


STRATEGI OG BAGGRUNDSRAPPORT  
**STRATEGI FOR  
KLIMATILPASNING**

VEJDIREKTORATET,  
RAPPORT 452



HÅNDBTERING  
FORBEDRING  
FOREBYGGELSE

# STRATEGI FOR KLIMATILPASNING

## STRATEGI OG BAGGRUNDSRAPPORT

**FORFATTER:**

Marianne Grauert, Gregers Hildebrand, Niels Krogh  
Kristensen, Ulrik Mørch Jensen, Niels Albrechtsen, Leif  
Hald Pedersen, Marianne Lund Ujvári og Mikkel Møllerup.  
Klimatilpasningsudvalget har kvalitetssikret og COWI har  
bidraget med analyser og input til Kapitel 7.

**DATO:**

Oktober 2013

**LAYOUT:**

Vejdirektoratet

**FOTOS:**

Vejdirektoratet

**ISBN (NET):**

97887706079-64

**COPYRIGHT:**

Vejdirektoratet

# INDHOLD

<b>INDLEDNING</b>	<b>4</b>
<b>1. STRATEGI FOR KLIMATILPASNING</b>	<b>5</b>
<b>2. MÅLET FOR KLIMATILPASNINGSTRATEGIEN</b>	<b>10</b>
<b>3. DANMARKS KLIMA FREMOVER</b>	<b>11</b>
<b>4. VEJDIREKTORATETS KLIMAUDFORDRING</b>	<b>13</b>
Asfalt	13
De ubundne lag	13
Vejens hældning	14
Skilteportaler	15
Pumpestationer og elektriske installationer	15
Vedligeholdelse af udstyret	15
Vandløbsbroer	15
Store broer og tunneller	16
Muligheder for andre løsninger	17
<b>5. KONSEKVENSER FOR OMGIVELSERNE</b>	<b>18</b>
<b>6. VIRKEMIDLER TIL KLIMATILPASNING</b>	<b>19</b>
Virkemidler til vandafledning	21
<b>7. DATAINDSAMLING</b>	<b>22</b>
<b>8. SCENARIEANALYSER OG MULIGE MÅLSÆTNINGER</b>	<b>27</b>
<b>9. ANBEFALINGER</b>	<b>32</b>

# INDLEDNING

Vejnettet spiller en meget betydelig rolle i et moderne samfund – både for erhvervslivet og for den enkelte dansker. Derfor er Vejdirektoratet nødt til at vurdere såvel det eksisterende som det kommende vejnet i forhold til de forventede klimaændringer. Påvirkningerne af nedbør, vind, grundvandstand og havniveau som følge af klimaændringer vil stille større krav til planlægning og projektering af vores veje i fremtiden. For at imødegå følgerne af ændringerne er det nødvendigt løbende at vurdere, hvilke udfordringer et skiftende klima kan medføre, og

derefter vedligeholde de eksisterende veje, og bygge nye veje efter fremtidens krav.

Derfor har Vejdirektoratet i 2013 vedtaget en strategi for virksomhedens klimatilpasning af statsvejnettet.

Strategien er et dynamisk dokument, og den skal derfor afspejle den viden indenfor klima, vejteknik, økonomi og politisk valgte strategier, der er gældende. Strategien kan derfor opdateres, hvis der er mærkbar ny viden eller politiske grunde herfor. Strategien

bliver hvert år understøttet af en handlingsplan for Vejdirektoratets konkrete aktiviteter med klimatilpasning.

**Kapitel 1 er Vejdirektoratets officielle strategi for klimatilpasning.**

**Strategien er også lavet som en pjece på dansk og engelsk.**

**Resten af rapporten er det materiale, der har dannet baggrund for at formulere strategien i kapitel 1.**

# 1. STRATEGI FOR KLIMATILPASNING

## VEJDIREKTORATETS STRATEGI FOR KLIMATILPASNING

Vejdirektoratet har ansvaret for statens vejnet, som udgør ca. 3.800 km vej med mere end 2.300 bygværker, heraf 50 store broer og fire tunneller. Statsvejene udgør kun 5 % af det samlede offentlige vejnet, men næsten halvdele af al trafik i Danmark bliver afviklet via statsvejene.

For Vejdirektoratet er tilpasning til klimaet en kendt problemstilling, der har fået fornyet aktualitet og fokus som følge af de udfordringer, som forandringer i klimaet giver os – især indenfor det sidste årti. Vejdirektoratet har derfor gennem længere tid anlagt vejnettet med ekstra sikkerhed, og er godt forberedt på fremtiden.

Forskning på området, og udvikling af modeller til at forudsige klimaet viser dog, at Danmark især i de næste 100 år skal forberede sig ekstra meget på ændrede klimatiske forhold. Derfor har Vejdirektoratet udarbejdet en strategi for at håndtere de klimaforandringer, der har betydning for statsvejnettet.

## DANMARK SKAL KLIMASIKRES OG VEJDIREKTORATET SKAL VÆRE MED

Vejdirektoratet skal forvalte statens vejnet ansvarligt og professionelt og sørge for sikkerhed og fremkom-

melighed, både under nuværende og kommende klimaforhold. Vejnettet spiller en meget betydelig rolle i dagens Danmark, og infrastruktur med veje og broer har ofte en levetid på 100 år. Derfor må Vejdirektoratet planlægge og forberede sig på et klima, der forandrer sig, når vi kigger frem mod de næste 100 år.

Formålet med Vejdirektoratets klimatilpasningsstrategi er at sikre, at vores indsats gennemføres på en samfundsøkonomisk ansvarlig og effektiv måde inden for de rammevilkår, som forvaltningen af statsvejnettet er underlagt, herunder Regeringens- og Transportministeriets klimatilpasningsstrategi. Strategien fokuserer derfor kun på klimatilpasning af selve statsvejene. Tiltag til reduktion af drivhusgasser, vinterberedskab eller tiltag ved Vejdirektoratets bygninger bliver ikke behandlet.

## KLIMAFORANDRINGERNE GIVER MERE VAND PÅ VEJENE

Der er lavet mange forudsigelser om fremtidens klima. Centralt for størstedelen af forudsigelserne er, at vi i Danmark må forvente et stigende CO<sub>2</sub>-niveau og dermed højere temperaturer og mere nedbør – både set på årsbasis, men også i form af mere intensive nedbør. Desuden vil der komme hyppigere og kraftigere storme.

Regeringens strategi for klimatilpasning har baggrund i scenarie A1B, der er en model udarbejdet af DMI, baseret på FN's klimapanelers scenarier og danske forhold. Scenariet bruges til fremskrivninger af nedbøren. På den baggrund kan vi se, at årsnedbøren vil stige med 11 % i 2050 og 22 % i 2100. Derudover vil antallet af døgn med mere end 20 mm regn stige fra to døgn i klimanormalen (1961-1990) til fem døgn i 2050 og syv døgn i 2100. På baggrund af blandt andet disse fremskrivninger, har Vejdirektoratet vurderet risikoen for oversvømmelse af statens veje.

Det er i de sidste par år blevet klart, at Vejdirektoratets centrale udfordring er de øgede nedbørsmængder, der kan resultere i oversvømmelser af vejene. Dette skaber store problemer for trafiksikkerheden og fremkommeligheden og samtidig forkorter oversvømmelser vejens levetid. Følgerne af stigende grundvand har betydning for vejens afvanding og fundament.

Klimastrategien fokuserer derfor på følgerne af mere og intensiv nedbør med derved stigende grundvandsniveau, og hvordan Vejdirektoratet kan forberede sin indsats, så antallet af vejlukninger som følge af oversvømmelser kan minimeres.

## **HVAD ER EN KLIMARELATERET HÆNDELSE PÅ VEJENE**

For at Vejdirektoratet kan afgøre, hvornår der er tale om en hændelse, der skal behandles efter strategien for klimatilpasning, benytter vi en definition på en klimarelateret hændelse. Vi definerer en klimarelateret hændelse som en hel eller delvis lukning af en statsvej eller del af vejen i mere end én time pga. vand på vejen. Er lukningens udstrækning under en time, kan hændelsen have mange årsager, og det må vurderes i den enkelte situation om det kræver yderligere analyse.

Her er to eksempler på klimarelaterede hændelser.

### **Svendborg**

Den 29. juni 2012 var der skybrud over Sydbyn. Svendborgmotorvejen blev oversvømmet og lukket, da der lå over en halv meter vand på kørebanen. I løbet af syv timer blev vandet fjernet og vejen åbnet. I dette tilfælde var det en af kommunens afvandingsledninger, som løb fuld. Tilbageløb herfra presede vand ud på motorvejen, der kom til at fungere som et aflastningsbassin.

### **Lyngbyvejen**

Mange har hørt om lukning af Lyngbyvejen, som er sket tre gange fra 2010 til 2011. Helsingørmotorvejen ved Ry-parken Station er gravet ned i terrænet bl.a. for at minimere støjniveauet og give plads til krydsende veje. Vejens afvandingsanlæg kan godt håndtere vejens vand, men den ledning,

som vandet pumpes over i fungerer samtidig som overløbsledning for det nordlige København. Problemerne opstår altså, når ledningen bliver overbelastet. HOFOR har efterfølgende foretaget forskellige tiltag for at øge kapaciteten af ledningerne. Risikoen for oversvømmelse er således blevet mindre, men det kan ikke udelukkes, at der vil komme oversvømmelser i fremtiden, da det er et sårbart sted.

## **VEJDIREKTORATET HÅNDBER, FORBEDRER OG FOREBYGGER**

Vejdirektoratet sikrer i dag vejbelægninger og vejudstyr mod højere temperaturer og kraftigere vind. Temperatur og vind påvirker fortrinsvis vejudstyr med kortere levetid (< 20 år) f.eks. vejbelægninger, skilte, skilteportaler, autoværn og støjskærme. Vejdirektoratet udskifter løbende slidlaget på vejene og vurderer løbende dimensioneringen af f.eks. skilteportaler i forhold til gældende klimamodeller. Tilpasningen sker gennem regulering af vejreglerne og klimatilpasningen er derfor allerede nu sat i system.

Når det gælder øget nedbør og vand på vejene har Vejdirektoratet valgt en strategi med tre indsatser – vi håndterer, vi forbedrer og vi forebygger.

### **Vi håndterer oversvømmelserne, når de sker**

Når en vej må lukke på grund af oversvømmelse, skal Vejdirektoratet i samarbejde med politi, beredskab og

andre myndigheder håndtere situationen på den mest optimale måde for trafikanterne og under hensyn til vejens tilstand.

### **Det gør vi ved:**

- **at have et beredskab klar.** Et beredskab betyder, at Vejdirektoratet har en aftale med en beredskabsentreprenør, der rykker ud inden for et aftalt tidsrum, og om nødvendigt lukker de vejen og sikrer dermed trafikanternes sikkerhed. Den type beredskab håndterer også andre situationer på statsvejene, f.eks. trafikuheld og tabt gods. For tiden har Vejdirektoratet en beredskabsaftale med Falck.
- **at informere trafikanterne om oversvømmelsen.** Trafikinformationscentret i Vejdirektoratet informerer om oversvømmelser på alle Vejdirektoratets trafikinformations-tjenester, såsom vejdirektoratet.dk, apps til mobiltelefoner og GPS. Derudover har Vejdirektoratet et tæt samarbejde med Danmarks Radio om trafikmeldinger.
- **at rydde hurtigt op.** Pumper og andre elektriske installationer skal fungere optimalt, også under ekstreme forhold. Der findes et beredskab af pumper rundt om i landet, og på særligt udsatte steder kan der blive tale om at fordoble antallet. Det skal sikre, at vejen bliver genåbnet så hurtigt som muligt, og at der sker minimal materiel skade.

