



VF-rapport nr. 3-2022

Klimarisiko for vegtransportsektoren

Eit kunnskapsgrunnlag og rammeverk for vurdering av klimarisiko på case-nivå i prosjektet «Klimatilpassing og veitransport»

Tara B. Holm og Carlo Aall

VESTLANDSFORSKING



VF-rapport	3-2022
Utgitt av	Vestlandsforskning
Adresse	Postboks 163, 6851 Sogndal
Prosjekttittel	Klimatilpassing og veitransport
Oppdragsgivar	Norges forskningsråd
På framsida	Bilde av snødekt veg
Foto	Øystein Vidnes
ISBN	978-82-428-0448-8

Creative Commons Namngiving 4.0 Internasjonal lisens
Vestlandsforskning 2021: CC BY-NC 4.0

www.vestforsk.no

Innhald

1 Innleiing	4
1.1 Bakgrunn.....	4
1.2 Riksrevisjonens rapport om klimatilpassing.....	6
1.3 Rammeverk for identifisering av klimarisiko.....	7
2 Transportvekst og klimamål	9
2.1 Drivarar for vegtransportutvikling.....	9
2.2 Berekraftig mobilitet	11
2.3 Utviklinga av klimagassutslepp frå transportsektoren.....	13
2.4 Ny klimainnretta transportpolitikk i Sverige	14
2.5 Noreg sine klimamål og tiltak for vegtransport.....	16
3 Tidlegare norske arbeider av relevans for analyse av klimarisiko i vegsektoren	18
3.1 Val av føresetnad om utvikling av transportarbeid i Nasjonal transportplan .	18
3.2 Klimatilpassing i Nasjonal transportplan	20
3.3 Nasjonal transportplan 2022 - 2033.....	22
3.4 Analyse av utviklingstrekk for transportsektoren mot 2050.....	26
3.5 Analyser av vegstandard og vedlikehald	28
3.6 Indikatorar for klimasårbarheit i transportsektoren	29
3.7 Overordna rammeverk for identifisering av klimasårbarheit.....	30
4 Rammeverk for analyse av klimarisiko i vegsektoren	35
4.1 Eksisterande metode for vurdering av risiko innafor vegsektoren	35
4.2 Eksponering	36
4.3 Klimapåverknadar.....	38
4.4 Klimasårbarheit	40
4.5 Klimarisiko	43
4.6 Val av tidshorisont.....	44
4.7 Vurdering av sannsyn	45
5 Frå klimarisiko til klimatilpassing	49
Referansar	51

Forord

Dette er ein delrapport frå prosjektet «Klimatilpasning og veittransport» som omtaler den første versjonen av eit rammeverk for å vurdere klimarisiko i lokale vegprosjekt, der føremålet med analysen er å gje grunnlag for val av tilpassingstiltak, for i neste omgang å nytte data frå desse to analysane til å gjere ein samfunnsøkonomisk analyse av kostnadar ved klimarisiko og nytte ved gjennomføring av tilpassingstiltak.

Sogndal, 17/14/2022

Carlo Aall

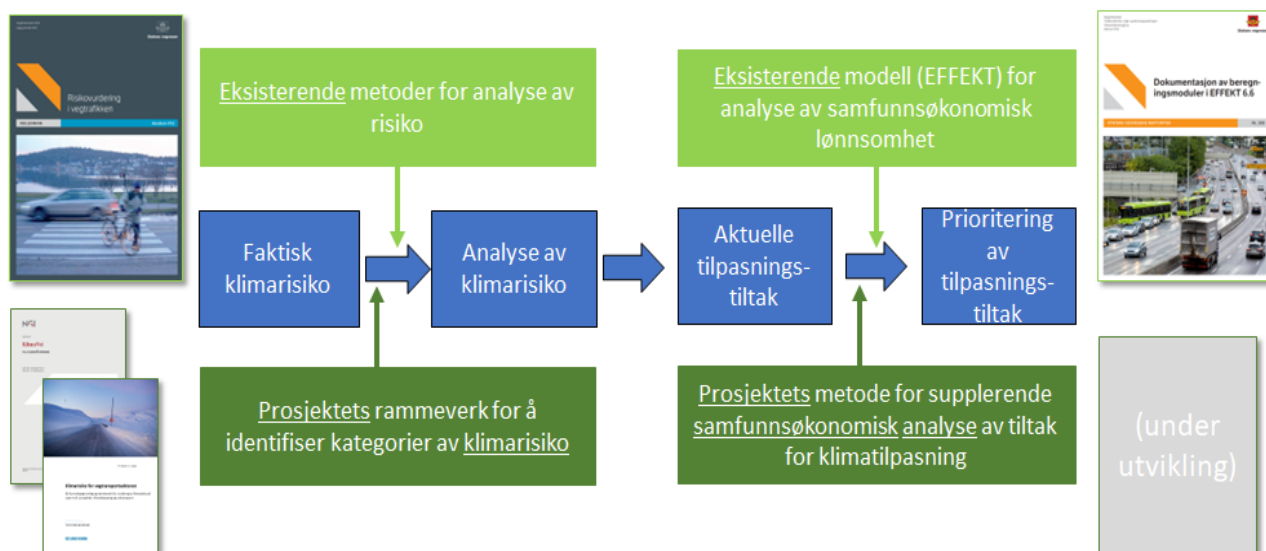
Prosjektleder

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

Et klima og samfunn i endring skapar utfordringar for investering i og drift og vedlikehald av fysisk infrastruktur. Dei samfunnsøkonomiske analysane, som ligg til grunn for avgjerder i planlegging, prosjektering, drift og vedlikehald av veginfrastrukturen, tar i liten grad omsyn til klimarisiko. Klimavei prosjektet har derfor som mål å utvikle metodar og verktøy for å betre ivareta klimarisiko i vegsektoren, og bidra til at desse blir tatt i bruk av vegforvaltninga.

Føremålet med denne rapporten er å gje eit kunnskapsgrunnlag og metodisk rammeverk for å identifisere viktige formar for klimarisiko. Dette skal igjen danne utgangspunkt for å demonstrere korleis Statens vegvesen og Nye veier AS kan nytte et verktøy utvikla i dette prosjektet for samfunnsøkonomisk vurdering av kostnadar ved klimarisiko og samfunnsøkonomisk nytte av klimatilpassing. Rapporten gjev ikkje ei omtale av korleis kvantifisere eller på anna detaljert måte analysere dei einsskilte formane for klimarisiko. Her viser vi til eksisterande generelle metodar for risikoanalyse.



Figur 1 Eksisterande metodar og metode-element som skal utviklast i prosjektet

Dei metodane som prosjektet skal utvikle kan nyttast til tre kategoriar av vegprosjekt:

- Det å lage eit drift- og/eller vedlikehaldsprogram
- Det å oppgradere eksisterande infrastruktur (inklusive å reparere etter ein naturskadehending)
- Det å nybygge infrastruktur (t.d. erstatte veg i dagen med tunell)

Korleis desse metodane kan nyttast og kva nytte dei kan ha er avhengig av kor langt i prosessen vegprosjekta har kome frå oppstart av planarbeidet til ferdig iverksetting (jf. tabellen under).

Tabell 1 Kva nytte kan metodeelementa utvikla i prosjektet ha sett opp mot ulike fasar i vegprosjekta

Status i vegprosjektet		Type vegprosjekt		
		Drift-/ vedlikehald	Oppgradering	Nybygging
Start planfase	1 Analyse av klimarisiko er <u>ikkje</u> gjort	Full nytte av foreslåtte rammeverk for analyse av klimarisiko		
↑ ↓	2 Analyse av klimarisiko <u>er</u> gjort	Bruke foreslått rammeverk for analyse av klimarisiko til å kvalitetssikre gjennomførte risikoanalyser		
	3 <u>Identifisere</u> aktuelle tiltak for klimatilpassing	Bruke foreslått rammeverk for analyse av klimarisiko til å strukturere utvikling av tilpasningstiltak		
	4 <u>Prioritere</u> aktuelle tiltak for klimatilpassing	Full nytte av foreslått metode for samfunnsøkonomisk analyse av tiltak for klimatilpassing		
Slutt planfase	5 Planen klar til endeleg godkjenning	Bruk foreslått metode for samfunnsøkonomisk analyse til å kvalitetssikre prioritering av tiltak for klimatilpassing		
Gjennomføring	6 Aktuelle tiltak for klimatilpassing gjennomført	Bruk av dei to foreslåtte metode-elementa som hjelp til å evaluere gjennomførte tiltak		

1.2 Riksrevisjonens rapport om klimatilpassing

I februar 2022 la Riksrevisjonen fram ein rapport om status i arbeidet med klimatilpassing av fysisk infrastruktur (Riksrevisjonen, 2022). Den overordna konklusjonen blei presentert som følger¹:

I lys av de betydelige konsekvensene klimaendringene vil ha, vurderer Riksrevisjonen det som alvorlig at myndighetene ikke har sikret seg tilstrekkelig oversikt og iverksatt nødvendige tiltak for å sikre eksisterende bebyggelse og infrastruktur. Dette kan føre til unødvendig høye kostnader for samfunnet og kan også få konsekvenser for innbyggernes sikkerhet.

Når kritiske områder ikke er godt nok kartlagt, kan dette føre til at utbygging skjer i områder med naturfare. Samlet sett er det Riksrevisjonens vurdering at kartleggingene ikke er tilstrekkelige for å møte et klima i endring. Dette handler i ytterste konsekvens om innbyggernes sikkerhet. Riksrevisjonen anser dette som alvorlig.

Kritikken vist over er av Riksrevisjonen kategorisert som «alvorleg», noko som er det nest høgaste av i alt fire nivå kritikk som Riksrevisjonen gjev².

Riksrevisjonen presenterer i tillegg to forhold som «kritikkverdig»³, der det eine punktet har ein spesifikk tilvising til Samferdselsdepartementet:

Etter Riksrevisjonens vurdering har Samferdselsdepartementet et svakt beslutningsgrunnlag for å kunne iverksette kostnadseffektive og risikoreduserende tiltak når de ikke har tilstrekkelig kunnskap om hvor sårbarheten er størst, hvor det er behov for tiltak, og hva tiltakene vil koste. Tilsvarende gjelder for Nærings- og fiskeridepartementet etter at de har overtatt ansvaret for kystens infrastruktur. Riksrevisjonen mener mangelen på et godt beslutningsgrunnlag er kritikkverdig

Vidare utdjuvar rapporten følgjande som gjeld Samferdselsdepartementet sitt ansvarsområde:

¹ Alle sitata er henta frå Riksrevisjonen sin presentasjon av rapporten på nett: <https://www.riksrevisjonen.no/rapporter-mappe/no-2021-2022/undersokelse-av-myndighetenes-arbeid-med-klimatilpasning-av-bebyggelse-og-infrastruktur/>

² Riksrevisjonens definisjon av 'alvorleg': «Alvorlig benyttes ved forhold som kan ha betydelige konsekvenser for samfunnet eller berørte borgere, eller der summen av feil og mangler er så stor at dette må anses som alvorlig i seg selv»

³ Riksrevisjonens definisjon av kritikkverdig: «Kritikkverdig brukes for å karakterisere mangelfull forvaltning der konsekvensene ikkje nødvendigvis er alvorlige. Dette kan gjelde feil og mangler som har økonomiske konsekvenser, overtredelse av regelverk eller saker som er tatt opp tidligere og fortsatt ikke er rettet opp».

- Kartlegging av sårbarheit i eksisterande transportinfrastruktur er i stor grad gjort med utgangspunkt i *dagens* klima, ikkje eit framtidig klima.
- Tilpassing til eit framtidig klima er betre tatt vare på for *ny* enn for eksisterande transportinfrastruktur.
- Samferdselsdepartementet har ikkje nødvendig styringsinformasjon om status for klimatilpassing av transportinfrastrukturen.

På bakgrunn av funna i revisjonsanalysen tilrår Riksrevisjonen at Samferdselsdepartementet følgjer opp at transportverksemdene kartlegg betre klimarisikoen for den eksisterande infrastrukturen. Prosjektet «Klimatilpassing og veitransport» er meint i bidra til å støtte opp under denne tilrådinga.

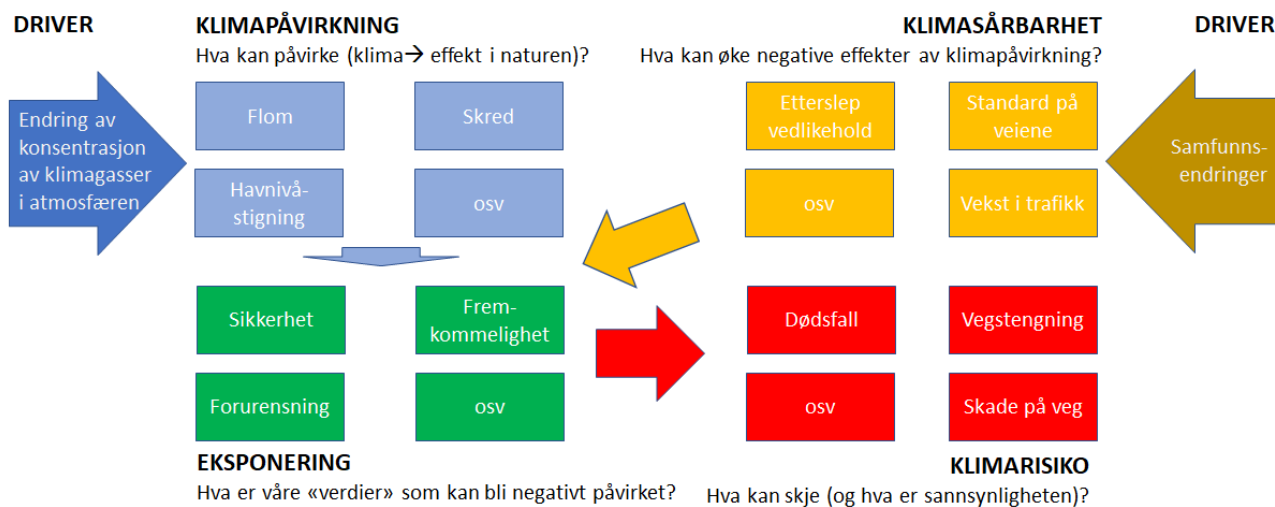
1.3 Rammeverk for identifisering av klimarisiko

Prosjektet legg til grunn FNs klimapanel sitt rammeverk for identifisering av klimarisiko henta frå den femte og sjette hovudrapporten der ein skil mellom klimapåverknad, klimasårbarheit, eksponering, og klimarisiko, og der klimarisiko oppstår som ein sumeffekt av klimapåverknad og sårbarheit (Reisinger mfl, 2020). Klimapåverknad omhandlar korleis klimaet vert endra, medan klimasårbarheit omhandlar korleis samfunnet vert endre. I begge tilfelle er det drivarar som påverkar desse endringane, høvesvis endringar i konsentrasjon av klimagassar, og trendar i samfunnsutviklinga (jf. Figur 1)

Klimapåverknad (blå boksar) handlar om å kartlegge korleis kan klima påverke og korleis gjer dette utslag i naturen. Med andre ord: «Kva kan påverke?» og i dette prosjektet: «Kva kan påverke som har konsekvens for veginfrastrukturen?». Da tar ein ofte utgangspunkt i klimaparametrar frå Norsk klimaservicesenteret eller andre kunnskapsdokument.

