

# Klimaendringar, klimatilpassing og vegtransport

Presentasjon for leiargruppa i Statens vegvesen Region vest  
Leikanger, 15. November 2016



Ved Carlo Aall  
forskingsleiar Vestlandsforsking

# Fagmiljøet i Sogndal

**FOSSHAUGANE CAMPUS** SOGNDAL



HØGSKULEN I SOGNDAL OG FJORDANE

## Landets første master i klimaomstilling

Emne	M/C	Namn på emne	A-16	S-17	A-17	S-18
XXXX-1	C	Climate change and climate policy	10			
XXXX-2	C	Introduction to methods in environmental sciences	10			
XXXX-3	C	Climate change and ecosystems	10			
XXXX-4	C	Towards a zero emission society		10		
XXXX-5	C	Geohazards		10		
XXXX-6	C	Rural and urban run-off management		10		
XXXX-7	C	Climate change adaptation in land use planning			10	
XXXX-8	C	Societal transformation			10	
XXXX-9	C	Scientific writing, scientific theory and data analyses			10	
XXXX-10	C	Master thesis				30
XXXX-11	O	Snow sciences and avalanche		10		
<b>Sum</b>			<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

## VESTLANDSFORSKING



### Brukarvennlege IT-system

Informasjonstruktur og -arkitektur | Semantiske teknologiar | Kravspesifikasjonar | Brukargrensesnitt



### Endring og nyskaping

E-forvaltning og offentlig organisering | Infrastruktur og nettverksutvikling | E-handel i små og mellomstore bedrifter | Regional utvikling og næringsutvikling



### Forskingssenter for reiseliv

IT og reiseliv | Fritidsforbruk | Berekraftig reiseliv



### Miljø

Berekraftig landbruk | Berekraftig mobilitet | Fornybar energi | Industriell økologi | Alternative drivstoff | Lokal miljø- og klimapolitikk

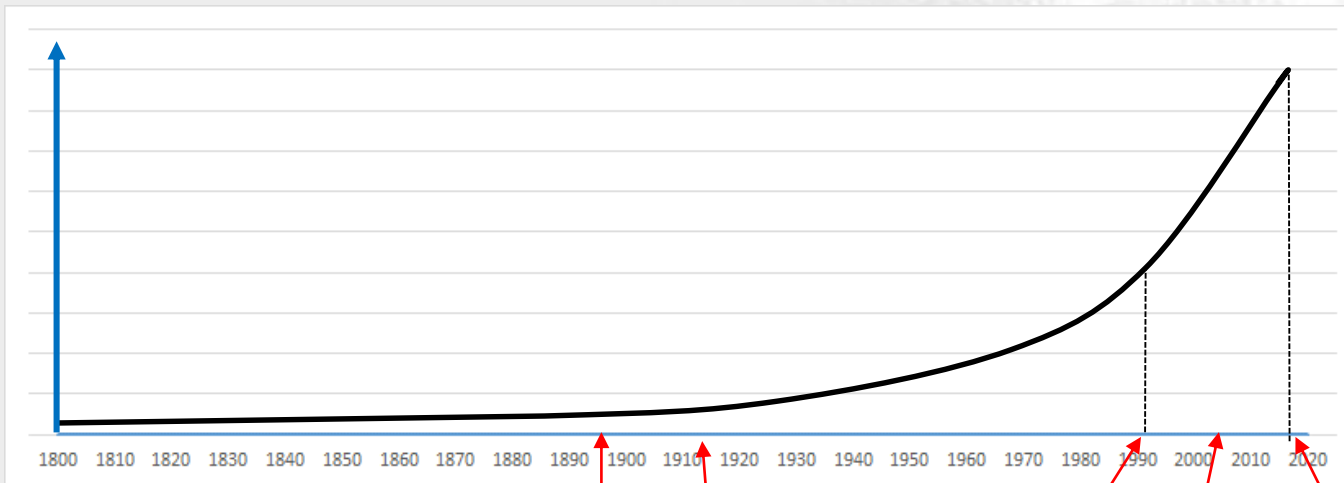
- Leiande fagmiljøet i Norge på lokal klimatilpassing
- 50 % av prosjekta finansiert gjennom Norges forskingsråd, resten fordelt likt mellom privat, offentlig og EU
- Forska sidan 2003 på området transport og klimatilpassing
- 5 årsverk

## Kva eg vil snakke om

- **DEL 1 GENERELT OM KLIMAPROBLEMET**
- **DEL 2 SPESIFIKT OM VESTLANDET**
- **DEL 3 SPESIFIKT OM VEGTRANSPORT**

# Klimahistoria på 1 minutt!

Globale utslepp av klimagassar



Den svenske vitenskapsmannen Svante Arrhenius oppdaga drivhuseffekten



1896

1912

Allereie tidlig på 1900-talet dukka det opp notisar i avisar med spådom om eit komande "klimaproblem"



1990



2006



2016

120 år

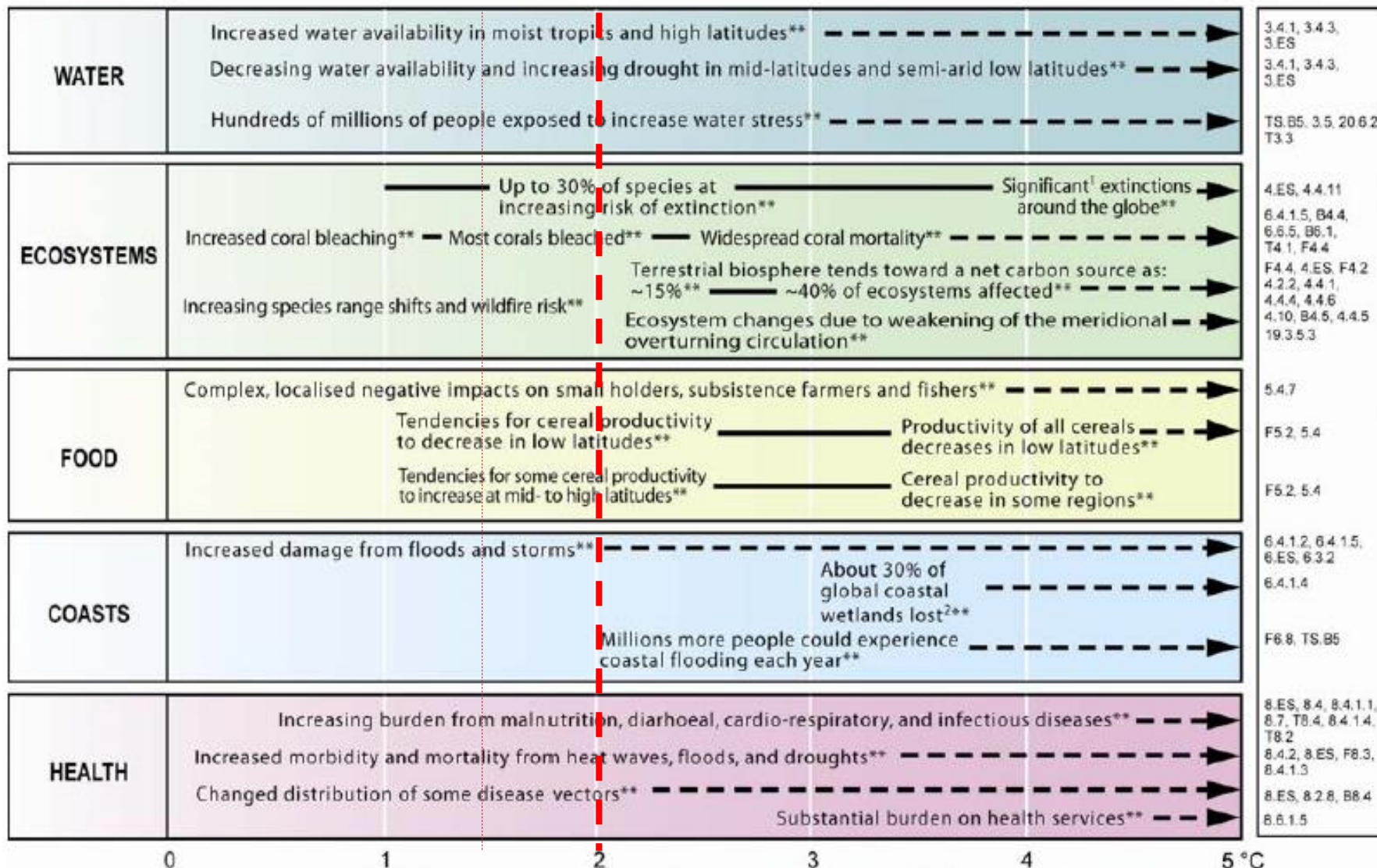


# Key Impacts as a Function of Increasing Global Average Temperature Change

(Impacts will vary by extent of adaptation, rate of temperature change, and socio-economic pathway)

Global mean annual temperature change relative to 1980-1999 (°C)

0 1 1.5 2 3 4 5 °C



Global mean annual temperature change relative to 1980-1999 (°C)

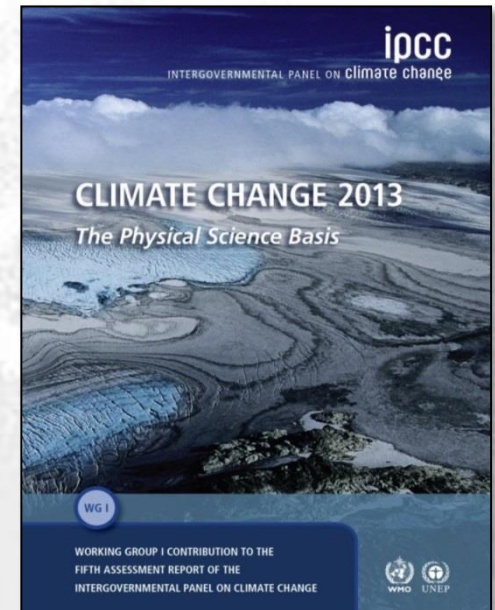
0 1 2 3 4 5 °C

<sup>1</sup> Significant is defined here as more than 40%.

<sup>2</sup> Based on average rate of sea level rise of 4.2 mm/year from 2000 to 2080.

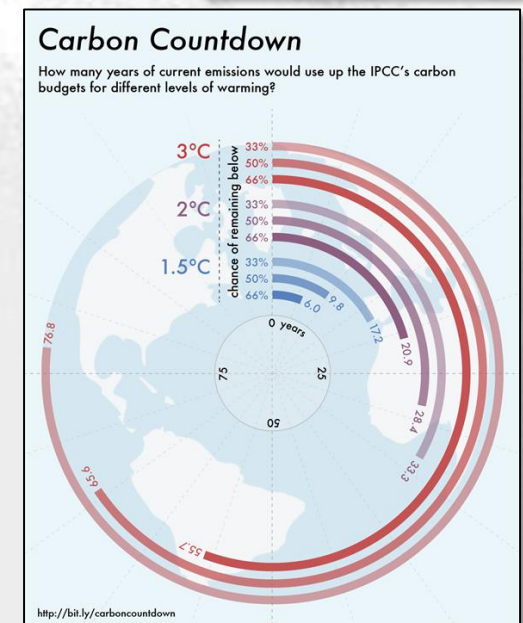
# Bodskapen frå FNs klimapanel sin siste hovudrapport (2013)

- For å unngå  $+2^{\circ}\text{C}$  innan 2100 må:
  - De globale utsleppa vere «**netto null**» innan **2100**
  - **80 %** av kjende reserver med fossil energi bli verande i bakken
    - nye studiar frå 2016 tyder på at denne delen må aukast til 100% [http://priceofoil.org/content/uploads/2016/09/OCI\\_the\\_skys\\_limit\\_2016\\_FINAL\\_2.pdf](http://priceofoil.org/content/uploads/2016/09/OCI_the_skys_limit_2016_FINAL_2.pdf)
- Sjølv med  $+2^{\circ}\text{C}$  vil verda måtte tilpasse seg store og delvis ukjende konsekvensar



# ...og budskapen frå Parismøtet i 2015

- **Alle landa er no «med»**
  - Også «u-land» og **USA**
- **2 gradersmålet «overlevde» - og blei forsterka**
  - Oppmodinga om at partane også skal arbeide for å nå eit mål om å halde verda under 1.5 grader global oppvarming
- **Ovanfrå-og-ned strategien er lagt på vent**
  - Den opphavlege tanken om ein juridisk bindande global avtale som landa «må» følgje er ikkje lagt bort
- **Nedanfrå-og-opp er inntil vidare hovudstrategien**
  - Nasjonale planar skal rapporterast inn – og dei som ikkje føl opp blir «sett i gapestokken» (!).
  - **Difor (enno) viktigare med lokale og nasjonale tiltak**





# Vil klimaavtalen overleve?

Donald Trump is the best thing to happen to climate change



Republican presidential candidate Donald Trump speaks during a campaign rally, Thursday, Nov. 3, 2016, in Selma, N.C.