- **at være en del af det strategiske vejnet.** Udpegningen af Det Strategiske Vejnet skal sikre fokus på de veje, som har størst betydning for samfundet. Fokus bliver blandt andet funderet ved at iværksætte en række indsatser, der skal sikre eller forbedre fremkommeligheden på vejene. En af de vigtige indsatser er en etablering af faste omkørselsruter.

#### Vi forbedrer vejen, når vi kan

Efter en oversvømmelse er det vigtigt, at Vejdirektoratet analyserer hændelsen, og træffer en beslutning om efterfølgende tiltag.

#### Det gør vi ved:

- **at analysere hændelsen.** Ud over en beskrivelse af hændelsesforløbet, indeholder analysen også en cost/benefit-analyse af løsningsmulighederne. Hvad kan betale sig for samfundet og for Vejdirektoratet? Skal der oprettes et ekstra beredskab? Skal der foretages ombygninger af vejen eller af vejens omgivelser, eller skal vi ikke foretage os noget? Vejdirektoratet gennemfører analyser som fast praksis og er – på baggrund af erfaringer fra tidligere klimahændelser – ved at udarbejde en drejebog til denne type undersøgelser.
- **at føre en database over hændelserne.** Databasen giver Vejdirektoratet et overblik over fordelingen i landet, typer af hændelser samt konsekvenser. Data herfra

bruges løbende til at opdatere strategien.

- **at lave forbedrende tiltag.** Vejdirektoratet forbedrer vejen, hvis analysen peger på rentable løsninger, der kan minimere risikoen for at lignende hændelse indtræffer igen.
- **at samarbejde med de involverede myndigheder.** Samarbejdet afdækker mulighederne for at begrænse risikoen ved koordinerede indsatser.

#### Vi forebygger, når det kan lade sig gøre

Det danske statsvejnet er ca. 3800 km langt. Beregninger har vist, at det hverken er nødvendigt eller samfundsmæssigt rentabelt at forebygge klimarelaterede hændelser på hele statsvejnettet. Der er mange andre forhold, som Vejdirektoratet kan tage fat på.

#### Det gør vi ved:

- **at foretage en screening for særligt sårbare strækninger.** "Blue spots" er steder på vejnettet, hvor der er særlig stor risiko for oversvømmelse. En screening ved hjælp af kortmateriale har til formål at udpege sårbare strækninger og områder med en øget risiko for oversvømmelse i fremtiden. I en risikoanalyse kan vi efterfølgende udpege steder, hvor en mere grundig analyse vil vise, om det kan betale sig at forbedre vejstrækningen.

- **at deltage i lovgivningsarbejde, der vedrører håndtering af nedbør på vejene.** Ændringer i Vejreglerne betyder, at samfundsøkonomiske overvejelser ved klimatilpasning allerede nu gennemføres i forbindelse med nye anlæg.
- **at udvise omtanke i planlægnings- og anlægsfasen.** Det er billigere at klimasikre i anlægsfasen end at tilpasse i driftsfasen. Når vi planlægger og anlægger en vej, skal klimatilpasning tænkes ind. Det betyder, at vejreglerne til stadighed skal opdateres, og at vi undersøger mulighederne for at klimasikre i større omfang. Det gør vi ved at planlægge nye veje uden om steder med risiko for oversvømmelse eller at anlægge en højere vejdamning, hvis vejen ikke kan bygges andre steder. Denne praksis har været almindelig i Vejdirektoratet længe, og derfor er mange veje allerede sikret bedst muligt.
- **at medtænke klimatilpasning i forbindelse med sideudvidelser.** Der foretages en del sideudvidelser af de særligt trafikerede strækninger i disse år, og det er en god anledning til at klimatilpasse vejen, hvor der er behov for det, mens anlægsarbejdet allerede pågår.
- **at have fokus på forskning og udvikling i metoder og viden om klimatilpasning.** Vejdirektoratet arbejder med forsknings- og udviklingsprojekter, der både på

kort og lang sigt skal finde de rigtige løsninger i forhold til det omgivende miljø og de klimarelaterede udfordringer. Arbejdet med klimarelaterede problemer fokuserer på at sikre optimal afvanding, forhindre oversvømmelser, udnytte ressourcerne optimalt og understøtte strategisk planlægning.

- **at deltage i internationalt samarbejde og videndeling på området.** Resten af verden, og især Europa, har fokus på følgerne af klimaforandringer. Gennem samarbejde i forskningsprojekter og videndeling sikrer Vejdirektoratet sig værdifuld inspiration til de danske løsninger.

#### **VAND LØBER PÅ TVÆRS AF DE ADMINISTRATIVE GRÆNSER**

Man kan ikke se vand på vejen som et særskilt problem for Vejdirektoratet.

Vand løber, hvor det er muligt, og ofte på tværs af de administrative grænser. Derfor samarbejder Vejdirektoratet med kommunerne om at finde optimale løsninger for klimatilpasning af vejene og de omkringliggende arealer.

Samarbejdet foregår ved opmærksomhed på klimatilpasning i det almindelige samarbejde mellem Vejdirektoratets tjenestesteder, og kommunerne og forsyningsselskaberne, samt ved at samarbejde i fælles projekter, bl.a. gennem SAMKOM, der er et landsdækkende samarbejdsforum mellem kommunerne og Vejdirektoratet.

#### **HVOR LÆNGE GÆLDER STRATEGIEN**

Udviklingen af nye metoder til klimatilpasning er i stærk vækst. Her til kommer FN's klimapanel IPCC løbende med nye prognoser. Statslige myndigheder og kommuner udarbejder

klimahandlingsplaner og Vejdirektoratet udfører løbende forskningsprojekter og analyser, der gør os i stand til at planlægge og handle efter den nyeste viden på klimaområdet. Strategien vil derfor være et dynamisk dokument, der kan revideres og som løbende vil blive implementeret i de årlige handlingsplaner.

#### **LÆS MERE HER**

"Vejdirektoratets strategi for klimatilpasning – baggrundsrapport". VD intern rapport nr. X, 2013

"Kortlægning af klimaforandringer – muligheder og barrierer for handling", Task force for klimatilpasning, Maj 2012.

"Sådan håndterer vi skybrud og regnvand – Handlingsplan for klimasikring af Danmark", Regeringen December 2012

Transportministeriets klimahandlingsplan, 2010



#### **Hvorfor laver Vejdirektoratet ikke rørene større?**

Vejdirektoratet dimensionerer anlæg efter 140 l/s pr. ha i 10 min. Vejdirektoratet vurderer, at denne størrelse er tilstrækkelig til fremtidens stigende regnmængder – på trods af den usikkerhed som middelværdien er beregnet på baggrund af. Problemet er altså ikke at rørene er for små, men at de ekstremt intensive regnskyl oversvømmer de omkringliggende områder. Der er derfor ingen steder at lede vandet hen.

#### **Kan Vejdirektoratet ikke bare hæve vejen, de steder det går galt?**

Jo, i princippet kan man det. Men samfundsøkonomisk vil det sjældent kunne betale sig at ændre på vejen, da det er virkelig dyrt og ikke nødvendigvis vil løse problemet. Derfor har Vejdirektoratet valgt at have et rigtig godt beredskab, der kan afhjælpe problemerne for trafikanterne og begrænse forsinkelser så meget som muligt.

#### **Hvorfor lave en plan, når ingen kender fremtidens klima?**

Det er rigtigt, at vi ikke endnu kender klimaet om 100 år. Men mange forudsigelser peger på, at der kommer mere regn! Der er fra regeringens side valgt at anvende det sammenkoblede scenarie A1B fra FN's klimapanel (IPCC) og DMI, og det følger Vejdirektoratet. Det er det bedste, vi har.

#### **Skulle Vejdirektoratet ikke hellere behandle årsagen til klimaforandringerne end symptomerne?**

Det gør vi også. Vejdirektoratet har flere projekter i gang, der handler om at begrænse udslippet af CO<sub>2</sub> fra bilernes forbrænding.



## 2. MÅLET FOR KLIMATILPASNINGSTRATEGIEN

Vejnettet spiller en meget betydelig rolle i et moderne samfund – både for erhvervslivet og for den enkelte dansker. Derfor er Vejdirektoratet nødt til at vurdere såvel det eksisterende som det kommende vejnet i forhold til de forventede klimænderinger. Påvirkningerne af nedbør, vind, grundvandstand og havniveau som følge af klimænderinger vil stille større krav til planlægning og projektering af vores veje i fremtiden. For at imødegå følgerne af ændringerne er det nødvendigt løbende at vurdere, hvilke udfordringer et skiftende klima kan medføre, og derefter vedligeholde de eksisterende veje, og bygge nye veje efter fremtidens krav.

Internationalt anerkendt forskning forudsiger, at klimaet i Danmark vil ændre sig i fremtiden. Vejnettet spiller en meget betydelig rolle i dagens Danmark, og derfor må Vejdirektoratet planlægge og forberede sig på et klima der langsomt forandrer sig, når vi kigger fremad mod de næste 100 år. Formålet med klimatilpasningsstrategien er at sikre, at en klimatilpasningsindsats gennemføres på en samfundsøkonomisk effektiv måde inden for de givne rammevilkår som forvaltningen af statsvejnettet er underlagt, herunder f.eks. Regeringens- og Transportministeriets klimatilpasningsstrategi. Strategien angiver det niveau, hvortil vi vælger at klimatilpasse, og derved

opnår den fornødne sammenhæng i indsatsen på tværs af Vejdirektoratet og berørte virksomhedsstrategier.

Under nuværende og kommende klimaforhold skal Vejdirektoratet forvalte statens vejnet ansvarligt og professionelt og sørge for sikker og fremkommelig afvikling af trafik på statens veje. Heri ligger også, at der skal fokuseres på den enkelte vejstrækningens betydning og funktion i det samlede vejnet.

Statsvejnettet udgør en vigtig del af den overordnede infrastruktur i Danmark og forbinder landsdele, egne og større byområder med hinanden. En del af statsvejnettet, primært motorvejsnettet, indgår i TEN-T-vejnettet som er et overordnet europæisk vejnet der har til formål at binde Europa trafikalt sammen. Statsvejnettet udgør cirka 3800 km og afvikler cirka 50% af al vejtrafik i Danmark, hvilket samtidig illustrerer den samfundsmæssige betydning.

Ænderingerne i klimaet er uafhængigt af administrative forhold, men det er indsatsen ikke. Denne klimatilpasningsstrategi handler om klimatilpasning af statens veje. Strategien omhandler, i overensstemmelse med ansvarsfordelingen mellem stat og kommuner, således alene de drifts- og investeringsmæssige tiltag, som

kan blive nødvendige for at beskytte statsvejene og deres anlæg mod forventede ændringer i klimaet. Men Vejdirektoratet anerkender behovet for samarbejde med andre vejbestyrelser samt andre sektorer (spildevandsselskaber, landbrug, industri, boligere), og klimatilpasningsstrategien vil danne udgangspunkt for vores deltagelse i dette samarbejde.

I klimatilpasningsstrategien indgår alene indsatser rettet mod tilpasning af statsvejnettet til forventede klimænderinger. Det indebærer, at strategien ikke omfatter forslag til klimaforbedringer, eksempelvis tiltag til reduktion af CO<sub>2</sub>. Strategien beskæftiger sig heller ikke med den del af klimaet, der er omfattet af Vejdirektoratets vintertjeneste, dog regnes oversvømmelser på grund af tøbrud som en del af denne strategi. Endelig er Vejdirektoratets bygninger ikke omfattet af strategien.

Udviklingen af metoder til klimatilpasning er i stærk vækst i øjeblikket. FN's klimapanel IPCC kommer med nye prognoser i 2013/14, statslige myndigheder og kommuner laver klimahandlingsplaner og Vejdirektoratet udfører løbende projekter, der gør os i stand til at planlægge og handle efter en gennemtænkt strategi. Strategien vil derfor være et dynamisk dokument, der løbende kan og bør revideres.