Eksponering (grøne boksar) ser på kva slags verdiar og eigenskapar som kan verte påverka negativt av klimapåverknaden. Det er viktig å skilje mellom påverknad frå dagens og framtidens forventa klima. I figur 1 har vi nytta dømer som tar utgangspunkt i vegsektoren sine mål som framkommeligheit, tryggleik,

og reduksjon i forureining. Informasjon om dette for vegtransportsystemet vil vi hente frå målformuleringar i Nasjonal Transportplan.



Figur 2 Rammeverket for identifisering av klimarisiko med dømer for kvar omgrep; klimapåverknad (blå), eksponering (grøn), klimasårbarheit (gul) og klimarisiko (raud).

Klimasårbarheit (gule boksar) omfattar endringar i samfunnet som kan føre til at klimaendringar påverkar negativt. Sårbarheit handlar korleis andre faktorar enn klimaendringar påverkar omfang, type og sannsyn for negativ verknad av klimafaktorane ført opp under «påverknad». Særlig viktige er dei faktorane som vi kan endre, slik at skadane av klimaendringar blir minst mogleg. I dei neste kapitla presenterer vi framlegg til eit rammeverk for analyse av klimasårbarheit for vegsektoren basert på tidlegare analysar og eigen teoriutvikling.

Klimarisiko er samverknadene av påverknad (korleis klima blir påverka), eksponering (kva slags verdier blir eksponert) og sårbarheit (kva kan endrast som påverkar klimaendringane mindre). Dette blir omtalt i det siste kapitlet i denne rapporten.

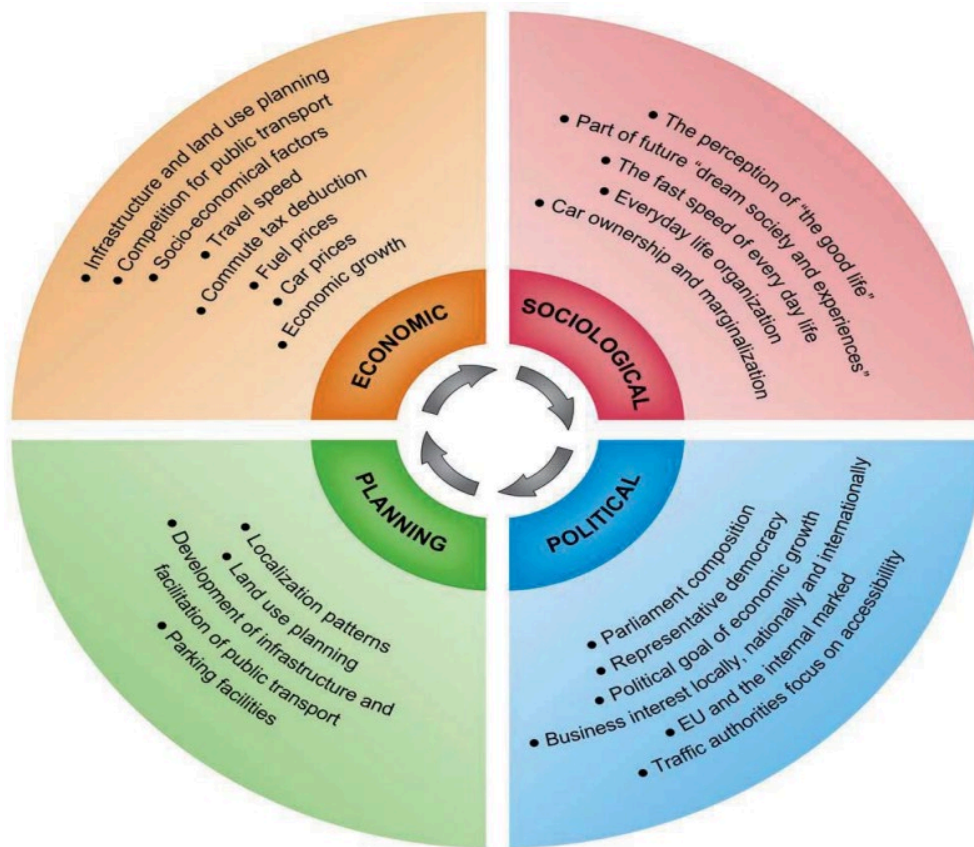
2 Transportvekst og klimamål

Utvikling av type og omfang av transport er rimelegvis avgjerande for korleis sårbarheita for klimapåverknad utviklar seg på transportområdet. Tiltak for å redusere klimagassutslepp frå transport kan påverke type og omfang av transport. Det er med andre ord sterke koplingar mellom utviklinga av tiltak for å redusere klimagassutslepp frå transport og utviklinga av fysisk klimarisiko for transportsektoren. Alle andre faktorar lik vil redusert transportomfang både redusere utslepp av klimagassar og nivå på klimarisiko, og motsett kan auka transportomfang (sjølv med full gjennomføring av nullutsleppsteknologi) isolert sett auke klimarisikoen.

2.1 Drivarar for vegtransportutvikling

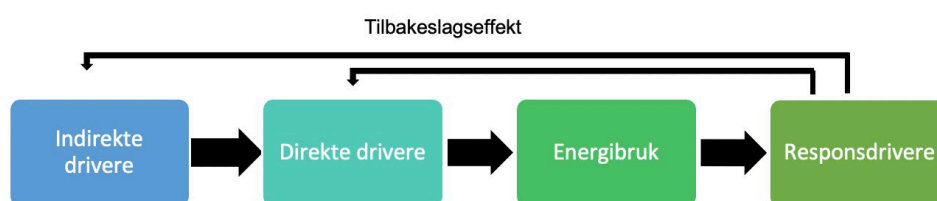
Forskingslitteraturen skil mellom ulike drivarar for transportutvikling, som igjen styrer planlegging av transportinfrastruktur: økonomisk, sosiologisk, det politiske systemet, og arealplanlegging (jf. Figur 3).

Dei *økonomiske* drivarane handla om transportkostnader som drivstoffavgift, bilavgift osv. og korleis det påverka etterspurnad av transport. *Sosiologisk* drivarar handlar om livsstil og vanar knytt til mobilitetsforbruk; med andre ord korleis ein bruka transport i sitt daglege liv, rekreasjon og reisevanar. Det *politiske* systemet handlar om korleis politikk kan påverke vegtransportsystemet, til dømes gjennom ein nasjonal transportplan. *Arealplanlegging* handlar om korleis vi utvikle og plassera bustad, barnehage, skule, arbeidsplassar, parkeringstilbod, kollektivtilbod og infrastruktur (t.d. kollektivknutepunkt) (Walnum, 2015b).



Figur 3 syne drivarar for transportvekst. Figur er henta frå Walnum (2015b)

Litteraturen skil også mellom direkte, indirekte og responsdrivarar godstransporten og korleis dei er koplå til vekst og utslepp i transportsektoren (figur 3).



Figur 4. Drivar-responsmodellen henta frå VF-rapport nr. 5/2015 (Walnum, 2015a)

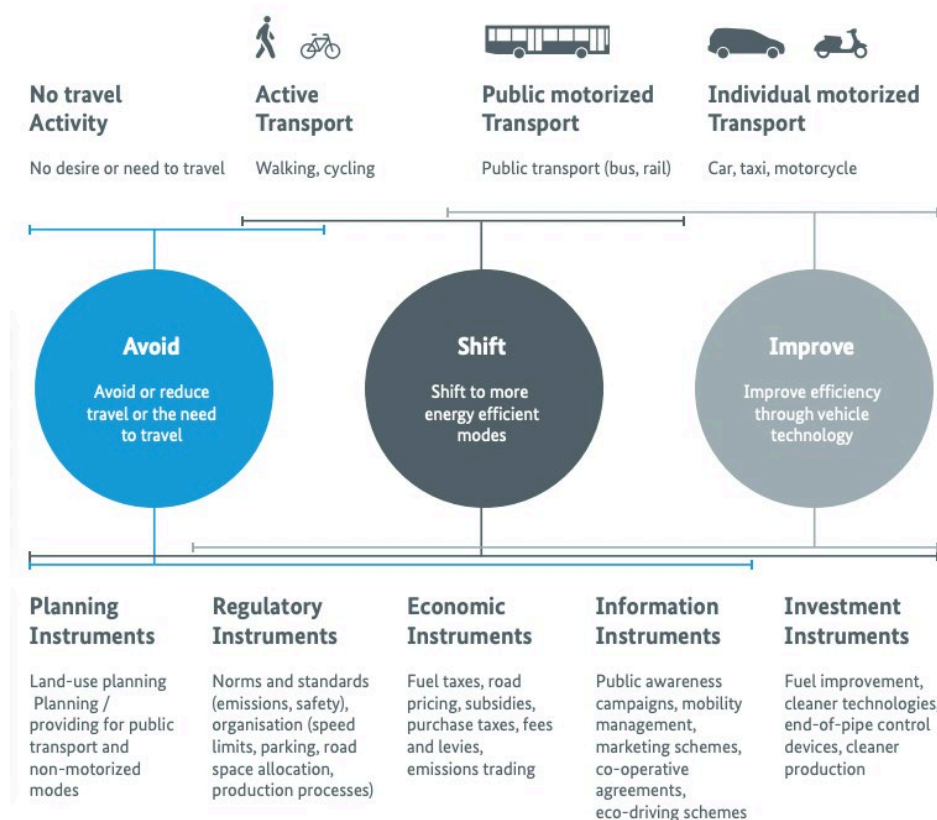
Dømer på *direkte* drivarar er transportavstand, type volum og vekt av varar, tekniske eigenskapar ved køyretøy og type drivstoff. Dei direkte drivarane styrar mengdene klimagassutslepp og transportkostnader. *Indirekte* drivarar er dømesvis økonomisk vekst, restriksjonar på import, infrastruktur,

energiprisar og lønnskostnader. *Responsdrivarar* kan påverke dei direkte (t.d. drivstoffavgift) og indirekte (t.d. tollforskrifter og vegprising) drivarane gjennom politiske tiltak eller teknologiske verkemidlar.

2.2 Berekraftig mobilitet

Tiltak for å redusere utslepp frå transport kan klassifiserast ut frå rammeverket «*Avoid-Shift-Improve*» (AIS) (Jaramillo & Nugroho, 2022). AIS går ut på å få til ein overgang frå dagens transportsystem til eit berekraftig transportsystem (jf. figur4).

Avoid/Reduce går ut på å redusere talet på reiser og behovet for å reise ved å effektivisere systemet gjennom til dømes areal- og samfunnsplanlegging. I *Shift*-strategien skal effektivisere sjølve reisa ved overføre reiser frå høg-utslepp til låg-utslepp transportmiddel. *Improve*-strategien skal redusere utslepp per kilometer gjennom å effektivisere og utvikle teknologien (Daniel Bongardt, 2019).



Figur 5 Avoid-Shift-Improve rammeverket og kva slags grep ein kan innanfor dei tre pilarane for å oppnå berekraftig mobilitet. Henta direkte frå GIZ (Daniel Bongardt, 2019).

Høyer (1999) presenterer ei tilsvarande tredelt strategi for å oppnå berekraftig mobilitet. *Effektivitetsstrategien* som fokuserer på å utvikle ny og meir effektiv teknologi til å erstatte eldre, ineffektive og forureina materialar eller teknologiar. *Substitusjonsstrategien* handlar om å erstatte dagens dominerande transportsystem med meir miljøvenleg og energieffektiv systemet (t.d. få gods frå veg over til bane eller sjø). *Reduksjonsstrategien* går ut på å redusere volum på frakt av gods og kilometer køyrt. Sistnemnte legg opp til at vi må endre åtferd og konsummønster. Høyre meiner at ein må få til alle tre strategiane for å få til berekraftig mobilitet.

Givoni (2013) formulerte tre ulike stiar for å oppnå låg-utslepp mobilitet; teknologisk fiks (technological fix), glocalisation (globalisering + lokalisering) og revurdere vekst (rethinking growth). Den meste brukte stien er teknologisk

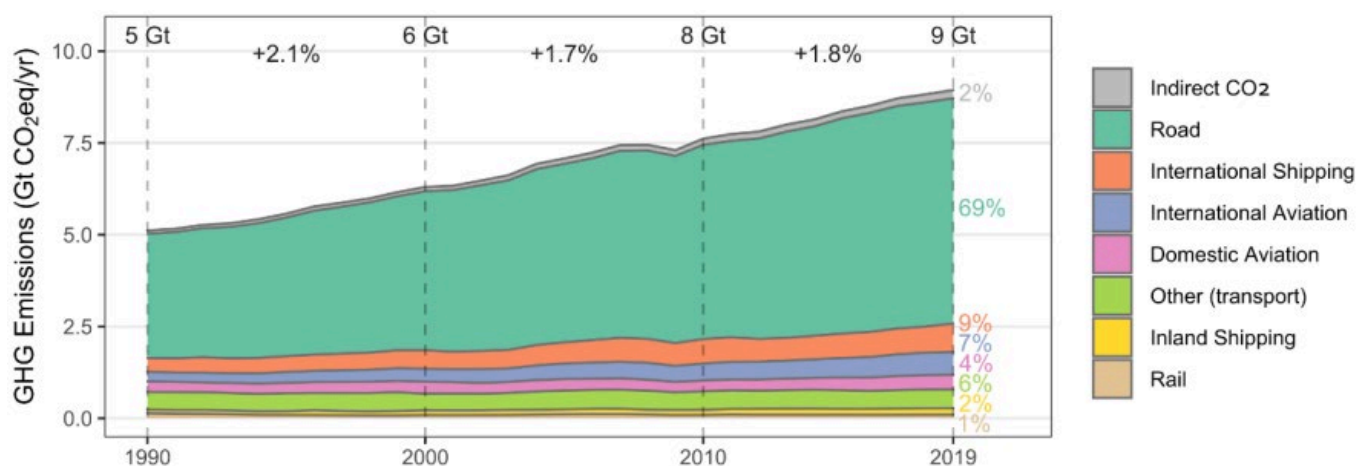
fiks gjennom effektivisering og elektrifisering. Givoni påpeiker at denne strategien ikkje føre til ein særskilt endring i dagens system og primært fokusera på reduksjon per eining og ikkje systemet i heilskap. Glocalisation handlar om å auke økonomisk vekst utan å auke mobilitet ved å ha lokale/regionale marknader kontra globale. Med andre ord ein fråkopling mellom godstransport og økonomisk vekst (BNP). Den tredje stien, «rethinking growth», sitt hovudpoenget er å få til eit skifte i samfunnsverdiar for å endre økonomiske og samfunnsmessige systemet ved å ha andre alternativ for produksjon og konsum for å redusere transportbehovet.