IMAGE: EVAN VUCCI/AP



BY ANDREW FREEDMAN

4 DAYS AGO

The Paris Climate Agreement was enacted Friday, and in doing so, became the fastest global U.N. agreement to go from negotiation to international law in modern history.

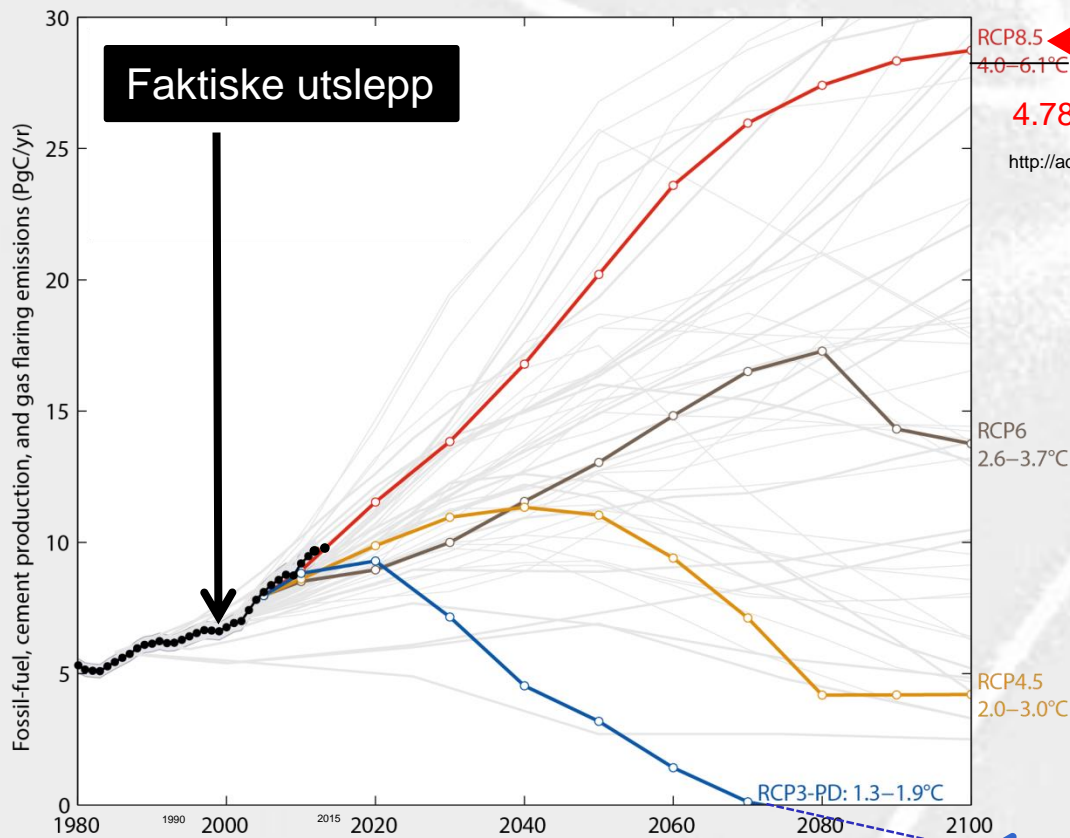
In an ironic twist, that quick turn of events owes a great deal to someone who actually wants to dismantle the treaty: Donald Trump.

The threat of a Trump presidency helped move world leaders to fast-track the Paris agreement, bringing it into force early enough to give the planet a better chance of staving off the worst consequences of global warming.

- USA kan trekke seg frå avtalen (Trump har sett ne ei gruppe som skal utgreie korleis det kan gjerast)
- **Men** sidan avtalen no er ratifisert vil det at USA trekkjer seg ikkje påverke sjølve avtalen
- Land som Kina har sagt at dei ikkje vil endre sine klimamål om USA trekkjer seg



# Ei verd på gal kurs



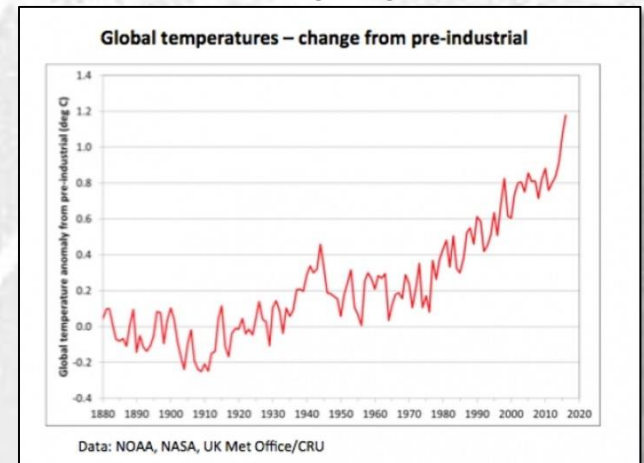
**Faktiske utslepp**

**Faktisk utvikling**

4.78 - 7.36 °C

<http://advances.sciencemag.org/content/2/11/e1501923>

+1,2 °C ved utgangen av 2016

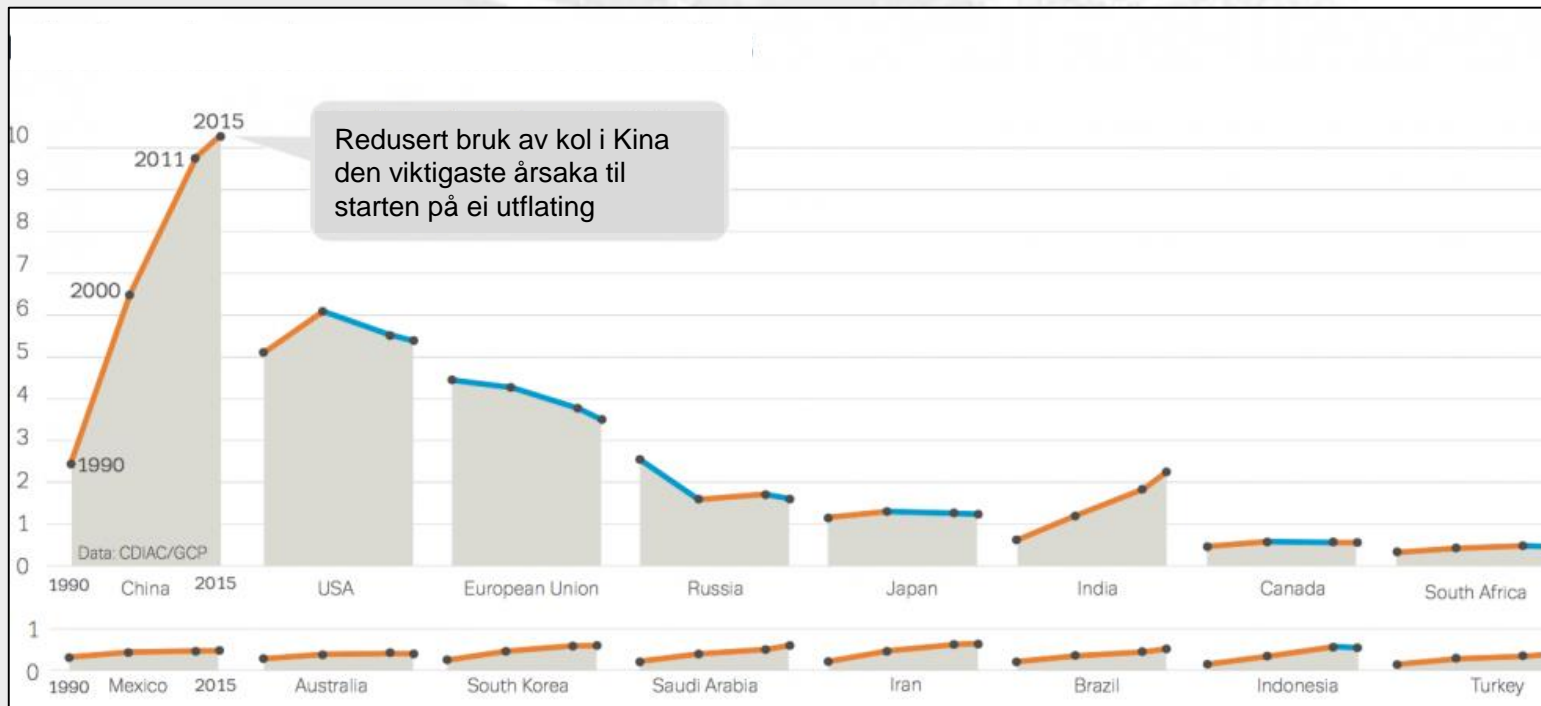


<http://www.aftenposten.no/viten/To-klimanyheter-En-skummel-og-en-svart-positiv-609009b.html>

**Ønska utvikling**

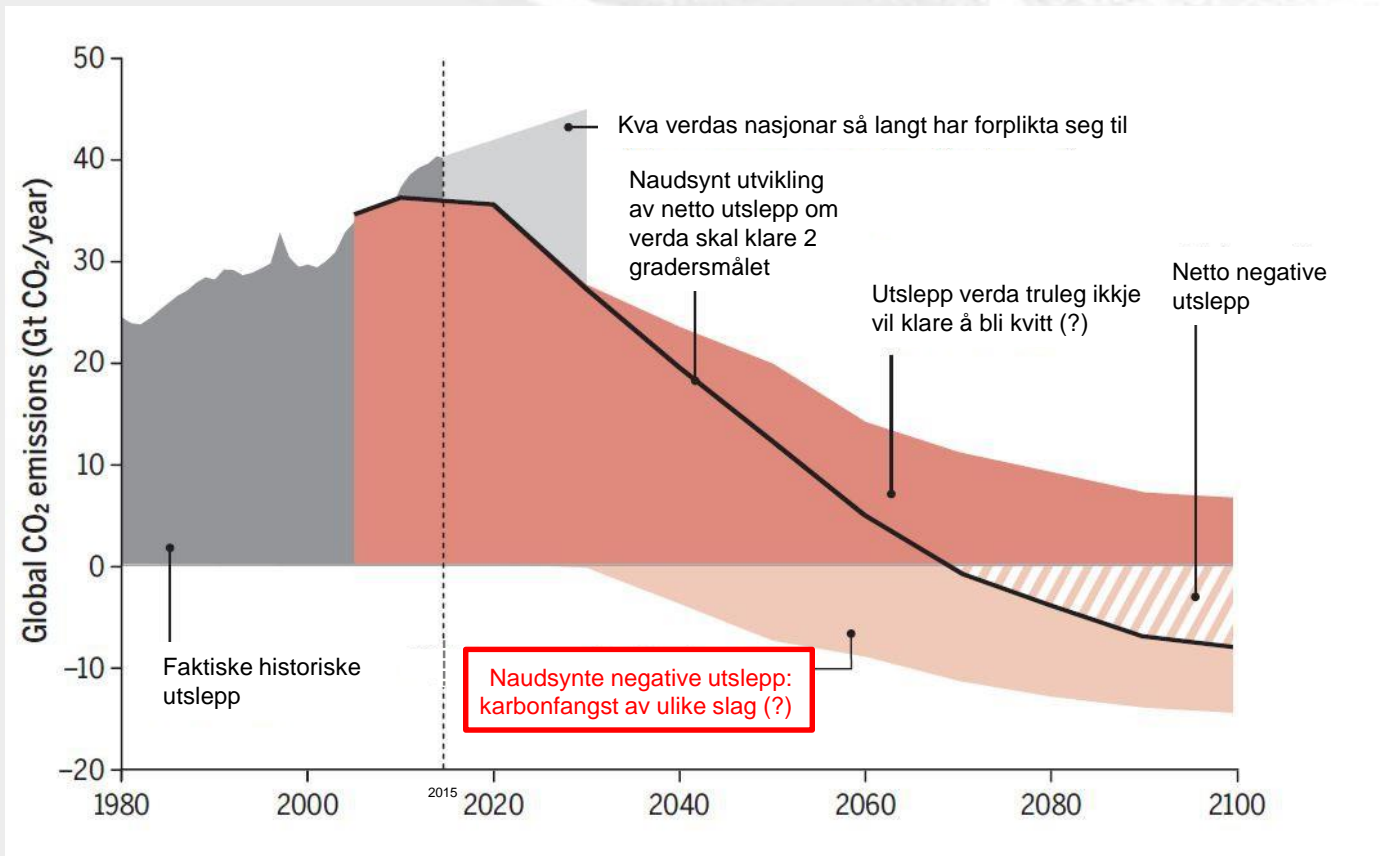
Kjelde: <http://www.globalcarbonproject.org>