# 3. DANMARKS KLIMA FREMOVER

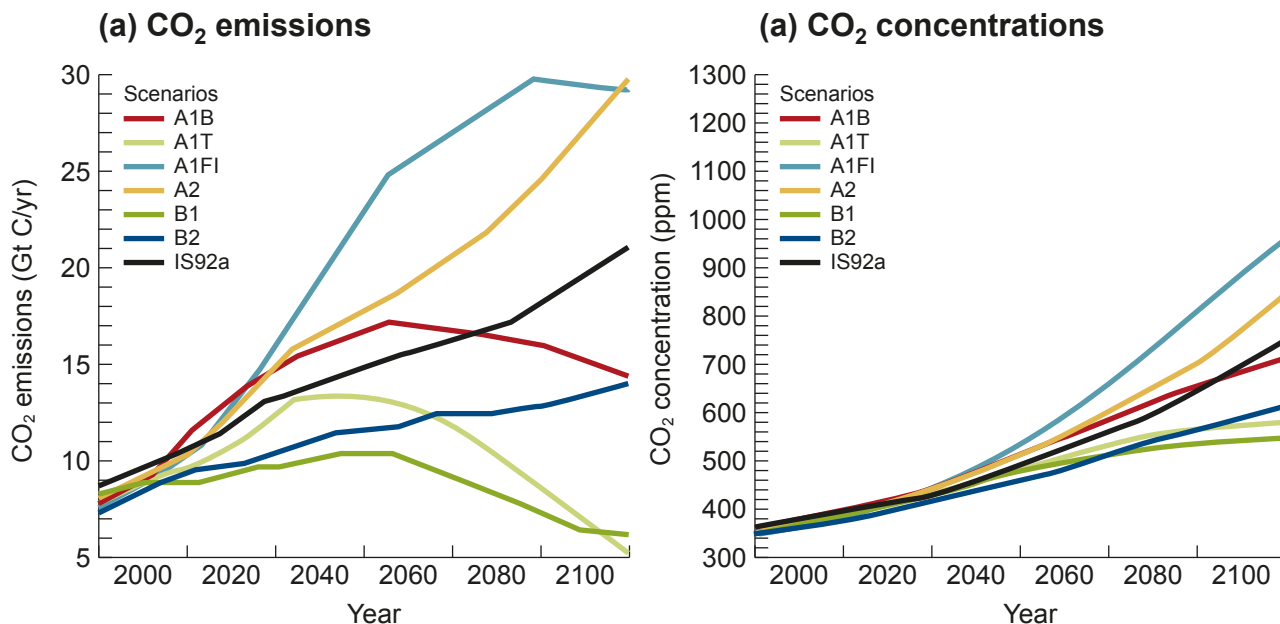
Der er lavet mange forudsigelser om fremtidens klima i Danmark. Centralt for størstedelen af forudsigelserne er, at vi vil opleve højere temperaturer, og at der vil komme mere nedbør, både som sum over året, men også i form af mere intensive nedbør. Desuden kan der forekomme hyppigere og kraftigere storme. Som følge af stigende afsmeltning af polerne vil havniveauet stige, hvilket også, sammen med øget nedbør, har betydning for grundvandsniveauet.

For at en fremskrivning af klimaet er muligt, er der udarbejdet flere klimascenarier fra FN's klimapanel, IPCC. Fælles for alle klimascenarierne for Danmark er en stigning i gennemsnits-temperaturen og nedbøren, samt en stigning i ekstreme (jf. Task Force for Klimatilpasning, Kortlægning af klimaforandringer – muligheder og barrierer for handling, maj 2012).

Man har fra regeringens side valgt at anvende DMI og IPCCs klimascenarie A1B, og det følger Vejdirektoratet.

## Vejdirektoratet arbejder med udgangspunkt i scenarie A1B

Som illustreret i nedenstående figur, baseres A1B på en CO<sub>2</sub>-udledning, der forventes at toppe omkring år 2050 og en CO<sub>2</sub> koncentration i atmosfæren, der er stødt stigende frem til år 2100.



Figur 1. CO<sub>2</sub> udledning og koncentration for en række klimascenarier (IPCC, SRES 2000 i [www.dmi.dk](http://www.dmi.dk)).

Den stigende udledning af CO<sub>2</sub> har en tæt sammenhæng med de klimaforandringer, som vi får fremadrettet og er derfor en af hovedårsagerne til klimaforandringerne, se figur 1. Når man kigger på fremskrivninger for klimaet i de næste 100 år, så kigger man i virkeligheden på det forventede CO<sub>2</sub>-niveau. Klimascenariernes prognoser gælder oftest for årene 2050 og 2100. For at have en prognose, der

ligger tættere på nutiden, har Vejdirektoratet også lavet en for 2030. Denne beregnes på baggrund af historiske data for klimaperioden 1961-1990 og A1B-prognosen for 2050.

I Tabel 1 er de fremtidige konsekvenser for Danmark vist med udgangspunkt i A1B for 2030, 2050 og 2100. Vind og grundvandsniveau er ikke indeholdt i tabellen, da disse parametre

kun vanskeligt kan tilskrives absolute værdier. Grundvandsniveauet vil ændre sig lokalt afhængig af jordbundsforholdene med de mest udtalte grundvandsstigninger langs den jyske højderyg, samt på betydelige dele af Fyn og Sjælland. For scenarie A1B vil grundvandsniveauet fra klimanormalen (1961-1990) til 2050 de fleste steder stige med op til 1 meter.

Tabel 1. Oversigt over hvilke klimatiske ændringer der forventes på baggrund i DMI og IPCC's klimascenarie A1B. Alle værdier er ændringer relativt til klimanormalperioden 1961-1990. År 2030 er fremskrevet af Vejdirektoratet.

TYPE	KLIMANORMAL (1961-1990)	2030	2050	2100
Årstemperatur	7,7°	+ 0,5°	+ 0,8°	+ 2,2°
Vinter	1,7°	+ 0,7°	+ 1,0°	+ 3,3°
Sommer	11,9°	+ 0,3°	+ 0,4°	+ 1,2°
Årsnedbør	712 mm	+7,3%	+11%	+22%
Vinter	316 mm	+4,7%	+7%	+20%
Sommer	396 mm	+5,3%	+8%	+16%
Døgn med >10mm regn	19 døgn/år	+ 4,7 døgn	+ 7,0 døgn	+ 14,0 døgn
Døgn med >20mm regn	2 døgn/år	+ 2,1 døgn	+ 3,0 døgn	+ 5,0 døgn
5-døgnsnedbør	94 mm	+ 4,7 mm	+ 7,0 mm	+ 14,0 mm
Middelintensitet, nedbør	5 mm/døgn	+ 0,3 mm/døgn	+ 0,5 mm/døgn	+ 0,9 mm/døgn
Havniveau	Reference	+ 0,2 m	+ 0,3 m	+ 0,8 m



# 4. VEJDIREKTORATETS KLIMAUDFORDRING

Veje, broer og tunneller kan være sårbare over for øget nedbør og forhøjet grundvandsspejl, havspejlstigninger, højere temperaturer og mere vind. Det er dog blevet klart i de sidste par år, at Vejdirektoratets centrale udfordring er de øgede nedbørsmængder, der nogle gange resulterer i oversvømmelser. Øget nedbør og stigende grundvandsniveau og deraf flere oversvømmelser giver problemer for trafikikkerheden og fremkommeligheden, og levetiden af vore anlæg må forventes at blive kortere.

Vejdirektoratets klimaudfordring er mangfoldig, men den primære udfordring er stigende nedbør og derved mere vand på vejen og i dens omgivelser. Det er både i form af nedbør, og i form af grundvandsstigninger. I det følgende præsenteres en gennemgang af Vejdirektoratets virkeområde, og de udfordringer og løsninger som klimaforandringerne giver.

**Fokus for Vejdirektoratets klimatilpasningsstrategi er øget og mere intensiv nedbør og stigning i grundvandsniveauet.**

## **VEJEN Asfalt**

Et varmere klima og derved færre frysepunktpassager kan forbedre asfaltens levetid. Frysepunktpassagerne slider på overfladen, hvilket resulterer i stentab og revner. Dog vil asfaltbelægninger ved højere temperaturer blive blødere og have ringere bæreevne

og friktion. Asfaltslidlag har normalt en holdbarhed på 14 – 18 år, og da temperaturændringen er beskedent og sker over så lang tid, vil det løbende være muligt at tilpasse bindemidlernes egenskaber.

Varmere vintre og mere nedbør giver også mulighed for brug af alternative belægninger, der eksempelvis mindsker risikoen for akvaplaning, dæmper spredning af forurening til omgivelserne og har støjreducerende egenskaber. Visse alternative belægninger kan dog være svære at salte, og holdbarheden kan være ringere end for traditionelle materialer. Vejdirektoratet arbejder til stadighed med at finde løsninger på disse problemer.

## **De ubundne lag**

For de nederste ubundne lag af en vejopbygning (grus, sand og underbund) vil konsekvensen af en stigende gennemsnitstemperatur være yderst begrænset. Disse lag befinder sig afhængig af vejens størrelse i en dybde af minimum 10-20 cm under overfladen, og effekten af en stigende gennemsnitstemperatur vil i denne dybde være begrænset, og under alle omstændigheder af en helt anden størrelsesorden end temperaturvariationen mellem sommer og vinter. En let stigende gennemsnitstemperatur vil dog betyde, at den gennemsnitlige frost-nedtrængning reduceres, hvilket kan være til fordel for vejens holdbarhed. Igen her vil ekstremværdierne dog være af større betydning end en

let stigende gennemsnitstemperatur. Ved en stigende temperatur bliver stivheden i asfalten mindre, og det medfører et større tryk på lagene i befæstelsen med reduceret levetid til følge. Virkningen heraf vil dog være begrænset, da det må forventes, at asfaltslidlagene løbende ændres til at kunne håndtere de stigende temperaturer.

Øget nedbør stiller større krav til afvandingssystemerne og overvågning af vejnettet. Ved længerevarende oversvømmelser reduceres vejens bæreevne, hvorved vejens levetid forkortes. Vinternedbøren vil øges og i denne forbindelse kan der opstå problemer med oversvømmede veje, fordi regnen ikke så nemt vil kunne nedsive i frosten eller vandmættet jord og derfor vil søge mod afvandingssystemet, som kan blive overbelastet.

Et stigende grundvandsspejl belaster også afvandingssystemerne og kan medføre at den øvre del af vejens naturlige underbund eller endda den nederste del af vejens befæstelse kan blive permanent vandfyldt. Dette vil reducere vejens levetid betragteligt. Udfordringen med stigende grundvandsspejl kan løses ved at anlægge vejen på dæmninger eller ved at bortpumpe vand. Det sidste kan være særdeles dyrt, men nødvendigt i forbindelse med eksisterende vejanlæg. Der er en tendens til, at vejens længdeprofil sænkes/graves ned, og at vejene placeres i afgravninger for at reducere

støjgenerne. Det bevirker, at der ikke er et fysisk fald til at aflede vandet, og at der opstår dybdepunkter, der ofte er problematiske at afvande.

I Midtjylland findes allerede i dag eksempler på veje, hvor grundvandspejlet står relativt højt (eksempelvis Sunds Omfartsvej). Her er det nødvendigt at være opmærksom på yderligere stigning af grundvandet.

Det er relativt få statsveje, som ligger i umiddelbar nærhed af havet, hvorfor risikoen forbundet med havniveaustigninger vurderes at være begrænset. Der er dog enkelte steder, hvor vi allerede i dag er opmærksomme på hav-

niveaustigninger. I fremtiden vurderes løsningen på risikoen for oversvømmelser på grund af havspejlsstigninger at være øget overvågning og beredskab.