Walnum and Aall (2016) ser på Høyer og Givoni sine strategiar i samanheng. Vi vil også inkludere *Avoid-Shift-Improve* rammeverket. Den første strategien, effektivisering og teknologisk fiks, ser berre på teknologiske løysingar og ikkje den underliggjande årsaken til for klimagassutsleppa. Her kan vi føye til *Improve* strategien frå AIS rammeverket. Eit einseitig fokus på teknologiske løysingar kan føre til at miljøproblema frå transportsektoren blir overført til ein anna sektor. Den andre strategien for både Høyer og Givoni har som mål å endre transportsystemet og få det over andre transportmiddel. Same som *shift* strategien vil få til. Tredje strategien (inkludert *Avoid*) vil ta grep om heile systemet, sjå på dei underliggjande årsakene og endre det gjennom transformasjon.

2.3 Utviklinga av klimagassutslepp frå transportsektoren

Del 3 av den sjette hovudrapport frå FN sitt klimapanel handlar om utslepp av klimagassar og verkemiddel for utsleppsreduksjon og opptak og lagring av karbon. Kapittel 10 omhandlar transportsektoren som skildrar trendar for vekst og utslepp. Transportsektoren har sidan 2010 vore den sluttbrukar sektoren med høgast vekst i klimagassutslepp, med ein årleg vekst på rundt 1,8%. Totalt hadde transportsektoren eit utsleppsnivå på 8,9Gt CO₂-ekv. i 2019, og er den fjerde største utsleppskjelda etter kraft-, industri og jordbrukssektoren. Vegtrafikk (passasjer og godstransport) står for den største aukinga og delen i klimagassutslepp med eit utslepp på 6,1 Gt CO₂-ekv. som

utgjør 69% av sektoren. Internasjonal skipsfart er den nest største utslippsskjelda innan transport med 0,8 Gt CO₂-ekv. (utgjør 9% av sektoren), og internasjonal luftfart kommer som tredje med eit utslippsnivå på 0,6 Gt CO₂-ekv. (utgjør 7% av sektoren) (Jaramillo & Nugroho, 2022).



Figur 6 Globale utslippstrender innan transportsektoren. Henta direkte frå IPCC sin tredje del av sjette hovudrapport (Jaramillo & Nugroho, 2022).

Den globale aukinga i passasjerreiser har skjedd nesten eine og åleine i ikkje-OECD kand. Godsreiseaktivitet har vekt over heile verda med rundt 73% mellom 2000 og 2018. Internasjonal handel og globale forsyningskjeder frå næringer som ofte involverer store geografiske avstandar, er ansvarlige for den raske aukinga av CO₂-utslipp for godstransport. Godsutslipp veks raskare enn passasjerutslipp, og delen av utslipp i godssektoren i totale CO₂-utslipp auka med 68% mellom 2000 til 2015. Den raske veksten i person- og godstransport har medført at utslipp har auka tross ein innsats på implementering av tiltak for energieffektivisering og betring av drivstofføkonomi (Jaramillo & Nugroho, 2022).

2.4 Ny klimainnretta transportpolitikk i Sverige

Nyleg (mai 2022) la den svenske Klimaträttsutredningen fram rapporten «Rätt för klimatet» (SOU, 2022). Rapporten lanserar forslag til endringar av lovgivinga på mange område med relevans for klimaarbeidet i Sverige, blant

annet fleire forslag som har konsekvensar for transportinfrastruktur og vegtrafikk:

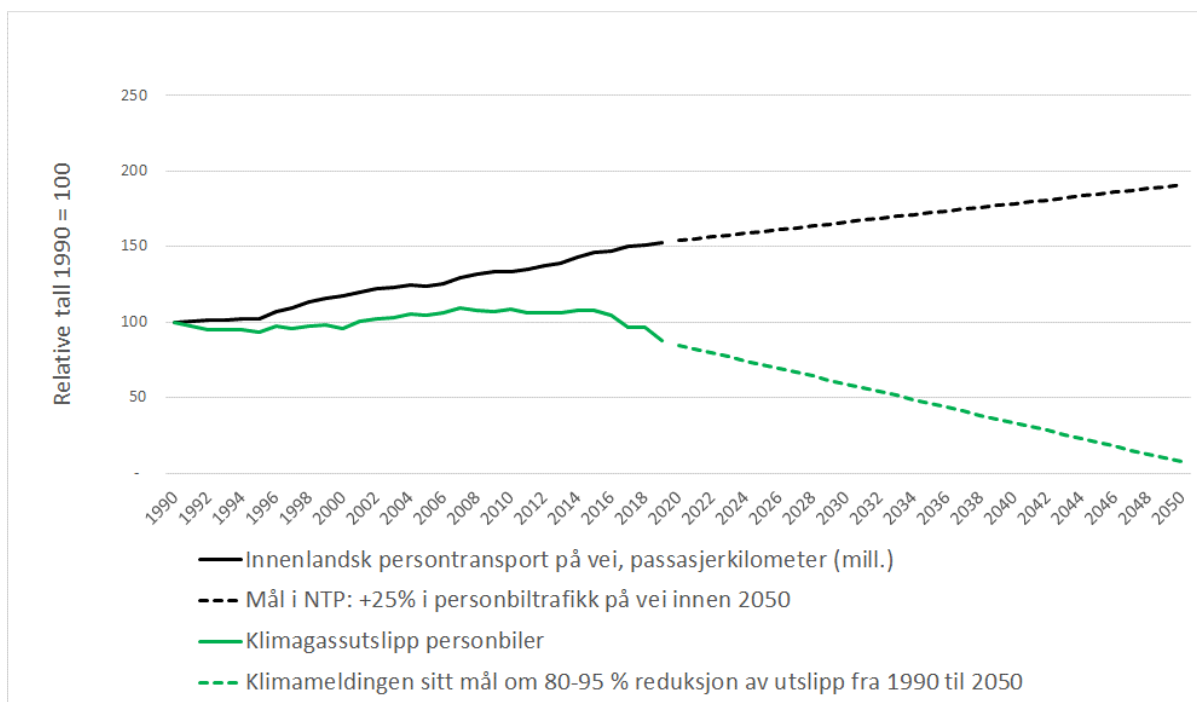
- Endringar i plan- og bygningsloven
- Endringar i forordningar for lensplanar for regional transportinfrastruktur
- Endringar i forordningar som gjeld en nasjonal plan for transportinfrastruktur
- Endringar i forordningar som gjeld statleg medfinansiering av kollektivtransportanlegg
- Endringar i forordningar som gjeld instruksjon for Trafikverket

Eit overgripande forslag er at transportplanlegginga framover skal leggjast om frå prognose-basert til i større grad å ble scenariobasert, og vidare at det skal leggjast vekt på gjennom planlegging å stimulere til «att dämpa trafikarbeidet med personbil, lastbil och inrikes fly» heller enn å legge til rette for økt mobilitet framkomme i tidlegare prognoser (SOU, 2022). I eit intervju i Dagsavisen uttaler sekretæren for utredninga, Anders Roth, mellom anna: «Veiprosjekt som er avhengige av økt biltrafikk for å være samfunnsøkonomisk lønnsomme, og som tillater økt kapasitet og reduserte reisetider, bør ikke bygges»; og vidare «I Sverige betyr det at trafikken trolig må reduseres med kanskje 10 prosent»⁴. I rapporten blir det vist til eksisterande trafikkprognoser utvikla for Trafikverket som inneber at reiser med privatbil og lett lastebil aukar med 27 prosent mellom 2017 og 2040 (SOU, 2022, side 565). Roth viser vidare til at den gjeldande svenske nasjonale transportplanen omfattar 27 vegprosjekt, der 8 av desse er avhengig av auka transport for å vere samfunnsøkonomisk lønsam. Det er denne typen prosjekt, som altså er avhengig av transportauke, som blir foreslått stansa i den svenske SOUen.

⁴ <https://www.dagsavisen.no/nyheter/innenriks/2022/06/05/bygging-av-helt-nye-veier-bor-vaere-siste-alternativ/>

2.5 Noreg sine klimamål og tiltak for vegtransport

I følge Noreg sin klimaplan for 2021 – 2030 skal ein halvere transportutsleppa fram mot 2030. Det er framskrive i NTP 2022-2033 at transportsektoren vil oppnå 27% utsleppsreduksjon i dei ikkje-kvotepliktige utsleppa frå 2019-2030. Figur 6 syne framskrivinga for personbiltrafikk på veg (svart linje) og reduksjonen i utslepp som må til for at personbiltrafikken når klimamålet i 2050. Det er satt fram ein rekkje tiltak både i NTP 2022-2033 og i Klimakur 2030 for korleis vegtransporten skal nå nasjonale klimamål.



Figur 7 illustrerer gapet mellom transportvekst og klimamålet. Den svarte linja syner utvikling i persontransport på veg og den stipla svarte linja syner framskrivinga i NTP. Den grøne linja syne klimagassutslepp for personbilar og den stipla grøne linja syne reduksjonen vi må ha for å nå klimamålet for 2050.

Klimagassreduserande tiltak i NTP og i klimakur er retta mykje mot å effektivisere og elektrifisere køyretøy som famna under den første strategien (effektivisering, teknologisk fiks). Slike tiltak adressera ikkje systemet i seg sjølv, men ser på reduksjon per eining som medføre at ein kan vidareføre «business as usual» (Givoni, 2013). Tiltaka kan redusere kostnader som fører til ein høgare etterspurnad etter transport som igjen utlikna

effektiviseringstiltak. I Klimakur 2030 er det estimert at elektrifisering av vegtransporten vil føre til ein utsleppsreduksjon på om kring 6 millionar tonn CO₂-ekvivalenter i perioden 2021-2030.

Innanfor *Shift-strategien/substitusjonsstrategien* er det satt nokre tiltak. Det er satt som eit mål i NTP 2022-2033 å overføre 30% av gods over 300 km frå vei til sjø og bane innan 2030. I tillegg til å utvikle kollektivsystema for å få ei vekst i talet på passasjerar. På grunn av pandemien sank talet på passasjerar for alle kollektivtransportformar i 2020.

Nullvekstmålet for personbiltransport i byene gjennom byvekstavtalene er eit tiltak som går på reduser mengde transport. Dei famnar innanfor den tredje strategien for Høyer sin tre hovudstrategiar for berekraftig mobilitet og AIS rammeverket. Ein potensiell målkonflikt er ei forventta auke i vegtransport og målet om nullvekst i byane. Sjølv om NTP 2022-2033 vil fortsetje satsinga på byvekstavtalar med stor statleg støtte, så er ikkje verkemidla for å nå nullvekstmålet innlemma i framskrivingane. Til dømes; i Rogaland, der Nord-Jæren har byvekstavtale, er det planlagt store prosjekter og utbygging av Rogfast⁵ som vil bidra til transportvekst (Anne Madslie, 2021). Det kan bli utfordrande å nå nullvekstmålet, med ein stor satsing på utbygging og forbetring av infrastrukturen for vegtransport.

⁵ Rogfast er ein undersjøisk tunnel som skal binde saman Jæren og Hauglandet (to regionar i Rogaland). Det er ein del av ambisjonen om eit fergjefri E39. Den vil redusera reisetida mellom Stavanger og Bergen med 40 min og utvida bu- og arbeidsmarknaden i regionen (Statens vegvesen).

3 Tidlegare norske arbeider av relevans for analyse av klimarisiko i vegsektoren

3.1 Val av føresetnad om utvikling av transportarbeid i Nasjonal transportplan

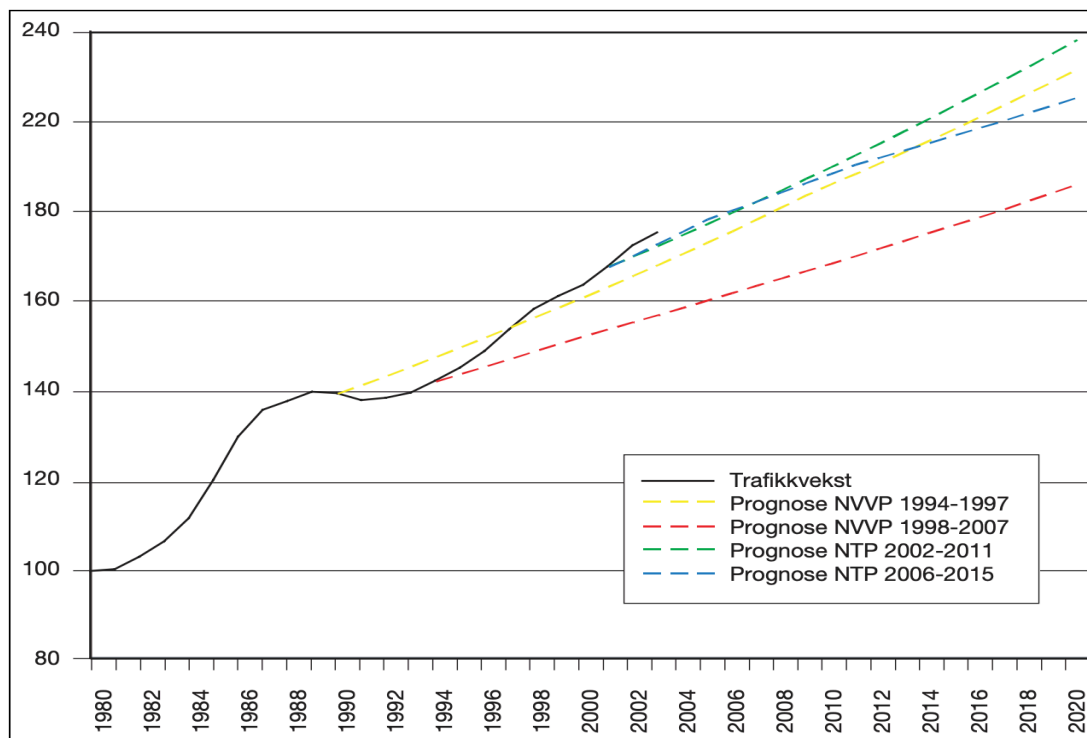
Vår gjennomgang startar med å vise korleis val av føresetnad når det gjeld utvikling av transportarbeid har endra seg opp gjennom åra i og med at dette er ein så viktig faktor i vurdering av klimasårbarheit.

Figur 2 illustrerer korleis den faktisk trafikkveksten har vore frå 1980 og korleis dei ulike prognosane har treft veksten. Periodevis har prognosane vore over faktisk trafikkvekst og nokre periodar under. Det største avviket er på slutten av 1990-talet som forklarast med at ein ikkje forventa eit hopp i godstransportarbeidet. Trenden for trafikkveksten og prognosane er stigande utvikling (Samferdselsdepartement, 2003).

NTP 2002-2011 opererer med ei forventa auking i transportarbeid for personbiler på 1,3 gjennomsnittleg prosentvis årleg endring i perioden og ei auking på 1,1 gjennomsnittleg prosentvis årleg endring frå 2012-2020. For det totale godstransportarbeidet ligg framskrivinga på 1,84 gjennomsnittleg prosentvis årleg endring i perioden og 1,27 for 2012-2020. Det er forventa størst auke for fly og båt, høvesvis 3,84 og 1,95 gjennomsnittleg prosentvis årleg endring i 2002-2011. Vegtransportarbeidet har ein gjennomsnittleg prosentvis årleg endring på 1,29 (Samferdselsdepartement, 1999).

