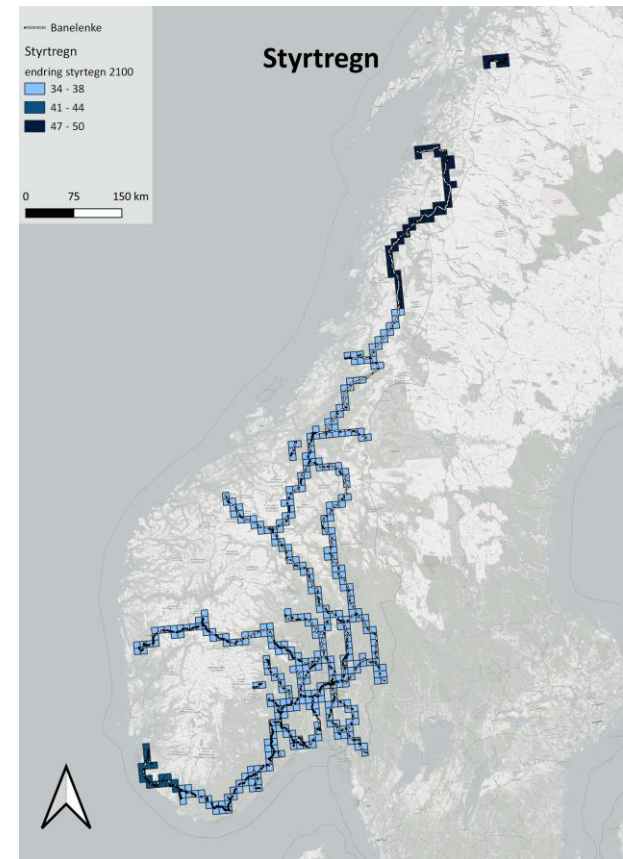
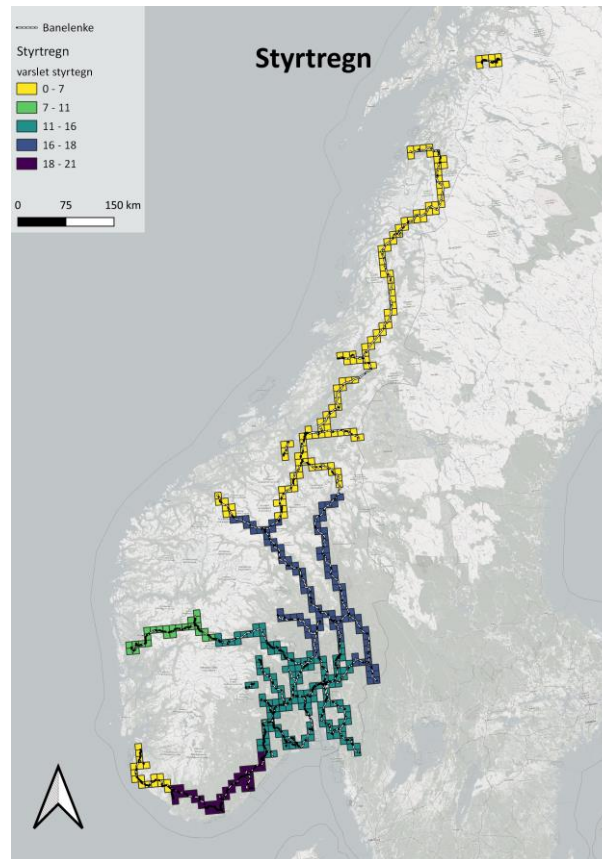
Flom

```
update Banedata set Kategori = 'Flom' where Beskrivelse like '%Flom%' or Beskrivelse like '%flom%'
update Banedata set Kategori = 'Flom' where Rastype like 'Flom/overvann' and Kategori is NULL
update Banedata set Kategori = 'Flom' where Langbeskrivelse like '%flom%' and Kategori is NULL
```