### **Vejens hældning**

I de seneste år er der kommet flere brede motorveje på 6 spor eller mere, ofte i forbindelse med sideudvidelser. De bredere veje og mere regnvej med høj intensitet er med til at øge sandsynligheden for at der opstår betingelser for akvaplaning. Vejdirektoratet har arbejdet på, om tværfaldet på vejen kunne øges, så regnvandet hurtigere kan afledes ud til siderne. Det har ikke været muligt at øge til over 25 promille

på grund af hensyn til kørekøkomfort. De såkaldte vippestrækninger (retningsændringer) er nu kortere end tidligere og udgør en forbedring i forhold til at regnvandet hurtigere kan afledes ud til siderne.

### **VEJENS UDSTYR**

Generelt for vejens udstyr gælder det, at levetiderne er korte i forhold til klimaforandringernes tidshorizont, og klimatilpasning bør derfor indgå i den daglige drift i form af den løbende fornyelse af udstyr. Desuden bør vejreglerne på området løbende justeres for at tage hensyn til eventuelle ændrede klimapåvirkning af skilte og andet udstyr.





### Skilteportaler

Skilte og skilteportaler er påvirkelige af vind, og kraftigere storme kan derfor påvirke sikkerheden. Skilteportaler dimensioneres i henhold til dimensioneringsdiagrammer i vejreglerne. Vejdirektoratet har løbende vurderet, om anbefalingerne stadig er brugbare og har foretaget justeringer. Således har anlægsprojekter medtaget klimaforandringerne og deres betydning for en dimensionering.

### Pumpestationer og elektriske installationer

Det er vigtigt, at pumpestationer og andre elektriske installationer fungerer optimalt – og selvfølgelig især i forbindelse med specielle klimahændelser. Det er her vigtigt at sikre, at installationerne løbende overvåges, og at de er sikret mod indtrængende vand, høje temperaturer, lynnedslag og kraftig vind. På særligt kritiske steder kan der blive tale om at dublere udstyret, så der f.eks. er flere pumper samme sted. I dag er der på alle kritiske steder flere pumper for at tage hånd om det tilfælde, hvor én pumpe sætter ud. Enkelte steder er der indkøbt ekstra beredskabspumper og der er nogle steder nødudstyr.

### Vedligeholdelse af udstyret

De tekniske installationer i, på og ved vore veje vedligeholdes løbende. Den forventede, fremtidige øgede og kraftigere nedbør vil sætte pres på de tekniske installationer, og driften af disse må tilpasses de nye udfordringer.

### VEJENS OMGIVELSER (MILJØ-EFFEKTER)

Klimaforandringer, som generelt stigende nedbør med høj intensitet, vil medføre en forøget produktion af vejvand fra statens veje og andre befæstede vejarealer f.eks. samkørselspladser. Stigende mængder nedbør betyder, at der løbende vil blive udledt mere vejvand til søer, åer og fjorde. Såfremt dette vand kan rummes i afvandingsystemerne som det sker i dag, så vil der ikke ske en ændring i påvirkningen af miljøet. Forureningen vil være den samme blot fortyndet. Udledningen af mere vand til recipienterne vurderes ikke at medføre en entydig negativ påvirkning af vandløb og søer, men vil medvirke til at lavtliggende landområder periodevis oversvømmes.

Meget intensive nedbør derimod, vil have en negativ påvirkning af miljøet i vejens omgivelser. Vandet vil medføre,

at grøfter og vejvandsbassiner vil løbe over, og dermed vil forurenede vejvand blive spredt urensset til vejens omgivelser. Dvs. at i stedet for at forureningen samles i grøfter og vejvandsbassiner, så spredes det ud i vejens omgivelser, hvor det forurener natur- og landbrugsområder og ikke kan opsamles.

### BROER OG TUNELLER

#### Vandløbsbroer

I forbindelse med en konsulentundersøgelse af alle Vejdirektoratets cirka 550 vandløbskrydsninger (COWI, 2012), blev det konkluderet, at der ved tre broer bør udføres tiltag for at disse kan håndtere de nedbørshændelser, der forventes i nutiden. Herudover blev det vurderet at yderligere seks broer ikke vil kunne håndtere den nedbør, der forventes at forekomme fremover som følge af klimaændringer. Kun én bro har risiko for oversvømmelse ved en 100-års regn. Denne er Vedligeholdelsesområdet ved at undersøge nærmere. For de øvrige er de fore-





slåede tiltag mindre driftsarbejder og erosionssikring.

### **Store broer og tunneller**

For Vejdirektoratets store broer er der ikke kendskab til risiko for problemer i forbindelse med de forventede øgede og mere intensive nedbørshændelser.

I forbindelse med tunnellerne ved Guldborgsund og Limfjorden er der etableret anlæg, der kan lukke for trafikken, såfremt der skulle blive problemer. Tunnellerne på Frederikssundsvej og Bernstorffsvej håndterede

skybruddet 2. juli 2011 uden anledning til lukning.

Vejle fjordbroen og Farøbroerne har været lukket på grund af kraftig vind, men vi ikke har set vejlukninger på grund af vind.

### **KAPACITET I EKSISTERENDE OG NYE AFVANDINGSSYSTEMER**

Nye afvandingssystemer dimensioneres og projekteres efter Vejreglen for Afvandingskonstruktioner (december 2009). Ved dimensionering og udførelse af vejafvanding og kloakering

anvendes grundlæggende regndata svarende til den viden der pt. er og hvordan den i fremtiden bliver. Viden om regndata baseres på mange års registrering af nedbør.

Der laves afvandingssystemer som bliver fuldt belastet én gang hvert andet år. Én gang hvert 25 år vil afvandingssystemerne være overbelastet så meget, at der kommer regnvand fra systemerne op på motorvejen og det regnvand der falder på kørebanen kan derfor ikke bortledes. Det vil ikke nødvendigvis give en oversvømmelse i



form af lukning af motorvejen, men der vil være en risiko for det.

Pga. klimaændringerne vil hyppigheden af kraftig regn blive øget. Risikoen for oversvømmelse vil falde fra de nuværende én gang hvert 25 år til oftere, og fuld udnyttelse af systemet vil falde fra hvert andet år til hyppigere.

Metoden som bruges til at dimensionere afvandingen indebærer, at der er en vis overkapacitet i de rør, der vælges og anlægges. Det vil sige, at der allerede i dag er plads til øget nedbør. Pga. klimaændringer med mere nedbør, vil overkapaciteten blive brugt til at aflede de øgede nedbørsmængder og mere intense regnskyl. På lang sigt vil ledningssystemet så ikke indeholde en overkapacitet i forhold til den nedbør der kommer. Omfanget af klimaændringer er pt. ikke registreret i en størrelsesorden, der har gjort at man generelt vælger at øge kapaciteten i ledningssystemet, dvs. udover den kapacitet og overkapacitet der allerede er til stede med de nuværende forudsætninger. De steder hvor der i dag er kritiske punkter bliver ledningssystemets kapacitet dog øget, jf. vejreglen, så større regnskyl kan håndteres.

Metoden gør også, at regnvandet i oplandet og i ledningssystemet ved særlige kraftige regnskyl forsinkes, så ikke alt regnvandet ender i kritiske dybdepunkter på for kort tid. Denne forsinkelse mindsker risikoen for oversvømmelse og lukning af vejen ved dybdepunktet.

De steder, hvor vi hidtil har oplevet oversvømmelse, har grunden primært været to ting: At regnskyllet har været kraftigere end en nuværende 25-års regn, og at det opsamlede og afledte regnvand ikke kunne afledes, fordi det modtagende vandløb var overlastet eller løbet over sine bredder. De største oversvømmelser har skyldtes, at kloaksystemer ejet af Spildevandsforsyningsselskaber har været så overbelastet på grund af regn, at der ikke kunne pumpes regnvand ind i deres ledninger fra motorvejen, hvorved vejen blev oversvømmet.

Ved dimensionering af afvanding ( $T = 2$  år) anvendes i Vejdirektoratet en regnintensitet på 140 l/s ha. Dette svarer til en intensitet, der ikke er korrikeret for klimaudviklingen. Når der i dimensioneringsmetoden arbejdes med intensiteten indregnes dog sikkerheder

på mellem 20% - 50% ekstra kapacitet, hvorfor en yderligere klimasikkerhed ikke skønnes nødvendig.

### **Muligheder for andre løsninger**

Planlægges der med en mere langsigtet omlægning af vejenes afvanding, skal det ske løbende over en årrække. Det er også muligt at bruge grøfter og grøftebassiner til aflastning af vejvand og regnvand. Dette kan gøres for at øge antallet af udledningssteder og for at mindske en u hensigtsmæssig ophobning og transport af vand.

Anvendelse af lange kloakledninger til transport af vejvand medfører, at overfladevand/regnvand skal transporteres over større afstande. Effektiviteten af afvandingssystemerne og særligt regnvandsbassiner forringes med tiden, hvorfor afledningen under ekstreme hændelser ikke vil være optimal. Det er muligt at oprense alle systemerne til den fulde kapacitet, men det er stadig usikkert, hvor meget det vil gavne i forhold til vandafledning. Ligeledes er det meget omkostningstungt at oprense alle vejenes regnvandsbassiner til den fulde kapacitet.

## 5. KONSEKVENSER FOR OMGIVELSERNE

De forventede klimaændringer har ikke kun betydning for Vejdirektoratet, men også for omgivelserne. Her omtales kort potentielle konsekvenser for vores kunder – trafikanterne – samt for vejens naboer (kommuner, beboere, virksomheder mfl.).

### TRAFIKANTER

Danskerne som privatpersoner og erhvervslivet har en forventning om at statsvejnettet altid er åbent. Et åbent vejnet har stor betydning for landets økonomi, og lukning af centrale motorvejsstrækninger som følge af klimahændelser kan derfor have alvorlige konsekvenser for trafikafviklingen og medføre samfundsmæssige tab. Jo længere tid hændelsen varer eller jo oftere det sker, jo større vil det samfundsmæssige tab være.

Øget nedbør og stigende grundvandspejl og deraf flere oversvømmelser giver problemer for trafiksikkerheden og fremkommeligheden. Vand på vejen giver risiko for akvaplaning, og i værste fald forulykker trafikanten. Derfor skal Vejdirektoratet aktivt sørge for at sådanne situationer ikke opstår.

I isolerede tilfælde kan trafikanterne påvirkes af havspejlsstigninger i form af oversvømmede veje, men det kræver ikke en generel indsats fra Vejdirektoratet.

De forventede temperaturstigninger vurderes ikke at have direkte betyd-

ning for trafikanterne på en måde, som kræver Vejdirektoratets handling.

Kraftigere vinde kan blive en udfordring på visse af Vejdirektoratets broer. Her findes der dog allerede i dag vindposer og andre informationssystemer, som hjælper trafikanterne i situationer, hvor det er u hensigtsmæssigt/farligt at køre med vindfølsomme køretøjer.

### IKKE-BRUGERE AF VEJEN

Som nabo til vejen eller som modtager af gods der transporteres ad vejen kan man stadig blive påvirket af klimaændringernes betydning for statsvejene. Er vejen oversvømmet på grund af nedbør kan godset ikke komme frem

eller det kommer frem senere end forventet. Dette kan have betydelige økonomiske konsekvenser som følge af produktionsstop eller bortfald af salg (fordærvede fødevarer).

For naboer til vejene kan klimaændringerne måske medføre oversvømmede marker, forurenet vand i åer og vandløb (begge på grund af overløb fra bassiner ved ekstremnedbør). I byer kan vand fra vejen løbe ned i kældre.