I NTP 2006-2015 ligg den forventa gjennomsnittlege årlege vekst for persontransport på 0,8 %. Bilen har den høgaste delen av talet på reiser med 70 % og utgjer nesten 60 % av transportarbeidet, og ligg på 0,8% gjennomsnittleg årleg vekst for 2006 – 2015. Godstransport på veg har den høgaste forventa

veksten med 1,7 % i perioden for NTP (Samferdselsdepartement, 2003). På bakgrunn av kritikk om prognoser og faktisk trafikkvekst i tidelegare planar fekk TØI i oppgåve å gå gjennom tidelegare prognoser.



Figur 8 Faktiske trafikkveksten og ulike prognoser for vekst i utførte vognkilometer for gods og persontrafikk frå 1980 til 2020. 1980=100 (Samferdselsdepartement, 2003)

I NTP 2010-2019 sine prognoser er det forventa ei auking på 1,1 prosent per år mellom 2006 – 2040, og at trafikkarbeid for gods og person vil auke med høvesvis 1,7 prosent og 1,1 prosent per år (Samferdselsdepartement, 2008). Vidare har NTP ei forventa årleg vekst i transportarbeid for personbiltrafikk og godstransport på 1,6% (2008-2043) og 1,0% (2010-2060). Godstransport på veg er det framskrive ein årleg vekst på 2,0 mellom 2008-2043. For persontrafikk er det bil, tog og fly som forventar størst årleg vekst på 1,02%, 1,16% og 1,28% mellom 2010-2060 (Samferdselsdepartement, 2008).

I NTP 2018-2029 er det ein forventning om ein høgare befolkningsvekst og økonomisk utvikling enn i prognosane for NTP 2022 -2033. I persontransport er det berekna ei auking i talet på korte reiser (under 70 km) med 13 prosent

og 28 prosent i høvesvis 2030 og 2050. Vekst i samla transportarbeid i perioden 2016 til 2050 er anslege til 0,9 prosent per år (Samferdselsdepartement, 2016). Framskrivningane er basert på ein rekkje faktorar som befolkningsutvikling, økonomisk utvikling osv. som blir nærare skildra i delkapittelet Nasjonal transportplan 2022-2033.

3.2 Klimatilpassing i Nasjonal transportplan

Det har vore tydelege styringssignalar på at omsyn til klimaendringane skal integrerast i planlegging, vedlikehald, utgreiingar, utbygging og analysar av transportsystemet. I NOU 2010:10 blir det tilrådd å «integrere klimaomsyn i alle planprosessar, utgreiingar og analysar av transportsystemet», «utføre kartlegging og merking av sårbarheit for spesielt utsette konstruksjonar eller strekningar i forhold til ulike typar hendingar» og «halde ved lag ei styrkt satsing på skredsikring av vegar og jernbaner som òg inkluderer klimaomsyn i skredrisikovurdering og arbeidet med utvikling av den nasjonale skreddatabasen».

I stortingsmeldinga frå 2013 står det at samferdselsmyndigheitene skal leggja stor vekt på «å ivareta hensynet til klimaet og dei forventede klimaendringene i sin planlegging», mellom anna med å revidera standardar knytt til vedlikehald og nybygging av transportinfrastruktur, basert på ny kunnskap om eit endra klima.

Det er laga seks versjonar av Nasjonal transportplan (NTP). Den første vart lagt fram hausten 2000 og gjaldt for perioden 2002 til 2011, og den sist gjeldande blei lagt fram våren 2021 og gjeld for perioden 2022-2033.

Klimatilpassing eller utfordringane eit endra klima kan ha på vegsektoren er ikkje nemnt i den første generasjonen av NTP, for perioden 2002-2011, og dukkar først opp i *NTP 2006-2015*, og da nærast i ei bi-setning;

På lang sikt kan også klimaendringar påvirke transportsystemet. En forstudie gjennomført av transportetatene viser at klimaendringar kan få betydning for beredskap, reparasjon og forebyggende tiltak mot blant annet ras, oversvømmelse og flom.

Det systematiske arbeidet med Klimatilpassing i Statens vegvesen starta i 2007 med prosjektet «*Klima og transport*». Sluttrapporten frå prosjektet kom i 2013 og konkluderte mellom anna med at «klimahensyn skal være med i alle planprosesser, i ROS-analyser for utbyggings- og fornyingsprosjekter» og at «klimahensyn skal integreres i alt planlagt vedlikehold».

Som del av prosjektet vart sentrale vegnormalar og rettleiarar revidert slik at omsynet til klimaendringar vart ivareteke, eit arbeid som er vidareført i ettertid. I kjølvatnet av prosjektet vart samarbeidsprosjektet NIFS (Naturfare, infrastruktur, flaum og skred) gjennomført, som etter prosjektslutt vart til Naturfareforum.

Hovudkonklusjonane frå Klima- og transportprosjektet vart vidareførte i NTP 2010-2019, der det vart slått fast at «fokus på klimaendringar må ivaretas allerede i planleggingsfasen av nye prosjekter, og det skal inngå i enhver risiko- og sårbarhetsanalyse» og at det er «nødvendig å gjøre infrastrukturen mer robust for klimaendringar samt å styrke beredskapen mot uønskede hendelser»

I NTP 2014-2023 er det under kapittelet om samfunnstryggleik lista opp at ein skal «styrke drift, vedlikehold og fornying av transportinfrastrukturen for å gjøre den mer robust mot ekstremvær og klimatiske påkjenninger.»

Statens vegvesens «Strategi for samfunnssikkerhet», som òg inkluderer klimatilpassing, vart publisert i 2017, og har som mål at klimaendringar skal vera ivareteke i planlegging og bygging av infrastruktur, forvaltning av vegnettet og i utviklinga av kunnskapsgrunnlaget. Det vert òg oppmoda til eit tettare samarbeid med nasjonale aktørar, og kommunane og fylkeskommunane i samband med problemstillingar knytt til naturfare.

Desse måla er ivaretekne NTP 2018-2029, der klimatilpassing er nemnt som eit særskilt prioritert område. Sjølv om mykje har blitt gjort for å tilpassa både infrastruktur og prosedyrar internt i Statens vegvesen og andre transportforvaltarar, påpeikar NTP 2018-2029 at mykje framleis står att:

Deler av veg- og jernbanenettet fremstår i dag ikke robust nok til å takle utfordringer knyttet til store vannmengder. Flom- og skredhendelser medfører ofte brudd i vegbanen og redusert dekkelevetid, og i alvorlige tilfeller helt eller delvis ødeleggelse av både veggen og jernbanesporet.

Nasjonal transportplan legg opp til ei vidareføring og styrking av arbeidet med å redusera sårbarheita mot klimaendringar og påpeikar at dei forventa klimaendringane skal leggjast til grunn for all planlegging, utbygging, drift og vedlikehald av infrastrukturen i planperioden.

3.3 Nasjonal transportplan 2022 - 2033

I NTP 2022-2033 er det lagt til grunn ein forventa transportvekst fram mot 2050. Den største veksten skal skje innan vegtransporten med ei vekst på 28% fram mot 2050. Det er også forventa at utsleppa skal minske med 27%, hovudsakleg frå elektrifisering av transportsektoren. NTP 2022-2033 vidareføre klimamåltal frå den førre nasjonal transportplan som går ut på at bilparken går over til nullutsleppskøyretøy. Dette skal gjennomførast med blant anna CO₂-avgift, støtteordningar, krav om innblanding av biodrivstoff og leggje til rette for utvikling av nullutsleppsløysingar.

Globale og nasjonale utviklingstrekk (nøkkeltal) frå NTP:

- Samla vekst i vegtransport på 28% fram mot 2050
- Samla vekst i kollektivtransport på 18% mot 2050
- Innanlands transportarbeid kan vekse med 25% for persontransport og 29% for godstransport
- Nedgang i ikkje-kvotepiktige utslepp på 27% innan transportsektoren (hovudsakleg pga. Elektrifisering og andre lågutsleppsalternativar)
- Sjøtransport vil stå for 71% av godsmengda fram mot 2050
- Vekst i godstransport vil auke mest på veg (69% fram mot 2050)
- Vekst på bane vil auke med 35% fram mot 2050 (inkl. transitt av malm). 44% vekst ekskl. transitt av malm.

Framskrivningane som ligg i NTP er utarbeida av Transportøkonomisk institutt (TØI). Figur 4 syne ei oversikt over kva slags utredninga og omsyn som ligg til grunn i framskrivninga. Ei forventa transportvekst er grunngjeva med befolkningsvekst, økonomisk vekst, betre vegtilbod gjennom infrastrukturprosjekt, lågare realpriser for personbil på grunn av auka kjøp av elbilar og etterkvart fjerning av bompengar. Befolkningsutviklinga er basert på

SSB sitt hovudalternativ. Den anslår at befolkninga vil auke med rundt 0,7 millionar fram til 2060 og 0,9 millionar i 2100. Dette skuldast primært netto innvandring. Det er forventa ein økonomisk vekst (Perspektivmeldingen, 2021), men noko lågare enn i den førre NTP 2018-2029.

Modellen som er nytta for framskrivingar har sine svakheiter. Det er ikkje medrekna endra reisevaner, men nyttar dagens reisevaner som utgangspunkt. Modellen vil ikkje fange opp eventuelle trendbrot i haldningar eller vaner knytt til transportbehov, til dømes eit auka miljøfokus. Ny teknologi eller teknologiutvikling som kan endre transportvanar er ikkje innlemma i modellen. Nye autonome køyretøy kan til dømes konkurrere med kollektivtrafikk eller føre til tettare køyring på veg som gjer mindre kø. Det er ikkje lagt inn eventuelle restriktive tiltak for transport. Restriktive tiltak kan vere auke i bompengar, vegprising, auka drivstoffprisar, parkeringsavgift eller bilfrie sentrum.



Figur 9 Faktorar som ligg til grunn for framskrivinga av transportutvikling i NTP

I Nasjonal transportplan er det eit stort fokus på fysiske klimarisiko (naturhendingar som auka nedbør, havnivåstigning og stormflo) og korleis transportsektoren skal førebu seg på eit endra klima og uønska hendingar:

Transportvirksomhetene vil i planperioden videreføre arbeidet med å redusere sårbarheten mot klimaendringar. Ny infrastruktur skal dimensjoneres til å motstå hardere klimapåkjenningar og ekstremvær, og forskning og utvikling av byggemetoder som tar hensyn til klimaendringar skal videreføres.

Det er forventa at klimatilpassing skal leggjast inn i planlegging, utbygging, drift og vedlikehald.

Statens vegvesen har utarbeida ein gjennomføringsplan basert på den økonomiske ramma som vart gitt i NTP som gjeld for dei seks første åra av gjeldande transportplan. Det er satt av eit årleg snitt på 8,4 milliardar kroner til drift og vedlikehald. Prioriteringa blir å drifte vegnettet for å unngå at vedlikehaldsetterslepet auke og deretter kostnadene ved å ta det igjen seinare.

I Statens vegvesen (SVV) sitt svar på oppdrag 7: miljø og klimatilpassing frå Samferdselsdepartementet utdjupe dei utfordringane med ein auka klimabelastning og korleis dei kan få konsekvensar for vegsektoren. Dei vanlegaste utfordringane er; skred, flaum, dreneringssvikt, storm/uvêr og samarbeid om planlegging. Ei auka klimabelastning kan ytterlegare føre til brot i framkomelegheit og ulukker, nedsett trafikkflyt og tryggleik, meir skade på eller ved veg som auka behovet for reparasjon og kostnader og generelt ein meir krevjande drift- og vedlikehaldssituasjon. «Vedlikehold og fjerning av forfall, skredsikring og skredvarsling er prioriterte oppgaver for å takle dagens klima. Det er en betingelse for tilpasning til fremtidig klima at satsningen på disse oppgavene opprettholdes. Ivaretagelse av eksisterende veinett krever prioritering av disse oppgavene i budsjettssammenheng (Statens vegvesen, 2019).»

I svaret har SVV summert opp framtidige utfordringar etter omgrepa robustheit (kapasiteten vegsektoren har til å tole ekstraordinære belastningar. Ved naturhendingar), redundans (moglegheita til å ta vare på transportforpliktingar) og restitusjon (kor raskt det er mogleg å rette opp igjen kapasiteten på vegtransportsystemet) (Statens vegvesen, 2019).

Tabell 2 Oppsummering av nokre framtidige utfordringar sortert etter omgrepa robustheit, redundans og restitusjon (Statens vegvesen, 2019).

Robustheit	Redundans	Restitusjon
<p>Regelverk for planlegging, bygging, drift og vedlikehald må ta godt nok høgde for klimaendringar.</p> <p>Press på økonomi og lønsamheit kan føre til at ein ikkje tar farar eller hendingar på alvor på grunn av usikkerheita er stor.</p> <p>Auka satsing på vedlikehald kan føre til at ein må gå for dyrare løysingar som løne seg på sikt. Viktig med kost-nytteverktøy som får fram gevinstar og tap.</p> <p>Klimaendringar krev samhandling på tvers, t.d. for vasshandtering.</p> <p>Nye klimascenario kan syne at det blir krevjande for eksisterande og ny infrastruktur, t.d. havnivåstigning.</p> <p>Gjere overvakingstenestene meir robuste.</p>	<p>Klimaendringar kan føre til meir bruk av sjøvegar og hamnar i nord som vil gje ein auka bruk av vegnettet. Vegnettet må vere rusta for ein auka bruk og omkøyringsmoglegheiter må tryggast.</p> <p>Strengare utsleppskrav vil føre til eit behov for å sikre betre samarbeid mellom transportformene, betre knutepunkt og lettare overgangar.</p>	<p>Overvaking og varsling av naturfare bidrar til raskare restitusjon etter uønskt hending.</p> <p>Aktiv skredkontroll vil gje betre moglegheiter til å rette opp igjen trafikkflyten raskare.</p> <p>Viktig å ha ein god dokumentasjon om tidelegare hendingar. Økonomiske omsyn kan gå utover datamengda, datakvalitet, dokumentasjon og oppfølging.</p>

I Statens vegvesen (SVV) sitt svar på oppdrag 9: prioriteringar frå Samferdselsdepartementet vil ei av prioriteringane vere å ta vare på og utvikle eksisterande vegnett det er mogleg. Vedlikehaldsetterslepet har blitt redusert dei siste åra på grunn av stor satsing av tunneloppgradering, men etterslepet på andre delar av vegnettet har auka. Det leggjast opp til ein opprusting av vegfundament, bru, kaier, grøfter og røyr for å lukke etterslepsgapet. Det er behov for å auke løyvinga for å handtere trafikkvekst og opning av nye veganlegg, handtering av flaum og skred, klimakonsekvensar og auka kompleksitet i eit digitalisert vegnett.

Det er fleire usikkerheitsmoment til korleis utviklinga i drifts- og vedlikehaldsbehovet blir i framtida: Utvikling av vedlikehaldsetterslepet, kostnadsauking i kontraktar for drift og vedlikehald, strengare miljøkrav, klimaendringar, og eit meir digitalisert og komplisert vegnett.