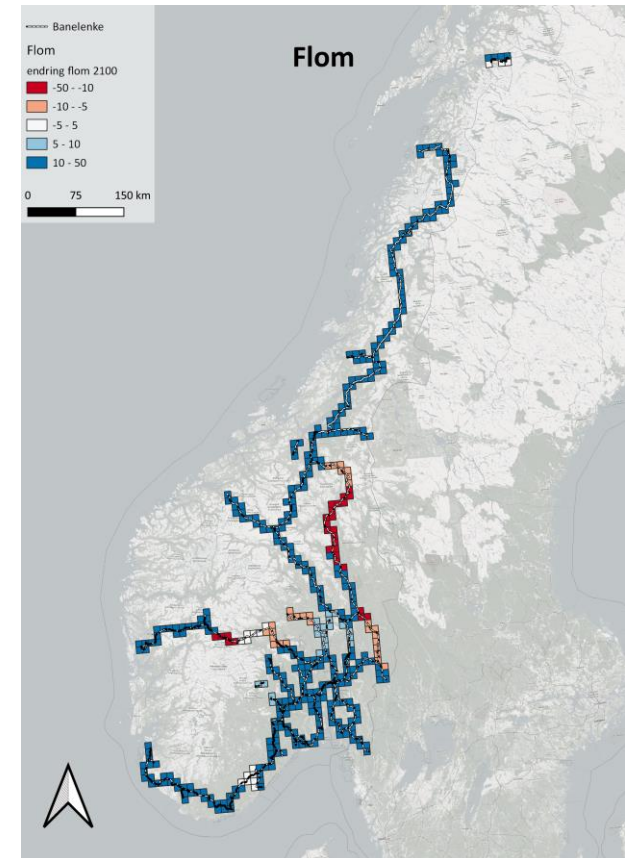
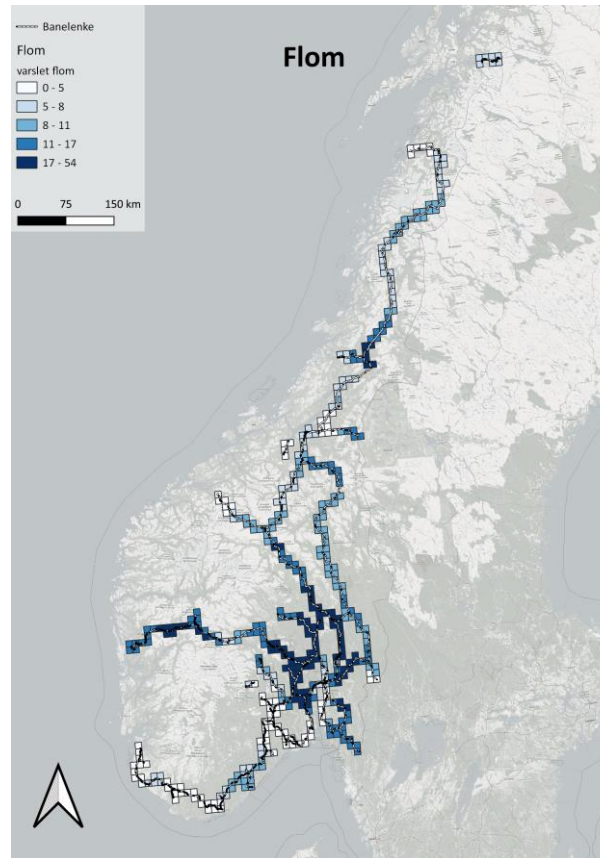
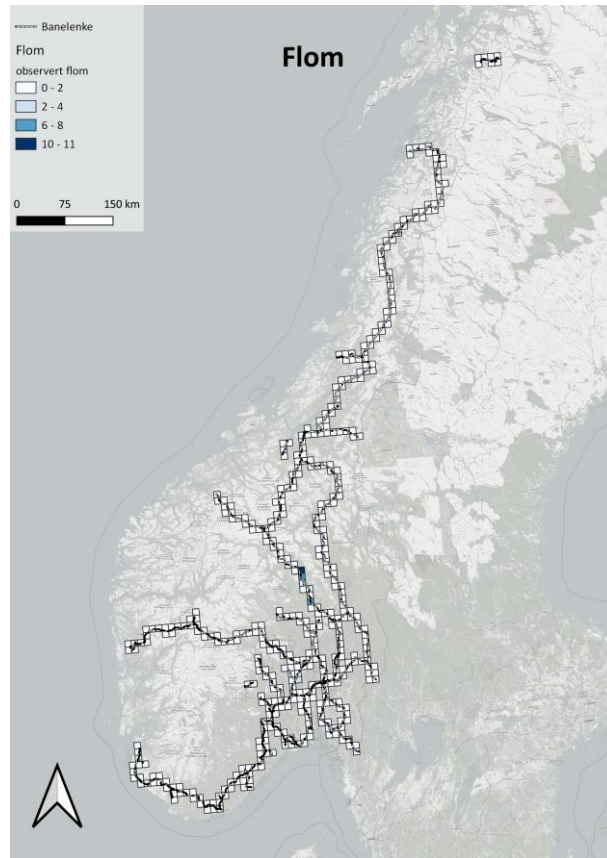
10.4 Kartgrunnlag for vegetasjonsbrann



10.5 Kartgrunnlag for flom- og skredhendelser utløst av styrtregn



10.6 Kartgrunnlag for flom i vassdrag



10.7 Kartgrunnlag for skred ikke utløst av styrtregn