Vejdirektoratet skal være opmærksom på at vælge løsninger, der også tilgodeser vejens naboer og de borgere, der indirekte kan blive berørt af klimahændelser på vejen.



## 6. VIRKEMIDLER TIL KLIMATILPASNING

Med de ovenfor nævnte udfordringer med hensyn til nedbør og grundvand bliver det relevant at se på Vejdirektoratets muligheder for at handle og påvirke den forventede fremtidige situation. I denne sammenhæng er det vigtigt at inkludere tidsperspektivet, således at vi skelner mellem eksisterende veje og nye anlæg. Herved kan vi klimatilpasse på baggrund af levetiden af forskellige elementer (eksempelvis skilte med kort levetid kontra broer med lang levetid). Desuden skal vi overveje, hvad det koster at sikre vejene mod forskellige hændelser – er det stort set omkostningsfrit bør vi gøre det.

Som udgangspunkt kan vi opstille en tabel med forventede levetider på forskellige elementer af vores infrastruktur:

Tabel 2. Levetid for udvalgte infrastrukturelementer.

ELEMENT	LEVETID (ÅR)
Vejbefæstelsen	
-slidlag	14-18
-øvrige lag	100+
Bygværker	100+
Afvandingsledninger	100
Afvandingsanlæg, teknisk udstyr (pumper)	10
Vejens udstyr (tavler mv.)	10
Tekniske installationer	10

Vi kan uddrage af tabel 2, at vi skal håndtere klimatilpasningstiltag for asfaltslidlag, skilte, tavler og tekniske installation (pumper, lysreguleringer, glatføreinstitutioner,...) ved hjælp af kortsigtede løsninger, mens afvandingsanlæg (ledninger, bassiner,...), vejunderbygninger og bygværker bør

klimatilpasses i planlægningsfasen, da de er dyre og har lang levetid.

Tabel 3 nedenfor viser et udvalgt antal klimatilpasningstiltag.

Tabel 3. Klimatilpasningstiltag med estimeret levetid og omkostning til at afværge eller udbedre problemer. Omkostningerne er skønnede beløb, der bør verificeres yderligere.

TIDSPER-SPEKTIV	INDSATS	LEVETID (ÅR)	OMKOSTNING (MIO. KRONER)	AFVÆRGE/ UDBEDRE A/U
Kort	Efterfølgende rensning og reparation af en hændelse <sup>1</sup>	Slidlagets levetid	0,15 (pr. hændelse)	U
	Beredskab (afspærring med skiltevogne)		0,02 (pr. hændelse)	U
	Afskære/afproppe andres tilledning til VD-afvandings-system <sup>3</sup>	50	0,1 (pr. hændelse)	A/U
	Opsætning af pumpe i vejens dybdepunkt <sup>3</sup>	10	2 (pr. sted)	A/U
	Øget vedligeholdelse af pumper, afvandingsledninger,...) <sup>3</sup>	10	1 (pr. år på et sted)	A
	Varslingssystem (vejrradar, monitoring i afvandingsystemet, variable skilte på vejen) <sup>3</sup>	10	0,5 (pr. år på et sted)	A
	Mere aflastning af regnvands-bassiner (overløb) – ændret lovgivning <sup>3</sup>	100	0	A
	Samarbejde med kommunerne om klimatilpasning <sup>3</sup>	5	0,02 (pr. hændelse i en kommune)	A
Langt	Hæve vejen 1 m – eksisterende vej <sup>2</sup>	100+	24 (2-sporet landevej/km) 46 (4-sporet motorvej/km)	A
	Hæve vejen 1 m – nyanlæg <sup>2</sup>	100+	4 (2-sporet landevej/km) 10 (4-sporet motorvej/km)	A
	Sikring af skrånninger, fundamenter og dæmninger <sup>3</sup>	20	0,1/km	A
	Mere brug af grøfteafvandning <sup>3</sup>	50+	0,5/km	A
	Større dimensioner af regnvandsbassiner <sup>3</sup>	50+	1-5 pr. bassin	A
	Separat afvandingsledning <sup>3</sup>	50+	Op til 100 pr. ledning/længde?	A
	Afskærende afvandingsledning <sup>3</sup>	50+	5/km	A

1 Prisen for rensning og reparation er baseret på Vejdirektoratets egne erfaringer med omkostningerne efter oversvømmelser.

2 Disse tal kommer fra anlægsoverslag.

3 Skønnede beløb, der tages forbehold, idet det skal verificeres yderligere.

Tabellen indeholder dels specifikke virkemidler som brugen af pumper i kendte lavpunkter uden tilstrækkelig afvandingssevne og hævning af veje og dels 'bløde' tiltag som ændret lovgivning og samarbejde med andre myndigheder. Tabellen indeholder også virkemidler, som forholder sig konkret til afhjælpning af problemer, når de er opstået. Kolonnen yderst til højre angiver, om et tiltag primært er rettet mod at afværge eller udbedre problemer som følge af klimaændringer.

### **Virkemidler til vandafledning**

En betydelig del af Vejdirektoratets klimaproblemer vil kunne mindskes, hvis vi får lov til at udlede vandet fra regnvandsbassinerne til recipienterne hurtigere i forbindelse med regn. I tilfælde af ekstreme nedbørshændelser vil vi hermed have sikkerhed for at bassinerne er tømte, så de kan modtage nedbøren. Hvis der kunne gives tilladelser til at aflaste systemerne (ved eksempelvis at etablere nødoverløb ved  $\frac{3}{4}$  fyldte bassiner) vil det kunne øge muligheden for at kunne klare ekstrem nedbør. Dette vil imidlertid kræve en lovændring. En sådan ændring i

Vejdirektoratets arbejdsbetingelser ville medføre en anselig besparelse, da regnvandsbassiner hermed ikke behøver at være så store som i dag, og Vejdirektoratet ville desuden kunne udføre bedre og billigere drift. Opmagasinering af store vandmængder i store bassiner kan også udgøre en risiko, hvis bassinerne er fyldte ved en ny regnhændelse. Bassinerne skal i sådanne tilfælde tømmes med mobilt pumpeudstyr. Vejdirektoratet vurderer, at der af hensyn til klimasikringen bør være mulighed for at aflede mere vand til recipienter, mens det regner. Mængden skal dog stadig være så lille, at det ikke skader vandløbene hydraulisk.

En betydelig del af de klimahændelser Vejdirektoratet har set de senere år har relation til vejens naboer (kommuner, forsyningsselskaber, andre myndigheder). Et godt samarbejde med naboerne om ikke bare drift, men også planlægning og anlæg af specielt afvandingsystemer, er et meget omkostningseffektivt klimatilpasnings-tiltag. Prisen for samarbejdet med kommunerne om at løse en specifik hændelse, er i tabel 3 sat til 20.000 kr.

De fleste af tiltagene i tabel 3 adresserer udfordringer som følge af ekstremnedbør. To af de dyreste tiltag i tabel 3 er primært rettet mod stigende grundvandsspejl (hævning af vejen), som dog også kan løses ved pumpning, hvilket især i forbindelse med eksisterende veje typisk vil være den foretrukne løsning.

Udfordringen med stigende grundvandsspejl kan løses ved at anlægge vejen på dæmninger eller ved at bortpumpe vand. Det sidste kan være særdeles dyrt, men nødvendigt i forbindelse med eksisterende vejanlæg.

Som supplement til tiltagene nævnt i tabel 3 er det værd at fremhæve, at klimatilpasning bør indarbejdes helt formelt i Vejdirektoratets VVM-proces, og at forsknings- og udviklingsindsatsen på området bør fortsættes.

Virkemidlerne vil indgå i de efterfølgende analyser af virksomheds- og samfundsøkonomiske effekter og konsekvenser af klimatilpasningstiltag.

# 7. DATAINDSAMLING

Den virksomheds- og samfundsøkonomiske analyse af forskellige ambitionsniveauer for Vejdirektoratets klimatilpasningsindsats har behov for en række data. Disse gennemgås i det følgende og omfatter:

- Klimavejnet med to klasser
- Definition af en klimahændelse
- Opgørelse over det nuværende antal klimarelaterede hændelser på statsvejnettet
- Det forventede antal fremtidige klimarelaterede hændelser
- Prissætning af udbedring af de hændelser vi har registreret i årene 2010, 2011 og 2012.

Hermed vil det være muligt at lave et overslag over omkostningerne for Vejdirektoratet og samfundet i øvrigt ved at klimasikre statsvejnettet i henhold til forskellige målsætninger.

## KLIMAVEJNET MED TO KLASSER

De enkelte veje i statsvejnettet kan have forskellige funktioner. Vejdirekto-

ratet er netop nu sammen med kommuner og andre myndigheder i gang med at etablere "Det Strategiske Vejnet". Udpegningen af Det Strategiske Vejnet skal sikre fokus på de veje, som har den største samfundsøkonomiske betydning, blandt andet ved opstilling af en minimumsstandard til vejene og ved iværksættelse af en række indsatser som skal sikre eller forbedre fremkommeligheden på vejene. En af de bærende indsatser der knytter sig til Det Strategiske Vejnet, er etablering af faste omkørselsruter. Udgangspunktet herfor er ønsket om at etablere en sikker rutevejledning, så trafikanterne ikke spreder sig til det øvrige lokale vejnet med en nedsættelse af trafik-sikkerheden til følge (Det Strategiske Vejnet, Vejstrækninger med øget fokus på fremkommelighed, Vejdirektoratet, 2012).

Også i klimasammenhæng har de enkelte veje i statsvejnettet forskellige funktioner og dermed vigtighed.

Ligeledes spiller fremkommelighed en stor rolle i forhold til prioritering af klimatilpasningsindsatser. Derfor har vi med udgangspunkt i den del af "Det Strategiske Vejnet", som Vejdirektoratet har ansvar for, defineret to klimavejklasser.