3.4 Analyse av utviklingstrekk for transportsektoren mot 2050

Gjestvang et al. (2018) utarbeida framtidsanalysar for transportsektoren fram mot 2050 på vegne av Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet, Kystverket og Avinor. Rapporten summerer opp trendar, observasjonar og drivkrefter i fem utviklingstrekk (figur 7). Nedanfor blir ein kort oppsummering av dei fem utviklingstrekk.



Figur 10 Fem utviklingstrekk for framtidens vegtransportsystem (Gjestvang et al., 2018)

Rapporten trekkjer fram følgjande sentrale utviklingstrekk:

- Globaliseringa held fram men utflating i den økonomiske veksten i Noreg
- Auka urbanisering og mobilitet endrar transportbehovet
- Ny teknologi førar til effektive, heilskaplege vegtransportsystem
- Endringar i arbeidslivet førar til auka arbeidsmobilitet og fridom
- Delingsøkonomi vrir fokus frå eigarskap til tenester

Noreg er eit lite land med ein opa økonomi som er djupt integrert i den globale økonomien og vil noko vere det i framtida gjennom internasjonale handelsavtalar og avhengigheita av import og eksport. Forventa utflating av

økonomisk vekst i Noreg kjem blant anna av aukande kostnader forbundet med ein aldrande befolkning, nedgang i inntekta frå petroleumsnæringa, aukande migrasjon og framveksten av andre type økonomiar (BRIC⁶) på verdsmarknaden.

Urbaniseringa som har vore pågåande sidan 1700-talet tyder på å framleis vere ein gjeldande trend fram mot 2050. Det er med på å auke veksten i tettstadar rundt dei store byane, og legg meir press på vegtransportsystema i og rundt byane. Ein aukande netthandel endrar godstransporten ved at varer i større grad blir levert på døra og ikkje ut til butikkane.

Det er knytt store forventningar til at elektrifisering, konnektivitet og autonomi skal revolusjonere transportsektoren om få år, både for persontransport og gods.

Utvikling av automatisering, robotisering og kunstig intelligens vil endre arbeidslivet og fjerne rutineprega oppgåver. Nordmenn har meir fridom til å løyse sine arbeidsoppgåver kor tid og når som helst. I tillegg har nordmenn kortare arbeidsveker som til saman redusera behovet for daglege reiser og førar til mindre rushtidstrafikk inn og ut av byane. Med meir fritid blir det tid til fleire besøks- og opplevingsreiser som erstattar innkjøp av varer og tenester (Gjestvang et al., 2018).

Delingsøkonomi er ein konsekvens av dei fire andre utviklingstrekkka der vi går frå å eige egne transportmiddel til å leige gjennom ulike tenester. Delingstenester kan bidra til å kraftig redusere talet på køyretøy, mens talet på køyrte kilometer vil vere uendra eller auke fordi tenestene vil bli rimelegare og opne opp for trafikantar som i dag ikkje køyrar bil. For godstransport vil. «Elektrifisering, autonomi og automatisering/intelligent gods vil øke konkurransefordelen av veibasert godstransport, særlig sammenlignet med jernbane. (Gjestvang et al., 2018)»

⁶ Brasil, Russland, India, Kina, and Sør-Afrika

3.5 Analyser av vegstandard og vedlikehald

Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) publiserte i 2021 rapporten «State of the Nation» som tar føre seg tilstand, framtidsutsikt og behov for fleire områder, deriblant riskveger, fylkesvegar og kommunale veger. RIF har anslege at riksvegnettet har ein akseptabel, men ikkje ein god nok standard etter dagens krav. Det vil krevje ein stor vedlikehaldsinnsats for å oppretthalde drifta. For å få riksvegnettet opp til ein god nok standard ligg dei estimerte kostnadene rundt 1000-1100 milliardar kroner. Kostnadane er estimert høgare enn dei var frå rapporten i 2015 på grunn av auka trafikkmengd på vegane og auka prisnivå. På den andre sida er det i dag eit høgt investeringsnivå som vil tette igjen etterslepet, men på grunn av høge kostnader estimerast det at vi har ein tenleg riksvegnettet innan 2050 og ikkje innan 2030.

Fylkesvegnettet er vurdert til å vera i ein dårleg forfatning utifrå dagens krav og behov og det er estimert at kostnadene ligg på omlag 700 milliardar kroner for å få vegnettet opp til ein god nok standard. RIF vurderer at utviklinga vil gå nedover fordi fylkesvegane vil få ein auka trafikkmengd og klimaendringane kjem til å krev ein høgare innsats på drift og vedlikehald, viss ein ikkje får ein høgare investering for å oppgradera vegnettet. Det kommunale vegnettet er vurdert som same standard som riksvegnettet og estimerte kostnader ligg på rundt 300 milliardar kroner for å oppgradera vegane til god nok standard.

Tabell 3 Oppsummering av tilstanden for riksveg- og fylkesvegnettet (Rådgivende Ingeniørers Forening, 2021)

Riksvegnettet	Fylkesvegnettet
<ul style="list-style-type: none">• Omlag 66 prosent av riksvegnettet har vegbreidde under 8,5 meter• Omlag 16 prosent av riksvegnettet manglar gul midtstripe (< 7,5 meter)• Omlag 24 prosent har ein lågare fartsgrense enn 80 km/t• 20 punkter på riksvegnettet har lågare fri høgde enn 4,2 meter• Det er registrert omlag 4000 skredpunkt• Det er behov for omlag 1100 km nye gang- og sykkelvegar	<ul style="list-style-type: none">• Omlag 42 prosent av fylkesvegnettet har dårleg eller svært dårleg dekketilstand• Omlag 18 prosent har tillat aksellast under 10 tonn• Omlag 8 prosent har ikkje fast dekke

3.6 Indikatorar for klimasårbarheit i transportsektoren

Aall (2011) analyserte samfunnsøkonomiske og institusjonelle sårbarheitene saman med klimapåverknader for kommunal og fylkeskommunal transportinfrastruktur og transport (tabell 2). For samfunnsøkonomisk sårbarheit blir to tema drøfta; vegstandard og trafikkbelastning og vedlikehaldsetterslepet. Ved at vegnettet har ein dårleg standard som får ytterlegare påkjenning ved auka trafikkbelastning, klimapåverknad og vedlikehaldsetterslep er eit godt døme på at naturlege hendingar (t.d. meir regn) er ikkje so mykje ein kan få gjort med, men å finne svakheiter i infrastrukturen og tette vedlikehaldsetterslepet blir viktig for dei som har ansvar for drift og vedlikehald av vegnettet.

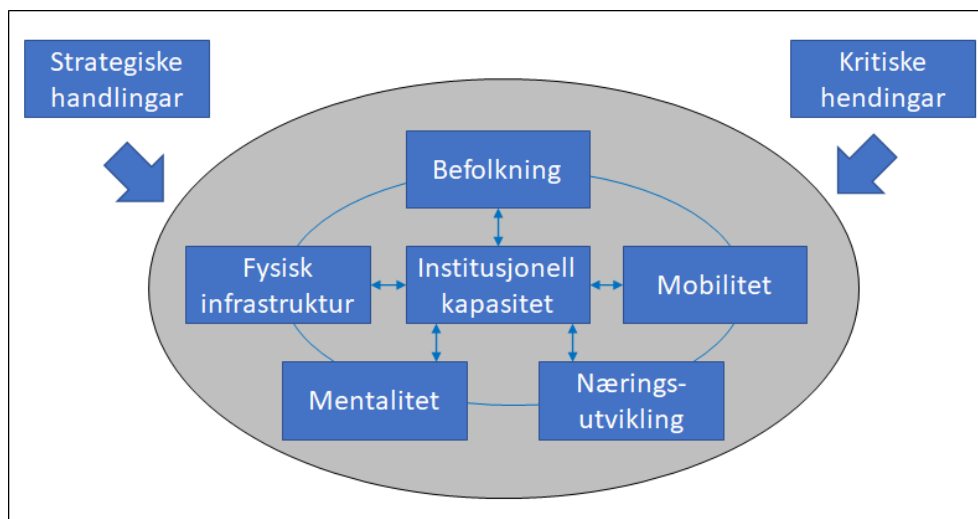
Tabell 4 Parametrar for påverknad og sårbarheiter i lokal og fylkeskommunal transportinfrastruktur (tilpassa etter Aall (2011))

Kategoriar for sårbarheit	Aktuelle parametrar
Naturleg (motsvarer kategorien 'klimapåverknad')	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturrelaterte parametrar (fordelt på ulike årstider) • Temperatur generelt • Tidleg varmeperiodar om våren • Fryse-tine periodar • Nedbørsrelaterte parametrar (fordelt på ulike årstider) • Nedbør generelt • Ekstremnedbør • Snødekke • Vind • Havnivå • Stormflo
Samfunnsøkonomisk (inngår i kategorien 'klimasårbarheit')	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilitet (omfang, type transport, haldningar til framkomelegheit, køyremønster) • Vedlikehald i transportinfrastrukturen • Investering i transportinfrastrukturen • Lokalisering av transportinfrastrukturen
Institusjonell (inngår i kategorien 'klimasårbarheit')	<ul style="list-style-type: none"> • Kunnskap om tilstand i infrastruktur • System for styrings og planlegging for å sikre infrastruktur mot uønska klimapåverknad • System for beredskap

3.7 Overordna rammeverk for identifisering av klimasårbarheit

I prosjektet «Storm, skred, flom og oljeutslipp – ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid» for KS blei det i 2008 utvikla ein scenariomodell for korleis samfunnsutviklinga kan gjere lokalsamfunn meir eller mindre utsett for negative verknader av klimaendringar. I det vidare tar vi utgangspunkt i denne modellen.

Den opphavlege modellen inneheld fem hovudkategoriar av *interne* faktorar: *befolkning, næringsutvikling, fysisk infrastruktur, mentalitet, og mobilitet*. I tillegg kjem *strategiske handlingar* og *kritiske hendingar* som *eksterne* faktorar. Med grunnlag i seinare forskning er det inkludert ein ekstra intern faktor: *institusjonell kapasitet* (Jansen mfl, 2019) (sjå figur 2). I det vidare går vi kort gjennom denne modellen og peikar på relevansen av modellen i høve vegsektoren.



Figur 11 Rammeverk til å utvikle scenario for klimasårbarheit (Selstad, 2008; Jansen mfl, 2019)

Befolkningsutvikling

Statistisk sentralbyrå sin framskriving om *befolkningsutvikling* kan fortelje oss noko om korleis befolkninga blir framover gitt ulike føresetnad om fruktbarheit, dødelegheit, innvandring og utvandring. Selstad (2008) trekk

fram befolkningsutvikling som den ofte viktigaste einskildfaktoren i å bestemme den samla klimasårbarheita for eit lokalsamfunn. SSB sin befolkningsframskriving er innlemma i transportmodellane og er ein viktig drivar for utviklinga av vegsektoren. Befolkningsutviklinga heng tett saman med korleis transportomfanget vil utvikle seg med tanke på ein større befolkning, fleire eldre og kor vil veksten skje i Noreg.

Fysisk infrastruktur

Utvikling av den *fysiske infrastrukturen* vil rimelegvis vere avgjerande for klimarisikoen for den same infrastrukturen. Dette gjeld fysisk tilstand og lokalisering av ny infrastruktur, men kanskje enda meir drift, vedlikehald, og eventuell oppgradering av eksisterande fysisk infrastruktur. Det å få lukka vedlikehaldsetterslepet i vegsektoren har blitt peikt på som det kanskje viktigaste og teknisk sett enklaste einskildtiltaket for å tilpasse vegane til framtidens klima, sjølv om ei slik 'lukking' berre vert gjort i høve dei utfordringane dagens klima påfører vegnettet.

Planlegging på ulike geografiske nivå av fysisk infrastruktur som også går ut over sjølve vegane er også relevant i denne samanhengen. Nasjonalt gjeld dette forholdet mellom by og land (sentralisering), regionalt gjeld dette forholdet mellom tettstad og omland (pendleregion), og lokalt gjeld dette spørsmålet om fortetting. Alle desse dimensjonane påverkar mobilitet, og dermed i neste omgang sårbarheit knytt (også) til vegsektoren.

Mobilitet

Omfang og type *mobilitet* er viktig for vurdering av klimasårbarheit i eit lokalsamfunn, og er sjølv sagt avgjerande for å vurdere klimasårbarheit i vegsektoren. Her kjem også inn momentet at tiltak for klimatilpassing kan auke mobiliteten, t.d. etablering av tunellar for å avløyse skredutsette vegstrekningar, og dermed i teorien auke klimasårbarheit i andre tilknytte delar av den same vegstrekninga men utanom tunellstrekket.

Næringsutvikling

Næringsutvikling er viktig for å få eit bilete på kva slags næringar vi har og vil få framover, talet på arbeidsplassar, og korleis næringane blir utøvd på. Nedgang i tal gardsbruk med eit aktivt utmarksbeite og skogbruk vil kunne påverke klimasårbarheit mykje lokalt, ved at t.d. risiko for flaum og skred blir påverka. Også andre endringar i omfang og samansetning av næringslivet lokalt vil vere viktige i denne samanheng. I tillegg kjem ei indirekte effekt av endringar i næringslivet ved at dette kan påverke både person- og varemobilitet gjennom både pendling.

Mentalitet

Kategorien *mentalitet* gjeld eigenskapar ved befolkninga og skil seg frå hovudkategoriane av sårbarheit omtalt over ved at den i seg sjølv ikkje er 'materieill', men at endringar i denne faktoren påverkar sårbarheit gjennom materielle konsekvensar. Forventningar til mobilitet er det mest openbart relevante eksempelet på ein mentalitetar som er viktig i samanheng med klimarisiko og vegsektoren. I dette inngår haldingar til bruk av privatbil versus kollektivtransport, til delingsøkonomi og meir spesifikt det å dele versus eige privatbil, og til fritidsmobilitet (t.d. eige og bruk av hytte langt frå eigen bustad versus det å bruke nærområdet til rekreasjon). Eit anna relevant eksempel gjeld mentalitet knytt til varehandel, i form av fysisk versus netthandel.

Institusjonell kapasitet

Den sist utvikla kategorien av interne faktorar som påverkar klimasårbarheit, som ikkje var med i den opphavlege modellen, er *institusjonell kapasitet*. Det er ein omfattande internasjonal litteratur på dette området, og det er gjort en rekkje kartleggingar av institusjonell kapasitet. Ei inndeling som er nytta i fleire studiar er tilgang til menneskelege, økonomiske, kunnskapsmessige, og fysiske interesser (Aall mfl, 2009). Desse momenta er knytt til dei aktuelle institusjonane, som i vårt tilfelle er Statens vegvesen, fylkeskommunane og Nye Veier AS, og med tilhøyrande politiske styringsorgan (folkevalde). Dei kritiske elementa her vil dermed vere haldningar og kompetanse hos tilsette (i

prinsippet også folkevalde) innafor vegsektoren, og ressursar og rutinar (eventuelt verktøy) som finst innanfor desse organisasjonane til å handtere spørsmål om klimarisiko og klimatilpassing. Arbeidspakke 2 i prosjektet har som formål å kartlegge tilstanden på dette området.