# Eller er utviklinga er i ferd med å snu (litt)?



Kjelde: <http://www.globalcarbonproject.org>

# Frå «positive» til «negative» klimagassutslepp



# Direct Air Capture

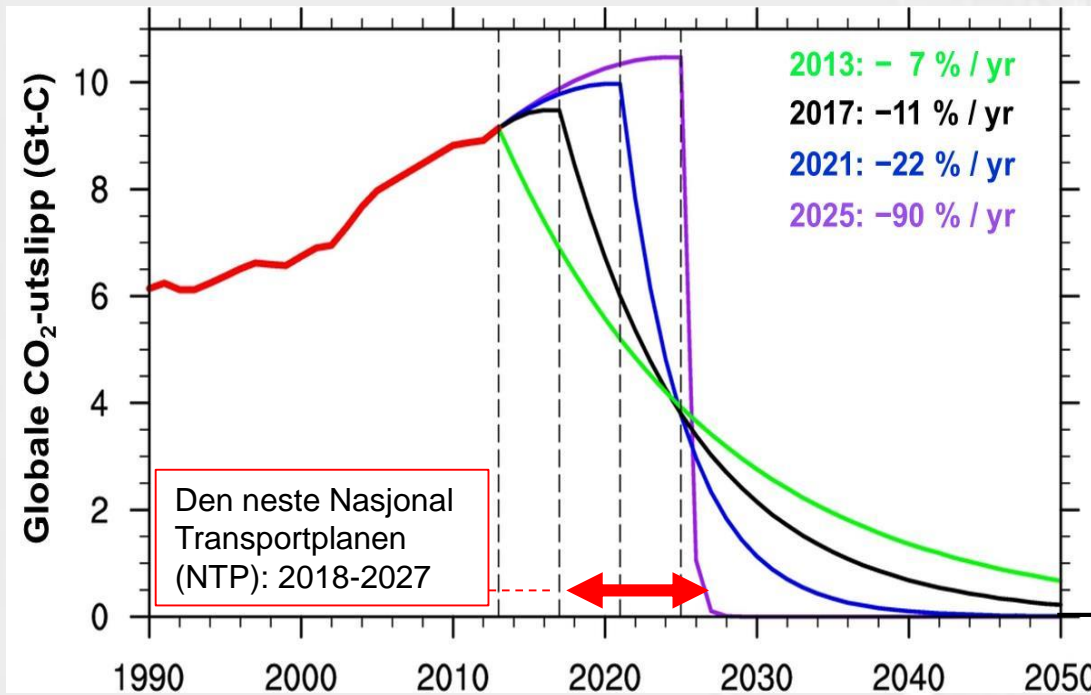


Above: a visualization of what a commercial-scale DAC plant might look like, via [Carbon Engineering](#).

<http://www.centerforcarbonremoval.org/>



# Vi har det med andre ord (veldig) travelt!

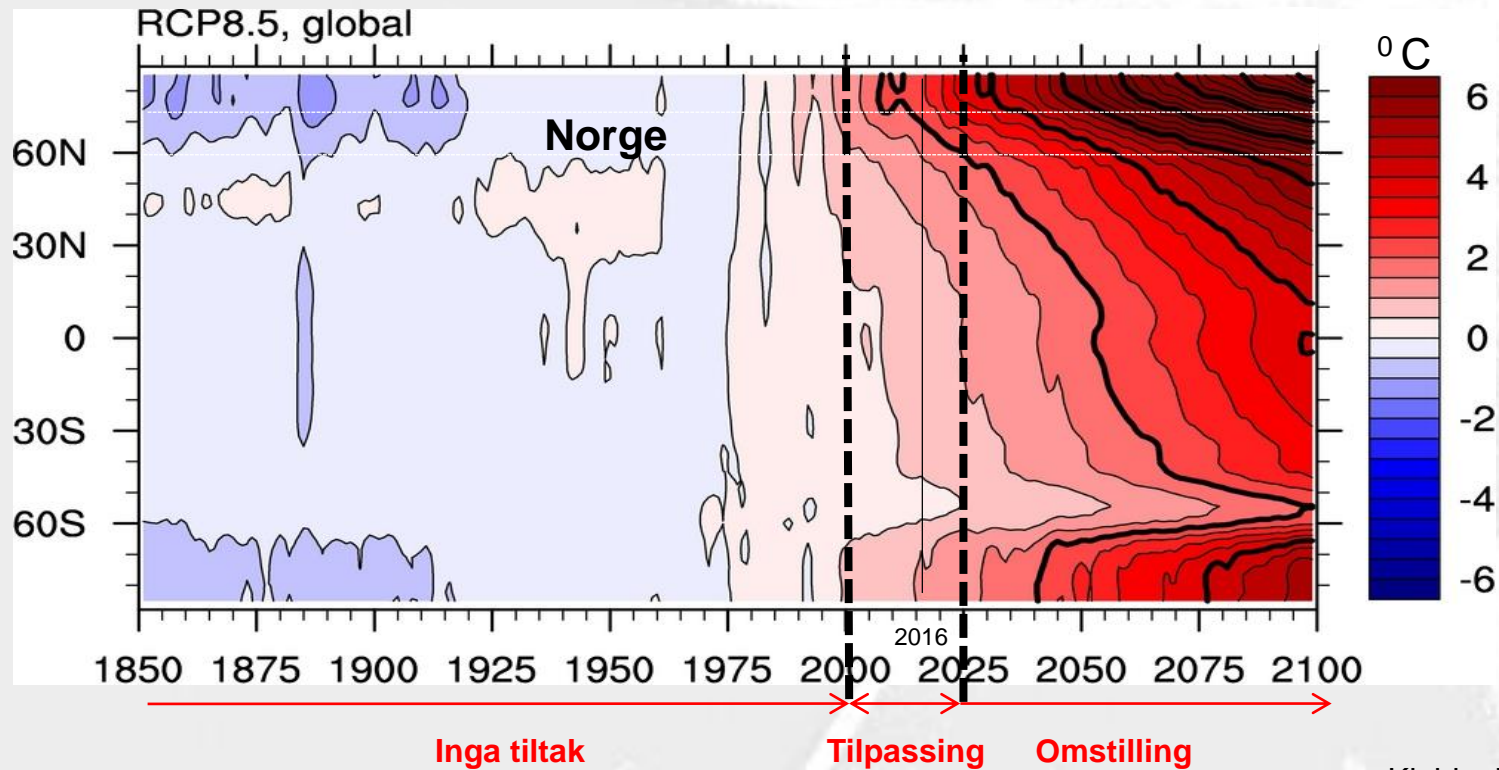


Om verdssamfunnet venter til 2025 med å gjennomføre nye tiltak må utsleppa etter 2025 **reduserast med 90% kvart år** for å nå 1.5-2.0 gradersmålet

MEN: Vi diskuterer framleis som om dei «store tiltaka» kan gjerast her!



# Om å håpe det beste – men førebu seg på det verste



Kjelde: IPCC

# Frå 'tilpassing' til 'omstilling'?

- **Tilpassing**

- “The process of adjustment to actual or expected climate and its effects, in order to moderate harm or exploit beneficial opportunities” (IPCC, 2012: 4)

- **Omstilling**

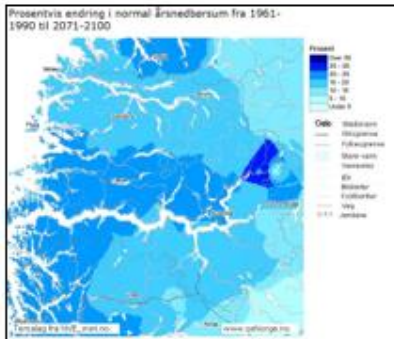
- «The altering of fundamental attributes of a system (including value systems; regulatory, legislative, or bureaucratic regimes; financial institutions; and technological or biological systems)» (IPCC, 2012: 4)

- DEL 1 GENERELT OM KLIMAPROBLEMET
- **DEL 2 SPESIFIKT OM VESTLANDET**
- DEL 3 SPESIFIKT OM VEGTRANSPORT

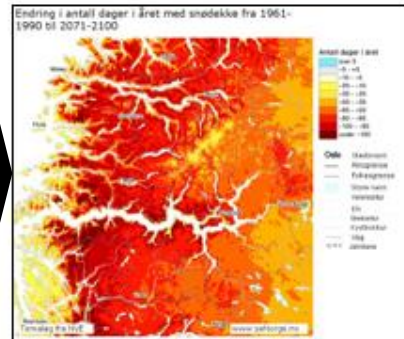


# Kva er «klimaendring»?

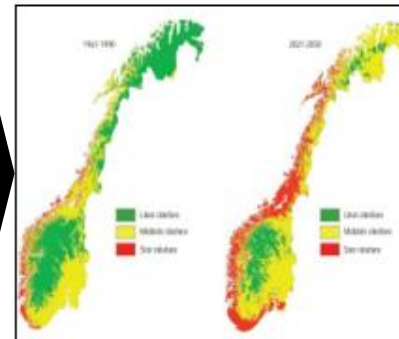
**Endring av klimaet**



**Verknad på «naturen»**



**Verknad på «samfunnet»**



**Eksponering i «samfunnet»**



Grad av uvisse!



# Kva parameter er aktuelle?

Endring av klimaet			Verknad på «naturen»	Verknad på «samfunnet»	Eksponering i «samfunnet»
Ekstremvêr	Uvanleg vêrslag over lang tid	Kvardagsvêr			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sterk vind</li> <li>• Ekstremnedbør</li> <li>• Rask og ofte passering av frysepunktet</li> <li>• Stormflo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fråvêr av nedbør</li> <li>• Mykje nedbør</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gjennomsnittsnedbør</li> <li>• Gjennomsnittstemperatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smelting av isbrear og permafrost</li> <li>• Forsuring av havområda</li> <li>• Auke i havnivå</li> <li>• Endringar i flaumforhold</li> <li>• Endringar i skredhendingar</li> <li>• Endringar i det biologiske mangfaldet</li> <li>• osb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endring i naturskadehendingar</li> <li>• Endring i klimarelatert slitasje på fysisk infrastruktur</li> <li>• Endring i vilkår for matproduksjon</li> <li>• Endring i tal flyktningar</li> <li>• osb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokalisering av fysisk infrastruktur</li> <li>• Drift og vedlikehald av fysisk infrastruktur</li> <li>• Åtferdsmønster</li> <li>• osb</li> </ul>

# Portal om klimatilpasning og klimaendringer

## Klimautfordringer

Flom

Fukt og råte

Havforsuring

Havnivå

Nedbør

Overvann

Skred

Snø

Stormflo

Temperatur

Tørke

Vekstsesong

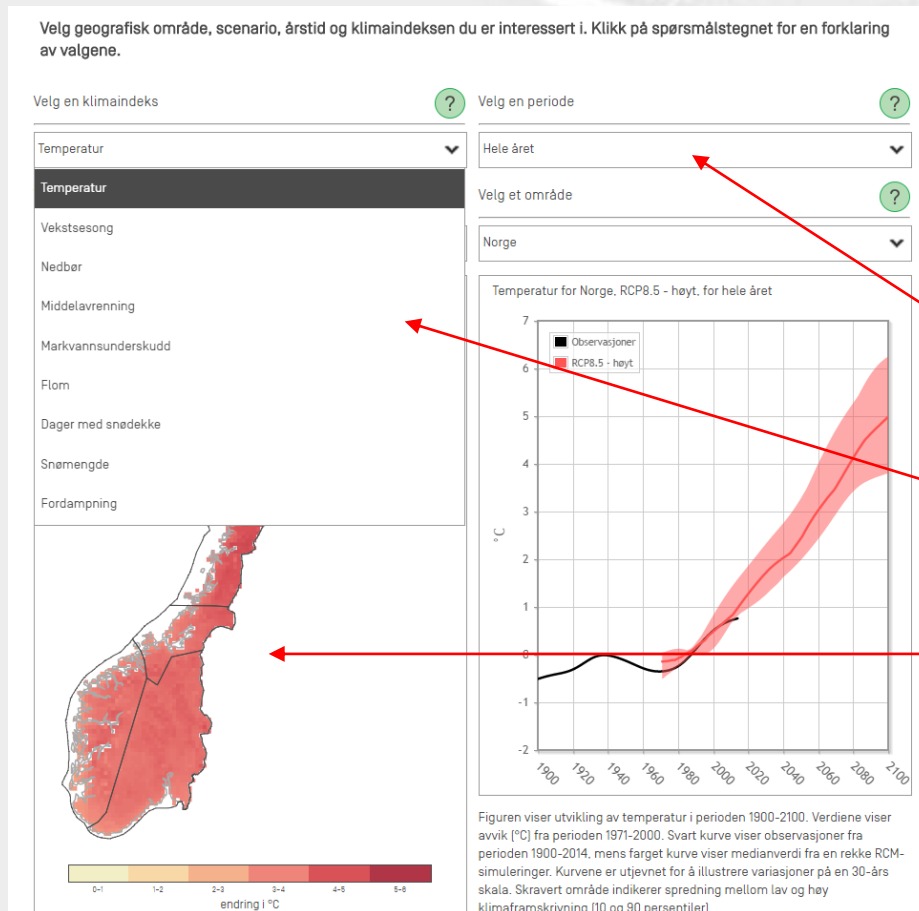
Vind



→ Se hvordan klimaendringer vil påvirke ditt fylke

[www.klimatilpasning.no](http://www.klimatilpasning.no) (bla nedover siden!)