**Klimavejklasse 1 svarer til statsvejene i niveau 1 i det strategiske vejnet**

**Klimavejklasse 2 er den øvrige del af statsvejnettet**

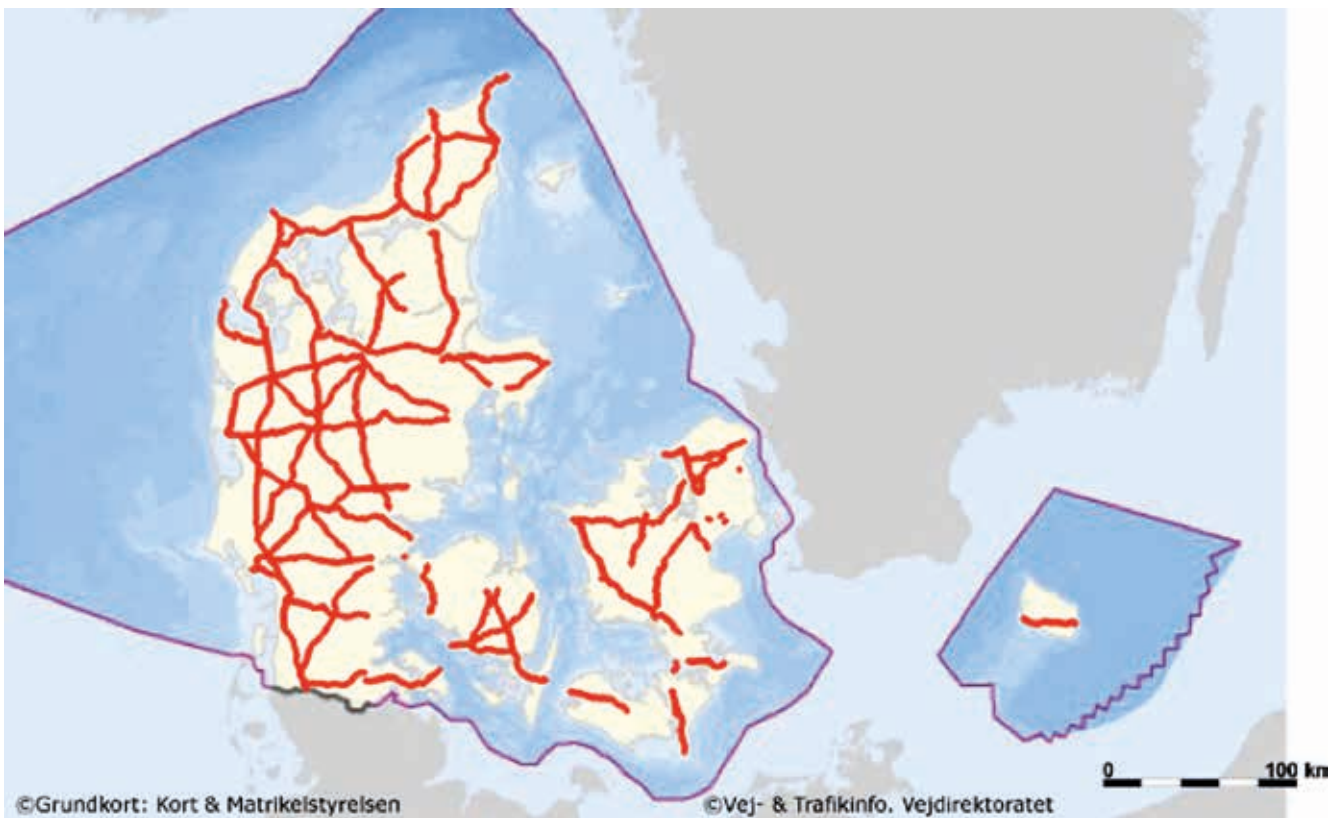
Figur 2 og 3 illustrerer de to klimavejklasser, mens tabel 4 angiver længder og trafiktal for de to trafikklasser. Data fra tabellen vil indgå i analysearbejdet.

KLIMAVEJKLASSE	SAMLET LÆNGDE (KM)	GENNEMSITLIG ÅRSDØGNTRAFIK	GENNEMSITLIGT ANTAL LASTBILER OVER 3,5 TON	LASTBILANDEL (% AF ÅRSDØGNTRAFIK)
1	1004,543	32927	3925	11,92
2	2786,873	7470	889	11,9

Tabel 4. Trafikdata for klimavejklasse 1 og 2.



Figur 2. Klimavejklasse 1.



Figur 3. Klimavejklasse 2.



### DEFINITION AF KLIMAHÆNDELSE

For at kunne opgøre omfanget af Vejdirektoratets klimaudfordring må vi kende antallet af klimarelaterede hændelser.

**En klimahændelse defineres som en hel eller delvis lukning af en statsvej eller del af denne i mere end én time.**

Den tidsmæssige afgrænsning på én time er at betragte som en bagatelgrænse. Delvis lukning betyder, at vejen kan passeres, men at dens

kapacitet er nedsat (kunne være et spor lukket på en motorvej eller kun passabel i nødsporet).

### OPGØRELSE AF KLIMAHÆNDELSE PÅ STATSVEJNETTET 2010-2012

Med definitionen ovenfor er det nu muligt at opgøre antallet af klimarelaterede hændelser på statsvejnettet for årene 2010, 2011 og 2012. Der har i perioden været i alt 12 hændelser: 3 i 2010, 7 i 2011 og 2 i 2012. Alle hændelser på nær én er sket på veje i klimavejklasse 1. Listen over klimarelaterede hændelser er gengivet i Tabel 5.

Tabel 5. Registrerede klimarelaterede vejlukninger på statsvejnettet i perioden 2010-2012.

DATO	LOKALITET	VEJRTYPE	VEJNR.	LUKNING (TIMER)
14.08.2010	Lyngbyvej ved Ryparken Station	Langvarig kraftig regn	14	30
14.08.2010	Holbækmotorvejen ved Hvidovrevej	Langvarig kraftig regn	11	28
14.08.2010	Motorring 3 Ørnegårdsvej	Langvarig kraftig regn	3	14
09.01.2011	Sydmotorvejen ved Maribo	Smeltevand	30	11
02.07.2011	Motorring 3 ved Gl. Køge Landevej	Skybrud	3	48
02.07.2011	Lyngbyvej ved Ryparken Station	Skybrud	14	30
02.07.2011	Holbækmotorvejen ved Hvidovrevej	Skybrud	11	13
02.07.2011	Lyngbyvej ved Jægersborgvej	Skybrud	14	7,5
02.07.2011	Motorring 3 ved Jyllingevej	Skybrud	3	4
15.08.2011	Lyngbyvej ved Ryparken Station	Skybrud	14	14
29.06.2012	Svendborgmotorvejen ved Svendborg	Skybrud	41	7
26.08.2012	Djurslandmotorvejen	Skybrud	72	7



Til brug for det videre forløb har vi således valgt at arbejde med følgende udgangspunkt:

Der er i gennemsnit 3,67 årlige lukninger af veje i klimavejklasse 1 og 0,33 lukninger af veje i klimavejklasse 2. Det bemærkes, at den overvejende del (75%) af lukningerne er sket i Hovedstadsområdet, og at der tre gange har været lukninger af Lyngbyvej ved Ryparken station og to gange af Holbækmotorvejen ved Hvidovrevej. Den eneste registrerede hændelse i klimavejklasse 2 i perioden 2010-2012 er lukningen af Svendborgmotorvejen i 2012.

På nær de to hændelser i 2012 (på Svendborgmotorvejen og på Djurslandsmotorvejen) er hændelserne i tabel 5 sket på ældre motorveje i bebygget område.

#### **FREMSKRIVNING AF KLIMAHÆNDELSER**

Som nævnt ovenfor har vi valgt at benytte IPCC-scenariet A1B og analysere situationen i årene 2030, 2050 og 2100. Herved får vi følgende antal hændelser i de tre analyseår, forudsat at Vejdirektoratet ikke i fremtiden laver særlige klimarelaterede indsatser (business as usual) (Tabel 6).

Tabel 6. Registrerede antal klimarelaterede hændelser i dag og forventede antal hændelser baseret på fremskrivning. De tre hændelser på Lyngbymotorvejen er udtaget af statistikken, da de ikke regnes som værende repræsentative for mulige hændelser på statsvejnettet.

	<b>2010-2012 (GENNEMSNIET)</b>	<b>2030</b>	<b>2050</b>	<b>2100</b>
Klimavejklasse 1	2,7	3,5	4,3	6,0
Klimavejklasse 2	0,3	0,4	0,5	0,8

De viste værdier over forventede klimarelaterede hændelser i 2030, 2050 og 2100 er beregnet på en fremskrivning af det gennemsnitlige antal hændelser i årene 2010, 2011 og 2012. Fremskrivning er baseret på den prognosticerede udvikling i nedbørmønsteret med antal årlige dage med nedbør over 20 mm. 1990-værdien af dette mønster er (jf. tabel 1) 2 årlige dage og ventes i år 2030, 2050 og 2100 at stige til henholdsvis 4, 5 og 7 dage. Vi fremskriver på baggrund af denne parameter, da den er det tætteste vi kommer på at fremskrive kraftig regn. 20 mm nedbør på et døgn udgør som udgangspunkt ikke et problem for vejens afvandringsanlæg. Der er ikke observeret oversvømmelser som følge af grundvandsstigninger, og derfor kan denne parameter ikke anvendes til at fremskrive antallet af klimarelaterede hændelser.

#### **UDBEDRING AF KONSTATEREDE KLIMARELATEREDE LUKNINGER – PRISSÆTNING**

Vi har estimeret udgifterne til forskellige klimatilpasningstiltag, som kan bringes i anvendelse på statsvejnettet. En anden metode til prissætning af klimatilpasning, er at se på Vejdirektoratets omkostninger til at udføre klimasikring de steder, hvor vi i årene 2010 til 2012 har registreret vejlukninger på grund af oversvømmelser. Tabel 7 viser årsager, udbedringsforslag og omkostning til udbedring for de registrerede vejlukninger. Endvidere indeholder tabellen kolonnen "Årsagshyppighed", som giver et bud på hyppigheden af tilsvarende hændelser – eventuelt andre steder på statsvejnettet. Det skal forstås sådan, at hvis alle typer uheld repræsenterer 100%, hvor mange procent tror vi så at den enkelte type hændelse vil udgøre i fremtiden.

Tabel 7. Estimerede omkostninger til udbedring af konstaterede klimahændelser i årene 2010-2012. Fremtidige hændelser vil efter sandsynlighed forekomme af årsager med nedenstående fordeling. 9 ud af 10 hændelser kan således ventes at være med årsag i kommunale spildevandsanlæg

LOKALITET	ÅRSAG	UDBEDRING	OMKOSTNING TIL UDBEDRING (MIO. KRONER)	ÅRSAGSHYPPIGHED (%)
Lyngbyvej ved Ryparken Station	Overløbsrør fyldt samt fuldt løbende ledning nedstrøms	Dimensionering ud over vejregel. Ny separat ledning	100**	0,1
Holbækmotorvejen ved Hvidovrevej	Overløbsrør fyldt	Ny separat ledning	100**	0,1
Motorring 3 ved Ørnegårdsvej	Pumpe ramt af lyn	Bedre sikring af pumpestation, lynafledning	0,2**	1,2
Sydmotorvejen ved Maribo	Smeltevand løb ind på vejen	Afskærende ledning, terrænregulering	5**	5
Motorring 3 ved Gl. Køge Landevej	Kommunal sluse ikke åbnet	Samarbejde med kommune	0,1**	90*
Lyngbyvej ved Jægersborgvej	Afvanding dimensioneret til 10 år	Større rør	10**	1,2
Motorring 3 ved Jyllingevej	Brønde stoppet af jord på grund af erosion af skrån timer i anlægsperioden	Ændret anlægspraksis	0,2**	2
Svendborgmotorvejen ved Svendborg	Kommunalt vand tilført motorvejens afvandings-system	Afskæring af kommunens ledninger	0,1**	*
Djurslandmotorvejen	Egåen løb over	Hævning af vejen vil gøre os mindre sårbare overfor Egåen	150**	0,4

\* Hændelserne på Svendborgmotorvejen og Motorring 3 ved Gl. Køge Landevej minder om hinanden, fordi begge kan løses ved samarbejde med kommunen. Vi vurderer at denne type hændelser vil være den mest forekommende hændelse. \*\* Omkostningerne er skønnede og der tages forbehold, idet de bør vurderes yderligere.

Nye separate ledninger ved Ryparken Station og ved Hvidovrevej vil være særdeles dyre, men løsningen vil samtidig gøre Vejdirektoratet mindre sårbar for ekstremhændelser.

Nogle få steder i landet findes der lokaliteter, hvor Vejdirektoratet af den ene eller anden grund har været nødt til at gå på kompromis til ugunst for klimasikring. Her må vi forudse en forøget risiko for klimahændelser i fremtiden og de nødvendige forholdsregler bør derfor tages allerede nu.

#### MÅLSÆTNING FOR VEJDIREKTORATETS KLIMATILPASNINGSSINDSATS

Når vi skal beslutte, hvilke og hvor mange klimarelaterede hændelser

vil vi acceptere på statsvejnettet i de kommende år, må vi lave en målsætning. Vejdirektoratets målsætning for klimatilpasning bliver defineret som det maksimale antal klimarelaterede hændelser per år på statsvejnettet med hel eller delvis lukning af vejen i mere end én time, som vi vil acceptere.

Den følgende virksomheds- og samfundsøkonomiske analyse giver materiale til at beslutte, hvordan målsætningen i praksis skal lyde; altså hvor mange klimarelaterede lukninger vi vil acceptere. Analysen ser således kun på hele lukninger på statsvejnettet og ikke delvise.