Strategiske handlingar

I tillegg til dei seks hovudkategoriane av interne faktorar, inkluderer den omtalte scenariomodellen to kategoriar av eksterne faktorar: Strategiske handlingar og kritisk hending.

Strategiske handlingar er handlingar som med tilstrekkeleg styrke, utforma på rett måte, og gjennomført til rett tid kan utløyse vendepunkt i samfunnsutviklinga, og dermed også påverke sårbarheit for klimaendringar. I følgje Selstad (2008) omfatte handlingar utført av både institusjonar og einskildindivid:

Strategiske handlingar har en bevisst endrenDei hensikt, og springer som oftest ut fra mennesker eller organisasjoner med makt. I motsetning til disse har hverdagslivets handlinger mindre rekkevidde, i hvert fall hver for seg. Men mennesker uten makt kan oppnå stor makt om deres handlinger til sammen får utviklingen til å peke i en annen retning. Vi kan som konsumenter få storforetak til å endre sin produksjon, og som velgere kan vi tvinge politikken inn i helt nye spor.»

Strategiske handlingar kan ha i ulike grad vere eksterne i høve det systemet som vert analysert. Nasjonal transportplan og strategiske grep som gjerast der er difor ikkje noko som høyrer inn her, men vil vere del av dei interne (for vegsektoren) faktorane og knytt til kategorien institusjonell kapasitet. Den nasjonal klimastrategien vil derimot vere eit eksempel på ein (ekstern) strategisk handling med direkte innverknad på klimasårbarheit for vegsektoren. Eit konkret døme er den nasjonale satsinga på elektrifisering av transportsektoren, ikkje meinst den store satsinga på privatbilsektoren. Men også andre strategiske handlingar på område utafor klimapolitikken kan få innverknad, t.d. den pågåande regionreforma og overføring av forvaltningsansvar for fylkesveggar frå Statens vegvesen til fylkeskommunane.

Kritiske hendingar

Kritiske hendingar er hendingar som skjer og vi ikkje kan kontrollere. Det kan vere hendingar som skjer av resultat av handlingar (t.d. terroråtak i USA 21. september 2011) eller utan handling som naturskade hendingar (t.d. jordskjelv, ras, tsunami osv.).

Kritisk hending dei siste åra som kan med større eller mindre relevans for transportsektoren er kovid pandemien og «straum(eller energi) krise». Kovid fekk sjølvstøtt ein direkte effekt på transportsektoren, med nedstenging av samfunnet og dramatisk redusert mobilitet (også på vegane), men kan også få meir varige endringar i form av endra transportvaner (t.d. redusert bruk av kollektivtransport til hvardagsreiser til fordel for auka bruk av elbil). Det som i Norge blei kalla «straumkrise» hausten 2021, men som etter kvart har blitt døypt om til «energikrise», kan i realiteten vise seg å ikkje vere ei «krise» i tydinga ei kortvarig endring av prisnivå som etter kvart går tilbake til ein tidlegare «normalsituasjon». Det framstår no som meir sannsynleg at dagens «krise» - forstått som eit vesentleg høgare prisnivå på energi - går over til å bli den nye «normalen». Høgare pris på både fossil energi og straum vil venteleg også få konsekvensar for transportsektoren.

4 Rammeverk for analyse av klimarisiko i vegsektoren


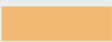
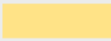
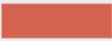
4.1 Eksisterande metode for vurdering av risiko innafor vegsektoren

Statens vegvesen har ingen vedteken metode eller handbok for vurdering av klimarisiko, men ein eigen handbok for vurdering av risiko i samband med trafikkssikkerheit.

		Risikomatrise			
Frekvens \ Konsekvens		Lettere skadd	Hardt skadd	Drept	Flere drepte
Svært ofte (minst 1 gang pr år)		Uh 2			
Ofte (1 gang hvert 2.-10. år)		Uh 1	Uh 2		
Sjelden (1 gang hvert 10-30. år)		Uh 3	Uh 1	Uh 2	
Svært sjelden (sjeldnere enn hvert 30. år)			Uh 3	Uh 1	

Uønsket hendelse nr 1 (Uh 1) kan være møteulykke på en bestemt strekning, Uh 2 kan være utforkjøring og Uh 3 kan være påkjøring av gående og syklende

Fargekodene angir en vurderingsskala for risiko og kan tolkes slik:

	Tiltak ikke nødvendig		Tiltak skal vurderes
	Tiltak bør vurderes		Tiltak nødvendig

Figur 12 Eksempel på risikomatrise (Vegdirektoratet, 2014).

Handbok «Risikovurdering i vegtrafikken» skil mellom risikovurdering og risikoanalyse på følgjande måte:

Med risikovurdering mener vi en fleksibel og ofte kvalitativ måte å vurdere risiko på, mens risikoanalyse ofte forbindes med bestemte kvantitative metoder for ekspertvurderinger (Vegdirektoratet, 2014, side 6)

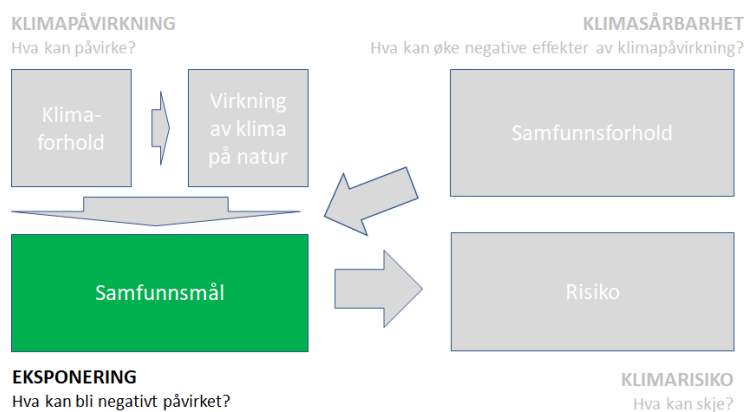
I handboka vert omgrepet risikovurdering lagt til grunn. Om korleis vurdere risiko står følgjande (Op.cit, side 12):

En vurdering av risiko skal si noe om størrelsen på problemet – hvor ofte man antar at de identifiserte uønskede hendelsene vil inntreffe og hvilke konsekvenser man antar at de vil få. Hyppigheten av hendelser kan angis som sannsynligheter pr år eller som en frekvens innenfor et tidsintervall. Ofte vil en relativt grov inndeling i frekvensintervaller være tilstrekkelig. Mer nøyaktige matematiske beregninger av frekvens kan imidlertid gjøres basert på statistikk og annen kunnskap.

Rapporten gir også eit eksempel på oppsett av risikomatrixe (jf. figur på førre side).

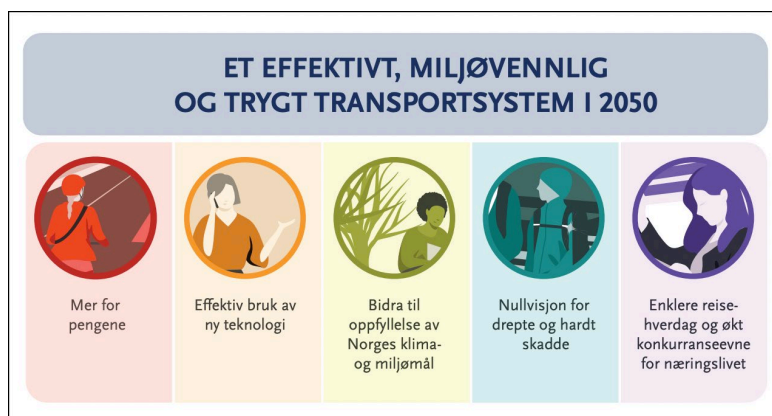
4.2 Eksponering

Ein naturleg måte å starte arbeidet med å vurdere klimarisiko er å stille seg spørsmålet 'risiko i høve kva?' Eksponering omhandlar dei verdiar og eigenskapar i samfunnet som kan bli negativt påverka av klimaendringar.



Figur 13 Leddet «eksponering» i analysen av klimarisiko

Ein måte å fastsetje eksponering er å bruke samfunns mål som indikator for eksponering. Med eit slikt utgangspunkt vil kjelda for å fastsette eksponering for vegsektoren på eit overordna nivå vere måla som inngår i Nasjonal transportplan (jf. Figuren under).



Figur 14 Måla for transportsektoren i gjeldande NTP (Samferdselsdepartement, 2020)

Under har vi gjort ei summarisk vurdering av i kva grad og korleis klimaendringar kan påverke negativt transportmåla i NTP.

Tabell 5 Vurdering av klimarelevans for transportmåla i NTP

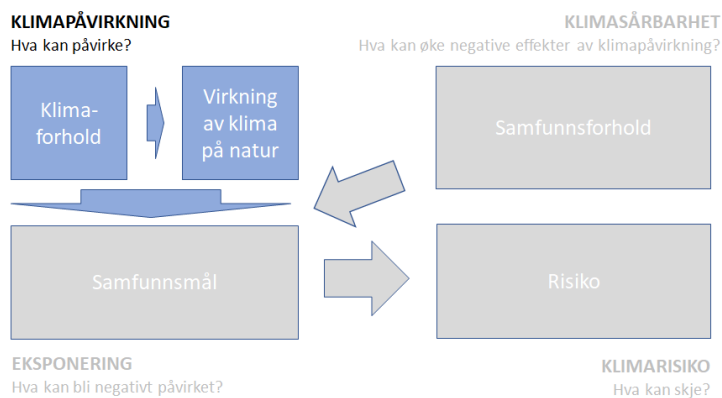
Mål	Klimarelevans
Overordna mål: Et effektivt, miljøvenleg og trygt transportsystem i 2050	<ul style="list-style-type: none"> Klimaendringar kan redusere effektiviteten og tryggheta i transportsystemet om ikkje tilstrekkelege tiltak for klimatilpassing blir gjennomført Store klimatilpassingstiltak kan gjere vegtransporten mindre miljøvenleg
Meir for pengane	<ul style="list-style-type: none"> Auka kostnadar til drift, vedlikehald, og investering
Effektiv bruk av ny teknologi	<ul style="list-style-type: none"> Ny teknologi brukt i beredskap (ikkje relevant for vurdering av klimarisiko, men relevant som eksempel på tilpasningstiltak)
Bidra til å oppfylle Noreg sine klima- og miljømål	<ul style="list-style-type: none"> Klimatilpassing kan auke utslepp av klimagassar, og motsett utsleppsreducerande tiltak kan auke klimarisikoen
Nullvisjon for drepte og hardt skadde	<ul style="list-style-type: none"> Klimaendringar kan auke faren for dødsfall og skade i vegtrafikken
Enklare reisekvardag og auka konkurransevne for næringslivet	<ul style="list-style-type: none"> Naturskadehendingar kan gjere reisekvardagen vanskelegare. Auka kostnadar til drift, vedlikehald, og investeringar kan auke transportkostnadane, t.d. gjennom bompengar, og dermed redusere konkurransevna for næringslivet

Når vi i neste omgang skal vurdere klimarisiko på prosjektnivå må dei overordna nasjonale måla supplerast og/eller erstattast med eventuelle regionale mål og prosjektspesifikke mål for den aktuelle vegstrekninga, i den

grad regionale og/eller lokale mål skil seg frå eller inneheld ei viktig utdjuping av dei nasjonale måla.

4.3 Klimapåverknadar

Eit naturleg neste skritt i å vurdere klimarisiko er å identifiser kva typar klimapåverknadar som kan vere relevante. Her skil vi gjerne mellom klimaforhold (eller klimaparameter, som regn, temperatur, vind), og korleis klima påverkar natur (t.d. gjennom naturskadehendingar, som flaum og ulike formar for skred).



Figur 15 Leddet «klimapåverknad» som inngår i analysen av klimarisiko

Den sentrale datakjelda er klimaframskrivingar presentert på Norsk klimaservicesenter. Følgjande klimaparameter er med i oppsettet frå Norsk klimaservicesenter⁷:

- Temperatur
- Maksimumstemperatur
- Vekstsesong
- Dagar med 0 C-passeringar
- Nedbør
- Middelvrenning
- Markvassunderskot
- Flaum
- Dagar med snødekke
- Dagar med snødjupne over 30 cm
- Snømengd
- Fordamping

⁷ https://klimaservicesenter.no/climateprojections?index=precipitation_amount&period=Winter&scenario=RCP85&area=R6

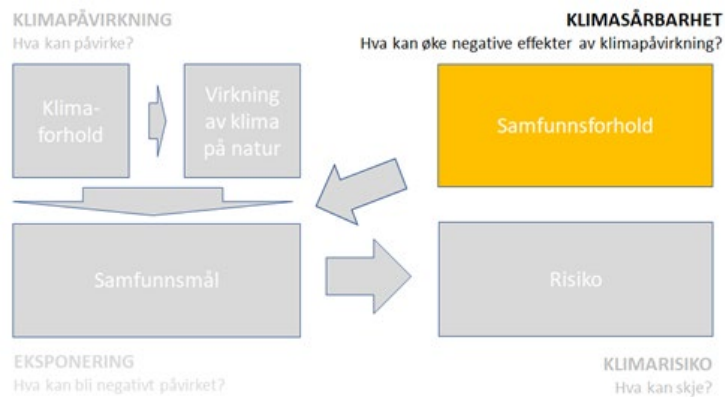
NGI har i prosjektet laga ein oversikt over dagens kunnskapsbasis når det kjem til kva slags klimapåverknader som kan ramme veginfrastrukturen ved framtidige klimaendringar. Påverknadene er delt inn i direkte påverknader (lufttemperatur, nedbør og vind) og indirekte påverknader (flaum, ulike typar skred, fokksnø, isgang, havnivå og stormflo, hetebølge og skogbrann). Desse er vist i tabellen under. Rapporten gjer ein oversikt over påverknadene, utviklinga av desse med omsyn til eit endra klima og korleis dei kan påverke ulike deler av vegsektoren, usikkerheita knytt til den einstilte påverknad, og tilgang på data. For meir informasjon gå til rapporten (Hallvard Skrede, Nellie Sofie Body, & Christian Jaedicke, 2022).

Tabell 6 Klimaforhold og verknadar av klima på natur som er vurdert som relevante for vurdering av klimarisiko for veginfrastruktur og vegtransport (Skred mfl, 2022)

Verknad av klima på natur	Klimaforhold						
	Regn	Snø	Temp.	Fryse/tine	Vind	Luftfukt	Havnivå
Regn	x		x				
Snø		x	x				
Fokksnø		x			x		
Flaum	x	x	x				
Flaumskred	x	x	x				
Snøskred	x	x	x	x	x		
Steinsprang		x		x			
Jordskred	x		x				
Sørpeskred	x	x	x		x	x	
Kvikkleireskred	x						
Isgang		x	x	x			
Issvuller/-tapper				x			
Hetebølge			x		x		
Tørke	x		x		x		
Skogbrann	x		x		x		
Sterk vind			x		x		
Stormflo					x		x

4.4 Klimasårbarheit

Klimasårbarheit omfattar dei eigenskapane og endringane i samfunnet som kan auke (eller redusere) den negative effekten av klimapåverknad.