# Scenarier for klimaendringer



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

**Bruk utslippsscenario RCP 8,5 – høyt**

**Velg årstid (hele året eller årstid)**

**Velg klimaindeks (se bilde til venstre)**

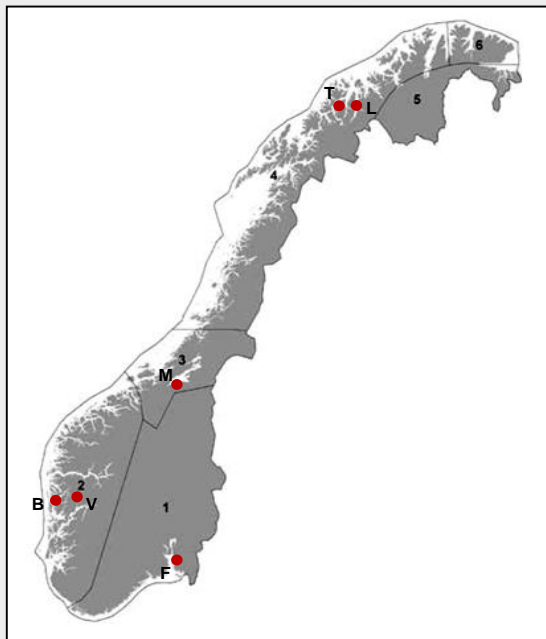
**Zoom inn på din region (ikke mulig lenger å velge ned på kommunenivå)**

**Kartdata, figur og tidsseriedata**

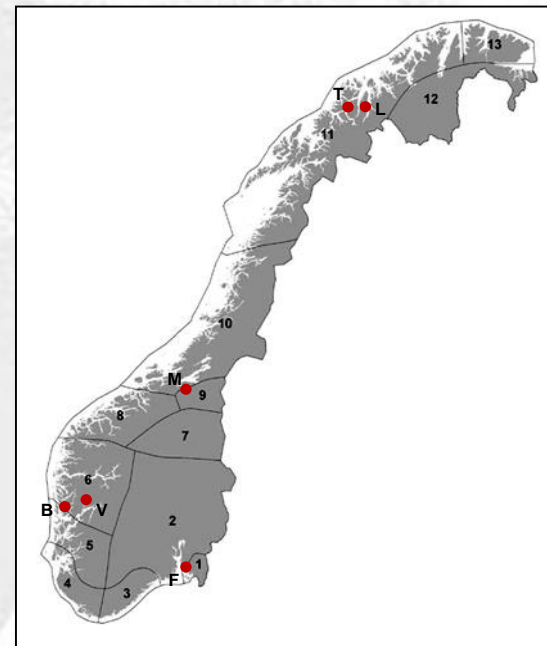


# Regional oppløsning

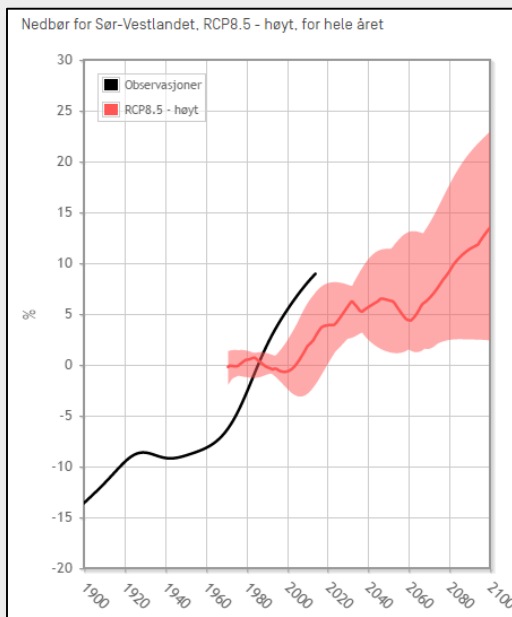
Temperaturregioner



Nedbørsregioner

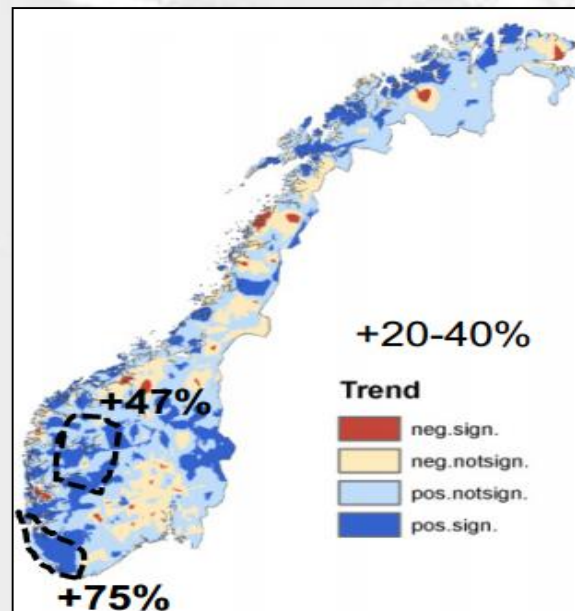


# Klimaet er allerede endra



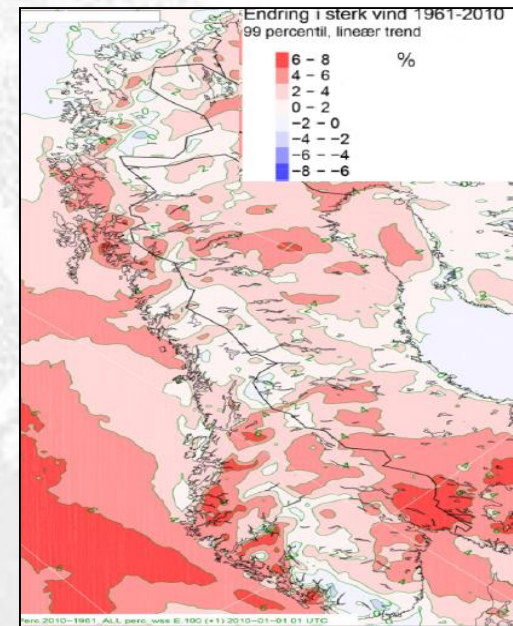
Utvikling av nedbør i perioden 1900-2100 som prosent avvik frå perioden 1971-2000

<https://klimaservicesenter.no>



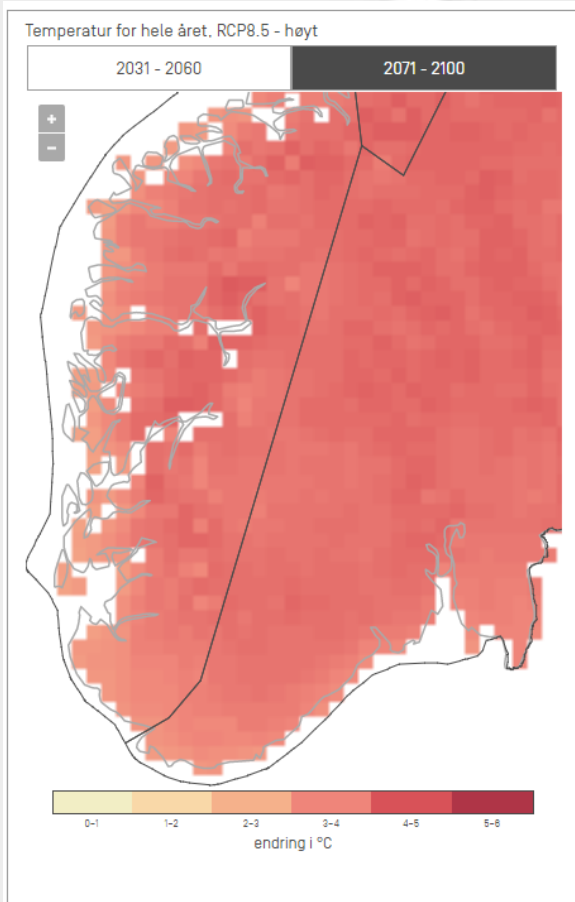
Endring av tal årlege hendingar med fem-døgns nedbør over 40 mm i løpet av perioden 1957-2010

[http://www.ngi.no/upload/Prosjektweb/InfraRisk/Sluttseminar/02-INFRARISK\\_Endringer-av-ekstremv%C3%A6r-knyttet-til-naturfarer-i-Norge.pdf](http://www.ngi.no/upload/Prosjektweb/InfraRisk/Sluttseminar/02-INFRARISK_Endringer-av-ekstremv%C3%A6r-knyttet-til-naturfarer-i-Norge.pdf)

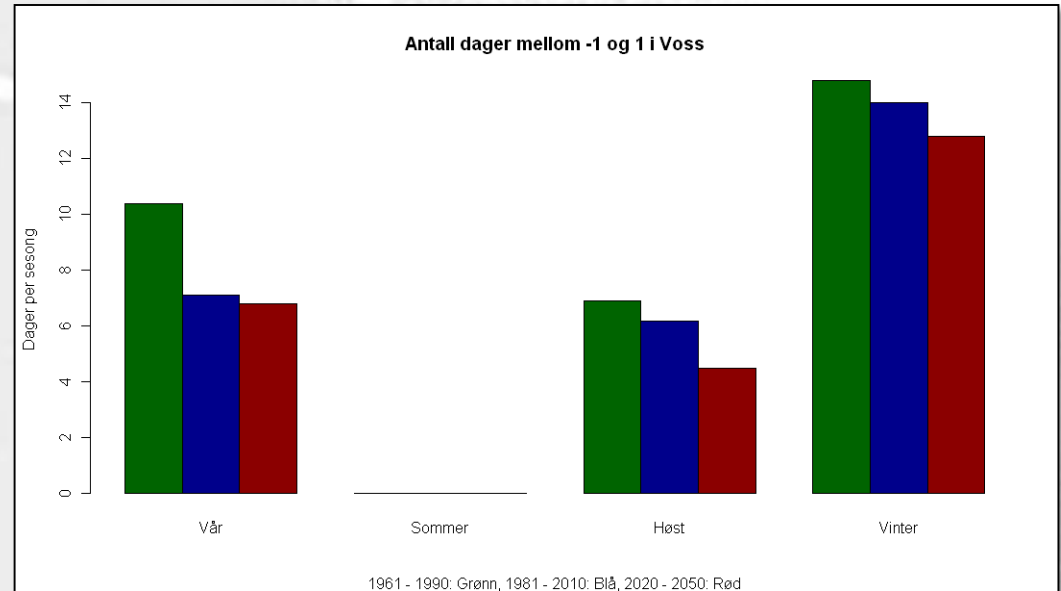


Endring i omfang av sterk vind i løpet av perioden 1961-2010

# Forventa temperaturauke

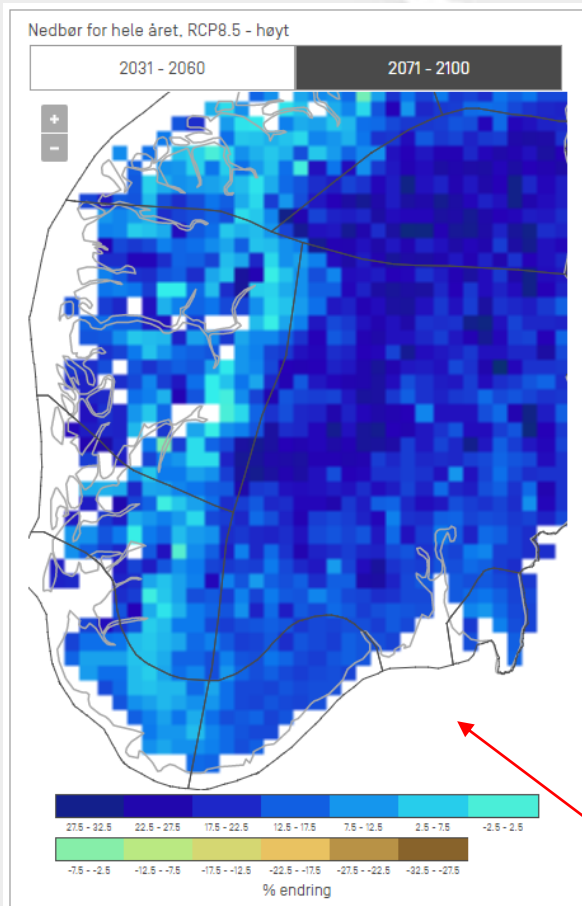


Kartet viser endring i middeltemperatur [°C] fra perioden 1971-2000 til 2071-2100. Detaljer om endringene som vises i kartet, står i rapporten "Klima i Norge 2100", side 99 og 149 [tabeller]. <https://klimaservicesenter.no>