Målsætningen for klimavejklasse 1 fastlægges ved den virksomheds- og

samfundsøkonomiske analyse. For klimavejklasse 2 er datagrundlaget væsentligt mindre, og det er derfor nødvendigt i fremtiden at sikre et bedre datagrundlag for klimavejklasse 2. Den endelige strategi (bilag 1) er dog formuleret, så strategien gælder hele vejnettet og klimavejklasserne er derfor ikke omtalt i dokumentet.

## 8. SCENARIEANALYSER OG MULIGE MÅLSÆTNINGER

I årene 2010-2012 har der været 11 hændelser på Klimavejklasse 1. Vejdirektoratets klimatilpasningsstrategi bygger således på de i gennemsnit registrerede 4 klimarelaterede hændelser årligt med lukning af veje i mere end en time. Det er væsentligt at bemærke, at det ikke med udgangspunkt i eksisterende data er muligt at dokumentere, hvor repræsentativt eller altomfattende datagrundlaget er for Vejdirektoratets vejnet.

Den efterfølgende analyse af scenarier og mulige målsætninger bygger derfor også på data, der til stadighed kan ændre sig. Vejdirektoratet arbejder meget i disse år med alle aspekter af klimatilpasning, og vores viden opdateres derfor løbende. Ydermere er scenarierne eksempler, der kan forbedres, når vores datamateriale bliver indsamlet over længere tid (f.eks. akvaplaning, delvise lukninger, klimavejklasse 2, ændringer i mængde og natur af hændelsesbillede).

### HVAD KAN MÅLSÆTNINGEN VÆRE?

Målsætningen for det antal hændelser, der i gennemsnit maksimalt kan accepteres per år, kan opstilles som i tabel 8. Hertil kan målsætningen omfatte beslutning/håndtering af specifikke tiltag for Lyngbyvej eller andre specifikke lokaliteter.

Tabel 8. Målsætning for antal hændelser på hele statsvejnettet - eksempler

MÅLSÆTNING FOR INDSÆTSEN	ANTAL ÅRLIGE HÆNDELSESR 2010-12	ANTAL ÅRLIGE HÆNDELSESR 2050
Som i dag	2,7	4,3 (fremskrivning)
Højere end i dag	2,7	2,7
Meget højere end i dag	2,7	1,0 (antaget tal mindre end 2,7)

Bemærk: Hændelserne inkluderer ikke Lyngbyvej ved Ryparken, da lokaliteten ikke menes at være repræsentativ ift. fremskrivninger.

En målsætning "som i dag" betyder, at det accepteres, at antallet af hændelser stiger over tid som følge af klimaændringerne, da vores indsats mod klimaforandringer forbliver på det nuværende niveau. Det kan være fordi det besluttes ikke at foretage afværgetiltag, eller det besluttes kun at lave tiltag for en del af vejnettet, f.eks. en del af vejnettet, hvor der er størst brugerkonsekvenser (højt ÅDT, risiko for lang lukning, få alternative ruter mv.). Fremskrivningen af hændelserne i dette alternativ følger udviklingen i tabel 6.

Fastholdelse af en målsætning "højere end i dag" vil kræve, at der gennemføres tiltag på vejnettet, således at stigningen i hændelser imødegås, men klimahændelserne forsvinder ikke helt.

Endelig kan det besluttes at søge et niveau der er "meget højere end i dag", hvilket betyder, at der skal gennemfø-

res flere afværgetiltag end for de andre målsætninger.

### KAN DET BETALE SIG?

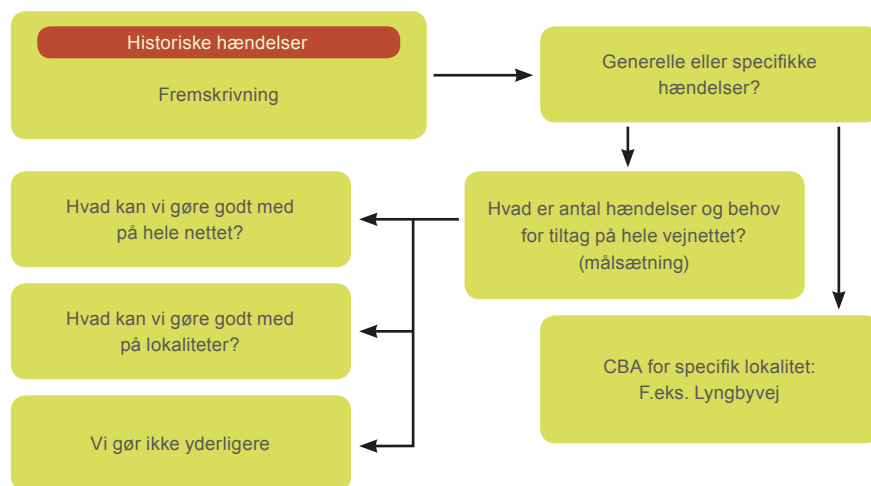
Spørgsmålet om, hvilket ambitionsniveau, der er drifts- og samfundsøkonomisk optimalt for specifikke lokaliteter som Lyngbyvej, kan afklares i en konkret drifts- og samfundsøkonomisk analyse. Analysen baseres på forudsætninger om klimaudviklingen og dermed antal hændelser med konsekvenser for trafikanter og Vejdirektoratet. Forudsætningerne skal afspejle hændelsesudviklingen, hvis ikke der gribes ind, og vurdering af omkostningerne og effekt på antal hændelser ved at indføre afværgetiltag.

For vejnettet på generelt niveau foreligger der ikke data til at lave en tilsvarende, konkret samfundsøkonomisk analyse. Helt grundlæggende er der ikke i dag viden om, hvor mange tiltag der er påkrævet for at løse hele

eller dele af problemet for det samlede statsvejnet. På overordnet niveau kan man dog beregne, hvor mange skader (Vejdirektoratets udgifter til oprydning og trafikanternes tidstab), der potentielt kan undgås ved at gennemføre afværgetiltag. Undgås skaderne helt eller delvist giver det en samfundsøkonomisk gevinst, som potentielt kan retfærdiggøre omkostninger til tiltag. Er det forventede tidstab for trafikanterne grundet oversvømmelser på en strækning eksempelvis 5 mio. kr. og Vejdirektoratets forventede oprydningssudgifter 2 mio. kr., så kan der iværksættes tiltag for op til 7 mio. kr., hvis alle skader annulleres. Man kan sige, at der samfundsøkonomisk set er 7 mio. kr. at gøre godt med. Hvis tiltaget er dyrere end dette, er det ikke samfundsøkonomisk hensigtsmæssigt at gennemføre det.

### MULIGHEDER FOR ANALYSE AF AMBITIONSNIVEAUER

Mulighederne for analyse af problemstillingen og de spørgsmål, der er i fokus, er illustreret i figur 4. Under figuren beskrives analysemulighederne på lokale hændelser på specifikke lokaliteter og generelt for hele vejnettet.



Figur 4. Analysemuligheder

### SPECIFIKKE LOKALITETER

Der kan foretages grove analyser af lokale hændelser på specifikke lokaliteter, hvor tiltagsomkostninger holdes op imod forventet tidstab og oprydningssomkostninger. Analyserne vil som minimum bygge på information og antagelser om:

- ÅDT
- Forventet antal hændelser i dag og i fremtiden både før og efter den valgte indsats

- Forventet lukketid og forsinkelse pr. køretøj
- Tiltagsomkostninger og oprydningssomkostninger

Denne analysemulighed svarer på spørgsmålet, om det samfundsøkonomisk kan betale sig at klimatilpasse på specifikke lokaliteter. Denne tilgang anvendes på allerede identificerede lokaliteter som eksempelvis Lyngbyvej ved Ryparken, og den kan anvendes på nyanlæg og andre specifikt udpe-

gede lokaliteter, der af den ene eller anden grund er fokus på.

### HELE VEJNETTET

Hvis Vejdirektoratet vil være ambitiøs og klimasikre hele vejnettet, jf. målsætningen "højere indsats end i dag" eller "Meget højere end i dag", er spørgsmålet: Hvor mange steder er der behov for indsats? Skybrud kan ramme alle steder på vejnettet vilkårligt, men sårbarheden er ikke ens alle steder - tilsvarende varierer behovet og mulighederne for tiltag fra lokalitet til lokalitet.

Med udgangspunkt i antallet af hændelser for hele vejnettet, kan der etableres et estimat for det forventede gennemsnitlige tidstab plus Vejdirektoratets oprydningsomkostninger. Det estimerede samfundsøkonomiske tab svarer på spørgsmålet om, "hvor

meget vi har at gøre godt med" på hele vejnettet. Som eksempel kan nævnes, at enhedsprisen for oprydning efter en hændelse er 150.000 kr. (Tabel 3). Hvis den udgift falder ved eksempelvis tre årlige hændelser har Vejdirektoratet således ca. 450.000 kr. årligt at iværksætte tiltag for på hele vejnettet. Selvom der tillægges tidstab, er den samlede besparelse i eksemplet så beskedent, at det næppe er samfundsmæssigt rentabelt, at vejnettet under ét klimatilpasses for at undgå den type generelle hændelser.

Eksemplet viser, at de forholdsvis lave gevinster ved at undgå hændelserne kalder på prioritering af indsatsen. Et kriterium for udvælgelse af de strækninger, der skal tilpasses først, kunne være ÅDT eller tekniske risikoscreeninger.

Med udgangspunkt i eksemplerne på målsætninger (jf. tabel 8) kan de forventede oprydningsomkostninger og tidstab bestemmes. Tabellen nedenfor viser Vejdirektoratets oprydningsomkostninger isoleret set og som en del af samfundets omkostninger ved oversvømmelseshændelser, hvori trafikanternes tidstab også indgår.

De forventede skader kan, som nævnt, begrunde en indsats, hvis skaderne annulleres eller reduceres. Der foreligger ikke information om hvor mange og hvilke tiltag, der skal iværksættes for at opnå skadesannulering eller -reduktion. Dette er angivet med spørgsmålstegn i tabellen.

Tabel 9. Skadesomkostninger (Vejdirektoratets oprydning og tidstab for trafikanter) ved forskellige niveauer af indsats - eksempelberegning

MÅLSÆTNING FOR INDSATSEN	GENNEMSNITLIGT ANTAL HÆNDELSE, 2010-12	ANTAL ÅRLIGE HÆNDELSE, 2050 (IFØLGE TABEL 8)	TILTAG	VEJDIREKTORATETS OMKOSTNINGER, FAKTORPRIS, NUTIDSVÆRDI, MIO. KR.	SAMFUNDETS OMKOSTNINGER, MARKEDSPRIS, NUTIDSVÆRDI, MIO. KR.
Som i dag	2,7	4,3	-	10	48
Større end i dag	2,7	2,7	?	8	37
Meget større end i dag	2,7	1,0	?	6	26

Note: Omkostningerne er givet som nutidsværdier, hvor fremtidige skader er tilbageregnet (diskonteret) til 2013. Vejdirektoratets omkostninger er vist i faktorpriser uden skatter og afgifter, mens samfundets omkostninger er i markedspriser. Tidstab er beregnet ud fra den gennemsnitlige varighed af lukninger, man har set ved hændelser de senere år (se tabel 5) og ÅDT for klimaklasse 1 (se tabel 4).

Målsætningen "Som i dag" viser hændelses- og skadesudviklingen, hvis vi ikke gør yderligere end i dag. En ekstra indsats mindsker skadesudviklingen, hvilket giver lavere omkostninger for Vejdirektoratet og samfundet. Forskellen i skadesomkostninger mellem "Som i dag" og hhv. "større end i dag" og "meget større end i dag" kan begrunde klimatilpasningsindsatsen.