Figur 16 Leddet «klimasårbarheit» i analysen av klimarisiko

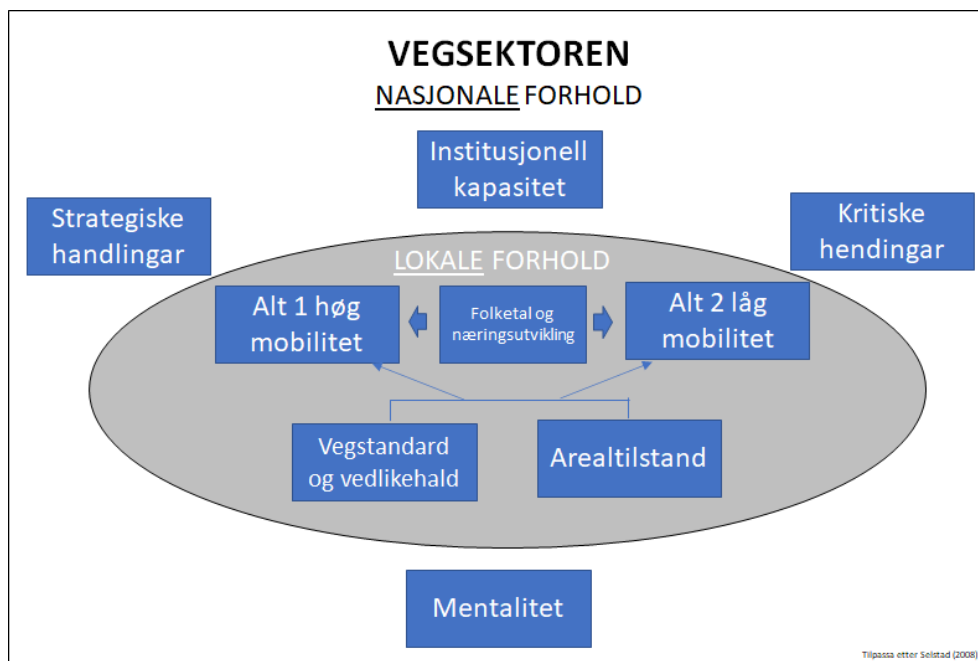
I vårt prosjekt skal vi tilpasse rammeverket frå FNs klimapanel for analyse av klimarisiko i to steg: Først til vegsektoren, og så frå eit abstrakt / nasjonalt til eit konkret / lokalt nivå. Litteraturgjennomgangen over (jf. kapittel 3.7) gjeld det abstrakte / nasjonale nivået med omsyn til klimasårbarheit. Under har vi gjort ei tilpassing av dette til eit konkret lokalt prosjektnivå, det vere seg nybygging eller oppgradering av ein gitt vegstrekning, eller utarbeiding av eit nytt program for drift og vedlikehald (sjå Figur 8). Figuren illustrerer at det er nokre forhold som kan løftast ut av sårbarheitsanalysa når vi går frå eit abstrakt og nasjonalt nivå til eit konkret og lokalt nivå, nemleg:

- Institusjonell kapasitet
- Mentalitet
- Strategiske handlingar
- Kritiske hendingar

Vi har for gitt at den *institusjonelle kapasiteten* knytt til dei som planlegg og gjennomføre det lokale prosjektet er gitt nasjonalt og difor ikkje treng inngå i dei lokale vurderingane.

Vidare tar vi for gitt at *mentalitet* i befolkninga og næringslivet også i liten eller ingen grad varierer lokalt. I den grad det er lokale variasjonar så vil desse vere fanga opp av vurdering som gjeld lokal mobilitet; dvs 'mentalitet' vil i vårt tilfelle hovudsakeleg omfatte haldingar og praksis som gjeld mobilitet.

Tilsvarende tar vi for gitt at både strategiske handlingar og kritiske hendingar høyrer heime i ei overordna og nasjonal analyse.



Figur 7 Rammeverk til å analysere klimasårbarheit for lokale vegprosjekt (innafor den grå ramma)

Med dette utgangspunktet har vi identifisert følgjande fem overskrifter for kva som bør vurderast av lokale forhold som kan påvirke klimasårbarheita i dei lokale vegprosjekta, der dei to siste (befolkning og næringsutvikling) også påverkar mobiliteten:

- Mobilitet
- Vegstandard og vedlikehald
- Arealtilstand

Vurdering av folketal og næringsutvikling er inkludert i kategorien 'mobilitet'. Desse to faktorane er med andre ord ikkje tillagt ein verdi i seg sjølv for

vurdering av klimasårbarheit for veginfrastruktur, men berre i den grad utvikling av desse to faktorane har ein konsekvens når det gjeld utvikling av mobiliteten.

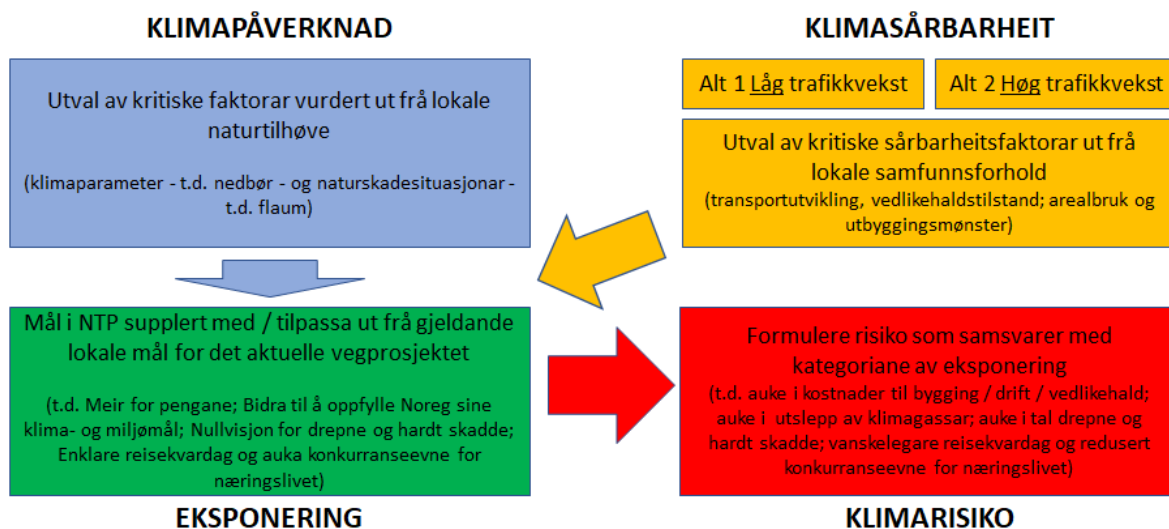
Vi legg opp til å analysere klimasårbarheit med to alternativ: Med 'høg' versus 'låg' framtidig utvikling av *mobilitet*. Korleis dette skal operasjonaliserast (t.d. skilje mellom vare- og godstransport) og kva som skal vere nivå på 'høgt' og 'lægt' må avgjerast i kvart einskild tilfelle. I kvart case må ein også avgjere korleis dette skal løysast praktisk, t.d. ved å etablere to alternativ (scenario) for risikovurderinga ('høg' og 'låg' alternativ), eller gjennom følsomheitsanalysr (altså vurdere korleis endring av transportvekst slår ut i form av endra risikovurdering).

For *vegstandard* og *vedlikehald* må det gjerast ein lokal vurdering av dagens tilstand (t.d. målt i vedlikehaldsetterslep) og ein vurdering av korleis utviklinga i desse to forholda vil utvikle seg framover. Om t.d. det er rimeleg å forvente at vedlikehaldsetterslepet vil auke, gitt at det ikkje blir iverksett eit tilpassingstiltak som spesifikt dreier seg om å auke vedlikehaldet, så vil klimarisikoen kunne auke alle andre faktorar lik.

Faktoren '*arealtilstand*' er meint å fange opp korleis tilstanden i areala rundt vegen er forventa å utvikle seg sett i lys av om slike endringar kan påverke korleis vegen i neste omgang blir utsett for negative verknadar av klimafaktorar. Ein nøkkelfaktor her er korleis skogen utviklar seg i dei tilfella der vegen ligg nedstrøms det aktuelle skogarealet. Om lag $\frac{1}{4}$ av den planta granskogen på Vestlandet står på terreng som er brattare enn det som reknast som faregrense for jordskred. Kor mykje av dette igjen som ligg i overkant av vegar veit vi ikkje. Korleis skogen utviklar seg, t.d. om skogen blir utsett for flatehogst, kan auke sannsynet for både jord- og snøskred. Ei lokal vurdering av denne typen forhold vil vere særleg viktig i dalstrøk og område der heile eller delar av vegstrekninga ligg inntil bratte fjell.

4.5 Klimarisiko

Figuren under oppsummerar rammeverket for lokale analyser av klimarisiko knytt til ulike vegprosjekt; det vere seg nybygging, oppgradering, driftsprogram, eller vedlikehaldsprogram. Som indikert i figuren skal kategoriar av klimarisiko samsvare punkt for punkt med kategoriane for eksponering.



Figur 17 Tilpassing og konkretisering for vegsektoren av det generelle rammeverket nytta av FN's klimapanel for analyse av klimarisiko

Under er vist eit prinsipielt oppsett med utgangspunkt i dei nasjonale kategoriane av eksponering omtalt i kapittel 4.3, og vegen via klimapåverknad og klimasårbarheit til klimarisiko. For dei lokale case-undersøkingane må for det første eksponering (målformuleringane) justerast i høve aktuelle regionale og/eller lokale målformuleringar knytt til det aktuelle vegprosjektet/-strekninga, og så må sjølvstg den konkrete analysen av klimapåverknad og klimasårbarheit gjerast, for så å gjere vurderinga av klimarisiko.

Tabell 7 Prinsipielt oppsett for å vurdere klimarisiko for vegsektoren

Eksponeering	Klimapåverknad	Klimasårbarheit	Klimarisiko
Eit effektivt, miljøvenleg og trygt transportsystem i 2050	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	Eit mindre effektivt, miljøvenleg og trygt transportsystem i 2050
Meir for pengane	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	Mindre for pengane

Bidra til å oppfylle Noreg sine klima- og miljømål	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	Bidrar dårleg til å oppfylle Noreg sine klima- og miljømål
Nullvisjon for drepne og hard skadde	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	Nullvisjon for drepne og hard skadde blir ikkje nådd
Enklare reisekvardag og auka konkurransevne for næringslivet	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	(faktorar som kan auke klimarisikoen)	Mindre enklare reisekvardag og reduisert konkurransevne for næringslivet

4.6 Val av tidshorisont

Forvaltning og utvikling i vegsektoren inneber langsiktig planlegging. For veginfrastruktur vert det gjerne lagt til grunn ei levetid på 75 år, men dette er hovudsakeleg ei økonomisk levetid. Den fysiske levetida kan vere lengre. I spørsmålet om konsekvensar av klimaendringar er tidsperspektivet ofte mykje lengre, sjølv om perspektivet i klimadebatten og i konkrete klimaanalysar ofte er avgrensa til om lag det same som den økonomiske levetida for veginfrastruktur - altså 75 år eller typisk 'frem til år 2100' – men det er også framskrivingar av forventa klimaendringar som går fleire hundre år fram i tid (Meinshausen m.fl., 2011).

I prosjektoamtalen står det at vi skal utvikle scenario for klimarisiko fram til år 2100 med vurderingar også fram mot år 2200.

Norsk klimaservicesenter har klimaframskrivingar for periodane 2031-2060 og 2071-2100⁸. Det er rimeleg å ta utgangspunkt i desse to tidshorisontane for dei meir detaljerte vurderingane, og så ta med nokre meir overordna vurderingar for eit perioden fram mot 2200.

For aktuelle kategoriar av klimasårbarheit er det meir tilfeldig kva tidshorisontar som er tilgjengelege. SSB sin befolkningsframskriving har tal for åra 2040, 2060, 2080, og 2100⁹. Framskrivningar gjort i samband med Nasjonal

⁸ www.klimaservicesenter.no

⁹ <https://www.ssb.no/befolkning/befolkningsframskrivinger/statistikk/nasjonale-befolkningsframskrivinger>

transportplan av ulike samfunnsendringar, ikkje minst mobilitet, går i dei fleste tilfella berre fram til 2050.

Regjeringa si siste perspektivmelding presenterer framskrivingar med tidshorisont 2060, m.a. av BNP¹⁰.

Figuren under viser tidshorisonten for dei ulike datakjeldene som vil måtte inngå i vurdering av klimarisiko, og i kva grad vi i prosjektet må gjere våre egne (og dermed av ressursomsyn svært forenkla) vurderingar.

Risikofaktorar	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	Forbi 2100
Klimaparameter (Norsk klimaservicesenter)	x								
Klimasårbarheit									
Folketalsutvikling (SSB)	x								
Næringsutvikling (SSB)	x								
Mobilitet (NTP)	x								
Andre sårbarheitsfaktorar	x								
Tilgjengelege data									Trong for egne vurderingar

Figur 18 Vurdering av tidshorisont for data som inngår i vurdering av klimarisiko for vegsektoren

4.7 Vurdering av sannsyn

Det overordna rammeverket, eller 'formelen', for vurdering av risiko er sannsyn x konsekvens. Det å tildele ein mogeleg hending – eller konsekvens – ein verdi for sannsyn er med andre ord avgjerande for å vurdere risiko. Om dette av ein eller annan grunn ikkje er mogeleg, eller ønskjeleg, vil analysen i staden for vere ein konsekvensanalyse (gitt at hendinga skjer med sannsyn lik 1, kva er då konsekvensen), eventuelt eit sett scenario-vurderingar ut frå val av ulike sannsyn.

¹⁰ <https://www.regjeringen.no/contentassets/91bdfca9231d45408e8107a703fee790/no/pdfs/stm202020210014000dddpdfs.pdf>

Også her er det viktig å huske at vi skal vurdere endringar i både klima og samfunn, og at sannsyn derfor må knytast til både klimapåverknad og klimasårbarheit.