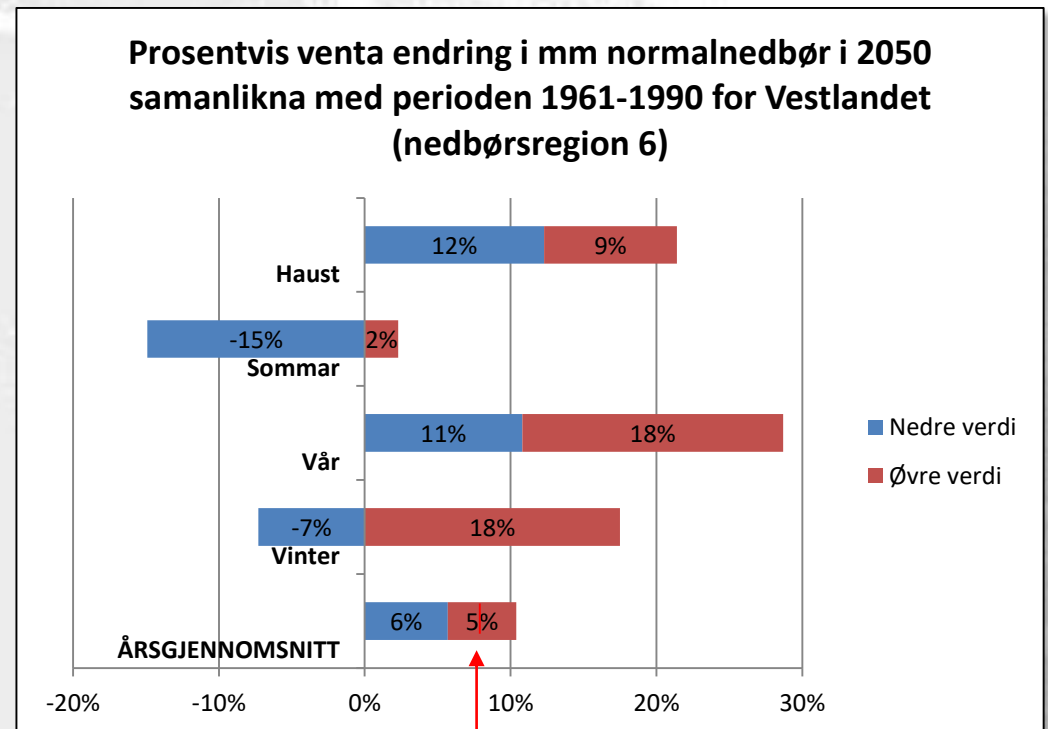
Engen-Skaugen, T. mfl (2009): *Klimaprojeksjoner frem til 2050. Grunnlag for sårbarhetsanalyse i utvalgte kommuner*. Met.no rapport 4/2009

# Forventa endringar for normalnedbør



Kartet viser endring i nedbørssum [%] fra perioden 1971-2000 til 2071-2100. Detaljer om endringene som vises i kartet, står i rapporten "Klima i Norge 2100", side 103 og 161 (tabeller). <https://klimaservicesenter.no>

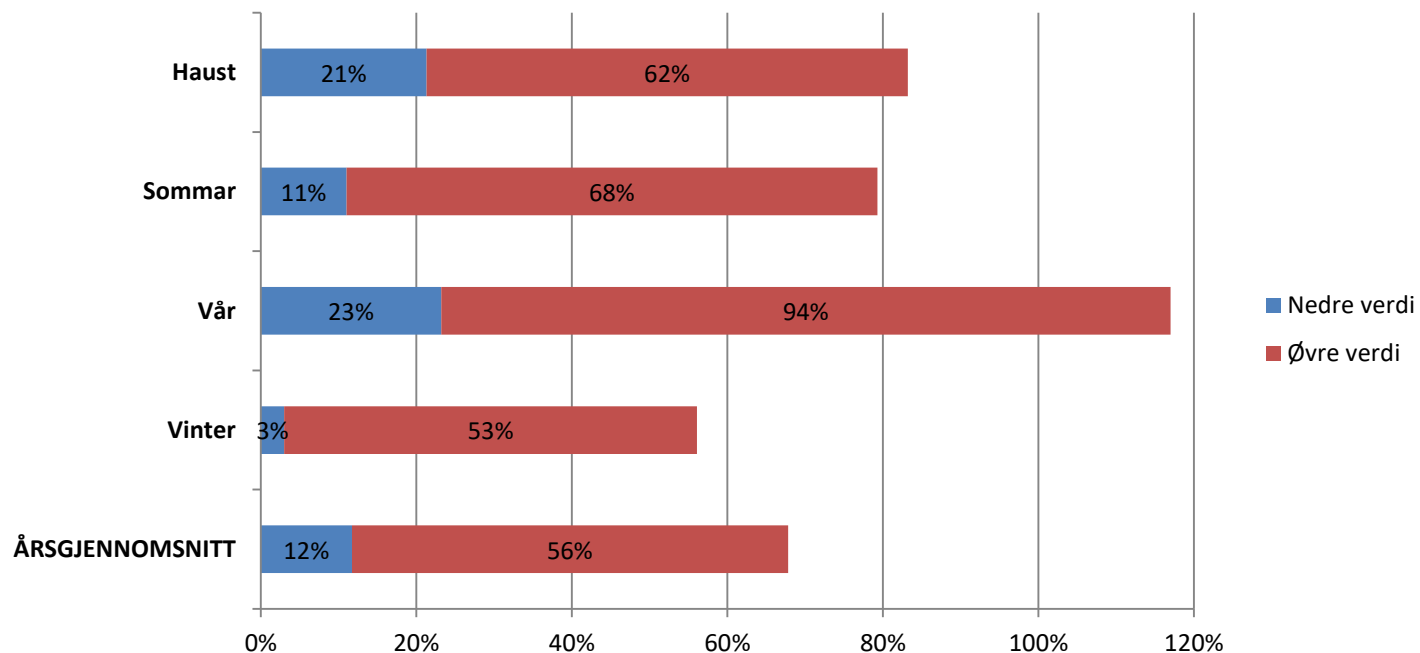
MEN .....



OBS kartet til venstre representerer bare «snittet» ut fra ein tankegang at det er mest sannsynlig

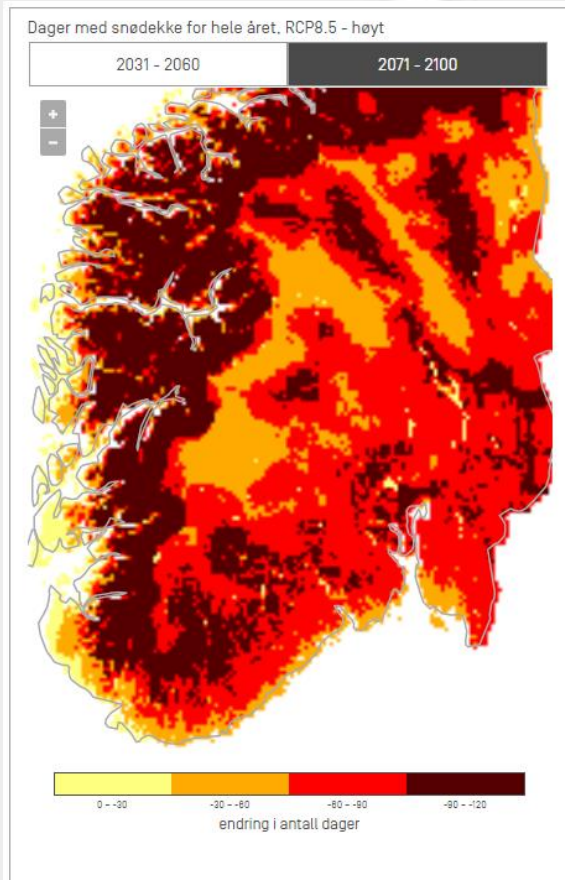
# Forventa endringar for ekstremnedbør

Prosentvis venta endring i dagar med ekstremnedbør i 2050 samanlikna med perioden 1961-1990 for Vestlandet (nedbørsregion 6)

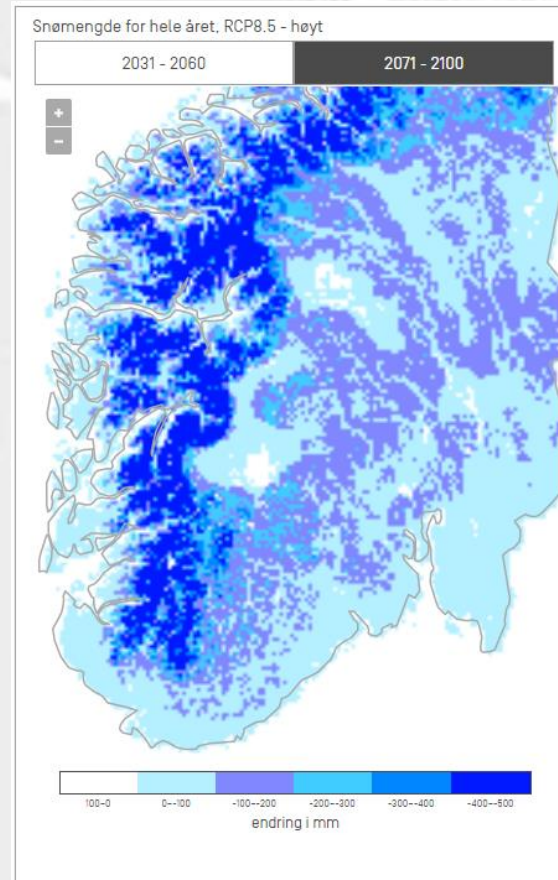




# Forventa endringar for snø

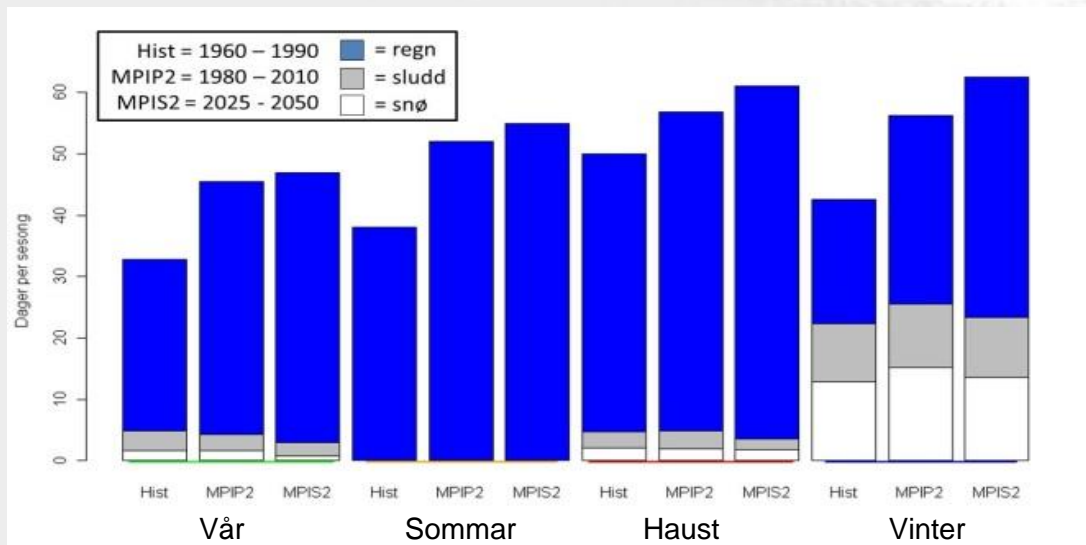


Kartet viser endring i dager med snødekke fra perioden 1971-2000 til 2071-2100. Antall dager med snødekke vil si det samme som antall dager i løpet av et år hvor det ligger snø på bakken. Detaljer om endringene som vises i kartet, står i rapporten "Klima i Norge 2100", side 120.



Kartet viser endring i snømengde [mm] fra perioden 1971-2000 til 2071-2100. Snømengde er her hvor mange mm vann snøen representerer den dagen i året det er maksimalt med snø. Detaljer om endringene som vises i kartet, står i rapporten "Klima i Norge 2100", side 120.

# Forventa endringar i vintervedbør



Fordeling av nedbørstyper (regn, sludd og regn) på ulike årstider (hhv vår, sommar, haust og vinter) og for tre ulike tidsperiodar (1961-1990, 1981-2010 og 2021-2050) for Voss kommune

Engen-Skaugen, T. mfl (2009): *Klimaprojeksjoner frem til 2050. Grunnlag for sårbarhetsanalyse i utvalgte kommuner*. Met.no rapport 4/2009

# Forventa endring i havnivå

**MEN:**

TABELL 7. Sogn og Fjordane

Kommune	Sted	Nærmeste måler	Returnivå stormflo (i cm over middelvann)			Havnivåstigning med klimapåslag (i cm)	NN2000 over middelvann (i cm)
			20 år	200 år	1000 år		
Askvoll	Askvoll	Måløy					
Aurland	Aurlandsvangen	Bergen					
Balestrand	Balestrand	Bergen					
Bremanger	Svelgen	Måløy					
Eid	Nordfjordeid	Måløy					
Fjaler	Dale	Måløy					
Flora	Flora	Måløy					
Førde	Førde	Måløy					
Gaular	Bygstad	Måløy					
Gloppen	Sandane	Måløy					
Gulen	Eivindvik	Bergen					
Hyllestad	Hyllestad	Måløy					
Høyanger	Høyanger	Bergen					
Leikanger	Hermansverk	Bergen					
Luster	Gaupne	Bergen					
Lærdal	Lærdalsøyri	Bergen					
Naustdal	Naustdal	Måløy					
Selje	Selje	Måløy					
Sogndal	Sogndal	Bergen					
Solund	Hardbakke	Måløy					
Stryn	Stryn	Måløy					
Vik	Vik	Bergen					
Vågsøy	Måløy	Måløy					
Årdal	Årdalstangen	Bergen					

TABELL 8. Hordaland

Kommune	Sted	Nærmeste måler	Returnivå stormflo (i cm over middelvann)			Havnivåstigning med klimapåslag (i cm)	NN2000 over middelvann (i cm)
			20 år	200 år	1000 år		
Askey	Kleppestø	BERGEN	129	141	148	72	8
Austevoll	Storebø	BERGEN	116	129	136	72	8
Austrheim	Årås	BERGEN	132	144	151	71	7
Bergen	Bergen	BERGEN	129	141	148	72	7
Bømlo	Svortland	BERGEN	112	125	132	72	8
Eidfjord	Eidfjord	BERGEN	124	136	143	56	8
Etna	Etna	BERGEN	114	126	133	64	6
Fedje	Fedje	BERGEN	130	142	149	71	7
Fitjar	Fitjar	BERGEN	116	129	136	72	7
Fjell	Straume	BERGEN	126	138	145	72	7
Fusa	Eikelandssøen	BERGEN	116	129	136	64	7
Granvin	Granvin	BERGEN	124	136	143	64	6
Jondal	Jondal	BERGEN	122	134	142	61	6
Kvam	Norheimsund	BERGEN	122	135	142	61	6
Kvinnherad	Rosendal	BERGEN	114	126	133	62	7
Lindås	Knarvik	BERGEN	129	141	148	71	7
Masfjorden	Masfjordnes	BERGEN	132	144	151	70	5
Meland	Frekhaug	BERGEN	129	141	148	72	6
Modalen	Nottveit (1)	BERGEN	131	143	150	69	7
Odda	Odda	BERGEN	125	137	145	60	7
Os	Osøyro	BERGEN	116	129	136	71	7
Osterøy	Lonevåg	BERGEN	131	143	150	70	7
Radey	Manger	BERGEN	129	141	148	71	7
Samnanger	Tysse	BERGEN	116	129	136	64	8
Stord	Leirvik	BERGEN	113	125	132	65	7
Sund	Skogsvåg	BERGEN	122	134	142	72	7
Sveio	Førde	BERGEN	111	123	131	72	7
Tysnes	Uggdalseidet	BERGEN	116	129	136	65	7
Ullensvang	Kinsarvik	BERGEN	124	136	143	58	7
Ulvik	Ulvik	BERGEN	124	136	143	62	6
Vaksdal	Vaksdal	BERGEN	131	143	150	64	8
Voss	Bolstadøyri (2)					64	5
Øygarden	Tjeldstø	BERGEN	129	141	148	71	7

<https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/risiko-sarbarhet-og-beredskap/pdf-er/havnivastigning-og-stormflo.pdf>

Havnivået kan stige **dobbelt så mye** som tidligere forespeilet, de neste 100 årene. Det viser en ny studie gjort av klimaforskere ved University of Massachusetts Amherst og Pennsylvania state University.



Klimaforsker Robert DeConto ved University of Massachusetts mener Havnivået kan stige dobbelt så mye som FNs siste klimareport har anslått.

FOTO: UMASS AMHERST

– Dette kan bli katastrofe for mange lavtliggende byer. For eksempel kan Boston få mer enn 1,5 meter havnivåstigning, i de neste 100 årene. Det sier en av forskerne bak studien, Robert DeConto, i en pressemelding.

> Havnivået kan stige dobbelt så mye som tidligere antatt

## Varsellampe

Klimaforsker og professor ved Universitetet i Bergen, Helge Drange, sier at hastigheten på endringene er svært vanskelige å anslå.

– Forskerne har gjort et solid arbeid, men mye er fortsatt usikkert. Disse tingene svinger litt frem og tilbake, og dette er en mulighet. Spørsmålet er litt hvor stor vi vurderer muligheten til å være, sier Drange.



– Vi tar ikke dette nok på alvor, sier Klimaforsker Helge Drange.

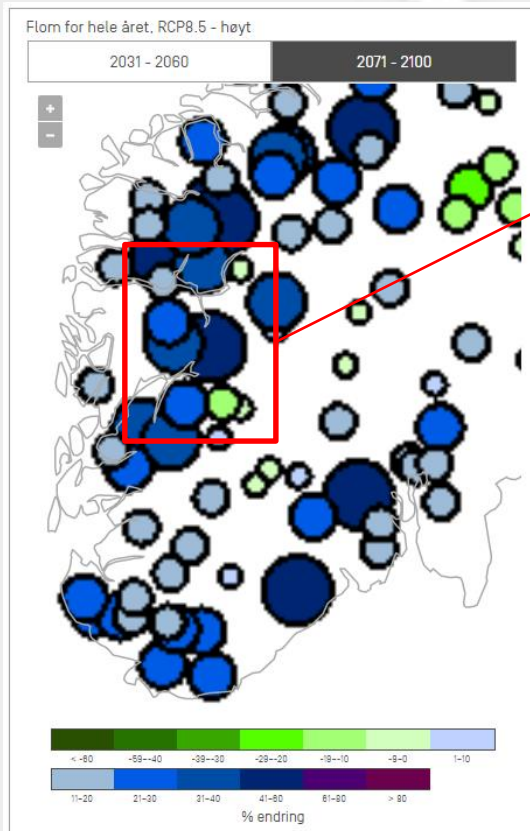
FOTO: HELGE SKODVIN / HELGE SKODVIN

Professoren understreker at havstigning er en av de store utfordringene vi står ovenfor.

– Tidligere har det blitt konkludert med at globalt havnivå kan stige med opptil en meter per. 100 år. Nå snakker disse om 15 meter, frem mot år 2500. Det er godt over den ene meteren, sier Drange.



# Forventa endringer i flom



Kartet viser endring i 200-års flom [%] fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 for 115 vassdrag i Norge. En 200-års flom er en flom som i gjennomsnitt vil opptre en gang hvert hundrede år dersom klimaet ikke endrer karakter. Det betyr at det er 0.5 % sannsynlighet for at en slik flom vil opptre i et gitt år. Detaljer om endringene som vises i kartet, står i rapporten "Klima i Norge 2100", side 123. <https://klimaservicesenter.no>



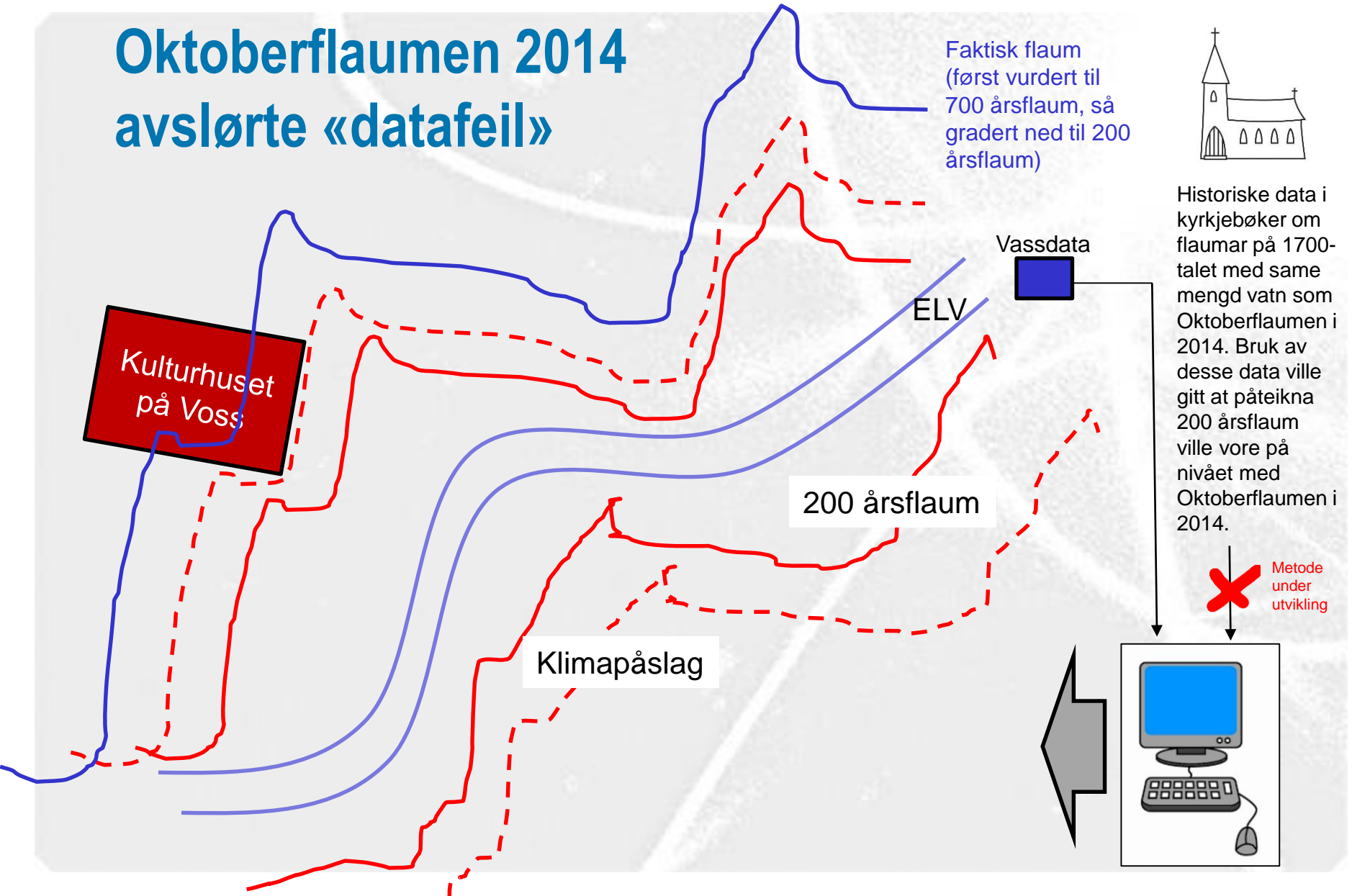
NVE har laget flomsonekart, noen med innarbeidet hensyn til klimaendringer vha en «standard klimafaktor» på +20%/+40% (men OBS fortsatt beregnet ut fra «gjennomsnittstankegangen»).

Oversikt over slike kart

er her: <http://tmp.varsom.no/no/Flom-og-skred/Farekartlegging/Flomsonekart/>



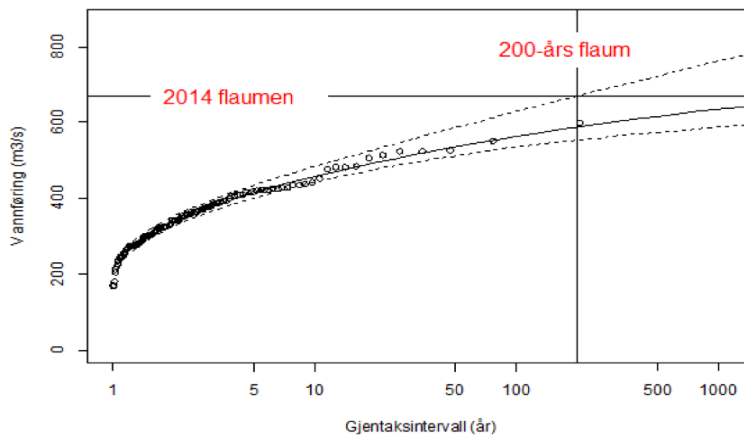
# Oktoberflaumen 2014 avslørte «datafeil»



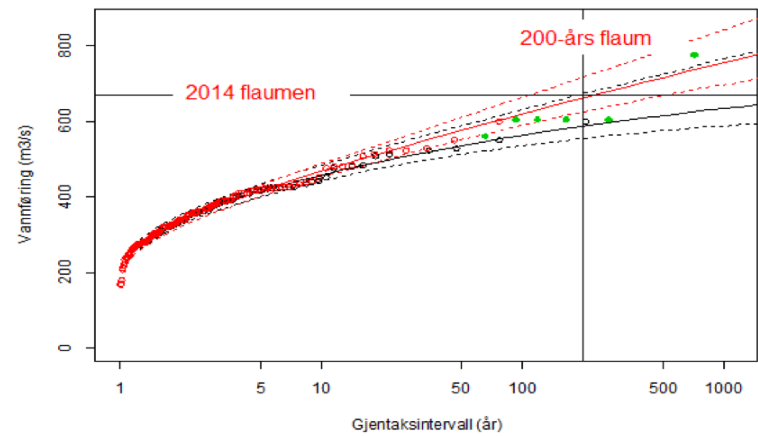




KULTURHUSET: Per Støyva reddet unna ting som var lagret i kjelleren på Voss kulturhus. ARKIVFOTO: RUNE SÆVIG



Utan historiske data



Med historiske data

Nivå på 200 års flom i Vangsvatnet, Voss, før og etter inkludering av historiske flomdata. (Modifisert fra Engeland 2015)

# Forventa endringer i skred

- **Snøskred**
  - Vil øke, trolig mest i indre strøk av Sør-Norge og Troms og Finnmark

- **Jordskred og flaumskred**

- Vil auke, truleg mest langs kysten frå Nord-Norge til Vestlandet

- **Steinsprang**

- Vil øke, vanskelig å si noe mer presist om geografisk variasjon

- **Leirskred**

- Vil øke, vanskelig å si noe mer presist om geografisk variasjon

Konklusjonar frå prosjektet GeoExtrem: <http://www.geoextreme.no/files/PDF/07-Christian.pdf>

- **Problem**

- NVE har ikke innarbeidet en «klimafaktor» i eksisterende kartframstilling av skredfare

Se <http://tmp.varsom.no/no/Flom-og-skred/Farekartlegging/>

# Jordskred og flatehogst av gran på Vestlandet

Område slått ned av «Dagmar» i 2011, hogd ut i 2012 og ramma av «Hilde» i 2013



Ca 50% av produktiv granskog på Vestlandet står i bratt terreng (over 20° helling). 33% står å terreng brattare enn 27°, som vert rekna som grense for når jordskred normalt vil oppstå



# Flaumskred: «Mange bekker små...» problemet

## Flom 2014 i bl.a. Bæla nord for Lillehammer sentrum



Startpunkt var oppstrøm der en bekk krysset en skogsbilveg (rød prikk øverst vist i figuren under). Kulverter ved skogsbilveien hadde for liten kapasitet til å tåle vannmengden og sedimenttransporten som kom i løpet av hendelsen. Dette førte til omfattende erosjon og massetransport og at deler av Bæla i en kort strekning tok et nytt løp. På sin vei videre skadet Bæla boligeiendommer og infrastruktur. Det endrede elveløpet truet et sykehjem i den grad at det måtte evakueres. Kraftig erosjon og massetransport bidro til en kraftig økning av kraften i elva, som resulterte i store skader nedstrøms (punkt 12). En bru ble tatt av flommen og på grunn av all erodert masse som ble transportert nedover fikk jernbanen noen skader (punkt 13, 14, 16).

**Kostnad til forebygging: ca 2 mill kr**

**Kostnad til gjenoppbygging: ca 20 mill kr**

# Forventa samfunnsendringar som kan påverke eksponeringa for klimapåverknad

Samfunnsområde	Lokalisering av infrastruktur	Drift/utforming av infrastruktur
Dyrka og dyrkbar mark	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nedbygging av dyrka mark i sentrale strøk</li> <li>Nedlegging av bruk i perifere strøk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gjengroing av utmarka</li> <li>Økt mekanisering</li> </ul>
Private bygninger	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lokalisering nærmere vassdrag og strandlinje</li> <li>Sentralisering nasjonalt og innen kommuner</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plassering av bygninger med tanke på vindmønster i gatene</li> <li>Utforming av tomt med tanke på plass til snørydding og overflatevannhåndtering</li> </ul>
Offentlige bygninger	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regional sentralisering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vedlikeholdsetterslep</li> </ul>
Offentlige veier	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoveddelen av utbygging av norske veier på det nærmeste slutført</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økt mobilitet</li> <li>Økt krav til tilgjengelighet</li> </ul>
Kaier	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sentralisering gir behov for å opprettholde færre små kommunale kaier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økt varetransport generelt</li> <li>Økt varetransport på sjø</li> </ul>
Offentlig transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lokal sentralisering av skole, sykehus og sosial omsorg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økt transportbehov</li> <li>Økt krav til tilgjengelighet</li> </ul>
Vann- og avløpsanlegg	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortetting</li> <li>Sentralisert urbanisering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stort vedlikeholdsetterslep</li> <li>Underdimensjonering i store byer</li> </ul>
Kratflinjer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økt utbygging av fornybar energi</li> <li>Økt eksport av elektrisitet</li> <li>Flere nye linjestrekk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økt behov for opprusting og vedlikehold av eksisterende nett</li> </ul>
Anlegg for telekommunikasjon	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økt behov for fysisk infrastruktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Økte krav til kapasitet og kvalitet på elektronisk kommunikasjon</li> </ul>



- DEL 1 GENERELT OM KLIMAPROBLEMET
- DEL 2 SPESIFIKT OM VESTLANDET
- **DEL 3 SPESIFIKT OM VEGTRANSPORT**

# Resultater fra et prosjekt for bl.a. Statens Vegvesen

- **Problemstillinger**

1. Hva koster det å gjenopprette naturskade på fysisk infrastruktur?
2. Hva koster det å forebygge naturskade på fysisk infrastruktur?
3. Når lønner det seg å forebygge versus å ta skadekostnad ved gjenoppretting?

- **Analysemodell**

- Studere faktiske naturskadehendelser
- Samle inn faktiske data for gjenoppretting (fysiske data og kroner)
- Samle inn faktiske data – alternativt sannsynliggjøre disse - for «standardheving» (mindre radikal og radikal) som kunne tenkes å ha forebygget (delvis eller helt) den faktiske naturskaden (fysiske data og kroner)



# Datagrunnlag

- **Tema**

- Vann/avløp, veier, bygg, havner

- **Lokaliteter**

- Trondheim: Ledningsnett, pumpestasjoner, renseanlegg
- Ringebu: Flomskade på ledningsnett, pumpestasjoner, renseanlegg
- Fredrikstad: Stormfloskade på pumpestasjoner
- Odda: Flomskade på ledningsnett (vann og avløp)
- Leikanger: Ekstremnedbør og kommunal grusvei
- Stryn: Flomskade på fylkeskommunal vei og bru
- Aurland: Steinskred på riksvei og tunnelomlegging
- Voss: Flomskade på kulturhus
- Moskenes: Stormfloskade på idrettsanlegg
- Lillehammer: Flomskade på blandet infrastruktur (vei, bygg, areal, jernbane)
- Sør-Fron: Flomskade på blandet infrastruktur (vei, bygg, areal, jernbane)
- Nord-Fron: Flomskade på blandet infrastruktur (vei, bygg, areal, jernbane)
- Ringebu: Flomskade på blandet infrastruktur (vei, bygg, areal, jernbane)

Modell caset

Gudbrandsdal-  
casene

## Gudbrandsdal casene

Lokalitet	Forebygging (mill kr)	Gjenoppretting (mill kr)	Forebygging (prosent)	Gjenoppretting (prosent)
Åretta	18,0	45,0	29 %	71 %
Bæla	2,0	21,5	9 %	91 %
Skurva	14,5	14,2	51 %	49 %
Branderudsåa	0,6	1,6	28 %	72 %
Kloppa	0,6	3,0	17 %	83 %
Sagstubekken	0,9	16,1	5 %	95 %

## To eksempler

Åretta: Flomskade på jernbane og veier  
 Forebygging: 18 mill NOK  
 Gjenoppretting: min 45,5 mill NOK



Bæla: Flomskade på jernbane og veier  
 Forebygging: 2 mill NOK  
 Gjenoppretting: min 22 mill NOK





# Hvordan vurdere lønnsomhet av forebygging

1. Regn ut gjenoppretingskostnader for å bringe den aktuelle infrastrukturen tilbake til opprinnelige tilstand før en eventuell (eller faktisk) naturskadehendelse ( $K_S$ )
2. Finn ut skadefrekvens for den aktuelle naturskadehendelsen ( $F$ )
3. Regn ut dagens vedlikeholdskostnader for den aktuelle infrastrukturen ( $K_V$ )
4. Regn ut investeringskostnader ( $K_F$ ) og/eller endringer i vedlikeholdskostnader ( $\Delta K_V$ ) for aktuelle forebyggingstiltak
5. Anslå forventet effekt av forebyggingstiltakene i form av redusert risikoen for naturskade ( $R$ )
- ? 6. Anslå forventet effekt av klimaendringer i form av endret sannsynligheten for den aktuelle naturskaden ( $\emptyset$ )
7. Legg til grunn et langt tidsperspektiv ( $T$ ), eks 50 år, og sett opp følgende regnestykker:

**Nullalternativ:** Skadekostnad ( $K_S \times F \times \emptyset \times T$ ) + vedlikeholdskostnad ( $K_V \times T$ )

**Forebyggingsalternativ:** Ny skadekostnad ( $K_S \times F \times \emptyset \times T \times R$ ) + ny vedlikeholdskostnad ( $\Delta K_V \times T$ ) + forebyggingskostnad ( $K_F$ )
8. Hvis forebyggingsalternativet kommer ut med en lavere kostnad enn nullalternativet tilsier dette at forebygging trolig er økonomisk fornuftig å gjennomføre

# Case Leikanger – kommunal vei (1)



Eksempel på dårlig konstruert bekkeinntak, gjenfylt jordbruksavkjørsel med underdimensjonert drensør



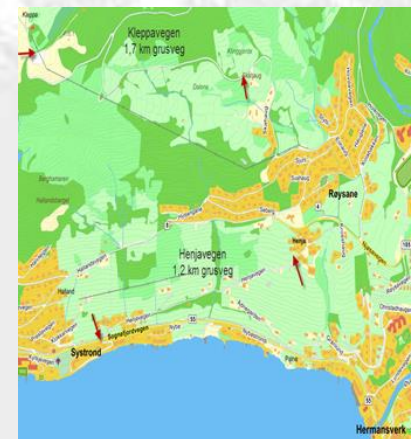
Eksempel på sårbar rist på inntakskum



# Case Leikanger – kommunal vei (2)

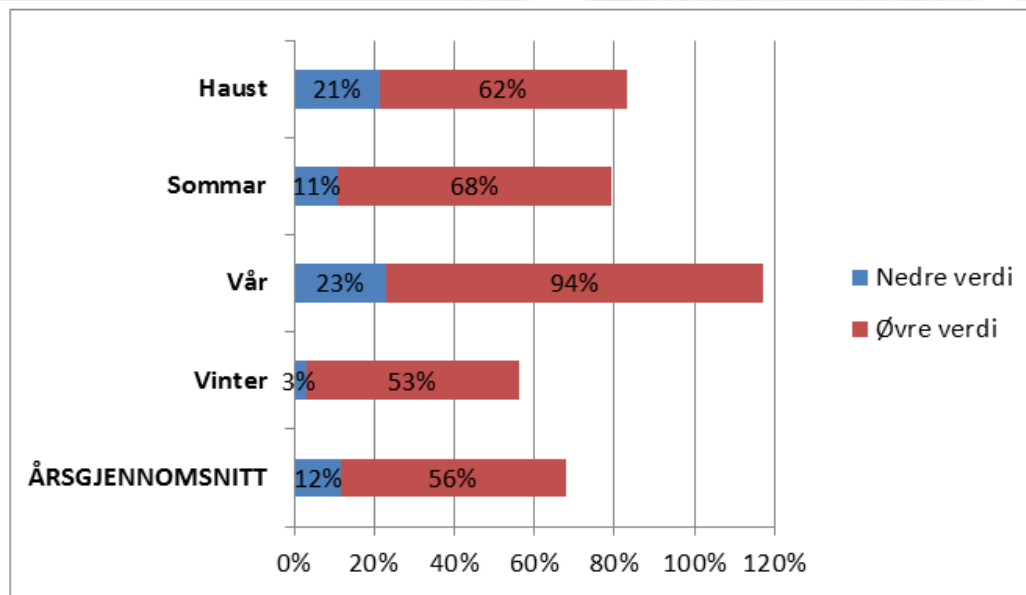
**Tabell 6** Våre vurderinger av kostnader for grusveier i Leikanger kommune som gjelder dagens vedlikehold, økt vedlikehold, oppgradering, og antatte gjenoppbyggingskostnader med innberegnet effekt av forventede klimaendringer.

<b>Faktisk vedlikehold</b>	
Grøfterensning (1 gang per to år, 20 kr per meter)	43 000 kr/år
Rensning av kummer og sandfang (1 gang per to år, 10 kr per meter)	21 500 kr/år
Oppgrusing, legging (1 gang per fire år, 200 kr per meter)	215 000 kr/år
Oppgrusing, skraping, justering tverrfall (1 ganger per år, 30 kr per meter)	129 000 kr/år
Hver 20 år må halve veglengda ha omfattende utbedring av veioverbyggingen	33 325 kr/år
<b>SUM over 50 år</b>	<b>22 091 250 kr</b>
<b>Økt vedlikehold</b>	
Grøfterensning (1 gang per år, 20 kr per meter)	86 000 kr/år
Rensning av kummer og sandfang (1 gang per år, 10 kr per meter)	43 000 kr/år
Oppgrusing, legging (1 gang per to år, 200 kr per meter)	430 000 kr/år
Oppgrusing, skraping, justering tverrfall (2 ganger per år, 30 kr per meter)	258 000 kr/år
Hvert 20 år må tiendedelen av veglengda ha omfattende utbedring av veioverbyggingen	6 665 kr/år
<b>SUM over 50 år</b>	<b>41 183 250 kr</b>
<b>Oppgradering</b>	
Utskifting av stikkrenner, ø800, l=7 m per renne (10 stk, 8400 kr per stk)/35 år levetid	2 100 kr/år
Utskifting av stikkrenner, ø500, l=7 m per renne (20 stk, 4900 kr per stk)/ 35 år levetid	2 100 kr/år
Grøftekostnad, ø500/ø800, l=7 m per renne (30 stk, 5600 kr per stk)/ 35 år levetid	4 200 kr/år
Nye sandfang, sprengt, murt og med rist (20 stk, 15 000 kr per stk)/ 35 år levetid	6 000 kr/år
Nye bekkeinntak, sprengt og murt utan rist (10 stk, 15 000 kr per stk)/ 35 år levetid	3 000 kr/år
Grøft i løsmasse (200 m, 500 kr per meter) /35 år levetid	2 000 kr/år
Grøft i løsmasse + mur ca 2 m høyde (200 m, 2500 kr per meter) /35 år levetid	10 000 kr/år
Sprenging grøft (200 m, 1000 kr per meter) /35 år levetid	4 000 kr/år
<b>SUM med antatt levetid 50 år</b>	<b>1 670 000 kr</b>
<b>Gjenoppbyggingskostnader gitt dagens vedlikehold</b>	
Gjenoppbygging av grusveiene etter stor naturskadehendelser	126 000 kr/år
<b>SUM over 50 år</b>	<b>6 300 000 kr</b>





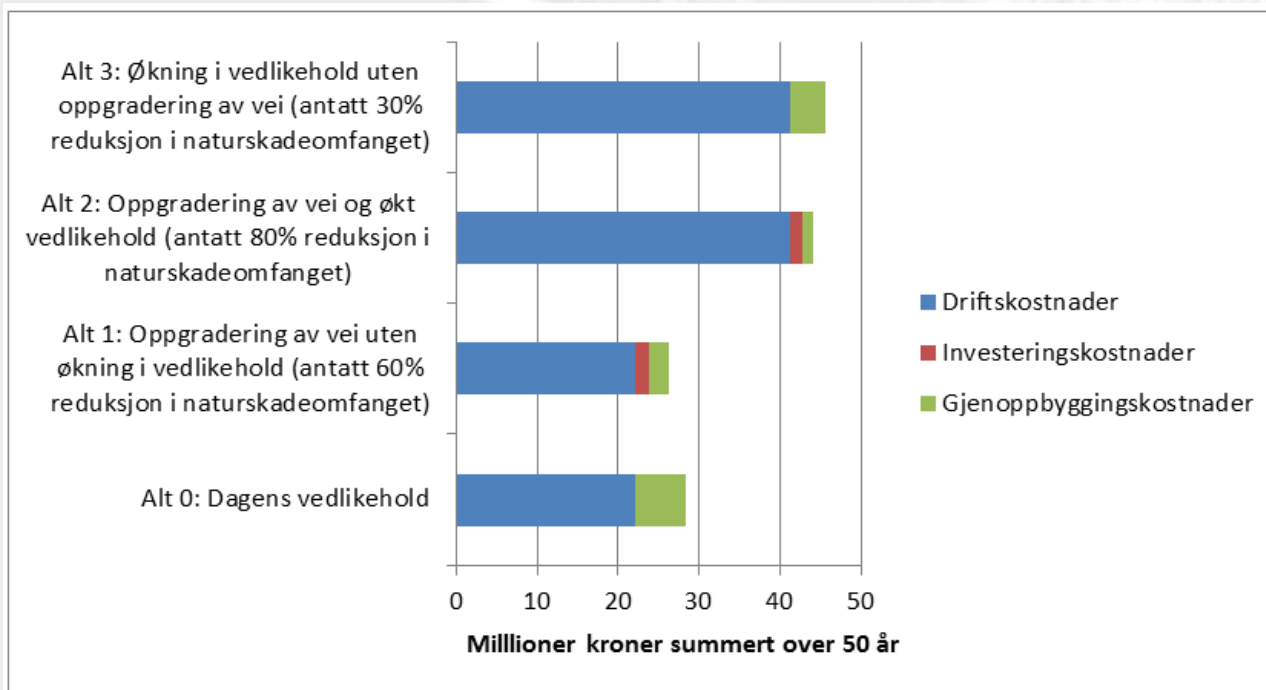
# Case Leikanger – kommunal vei (3)



**Figur 29** Prosentvis venta endring i dagar med ekstremnedbør i 2050 sammenlignet med perioden 1961-1990 for Vestlandet, medregnet Sogn (Miles og Richter, 2011)



# Case Leikanger – kommunal vei (4)



Figur 30 Sammenligning av tre alternativer for forebygging opp mot nullalternativet å ikke gjøre noe



# Utfordringer

- **Vanskelig å vurdere gjenopprettingskostnader**
  - Lite systematiserte skadedata gir svakt grunnlag for å beregne gjenopprettingskostnader – behov for et nasjonalt skadedataregister!
- **Vanskelig å anslå lokal skadefrekvens**
  - Varierende tilgang til lokale historiske data om tidligere naturskadehendelser
  - Klimaendringer kan føre til «nye» typer naturskadehendelser som det ikke fins lokale historiske data for
- **Vanskelig å beregne vedlikeholdskostnader**
  - Varierende i hvilken grad kommuner har oversikt over vedlikeholdskostnader fordelt på det enkelte infrastrukturobjektet
- **Hva er kostnader til og forventede effekter av forebyggingstiltak?**
  - Kan være krevende å finne fram til hvilke type tiltak som er mest kostnadseffektiv
- **Hva er forventet effekt av klimaendringer?**
  - Kan være vanskelig å få gode nok nedskaleringer av klimaendringer og effekten av disse

# Hvordan vurderes spørsmålet om forebygging?

## • På-stedet-hvil

Synes å være regelen i kommune-Norge

- Forebygging vurderes i praksis ikke, og ved naturskade tilbakeføres den fysiske infrastrukturen bare til sin opprinnelige tilstand fra før skaden oppsto
- Ingen hensyn til klimaendringer

## • Etter-snar

En begynnende praksis for Statens Vegvesen og Jernbaneverket

- Forebygging vurderes og gjennomføres i noen grad, men da først på fysisk infrastruktur etter en naturskadehendelse
- I noen grad blir det tatt hensyn til klimaendringer

## • Føre-var

Norske myndigheter er langt unna denne situasjonen i dag

- Forebygging vurderes og gjennomføres før det har skjedd en naturskadehendelse
- Så godt det lar seg gjøre blir det tatt hensyn til klimaendringer

## Hvorfor er det slik?

- **Mangel på økonomiske ressurser**
  - Stort vedlikeholdsetterslep i offentlig infrastruktur
- **Mangel på data**
  - Mangler en systematisering av naturskadedata
- **Mangel på kapasitet og kompetanse**
  - Det gjøres for få systematiske vurderinger av sårbarhet for klimaendringer
- **Mangel på horisontalt og vertikalt tverrsektorielt samarbeid**
  - Godt samarbeid om krisehåndtering, men svakt på forebygging
- **Svakheter ved dagens forsikrings- og finansieringsordning**

# Aktuelle problemstillinger

- **Kva er klimasårbarheita for vegtransport i Norge?**
  - Det finst mykje teoretisk kunnskap om korleis gitte klimaendringar kan påverke vegtransporten
  - Det manglar kunnskap om korleis usikkerheit knytt til nedbør vil slå ut for klimasårbarheit
  - Det manglar kunnskap om sumeffekten av samfunns- og klimanedringar og korleis dette faktisk kan påverke vegtransporten
- **Korleis klimatilpasse vegtransporten i Norge?**
  - Det finst mykje teknisk kunnskap om korleis «beskytte» vegtransport mot klimaendringar
  - Det manglar kunnskap om korleis ta omsyn til usikkerheit knytt til forventa endring i nedbør
  - Det manglar kunnskap om korleis førebygge mot klimasårbarheit i vegsektoren; særleg korleis styrke det tverrsektorielle førebyggingsarbeidet



VF-rapport 15/03

**Indikatorer for vurdering av lokal klimasårbarhet**



VF-rapport 4/06

**Regional klimasårbarhetsanalyse for Nord-Norge**

Norsk



WESTERN NORWAY RESEARCH INSTITUTE  
**VESTLANDSFORSKING**  
www.vestforsk.no

Vestlandsforskningsrapport nr. 4/2011

**Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur**  
Sluttrapport

Carlo Aall (red.)



KS FoU SINTEF VESTLANDSFORSKING  
WESTERN NORWAY RESEARCH INSTITUTE  
www.vestforsk.no

Vestlandsforskningsrapport nr. 4/2015

**Føre-var, etter-snar eller på-stedet-hvil?**  
Hvordan vurdere kostnader ved forebygging opp mot gjenoppbygging av fysisk infrastruktur ved naturskade og klimaendringer?

Carlo Aall (Vestlandsforskning), Marja Baltruševič (Vestlandsforskning), Kyrre Groven (Vestlandsforskning), Anders-Johan Almdal (SINTEF) og Frode Vagstad (Vagstad Prosjektservice AS)

NVE Jernbaneverket Statens vegvesen

**Naturfareprosjektet**  
Oktoberflaumen på Vestlandet i 2014

Halvor Dannevig, Kyrre Groven og Carlo Aall

36  
2016

R A P P O R T

NIFS  
NATURFARE  
Beredningsplan - 2010 - 2015



**Takk for merksemda!**

**Carlo Aall**

**991 27 222**

**caa@vestforsk.no**

**www.vestforsk.no**