I eksempelberegningen kan man fortolke forskellene i omkostningerne mellem rækkerne som en indikation af, hvor omfangsrige tiltag man kan iværksætte for at reducere det årlige antal hændelser fra en række til en anden. F.eks. er den samfundsøkonomiske gevinst ved at gå fra en indsats, der er på niveau med i dag til en indsats større end i dag lig 11 mio. kr. (48-37 mio. kr.), hvilket skal dække tiltag, der

reducerer det årlige antal hændelser i 2050 fra 4,3 til 2,7.

Tallene i tabellen er behæftet med stor usikkerhed, men det ses, at reduktionerne i skadesomfang er ganske små, hvilket bekræfter konklusionen om, at der med det nuværende informationsgrundlag ikke er grundlag for at iværksætte en større indsats på hele vejnettet.

#### **BEREGNINGERNES FØLSOMHED**

Skadesomkostningerne bygger på et sæt af beregningsforudsætninger vedr. antal hændelser, tidstab for hver hændelse og betragtninger om gennemsnitlig ÅDT og trafiksammen sætning. Følsomhedsanalysen ændrer forudsætningerne, hvilket har betydning for skadesomkostningerne. Dette ses i tabel 10.

Vejdirektoratets omkostninger til oprydning ændrer sig i følsomhedsanalysen afhængig af antallet af forventede hændelser. Samfundets omkostninger er følsomme over for ændringer i antallet af hændelser, ÅDT og forudsætninger om, hvor meget tidstaben enkelte hændelse foranlediger. Følsomhedsanalyser for de øvrige ambitionsniveauer ("indsats større end i dag" og "indsats meget større end i dag") er ikke medtaget, men vil vise følsomhed i samme størrelsesorden, som angivet i tabellen.

Følsomhedsanalysen bekræfter, at beregninger og resultater er usikre, men vidner også om, at beløbene fortsat er ganske lave selv ved forholdsvis store ændringer i forudsætningerne.



Tabel 10. Følsomhedsanalyse for indsats "som i dag"

MÅLSÆTNING FOR INDSATSEN	ANTAL HÆNDELSER, 2013	ANTAL ÅRLIGE HÆNDELSER, 2050	VEJDIREKTORATETS OMKOSTNINGER NUTIDSVÆRDI, MIO. KR.	SAMFUNDETS OMKOSTNINGER NUTIDSVÆRDI, MIO. KR.
Basis ("Som i dag")	2,7	4,3	10	48
Antal hændelser, +50%	4,1	6,5	15	73
Antal hændelser, +100%	5,4	8,6	19	97
ÅDT, +50%	2,7	4,3	10	67
ÅDT, -50%	2,7	4,3	10	30
Tidstab, +50%	2,7	4,3	10	67
Tidstab, -50%	2,7	4,3	10	30

Note: Omkostningerne er givet som nutidsværdier, hvor fremtidige skader er tilbageregnet (diskonteret) til 2013. Vejdirektoratets omkostninger er vist i faktorpriser uden skatter og afgifter, mens samfundets omkostninger er i markedspriser.

### TOMMELFINGER-REGEL

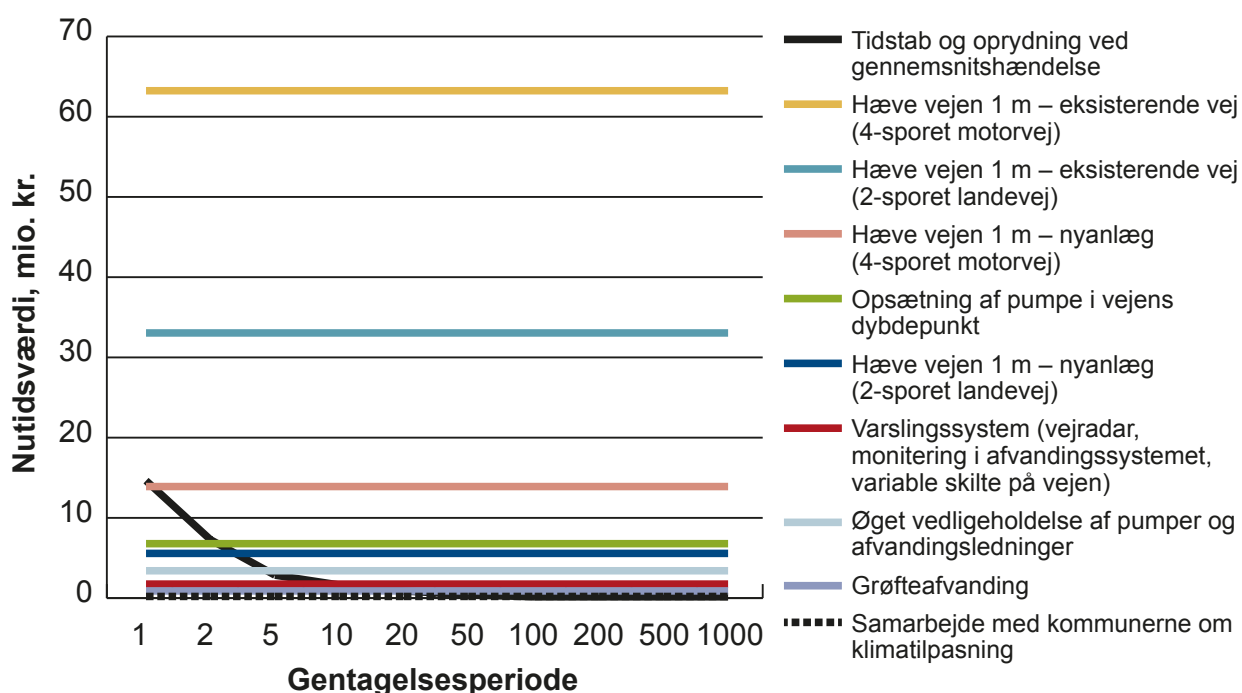
Når lokaliteter til videre undersøgelse er udvalgt kan der iværksættes detaljerede lokale cost-benefit-analyser. Alternativt kan man anvende nogle "tommelfingerregler", som vist i figur 5.

Den aftagende, grå linje viser skadesomkostningerne ved lukning af en

klimaklasse 1 vej med gennemsnits-ÅDT som funktion af gentagelsesperioden. Hvis vejen forventes lukket hvert eneste år (gentagelsesperiode = 1), giver det høje forventede skadesomkostninger. Hvis hændelsen ventes at være sjældnere, er de forventede skader også lavere. Denne forventede skade kan sammenholdes med tiltags-

omkostninger (de vandrette linjer). Det er fornuftigt at gennemføre tiltaget de steder på grafen, hvor undgåede skader ved en given gentagelsesperiode overstiger tiltagsomkostninger (typisk ved forholdsvis billige tiltag og hyppige gentagelser, hvor de forventede skader er høje).

Figur 5: Forventede skader (tidstab for trafikanter og Vejdirektoratets oprydningsomkostninger) efter gentagelsesperiode (grå, aftagende linje) og tiltagsomkostninger (vandrette linjer)



Note: Figuren viser nutidsværdier, hvor fremtidige skader og reinvesteringer er tilbageregnet til 2013. Tiltagene er udvalgt fra og tilpasset på baggrund af informationerne i Tabel 3



## 9. ANBEFALINGER

Arbejdet med strategioplægget har vist, at Vejdirektoratets eksisterende vejnet overordnet set er robust over for regn både i dag og i fremtiden. Vejenes omgivelser (kommunale spildevandsanlæg, vejvandets recipienter mv.) har dog på specifikke lokaliteter givet udfordringer, og det kan forventes, at der vil opstå flere hændelser relateret til vejnettets omgivelser i fremtiden. Dette forhold understreger nødvendigheden af et tæt samarbejde med omgivende interessenter både i planlægning og i afsøgningen af fælles løsninger.

Uanset hvilken indsats Vejdirektoratet skal sigte på, er beregningsgrundlaget et relativt begrænset antal historiske hændelser, hvoraf de fleste er obser-

veret på klimavejklasse 1. Grundlaget for at vurdere eventuelle indsatser/tiltag for klimavejklasse 2 er således mangelfuldt. Den endelige strategi bør formuleres, så strategien dækker både klimavejklasse 1 og 2, men med de anbefalinger in mente, at der bør gøres et større arbejde for at indsamle og registrere hændelser, især på klimavejklasse 2.

Med et aktivitetsniveau svarende til de aktiviteter Vejdirektoratet allerede har i dag (indsats som i dag), vil antallet af klimahændelser være stigende i fremtiden. Det er ikke på forhånd muligt at anviser, hvor fremtidige klimahændelser vil ske, så overvejelserne bag anbefalingerne skal ses i lyset af, om det giver mening (virksomhedsøkonomisk

for Vejdirektoratet og samfundsøkonomisk) at give anbefalinger for generelle klimatilpasningstiltag i strategien for det eksisterende vejnet.

Hvis der gennemføres generelle tiltag vil det være muligt at reducere i antallet af fremtidige klimahændelser. I yderste konsekvens vil så godt som alle fremtidige hændelser kunne fjernes, men omkostningerne til tiltagene vil være meget store. I vurderingen er de potentielle besparelser vurderet, hvilket giver anledning til følgende anbefalinger:

### **1. Vejdirektoratets eksisterende vejnet generelt**

Det historiske hændelsesomfang er lille og der er ikke grundlag for generelle



klimatilpasningstiltag på hele vejnettet. Hændelserne er så forholdsvis få, at afledte omkostninger for Vejdirektoratet og trafikanter ikke kan begrunde en generel indsats.

## **2. Specifikke hændelser på bestemte lokaliteter**

De gentagne oversvømmelser af Lyngbyvej ved Ryparken fylder meget i hændelsesbilledet. Denne problemstilling bliver tacklet i en igangværende proces, der involverer bl.a. kommunerne, og det er anbefalingen, at lignende specifikke hændelser som gentagne gange sker på samme lokalitet også håndteres som isolerede problemstillinger. I tilfælde hvor særlige forhold får lokale konsekvenser kan de generelle betragtninger for vejnettet under ét ikke bruges. Tiltag på Lyngbyvej eller andre specifikke lokaliteter bør derimod underkastes særskilte samfundsøkonomiske analyser.

## **3. Screening af vejnettet for lokaliteter med store risici**

En særlig indsats for at udpege særligt udsatte lokaliteter med potentielt store

økonomiske konsekvenser er allerede igangsat. Konkrete lokaliteter (f.eks. lavninger) eller konkrete tiltag (f.eks. afpropning) kan analyseres med henblik på en vurdering af, hvilke indsatser der skal gennemføres.

## **4. Klimatilpasning af nye anlæg**

Ny infrastruktur kan med fordel klimatilpasses gennem tilpasning af vejregler og samarbejde med omgivelser (eksempelvis gennem kommunale klimaplaner). Ændringer af vejregler indebærer allerede nu samfundsøkonomiske overvejelser.

## **5. Dynamisk strategiarbejde**

Vejnettet fremstår generelt som klimarobust i forhold til at udfordringerne øges i fremtiden. Der er dog generelt ikke meget viden om klimaproblemstillinger og hændelser på klimavejklasse 2. Det anbefales derfor, at strategiarbejdet tænkes dynamisk, så ny information kan indarbejdes i løbende revideringer af strategien. Strategiarbejdet skal ligeledes understøttes af målrettet dataindsamling om hændelser.



Vejdirektoratet har lokalkontorer i Aalborg, Fløng, Middelfart, Næstved og Skanderborg samt hovedkontor i København.

Find mere information på [vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk).

**VEJDIREKTORATET**

Niels Juels Gade 13  
Postboks 9018  
1022 København K  
Telefon 7244 3333

[vd@vd.dk](mailto:vd@vd.dk)  
[vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk)