Vurdering av sannsyn ved framskriving av klimapåverknad

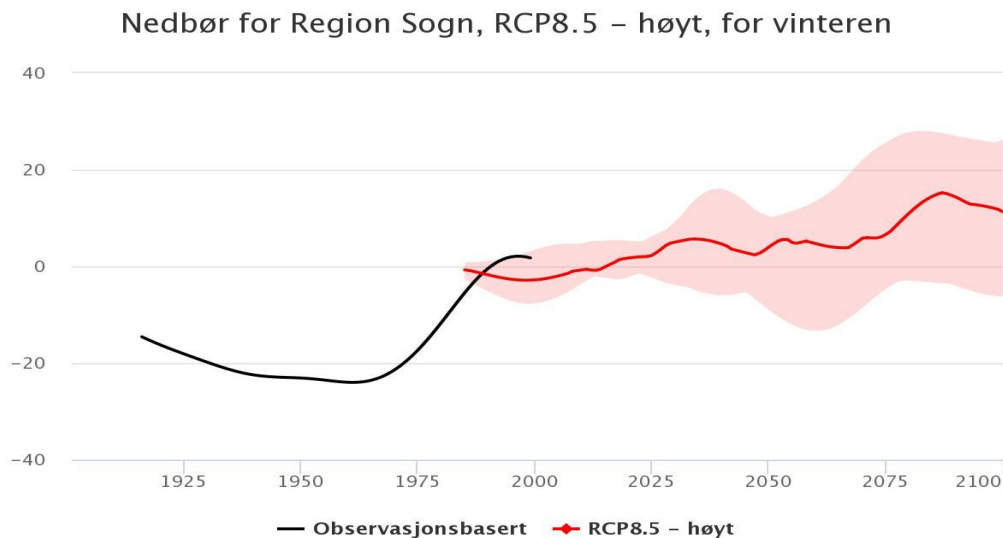
Vurdering av sannsyn i samband med risikovurderingar tar normalt utgangspunkt i *historiske* hendingar, og ut frå dette blir sannsynet for framtidige hendingar så rekna ut. For skred- og flaumhendingar blir dette operasjonalisert gjennom utrekning av *returperioder* - også kjent som gjentaksintervall eller tilbakevendande intervall. Ein returperiode er den gjennomsnittlege tid mellom ein gitt hending. Den teoretiske returperioden mellom faktisk førekomst er omvendt av gjennomsnittlege førekomst. For eksempel har ein 10-års flaum en $1/10 = 0,1$ eller 10% sjanse for å bli overskride i løpet av eitt år, og en 50-års flaum har ein 0,02 eller 2% sjanse for å bli overskride i løpet av eitt år osv.

I og med at vi skal vurdere risiko knytt til klimaendringar, må ei vurdering av sannsyn for klimahendingar skilje seg frå ein rein historisk framskriving. For flaum er dette handtert av NVE ved å leggje på ein 'klimafaktor', som i praksis varierer mellom 20 og 40 prosent. Tilsvarande vurderingar er gjort også for nedbør og stormflo¹¹.

Usikkerheit i framskrivingar er ein annan måte å framstille sannsyn. Også her er det tilgjengeleg fleire vurderingar når det gjeld klimapåverknad. Klimaservicesenter har laga vurderingar av nedbørsintensitet i form av såkalla IVF-verdiar for ein rad målestasjonar med tilhøyrande vurdering av usikkerheit (Intensitet-Varigheit-Frekvens)¹². Usikkerheit blir også framstilt i framskrivinga av dei ulike klimaparameter som er lagt ut på www.klimaservicesenter.no (jf. Døme i Figuren under).

¹¹ <https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/klimapaslag>

¹² <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb>



Figur 19 Eksempel på framstilling av usikkerheit i nedskalerte klimaframskrivingar (nedbør for region Sogn, høgt utsléppsscenario – RCP8.5 – og for vintersesongen), prosent endring

Det er to forhold som gjer at det særleg krevjande med vurdering av sannsyn ved framskriving av klimapåverknad:

- Nedskalering til lågt geografisk nivå
- Tilfeldige hendingar

Det er ein grunn til at nedskaleringane vist på www.klimaservicesenter.no stoppar på fylkesnivå. I dei første versjonane av denne typen tenester var det ikkje sett in 'stopp' for nedskalering, slik at ein kunne zoome inn ned på husstandsniå. Dette gjev ein falsk oppleving av nøyaktigheit. Innverknad frå lokale naturgeografiske forhold og avgrensingar i sjølve modellapparatet for nedskalering gjer at det ikkje lenger er mogeleg i tenesta frå klimaservicesenteret å zoome så langt ned. Som vist i figuren over aukar usikkerheita med val av tidshorisont. I tillegg kjem altså at usikkerheita aukar jo meir detaljert og lokalt ein ønskjer å få fram data.

Det er også nokre hendingar som det er praktisk og/eller teoretisk umogeleg å tildele sannsyn. Eitt slik eksempel er den typen hending, nedbørsceller, som råka Utvik i 2017. Sannsynet for at ein ekstrem nedbørssituasjon ville kunne føre til store konsekvensar er stor, men sannsynet for at ein slik ekstrem

nedbørshending skulle hende er det umogeleg å fastslå. At nedbørscella 'stoppa' akkurat over Utvid må i praksis reknast som tilfeldig.

Dette inneber at for nokre typar klimahendingar, gitt at vi ønskjer å leggje til grunn ein lang tidshorisont og et avgrensa geografisk område, så må vi i praksis gjere ein konsekvensvurdering og ikkje ei risikovurdering, i og med at det ikkje er mogeleg i slike tilfelle å tildele hendinga eit fagleg fundert tal for sannsyn.

Vurdering av sannsyn ved framskriving av klimasårbarheit

I samfunnsplanlegging blir spørsmålet om sannsyn for samfunnsutvikling – som i vårt tilfelle er representert som klimasårbarheit - oftast handtert på to måtar: Anten som prognose (og då i praksis tildelt sannsyn = 1), t.d. prognosar for transportutvikling i NTP; eller som scenario (og då i praksis tildele ulike versjonar av samfunnsutvikling sannsyn = 1 innafor sine respektive scenario, t.d. scenario for høg versus låg mobilitet eller folketalsutvikling).

For vårt føremål kan truleg nokre av faktorane som inngår i vurdering av klimasårbarheit tildelast verdiar for sannsyn, men då i tilfelle basert på lokale kvalifiserte vurderingar. Alternativt må det etablerast ulike scenario.

5 Frå klimarisiko til klimatilpassing

Dei ulike kategoriane som inngår i rammeverket for å vurdere klimarisiko gir eit utgangspunkt for å identifisere også ulike kategoriar av klimatilpassingstiltak (jf. Figur 19).

For å dempe klimapåverknaden (blå boksar) har vi kategorien å redusere klimagassutsleppa og/eller fange og lagre CO₂, men dette er utanfor prosjektet sin ramme.

Kategoriane av tilpassingstiltak er følgjande (jf. Figur 19):

- Reaktive
- Endre akseptnivå
- Beskyttande
- Førebyggjande
- Transformative

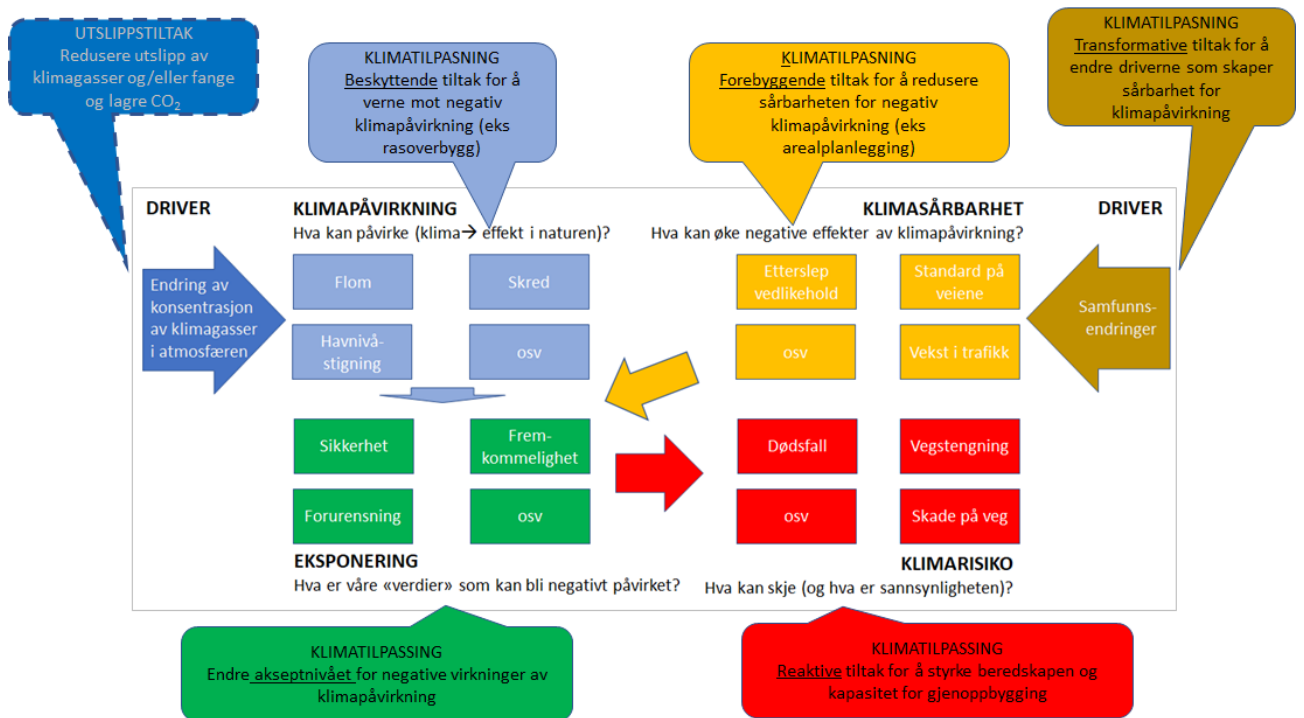
Dei *reaktive* tiltaka omfattar det å styrke beredskapen og styrke kapasiteten til gjenoppbygging. Jernbanen har strenge krav til minimering av nedetid, og har i praksis (neste aldri) høve til omkøyning, og har difor lagt stor vekt på ein høg kapasitet når det gjeld gjenoppbygging (og dermed gjenopning) etter t.d. ras- eller flaumhendingar.

Endring av *akseptnivå* rettar seg inn mot eksponering. Eit døme kunne vere å redusere målet om nedetid.

Beskyttande tiltak rettar seg inn mot å verne samfunnet direkte mot klimapåverknad, t.d. å etablere rasoverbygg på særleg rasutsette vegar.

Dei *førebyggjande* tiltak rettar seg inn mot å redusere sårbarheita. Det kan til dømes vera å tette igjen vedlikehaldsetterslepet.

Transformative tiltak inneber meir grunnleggjande endringar av samfunnsutviklinga, og rettar seg inn mot drivarane bak klimasårbarheita. Eit døme kan vere å redusere mobiliteten i samfunnet.



Figur 20 Ulike kategoriar av tilpassingstiltak (heiltrukken line, tiltakskategori med stipla line fell innaforsleppsdelens av klimaarbeidet)

Identifisering og kvantifisering av tiltak for klimatilpassing dannar utgangspunktet for å gjere dei samfunnsøkonomiske vurderingane av det å gjennomføre tiltak versus å ta sjansen på at klimarelaterte skader ikkje vil oppstå, og om dei oppstår, i staden ta rekninga frå gjenoppbygging.

Referansar

Aall, C. (2011). *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur - Delrapport 3: Egne analyser av sårbarhet overfor klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner*

Anne Madslie, C. S., Nina Hulleberg. (2021). *Framskrivinger for persontransport 2018-2050. Oppdatering av beregninger fra 2019*. Retrieved from <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=55526>

Daniel Bongardt, L. S., Anthea Swart, Armin Wagner. (2019). Sustainable Urban Transport: Avoid-Shift-Improve (A-S-I). In Transformative Urban Mobility Initiative (Ed.). *transformative-mobility.org*: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Givoni, M. (2013). 13. Alternative pathways to low carbon mobility. In *Moving towards low carbon mobility* (pp. 209): Edward Elgar Publishing Cheltenham.

Gjestvang, B. H., Belsvik, E., Kjær, J., Nygaard, B., Leszczynski, E., Kummeneje, B., . . . Malmin, O. K. (2018). *Fremsyn 2050 – Trender innen samferdsel frem mot 2050*. Retrieved from [kpmg.no](https://www.kpmg.no):

Groven, K. (2005). *Klimasårbarheit i bustadsektoren. Lokal sårbarheitskartlegging og klimatilpassing*. Retrieved from https://www.vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/rapport-1-05-klimasaarbarheit.pdf

Hallvard Skrede, Nellie Sofie Body, & Christian Jaedicke. (2022). *Klimavei - H1.1 Klimapåvirkning*. Retrieved from

Høyer, K. G. (1999). *Sustainable mobility: the concept and its implications*. Institute of Environment, Technology and Society, Roskilde University Centre ...,

Jaramillo, P., S. Kahn Ribeiro, P. Newman, S. Dhar, O.E. Diemuodeke, T. Kajino, D.S. Lee, S.B., & Nugroho, X. O., A. Hammer Strømman, J. Whitehead. (2022). *Transport*. Retrieved from

Riksrevisjonen. (2022). *Riksrevisjonens undersøkelse av myndighetenes arbeid med å tilpasse infrastruktur og bebyggelse til et klima i endring*. Retrieved from <https://www.riksrevisjonen.no/globalassets/rapporter/no-2021-2022/dokument-3-6-2021-2022---undersokelse-av-myndighetenes-arbeid-med-klimatilpasning-av-bebyggelse-og-infrastruktur---endelig.pdf>

Rådgivende Ingeniørers Forening. (2021). *State of the nation 2021*. Retrieved from [rif.no](https://www.rif.no):

Samferdselsdepartement. (1999). *Nasjonal transportplan 2002-2011*. (St.meld.nr.46). Retrieved from

<https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan-ntp/2002-2011/2013-07-30-st.meld.nr.46-1999-2000.pdf>

- Samferdselsdepartement. (2003). *Nasjonal transportplan 2006-2015*. (St.meld.nr.24 (2003-2004)). Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/505d2819b6a54f7ca2bd309c0e610c99/no/pdfs/stm200320040024000dddpdfs.pdf>
- Samferdselsdepartement. (2008). *Nasjonal transportplan 2010-2019*. (St.meld.nr.16 (2008-2009)). Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/76ebed1a5cb741e780ad1bdb21513ae5/no/pdfs/stm200820090016000dddpdfs.pdf>
- Samferdselsdepartement. (2016). *Nasjonal transportplan 2018-2029*. (Meld.St.33 (2016-2017)). Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/7c52fd2938ca42209e4286fe86bb28bd/no/pdfs/stm201620170033000dddpdfs.pdf>
- Samferdselsdepartement. (2020). *Nasjonal transportplan 2022-2033*. (Meld.St.20 (2020-2021)). Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/fab417af0b8e4b5694591450f7dc6969/no/pdfs/stm202020210020000dddpdfs.pdf>
- SOU. (2022). *Rätt för klimatet*. (2022:21). Retrieved from <https://www.regeringen.se/49a90f/contentassets/85bdcec13afb4c22af18a0058ab7b61a/ratt-for-klimatet-sou-202221>
- Statens vegvesen. (2019). *Oppdrag 7: Miljø og klimatilpasning* Retrieved from https://www.regjeringen.no/contentassets/5551896da6fa43659404d7d8a3411763/ntp-2022-2033-svar-pa-oppdrag-7_statens-vegvesen.pdf
- Vegdirektoratet. (2014). *Risikovurdering i vegtrafikken*. Retrieved from <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2608985/HB-V721-2014-2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Walnum, H. J. (2015a). Driver and response model for Norwegian road freight transport in the period 1993-2013.
- Walnum, H. J. (2015b). Fixing or Transferring Environmental Problems in the Transport Sector?
- Walnum, H. J., & Aall, C. (2016). Transportation: challenges to curbing greenhouse gas emissions from road freight traffic. In *Rethinking Climate and Energy Policies* (pp. 243-266): Springer.
- Aall, C. (2011). *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur - Delrapport 3: Egne analyser av sårbarhet overfor klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner* Retrieved from vestforsk.no: